

**POSISI SIRDAM VS KETINGGIAN PERMUKAAN AIR DALAM MEREDAM
FREE SURFACE MUATAN CAIR DI DALAM TANGKI**

PK-02

Yopi Novita

Departemen PSP FPIK IPB
Jl. Lingkar Akademik, Kampus IPB, Darmaga, Bogor 16680
E-mail: yop_novita@yahoo.com

Abstrak

Muatan cair di dalam palka kapal akan bergerak bebas apabila kapal melakukan gerakan terlebih gerakan rotasi seperti *rolling* dan *pitching*. Penelitian ini adalah merupakan penelitian lanjutan dari Novita *et al.* (2010), Novita (2011) dan Novita *et al.* (2012). Dalam Novita *et al.* (2010) disimpulkan bahwa palka berbentuk kotak lebih mampu meredam efek *free surface* jika dibandingkan dengan palka berbentuk silinder, dan dalam penelitian Novita *et al.* (2012), menyimpulkan bahwa penggunaan sirdam (sirip peredam) mampu meredam efek *free surface*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektifitas pemasangan sirdam terhadap permukaan air dalam meredam efek *free surface* muatan cair di dalam tangki. Penelitian ini dilakukan dengan cara eksperimental. Terdapat 3 perlakuan ketinggian permukaan air di dalam model tangki terhadap ketinggian posisi pemasangan sirdam. Dalam eksperimen, model tangki diolengkan ke kiri dan ke kanan sebagaimana gerakan *rolling* kapal terjadi. Selanjutnya, profil permukaan air dan waktu redam permukaan air pada model tangki diamati dan dianalisis. Dari hasil penelitian diketahui bahwa sirdam mulai berkurang kemampuannya dalam meredam efek *free surface* pada saat sirdam berada di bawah permukaan air pada jarak 3 kali lebar sirdam.

Kata kunci: sirip peredam (sirdam), ketinggian sirdam, ketinggian permukaan air, muatan cair dan *free surface*.

Pengantar

Kapal pengangkut ikan hidup, mengacu pada Undang-undang Republik Indonesia Nomor 45 Tahun 2009 tentang perubahan atas Undang-undang Nomor 31 Tahun 2004 tentang perikanan pada pasal 1 butir ke 9, adalah merupakan salah satu jenis kapal perikanan. Sebagai kapal pengangkut ikan hidup, maka jenis muatan utamanya adalah muatan cair. Muatan cair yang berada di dalam palka kapal akan bergerak bebas apabila kapal melakukan gerakan terlebih gerakan rotasi seperti *rolling* dan *pitching*. Pergerakan *liquid* ini terjadi dikarenakan muatan *liquid* tersebut memiliki *free surface* (permukaan bebas) di permukaannya. Apabila efek *free surface* ini sangat besar, maka akan memperburuk stabilitas kapal bahkan dapat menjadi penyebab terbaliknya kapal.

Kajian kali ini merupakan salah satu rangkaian penelitian yang dilakukan oleh peneliti terkait dengan efek *free surface* terhadap stabilitas kapal dan upaya untuk meredam efek *free surface* yang akan terjadi pada kapal bermuatan cair. Pada penelitian sebelumnya, Novita (2011), diketahui bahwa efek *free surface* terhadap stabilitas kapal dapat mengakibatkan penurunan nilai $\overline{GZ}$ sebesar 10 %, nilai $\alpha_{\overline{GZ}_{maks}}$ sebesar 3,9 %, initial $\overline{GM}$ sebesar 10,6 % dan meningkatkan nilai *rolling period* sebesar 3,9 %. Penurunan nilai $\overline{GZ}$, $\alpha_{\overline{GZ}_{maks}}$ dan initial $\overline{GM}$ mengakibatkan menurunnya kualitas stabilitas kapal yang berdampak kepada kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula setelah mengalami oleng. Peningkatan *rolling period* akan meningkatkan tingkat risiko kapal apabila berhadapan dengan gelombang-gelombang dengan periode cepat (Novita, 2011). Kondisi ini diperkuat dengan hasil penelitian Liliana *et al.* (2012) tentang pengaruh jenis muatan terhadap *rolling period* model kapal, diketahui bahwa *rolling period* model kapal bermuatan cair lebih besar sebesar 0,12 detik dibandingkan dengan *rolling period* model kapal bermuatan padat.

Dalam penelitian yang berkaitan dengan upaya untuk meredam efek *free surface*, berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Novita *et al.* (2010) menyimpulkan bahwa palka berbentuk kotak memiliki kemampuan yang lebih baik dalam meredam efek *free surface* muatan cair di dalam palka. Selanjutnya dalam penelitian lanjutan dalam upaya untuk meredam efek *free surface*, Novita *et al.* (2012) memasang sirdam (sirip peredam) di sisi dalam model palka untuk

meredam efek *free surface*. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa keberadaan sirdam mampu meredam profil kemiringan permukaan air saat model palka diolengkan hingga 40 - 60 % dan waktu redam sebesar 33,3 - 50 %.

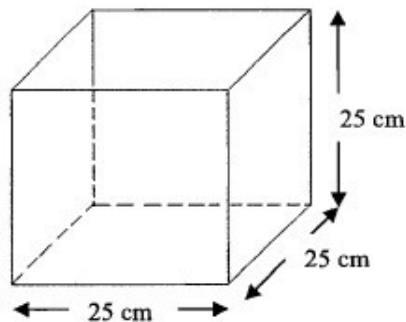
Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya. Dalam penelitian ini akan dikaji efektifitas ketinggian pemasangan sirdam terhadap permukaan air dalam meredam efek *free surface* muatan cair di dalam palka. Tujuan dari penelitian ini adalah: 1) Menentukan ketinggian permukaan air terhadap ketinggian pemasangan sirdam yang masih efektif untuk meredam efek *free surface*, dan 2) Menghitung perbedaan sudut kemiringan FS dan waktu redam antar perbedaan ketinggian *free surface* terhadap ketinggian pemasangan sirdam.

Bahan dan Metode

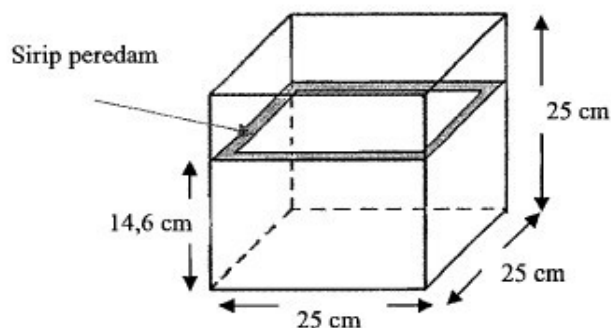
Penelitian ini dilaksanakan dengan model eksperimen selama satu bulan pada bulan Juli 2011, bertempat di *Laboratorium Desain dan Dinamika Kapal, Bagian Kapal dan Transportasi Perikanan, Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, FPIK IPB*.

Alat yang digunakan terdiri dari: 1) Empat buah model palka berbentuk kotak dengan ukuran $p \times l \times t = (25 \times 25 \times 25) \text{ cm}^3$ dan di sisi dalam model palka tersebut dipasang sirip peredam dengan lebar = 2 cm (Gambar 1); 2) Peranti jungkat-jungkit untuk memberikan dampak gerakan *rolling* kapal (Gambar 2); 3) *Video camera* dan 4) *Stopwatch*. Bahan yang digunakan adalah: air laut dan zat pewarna merah. Rasio luas permukaan sirip peredam terhadap luas *free surface* adalah 0,3. Pemasangan sirip peredam di sisi dalam model palka adalah 14,6 cm dari dasar model palka.

Data yang dikumpulkan terdiri dari: 1) Profil *free surface* saat terjadi *rolling*; 2) profil *free surface* saat model palka kembali tegak setelah terjadi gerakan *rolling*; dan 3) waktu redam, yaitu waktu yang dibutuhkan oleh permukaan air untuk kembali tenang yang dihitung mulai saat palka kembali tegak setelah terjadi gerakan *rolling*.



Gambar 1. Model palka tanpa sirdam (TS).

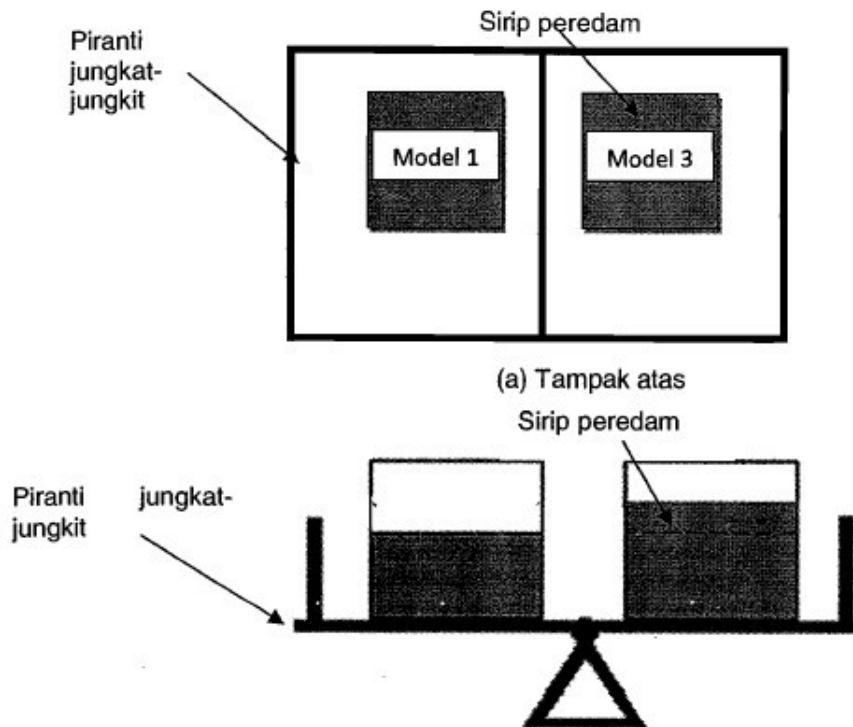


Gambar 2. Model palka dengan sirdam (DS).

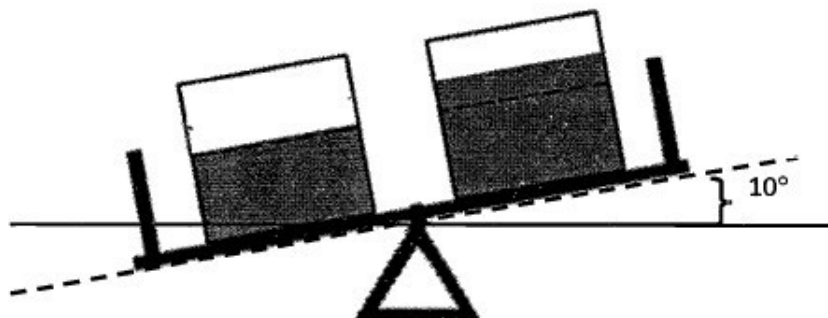
Penggunaan model palka berbentuk kotak dikarenakan bentuk palka kotak merupakan bentuk palka yang sering digunakan pada kapal. Selain itu, dari hasil kajian Novita *et al.* (2010) terhadap dua bentuk model palka yaitu bentuk silinder dan kotak diketahui bahwa gerakan *free surface* pada model palka berbentuk silinder lebih dinamis dibandingkan pada model palka berbentuk kotak. Disimpulkan bahwa palka berbentuk kotak memiliki kemampuan yang lebih baik dalam meredam efek *free surface*.

Pengumpulan data dilakukan dengan cara eksperimen. Dua unit model palka yang terdiri dari 1 unit model palka yang dilengkapi dengan sirdam (DS) dan 1 unit model palka yang tidak dilengkapi dengan sirdam (TS) diletakkan di atas jungkat-jungkit pada jarak yang sama dari garis tengah jungkat-jungkit (Gambar 2). Selanjutnya ke dalam model palka dimasukkan air yang telah diberi pewarna merah. Pemberian warna merah terhadap air yang dimasukkan ke dalam model palka dimaksudkan untuk mempermudah dalam pengamatan. Ketinggian air yang dimasukkan ke dalam kedua model palka sesuai dengan perlakuan ketinggian *free surface* sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Selanjutnya kedua model palka dimiringkan ke kanan dan ke kiri selayaknya gerakan *rolling* yang terjadi pada kapal (Gambar 3). Jungkat-jungkit diolengkan hingga $\pm 10^\circ$ ke kiri dan kanan dengan periode *rolling* 2 detik. Diperkirakan panjang lintasan gerakan *rolling* dari kemiringan di sisi kiri ke kemiringan di sisi kanan kapal dan kembali ke kemiringan di sisi kiri kapal sekitar 40° atau 0,698 radian. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali ulangan. Setiap

pengambilan data *free surface*, baik untuk perlakuan K1, K2, K3 dan K4, diatas jungkat jungkit diletakkan dua unit model palka, yaitu model palka DS dan TS. Penggunaan model palka TS adalah sebagai acuan profil *free surface* yang dalam kondisi normal.



Gambar 3. Posisi penempatan model palka di atas peranti jungkat-jungkit saat eksperimen.



Gambar 4. Ilustrasi kemiringan jungkat-jungkit.

Tabel 1. Perlakuan ketinggian permukaan air di dalam model palka.

Perlakuan	Ketinggian permukaan air di dalam model palka	Kode Perlakuan
1	Permukaan air tepat sejajar sirdam	K1
2	Permukaan air tepat di atas sirdam dengan jarak 1 x lebar sirdam (2 cm di atas sirdam)	K2
3	Permukaan air tepat di atas sirdam dengan jarak 2 x lebar sirdam (4 cm di atas sirdam)	K3
4	Permukaan air tepat di atas sirdam dengan jarak 3 x lebar sirdam (6 cm di atas sirdam)	K4

Pengolahan data dilakukan secara numerik, dengan terlebih dahulu merubah garis air yang terdapat pada dinding model palka dalam format foto menjadi grafik garis air. Analisis data

dilakukan secara komparatif dan uji statistik dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) (Steel and Torrie, 1995), dengan rancangan percobaan sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rancangan percobaan.

Perlakuan	Ulangan ke-									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K1	P _{1,1}	...	...	...	...	...	...	...	...	...
K2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
K3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
K4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	P _{4,10}

Hasil dan Pembahasan

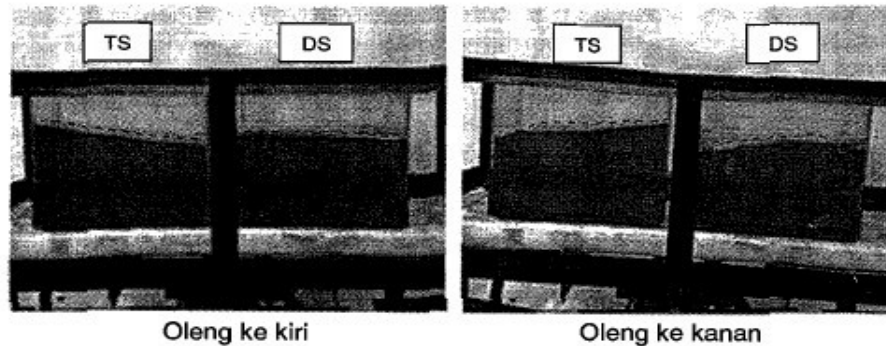
Penentuan efektifitas pemasangan sirdam terhadap ketinggian permukaan air di dalam palka, dilakukan dengan mengkaji profil dan sudut kemiringan permukaan air di dalam model palka saat diolengkan serta lamanya waktu redam pergerakan permukaan air di dalam model palka. Berikut akan dipaparkan hasil kajian terhadap profil dan sudut kemiringan permukaan air di dalam model palka saat diolengkan dan lamanya waktu redam pergerakan permukaan air di dalam palka.

Profil free surface

Dalam eksperimen, model palka diolengkan ke kanan dan ke kiri layaknya sebuah kapal yang sedang mengalami gerakan *rolling*. Sudut kemiringan dalam eksperimen ini sebesar 10° ke kiri dan 10° ke kanan. Pengamatan terhadap profil *free surface* di dalam model palka dilakukan pada saat model palka diolengkan ke kiri dan ke kanan dan pada saat model palka selesai diolengkan atau dengan kata lain saat model palka kembali ke posisi tegak setelah dioleng-olengkan.

Saat Rolling

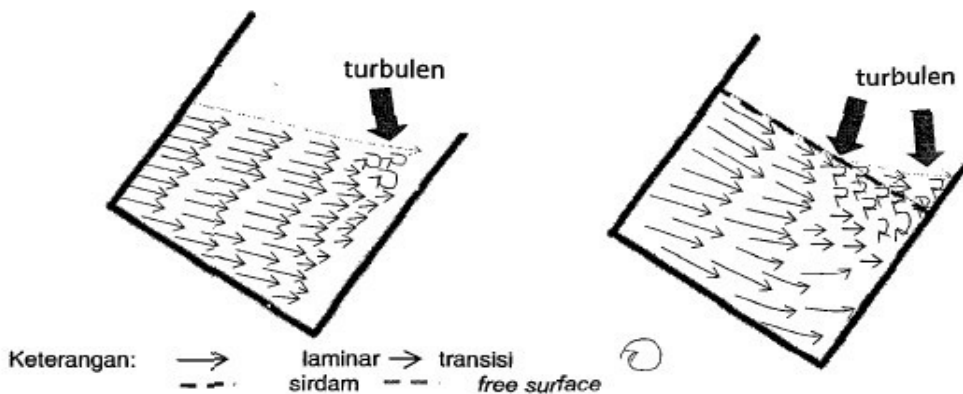
Pada penelitian sebelumnya (Novita *et al.*, 2012), disebutkan bahwa *free surface* di dalam model palka ikut bergerak ke sisi kemiringan model kapal saat sedang diolengkan. Pergerakan *free surface* saat media yang ditempatinya berubah posisi adalah sifat umum dari benda cair. Dalam kajian tersebut, juga dikemukakan bahwa profil *free surface* di dalam model palka yang dilengkapi dengan sirdam dan yang tidak dilengkapi dengan sirdam memiliki perbedaan yang nyata. Fenomena yang sama juga terlihat pada kajian ini, yaitu pada perlakuan K1 (yaitu kondisi eksperimen yang sama dengan kajian sebelumnya dalam Novita *et al.* (2011) dan Novita *et al.* (2012). Profil *free surface* di dalam model palka TS, terlihat bergerak bebas. Pergerakan *free surface* tersebut menampilkan pergerakan yang selaras dengan pergerakan model palka yang ditempatinya. Lain halnya dengan profil *free surface* di dalam model palka DS. Saat model palka dioleng-olengkan, terlihat bahwa pergerakan *free surface* tidak bergerak bebas. Pergerakan *free surface* saat mengalir ke sisi dinding model palka yang miring tertahan oleh adanya sirdam. Kondisi ini mengakibatkan sudut kemiringan *free surface* pada model palka yang dilengkapi sirdam lebih kecil jika dibandingkan dengan sudut kemiringan *free surface* pada model palka yang tidak dilengkapi dengan sirdam. Contoh profil *free surface* saat model palka diolengkan ke kanan dan ke kiri disajikan pada Gambar 5.



Keterangan: - - - - profil *free surface*

Gambar 5. Contoh profil *free surface* saat rollin.
(Sumber : Novita *et al.*, 2012)

Pada Gambar 1 menunjukkan hasil kajian sebelumnya yang membandingkan antara profil *free surface* di dalam model palka yang bersirdam dengan di dalam model palka tanpa sirdam. Lebih kecilnya sudut kemiringan *free surface* di dalam model palka DS jika dibandingkan dengan kemiringan *free surface* di dalam model palka TS, diakibatkan karena pergerakan air di dalam model palka DS tertahan oleh sirdam. Tertahannya pergerakan *free surface* oleh sirdam, mengakibatkan berkurangnya kecepatan laju pergerakan *free surface*. Berkurangnya kecepatan laju pergerakan *free surface* sebanding dengan luasnya permukaan sirdam yang menahan pergerakan *free surface*. Fenomena tertahannya pergerakan air oleh sirdam ini hampir menyerupai fenomena pecahnya gelombang oleh *break water* (Triadmojo, 1999). Jika mengacu pada pola aliran fluida, maka aliran pergerakan *free surface* mengalami perubahan pola yaitu dari aliran laminar, berubah menjadi aliran transisi kemudian berubah menjadi aliran turbulen pada saat *free surface* bertabrakan dengan sirdam. Pola aliran fluida terdiri dari tiga jenis, yaitu: 1) aliran laminar, 2) aliran transisi dan 3) aliran turbulen (White, 1994). Mengacu pada hasil kajian yang dilakukan oleh Taslim (2006) tentang pola aliran fluida di dalam kolom bersekat, menunjukkan adanya perubahan pola aliran yang semula berpola laminar berubah menjadi aliran transisi pada saat fluida mendekati sekat. Perubahan ini ditandai dengan adanya pengurangan kecepatan laju fluida dan bertambah besarnya tekanan fluida yang mendekati sekat. Pada akhirnya pola aliran berubah menjadi aliran turbulen saat terjadi tabrakan antara fluida dengan sekat. Ditambahkan pula oleh Novita *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa kemunculan aliran refleksi akibat terpantul oleh sirip peredam ini mengakibatkan timbulnya aliran turbulensi yang pada akhirnya juga akan menghambat gerakan aliran *free surface*. Ilustrasi pergerakan aliran air di dalam model palka DS dan TS di sajikan pada Gambar 6.



(a) Aliran dalam model palka TS

(b) Aliran dalam model palka DS

Gambar 6. Ilustrasi aliran air di dalam model palka.

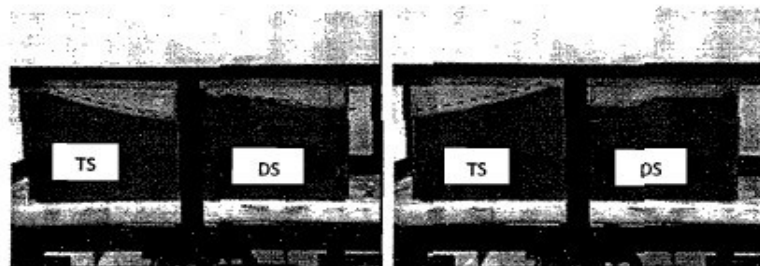
Pada ilustrasi aliran *free surface* dalam model palka TS, perubahan pola aliran dari aliran laminar menjadi aliran transisi terjadi sesaat aliran air hampir mendekati dinding model palka. Kondisi ini ditandai dengan ukuran vektor yang mengecil. Adapun perubahan dari aliran transisi menjadi aliran turbulen adalah saat aliran air transisi bertubrukan dengan dinding model palka. Lain halnya yang terjadi pada aliran *free surface* di dalam model palka DS, perubahan pola aliran laminar menjadi aliran transisi terjadi saat *free surface* hampir mendekati sirdam, dan kemudian berubah menjadi aliran turbulen saat *free surface* bertabrakan dengan sirdam. Setelah *free surface* bertabrakan dengan sirdam, pola aliran *free surface* berubah menjadi aliran laminar akan tetapi berubah kembali menjadi aliran turbulen saat *free surface* bertabrakan dengan dinding palka. Kondisi ini menerangkan bahwa, pergerakan *free surface* dalam model palka DS mengalami minimal dua kali turbulen. Terjadinya aliran turbulen mengakibatkan tereduksinya kecepatan aliran *free surface*. Fenomena inilah yang diduga sebagai penyebab sudut kemiringan *free surface* pada model palka DS lebih kecil jika dibandingkan dengan kemiringan *free surface* pada model palka TS.



Oleng ke kiri

Oleng ke kanan

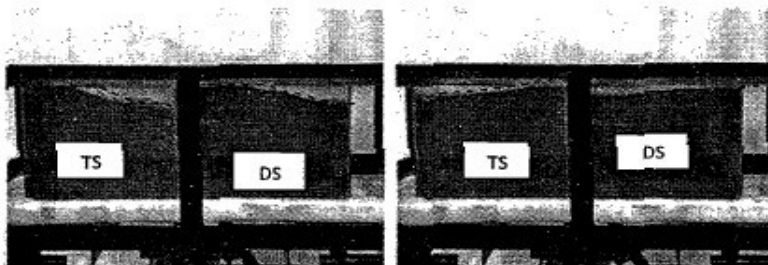
(a) Profil kemiringan *free surface* pada perlakuan K2



Miring ke kiri

Miring ke kanan

(b) Profil kemiringan *free surface* pada perlakuan K3



Miring ke kiri

Miring ke kanan

(b) Profil kemiringan *free surface* pada perlakuan K4

Keterangan: --- -profil *free surface*

Gambar 7. Profil *free surface* di dalam model palka pada perlakuan K2, K3 dan K4.

Pada Gambar 7 disajikan profil *free surface* di kedua model palka yang bersirdam (DS) dan yang tidak bersirdam (TS). Pada gambar tersebut juga disajikan profil permukaan air pada ketinggian *free surface* terhadap ketinggian sirdam yang berbeda (perlakuan K2, K3 dan K4). Jika dibandingkan antara profil *free surface* di dalam model palka DS dan TS terlihat bahwa profil *free surface* di dalam model palka DS pada perlakuan K1, K2 dan K3 menunjukkan profil yang berbeda. Pola aliran *free surface* dalam model palka DS dengan perlakuan K1, K2 dan K3 menunjukkan adanya efek keberadaan sirdam terhadap profil *free surface*. Kondisi ini ditandai dengan adanya patahan atau lekukan disekitar bagian tengah *free surface*. Efek keberadaan sirdam terhadap profil *free surface* secara nyata terlihat pada sudut yang dibentuk antara profil *free surface* saat diolengkan dengan saat tidak diolengkan atau dalam kondisi stasioner. Selanjutnya dalam tulisan ini, sudut tersebut diistilahkan sebagai sudut kemiringan FS (*free surface*). Pada Tabel 3 disajikan sudut kemiringan antara *free surface* saat model palka diolengkan dengan *free surface* saat model palka dalam posisi tegak. Pada Tabel 3 terlihat bahwa sudut kemiringan FS pada model palka DS lebih kecil jika dibandingkan dengan sudut kemiringan FS pada model palka TS. Tidak demikian halnya yang terjadi pada pola *free surface* di dalam model palka DS dan TS dengan perlakuan K4. Pada perlakuan K4, profil *free surface* di model palka DS dan TS memiliki profil *free surface* yang relatif sama.

Tabel 3. Rata-rata besar sudut kemiringan *free surface* saat model palka diolengkan

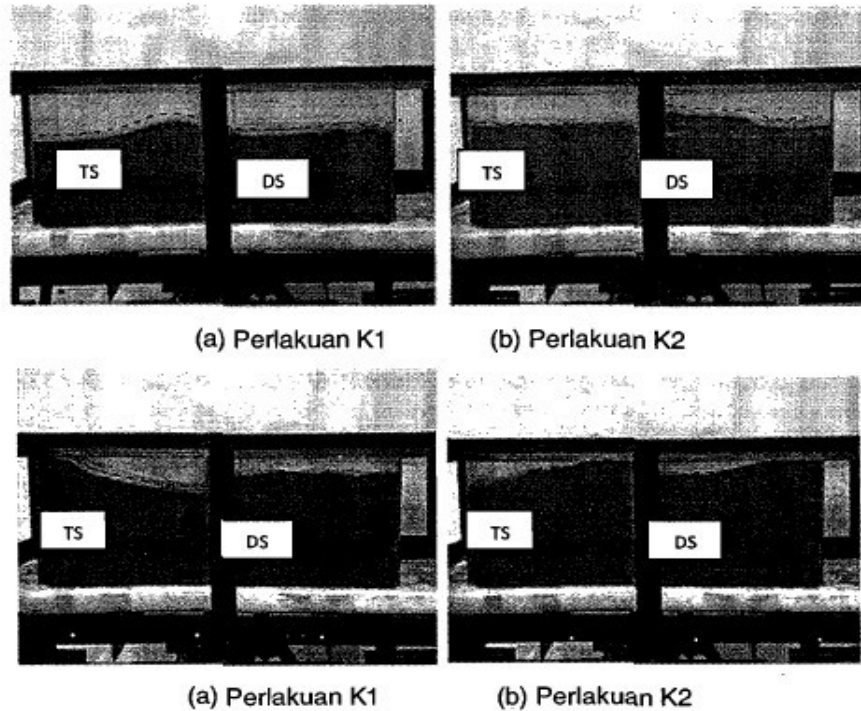
Sudut	Perlakuan							
	K1		K2		K3		K4	
	DS	TS	DS	TS	DS	TS	DS	TS
Rata-rata	5°	10°	5°	10°	7°	10°	14°	13°

Berdasarkan hasil uji statistik terhadap besarnya sudut kemiringan FS pada perlakuan K1, K2 dan K3, menunjukkan bahwa nilai $F_{hit} > F_{Tab}$, atau nilai P-Value $< 0,05$. Kondisi ini menunjukkan adanya perbedaan besar sudut kemiringan air pada palka yang dilengkapi dengan sirip peredam dan tanpa sirip peredam. Artinya keberadaan sirip peredam masih berpengaruh terhadap ketinggian *free surface* di atas sirdam pada ketinggian satu dan dua kali lebar sirdam. Lain halnya dengan hasil pengujian terhadap perlakuan K4 menunjukkan nilai $F_{hit} < F_{Tab}$, atau nilai P-Value $> 0,05$. Kondisi ini menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara sudut kemiringan FS pada model palka DS dan TS. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan sirdam sudah tidak lagi mempengaruhi pergerakan *free surface* yang terdapat di atas sirdam pada ketinggian tiga kali lebar sirdam.

Berdasarkan nilai sudut kemiringan FS, terlihat bahwa keberadaan sirdam pada perlakuan K1 dan K2 mampu mereduksi besarnya sudut kemiringan FS hingga 50 % dari besar sudut kemiringan FS yang tanpa dipengaruhi sirdam. Walaupun profil *free surface* pada perlakuan K3 masih menunjukkan adanya pengaruh sirdam, akan tetapi pengaruh keberadaan sirdam tidak sebesar saat perlakuan K1 dan K2. Hal ini terlihat dari besarnya sudut kemiringan FS pada model palka DS yang rata-rata hanya sebesar 7°. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada ketinggian permukaan air setinggi dua kali lebar sirdam, sirdam hanya mampu mereduksi sudut kemiringan FS sebesar 30 % jika dibandingkan dengan sudut kemiringan FS pada model palka TS. Hasil kajian ini sesuai dengan hasil kajian yang dilakukan Braathen and Faltinsen (2002), Naito and Sueyoshi (2002), Shiotani and Kodama (1998), dan Shibata *et.al* (2007) yang menyatakan bahwa ketinggian muatan cair dalam tangki, sudut oleng dan periode *rolling* kapal sangat mempengaruhi besar kecilnya efek *free surface* yang akan terjadi.

Setelah Rolling

Berbeda dengan kajian sebelumnya (Novita *et al.*, 2010 dan 2012), dimana profil *free surface* setelah gerakan *rolling* diamati sesaat setelah gerakan *rolling* model palka dihentikan dan model palka kembali diposisikan tegak hingga 1 detik setelahnya. Pada kajian ini hanya membandingkan profil *free surface* sesaat setelah posisi model palka kembali tegak setelah dioleng-olengkan (Gambar 8).



Keterangan: -- profil *free surface*

Gambar 8. Profil *free surface* sesaat model palka tegak setelah diolengkan.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa profil *free surface* pada model palka TS pada perlakuan K1, K2 dan K3, sesaat setelah gerakan oleng ditiadakan, cenderung membentuk pola aliran laminar. Lain halnya dengan yang terjadi pada profil *free surface* di model palka DS. Profil *free surface* pada model palka DS, sesaat setelah gerakan oleng ditiadakan, cenderung menunjukkan adanya patahan atau riak pada pola aliran laminar.

Kondisi tersebut di atas, menunjukkan bahwa *free surface* pada model palka TS tersebut lebih dinamis dibandingkan pada model palka DS. Apabila permukaan muatan cair di dalam model palka sangat dinamis, maka kondisi kapal untuk kembali tegak setelah gaya yang mengakibatkan gerakan *rolling* kapal hilang akan lebih sulit. Perlu diketahui bahwa walaupun model palka sudah tidak diolengkan, akan tetapi gerakan fluida cair masih terus terjadi terlebih jika fluida cair tersebut terus bertubrukan dengan dinding pembatas. Kondisi ini sesuai dengan sifat dari pola aliran fluida yaitu apabila suatu aliran fluida terhalang oleh sebuah benda maka pola aliran fluida tersebut akan terganggu dari kondisi stasionernya dan akan mencari kondisi kesetimbangan barunya.

Lain halnya pada perlakuan K4, terlihat bahwa profil *free surface* di dalam model palka DS dan TS memiliki bentuk profil yang sama. Dimana bentuk profil *free surface*nya adalah cenderung berpola laminar.

Waktu Redam

Waktu redam adalah lamanya waktu yang dibutuhkan oleh *free surface* di dalam model palka, mulai saat gerakan *rolling* berhenti hingga *free surface* tersebut kembali relatif tenang atau stabil. Definisi waktu redam yang digunakan disini adalah mengacu pada penelitian sebelumnya (Novita *et al.*, 2010). Pada Tabel 4 disajikan nilai rata-rata waktu redam dari pergerakan *free surface* dimasing-masing model palka yang dilengkapi dengan srdam dan tanpa dilengkapi dengan sirdam.

Tabel 4. Rata-rata waktu redam profil *free surface* sesaat setelah gerakan *rolling*.

Perlakuan	Waktu redam (detik)		Reduksi
	DS	TS	
K1	6	14,90	59,7 %
K2	11,8	16,7	29,3 %
K3	17,7	19,2	7,8 %
K4	21,4	21,6	0,9 %

Pada Tabel 4, berdasarkan nilai rata-rata waktu redam profil *free surface* model palka TS dan DS terlihat bahwa semakin tinggi posisi *free surface* di dalam model palka maka waktu redam pergerakan *free surface* semakin bertambah lama. Bertambah lamanya waktu redam ini terkait dengan volume air yang semakin bertambah banyak mulai dari perlakuan K1, K2, K3 hingga K4. Menurut Bhattacharyya (1978), semakin tinggi posisi *free surface* di dalam sebuah tangki, maka akan semakin besar efek *free surface* yang ditimbulkannya. Akan tetapi jika nilai rata-rata waktu redam antara profil *free surface* di dalam model palka DS dengan TS, terlihat adanya perbedaan antara perlakuan K1, K2 dan K3. Dimana pada perlakuan K1, K2 dan K3 masing-masing menunjukkan bahwa keberadaan sirdam mampu mereduksi waktu redam pergerakan *free surface* hingga 59,7 %, 29,3 % dan 7,8 % jika dibandingkan dengan waktu redam pergerakan *free surface* yang tidak dipengaruhi oleh sirdam. Lain halnya dengan waktu redam pada perlakuan K4, dimana keberadaan sirdam hanya mampu mereduksi waktu redam sebesar 0,9 %. Berdasarkan nilai waktu redam gerakan *free surface*, sirdam masih memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap pergerakan *free surface* apabila posisi sirdam berada di bawah *free surface* pada jarak dua kali lebar sirdam.

Pada saat terjadi *rolling*, pada model palka TS, *free surface* terus bergerak bebas ke atas dinding pembatas searah gerakan *rolling* yang telah ditiadakan. Akan tetapi, pada model palka DS, setiap pergerakan *free surface* ke arah atas dinding model palka akan tertahan oleh permukaan sirdam. Tertahannya gerakan air inilah yang memungkinkan waktu redam pada model palka DS lebih cepat jika dibandingkan dengan model palka TS.

Kaitannya dengan kapal adalah terhadap kualitas stabilitas kapal yang dipengaruhi oleh efek *free surface*. Lee *et al* (2005) dalam penelitiannya yang mengkaji keragaan gerakan *rolling* kapal ikan yang dilengkapi dengan palka ikan hidup, mengemukakan bahwa keberadaan *free surface* akan meningkatkan *damping moment coefficient* kapal. Jika *damping moment* meningkat maka kemampuan kapal untuk meredam gaya eksternal yang mengenai kapal (gelombang), akan semakin berkurang. Berdasarkan kajian terhadap profil *free surface* saat terjadi gerakan *rolling*, penggunaan sirdam dapat mengurangi besarnya sudut kemiringan FS. Jika dihubungkan dengan *damping moment coefficient* kapal, maka diperkirakan *damping moment coefficient* pada kapal yang menggunakan palka TS akan lebih besar dibandingkan dengan kapal yang menggunakan palka DS. Sehingga kemampuan kapal dengan palka TS untuk meredam gaya eksternal akan lebih kecil dibandingkan kapal dengan palka DS. Mengecilnya kemampuan redam kapal akan mengakibatkan stabilitas kapal menurun dikarenakan dinamika kapal lebih dipengaruhi oleh gaya eksternal. Berdasarkan hasil kajian di atas terlihat bahwa sirdam memberikan pengaruh yang positif dalam mengurangi efek *free surface* terhadap stabilitas kapal yaitu dengan cara meredam pergerakan *free surface*. Penggunaan sirdam tidak saja bermanfaat bagi kapal pengangkut ikan hidup, akan tetapi dapat digunakan dalam tangki-tangki kapal pengangkut muatan cair lainnya seperti kapal tanker.

Kesimpulan

Berdasarkan kajian terhadap profil *free surface* dan waktu yang dibutuhkan oleh *free surface* untuk kembali tenang setelah terjadi gerakan oleng, maka disimpulkan bahwa:

- 1) Keberadaan sirdam masih mampu mempengaruhi gerakan *free surface* yang berada di atasnya pada ketinggian maksimal dua kali lebar sirdam.
- 2) Keberadaan sirdam yang sejajar dengan *free surface* dan keberadaan sirdam yang berjarak satu kali lebar sirdam di bawah *free surface* mampu mereduksi sudut kemiringan FS hingga 50 %. Adapun posisi sirdam yang berjarak dua kali lebar sirdam di bawah posisi *free surface* hanya mampu mereduksi sudut kemiringan FS hingga 30 %.

- 3) Keberadaan sirdam mampu mereduksi waktu redam gerakan *free surface* yang sejajar dengan sirdam hingga 59,7 %. Adapun keberadaan sirdam yang berada di di bawah *free surface* dengan jarak satu kali, dua kali dan tiga kali lebar sirdam mampu mereduksi waktu redam pergerakan *free surface* masing-masing sebesar 29,3 %, 7,8 % dan 0,9 %.

Daftar Pustaka

- Bhattacharyya, R. 1978. Dynamics of Marine Vehicles. John Wiley & Sons, Inc. New York. Pages: 135-146.
- Braathen, A. & O.M. Faltinsen. 1988. Interaction Between Shed Vorticity, Free Surface Waves and Forced Roll Motion of a Two-Dimensional Floating Body. Fluid Dynamics Research. Volume 3, Issues 1-4. September 1988. Pages: 190-196.
- Lee, S.K., S. Surendran & G. Lee. 2005. Roll Performance of Small Fishing Vessel with Live Fish Tank. Ocean Engineering 32 (2005): 1873-1885.
- Liliana, N., Y. Novita & F. Purwangka. *Rolling Period* Kapal Bermuatan Padat dan Cair Serta Kaitannya dengan Efek *Free Surface*. Buletin PSP, Vol. 20, No. 3, Juni 2012: 34 – 42.
- Naito, S. & M. Sueyoshi. 2002. A Numerical Analysis of Violent Free Surface Flow by Particle Method. Proceedings of The Fifth (2002) ISOPE Pacific/Asia Offshore Mechanics Symposium, Daejeon, Korea, November 17-20, 2002.
- Novita, Y., B.H. Iskandar, B. Murdiyanto & B. Wiryawan. 2010. Keragaan *Free Surface* Pada Model Paika Kotak dan Silinder. MARINE FISHERIES, Jurnal Teknologi dan Manajemen Perikanan Laut, Vol. 1, No. 2 (2010): 133 - 140
- Novita, Y. 2011. Pengaruh *free surface* terhadap stabilitas kapal pengangkut ikan hidup. Buletin PSP, Vol. XIX, No. 2 (2011): 34 – 43.
- Novita, Y., B.H. Iskandar, B. Murdiyanto & B. Wiryawan. 2012. Pengaruh Pemasangan Sirdam Terhadap *Free Surface* Muatan Cair Pada Model Paika Kapal Pengangkut Ikan Hidup. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia, Vol. 18, No.1, Maret 2012.
- Shibata, K., K. Tanizawa & S. Koshizuka. 2007. Numerical Analysis of Coupling Between Ship Motion and Green Water on Deck using MPS Method. Proceeding of International Conference on Violent Flows (VF-2007), Fukuoka, Japan.
- Shiotani, S. & Y. Kodama. 1998. Numerical Analysis on Free Surface Waves and Stern Viscous Flow of a Ship Model. Journal of Marine Science and Technology. Vol. 3, Pages: 130-144.
- Steel, R.G.D. & J.H. Torrie. 1995. Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 748 hal.
- Triadmojo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta. 397 hal.
- Taslim. 2006. Kajian Pola Aliran Berayun dalam Kolom Bersekat. Jurnal Teknologi Proses, Vol 5 No. 2, Juli 2006: 105-111.
- White, F.M. 1994. Mekanika Fluida. Edisi Kedua Jilid 1. Erlangga. Jakarta: 430 hal.

Tanya Jawab

Penanya : Afriana Kusdinar

Permasalahan : Kapal yang bermuatan cairan akan mengalami risiko oleng lebih besar sehingga diberi sirdam dengan posisi tepat pada permukaan air. Sirdam diberikan dengan tujuan agar meredam kemiringan dari permukaan air. Pada *free surface* setelah rolling pada permukaan air dengan sirdam 9mampu meredam waktu redam

sampai lebih kurang 23%). Dimana sirdam disina masih efektif. Yang paling tidak mampu meredam keolengan adalah yang sirdamnya berada pada posisi 6 cm di bawah permukaan air.

Pertanyaan : Efektif/tidak sirdam tersebut ? Pada free surface apakah tidak dilakukan perlakuan posisi peletakan palka yang terkait titik berat pada kapal.

Jawaban : Sirdamnya dilihat terlebih dahulu. Jadi eksperimen ini hanya mengkaji efektifitas pemasangan sirip peredam untuk meredam efek free surface sehingga model palka hanya diletakkan pada posisi yang sama.