

ANALISA DISTRIBUSI TEKANAN DAN KECEPATAN ALIRAN PADA KAPAL KATAMARAN TANPA TURBULEN STIMULATOR DENGAN UJI TEROWONGAN ANGIN

Ronald M HUTAURUK¹, I K A P UTAMA², A JAMALUDDIN³, Murdijanto⁴,
dan I Made Arya DJONI⁵

¹Mahasiswa S2 PPSTK ITS, Staff Pengajar Universitas Riau Pekanbaru.

*E-mail: ronald.mhutaauruk@yahoo.co.id

²Guru Besar Teknik Perkapalan, ITS-Surabaya.

³Mahasiswa S3 Program Pascasarjana Teknologi Kelautan, ITS-Surabaya

⁴Lektor Kepala Teknik Perkapalan, ITS-Surabaya.

⁵Guru Besar Teknik Mesin, ITS-Surabaya.

Abstract

Catamaran consists of two demihulls which are separated at certain distance. Both of demihulls induce interaction that generates viscous interference. Due to separation to length ratio between demihulls, interference effect occurs significantly over viscous resistance. These interference effects will be investigated by doing experimental test in the wind tunnel to analyze the pressure distribution and velocity profile on the catamaran. Catamaran model is designed without transition strip (turbulent stimulator). The models will be tested at various velocities, commenced from 10; 12; 14 dan 15.5 m/s in speed and separation to length ratio (S/L) 0.2, 0.3 and 0.4. Experimental results define that body separation effects both pressure distribution and velocity profile. Increasing of body separation will increase pressure distribution values. However, its increasing will decrease velocity profile values.

Keywords: Pressure, flow velocity, wind tunnel, interference.

1. Pendahuluan

Penelitian tentang katamaran hingga saat ini masih terus berkembang, karena katamaran memberikan fenomena yang menarik untuk dikaji dan diteliti lebih lanjut. Molland dan Utama (1997) melakukan investigasi di *wind tunnel* pada sepasang *ellipsoid*. Eksperimen yang dilakukan mewakili model kapal *multihull* untuk menginvestigasi komponen *viscous drag* dan efek interaksi di antara lambung. Pengujian eksperimen tersebut dilakukan pada model yang menggunakan *transition strip* dan tanpa *transition strip (turbulen stimulator)* dengan rasio *separation to length (S/L)* 0.27, 0.37, 0.47 dan 0.57. Konfigurasi *drag* dan *sideforce coefficients* pada *zero incidence* serta *surface pressure distribution* pada *hull ellipsoid* disajikan untuk memahami pengaruhnya lebih detail. Molland (1997) menyatakan bahwa *drag* pada katamaran lebih besar dibandingkan *monohull* karena dipengaruhi oleh *interferensi viscous* pada kedua *hull*. Namun peningkatan *body separation* menyebabkan penurunan *sideforce*.

Penelitian ini kemudian dilanjutkan oleh Couser et al. (1998) dan difokuskan terutama untuk menghitung *induced drag* dan *sideforce* pada katamaran. Hal ini dilatarbelakangi oleh aliran asimetrik yang mengenai katamaran. *Sideforce* yang dihasilkan masing-masing *demihull* bekerja berlawanan dan meniadakan, sedangkan *induced drag* pada kedua *demihull* bekerja bersamaan untuk menghambat gerakan maju kapal. Pada eksperimen yang dilakukan, *demihull separation* yang digunakan adalah S/L 0.225 dan 0.329 yang divariasikan dengan beberapa *Froud Number*. Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa *induced drag* yang ditimbulkan katamaran dapat diabaikan namun *side force* yang dihasilkan cukup *significant*. *Sideforce* yang dihasilkan menurun dengan cepat ketika adanya peningkatan *demihull separation*.

Jamaludin et al. (2010) juga menyinggung bahwa penelitian sistemik tentang variasi *demihull separation* telah dilakukan oleh Insel et al. (1997) di *towing tank*, sementara Utama (1999) dan Armstrong (2003) melakukan kajian di *wind tunnel*. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa dengan adanya perubahan jarak di antara dua badan katamaran akan memberikan pengaruh interferensi yang cukup signifikan terhadap hambatan *viscous*. Interferensi gelombang juga dapat berpengaruh terhadap *wave profile drag* akibat perubahan jarak antara badan katamaran (Campana et al., 2006). Utama (1999) menyarankan bahwa masih perlu dikaji lebih mendalam tentang interferensi dan interaksi dengan beberapa perubahan parameter *hull* dan kecepatan.

Kemudian Jamaluddin (2010) melanjutkan penelitian dengan melakukan eksperimen untuk meneliti *viscous form factor* pada *demihull* dan katamaran dengan berbagai konfigurasi lambung. Geometri model yang digunakan adalah *displacement* katamaran dengan lambung simetris (*symmetrical hull*) dan lambung tidak simetris (*asymmetrical hull*). Variasi jarak melintang antara lambung adalah S/L 0.2, 0.3 dan 0.4. Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan adalah *viscous form factor* katamaran secara signifikan lebih besar dibandingkan dengan *demihull*. Namun ditemukan variasi efek interaksi *viscous* karena perbedaan jarak *demihull*. Penelitian lebih lanjut tentang interaksi *viscous* tersebut disarankan untuk dikaji melalui pengujian di *wind tunnel*.

Kapal secara umum memiliki bentuk lambung yang *streamline* (tidak *uniform*), sehingga aliran di sekitar lambung mengalami tersebut juga perubahan. Perubahan tersebut dapat dideteksi melalui *pressure tape* yang dipasang pada permukaan model katamaran. Di samping mengalami tekanan pada permukaan *body*, kapal juga mengalami gesekan dimana total gaya gesek tersebut merupakan resultan distribusi gaya gesek sebelum dan sesudah *body* dialiri *flow velocity*.

2. Metodologi

2.1 Model dan Eksperimen

Penelitian ini diselesaikan dengan melakukan eksperimen di terowongan angin. Model uji adalah katamaran yang tidak dilengkapi dengan vorteks stimulator. Ukuran utama model adalah LWL = 457.26 mm; B = 47.5 mm; dan T = 26 mm. Model uji dibuat dari material kayu dan dibentuk sedemikian rupa hingga menyerupai desain rencana garis model. Kemudian di sekitar model dibuat titik-titik yang akan dipasang jalur kawat tembaga untuk penempatan *pressure tape*. Ada sekitar 57 buah *pressure tape* yang tersebar dan diatur sedemikian rupa pada permukaan model. Fungsi *pressure tape* ini adalah untuk mengukur besarnya tekanan statik dan juga profil kecepatan di sepanjang permukaan model saat angin dialirkan melalui inlet terowongan angin. Kecepatan angin divariasikan mulai dari 10; 12; 14 dan 15.4 m/s. Kecepatan ini disesuaikan dengan kemampuan kecepatan maksimal *wind tunnel* tersebut. Sedangkan katamaran diatur dengan ukuran *hull separation* (S/L) 0.2; 0.3; dan 0.4.

2.2 Pressure distribution

Setelah *test set up* dan kalibrasi dilakukan baik pada benda uji dan alat ukur (*manometer, pressure tape, pressure transducer, data akuisisi*) maka distribusi tekanan pada setiap *pressure tape* di permukaan model akan diubah ke dalam koefisien tekanan (C_p). Rumus yang digunakan sesuai dengan persamaan 1.

$$C_p = \frac{P_1 - P_2}{1/2\rho V^2} = \frac{\Delta P}{q} \quad (1)$$

Pressure coefficient adalah merupakan perbedaan antara tekanan lokal (p_1) pada suatu titik di permukaan model dan permukaan *freestream* p_0) dibagi dengan tekanan dinamis *free stream* (q). Nilai C_p yang lebih signifikan dapat dijabarkan melalui persamaan Bernoulli untuk aliran *incompressible*. Dengan demikian nilai C_p juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.

$$C_p = \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_0}\right)^2\right) \quad (2)$$

V_0 merupakan kecepatan lokal model dan V_1 adalah kecepatan pada setiap titik *pressure tape* di permukaan model.

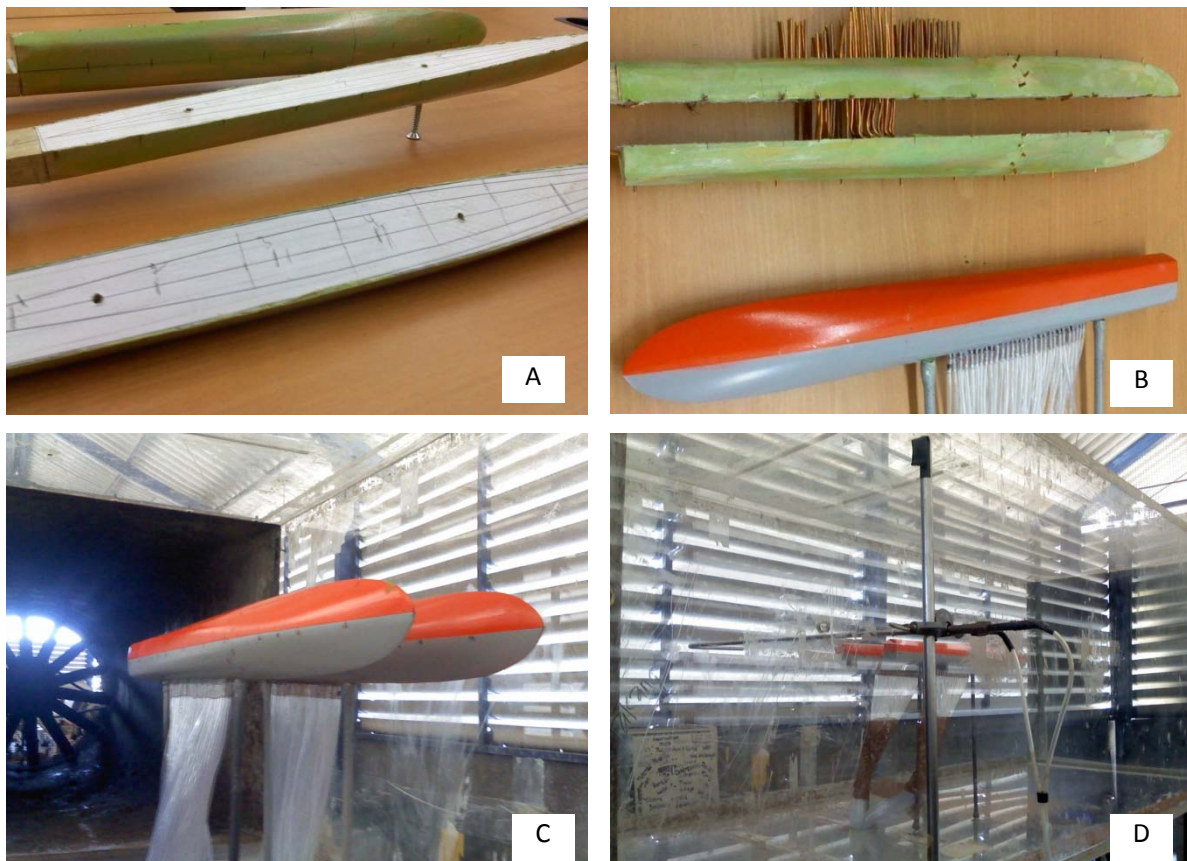
2.3 Flow Velocity

Untuk mendapatkan informasi mengenai fenomena aliran kecepatan (*velocity profile*) pada kapal katamaran akibat variasi jarak melintang antara lambung dan *kecepatan*, maka digunakan alat *pitot static tube* sebagai pendeteksi kecepatan aliran di sekitar model. Letak *pitot static tube* adalah 30%

LWL dari depan dan belakang model. Profil kecepatan diperoleh dengan menggeser posisi *pitot static tube* sebesar 0.5 cm. *Pitot static tube* digunakan untuk mengukur kecepatan *free stream* yang merupakan gabungan *static pressure probe* dan *stagnation pressure probe*. Aliran *free stream* akan masuk melalui lubang yang berada di depan *probe*. Aliran ini disebut tekanan stagnasi dan aliran melalui sisi atas dan bawah disebut sebagai tekanan statis. Dari kedua saluran ini udara dimasukkan ke dalam manometer yang berisi cairan kerosin. Perbedaan tekanan $p_0 - p$ (tekanan dinamik) dapat diperoleh. Kemudian besar *free stream* V_∞ didapat dari persamaan 3.

$$V_\infty = \sqrt{\frac{2(p_0 - p)}{\rho_{udara}}} \quad (3)$$

Grafik *velocity profile* diplot untuk masing-masing kecepatan angin yang digunakan.



Gambar 1 A) Pembuatan model katamaran, B) pemasangan *pressure tape* pada model katamaran, C) *test set up* dan pengujian *pressure distribution*, D) *test set up* dan pengujian *flow velocity*.

3. Hasil

3.1 Koefisien Tekanan

Koefisien tekanan pada model diukur pada masing-masing sisi. Kedua model dibedakan menjadi model A dan Model B. Model A merupakan demihull yang menghadap datangnya angin (*inlet*) dan letaknya di sebelah kanan. Sedangkan Model B adalah demi hull yang menghadap datangnya angin (*inlet*) dan letaknya di sebelah kiri. Angin dengan berbagai variasi kecepatan dialirkan hingga mengenai permukaan model. Tekanan yang mengenai model melalui *pressure tape* direkam oleh *pressure transducer* hingga nilainya dapat dibaca oleh data akuisisi. Nilai yang diperoleh dari data akuisisi diubah menjadi koefisien tekanan dan diplot seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

3.2 Distribusi Tekanan

Seperti dijelaskan pada sebelumnya, analisa distribusi tekanan mengacu pada koefisien tekanan pada model. Tekanan yang mengenai *pressure tape* ini dinyatakan dalam bilangan tak berdimensi yang dibaca oleh data akuisisi. Dengan memasukkan nilai massa jenis air dan *specific gravity* kerosin (fluida dalam manometer) maka dapat dihitung tekanan pada masing-masing *pressure tape*. Grafik tekanan diperlihatkan pada Gambar 3.

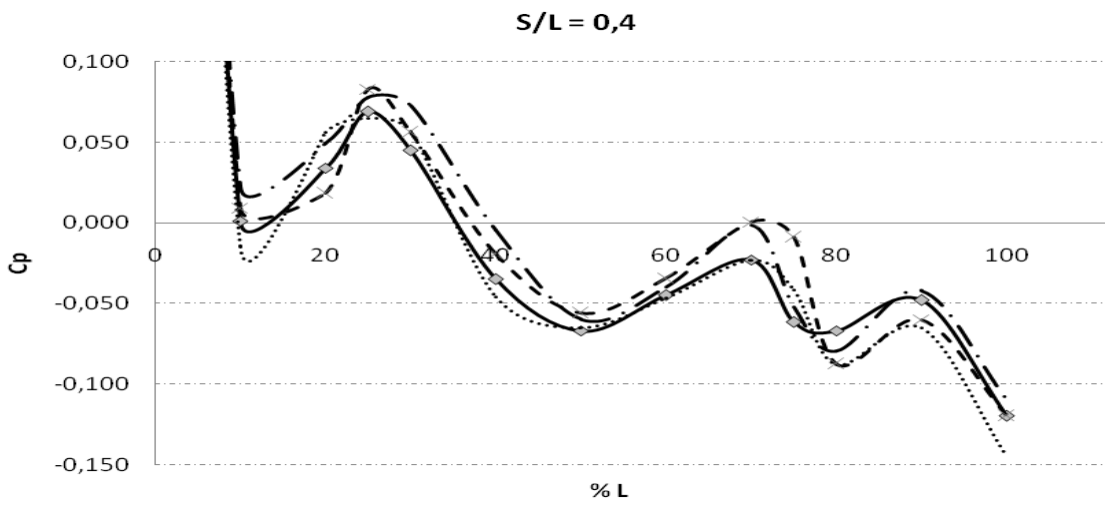
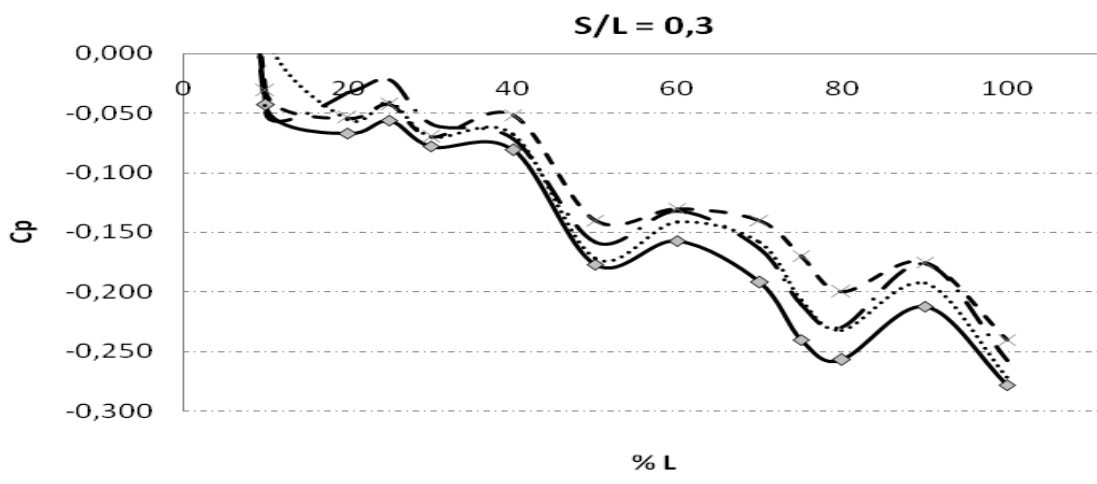
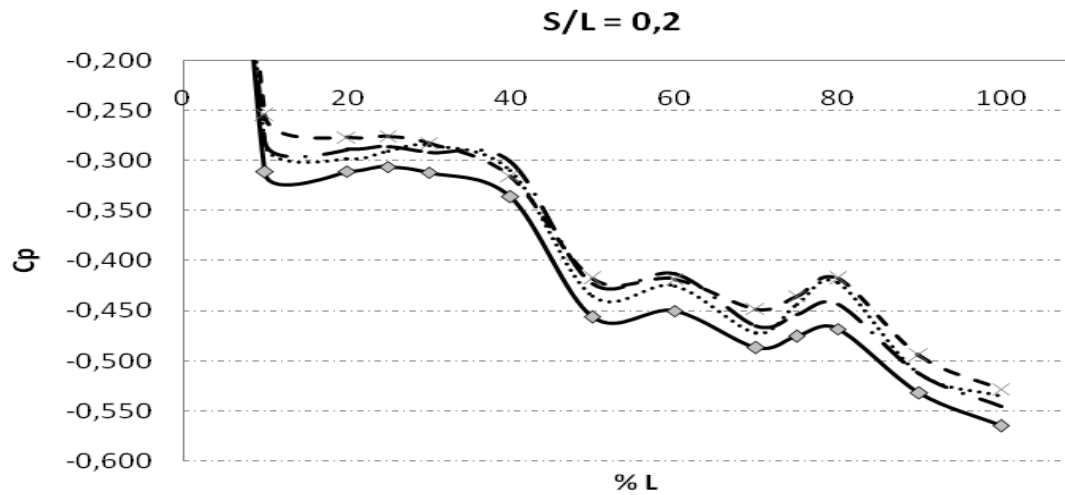
3.3 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran diukur di belakang model dengan menggunakan alat *pitot static tube* dimana letak *pitot static tube* adalah 30% dari panjang kapal. Kecepatan aliran diukur dari kedua sisi model hingga batas yang masih bisa dicapai oleh pergeseran *pitot static tube*. Namun diusahakan jangkauan *pitot static tube* pada kedua sisi yang dibagi oleh *center line* model adalah sama. *Pitot static tube* dibuat horizontal dan tegak lurus terhadap arah angin. Kemudian proses pengambilan data dilakukan dengan menggeser *pitot static tube* per 0.5 cm hingga mencapai seluruh titik pengukuran yang sudah ditentukan. Hasil pengukuran kecepatan aliran diplot dengan perbandingan kecepatan masuk dan kecepatan keluar (v_{in}/v_{out}) sebagai absis, dan titik-titik pergeseran pengukuran pada bentangan sebagai ordinat (Gambar 4).

4. Pembahasan

Grafik koefisien tekanan (C_p) pada titik stagnasi memiliki nilai sama dengan 1. Pada Gambar 2, titik stagnasi tidak diperlihatkan karena sumbu ordinat dibatasi tidak sampai dengan nilai tersebut dengan tujuan agar *trend* grafik bisa terlihat dengan jelas. Dari grafik C_p tersebut dapat dijelaskan bahwa penambahan jarak antara lambung akan memperbesar nilai C_p . Pada $S/L = 0.2$ nilai C_p dimulai dari 1 hingga hampir mencapai -0.6. Sedangkan pada $S/L = 0.3$ nilai C_p dimulai dari 1 hingga hampir mencapai -0,3. Dan kenaikan besar C_p juga terjadi pada $S/L = 0.4$. Nilai C_p sebagian berada di atas titik nol dan nilai terendah hampir mencapai -0.15. Variasi kecepatan juga mempengaruhi besar C_p . Kurva C_p pada masing-masing kecepatan mengikuti pola yang sama dan tersusun mulai dari kecepatan tertinggi hingga kecepatan terendah. Dengan demikian penambahan kecepatan menyebabkan kenaikan nilai C_p . Namun penyimpangan grafik sedikit terjadi pada $S/L = 0.4$. Dimana pada saat persentase panjang mencapai 100%, maka nilai terkecil diperoleh oleh kecepatan 12 m/s.

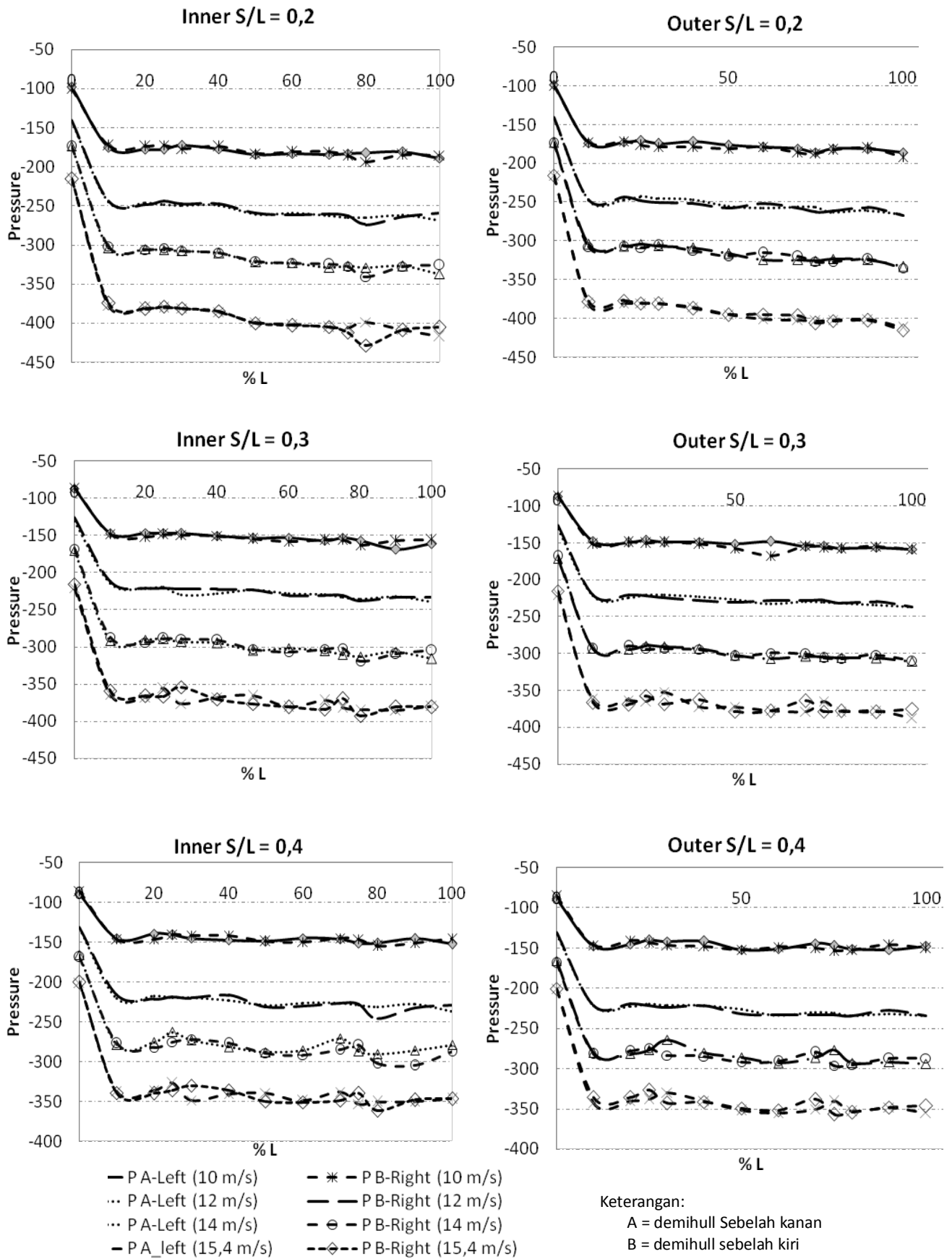
Namun bila dibandingkan antara grafik koefisien tekanan dan distribusi tekanan, maka akan terlihat perbedaan yang cukup signifikan. Grafik distribusi tekanan menunjukkan trend lebih baik dimana penyimpangan grafik lebih sedikit baik pada *inner* maupun *outer*. *Inner* merupakan sisi bagian dalam katamaran, dan *outer* adalah sisi bagian luar katamaran. Dengan demikian ini mengindikasikan bahwa hasil pengukuran tekanan di sepanjang lambung kapal cukup akurat. Besar distribusi tekanan dipengaruhi oleh massa jenis air dan *specific weight* dari fluida dalam manometer, sedangkan koefisien tekanan dipengaruhi oleh distribusi tekanan total, distribusi tekanan lokal, serta kecepatan dan massa jenis udara. Pengaruh rasio jarak antara lambung pada distribusi tekanan yang dialami permukaan lambung cukup berpengaruh. Pada setiap grafik distribusi tekanan baik *inner* maupun *outer*, menjelaskan bahwa apabila besar kecepatan bertambah akan menyebabkan perbedaan nilai distribusi tekanan.



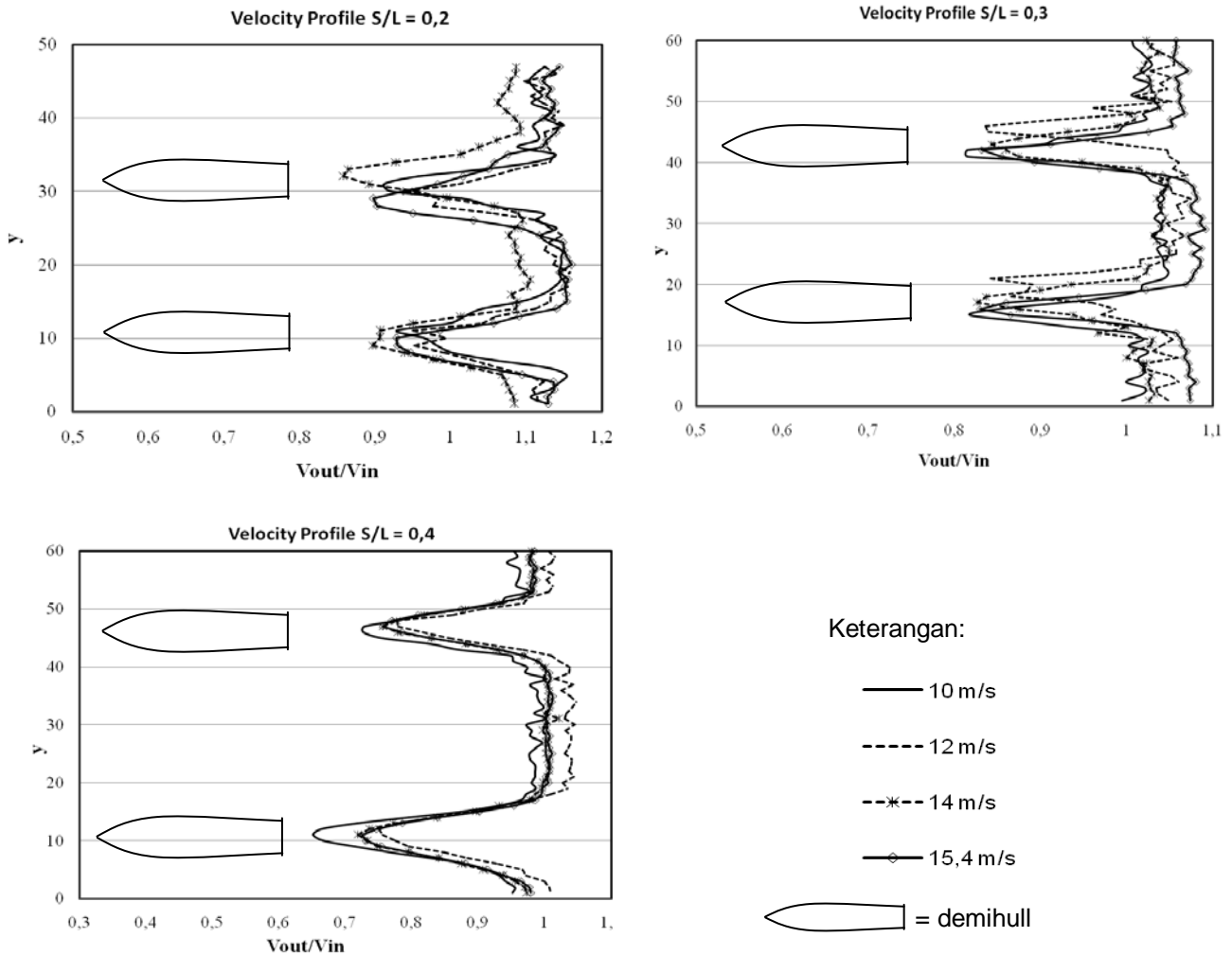
Keterangan:

—◆— 10 m/s 12 m/s - · - 14 m/s - x - 15,4 m/s

Gambar 2 Grafik *pressure coefficient* katamaran dengan variasi jarak antar lambung.



Gambar 3. Grafik *pressure* katamaran dengan variasi jarak antar lambung.



Gambar 4. Grafik aliran kecepatan pada variasi jarak antar lambung.

Penambahan kecepatan akan merubah distribusi tekanan dengan signifikan dan distribusi tekanan terbesar dialami oleh model dengan S/L yang lebih besar. Sehingga hubungan yang diberikan antara S/L dengan distribusi tekanan adalah berbanding lurus. Jika S/L besar maka distribusi tekanan yang dialami oleh model akan bertambah

Pada grafik aliran kecepatan terlihat bahwa terjadi perubahan yang cukup signifikan terhadap distribusi profil kecepatan. Semakin kecil jarak S/L maka kecepatan yang terjadi akan semakin besar. Sebaliknya jika jarak S/L semakin besar maka kecepatan yang dihasilkan akan semakin kecil. Pada S/L = 0.2, profil kecepatan memiliki nilai disekitar 1.1 hingga 1.2. Nilai ini menurun untuk S/L = 0.3 dan 0.4. Nilai masing-masing adalah untuk S/L = 0.3 adalah 1 hingga 1.1 dan untuk S/L = 0.4 adalah 0.9 hingga 1.

Hambatan kapal katamaran dipengaruhi oleh timbulnya interferensi dan interaksi di antara dua lambung katamaran. Interferensi hambatan viskos mengakibatkan aliran air di sekitar lambung (*demihull*) yang simetris menjadi tidak simetris karna perbedaan tekanan dan kecepatan aliran yang tidak sama terhadap garis tengah (*centerline*) lambung. Pada bagian dalam (di antara kedua *demihull*), terjadi peningkatan usikan kecepatan aliran. Peningkatan usikan kecepatan aliran ini menyebabkan perubahan struktur lapisan batas (*boundary layer*) dan juga luas bidang basah pada permukaan lambung. Karena terjadinya perubahan fisik pada struktur lapisan batas (*boundary*

layer) serta luas bidang basah lambung katamaran, maka hambatan gesek (*skin friction*) yang dihasilkan juga akan mengalami perubahan dimana nilainya bisa bertambah ataupun berkurang. Hal ini akan menyebabkan perubahan nilai *form factor*. Sedangkan pengaruh perubahan tekanan dan perubahan aliran kecepatan yang terjadi di antara kedua lambung katamaran, akan menyebabkan timbulnya interferensi hambatan viskos. Dimana, jarak antara lambung katamaran (S/L) berpengaruh terhadap hambatan viskos. Hambatan kapal akan semakin bertambah apabila terjadi penurunan nilai S/L. Fenomena ini timbul karena adanya efek interaksi hambatan viskos dan juga interferensi gelombang di antara kedua lambung tersebut.

5. Kesimpulan

- 1 Uji terowongan angin mampu memberikan informasi perubahan tekanan dan kecepatan aliran untuk memahami perilaku interaksi komponen hambatan viskos pada kapal katamaran.
- 2 Rasio jarak antar lambung (body separation) mempengaruhi distribusi tekanan dan aliran kecepatan pada katamaran. Di mana nilai rasio jarak antar lambung berbanding terbalik dengan distribusi tekanan dan berbanding lurus dengan aliran kecepatan. Peningkatan nilai body separation akan mengakibatkan penurunan nilai pressure distribution. Sebaliknya hubungan velocity profile dengan body separation adalah berbanding terbalik. Peningkatan body separation mengakibatkan penurunan nilai velocity profile.
- 3 Perubahan tekanan dan perubahan aliran kecepatan di antara kedua lambung katamaran berpengaruh terhadap nilai interferensi hambatan viskos.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian ITS yang telah mendanai penelitian guru besar Teknik Perkapalan ITS tahun 2011, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Kemudian kepada jurusan Teknik Mesin ITS beserta teknisi laboratorium yang telah membantu pelaksanaan eksperimen di *wind tunnel*.

Daftar Pustaka

- Armstrong, T. (2003): The effect of demihull separation on frictional resistance of katamaran, Seventh international conference on fast sea transportation, FAST, pp. 22-30, Ischia-Italy: Ischia.
- Campana, E. F., Peri, D., Tahara, Y., and Stern, F. (2006): Sahep Optimization in Ship Hydrodynamics using Computational Fluid Dynamics, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 196, pp 634-651.
- Couser, P. R., Wellicome, J. F. and Molland, A. F. (1998): *Experimental Measurement of Sideforce and induced drag on Katamarans Demihulls*, International Ship Building Progress, Vol. 45, Jamaluddin, A., Utama, I. K. A. P. and Aryawan, W. D. (2010): Analisa eksperimen viscous form factor pada konfigurasi lambung, Prosiding Seminar Nasional Teori Dan Aplikasi Teknologi Kelautan, FTK-ITS, pp 17-24. pp 443-450.
- Insel, Molland, A. F., Wellicome, J. F., and Couser, P. R. (1998): *Resistance Experiments on a Systematic Series of High-Speed Displacement Katamaran Form: Variation of Length-Displacement Ratio and Breadth-Draught Ratio*, Transaction RINA, 138A.
- Molland, A. F. and Utama, I. K. A. P. (1997): Wind tunnel investigation of a pair of ellipsoids in close proximity, department of ship science, Faculty of Engineering and Applied Science, University of Southampton, UK.
- Utama, I. K. A. P. (1999): Investigation of the Viscous resistance components of catamaran form, University of Southampton, UK.