

KAJIAN HIDRODINAMIKA KAPAL SEMI KATAMARAN UNTUK TRANSPORTASI SUNGAI

STUDY OF SEMIKATAMARAN SHIP HYDRODYNAMICS FOR RIVER TRANSPORTATION

Luhut Tumpal Parulian Sinaga
Laboratorium Hidrodinamika Indonesia, Surabaya
luhuttps@yahoo.com.sg

Abstrak-

Bentuk rekayasa lambung yang digunakan adalah mengurangi tegangan permukaan air dengan cara membuat body ganda (semacam Tunnel) di bawah permukaan air. Untuk selanjutnya body ganda di bawah permukaan air ini dinamakan dengan Kapal Hull Semi Catamaran (HSC). Rekayasa lambung kapal HSC dilaksanakan dengan pembuatan beberapa buah model kapal dengan variasi bentuk dan ukuran Tunnel. Gelombang timbul akibat pergerakan Kapal HSC diobservasi di kolam uji yang dapat dikontrol kedalaman perairannya. Dari observasi percobaan model kapal yang dilakukan , Body kapal bentuk HSC lebih unggul bila dibandingkan dengan penggunaan bentuk body kapal konvensional , beberapa keunggulan yang diberikan bentuk kapal HSC diantaranya adalah pola dan tinggi gelombang timbul akibat pergerakan kapal lebih baik. Kapal semikatamaran di perairan dangkal memiliki perbedaan 6,61% lebih kecil bila dibandingkan dengan kapal monohull pada displasmen yang sama. Penggunaan kapal HSC sangatlah efektif digunakan sebagai sarana transportasi sungai maupun laut (Sea River Ship). Pengembangan, rekayasa dan inovasi bentuk HSC dilaksanakan di Laboratorium Hidrodinamika (UPT-BPPH, BPP Teknologi).

Kata kunci : *perairan dangkal, wake wash, lambungkapal, tunnel body, efisien*

Abstract

The form of hull engineering used is to reduce the surface tension of the water by making a double hull (a kind of tunnel) below the water surface. Subsequently the double hull beneath the water surface is called the Hull Semi Catamaran (HSC). HSC hull engineering is carried out by making several models of ships with variations of tunnel shapes and sizes. Waves arising from the movement of HSC Ships are observed in the test tank that can be controlled by the depth of the waters. From the experimental observations of ship models performed. Hull of ships HSC shape is superior when compared with the use of conventional ship body shape, some of the advantages given the shape of the ship HSC of which is the pattern and wave height arising due to the movement of the ship better. Ship semi catamaran in shallow waters have a difference of 6.61% smaller when compared with monohull ship on the same displacement. It is expected that the use of HSC vessels is very effective to be used as a means of river and sea transportation (Sea River Ship). The development, engineering and innovation of HSC forms are implemented in the Hydrodynamics Laboratory (UPT-BPPH, BPP Technology).

Keywords: *shallow water, wake wash, semi catamaran , tunnel body, efficient*

Diterima (received) : 14 Juni 2017, Direvisi (reviewed) : 9 Juli 2017, Disetujui (accepted) : 30 Juli 2017

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Sebagai konsekuensi yang sangat penting dengan meningkatnya integritas ekonomi dan era globalisasi antar negara ditunjukkan dengan adanya peningkatan transportasi logistik. Transportasi air secara prinsipal masih lebih banyak menguntungkan dibandingkan dengan jasa transportasi lainnya, diantaranya : kapasitas muat lebih besar, biaya transportasi lebih murah dan dampak lingkungan bisa ditekan.

Patut dicatat bahwa salah satu faktor keterbatasan pengembangan alat transport perairan terbatas (dangkal) untuk menanggulangi adanya kenaikan kebutuhan, adalah ketidak hadirannya kapal modern sungai-laut yang memadai. Pulau Kalimantan, salah satu pulau terbesar di Indonesia dan lebih dikenal dengan sebutan Pulau dengan seribu sungai, mempunyai masalah yang cukup rumit terhadap lalu lintas/transportasi sungai. Sejumlah kecelakaan sering terjadi pada daerah ini, seperti tenggelamnya kapal dan tubrukan antar kapal. Faktor utama yang menjadikan seringnya terjadi kecelakaan, tidak hanya dikarenakan banyaknya alat transportasi yang beroperasi, melainkan juga dipengaruhi oleh kondisi alam, seperti pendangkalan dan pengaruh pasang surut air laut. Laju pendangkalan/sedimentasi sungai dan pantai di daerah Kalimantan sangatlah tinggi. Salah satu faktor yang menunjang proses sedimentasi perairan adalah gelombang timbul (*wake-wash*) yang diakibatkan oleh pergerakan kapal.

Untuk mendapatkan improvisasi efisiensi transportasi lewat perairan (sungai dan laut), langkah konkret yang perlu dilakukan dalam perancangan alat transportasinya adalah mendesain sedemikian rupa sehingga alat transportasi tersebut mampu berlayar di sungai maupun di laut dengan segala keterbatasan alam yang ada serta meniadakan jeda bongkar muat. Dengan demikian alat transportasi sungai dan laut harus mampu mempunyai daya muat besar dan daya rusak terhadap lingkungan yang sangat kecil (*low detrimental effect*) serta mempunyai *high safety margin*.

Dengan batasan-batasan yang sebegitu banyak, dalam perancangan alat transportasi sungai sangatlah penting mendefinisikan karakteristiknya sehingga didapatkan ukuran yang optimal.

Ciri khas alat transportasi sungai dan laut diantaranya adalah adanya keterbatasan sarat kapal, harus mampu mengubah sarat

kapal pada saat di laut untuk menambah stabilitas kapal, tinggi kapal sangat terbatas karena harus melewati halangan berupa jembatan-jembatan.

Untuk meningkatkan kapasitas muat, kapal biasanya dibuat lebar, membuat kapal lebih tegar di gelombang laut dan panjang. Dengan demikian, batasan panjang per tinggi dan lebar per tinggi mempunyai rasio sebesar :

$$\frac{L}{H} \leq 17 \text{ and } \frac{B}{H} \leq 3 \quad (1)$$

Harga maksimum untuk parameter-parameter pada persamaan (1) untuk kapal-kapal Non-Rusia mempunyai panjang antara 80 sampai 90 meter, lebar antara 11 dan 13 meter , tinggi kapal di atas permukaan air berkisar 5 sampai 8 meter.

Disamping itu, salah satu parameter yang sangat mempengaruhi karakteristik pergerakan kapal di perairan terbatas, adalah kecepatan. Pendefinisian baru untuk menentukan kecepatan kritis kapal pada perairan dangkal adalah sebagai berikut :

$$V_m > \sqrt{gh} \quad (2)$$

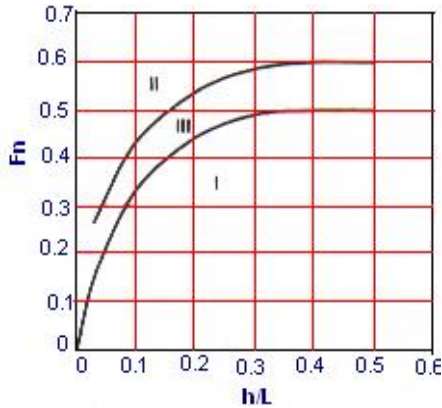
dimana h adalah kedalaman perairan.

Kebutuhan akan transportasi sungai dan laut yang cepat, membawa ke suatu pengembangan kapal penumpang yang mampu menjaga kecepatan kapal dalam beberapa kedalaman termasuk perairan dangkal. Untuk alasan penghematan bahan bakar dan memperkecil pengaruh lingkungan, disarankan untuk mengoperasikan kapal pada daerah di atas ataupun di bawah kecepatan kritis¹⁾, mengkatagorikan daerah kecepatan sub dan super kritis. Konsep baru ini tidak berhubungan dengan kedalaman, melainkan kecepatan, dimana pada kecepatan tersebut harga koefisien hambatan gelombang timbul mencapai nilai maksimum²⁾. Definisi baru ini dapat diekspresikan seperti pada Gambar 1. Menurut diagram pada gambar 1, daerah II merupakan daerah super kritis, atau daerah "*super-hump*" yang berada di atas zona I. Gambar 1 juga bisa dipakai membantu menentukan pemilihan daerah kecepatan untuk kapal yang dioperasikan pada daerah super-kritis. Kapal-kapal yang dioperasikan baik di perairan dalam maupun dangkal seharusnya didesain pada Fn ³⁾ :

$$Fn > 0.60 \quad (3)$$

Rekomendasi ini telah terbukti dengan pengalaman-pengalaman praktik bahwa di

perairan dalam, kapal sebaiknya tidak dioperasikan pada daerah gelombang⁴⁾ yang tidak diharapkan, yakni pada $F_n=0.5$. Bila kapal dioperasikan pada daerah yang tidak ada batasan kedalaman, maka sebaiknya didesain pada kecepatan di Zona II pada Gambar 1, yakni kapal dioperasikan pada kecepatan “*super critical*”.



Gambar 1.
Speed zones :

- I. Subcritical
- II. Supercritical
- III. Unfavorable supercritical

Dengan menggunakan definisi kecepatan super-kritis seperti di atas, desainer dapat menentukan F_n yang direkomendasikan ($F_n > 0.6$), kapal akan beroperasi pada daerah transisi ($1 < F_n < 3$). Implementasi dari pendekatan ini ditujukan untuk kebutuhan navigasi pada perairan pedalaman, dapat dilakukan dengan dua jalan. Pertama : L/B dibuat besar dengan tujuan untuk mengurangi hambatan kedua: bentuk lambung kapal dibuat semi planning. Dengan L yang lebih besar akan membawa ke kestabilan kapal yang kurang bagus, tetapi hal ini bisa ditanggulangi dengan menambah lebar kapal, sesuai dengan konsep multi hull. Disamping itu kapal multi hull dengan kecepatan pada super-kritis akan mempunyai efek lingkungan yang kecil.

Sedangkan istilah “perairan terbatas” dipakai untuk menyatakan perairan yang pembatasnya cukup dekat dengan kapal sehingga dapat mempengaruhi Hambatan, kecepatan, perilaku, olah gerak dan karakteristik kapal lainnya. Sedangkan “perairan dangkal” dipakai untuk menyatakan perairan yang pembatasnya dekat dari kapal tetapi hanya dalam arah vertikal⁵⁾.

Jika kedalaman perairan berubah menjadi dangkal, maka hambatan kapal yang melaluinya akan menjadi lebih besar.

Sifat gerakan air mendekati sifat gerakan dua dimensi (biasanya untuk perairan dalam sifat gerakan airnya berbentuk tiga dimensi). Tekanan yang diakibatkan oleh gerakan, akan menjadi lebih besar dan tekanan ekstra di perairan dangkal ini akan menimbulkan gelombang yang lebih besar daripada gelombang yang ditimbulkan di perairan dalam. Di perairan dangkal, gelombang yang mengikuti kapal akan mempunyai panjang gelombang yang lebih besar daripada panjang gelombang di perairan dalam pada kecepatan kapal yang sama. Selain itu, perubahan kecepatan aliran yang melalui permukaan kapal ketika kapal berada di air dangkal juga akan sedikit memperbesar Hambatan.

Kecepatan gelombang di perairan dalam, c_w dapat dinyatakan sebagai:

$$c_w = \sqrt{\frac{gL_w}{2f}} \dots\dots\dots(4)$$

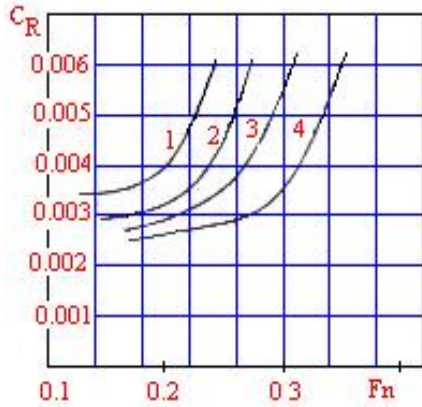
Untuk perairan dangkal, hubungan antara kedalaman perairan (h) dengan kecepatan penjalaran gelombang dapat dinyatakan sebagai :

$$c_{ws} = \sqrt{\frac{gL_w}{2f} \tanh \frac{2fh}{L_w}} \dots\dots\dots(5)$$

2. Konsep Multi Lambung (Multi-Hull)

Salah satu dasar/alasan membuat konsep multi-lambung, salah satunya yang lebih dikenal dengan sebutan *Catamaran*, adalah meningkatnya kecepatan kapal untuk kebutuhan transportasi baik penumpang maupun barang. Masalah utama yang timbul dengan meningkatnya kecepatan tersebut adalah stabilitas kapal. Catamaran dengan konstruksi lambung ganda membuat kapal tipe ini mempunyai lebar yang lebih besar bila dibandingkan dengan kapal lambung tunggal. Catamaran mempunyai Hambatan gelombang (*wave-making Resistance*) yang lebih rendah baik di perairan dalam maupun dangkal, hal ini dikarenakan “pengaruh bentuk catamaran”, juga hambatan akibat bentuk lambungnya lebih rendah. Kelebihan lain Catamaran adalah kemudahan bongkar muat serta lebih ramah lingkungan karena gelombang timbul (*coastal wash out*) pada kanal dan sungai bisa dieliminir.

Berdasar model Test di Towing Tank⁶⁾, Gambar 2, mempresentasikan Kurva Koefisien Hambatan untuk berbagai jenis kapal-sungai.



Gambar 2.
Resistance coefficient for different types of ships: 1. pushed barge; 2. cargo ship; 3. passenger ship ; 4. cargo catamaran

Direkomendasikan, bahwa kecepatan operasional transportasi air berkisar antara 8-10 km/jam untuk kapal yang dioperasikan di perairan dangkal. Beberapa criteria telah dibuat untuk mengkaji/mengklasifikasikan daerah kecepatan (*speed regimes*). Pavlenko mendefinisikan Froude number yang didasarkan pada displacement kapal, Fn_v ;:

$$Fn_v = \frac{V_m}{\sqrt[3]{gV^{1/3}}} \dots\dots (6)$$

dimana,

- V_m : kecepatan kapal
- G : percepatan gravitasi bumi
- V : Volume displacement.

Ada tiga tipe daerah operasional kapal : terapung, transisi dan planning (mengangkat). Pengelompokan kecepatan untuk ketiga katagori ,dapat ditunjukkan sebagai berikut :

- $0 < Fn_v < 1$ *floating*
- $1 < Fn_v < 3$ *transition*
- $3 < Fn_v$ *planning*

Kategori transisi merupakan bagian yang sangat sulit. Bentuk lambung kapal yang dioperasikan pada daerah transisi, jenisnya sangat banyak.

Rekomendasi sejenis untuk daerah transisi : $1.0 < Fn_v < 3.0$

$$\frac{1}{\sqrt{l}} < Fn = V_m / \sqrt{gL} < \frac{3}{\sqrt{l}} \dots\dots (7)$$

dimana Fn adalah Bilangan Froude yang berdasarkan pada panjang kapal dan $l=L/V^{1/3}$.

Sedangkan menurut Y.I Voytkunsky (1988), daerah transisi terjadi pada :

$$0.6 < Fn < 1.3$$

Peningkatan dalam perbandingan L/B sangat diharapkan untuk mengurangi hambatan gelombang timbul (*wave making resistance*). Untuk kapal lambung tunggal (*mono hull*), kenaikan L/B dibatasi dengan batasan-batasan stabilitas. Batasan ini tidak berlaku bagi kapal dengan bentuk lambung Catamaran. Sebagai tambahan dari yang disebut tadi, Catamaran mempunyai ruangan yang lebih besar sehingga mempunyai ruangan akomodasi yang lebih nyaman. Dikarenakan Catamaran mempunyai stabilitas yang baik, tidak menutup kemungkinan untuk memperpanjang kapal. Naikan panjang kapal yang begitu signifikan akan mengurangi besarnya komponen Hambatan gelombang timbul (*wave-making resistance*) 49% dari total Hambatan, sehingga kebutuhan akan daya mesin juga bisa dikurangi.

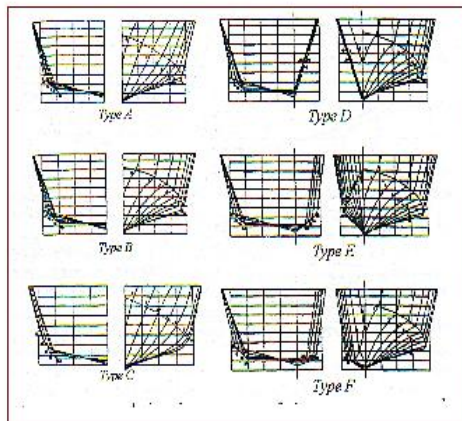
Sedangkan beberapa keuntungan yang didapatkan dengan penggunaan *Multi-hull* ship untuk perairan dangkal, adalah :

- Kecepatannya relatif lebih tinggi sehingga dapat meningkatkan kapabilitas laju lalu lintas perairan;
- Luasan dek lebih besar dan kemungkinan perpanjangan kapal lebih besar
- Kelaik-lautan lebih baik
- Mengurangi aksi gelombang pada tanggul sungai

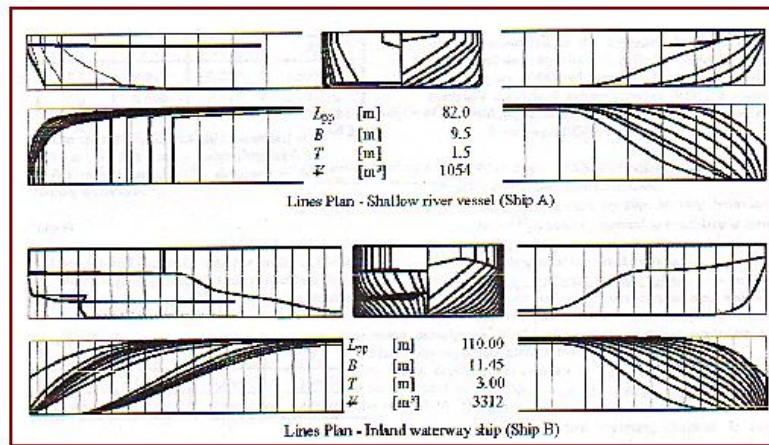
Dari analisa data-data yang telah dikumpulkan, didapatkan suatu kemungkinan-kemungkinan pendefinisian ukuran utama kapal multi-hull secara umum :

- Ratio lebar per panjang , $B_m / L = 0.3-1.0$ (vs 0.1-0.3 untuk mono-hull) ;
- Ratio Tinggi/panjang kapal, $D/L = 0.10-0.30$ (vs. 0.07-0.10 untuk mono-hull);
- Ratio lebar satu lambung per sarat kapal, $B_l / d = 0.5-2.5$ (vs 2-4 untuk *sea going monohull*)
- ratio jarak antara garis tengah satu lambung dengan panjang kapal adalah 0.1-0.5

Pada Gambar 3, terlihat beberapa konfigurasi bentuk penampang lintang kapal Catamaran



Gambar 3.
Beberapa bentuk konstruksi penampang lintang Kapal Catamaran.
METODOLOGI



Gambar.4.
Bentuk kapal monohull untuk perairan dangkal dan sungai

Solusi lain bentuk rekayasa design untuk menekan terjadinya gelombang timbul akibat pergerakan kapal pada perairan terbatas adalah bentuk kapal *multihull* (Catamaran). Sebegitu banyak telah diungkap kelebihan/keunggulan kapal Catamaran, tetapi meskipun begitu masih ada kendala yang dihadapi dengan konstruksi *body* Catamaran, diantaranya:

- masalah manoeuvring kapal pada saat berada pada perairan berarus dan bergelombang besar
- *deck slamming*, pada saat kapal catamaran terkena hantaman gelombang dari depan dan ataupun belakang (*following* ataupun *head seas*)

Berdasar pada semua permasalahan yang berkaitan dengan transportasi sungai-laut (perairan terbatas – dangkal) seperti yang disebutkan di atas, konsep baru tentang

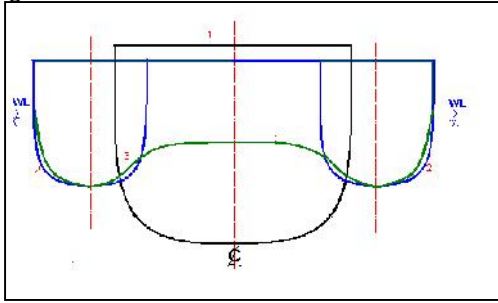
Beberapa metode rekayasa design dilakukan untuk memenuhi kebutuhan alat transportasi perairan terbatas (dangkal). Bentuk konstruksi lambung tunggal (*monohull*) untuk perairan terbatas dapat dilihat pada Gambar 4.

bentuk lambung ditawarkan untuk meningkatkan kapasitas transportasi barang-barang ataupun penumpang pada perairan terbatas (dangkal-sungai).

Bentuk lambung yang ditawarkan adalah lambung dengan konstruksi transisi dari bentuk monohull ke bentuk catamaran. Lambung mempunyai dimensi yang sama dengan Kapal Catamaran tetapi tidak ada *body* kapal yang terangkat dari permukaan air (*Deck* kapal kapal Catamaran berada di atas permukaan air), sehingga kapal seolah-olah mempunyai *Tunnel* (terowongan) di bawah air. Bentuk lambung dengan *Tunnel* di bawah *body* untuk selanjutnya dinamakan Semicatamaran.

Untuk lebih jelasnya, perbedaaan prinsip bagian tengah (*midship section*) untuk ketiga bentuk tersebut (conventional, catamaran

dan semicatamaran) dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar.5.
Penampang tengah ketiga bentuk (1) monohull (konvensional) (2) Catamaran (Twin hull) (3) Semicatamaran

Untuk mengkaji dan mengobservasi pengaruh bentuk kapal Semicatamaran pada Gelombang timbul, model kapal dibuat dengan ratio Lebar/Panjang (B/L) sebesar 4.0 . Model dibuat dari bahan fiberglass. Ukuran utama model kapal :

- Panjang (L) : 300 m/m
- Lebar (B) : 120 m/m
- Tinggi (H) : 60 m/m

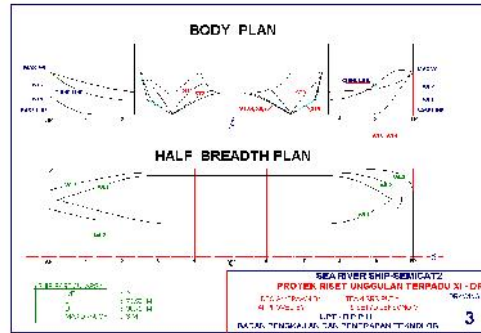
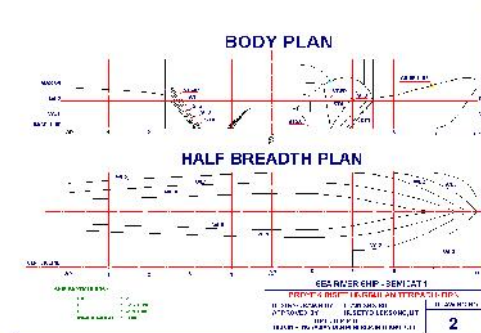


Gambar.6.
Model kapal konvensional (bawah), model kapal Semicatamaran (tengah dan atas)

Untuk tujuan observasi gelombang timbul pada kapal Semicatamaran, dibuatlah Towing Tank Mini, dimana kedalaman air Tangksi bisa diatur ketinggiannya. Salah satu sisi Tangki dibuat dari bahan yang tembus pandang sehingga gelombang yang ditimbulkan oleh pergerakan model secara mudah diobservasi dari sisi tangki. Gelombang timbul yang terjadi direkam dengan kamera digital dan dibuat sketsa. Towing Tank tersebut dilengkapi dengan

carriage yang kecepatannya bisa divariasikan untuk mencapai tiga zona kecepatan.

Bentuk *body plan* kapal Semicatamaran dapat dilihat secara berurut-urut pada Gambar 10. Perbedaan yang cukup signifikan antara kedua model Semicatamaran adalah bentuk lambung dan bentuk Terowongannya (*tunnel*).



Gambar 7.
Body plan kapal Semicatamaran

HASIL DAN PEMBAHASAN

1 Hasil Pengujian Fisik

Dari ketiga buah model, seperti pada Gambar 8, model kapal ditarik di kolam uji (small towing tank) dengan kedalaman air 10 cm ($h/T=0.333$, dimana h adalah kedalaman perairan dan T adalah sarat kapal), hasilnya dapat diuraikan sebagai berikut:

- Semicatamaran mempunyai efek gelombang yang tidak begitu signifikan sampai $Fn=0.3$. Bila dibandingkan dengan model Konvensional, gelombang yang diakibatkan oleh model pada $Fn=0.2$ jauh lebih buruk
- Bentuk garis tengah tunnel dan bentuk lambung akan sangat berpengaruh terhadap tinggi gelombang timbul



Gambar.8.
Uji coba Model Semikatamaran pada $F_n=0.3500$, di Small TT

Tabel 1.
Nilai hambatan total kapal semikatamaran
Perairan Dangkal

V [Knots]	Perairan Dangkal		
	$h/T = 0.33$ Rt [kN]	$h/T = 0.35$ Rt [kN]	$h/T = 0.37$ Rt [kN]
10	53.546	70.101	392.874
12	128.096	169.566	587.177
14	482.636	534.571	763.533

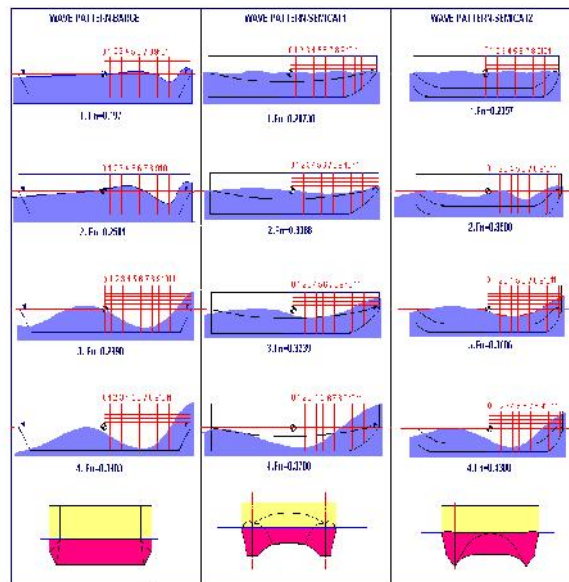
Tabel 2.
Nilai hambatan total kapal semikatamaran
Perairan Dangkal

V [Knots]	Perairan Dangkal		
	$h/T = 0.33$ Rt [kN]	$h/T = 0.35$ Rt [kN]	$h/T = 0.37$ Rt [kN]
10	56.789	85.554	425.943
12	137.626	171.186	621.841
14	519.827	558.181	788.303



Gambar.9.
Percobaan tarik pada $F_n=0.3686$, di small TT

Efek gelombang timbul pada masing-masing model, dapat dilihat pada Gambar 10 pada beberapa Bilangan Froude.



Gambar 10.
Gelombang yang diakibatkan oleh bentuk Konvensional (kiri) dan Semikatamaran (tengah dan kanan)

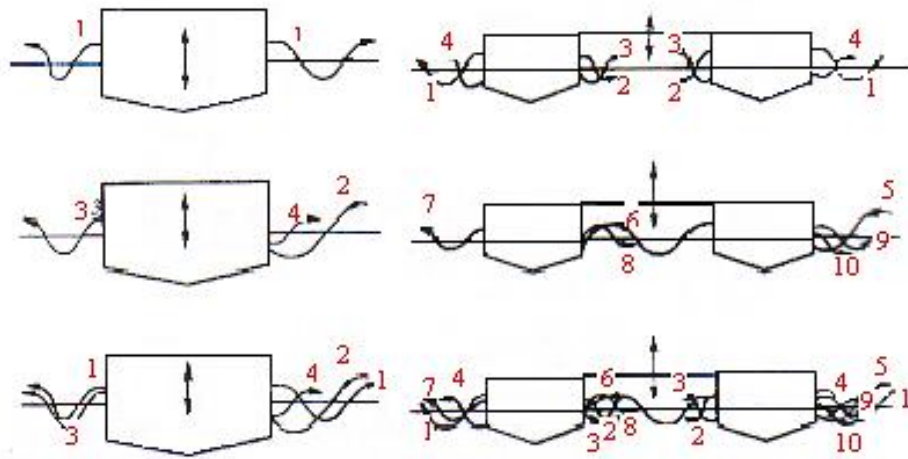
2 Interaksi Antara Badan Kapal-Gelombang

Pengurangan displacement dan peningkatan ratio L/B adalah cara yang paling efektif memendekkan tinggi gelombang timbul. Transisi dari kapal lambung tunggal ke multi hull akan membawa pengaruh yang cukup signifikan dalam menanggulangi efek gelombang terhadap lingkungan. Susunan Catamaran memungkinkan mengurangi sarat kapal lambung tunggal (*monohull*) dan memperpanjang panjang kapal, tetapi phase pola gelombang campuran tidak bisa diubah.

Gelombang timbul selama Olengan kapal untuk kapal Lambung tunggal (mono hull) dengan Lambung Ganda (Multi Hull)

adalah berbeda, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Bila gelombang datang adalah teratur (regular), semua sistem gelombang mempunyai panjang yang sama tetapi interaksi mereka dengan lambung hanya mengubah amplitudonya, sedangkan phase gelombang bergantung pada hubungan antara panjang gelombang dengan jarak antara lambung sisi dalam. Resonansi gerakan gelombang dapat terjadi antara dua lambung hal ini sebagaimana dijelaskan oleh¹²⁾

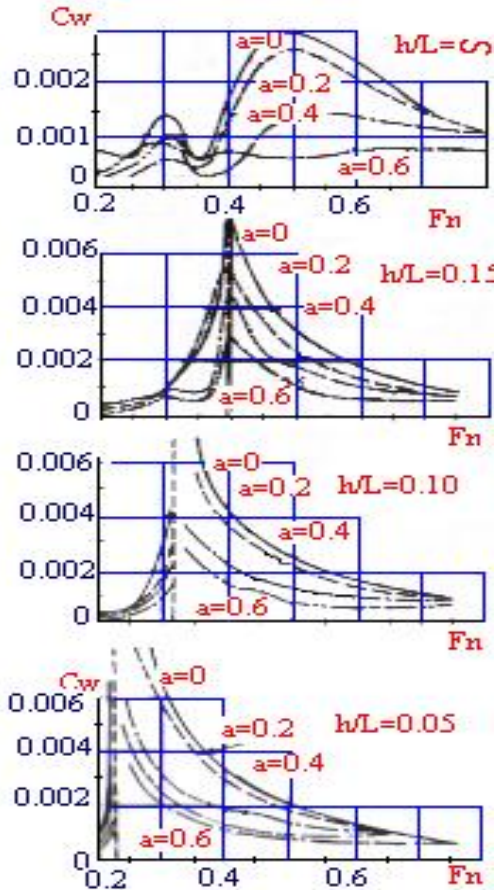


Gambar 11.

Pola gelombang monohull (kiri) dan Katamaran (kanan) di *still water* (baris atas), dengan kapal diam di laut lepas (barisan tengah), dan dengan kapal bebas di laut lepas (baris terbawah).

Pengaruh multi-hull pada Komponen Hambatan gelombang timbul dipresentasikan pada Gambar 12. Pada Gambar 12 terlihat koefisien hambatan gelombang timbul (*wave making resistance component*) untuk beberapa jarak antara body dan kedalaman perairan. Terlihat dengan jelas dari Gambar 5, pengaruh jarak antara body dan kedalaman perairan sangat mempengaruhi besarnya gelombang timbul (*wave making resistance*).

Untuk bilangan Froude yang lebih besar ($F_n > 0.75$), jarak antara body ("a"), tidak begitu signifikan mempengaruhi besarnya Hambatan gelombang¹³⁾. Patut dicatat bahwa penambahan jarak antar body akan bisa mengeleminasi puncak kurva, terutama pada $F_n \approx 0.5$.



Gambar.12.
Koefisien hambatan gelombang sebagai fungsi bilangan Froude dan clearance longitudinal untuk trimaran dengan $b = 0,10$ pada perairan dalam dan dangkal.

SIMPULAN

Berdasar observasi pada model test, Lambung kapal dengan Terowongan (Semikatamaran) adalah salah satu solusi yang paling tepat sebagai alat transportasi sungai dan laut maupun pesisir. Efisiensi dengan bentuk konstruksi seperti itu dapat diterangkan sebagai berikut:

- Pendistribusian kembali air yang dipindahkan bagian body yang di bawah air, akan memberikan perubahan pada hubungan komponen Hambatan gelombang timbul dan kekentalan ; secara lebih jelas lagi pada kondisi tertentu akan mengurangi Hambatan total,
- Stabilitas lebih tinggi dalam kaitannya dengan kelaiklautan (periode oleng lebih tinggi, yang akan menyebabkan akselerasi lebih rendah)

- Displacement lebih besar daripada catamaran pada sarat yang sama
- Pengaruh lingkungan lebih rendah
- Bentuk tunnel akan sangat mempengaruhi gelombang timbul kapal
- Kapal semikatamaran di perairan dangkal memiliki perbedaan 6,61% lebih kecil bila dibandingkan dengan kapal monohull pada displasmen yang sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih kami sampaikan kepada semua pihak Laboratorium Hidrodinamika Indonesia yang telah membantu terlaksananya dengan baik pengujian kapal ini. Secara khusus penulis sampaikan kepada Prof. I Ketut Aria Pria Utama, yang telah memberikan pengarahan terhadap paper ini.

REFERENSI

1. Lyakhovitsky, Anatoly. 2007. Shallow Water and Supercritical Ships. USA: Backbone Publishing Company. 2007
2. Cicquini, C ; Venini P; Tiano, A ;, "Design of sea river ship by optimization", structure Multidisc Optim, 22, p 240-247
3. Chen, XN ; Gronarz, A ; List, A ;, "Flow around ships sailing in shallow water , experimental and numerical Results", Twenty third symposium on Naval Hydrodynamics, 2013
4. Larsson, Lars and Raven, C. Hoyte. Ship Resistance and Flow. Jersey City, New Jersey: The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 2010.
5. Anggara, Sony. Thesis. Studi Komparatif Performa Hidrodinamik Kapal Bertipe Shallow Draft Barge pada Kondisi Perairan Dangkal, Sedang, dan Dalam. Surabaya, Indonesia: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2013.
6. Vantorre, M.; Laforce, E.; Eloit, K.; Richter, J.; Verwilligen, J.; Lataire, E. Ship motions in shallow water as the base for a probabilistic approach policy, Proceedings of the ASME 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering OMAE2008, Estoril, 2008
7. Dubrovsky, V ;, " ships with outriggers", Backbone Pub.Co., 2004
8. Dubrovsky, V ; Lyakhovitsky, A ;, " Multihull ships", Backbone Pub. Co. 2004
9. Djatmiko, E.B., Panunggal, P.E., Achmadi, T., "Peluang Pemanfaatan

- Advanced Marine Vehicles untuk Menunjang Transportasi Nasional di Indonesia”, FT. Kelautan, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya. 2007
10. Leksono, S. ;,” A new design concept of applying barge Tunnel body as a River-sea Transportation,” JSPS-BPPT meeting, 2004
 11. Murdijanto, Utama, IKAP and Jamaludin, A, *An Investigation into the Resistance/Powering and Seakeeping Characteristics of River Catamaran and Trimaran*, *Makara Seri Teknologi*, Vol. 15, No. 1, 2011
 12. Jachowski, Jacek. Assessment of Ship Squat in Shallow Water Using CFD. Archives of Civil and Mechanical Engineering (Vol. VIII, pp. 30). Gdansk University of Technology. 2008
 13. Koh, K.K. and Yasukawa, H..Comparison study of a pusher–barge multihull system in shallow water,medium shallow water and deep water conditions. *Journal of Ocean Engineering*, 9-17.pp (2012).