

EFEK PERBEDAAN LUAS *FREE SURFACE* MUATAN CAIR TERHADAP GERAKAN *ROLLING* MODEL KAPAL

Influence of free surface area of liquid cargo towards rolling motion of a ship model

Yopi Novita¹, Ariestio Dwi Ramadhan² dan Mohammad Imron¹

¹Departemen PSP FPIK IPB,

²Mahasiswa Departemen PSP FPIK IPB

Diserahkan tanggal 18 November 2012, Diterima tanggal 26 Januari 2013

ABSTRAK

Kapal pengangkut ikan hidup adalah merupakan kapal pengangkut yang khusus digunakan untuk mengangkut ikan-ikan dalam kondisi hidup. Oleh karena itu, muatan utamanya adalah air dan ikan. Ditinjau dari jenis muatannya, maka muatan kapal pengangkut ikan hidup dikategorikan sebagai jenis muatan (cair) *liquid*. Sifat muatan cair adalah akan selalu berubah bentuk mengikuti bentuk wadah yang ditempatinya, sehingga titik berat muatan cair akan selalu bergeser. Kondisi ini dikarenakan muatan cair memiliki permukaan bebas (*free surface*). *Free surface* memiliki efek yang dapat mempengaruhi stabilitas kapal pengangkut muatan cair. Pergeseran titik berat muatan itulah yang menyebabkan kapal bermuatan cair menjadi berkurang kestabilannya jika dibandingkan dengan kapal yang bermuatan padat. Oleh karena itu perlu upaya untuk mengurangi efek *free surface* terhadap stabilitas kapal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh luasan *free surface* terhadap kualitas gerakan *rolling* model kapal. Metode penelitian dilakukan dengan cara mengamati gerakan *rolling* model kapal sebagai efek dari keberadaan palka dengan beberapa perlakuan berbeda dan pergerakan *free surface*-nya. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa nilai rata-rata *rolling period* model kapal dengan luas *free surface* yang berbeda adalah berbeda. *Rolling period* terbesar dihasilkan oleh model palka yang memiliki *free surface* terluas.

Kata kunci : *free surface, stabilitas, rolling period*

ABSTRACT

Life fish carrier is one kind of ship that designed for transporting life fish. This kind of ship bring most water in its hold tank beside life fishes, so that the cargo can be categorized as liquid cargo. As it is known that shape of liquid cargo is always follow the shape of the container where it is laden, consequently the centre of gravity (CG) is always shifted due to free surface effect. The shifted of CG may decrease stability, so it is needed some effort to overcome the free surface effect in this kind of ship. The objective of this research was to know the influence of free surface area towards quality of rolling motion of ship models. The research was carried out in a laboratory and direct observation to rolling motion of some ship models were observed with variation of treatments. The result showed that average of rolling period was influenced by area of free surface, the higher rolling period was produced by the ship model with widest free surface area.

Key words : *Free surface, stability, rolling period*

PENDAHULUAN

Kapal pengangkut ikan adalah kapal yang secara khusus dipergunakan untuk mengangkut ikan termasuk memuat, menampung, menyimpan, mendinginkan atau mengawetkan (Peraturan Pemerintah No.54 Tahun 2002/ Pasal 1). Kapal pengangkut ikan hidup adalah merupakan salah satu jenis kapal pengangkut ikan. Jenis muatan pada kapal pengangkut ikan hidup adalah muatan cair. Hal ini dikarenakan muatan utama kapal terdiri dari

ikan dan air, dan sifat muatan cair dalam hal ini air, lebih mendominasi sifat muatan kapal pengangkut ikan hidup tersebut. Sesuai dengan sifat anomali air, yaitu zat cair akan selalu mengikuti wadahnya, sehingga titik berat benda akan bergeser. Kondisi ini dikarenakan muatan cair memiliki permukaan bebas (*free surface*). Menurut Lewis (1988) *free surface* adalah permukaan bebas yang biasanya terdapat pada benda berbentuk cair yang menyebabkan benda cair tersebut mudah berubah bentuk sesuai dengan media yang ditempatinya.

Free surface akan memberikan dampak/efek terhadap stabilitas kapal yang mengangkut muatan jenis cair. Pergeseran titik berat benda yang selalu berubah itulah yang menyebabkan kapal bermuatan cair kurang stabil jika dibandingkan dengan kapal yang bermuatan padat. Pernyataan ini diperkuat dari hasil kajian yang dilakukan oleh Novita (2011) yang menunjukkan bahwa kualitas stabilitas kapal yang bermuatan cair mengalami penurunan nilai parameter stabilitas jika dibandingkan dengan kapal bermuatan padat. Selain itu pergerakan *free surface* juga mempengaruhi besarnya nilai *rolling period* kapal yang dihasilkan. Kapal yang memiliki *free surface* akan mempunyai nilai *rolling period* lebih lama jika dibandingkan dengan kapal yang tidak memiliki *free surface*. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Liliana (2012), bahwa nilai *rolling period* model kapal bermuatan padat lebih kecil daripada nilai *rolling period* model kapal bermuatan cair.

Berdasarkan pernyataan di atas, maka perlu dilakukan kajian-kajian untuk mengurangi efek *free surface* yang akan mempengaruhi stabilitas kapal. Novita *et al.* (2010) menyarankan untuk menggunakan palka berbentuk kotak dan memasang sirip peredam di sisi dalam dinding palka (Novita *et al.*, 2012) untuk meredam efek *free surface*. Kemudian Lee *et al.* (2005) menyarankan untuk menggunakan *baffle* pada tangki untuk meredam efek *free surface*. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dikaji pengaruh pengurangan luas *free surface* dengan menggunakan *baffle* pada palka terhadap *rolling period* kapal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh luasan *free surface* terhadap kualitas gerakan *rolling* model kapal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2012 di Laboratorium Kapal Perikanan dan Navigasi, Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan *Teaching Farm* Departemen Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 1) Model kapal, 2) Model palka (Gambar 1), 3) *Digital camera*, 4) alat tulis, 5) Timbangan kue, 6) pendulum, 7) *stopwatch*, dan 8) *Personal Computer*. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 1) air dan 2) pewarna merah cair.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari: 1) sudut oleng model kapal, 2)

nilai *rolling periode* model kapal, dan 3) waktu redam mulai saat model kapal melakukan gerakan *rolling* hingga model kapal relatif kembali tegak. Ketiga data tersebut dikumpulkan dengan cara eksperimental. Perlakuan adalah berupa luas *free surface* pada palka model kapal. Perbedaan luas *free surface* dihasilkan dengan menggunakan sekat (*baffle*) yang dipasang di dalam palka model kapal. Penyekatan palka mengakibatkan palka terbagi-bagi menjadi sub-sub palka dengan luas permukaan yang berbeda. Perbedaan perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 terlihat bahwa total luas *free surface* dan volume muatan cair yang digunakan pada setiap satuan eksperimen adalah sama. Ruang yang dihasilkan dari pembagian model palka dengan *baffle*, untuk selanjutnya disebut model sub palka. Khusus untuk perlakuan A₁, volume model palka sama dengan volume model sub palka. Hal ini disebabkan karena model palka di bagian dalamnya tidak dibagi dengan *baffle*.

Selama pengambilan data, model palka ditempatkan ke dalam model kapal. Selanjutnya ke dalam model palka dimasukkan air yang telah diberi warna merah hingga ketinggian 6.7 cm dari dasar terendah model palka. Ketinggian air di setiap sub palka untuk setiap perlakuan adalah sama. Ketinggian air di dalam model palka yang diimplementasikan dalam eksperimen ini adalah mengacu pada kebiasaan yang umum dilakukan para transportir ikan hidup yang mengisi tangki air hingga ketinggian kurang lebih 80% dari tinggi tangki. Selanjutnya model kapal diberi perlakuan berupa penekanan di salah satu sisi *sheer* model kapal hingga model kapal miring. Kemudian tekanan pada salah satu *sheer* model kapal dilepaskan, dan model kapal akan melakukan gerakan *rolling*. Selama model kapal melakukan gerakan *rolling*, dilakukan pengambilan gambar dalam bentuk video dengan menggunakan alat bantu berupa *digital camera*. Tahapan eksperimen disajikan pada Gambar 2. Tiap perlakuan diulang sebanyak 10 kali ulangan (Tabel 2).

Pengolahan data dilakukan dengan mengubah file dalam format video menjadi format gambar dengan menggunakan software *video movie maker*. Pengalihan ke format gambar dimaksudkan untuk mendapatkan data profil permukaan air pada saat model kapal melakukan gerakan *rolling*. Adapun data *rolling period* diperoleh dengan menghitung lamanya waktu oleng model kapal mulai dari sisi kiri ke kanan hingga kembali ke sisi kiri atau sebaliknya. Data waktu redam diperoleh

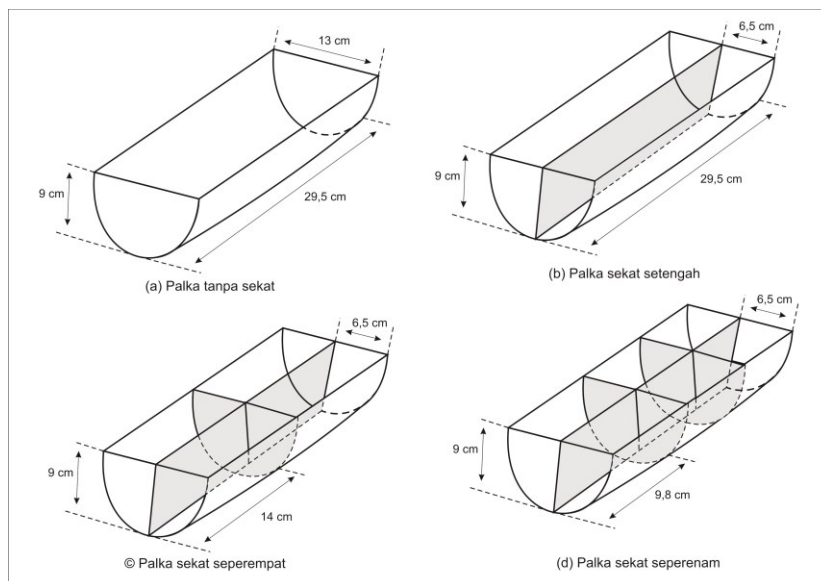
dengan menghitung lamanya waktu yang dibutuhkan oleh model kapal mulai saat terjadi *rolling* hingga model kapal relatif diam dan kembali tegak setelah terjadi gerakan *rolling*.

Pengujian secara statistik dilakukan dengan terlebih dahulu data ulangan dari setiap perlakuan diuji kenormalannya dengan menggunakan uji satu-contoh Kolmogorov-

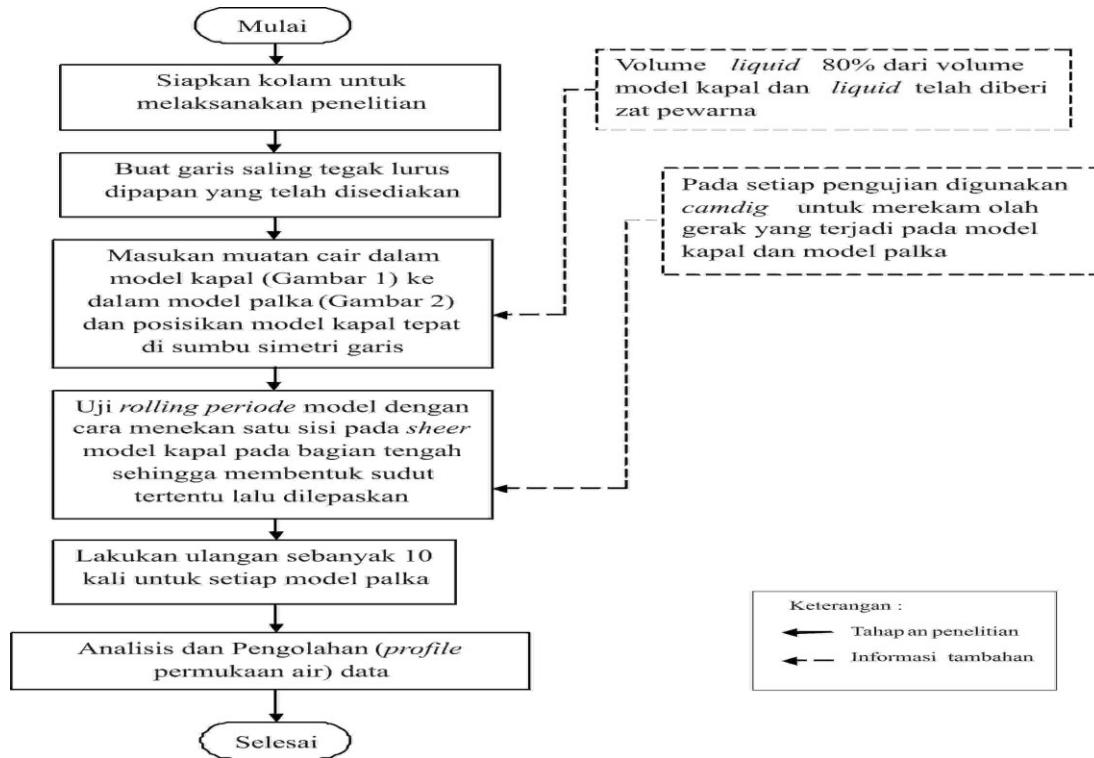
Smirnov. Perlakuan yang diuji adalah perbedaan luas *free surface* A_1 , A_2 , A_3 dan A_4 . Apabila dari hasil uji kenormalan data, menunjukkan data menyebar normal, barulah dilakukan uji anova dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) (Steel and Torrie, 1995).

Tabel 1 Perlakuan dalam penelitian

Perlakuan ke-	Kode	Kondisi model palka	Kondisi muatan cair di dalam sub-palka			
			Luas FS (cm ²)	Volume muatan cair (cm ³)	Total	
					Luas FS	Volume muatan cair
1	A ₁	Model palka utuh (Gambar 3a)	383.5	2,569.5		
2	A ₂	Model palka utuh dibagi dua secara longitudinal dengan menggunakan 1 unit <i>baffle</i> (Gambar 3b)	191.8	1,284.7		
3	A ₃	Model palka utuh dibagi empat secara longitudinal dengan 1 unit <i>baffle</i> dan melintang dengan 1 unit <i>baffle</i> (Gambar 3c)	95.9	642.4	383.5	2,569.45
4	A ₄	Model palka utuh dibagi enam secara longitudinal dengan 1 unit <i>baffle</i> dan melintang dengan 2 unit <i>baffle</i> (Gambar 3d)	63.9	428.3		



Gambar 1. Kondisi perlakuan pada model palka



Gambar 2. Tahapan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada awal eksperimen dilakukan penimbangan berat model kapal berikut model palka dan muatannya. Penimbangan berat ini dilakukan terhadap setiap perlakuan. Berdasarkan hasil penimbangan berat diketahui bahwa berat model kapal berikut model palka dan muatannya untuk keempat perlakuan A_1 , A_2 , A_3 , dan A_4 , memiliki berat yang sama yaitu sebesar 3,410 gram. Selanjutnya pada saat ditempatkan di atas permukaan air, ketinggian *draft* model kapal untuk keempat perlakuan pun juga memiliki kesamaan, yaitu 5.5 cm. Selanjutnya pembahasan hasil penelitian akan dilakukan terhadap sudut oleng, profil *rolling* kapal dan waktu redam.

Sudut Oleng

Sudut oleng adalah sudut kemiringan model kapal saat terjadi gerakan *rolling*. Pengukuran sudut oleng dilakukan dengan mengukur sudut yang terbentuk dari garis permukaan muatan cair saat terjadi *rolling* terhadap permukaan muatan cair saat model kapal masih dalam posisi tegak. Berikut disajikan perubahan sudut oleng yang terjadi selama terjadi gerakan *rolling* pada masing-masing perlakuan (Gambar 3).

Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa selama terjadi gerakan *rolling* model kapal, perlakuan A_1 memiliki nilai sudut oleng yang lebih besar jika dibandingkan dengan perlakuan A_2 , A_3 , dan A_4 . Pada perlakuan A_4 , terjadi sebaliknya dimana sudut oleng (θ) yang terjadi lebih kecil jika dibandingkan dengan sudut oleng pada ketiga perlakuan lainnya, yaitu A_1 , A_2 , dan A_3 .

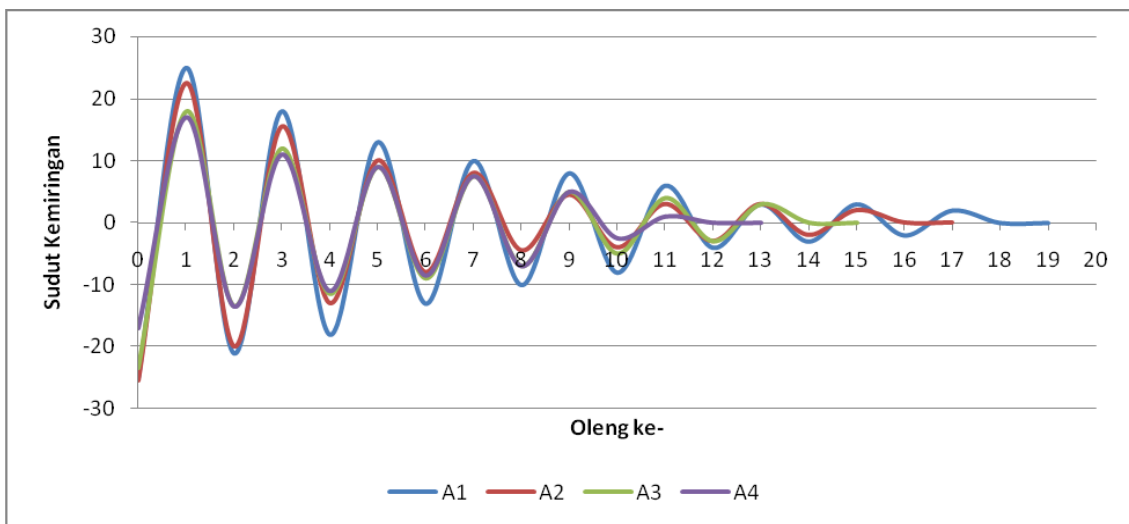
Besarnya sudut oleng yang terjadi saat model kapal *rolling* mengindikasikan besarnya volume muatan cair yang dipindahkan ke sisi model kapal yang oleng. Semakin besar sudut permukaan air yang dibentuk saat model kapal oleng, maka luas dinding model palka yang akan terkena hampasan volume air yang dipindahkan akan semakin besar. Ilustrasi luas dinding model palka yang terkena hampasan volume air yang dipindahkan disajikan pada Gambar 5.

Pada Gambar 4 terlihat garis 'AB' adalah dinding model palka, garis 'ce' adalah permukaan air saat model kapal dalam posisi tegak, garis 'cd' adalah permukaan air saat model kapal oleng, dan garis 'de' adalah tinggi dinding palka yang terkena hampasan volume air yang bergeser ke dinding model palka yang miring. Pada ilustrasi tersebut terlihat bahwa semakin besar sudut θ yang dibentuk oleh garis 'ce' dan 'cd', maka panjang garis 'de' akan

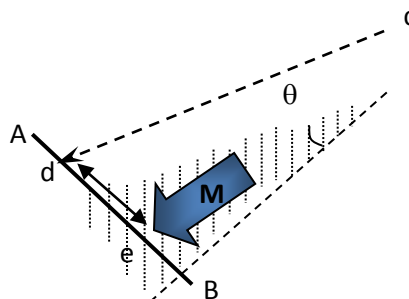
semakin besar pula. Dikarenakan yang menghempas adalah sejumlah volume air, maka dinding model palka yang terhempas pun adalah berupa luasan.

Perbedaan besarnya sudut oleng yang terjadi pada perlakuan A_1 , A_2 , A_3 dan A_4 disebabkan karena volume air yang tumpah atau menumbuk dinding model sub palka. Volume berbanding lurus dengan tinggi dan luas bidang. Dalam kasus pergerakan *free surface* di dalam sub model palka yang dikaji, ketinggian muatan cairnya adalah sama untuk di setiap perlakuan. Perbedaan terjadi pada luas *free surface* pada keempat perlakuan sebagaimana terlihat pada Tabel 1. Luas *free surface* pada model sub palka A_1 , A_2 , A_3 , dan A_4 masing-masing adalah sebanyak 383.5, 191.75, 91.0 dan 63.7 cm^3 . Disini terlihat

bahwa *free surface* di dalam sub model palka pada perlakuan A_1 memiliki luas yang lebih besar. Adapun luas *free surface* untuk perlakuan A_2 , A_3 , dan A_4 masing-masing adalah setengah (1/2), seperempat (1/4) dan seperenam (1/6) dari luas *free surface* pada perlakuan A_1 . Semakin besar luas *free surface* dari muatan cair, maka pada saat model kapal oleng, volume air yang bergeserpun lebih banyak. Berdasarkan uji statistik, diperoleh nilai $F_{hit} > F_{Tab}$, atau nilai P-Value < 0.05 . Artinya bahwa terdapat perbedaan besarnya sudut oleng model kapal pada luas *free surface* yang berbeda. Dengan kata lain, bahwa luas *free surface* berpengaruh nyata terhadap perbedaan sudut oleng model kapal yang memiliki luas *free surface* yang berbeda.



Gambar 3. Sudut oleng di model palka



Keterangan:

- volume air yang menumbuk dinding model palka
- M *moment* tumbukan terhadap dinding model palka

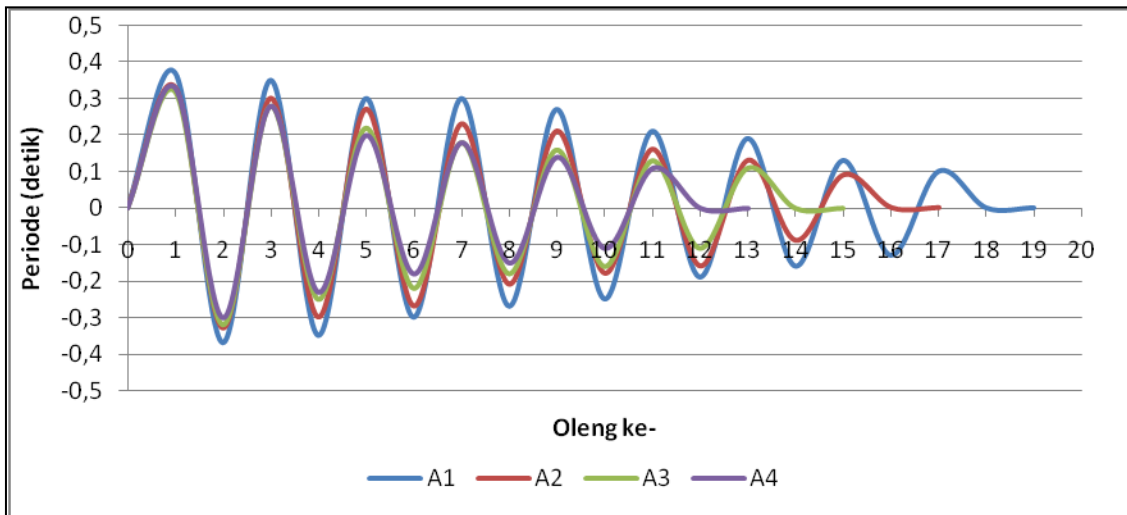
Gambar 4. Ilustrasi sudut kemiringan permukaan air terhadap dinding model palka

Rolling Period

Bhattacharyya (1978) mendefinisikan *rolling* sebagai gerakan anguler kapal ke kiri dan ke kanan sepanjang sumbu x. Adapun dalam pergerakan *rolling* tersebut, kapal memerlukan waktu untuk kembali ke posisi kemiringan awal yang disebut dengan periode *rolling* (*rolling period*). Pada Gambar 6 disajikan grafik profil *rolling* dari keempat perlakuan. Adapun nilai *rolling period* dari setiap perlakuan disajikan pada Tabel 3.

Pada Gambar 5, sumbu x menunjukkan jumlah gerakan oleng kapal mulai dari saat model kapal diolengkan hingga model kapal kembali relatif tegak. Adapun sumbu y menunjukkan lamanya waktu yang dibutuhkan oleh model kapal dari posisi oleng yang satu ke posisi oleng lainnya. Di dalam gambar tersebut dapat dilihat pola gerakan *rolling* dari model kapal pada keempat perlakuan. Terlihat bahwa *rolling period* model kapal semakin mengecil seiring dengan berjalannya waktu. Kondisi ini disebabkan karena *moment* pengembali kapal semakin bertambah besar jika dibandingkan dengan *moment* pembalik kapal. Pengurangan

nilai *rolling period* model kapal untuk keempat perlakuan dapat pula dilihat pada Tabel 3. Jika dibandingkan antar besar *rolling period* pada keempat perlakuan, terlihat bahwa model kapal dengan perlakuan A₁ memiliki nilai *rolling period* yang lebih besar daripada perlakuan A₂, A₃, dan A₄. *Rolling period* terkecil terjadi pada perlakuan A₄. Jika dikaitkan dengan sudut oleng yang terbentuk, sebagaimana telah dipaparkan sebelumnya, diketahui bahwa sudut oleng terbesar terjadi pada perlakuan A₁, dan semakin mengecil berturut-turut pada perlakuan A₂, A₃, dan A₄. Dijelaskan sebelumnya bahwa semakin besar sudut oleng, maka akan semakin luas dinding model palka yang akan terkena hampasan volume air yang bergeser akibat gerakan *rolling* kapal. Kondisi ini mengakibatkan *moment* tumbukan antara volume air dengan dinding model palka akan semakin besar. Fenomena inilah yang diduga sebagai penyebab besar-kecilnya *rolling period* yang terjadi pada keempat perlakuan. Fenomena ini dapat disebut sebagai efek *sloshing*.



Gambar 5. *Rolling period* model kapal dengan model palka yang diberi perlakuan berbeda

Novita (2010) menjelaskan bahwa kapal yang memiliki *free surface* akan mempunyai nilai *rolling period* lebih lama dibanding kapal yang tidak memiliki *free surface*. Kondisi ini terjadi karena kapal yang memiliki *free surface*, pada saat *free surface* membentur sebuah benda, maka akan timbulah *sloshing*. Lee et al. (2005) mendefinisikan *sloshing* sebagai fenomena saat *free surface* membentur dinding palka ketika kapal oleng. Semakin besar volume air yang menumbuk dinding model kapal, maka akan semakin besar *sloshing* yang terjadi. Kondisi inilah yang

mengakibatkan model kapal dengan luas *free surface* lebih kecil, yaitu A₄, menghasilkan efek *free surface* yang lebih kecil.

Pada Tabel 3 terlihat bahwa mulai saat model kapal diolengkan hingga model kapal kembali tegak ke posisi semula, mengalami pengurangan besaran *rolling period*. Ditinjau dari nilai rata-rata pengurangan *rolling period* dari keempat perlakuan, terlihat bahwa perlakuan A₄, yaitu model palka dibagi menjadi 6 sub model palka oleh 3 unit *baffle*, mengalami pengurang nilai *rolling period* yang lebih besar jika dibandingkan dengan ketiga

perlakuan lainnya. Terlihat pula bahwa nilai *rolling period* antar perlakuan pada setiap gerakan oleng memiliki perbedaan. Diurutkan dari penghasil nilai *rolling period* terbesar hingga terkecil, diperoleh urutan perlakuan sebagai berikut: $A_1 < A_2 < A_3 < A_4$. Berdasarkan hasil uji statistik terhadap nilai *rolling period* antar perlakuan A_1 vs A_2 , A_1 vs A_3 , A_1 vs A_4 , A_2 vs A_3 , A_2 vs A_4 , dan A_3 vs A_4 , diketahui bahwa nilai *P-value* dari masing-masing pengujian lebih kecil dari 0.05 (*P-value* < 0.05). Artinya adalah nilai *rolling period* antar perlakuan berbeda nyata. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa luas *free surface*

mempengaruhi besar-kecilnya nilai *rolling period*. Dimana dalam kajian ini, besar-kecilnya luas *free surface* disebabkan karena adanya penyekatan model palka oleh *baffle*. Lee *et.al* (2005) menyatakan bahwa kecilnya nilai *rolling period* sebuah kapal menunjukkan *performance* kapal terhadap gelombang yang lebih baik. Berdasarkan uji statistik, diperoleh nilai $F_{hit} > F_{Tab}$, atau nilai *P-Value* < 0,05. Artinya bahwa terdapat perbedaan besarnya nilai *rolling period* model kapal pada luas *free surface* yang berbeda. Dengan kata lain, bahwa luas *free surface* berpengaruh nyata terhadap perbedaan nilai *rolling period* model kapal yang memiliki luas *free surface* yang berbeda.

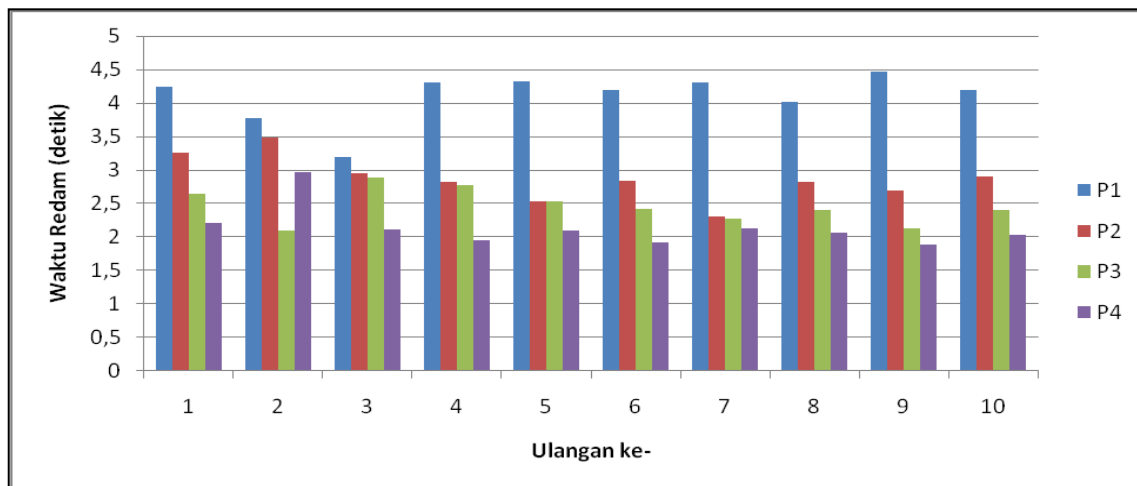
Tabel 3 Nilai rata-rata *rolling period*

Olang ke-	Perlakuan (detik)			
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
1	0.74	0.66	0.64	0.63
2	0.70	0.60	0.53	0.51
3	0.60	0.54	0.44	0.38
4	0.57	0.44	0.36	0.33
5	0.52	0.39	0.32	0.25
6	0.40	0.32	0.24	0.11
7	0.35	0.22	0.11	-
8	0.26	0.09	-	-
9	0.10	-	-	-
Rataan pengurangan	0.09	0.08	0.09	0.10

Waktu Redam Gerak Model Kapal

Novita *et.al* (2010) mendefinisikan waktu redam sebagai lamanya waktu yang diperlukan sebuah model kapal untuk

melakukan olah gerak dari awal pergerakan sampai model kapal berhenti atau tidak bergerak lagi. Pada Gambar 6 disajikan perbandingan waktu redam yang terjadi pada setiap model kapal pada keempat perlakuan.



Gambar 6. Waktu Redam Gerak Model Kapal

Di dalam Gambar 7 terlihat bahwa model kapal dengan perlakuan A_1 memiliki waktu redam yang paling besar yaitu rata-rata 4.47 detik. Adapun untuk model kapal dengan perlakuan A_2 , nilai waktu redam rata-rata mencapai 3.49 detik, model kapal dengan perlakuan A_3 memiliki waktu redam sebesar 2.88 detik, dan untuk model kapal A_4 memiliki waktu redam yang terkecil yaitu sebesar 1.88 detik. Terlihat bahwa model kapal dengan perlakuan A_1 memiliki nilai waktu redam yang lebih besar. Jika mengacu pada definisi waktu redam, maka dapat dikatakan bahwa model kapal dengan perlakuan A_4 memiliki waktu redam rata-rata yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa stabilitas model kapal lebih baik pada perlakuan A_4 jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Kondisi ini ditunjukkan dari lebih cepatnya model kapal dengan perlakuan A_4 kembali tegak ke posisi semula setelah diolengkan. Dapat dikatakan pula bahwa efek *free surface* pada model kapal dengan perlakuan A_4 sangat kecil terhadap waktu redam yang ditimbulkannya. Berdasarkan uji statistik, diperoleh nilai $F_{hit} > F_{Tab}$, atau nilai P-Value < 0.05 . Artinya bahwa terdapat perbedaan lamanya waktu redam model kapal pada luas *free surface* yang berbeda. Dengan kata lain, bahwa luas *free surface* berpengaruh nyata terhadap perbedaan sudut oleng model kapal yang memiliki luas *free surface* yang berbeda.

Berdasarkan hasil kajian secara keseluruhan, menunjukkan bahwa efek *free surface* yang timbulkan oleh *free surface* yang terdapat pada muatan cair, dapat dieliminir dengan mengurangi luas *free surface*. Pengurangan luas *free surface* dapat dilakukan dengan menyekat palka menjadi ruang-ruang yang lebih kecil lagi dengan menggunakan *baffle* (sekat). Semakin kecil luas *free surface* yang dimiliki oleh muatan cair, maka akan semakin kecil pula efek *free surface* yang akan dihasilkan.

KESIMPULAN

Semakin besar luas *free surface*, maka kualitas gerakan *rolling* model kapal semakin memburuk, ditandai dengan semakin besarnya sudut oleng, *rolling period*, dan waktu redam yang dialami oleh model kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharyya R. 1978. *Dynamics of Marine Vehicles*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Hind, J.A. 1982. *Stability and Trim of Fishing Vessels*. Second edition. Fishing News Books Ltd. Farnham, England.
- Lee, S.K., S.Surenndran and G.Lee. 2005. Roll Performance of Small Fishing Vessel with Live Fish Tank. *Ocean Engineering* 32 (2005): 1873-1885.
- Lewis E.V. 1988. *Principles of Naval Architecture. Second Revision, Volume I Stability and Strength*. Jersey City, New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Liliana N, Y. Novita, F. Purwangka. 2012. Jenis muatan dan pengaruhnya terhadap *rolling period* model kapal. *Jurnal Buletin PSP* 20 (3): 249-262.
- Novita Y, BH Iskandar, B Murdiyanto, B Wiryawan, Hariyanto. 2010. Keragaan Free Surface Model Palka Berbentuk Kotak dan Silinder. *Jurnal Marine Fisheries* 1(2): 113-140
- Novita, Y. 2011. Pengaruh *Free Surface* terhadap Stabilitas Statis Kapal Pengangkut Ikan Hidup. *Jurnal Buletin PSP* XIX (2): 34-43.
- Novita Y, BH Iskandar, B Murdiyanto, B Wiryawan, Hariyanto. 2012. Pengaruh pemasangan sirdam terhadap *free surface* muatan cair pada model palka kapal pengangkut ikan hidup. *JPPI* 18(1): 61-68.