

ANALISA TAHANAN TOTAL KAPAL PENTAMARAN DENGAN VARIASI MELINTANG DAN KONFIGURASI *ASYMMETRIC SIDEHULL*

Ibadurrahman^{1,*}, Salimmusa Karim² dan Yanuar³

¹Mahasiswa Magister Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Depok 16424

²Mahasiswa Sarjana Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Depok 16424

³Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Depok 16424

*Ibadurrahman.jkt@gmail.com

Abstrak

Kapal *multihull* merupakan kapal yang memiliki lambung lebih dari satu. Kapal jenis ini memiliki keunggulan antara lain memiliki muatan yang besar dan daya hambat yang kecil serta mempunyai stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan kapal *monohull*. Luas permukaan bidang basah kapal *multihull* lebih banyak sehingga hambatan geseknya semakin juga lebih besar. Namun, terjadi faktor interferensi yang menyebabkan hambatan kapal *multihull* menjadi lebih kecil dibandingkan dengan kapal *monohull*. Pentamaran merupakan kapal *multihull* dengan lambung berjumlah lima. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hambatan total yang terjadi pada kapal pentamaran terhadap variasi melintang dan posisi bentuk lambung *Asymmetric Sidehull*. Eksperimen uji tarik ini dilakukan di rentang *froude number* 0,3-0,7. Nilai Ct atau koefisien hambatan total yang paling kecil terdapat pada konfigurasi *Asymmetric Inboard-Sidehull* dengan rasio S/L = 0.28 pada Fr = 0.45. Sedangkan posisi lambung *Asymmetric Sidehull* juga memberikan pengaruh besar terhadap nilai koefisien hambatan yang terjadi, dimana bentuk ini memungkinkan terjadinya interaksi gelombang yang dihasilkan oleh tiap lambung dari kapal pentamaran.

Kata kunci : hambatan total, *multi hull*, *pentamaran*, *asymmetric sidehull*.

Pendahuluan

Penelitian di bidang perkapalan terus dilakukan untuk pemanfaatan energi yang lebih efisien, dimana sebagian besar kapal di dunia masih menggunakan bahan bakar hidrokarbon yang semakin lama semakin berkurang dan dengan harga yang semakin mahal. Salah satu penelitian di bidang perkapalan adalah dengan mengurangi gaya hambat kapal atau lebih dikenal dengan sebutan hambatan kapal. Dimana, gaya hambat kapal ini sangat erat hubungannya dengan kecepatan dan konsumsi bahan bakar. Gaya hambat kapal adalah gaya yang bekerja pada kapal yang bergerak dengan kecepatan tertentu pada media air yang arahnya berlawanan dengan arah gerak kapal.

Kecepatan kapal sangat erat hubungannya dengan daya mesin yang dibutuhkan, dimana semakin besar kecepatan yang dibutuhkan suatu kapal untuk bergerak maka kapal tersebut membutuhkan daya mesin yang semakin besar pula. Sementara itu, daya mesin yang bekerja pada kapal tersebut berbanding lurus dengan laju konsumsi bahan bakar sebuah kapal sehingga dapat mengakibatkan

cost yang besar. Oleh sebab itu banyak penelitian di dunia perkapalan untuk mengembangkan kapal dengan kecepatan tinggi tetapi dengan daya yang kecil. Berbagai metode dalam usaha mengurangi hambatan kapal terus dilakukan oleh para peneliti di bidang perkapalan, salah satu metode yang kini dikembangkan adalah penggunaan bentuk lambung kapal dengan lambung banyak (*multihull*).

Kapal *multihull* memiliki keunggulan antara lain memiliki muatan yang besar dan daya hambat yang kecil serta mempunyai stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan kapal konvensional (*monohull*). Tulisan ini berkaitan dengan studi tentang jenis konfigurasi lambung pentamaran dan hidrodinamika yang berhubungan dengan kapal pentamaran terutama tentang hambatan yang terjadi pada kapal pentamaran. Pentamaran adalah kapal dengan lima lambung, memiliki luas permukaan basah yang lebih besar dibandingkan dengan trimaran, katamaran, maupun *monohull*. Peningkatan luas bidang basah menyebabkan kenaikan

hambatan gesek sehingga hambatan relatif pada kecepatan rendah semakin besar.

Kapal *multihull* sekarang banyak berkembang mulai dari catamaran, trimaran, tetramaran dan pentamaran. Kapal *multihull* memiliki *draft* yang kecil sehingga dapat beroperasi di perairan yang dangkal. Tugas akhir ini membantu mengetahui karakteristik hambatan dari kapal pentamaran dengan perubahan jarak antar lambung dan posisi bentuk lambung *asymmetric* melalui eksperimental uji tarik yang dilakukan di kolam uji.

Landasan Teori

Secara umum seluruh kapal mengalami suatu gaya hambat (*resistance*) yang akan bekerja pada kapal yang sedang bergerak dengan kecepatan tertentu pada media air yang arahnya hambatnya berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Gaya hambat ini terjadi pada seluruh badan kapal baik yang tercelup maupun yang berada di atas permukaan air. Hambatan kapal mempunyai dipengaruhi oleh bentuk badan kapal (*hull form*), kecepatan kapal, dan massa air yang dipindahkan pada bagian kapal yang tercelup air (*displacement*).

ITTC (*International Towing Tank Conference*) melakukan standarisasi secara internasional dari untuk pengujian kapal model pada kolam pengujian (*towing tank*) yang bertujuan untuk memprediksi hambatan kapal. ITTC mengklasifikasikan hambatan yang bekerja pada kapal di air tenang (*calm water*) dalam dua komponen hambatan utama yaitu hambatan viskos (*viscous resistance*) dan hambatan gelombang (*wave-making resistance*). Hambatan viskos bergantung pada bilangan Reynolds sedangkan hambatan gelombang bergantung pada bilangan froude (*froude number*), korelasi tersebut ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$R_{T(Re,Fr)} = Rv_{Re} + Rw_{Fr} \quad (1)$$

Hambatan gelombang (Rw_{Fr}) mengandung komponen fluida ideal (*inviscid*) dan hambatan viskos (Rv_{Re}) atau kekentalan. Nilai koefisien hambatan total eksperimen dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$Ct = \frac{Rt}{\frac{1}{2} \times \rho \times WSA \times V^2} \quad (2)$$

$$Ct = C_V + C_W \quad (3)$$

Dimana Rt Nilai hambatan total (kg), ρ adalah nilai densitas air dan WSA Luasan bidang basah (m^3), kecepatan kapal model, Cv adalah koefisien hambatan viskos dan Cw koefisien hambatan gelombang.

Untuk nilai Froude *number* dan Renolds itu sendiri dapat diperoleh dengan persamaan:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}} \quad (4)$$

$$Re = \frac{vL}{\nu} \quad (5)$$

Dimana Fr Bilangan Froude, g Gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$), L adalah panjang kapal (m), Re bilangan Reynold dan ν adalah viskositas air.

ITTC-57 merumuskan cara menghitung nilai koefisien hambatan pada kapal *monohull* menjadi:

$$C_T = (1+k) C_F + C_W \quad (6)$$

Sedangkan pada kapal *multihull*:

$$C_T = (1 + \sigma k) \phi C_F + \tau C_W \quad (7)$$

$$C_T = (1 + \beta k) C_F + \tau C_W \quad (8)$$

Besarnya efek interferensi hidrodinamik dari gelombang kapal model *multihull* dengan hambatan total *non-interfered multihull*:

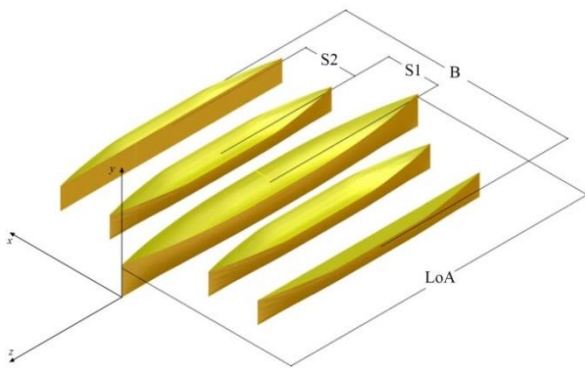
$$\eta = 1 - \frac{C_T}{C_{T-NI}} \quad (9)$$

Metodologi Penelitian

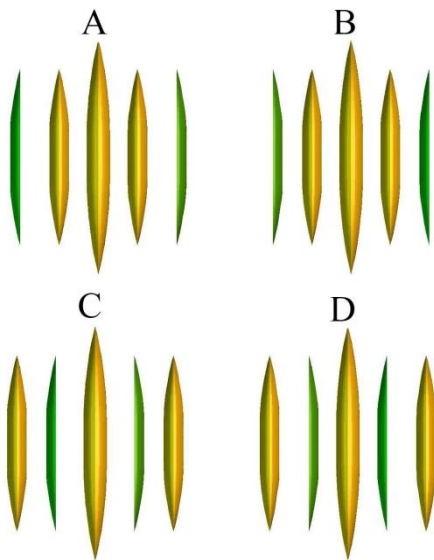
Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan pengujian model kapal pentamaran skala fisik berdasarkan metode Froude. Pengujian dilakukan terhadap kapal pentamaran yang mempunyai lima buah jumlah lambung, dengan satu lambung utama (*mainhull*), dua lambung sisi simetris (*symmetric sidehull*) dan dua lambung sisi tak simetris (*asymmetric sidehull*).

Tabel 1. Dimensi lambung

No	Dimensi (m)		
	<i>mainhull</i>	<i>symmetric sidehull</i>	<i>asymmetric sidehull</i>
loa	1.800	1.345	1.345
lpp	1.728	1.291	1.291
B	0.180	0.140	0.070
H	0.170	0.138	0.138



Gambar 1. Definisi geometri lambung



Gambar 2. Konfigurasi *asymmetric sidehull*

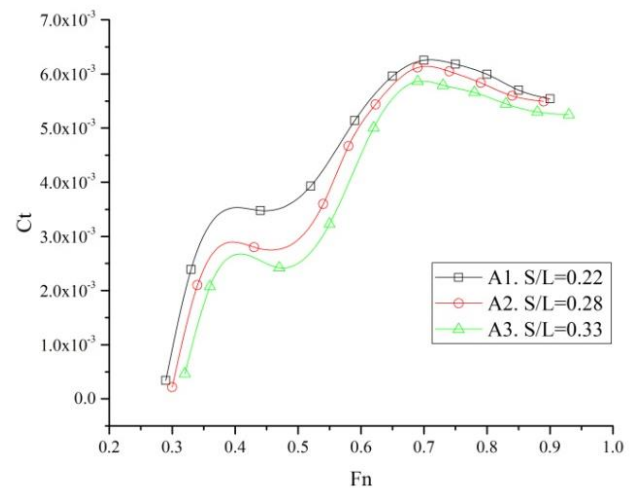
Eksperimen dilakukan dalam kolam uji dengan menggunakan beberapa konfigurasi berikut:

- 1) *Asymmetric Outboard Side-hull: outerhull position* (A1, $S/L = 0.22$. A2, $S/L = 0.28$ dan A3 $S/L = 0.33$)
- 2) *Asymmetric Inboard-Sidehull:Outerhull position* (B1, $S/L = 0.22$. B2, $S/L = 0.28$ dan B3 $S/L = 0.33$)
- 3) *Asymmetric Outboard-Sidehull: Innerhull position* (C1, $S/L = 0.22$. C2, $S/L = 0.28$ dan C3 $S/L = 0.33$)
- 4) *Asymmetric Inboard-Sidehull: Innerhull position* (D1, $S/L = 0.22$. D2, $S/L = 0.28$ dan D3 $S/L = 0.33$)

Hambatan total kapal kemudian diuji terhadap perubahan kecepatan yang diberikan. Selanjutnya data yang diperoleh dari eksperimen diolah dengan menggunakan persamaan koefisien total hambatan dan bilangan Froude.

Hasil Dan Pembahasan

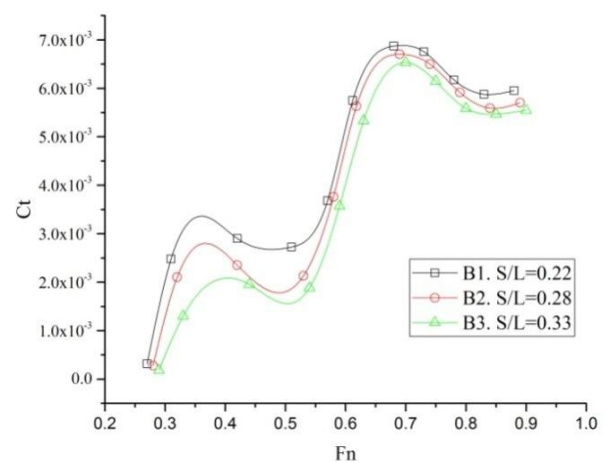
1. *Asymmetric Outboard Side-hull: outerhull position*



Gambar 3. Grafik koefisien hambatan total kapal (C_t) terhadap bilangan Froude (F_n) konfigurasi A

Grafik di atas menjelaskan bahwa tidak terlihat adanya satu konfigurasi yang dominan dalam pengaruhnya terhadap pengurangan hambatan. Puncak koefisien hambatan tertinggi berapa di konfigurasi A3 dengan perbandingan S/L 0.33 dimana koefisien total hambatan naik dengan pola acak pada rentang $Fr = 0.65-0.70$ dan kemudian turun teratur pada $Fr = 0.7$.

2. *Asymmetric Inboard Sidehull:Outerhull Position.*

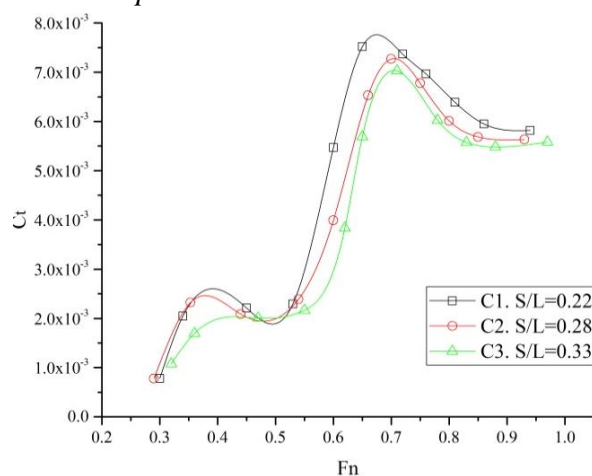


Gambar 4. Grafik koefisien hambatan total kapal (C_t) terhadap bilangan Froude (F_n) konfigurasi B

Grafik di atas menjelaskan bahwa tidak adanya satu konfigurasi yang dominan dalam

pengaruhnya terhadap pengurangan hambatan. Puncak koefisien hambatan tertinggi berapa di konfigurasi B3 dengan perbandingan S/L 0.33 dimana koefisien total hambatan naik dengan pola acak pada rentang $Fr = 0.65-0.70$ dan kemudian turun teratur pada $Fr = 0.7$. Penurunan hambatan ini pun lebih kecil dibandingkan dengan penurunan hambatan yang terjadi pada konfigurasi A pada umumnya yang terjadi pada konfigurasi B3 di $Fr = 0.8$.

3. *Asymmetric Outboard-Sidehull: Innerhull position*



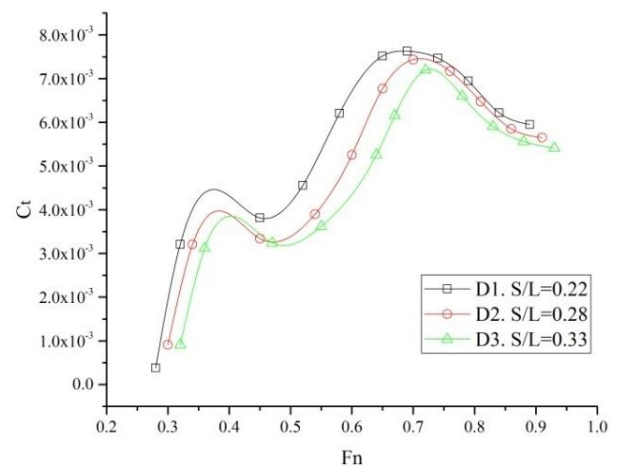
Gambar 5. Grafik koefisien hambatan total kapal (C_t) terhadap bilangan Froude (Fn) konfigurasi C

Grafik yang terbentuk., membentuk pola mulai dari $Fr = 0.3$, kemudian setelah mencapai C_t puncak tertinggi pada $Fr = 0.6$, ketiga kurva kemudian turun teratur namun saling berdempetan. Berbeda dari konfigurasi sebelumnya, kurva yang dibentuk oleh grafik ini menunjukkan kenaikan yang sangat signifikan. hal ini menunjukkan kemungkinan terjadi fenomena interferensi gelombang di antara lambung kapal.

4. *Asymmetric Inboard-Sidehull: Innerhull position*

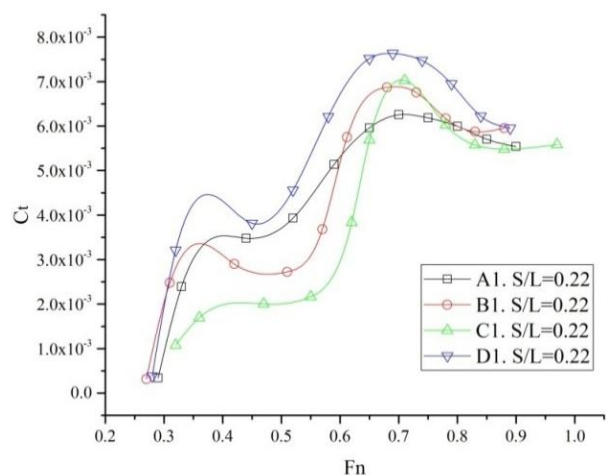
Berbeda dari konfigurasi sebelumnya, kurva yang dibentuk oleh grafik konfigurasi D menunjukkan kenaikan yang tidak terlalu signifikan, walaupun memiliki pola yang hampir sama dengan konfigurasi lainnya. Bentuk *Asymmetric Inboard-Sidehull* memungkinkan terjadinya efek interferensi

gelombang di sekitar lambung utama dan lambung sisinya.

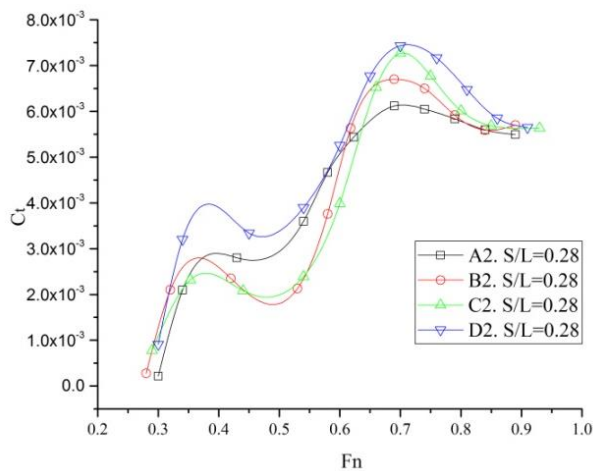


Gambar 6. Grafik koefisien hambatan total kapal (C_t) terhadap bilangan Froude (Fn) konfigurasi D

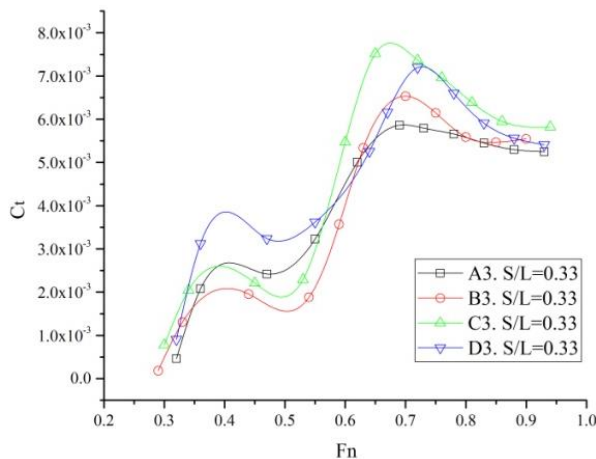
Hambatan yang terjadi pada kapal pentamaran menjadi sangat kompleks karena Saat kapal melaju dengan kecepatan tertentu, setiap lambung kapal akan menghasilkan pola gelombang di antara lambung. Pola gelombang ini kemudian menyebabkan terjadinya interaksi dan interferensi antar gelombang. Interaksi yang terjadi menyebabkan gelombang transversal yang dihasilkan oleh satu lambung diperbesar oleh lambung lain. Interferensi gelombang dipengaruhi oleh kecepatan yang dikerjakan pada kapal.



Gambar 7. Grafik koefisien hambatan total kapal (C_t) terhadap bilangan Froude (Fr), $S/L = 0.22$



Gambar 8. Grafik koefisien hambatan total kapal (C_t) terhadap bilangan Froude (Fr), $S/L = 0.28$



Gambar 9. Grafik koefisien hambatan total kapal (C_t) terhadap bilangan Froude (Fr), $S/L = 0.33$

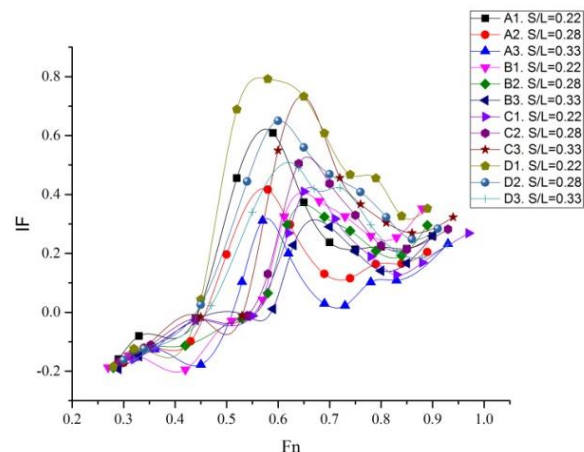
Grafik-grafik di atas menunjukkan bahwa nilai koefisien total hambatan kapal pentamaran cenderung meningkat seiring dengan penambahan kecepatan yang dikerjakan pada kapal hingga melewati $Fr = 0.7$ sebelum kemudian terjadi penurunan hambatan. Umumnya kapal *multihull* memang lebih efisien jika digunakan untuk kapal-kapal cepat.

Terdapat nilai-nilai negatif dari interferensi gelombang yang terjadi pada rentang $Fr = 0.4$ sehingga pada daerah tersebut garis polynomial membentuk lembah (*hollow*) sebelum kemudian garis tersebut menukik membentuk bagian puncak (*hump*) pada rentang $Fr = 0.5$. selanjutnya kembali terjadi

penurunan nilai interferensi pada rentang $Fr = 0.7$.

Faktor interferensi (η) atau IF adalah besar hambatan kapal model yang dibandingkan dengan jumlah hambatan dari lambung individual penyusun lambung pentamaran. Hasil perbandingan ini akan menjelaskan secara detail tentang pengaruh interaksi yang terjadi antar lambung kapal yang terdapat pada tiap konfigurasi. Nilai positif menunjukkan pengaruh interferensi yang dihasilkan oleh lambung kapal cukup besar dan sebaliknya.

Diperoleh nilai interferensi terbesar berada pada rentang $Fr = 0.5$ sehingga kurva yang dibentuk pada sekitar rentang bilangan Froude = 0.5 membentuk daerah *hump* (puncak). Interferensi gelombang yang terjadi kemudian berkurang pada hingga mencapai rentang $Fr = 0.7$ lalu kemudian bertambah dan kembali terjadi fenomena *hump* dimana interferensi gelombang kembali menjadi bertambah besar namun tidak sebesar di rentang $Fr = 0.5$.



Gambar 10. Grafik Interferensi (IF) terhadap bilangan Froude (Fr) semua konfigurasi

Kesimpulan

Dari seluruh konfigurasi, koefisien hambatan total (C_T) terendah terletak di konfigurasi *Asymmetric Inboard Sidehull, Innerhull Position (C)* dengan $S/L=0.22$ pada rentang $Fr : 0.29-0.50$.

Konfigurasi lambung *Asymmetric* yang menghadap ke dalam (*Asymmetric sidehull inboard*) lebih menguntungkan dibanding lambung asimetris yang menghadap ke luar

(*Asymmetric sidehull outboard*) dimana bentuk ini memungkinkan terjadinya interferensi gelombang antarlambung kapal.

Konfigurasi lambung *Asymmetric* yang berada di antara *main hull* dan *Symmetric Sidehull (Asymmetric sidehull inboard position)* lebih menguntungkan dibanding lambung *Asymmetric* yang berada di posisi paling luar, dimana interaksi gelombang dari *sidehull* dan *mainhull* kemungkinan dapat menyebabkan gaya angkat terhadap *Mainhull* yang menyebabkan luas bidang basahnya semakin kecil

Interferensi gelombang dapat menjadi *constructive* yang akan memperbesar nilai hambatan sehingga membentuk fenomena puncak (*hump*) dan *destructive* yang akan memperkecil nilai hambatan sehingga membentuk fenomena lembah (*hollow*) pada kecepatan tertentu. Saat kecepatan meningkat, interval kedua fenomena ini semakin jelas terlihat. Secara umum pada konfigurasi dia atas tidak ada satu pun konfigurasi yang dominan terhadap penurunan hambatan dalam setiap kecepatan. Nilai C_t yang membentuk lembah paling dalam terdapat pada konfigurasi C1 dengan rasio $S/L = 0.22$ pada $Fr = 0.45$. C2 merupakan konfigurasi *Asymmetric Inboard-Sidehull*.

Referensi

- [1] Michell, J. H., 1898. *The wave resistance of a ship*, Philosophical Magazine, Series 5, Vol. 45, No. 272, London, pp 105-123.
- [2] Kelvin, L., 1905. *Deep sea ship waves*, Proceedings of Royal Society Edinburgh, No. 5, pp. 1060-1084.
- [3] Havelock, T. H., 1908. *The propagation of groups of waves in dispersive media with application to waves on water produced by a traveling disturbance*, Proceedings of the Royal Society, London, Vol. 81.
- [4] Peng, H., 2001. *Numerical Computation of Multi-hull Ship Resistance and Motion*, Ph. D. Thesis, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia.
- [5] Moraes, H. B., Vasconcellos, J. M. & Latorre, R. G., 2004. *Wave resistance for high-speed catamarans*, Ocean Engineering, Vol. 31, pp. 2253-2282.
- [6] Yeung, R. W., 2005. *Interference Resistance of Multi-hulls per thin-ship theory*, 20 International Workshop on Water Waves and Floating Bodies, Longyearbyen, Spitsbergen.
- [7] Begovic, E., Bertorello, C., Caldarella, S & Cassella, P., 2005. *Pentamaran hull for medium size fast ferries*, Hydrodynamics VI-Theory and Applications, Chang and Yeow (editors), pp. 23-27.
- [8] Tarafder, M. S. and Suzuki, K., 2008. *Wave-making resistance of catamaran hull in shallow water using a potential based panel method*, The Journal of Ship Research, Vol.52, No. 1, pp.16-29.
- [9] Wang, H. and Zao-jian, Z., 2008. *Numerical research on wave-making resistance of trimaran*, Journal of Shanghai Jiaotong University (Science), Vol. 13(3), pp. 348-351.
- [10] Aubault, A. and Yeung, R. W., 2009. *Multi-hull interference wave resistance in finite-depth waters*, 24 International Workshop on Water Waves and Floating Bodies, Zelenogorsk, Russia, pp. 1-4.
- [11] Dawson, C. W., 1977. *A practical computer method for solving ship-wave problems*, Proceedings of Second International Conference on Numerical Ship Hydrodynamics, pp.30-38..