

KAJIAN EKSPERIMENTAL DISAIN KAPAL *SEP-HULL* SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI DI PERAIRAN PANTAI DAN SUNGAI

Andi Jamaluddin dan Buana Ma'ruf

UPT Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika, BPPT
E-mail: andi99@engineer.com, buanamaruf@yahoo.com

Abstrak

Makalah ini membahas pengujian hambatan model kapal Surface Effect Planning Hull (SEP-Hull). Model uji menggunakan sistem pelumasan udara di bawah permukaan lambung kapal untuk mengetahui pengaruh sistem pelumasan terhadap gaya hambatan kapal. Model ini terbuat dari bahan fiberglass dan diuji pada kecepatan, F_n 0.1-1.45, di towing tank- UPT Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika BPPT, Surabaya. Gaya hambatan model kapal diukur dengan alat ukur 'load cell transducer'. Hasil pengujian model dipresentasikan dalam bentuk grafik dan tabel. Dari hasil uji diperoleh bahwa hambatan total kapal berkurang hingga 30 persen dengan mengaplikasikan sistem pelumasan udara di bawah permukaan lambung kapal. Hasil ini memberikan harapan yang menjanjikan dalam dunia perkapalan.

Kata kunci : Kapal, Surface Effect Planning Hull, hambatan, eksperimen

Abstract

This paper describes resistance tests of Surface Effect Planning Hull (SEP-Hull) Craft model. This model was fitted with air lubrication system located on longitudinal flat bottom (planning hull craft) to determine the influences of air lubrication on ship resistance performances. The test model was built by fiberglass and the hydrodynamic tests were performed with speed of Froude number 0.1-1.45 in towing tank- UPT Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika BPPT, Surabaya. The resistance (drag) of the model was measured by load cell transducer. The model test results were presented by graphics and tables. From the results show that total resistance reduces up to 30 percent by using air lubrication method under the surface of the hull's model. The results offer a considerable promise in ship hydrodynamics.

Key words: Ship, Surface Effect Planning Hull, Resistance, Experiment

PENDAHULUAN

Faktor *power-saving* menjadi prioritas utama bagi pemilik/operator kapal, sehingga pemakaian bahan bakar minyak (BBM) perlu diefisienkan. Dengan bentuk lambung kapal yang optimal, hambatan kapal menjadi rendah dan tenaga (*power*) yang diperlukan untuk mendorong kapal menjadi lebih kecil atau kecepatan kapal menjadi lebih tinggi.

Diketahui bahwa kapal yang bergerak maju di permukaan air, disamping akan mengalami suatu gerakan juga akan mendapatkan suatu hambatan (*water resistance*) dan menimbulkan gelombang di

permukaan air. Hambatan dan gelombang yang ditimbulkan tersebut akan semakin besar jika kecepatan kapal bertambah.

Guna menghindari terjadinya hambatan dan pemakaian tenaga yang terlalu besar pada kecepatan tertentu, maka kapal harus mendapatkan gaya angkat (*lift force*) agar luas permukaan bidang basah menjadi kecil. Dengan mempertimbangkan fenomena tersebut maka diperlukan perancangan kapal dengan bentuk (*hull form*) kapal yang ideal dan optimal.

Konsep kapal *SEP-HULL* (Surface Effect Planning Hull) dengan *air lubrication* dibawah badan kapal merupakan solusi hal tersebut di

atas. Disain kapal ini memiliki gaya angkat yang cukup, dengan disain bentuk konstruksi pada bagian bawah lambung kapal. Kapal ini memanfaatkan efek permukaan air dengan mengkombinasikan bentuk terowongan dan *air lubrication* di bagian bawah lambung kapal, sehingga dapat memberikan kecepatan yang lebih signifikan atau hambatan (*resistance*) yang lebih rendah.

Disain kapal SEP-Hull dengan kombinasi bentuk terowongan sebagai kantong udara dan lapisan *air lubrication* sebagai pelumas di bagian bawah lambung kapal merupakan alternatif transportasi air antar pulau yang memiliki prospek untuk dikembangkan dan diaplikasikan sebagai kapal penumpang, kapal survei, dan kapal patroli pada saat ini dan pada masa akan datang mengingat kapal ini lebih stabil, cepat dan aman.

TINJAUAN TEORI

Tekanan hidrostatik menghasilkan gaya apung (*bouyancy force*), dimana besarnya tergantung volume yang terbenam. Tekanan hidrodinamik tergantung pada aliran air di sekeliling lambung kapal dan berbanding langsung kwadrat kecepatan, V^2 .

Pada dasarnya gaya apung relatif mendominasi efek gaya hidrodinamik pada $Fn < 0.4$, dimana pada angka bilangan Froude ini disebut *displacement hull*. Sedangkan pada $Fn > 1.0 - 1.2$, gaya hidrodinamik yang mendominasi lambung kapal disebut *planing hull vessel*. Selanjutnya kapal yang beroperasi dengan kecepatan $0.4 - 0.5 < Fn < 1.0 - 1.2$ disebut *semi-displacement hull*¹⁾.

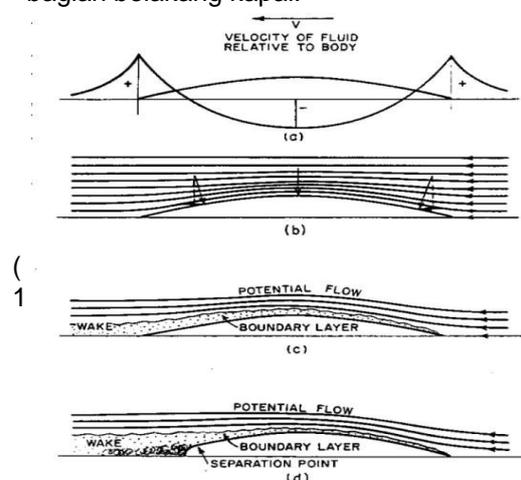
Hambatan kapal secara konvensional dapat dibagi dalam tiga komponen²⁾: *wave-making resistance*, *frictional drag*, dan *viscous form drag*. Koefisien hambatan total C_T dapat dituliskan dengan persamaan³⁾:

$$C_T = \frac{R_T}{\frac{1}{2} \rho S V^2} = (1+k) \cdot C_F(R_e) + C_W(F_n)$$

dimana R_T adalah hambatan total, S luas bidang basah, V kecepatan kapal. Faktor bentuk, k , yang merepresentasikan bentuk garis lambung kapal, memiliki nilai antara 0.1 dan 0.4, bergantung pada bentuk lambung kapal. C_F adalah koefisien hambatan gesek, dan C_W adalah koefisien hambatan akibat gelombang. Menurut asumsi Froude, hambatan gesek (friction) adalah fungsi dari *Reynolds number*, R_e , dan hambatan akibat gelombang adalah fungsi dari *Froude number*, F_n .

Pengurangan hambatan yang diakibatkan oleh gelombang melalui modifikasi bentuk-bentuk lambung kapal telah banyak diteliti dan dipublikasikan oleh para ahli^{4), 5)}, dan⁶⁾. Namun akhir-akhir ini, para ahli mulai melakukan kajian yang mengfokuskan masalah pengurangan hambatan gesek (*frictional drag*) dengan berbagai metode, misalnya: *injection of polymer/surfactants/fiber suspensions*, *micro-bubble injection*, *vorticity manipulation with riblets*, *large eddy break-up devices*, *active turbulence control* dan *air lubrication*⁷⁾ dan⁸⁾.

Faktor yang melatarbelakangi penelitian tersebut adalah memanfaatkan lapisan bubble, tekanan udara pada lambung kapal untuk mengurangi hambatan gesek. Gambar 2 memperlihatkan fenomena terjadinya gaya gesek dimana bila aliran air dengan viskositas nol (*stickiness*) pada permukaan lambung kapal yang licin, maka gaya gesek dianggap tidak ada. Aliran air disekeliling lambung kapal menjadi '*smooth*' seperti yang diperlihatkan pada gambar (1.b). Bagaimanapun, permukaan lambung kapal tidak ada yang '*smooth*' dan gelombang air merupakan fluida yang memiliki viskositas, sehingga dapat menimbulkan hambatan (*drag*) di sepanjang lapisan aliran air tersebut, dan fenomena ini disebut lapisan batas (*boundary layer*), lihat gambar (1.c). Kemudian bila fenomena ini berlanjut maka akan menimbulkan ulekan (*wake, eddying*) seperti pada gambar (1.d). Lapisan batas akan bertambah lebar dari nol pada bagian depan menjadi membesar/menebal pada bagian belakang kapal.

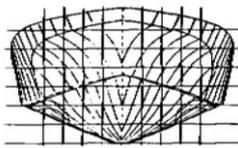


Gambar 1.
Fenomena gaya gesek

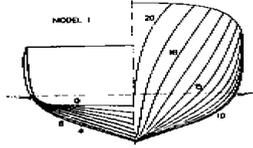
KONSEP DISAIN SEP-HULL

Gaya angkat (*lift force*) pada *displacement hull* didukung oleh gaya apung

(atau displasemen-nya sendiri), sedangkan *planing hull*, gaya angkatnya bersumber dari bentuk lambungnya yang sedemikian rupa, sehingga pada kecepatan tertentu kapal dalam kondisi '*planing*' atau terangkat, sehingga luas bidang basahnya menjadi lebih kecil. Hal ini mengakibatkan hambatan kapal menjadi kecil atau kecepatan bertambah besar. Karakteristik bentuk lambung kapal tersebut diperlihatkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2.
Planing Hull



Gambar 3.
Displacement Hull

Kapal cepat (*planing hull*) terdiri dari gaya gesek (*friction*) dan gaya vertikal (*induced drag*), dimana hambatan geseknya lebih dominan dari total hambatan. Fenomena ini membuat para ahli kapal terinspirasi untuk menciptakan desain kapal yang memiliki hambatan gesek lebih rendah. Oleh karena itu belakangan ini banyak dijumpai tipe kapal cepat yang disebut: *air cushion vehicles* (ACV), *seaplanes*, *wing-in-ground effect* (WIG) *craft*, *planing hydrofoil ships*, *surface effect ships* (SES) dan kapal *Stolkraft*. Jenis kapal cepat tersebut memiliki karakteristik operasional dan keunggulan tertentu serta banyak diaplikasikan sebagai kapal patroli, kapal penyelamat, kapal penumpang, kapal riset dan kapal pesiar.

Sedangkan konsep desain kapal *surface planing hull* (*SEP-Hull*), yang merupakan pengembangan desain kapal '*stolkraft*' yang diciptakan oleh Leo, D. Stolk⁹⁾, memiliki karakteristik rasio L/B (panjang dan lebar) kapal dan sarat air yang relatif rendah, sehingga kapal ini sangat stabil dan dapat beroperasi di perairan dangkal. Dari hasil riset *Maritime Economic Research Centre of Rotterdam*¹⁰⁾ menyatakan bahwa biaya operasional kapal *stolkraft* lebih efisien sekitar 14%-23% dibandingkan dengan tipe kapal *Catamaran*, *Air Cushion Vehicle* (ACV).



Gambar 4.
Stolkraft Hull [10]

Konsep desain kapal *SEP-Hull* memiliki beberapa perubahan hull, diantaranya

terowongan di bagian bawah badan kapal sebagai kantong udara untuk menangkap dan menyimpan udara yang tersedot dari depan kapal, serta mengaplikasikan teknologi *air lubrication* yang menjadikan kapal ini memiliki kecepatan yang sangat optimal.



Gambar 5.
Surface Effect Planing Hull (SEP-Hull)

Keunggulan desain SEP-HULL dengan mengaplikasikan sistem injeksi/pelumasannya udara di bawah permukaan lambung kapal adalah akan mengurangi gesekan air dengan lambung kapal, sehingga hambatan kapal menjadi berkurang. Diketahui bahwa densitas udara lebih kecil (=800 kali) dari densitas air laut.

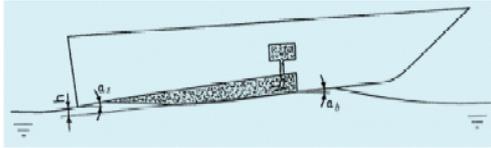
Kapal SEP-Hull memiliki prospek yang sangat baik dan memiliki potensi pasar yang tinggi untuk diaplikasikan sebagai kapal penumpang cepat, patroli, pengawasan pantai.

Aplikasi Teknologi Sistem Pelumasan Udara (*air bubble* atau *air lubrication*)

Pendekatan dengan menggunakan *micro-bubble injection* (cukup sesuai diaplikasikan pada kapal tipe *displacement hull*), mulai diteliti oleh McCormick dan Bhattacharyya¹¹⁾. Kemudian dilanjutkan oleh peneliti lainnya seperti Bogdevich¹²⁾, Merkle et al¹³⁾ dan Merkle and Deutch¹⁴⁾. Setelah itu kajian ini menjadi menarik oleh para peneliti lainnya untuk melakukan pengembangan melalui eksperimen dan pengembangan teori, lihat Kato et al¹⁵⁾,¹⁶⁾,¹⁷⁾, Guin et al¹⁸⁾, Latorre¹⁹⁾, Yoshida et al²⁰⁾,²¹⁾, Watanabe²²⁾ dan Kodama²³⁾,²⁴⁾,²⁵⁾.

Kemudian metode pendekatan dengan menggunakan *ventilated cavities* (or *air lubrication*) mulai banyak diteliti pada tahun 2000-an. Pada pendekatan dengan cara *air lubricated* atau *ventilated cavity*, *Frictional drag* pada lambung kapal berkurang dengan cara menutupi bagian-bagian permukaan bawah lambung dengan sebuah *air layer* (atau *ventilated cavity*), yang dapat mengurangi luas bidang basah dari lambung kapal²⁶⁾, lihat gambar 5. Hasil penelitian Matveev²⁷⁾ menyatakan bahwa tenaga yang dibutuhkan untuk tekanan angin hanya 2% dari total tenaga mesin utama kapal dan dapat

menghasilkan pengurangan hambatan (*drag*) sebesar 10- 30%.



Gambar 6.
Metode *air lubrication* pada lambung kapal.

KAJIAN EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN

Pengujian hambatan model kapal SEP-Hull dilakukan di Towing Tank (UPT BPPH – BPPT) dengan variasi sembilan kecepatan (*Froude number* 0.10 sampai 1.45) dan dua variasi tekanan udara (*Pressure* 0.0 dan 0.5 bar) untuk sistim pelumasan udara (*air lubrication*) di bawah lambung kapal.

Ukuran dan Geometri Model Uji

Model kapal SEP-Hull terbuat dari bahan fibre glass dan dilengkapi dengan sistim injeksi udara melalui *compressor*. Konfigurasi (*lines plan*) dan ukuran utama model kapal dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1.
Ukuran Utama *SEP-Hull*

Parameter	Simbol	Model	Unit
<i>Length Over All</i>	LOA	2.276	M
<i>Length on Water Line</i>	LWL	2.103	M
<i>Breadth</i>	B	0.650	M
<i>Draught</i>	T	0.065	M
<i>Wetted Surface Area</i>	S	0.239	M ²

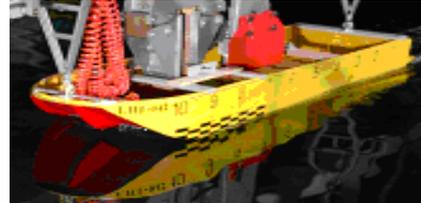


Gambar 7.
Lines Plan kapal *SEP-Hull*

Prosedur Pengujian

Pengujian tahanan pada model *SEP-Hull* dilakukan dengan menarik model melalui kecepatan kereta tarik dan gaya tahanan pada model diukur melalui *load cell*/

transducer yang terpasang dan yang menghubungkan antara model dan kereta tarik (*carriage*) tersebut. Selama pengujian model berlangsung, model dalam kondisi bebas terhadap gerak naik-turun (*heave*) dan gerak anggukan atas-bawah (*pitching*). Gambar 8 memperlihatkan *set-up* pengujian hambatan pada model uji di *towing tank*.

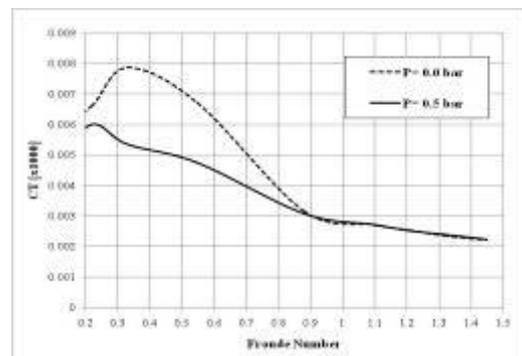


Gambar 8.
Pengujian hambatan kapal di *towing tank*

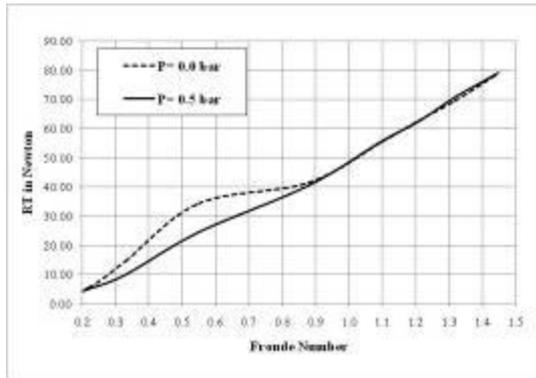
Hasil Pengujian dan Pembahasan

Hasil pengujian hambatan model kapal dengan mengaplikasikan injeksi tekanan udara dipresentasikan dalam bentuk tabel dan kurva/grafik serta foto melalui kamera bawah air untuk melihat karakteristik lapisan udara di bawah permukaan model kapal.

Gambar 9 dan 10 memperlihatkan hasil pengujian hambatan pada kondisi kecepatan atau *Froude number* ($F_n = V/\sqrt{g.L}$) 0.3 – 0.8, total hambatan kapal dengan mengaplikasikan pelumasan udara (tekanan $P=0.5$ bar) lebih kecil dibanding tanpa sistim pelumasan (tekanan $P=0.0$ bar). Maksimum penurunan hambatan yang terjadi dapat mencapai hingga 30%.



Gambar 9.
Koefisien hambatan total model *SEP-Hull*



Gambar 10.
Hambatan total model SEP-Hull

Pada $Fn > 0.88$, pengaruh tekanan udara terhadap penurunan tahanan model kapal tidak terjadi. Hal ini disebabkan karena besarnya aliran *turbulent* yang mengalir dari bagian depan hingga ke bagian bawah lambung kapal, menyebabkan injeksi tekanan udara di bawah lambung kapal tidak memberikan efek signifikan.



Gambar 11.
Tekanan udara $P=0.0$ bar pada $Fr=0.88$



Gambar 12.
Tekanan udara $P=0.5$ bar pada $Fr=0.88$

Fenomena tersebut dapat dilihat dari hasil foto bawah air (*underwater camera*) pada gambar 11 dan 12, yang memperlihatkan lapisan udara dibawah lambung kapal tidak berubah (tidak ada perbedaan) antara pelumasan udara dengan tekanan 0.0 dan 0.5 bar pada kecepatan $Fn=0.88$.

Disamping itu, dari pengamatan selama pengujian, terlihat bahwa profil gelombang (*wave making*) akibat gerak maju SEP-Hull tidak signifikan, sehingga hambatan gelombang pada lambung kapal SEP-Hull cukup kecil. Hal ini dapat dijelaskan karena sisi lambung kapal cukup datar (*flat*), tidak

melengkung sebagaimana kapal pada umumnya.

Dari hasil bahasan di atas menunjukkan bahwa aplikasi sistem pelumasan udara dapat menurunkan hambatan kapal yang cukup signifikan sehingga tenaga dorong yang diperlukan menjadi lebih kecil, dan dengan sendirinya konsumsi bahan bakar lebih ekonomis.

Dengan demikian kapal tipe ini sangat potensial dikembangkan dan dibangun secara massal sebagai sarana transportasi murah untuk perairan pantai dan sungai. Persoalan berikutnya adalah, bagaimana memilih bahan lambung kapal yang memenuhi spesifikasi disainnya, mengingat konfigurasi lambung kapal SEP-Hull yang harus ringan (rasio berat dan volume yang rendah).

Penggunaan bahan fiberglass untuk lambung kapal menjadi pilihan, disamping karena konstruksinya yang ringan, juga murah jika diproduksi secara komersial. Namun demikian, kapal berbahan fiberglass berukuran kecil (*boat*) belum memiliki standar mutu yang diatur oleh klasifikasi.

Untuk itu, diperlukan riset lanjutan yang berorientasi pada standarisasi teknologi pembangunan, yang mencakup: disain konstruksi, pemilihan material, teknik laminasi, dan pengendalian mutunya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian hambatan model kapal SEP-Hull dengan menggunakan sistem pelumasan udara pada beberapa kecepatan di *towing tank*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Disain lambung kapal SEP-Hull merupakan tipe *planning hull* dimana pada kecepatan tertentu dapat memberikan daya angkat, sehingga hambatannya berkurang. Disamping itu dengan sisi lambung kapal yang datar dapat memperkecil hambatan gelombang.
- Aplikasi metode pelumasan udara (*air lubrication*) di bawah permukaan lambung kapal memberikan efek pengurangan hambatan hingga 30% pada kecepatan $Fn=0.3-0.8$ dan tekanan udara 0.5 bar.
- Pada kecepatan kapal $Fn > 0.88$, memerlukan tekanan udara yang lebih besar untuk mendapatkan penurunan hambatan kapal yang signifikan, namun hal ini perlu dikaji lebih rinci lagi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Faltinsen, O.M., *Hydrodynamics of High Speed Marine Vehicles*, Cambridge University Press, New York, USA, 2005
2. Rawson, K.J., Tupper, E.C., *Basic Ship Theory*, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK., 2001, Vol.2.
3. Lewis, E.V., ed., *Principles of Naval Architecture*, 2nd Rev., SNAME, Jersey City, NJ, 1988, Vol. 2
4. Wigley, C., "The Theory of the Bulbous Bow and Its Practical Application", *Trans. NECI*, 1935-36, Vol. 52
5. Eggers, K., Sharma, S.D., and Ward, L.W., "An Assessment of Some Experimental Methods for Determining the Wavemaking Characteristics of a Ship Form", *Trans. SNAME*, 1967, Vol. 75.
6. Inui, T., "From Bulbous Bow to Free Surface Shock Wave – Trend of Twenty Years Research on Ship Wave at the Tokyo University Tank", 3rd George Weinblum Memorial Lecture, 1980.
7. Sellin RHJ, Moses RT: *Drag Reduction in Fluid Flows*. Chichester, UK: Ellis Horwood, 1989.
8. Bushnell and Hefner, *Viscous drag reduction in boundary layers* / edited by Dennis M. Bushnell, Jerry N. Hefner, Washington, DC : American Institute of Aeronautics and Astronautics, c1990.
9. *Technology in Australia 1788-1998*, Chapter 7, *Innovative Small Craft*, page 520, <http://www.austehc.unimelb.edu.au/ia/520.html>
10. Dongen, K.F.van. and Melissen, P., *Economic Evaluation of a Stolkraft Design for prospective Use in Port Philip Bay*, Maritime Economic Research Centre of Rotterdam, Report No. 45593-6-DR, January 1986.
11. McCormick, M.E., Bhattacharyya, R., "Drag Reduction of a Submersible Hull by Electrolysis", *Naval Engineers Journal*, 1973, Vol. 85, No. 2, pp. 11-16.
12. Bogdevich, V.G., Evees A.R., Malyuga, A.G. et al., "Gas-Saturated Effect on Near-Wall Turbulence Characteristics", *Second International Conference on Drag Reduction*, Cambridge, England, BHRA, 1997, pp. 25-37.
13. Merkle, C.L., Deutsch, S., Pal, S., Cimbala, J., and Seelig, W., "Microbubble Drag Reduction", 16th *Symposium on Naval Hydrodynamics*, 1987, pp. 199-215.
14. Merkle, C.L and Deutsch, S., "Drag Reduction in Liquid Boundary Layers by Gas Injection", *Progress in Astronautics and Aeronautics* vol. 123, 1990, AIAA, pp.351-412.
15. Kato, H. et al: "Frictional Drag Reduction by Injecting Bubbly Water into Turbulent Boundary Layer", *Cavitation dan Gas Liquid Flow in Fluid Machinery and Devices*, FED-vol.190, ASME, 1994, pp.185-194.
16. Kato, H., Iwashita, T., Miyanaga, M., Yamaguchi, H., "Effect of Microbubble Cluster on Turbulent Flow Structure", *IUTAM Symp. On Mechanics of Passive and Active Flow Control*, Gottingen, Germany, 1998, pp. 1- 6.
17. Kato, H., Miura, K., Yamaguchi, H., Miyanaga, M., "Experimental Study on Microbubble Ejection Method for Frictional Drag Reduction", *Journal of Marine Science and Technology*, 1998, Vol. 3, No. 3, pp. 122-129.
18. Guin M.M., Kato, H., Maeda, M., and Miyanaga, M., "Reduction of Skin Friction by Microbubbles and Its Relation with Near-Wall Bubble Concentration in Channel", *Journal of Marine Science and Technology*, 1996, Vol.1, No. 5, pp. 241-254.
19. Latorre, R., "Ship Hull Drag Reduction Using Bottom Air Injection", *Ocean Engineering*, 1997, Vol. 24, No. 2, pp. 161-175.
20. Yoshida, Y., Takahashi, Y., Kato, H., and Guin, M.M., "Distributions of Void Fraction in Marine Science and Technology", 1998, Vol. 3, No. 1, pp. 30-36.
21. Yoshida, Y., Takahashi, Y., Kato, H., et al. "Study on Mechanism of Resistance Reduction by Means of Micro-Bubble sheet and Applicability of Method to Full-Scale Ship", 22nd *ONR Symp. On Ship Hydrodynamics*, 1998A, pp. 1-16.
22. Watanabe, O., *Measurements of Drag Reduction by Microbubbles Using Very Long Ship Models*, *Journal of Society Naval Architects of Japan*, 1998, Vol.183, pp.53-63.
23. Kodama, Y., Kakugawa, A., Takahashi, T., "Preliminary Experiments on Microbubbles for Drag Reduction Using a Long Flat Plate Ship", *ONR Workshop on Gas Based Surface Ship Drag Reduction*, Newport, U.S.A., 1999, pp. 1- 6.
24. Kodama, Y. et al., "Experimental study on microbubbles and their applicability to ships for skin friction reduction.", *Int. J. of Heat and Fluid Flow*, 2000, Vol. 21.
25. Kodama, Y. et al., "A Full-scale Experiment on Microbubbles for Skin Friction Reduction using SEIUNMARU

part 1 : The Preparatory Study”, to be published in J. of the Society of Naval Architects of Japan, 2002, Vol. 192.

26. Matveev, K., “Modeling of Vertical Plane Motion of an Air Cavity Ship”, Proc. 5th International Conference on Fast Sea Transportation, FAST’99, Seattle, USA, 1999
27. Matveev, K., Two-dimensional Modeling of the Limiting Air Cavity System, AIAA 2003-624, 41st Aerospace sciences Meeting and Exhibit, 6-9 January 2003, Reno Nevada.

organisasi profesi ilmiah RINA (Royal Institute of Naval Architects, UK).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan salah satu rangkaian kegiatan riset yang didanai melalui DIPA T.A 2006/6007 dan riset “Teknologi Pembangunan dan Sertifikasi Kapal SEP-Hull”, yang didanai melalui Program Dana Bantuan Sosial Penelitian, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional Tahun 2009. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada BPPT dan Ditjen Dikti Kementerian Pendidikan Nasional, juga kepada BPPT Enjiniring yang telah memfasilitasi riset ini, dan tim peneliti dan pihak-pihak terkait lainnya, sehingga riset ini berjalan dengan baik.

RIWAYAT PENULIS

Andi Jamaluddin, lahir di Pare-Pare (Sul-Sel) pada 12 Oktober 1961. Menamatkan pendidikan S1 di Universitas Hasanuddin 1985 dan pendidikan S2 bidang *Marine Technology* di University of Strathclyde, Glasgow-UK, 1990. Sejak tahun 2009 penulis sedang mengikuti program S3 di ITS bidang teknologi kelautan. Saat ini bekerja sebagai peneliti di UPT Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika, BPPT, Surabaya. Penulis juga menjadi anggota pada organisasi profesi ilmiah RINA (Royal Institute of Naval Architects, UK).

Buana Ma’ruf, lahir di Sidrap (Sul-Sel) pada 15 Oktober 1961. Menamatkan pendidikan S1 bidang teknik perkapalan di Universitas Hasanuddin 1986, S2 bidang *Ship Production Technology* di University of Strathclyde, Glasgow-UK, 1992, dan S3 bidang Teknologi Kelautan di ITS 2007. Saat ini bekerja sebagai peneliti di UPT Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika, BPPT, Surabaya. Penulis juga menjadi anggota pada