

## STABILITAS SAMPAN TERBUAT DARI EMBER CAT BEKAS DENGAN *BILGE KEEL* PADA SUDUT 30 DAN 45 DERAJAT

### (*STABILITY OF A USED-PAINT-BUCKET BOAT EQUIPPED WITH 30 AND 45 DEGREE ANGEL BILGE KEELS*)

Muhammad Agam Thahir<sup>1,2</sup>, Budhi H. Iskandar<sup>2</sup>, Mohammad Imron<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Corresponding author*

<sup>2</sup>Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor  
E-mail: agamthahir@yahoo.com

#### ABSTRACT

*Used-paint-buckets can be used as an alternative material instead of wood or fibreglass in constructing a canoe. Its light weight and easy to roll, even in relatively calm water, showing of the low stability. In order to increase its stability, bilge keels were applied in this canoe. The purpose of this study is to obtain the impact of bilge keels application at different angles in order to increase stability. The dimension of the canoe was: the length (LOA) 3.15 m; width (B) 0.64 m; and depth (D) 0.30 m. Numerical simulation method to obtain the value of some stability parameter and seakeeping (pitching, heaving, and rolling) was used in this study. For the wave factor, JONSWAP wave spectrum was used as an input in this numerical simulation. The analysis result showed that there were differences in the stability, indicated by the value of righting arm on the bilge keel with 30 and 45 degree as much as 0.001 m. Bilge keel with an angle of 30 degrees give better stability value compare to 45 degrees. From the analysis of the response amplitude operator (RAO) showed that the rolling, pitching and heaving motion of the canoe was remain in the normal.*

**Keywords:** *Used-paint-bucket canoe, stability, bilge keel*

#### ABSTRAK

Ember cat bekas dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti kayu yang semakin sulit diperoleh dan pengganti bahan serat *fiber* yang tidak murah dalam pembuatan sampan. Namun sampan ini memiliki kekurangan, yakni stabilitasnya yang rendah. Bobotnya yang ringan membuat sampan mudah oleng meskipun hanya beroperasi di perairan yang relatif tenang. Oleh karenanya instalasi sirip peredam oleng (*bilge keel*) diharapkan dapat meningkatkan stabilitas sampan ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai stabilitas sampan dengan instalasi *bilge keel* pada sudut yang berbeda dalam rangka mendapatkan stabilitas sampan yang baik. Ukuran sampan yang dijadikan obyek dalam penelitian ini adalah panjang (LOA) 3,15m; lebar (B) 0,64m; dalam (D) 0,30m. Metode simulasi numerik untuk mendapatkan nilai stabilitas serta beberapa parameter *seakeeping* (*pitching, rolling dan heaving*) digunakan dalam penelitian ini dengan bantuan perangkat lunak yang sesuai. Untuk faktor gelombang, spektrum gelombang JONSWAP digunakan sebagai inputan dalam simulasi numerik. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan stabilitas yang ditunjukkan oleh nilai lengan GZ (*righting arm*) pada sampan yang dipasang *bilge keel* dengan sudut 30 dan 45 derajat sebesar 0,001 m. *Bilge keel* dengan sudut 30 derajat memberikan nilai stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan sudut 45 derajat. Dari analisis *response amplitude operator* (RAO) menunjukkan bahwa dengan inputan spektrum gelombang JONSWAP, gerakan *rolling, pitching dan heaving* sampan masih berada pada rentang normal.

**Kata kunci:** Sampan ember cat bekas, stabilitas, *bilge keel*

#### I. PENDAHULUAN

Sulitnya bahan baku kayu sekarang ini untuk membuat sampan sebagai pendukung kegiatan penangkapan disekitar perairan pantai menjadi sebuah masalah. Pembuatan sampan berbahan ember cat bekas diharapkan dapat menjadi alternatif pengganti kayu yang semakin sulit diperoleh dan pengganti bahan serat fiber yang tidak murah.

Sampan ini dibentuk dari susunan beberapa gading yang terbuat dari kayu, kemudian dilakukan pemasangan ember cat bekas sebagai lambung. Ember cat bekas berukuran 25 kg merupakan bahan plastik limbah buangan yang dapat diperoleh dengan mudah dan dibeli dengan harga sepuluh ribu rupiah per buah. Kelebihan dari sampan ini memiliki bobot yang lebih ringan (dapat dipindahkan dengan cara diangkat oleh satu

orang), tahan terhadap perubahan cuaca serta mudah dalam perawatan dan perbaikannya. Namun memiliki kekurangan, karena bahan ini memiliki bobot ringan membuat sampan tersebut mudah oleng meskipun dioperasikan pada perairan yang relatif tenang (Hanafi, 2013).

Agar memiliki stabilitas yang baik, daya apung cadangan yang cukup, gerakan *rolling* dan *pitching* yang kecil, serta gerakan *yawing* yang sebaik mungkin, dalam kondisi perairan yang buruk maka perlu dilakukan desain ulang (Hutahuruk, 2012). Salah satu upaya tersebut adalah dengan penambahan *bilge keel* pada sisi lambung kiri dan kanan sampan. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan selain lebih ekonomis penggunaan *bilge keel* tidak banyak membutuhkan tempat apabila bersandar di dermaga.

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan adanya pengaruh *bilge keel* terhadap gerakan *rolling* kapal. Beberapa peneliti tersebut antara lain Chang B.C (2008) dan Bangun *et al* (2009).

(Ikeda *et al*, 2005), mengemukakan bahwa ukuran *bilge keel* sangat berpengaruh terhadap efektivitasnya. Penggunaan *bilge keel* juga memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap pengurangan amplitudo oleng. Pengurangannya dapat mencapai kisaran antara 40-80%. Aloisio dan Felice (2006) mekanisme peredaman gerakan oleng melalui pemasangan *bilge keel* disebabkan oleh adanya fenomena pusaran air sebagai akibat dari pemasangan *bilge keel*. Semakin besar pusaran yang ditimbulkan maka daya redamnya juga akan semakin tinggi.

Penggunaan *bilge keel* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain karakteristik lambung kapal, ukuran *bilge keel* dan posisi pemasangan. Pemasangan *bilge keel* pada posisi *draft* model kapal menyebabkan *rolling duration* yang lebih kecil dibandingkan dengan pemasangan *bilge keel* pada posisi setengah dari *draft* model kapal. Hal ini disebabkan oleh perbedaan volume massa air yang terdorong oleh *bilge keel* saat kapal oleng. Semakin jauh pemasangan *bilge keel* dari lunas kapal maka volume massa air yang menahan gerakan oleng kapal akan semakin besar. Penggunaan *bilge keel* pada model kapal *akatsuki bottom* mampu

mengurangi *rolling duration* mencapai 17%. Demikian pula pada bentuk kasko model kapal *U-bottom*, *round flat bottom* dan *round bottom*, penambahan *bilge keel* dapat mengurangi *rolling duration* pada masing-masing bentuk kasko hingga 21%, 30% dan 45% (Iskandar dan Novita, 2006). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan dimensi *bilge keel* yang optimal terhadap sudut yang berbeda agar diperoleh stabilitas sampan yang bagus.

## II. METODE PENELITIAN

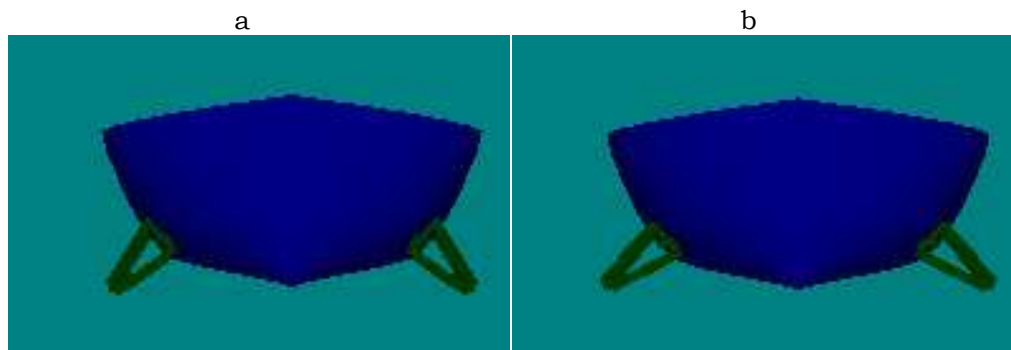
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pemodelan dan simulasi numerik. Kasus yang diteliti adalah stabilitas dan respon gerak terhadap gelombang dari sampan ember cat bekas. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan identifikasi terhadap sampan,
2. Mengukur dimensi sampan (LOA, LPP, LWL, B, D),
3. Membuat stasiun pengukuran lambung (potongan melintang kapal pada jarak tertentu) sampan,
4. Menghitung/memperkirakan berat keseluruhan sampan,
5. Membuat gambar teknik model sampan dengan memasang *bilge keel* menggunakan aplikasi pendukung,
6. Menganalisis gambar yang telah dibuat dengan perangkat lunak yang sesuai untuk menentukan stabilitas sampan,
7. Analisis *seakeeping* untuk mengetahui respon sampan terhadap gelombang,
8. Data yang telah diperoleh dari kedua hasil analisis tersebut dimasukkan ke dalam program *microsoft excel* untuk mendapatkan perbandingannya.

Berikut ini merupakan data sampan yang digunakan dalam analisis pada penelitian ini. Ukuran sampan yang digunakan yaitu, panjang (LOA) 3,15m; lebar (B) 0,64m; dalam (D) 0,30m. Gambar 1 menunjukkan sampan ember cat bekas yang telah dioperasikan. Gambar 2 menunjukkan visualisasi sampan dengan *bilge keel* untuk keperluan simulasi numerik.



Gambar 1. Sampan yang di buat dari ember cat bekas



Gambar 2. Bentuk sampan tampak depan dengan pemasangan *bilge keel* pada sudut a). 30 derajat dan b). 45 derajat

Tabel 1. *Loadcase* (muatan) di atas sampan saat dilakukan analisis

<i>Item Name</i>	<i>Quantity</i>	<i>W (ton)</i>	<i>Long.Arm (m)</i>	<i>Vert.Arm (m)</i>	<i>Trans.Arm (m)</i>	<i>FS Mom. tonne.m</i>
Kapal Kosong	1	0,021	-1	0,3	0	0
Nelayan	1	0,065	-0,7	0,1	0	0
Hasil Tangkapan	1	0,01	0,5	0,08	0	0
Alat Tangkap	1	0,05	0	0,1	0	0
Perbekalan	1	0,002	-0,3	0,05	0	0
<i>Total Weight =</i>		0,148	LCG= -0,420	VCG= 0,126	TCG= 0,000	0

Perhitungan parameter stabilitas kapal meliputi perhitungan perubahan nilai titik *gravity* (G) secara vertikal (KG) dan secara longitudinal (LCG) pada masing-masing kondisi menggunakan formula yang dikemukakan dalam Fyson (1985). Perhitungan parameter stabilitas yang dilakukan sebagai berikut:

*Keel of gravity* (KG)

$$KG = \frac{moment \Delta z}{\Delta} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :  $\Delta z$  adalah *moment* vertikal  
 $\Delta$  adalah berat kapal

*Longitudinal centre of gravity* (LCG):

$$\Sigma moment = \Sigma moment H - \Sigma moment B.(2)$$

Dimana : H adalah haluan dan B adalah buritan

*Longitudinal centre of bouyancy* (LCB) :

$$LCB = \text{selisih moment} / \Sigma \text{ berat} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :  $\Sigma$  berat = berat total kapal (vertikal)

*Response Amplitude Operator* (RAO) merupakan alat untuk mentransfer gaya gelombang menjadi respon gerakan dinamis struktur. Menurut Chakrabarti

(1987), persamaan RAO dapat dicari dengan rumus:

$$RAO(\omega) = \frac{Xp(\omega)}{\eta(\omega)} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

$Xp(\omega)$  = amplitudo struktur

$\eta(\omega)$  = amplitudo gelombang

Gambar 3 menunjukkan diagram alir penelitian.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Parameter Hidrostatik

Parameter hidrostatik merupakan nilai yang menunjukkan kondisi sebuah sampan di dalam perairan pada saat kondisi perairan tersebut tenang. Rawson dan Tupper (1983) menjelaskan saat kapal beroperasi terjadi perubahan berat, perpindahan beban serta variasi *draft*, *trim* dan *freeboard* demikian juga stabilitasnya, dan untuk mengetahui perubahan tersebut, maka parameter hidrostatiknya harus diketahui. Berdasarkan analisis yang dilakukan diperoleh nilai parameter hidrostatiknya, maka karakteristik sampan tersebut pada ketinggian garis air (WL) tertentu dapat diketahui. Tabel 2 merupakan tabel parameter hidrostatik sampan ember cat bekas.

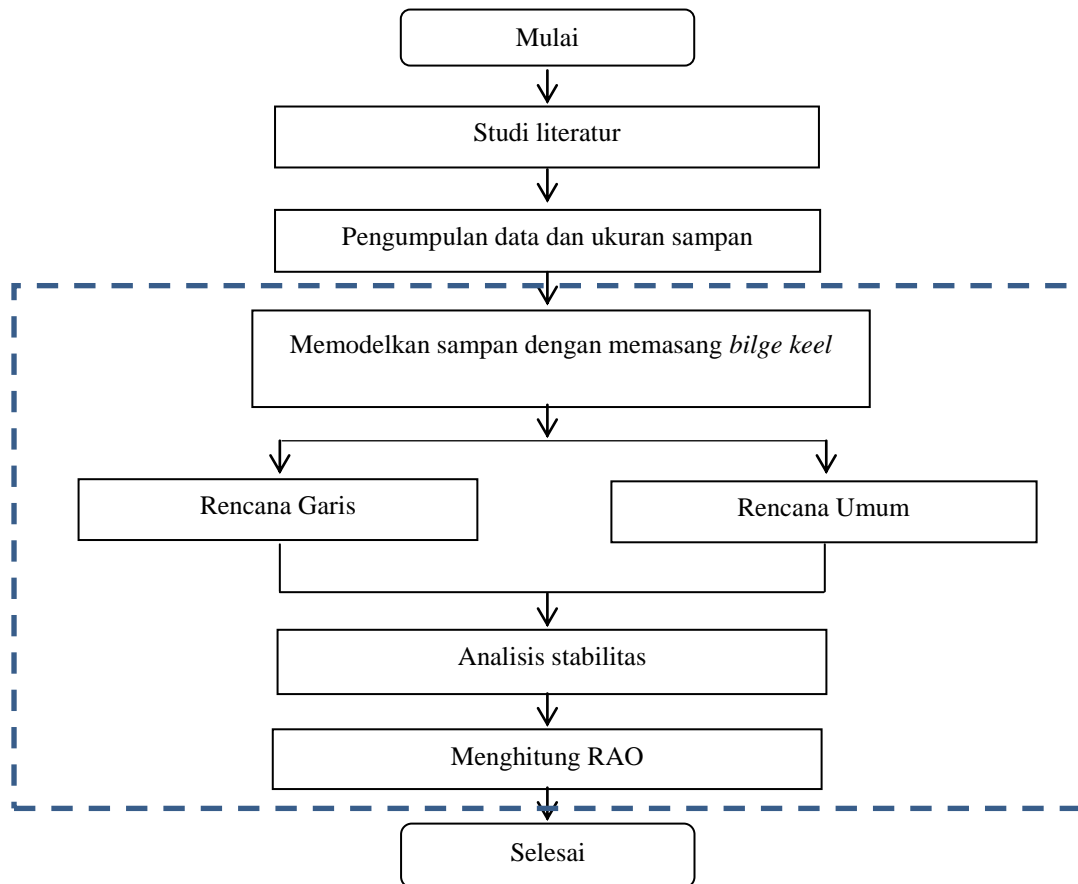
Nilai parameter hidrostatik sangat tergantung pada nilai panjang ( $L_{pp}$ ), lebar ( $B_{wl}$ ) dan sarat kapal ( $d$ ). Semakin besar ketiga nilai tersebut maka nilai parameter hidrostatiknya juga akan semakin tinggi. Selain itu, nilai parameter hidrostatik juga sangat dipengaruhi oleh nilai *coefficient of fineness* yang merupakan representasi dari bentuk badan kapal yang berada di bawah permukaan air (Susanto, 2011).

Berdasarkan hasil analisis terhadap sampan ember cat bekas diperoleh nilai *coefficient of block*, bahwa bentuk sampan ember cat cenderung sedang karena nilainya berada dikisaran 0,613. Utama *et al* (2007), bahwa kapal dengan nilai  $C_b$  sekitar 0,5-0,6 merupakan kapal yang memiliki bentuk lambung peralihan antara kapal gemuk (*rounded*) menuju kapal langsing (*chine*). Kapal dengan nilai  $C_b$  yang kecil akan mengalami tahanan gerak yang lebih kecil, tetapi agak bermasalah dengan stabilitas. Nilai *coefficient of prismatic* berpengaruh terhadap perubahan bentuk badan kapal secara

horizontal.  $C_p$  juga dapat digunakan untuk mengetahui besarnya tahanan gerak yang dialami oleh kapal. Menurut Yaakob *et al* (2005) kapal yang memiliki nilai  $C_p$  lebih kecil akan mengalami tahanan gerak yang lebih kecil. Sampan ember cat bekas memiliki nilai  $C_p$  0,762 sehingga sampan ini mengalami tahanan gerak maksimum namun bentuk penampang sampan tidak banyak mengalami perubahan sepanjang LWL.

Susanto (2011) mengemukakan bahwa koefisien tengah kapal (*midship coefficient*) dapat digunakan untuk menduga seberapa besar jumlah muatan yang dapat ditampung. Semakin besar nilai  $C_m$  maka kapasitas muatnya juga akan semakin besar. Sampan tersebut memiliki nilai  $C_m$  yang besar 0,804 (mendekati 1) sehingga memiliki kapasitas muat yang besar. Selain koefisien tengah kapal, koefisien garis air (*waterplan coefficient*) juga dapat digunakan untuk memprediksi kapasitas muat suatu kapal. Nilai  $C_{wp}$  yang besar menunjukkan bahwa ruangan muat kapal cukup luas, tetapi berimplikasi pada besarnya tahanan yang akan dialami kapal. Nilai  $C_{wp}$  sampan tersebut berada pada kisaran 0,824. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sampan ember cat bekas memiliki kapasitas muat yang besar dan ruang muat yang besar juga.

Parameter LCB menunjukkan posisi atau jarak titik apung (*bouyancy*) kapal dari *midship* secara *longitudinal*. Nilai LCB sampan ember cat bekas 0 m yang berarti titik B (*bouyancy*) sampan secara *longitudinal* berada di *midship*. Kantu *et al* (2013) mengemukakan bahwa nilai LCB yang semakin mengarah ke buritan kapal diakibatkan adanya penambahan volume badan kapal yang besar pada bagian buritan. Parameter LCB, KB, KMt, BMt, KML dan BML sangat erat kaitannya dengan stabilitas kapal karena dapat mempengaruhi nilai M (*metacentre*), G (*gravity*), dan B (*bouyancy*) pada kapal. Titik penting yang memberikan pengaruh besar terhadap keragaan kapal adalah jarak vertikal dari lunas kapal (K) ke pusat titik berat (G) dan titik apung (B). Pada kondisi *draft* desain, nilai KG sebesar 0,16 m dan nilai KB 0,091 m. Hal ini berarti titik berat kapal (*gravity*) berada lebih tinggi dari titik apungnya.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Berdasarkan hasil perhitungan (Tabel 1), maka posisi titik M dibagi menjadi 2 jenis yaitu Mt dan ML. Jarak titik apung terhadap *metacentre* secara vertikal atau BMt adalah sebesar 0,227 m dan jarak lunas terhadap *metacentre* (KMt) sebesar 0,318 m. Sementara itu jarak dari titik berat terhadap *metacentre* (GMt) adalah sebesar 0,158 m. Hal ini menunjukkan bahwa posisi titik M sampan ember cat berada di atas titik G sehingga kapal memiliki kestabilan yang positif.

### 3.2. Analisis Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan kapal untuk kembali ke posisi tegak lurus setelah mengalami oleng akibat gaya luar atau eksternal. Gaya luar tersebut bisa diakibatkan oleh aktivitas penangkapan, angin, gelombang, penambahan gaya akibat operasi penangkapan, muatan yang dipindahkan melewati kapal. Stabilitas ditentukan oleh karakteristik kapal, seperti bentuk lambung dan distribusi berat dan bagaimana ka-

pal itu dioperasikan. Stabilitas sebuah kapal tidak dalam kondisi tetap, stabilitas berubah terus-menerus selama dalam setiap pelayaran dan selama kapal digunakan. Sebuah kapal penangkap ikan yang mulanya stabil bisa menjadi tidak stabil akibat perubahan cuaca, dikarenakan kapal dimuati dan dioperasikan, atau jika tata letak kapal atau peralatan dirubah.

Kualitas stabilitas kapal dikatakan baik bila luasan dibawah kurva stabilitas dinamis besar, titik potong kurva stabilitas dinamis dengan sudut *heels* terletak pada sudut yang besar. Kondisi stabilitas kapal dapat diketahui dengan menelaah kurva stabilitas yang bersangkutan. Kurva stabilitas menunjukkan nilai lengan pengembali (*righting arm*) pada nilai sudut oleng yang berbeda. Hasil analisis terhadap sampan yang dipasang *bilge keel* pada sudut 30 dan 45 derajat dibandingkan dengan sampan tanpa *bilge keel* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Parameter hidrostatis sampan ember cat bekas

Parameter Hidrostatis	Water Line				
	0,032	0,064	0,096	0,128	0,16
<i>Displacement tonne</i>	0,0182	0,0564	0,097	0,139	0,1851
<i>WL Length m</i>	2,507	2,584	2,66	2,736	2,809
<i>WL Beam m</i>	0,677	0,616	0,558	0,6	0,633
<i>Wetted Area m<sup>2</sup></i>	1,266	2,007	2,559	2,819	3,037
<i>Waterpl. Area m<sup>2</sup></i>	0,958	1,25	1,226	1,342	1,466
<i>Prismatic Coeff.</i>	0,761	0,763	0,772	0,766	0,762
<i>Block Coeff.</i>	0,382	0,515	0,627	0,618	0,613
<i>Midship Area Coeff.</i>	0,502	0,675	0,812	0,806	0,804
<i>Waterpl. Area Coeff.</i>	0,777	0,815	0,826	0,818	0,824
LCB from Amidsh. m	0	0	0	0	0
LCF from Amidsh. m	0	0	0	0	0
KB m	0,02	0,039	0,056	0,073	0,091
KG m	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
BMt m	1,507	0,601	0,285	0,244	0,227
BML m	19,076	9,023	5,762	4,624	4,012
GMt m	1,367	0,48	0,181	0,158	0,158
GML m	18,936	8,903	5,659	4,538	3,943
KMt m	1,527	0,64	0,341	0,318	0,318
KML m	19,096	9,063	5,819	4,698	4,103
TPc (tonne/cm)	0,01	0,013	0,013	0,014	0,015
MTc tonne.m	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0	0	0	0	0,001

Adanya penambahan *bilge keel* diharapkan dapat mengurangi sudut *roll-ing* pada sampan. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pemasangan *bilge keel* pada sampan memberikan efek terhadap stabilitas sampan yang mengurangi sudut *roll*-nya. Perbandingan stabilitas antara sampan yang dipasang *bilge keel* dengan sudut 30 dan 45 derajat dan tanpa dipasang *bilge keel* dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada gambar 4 diketahui bahwa luas area di bawah kurva terkecil dimiliki oleh sampan tanpa *bilge keel*. Sementara itu untuk sampan dengan *bilge keel*, sudut 30 derajat memberikan luas yang lebih besar dibandingkan dengan sudut 45 derajat. Dari sisi stabilitas dinamis, luas area di bawah kurva tersebut menunjukkan jumlah energi pembalikan yang dimiliki sampan saat terjadi oleng untuk kembali ke posisi semula. Meskipun perbedaan luas antara sudut *bilge keel* 30 dan 45 derajat relatif tidak besar namun dari sisi energi

pembalikan, sudut *bilge keel* 30 memiliki energi pembalik lebih besar dibandingkan 45 derajat atau tanpa *bilge*.

Gambar 5 dibawah ini menunjukkan kurva perbandingan stabilitas sampan ember cat bekas yang dipasang *bilge keel* pada sudut 30; 45 derajat dan tanpa dipasang *bilge keel*. Kurva tersebut juga menunjukkan puncak ketiga stabilitas sampan berada pada rentang sudut 30-40 derajat bersamaan dengan terjadinya nilai maksimum dari lengan GZ (*ringhting arm*).

Kombinasi kedua hal ini menunjukkan bahwa sampan tersebut masih memiliki stabilitas yang baik. Perbandingan nilai *rihgting arm* (Gambar 5) antara sampan tanpa *bilge keel* dengan sampan yang dipasang *bilge keel* mencapai 0,009. Sebaliknya, perbandingan antara nilai *righting arm* kedua sampan yang dipasang *bilge keel* dengan sudut 30 dan 45 derajat relatif kecil yakni 0,001 m. Nilai *righting arm* pada sampan tanpa *bilge keel* adalah 0,069 pada sam-

pan dengan sudut *bilge keel* 30 derajat adalah 0,078 sedangkan pada sampan dengan sudut *bilge keel* 45 derajat adalah 0,077.

Selang stabilitas ketiga sampan ember cat bekas berada pada kisaran 0-110 derajat, selang ini menunjukkan bahwa sampan ember cat bekas masih memiliki nilai GZ yang positif hingga sudut kemiringan 110 derajat, secara teoritis sampan masih dapat kembali ke posisi semula. Titik potong kurva sta-

bilitas dinamis dengan sudut *heels* terletak pada sudut yang besar yaitu sudut 100 derajat. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sampan yang terbuat dari ember cat bekas memiliki stabilitas yang baik. Pemasangan *bilge keel* sangat berpengaruh terhadap stabilitas sampan ember cat bekas. Sudut *bilge keel* yang baik untuk sampan ember cat bekas adalah sudut 30 derajat.

Tabel 3. Nilai *righting arm* pada sampan tanpa dan dengan *bilge keel*

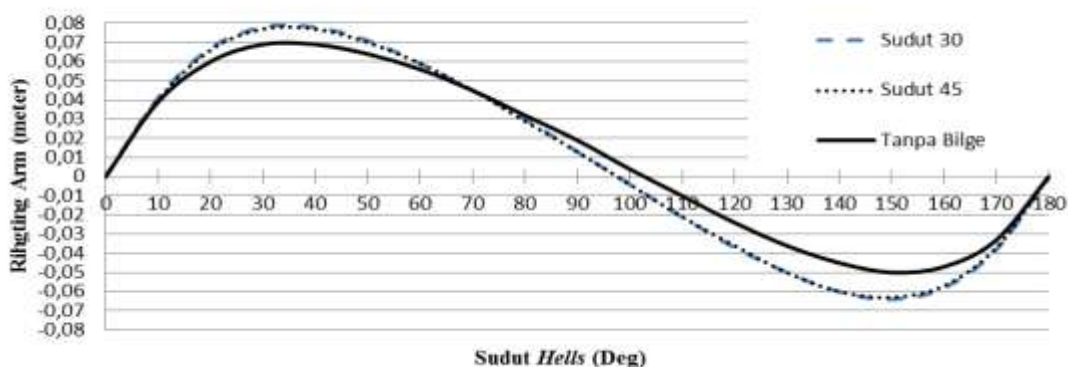
Sudut	Sudut kemiringan sampan (derajat)			
	0°	10°	20°	30°
Tanpa <i>Bilge</i>	0	0,039	0,06	0,069
30°	0	0,041	0,067	0,078
45°	0	0,04	0,066	0,077

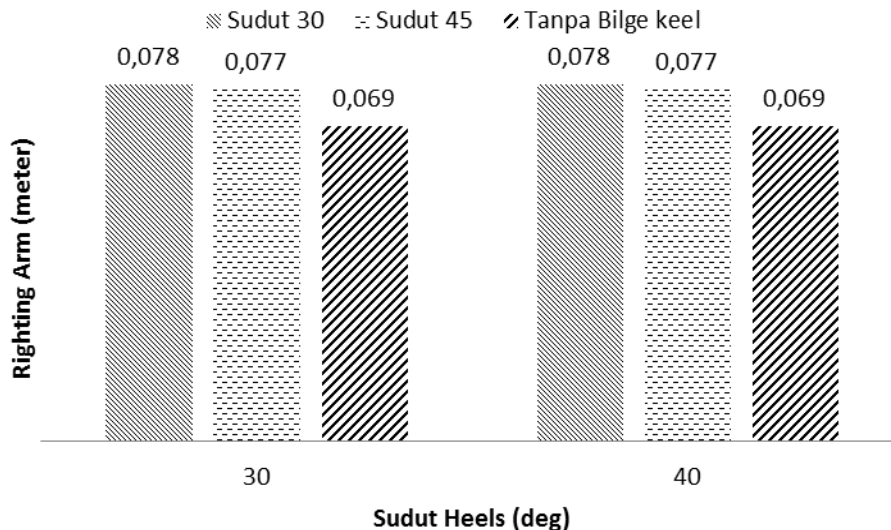
Sudut	Sudut kemiringan sampan (derajat)						
	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°
Tanpa <i>Bilge</i>	0,069	0,064	0,056	0,045	0,032	0,019	0,004
30°	0,078	0,071	0,059	0,045	0,03	0,013	-0,004
45°	0,077	0,07	0,059	0,045	0,029	0,013	-0,004

Sudut	Sudut kemiringan sampan (derajat)							
	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°
Tanpa <i>Bilge</i>	-0,01	-0,024	-0,036	-0,045	-0,05	-0,047	-0,003	0
30°	-0,021	-0,037	-0,05	-0,06	-0,064	-0,058	-0,038	0
45°	-0,021	-0,036	-0,05	-0,06	-0,063	-0,057	-0,037	0



Gambar 4. Kurva stabilitas sampan tanpa dan dengan *bilge keel* bersudut 30 dan 45 derajat



Gambar 5. Perbandingan *righting arm* stabilitas sampan pada grafik pucak stabilitas

### 3.3. Analisis Respon Amplitude Operator (RAO)

Analisis gerakan dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak, dimana sampan dimodelkan terlebih dahulu dalam bentuk gambar teknis. Kemudian dihitung gerakannya dengan menggunakan tiga kondisi gelombang. Gelombang tersebut yaitu gelombang *headsea*, *beamsea*, dan *followingsea*. Percobaan terhadap sampan dilakukan dengan menggunakan tiga kecepatan 0; 0,5 dan 1 knots. Dimana kecepatan tersebut didasarkan pada saat sampan tidak bergerak, kemudian sampan didayung dengan sekuat tenaga. Simulasi gerakan kapal hanya dilakukan pada gerakan yang mengalami osilasi.

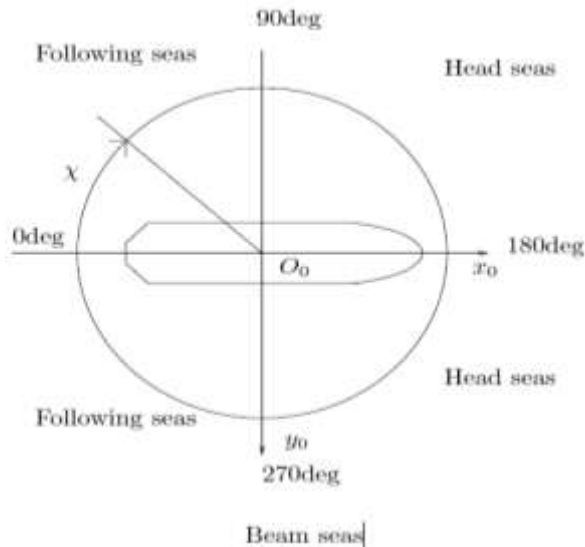
Hutahuruk (2013) menyatakan dari keenam gerakan kapal ada 3 gerakan yang benar-benar merupakan gerakan yang benar-benar terasa murni saat berada diatas sampan yakni *heaving*, *pitching*, dan *rolling*. Ini dikarenakan gerakan-gerakan tersebut akan mengembalikan kapal ke posisi semula saat kapal tidak dalam keadaan posisi seimbang (*equilibrium position*). Dengan demikian, gerakan tersebut bekerja karena pengaruh gaya atau momen pengembali. Hal ini berbeda dengan ketiga gerakan

kapal lainnya, *surgings*, *swaying* dan *yawing*, Kapal tidak kembali ke posisi semula saat kapal tidak dalam keadaan posisi seimbang kecuali ada gaya atau momen pengembali yang menyebabkan bekerja pada arah berlawanan.

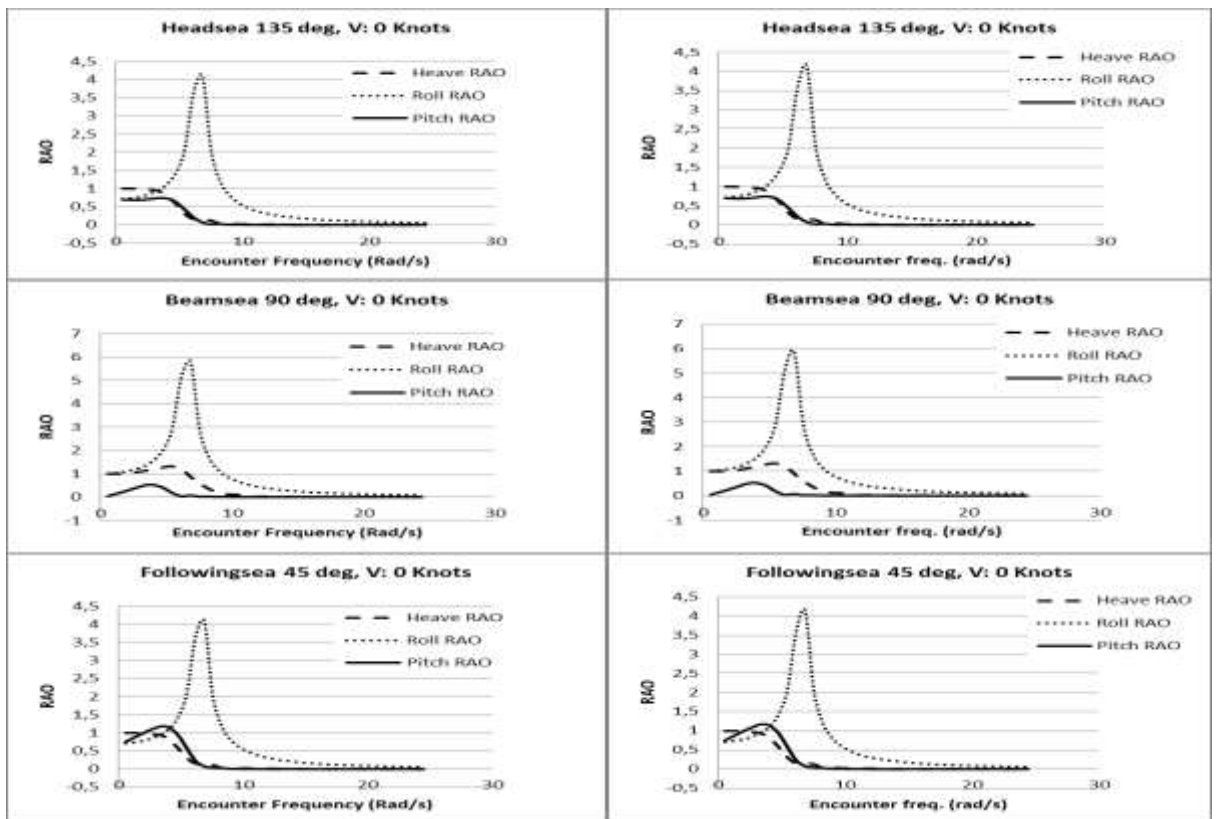
Model matematik spektrum didasarkan pada satu atau lebih parameter, misalnya tinggi gelombang signifikan, faktor permukaan, periode gelombang, dan lain-lain. Spektrum *JONSWAP* merupakan spektrum yang menggunakan lima parameter, namun biasanya tiga di antaranya adalah konstan. Spektrum *JONSWAP* didasarkan pada percobaan yang dilakukan di *North Sea*. Simulasi numerik di dalam penelitian ini menggunakan input gelombang sebagai spektrum.

*Response Amplitude Operator* (RAO) atau disebut juga dengan fungsi transfer yaitu fungsi respon yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi yang mengenai struktur benda terapung. RAO merupakan alat untuk mentransfer gaya gelombang menjadi respon gerakan dinamis struktur (Mulyawan *et al*, 2005). Respon sampan terhadap gelombang ditunjukkan pada Gambar 7,8 dan 9.





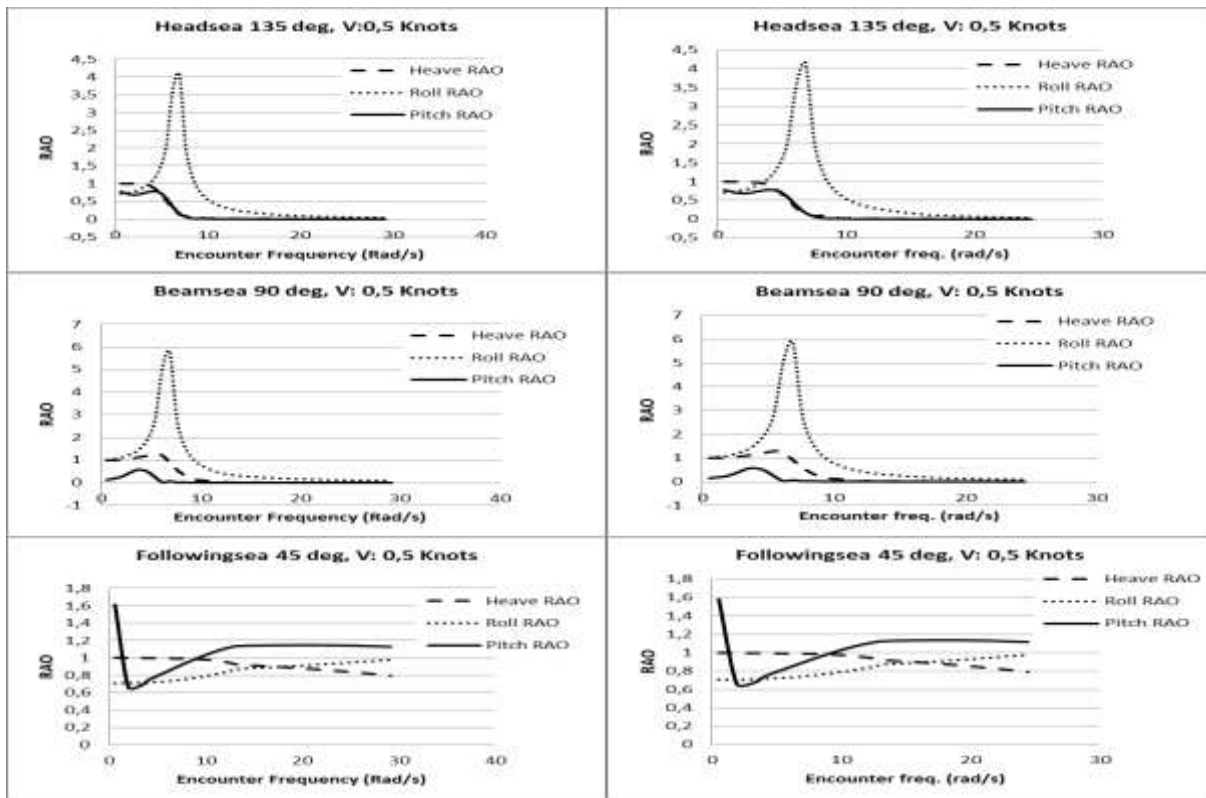
Gambar 6. Arah Gelombang Kapal



Gambar7. Perbandingan respon gerak terhadap gelombang antara sampan yang dipasang *bilge keel* pada sudut 30 derajat (kiri) dan 45 derajat (kanan) pada kecepatan 0 knots

Gambar 7, 8 dan 9 adalah grafik RAO sampan yang dipasang *bilge keel* dengan sudut 30 dan 45 derajat baik saat kapal mengalami gerakan *heaving*, *rolling* dan *pitching* dengan tiga jenis gelombang yaitu *headsea*, *beamsea* dan *followingsea*. Dapat dilihat bahwa gera-

kan *rolling* merupakan gerakan yang paling dominan terjadi pada saat sampan diam dan bergerak ketika didayung dengan kecepatan yang telah ditentukan. Ini dikarenakan arah datangnya gelombang mempengaruhi semua gerakan *rolling*.

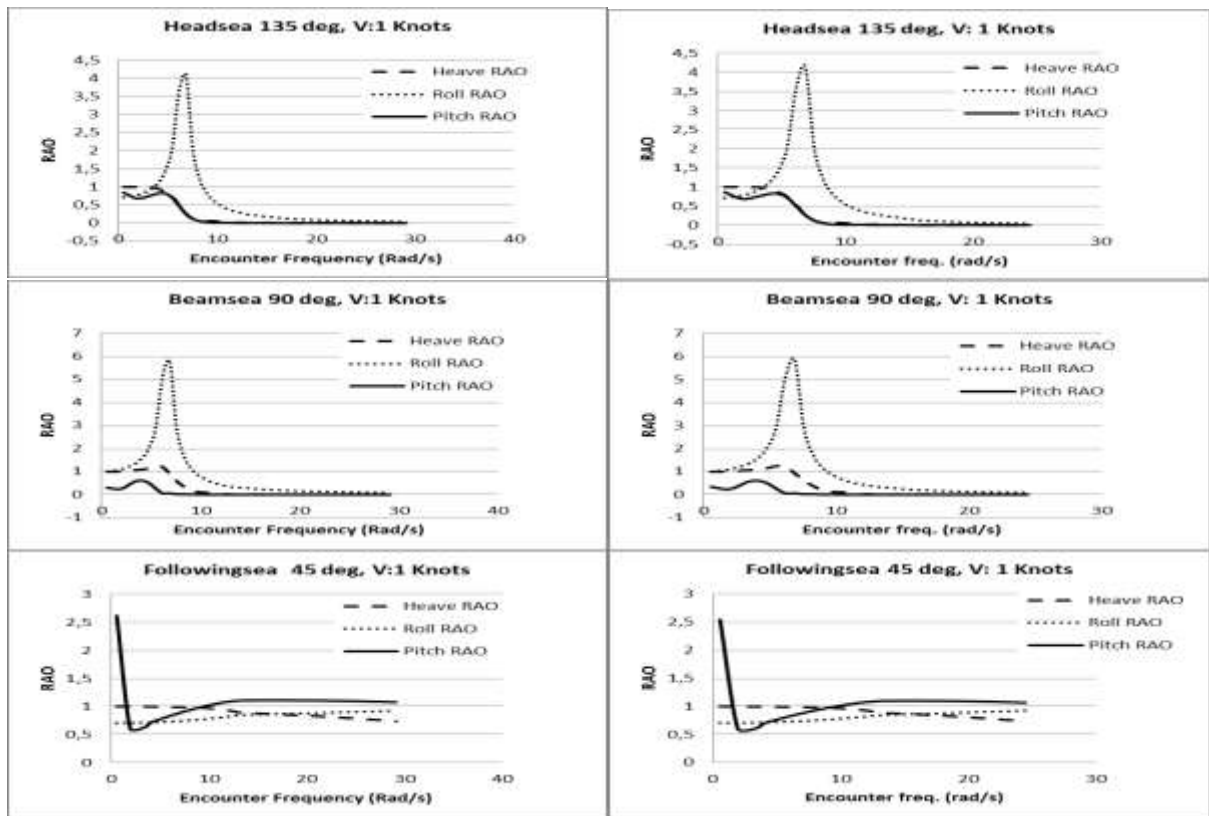


Gambar 8. Perbandingan respon gerak terhadap gelombang antara sampan yang dipasang *bilge keel* pada sudut 30 derajat (kiri) dan 45 derajat (kanan) dengan kecepatan 0,5 knots

Dengan demikian, respon kapal berupa *rolling* menjadi besar. Pada sampan yang dipasang *bilge keel* dengan sudut 30 dan 45 derajat dapat dilihat bahwa respon gerakan *rolling* terbesar terjadi pada gelombang *beamsea* dengan sudut 90 derajat pada saat kecepatan sampan didayung antara 0; 0,5 dan 1 knots. Namun gerakan ini terjadi pada frekuensi *encounter* yang rendah yaitu 8 rad/s. Saat terjadi kenaikan frekuensi, nilai RAO tersebut mendekati 0. Gerakan *rolling* terbesar mencapai nilai RAO 6. Gerakan *heaving* terbesar terjadi pada keseluruhan gelombang yaitu gelombang *beamsea*, *headsea* dan *followingsea* dengan nilai RAO yaitu antara 1-1,1 yang terjadi pada semua kecepatan sampan. Gerakan ini juga terjadi pada *frekuensi encounter* yang sangat rendah yaitu 0-5 rad/s. Untuk gerakan *pitching* yang terbesar pada saat gelombang *following*

*sea* dengan RAO 1,6. Gerakan ini merupakan gerakan yang paling tidak stabil. Gerakan ini terjadi pada frekuensi *encounter* yang rendah yaitu 0-5 rad/s.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semua gelombang yang terjadi diperairan berpengaruh besar terhadap gerak sampan yang di pasang *bilge keel* dengan sudut 30 dan 45 derajat. Gerak yang paling berpengaruh besar terhadap sampan adalah gerakan *rolling* pada saat terjadi gelombang *beam sea* (gelombang yang datang dari arah samping kiri maupun kanan dengan sudut kedatangan 90 dan 270 derajat). Gerakan yang terjadi pada saat sampan beroperasi diperairan memiliki pengaruh terhadap keselamatan. Apabila sampan tersebut memiliki aspek hidrodinamika yang buruk, dapat dipastikan akan menimbulkan kerugian baik materil maupun korban jiwa.



Gambar 9. Perbandingan respon gerak terhadap gelombang antara sampan yang dipasang *bilge keel* pada sudut 30 derajat (kiri) dan 45 derajat (kanan) dengan kecepatan 1 knots

**IV. KESIMPULAN DAN SARAN**

Sampan memiliki stabilitas yang baik. Pemasangan sudut *bilge keel* dengan sudut 30 derajat memberikan nilai stabilitas terbesar dibandingkan sudut 45 derajat dan tanpa pemasangan *bilge keel*. Dari hasil simulasi numerik didapatkan bahwa dalam keadaan diam maupun didayung, gerakan yang sangat berpengaruh terhadap sampan adalah gerakan *rolling* yang besar pada saat terjadi gelombang *beamsea*.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan mengkaji stabilitas terhadap ketebalan dan panjang *bilge keel* dari sampan ember cat bekas.

**DAFTAR PUSTAKA**

Aloisio GF, Di Felice. 2006. *PIV analysis around the bilge keel of a ship model in free roll decay*. *Convegno Nazionale A.I.V.E.LA.* 14: 1-11.

Bangun EP, dkk. 2009. *Hydrodynamic forces on a rolling barge with bilge keels*. *Applied Ocean Research.* 32 (2010): 219-232.

Chang BC. 2008. *On the parametric rolling of ships using a numerical simulation method*. *Ocean Engineering.* 35 (3): 447-457.

Chakrabarti SK. 1987. *Hydrodynamic of Offshore Structure*. Berlin (GB): Springer. Verlag.

Fyson J. 1985. *Design of Small Fishing Vessels*. Farnham-Surrey (GB): Fishing News Book Ltd.

Hanafi Y. 2013. *Periode Oleng Kapal dengan Fin Stabilizer Sebagai Pengganti Cadik [skripsi]*. Pekanbaru (ID): Universitas Riau.

Hutauruk RM. 2012. *Rancang Bangun Kapal Perikanan*. Pekanbaru (ID): UNRI Press.

Hutauruk RM. 2013. *Respon gerakan kapal perikanan hasil optimisasi terhadap gelombang*. *Jurnal Perikanan dan Kelautan.* 19 (1): 25-36. in press.

- Ikeda Y, Munif A, Katayama T, Fujiwara T. 2005. *Large parametric rolling of a large passenger ship in beam seas and role of bilge keel in its restraint. Proceeding of 8th International of Stability Ship Workshop; Istanbul Turkey, 6-7 Oct 2005.* Istanbul: Istanbul Technical University. pg 1-11.
- Iskandar BH, Novita Y. 2006. *Pengaruh beberapa bentuk kasko model kapal terhadap tahanan gerak.* Laporan Penelitian. Bogor: Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan FPIK IPB.
- Kantu L, Kalangi PNI, Poli JF. 2013. *Desain dan parameter hidrostatis kasko kapal fiberglass tipe pukut cincin 30 GT di galangan kapal CV Cipta Bahari Nusantara Minahasa Sulawesi Utara.* Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap. 1 (3): 81 – 86.
- Mulyawan A, Wardhana W, Hadiwidodo YS. (2005). *Analisis olah gerak kapal perang crocodile hydrofoil (kpc-h).* Jurnal Teknik. 1 (1): 1-5.
- Rawson JK, Tupper EC. 1983. *Basic Ship Theory.* Ed ke-3. Volume ke-1. London (GB): Longman.
- Susanto A, BH Iskandar, M Imron. 2011a. *Stabilitas statis kapal static gear di Palabuhanratu: studi kasus kapal PSP 01.* Marine Fisheries. 2 (1): 65 – 73.
- Susanto A, BH Iskandar, M Imron. 2011b. *Evaluasi desain dan stabilitas kapal penangkap ikan di Palabuhanratu: studi kasus kapal PSP 01.* Marine Fisheries. 2 (2): 213 – 221.
- Utama KAP, Manfaat D, Wartono M. 2007. *Tinjauan desain dan hidrodinamika kapal-kapal ikan di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Tahun IV Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan: Yogyakarta, 28 Jul 2007.* Yogyakarta: Jurusan Perikanan dan Kelautan Fakultas Pertanian UGM. hlm 1-6.
- Yaakob O, Lee TE, Wai LY, King KK. 2005. *Design of Malaysian fishing vessel for minimum resistance.* Jurnal Teknologi. 42: 1-12.