

Perbandingan Modifikasi Bentuk Lambung Terhadap Tahanan Kapal Menggunakan Metode "Delftship"

Indro Dwi Cahyo^a

^aLaboratorium Pendidikan PS Str Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan
Teknologi Industri - Sekolah Vokasi - Universitas Diponegoro
Corresponding Author Email : dwicahyo.indro@gmail.com

Received: 12nd January 2020; Revised: 18th January 2020; Accepted: 19th January 2020;
Available online: 20th January 2020; Published regularly: January 2020

Abstract

This study aims to analyze the resistance on vessels that have a single hull shape of the hard-chine type is modified to a multi-chine types using the "DELFTShip" method. This research includes research on the development of the "DELFTShip" method using a speedboat sample of the Vocational School - Undip, where the ship plans to be modified on the hull that was originally hard-chine to multi-chine, with a qualitative approach using the "DELFTShip version 4.03.68" method which can later be known differences in the value of ship resistance (R_T).

Results showed that the resistance value (R_T) at a speed of 3 knots there is a difference -0.0332 kN, at a speed of 4 knots there is a difference of 0.0925 kN, and at a speed of 5 knots there is a difference 0.3205. By referring to the number of Froude Number. , stomach with multi-chine type has the value of prisoner (R_T) is better than the stomach with hard-chine type.

Keywords: Hard chine, Multi Chine, Resistance, Delftship, Vocational Schools

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tahanan pada kapal yang mempunyai bentuk lambung tunggal tipe hard chine yang dimodifikasi menjadi tipe multi chine menggunakan metode "DELFTShip". Penelitian ini mencakup penelitian tentang pengembangan metode "DELFTShip" menggunakan sampel speedboat Sekolah Vokasi - Undip, dimana kapal berencana untuk dimodifikasi pada lambung yang pada awalnya bertipe hard chine menjadi multi chine, dengan pendekatan kualitatif menggunakan metode "DELFTShip versi 4.03.68" yang kemudian dapat diketahui perbedaan nilai tahanan kapal (R_T).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tahanan (R_T) pada kecepatan 3 knot ada perbedaan -0,0332 kN, pada kecepatan 4 knot ada perbedaan 0,0925 kN, dan pada kecepatan 5 knot ada perbedaan 0,3205. Dengan mengacu pada bilangan Froude Number. , lambung dengan tipe multi chine memiliki nilai tahanan (R_T) lebih baik daripada lambung dengan tipe hardchine.

Kata Kunci : Hard chine, Multi Chine, Tahanan, Delftship, Sekolah Vokasi

PENDAHULUAN

Kapal speedboat Sekolah Vokasi - Universitas Diponegoro adalah termasuk kapal cepat (*high speed craft/HSC*) yang dibuat di Laboratorium Konstruksi Kapal PSD III Teknik Perkapalan Sekolah Vokasi - Undip pada tahun 2016 yang diperuntukan untuk kegiatan pendidikan. Dengan ukuran utama kapal panjang (*length*) 4,1 m, lebar (*beam*) 1,76 m, sarat (*draft*) 0,4 m dengan bentuk lambung tunggal (*mono hull*).

Lambung kapal speedboat Sekolah Vokasi - Undip didesain dengan tipe lambung *hard chine*, yang mana sesuai dengan peruntukannya lambung tersebut bisa di modifikasi/dirubah menjadi *multi chine*

untuk mengetahui nilai tahanan kapal (RT) yang lebih baik, tentunya diharapkan tidak mengurangi fungsi dan tampilannya akan lebih menarik dari aslinya.

Evolusi kendaraan laut berkinerja tinggi telah menghasilkan konsep baru. Dalam banyak kasus kapal *hybrid* ini dibuat untuk mengkompensasi kekurangan yang dirasakan dari bentuk lambung tradisional. Meski teknologi yang muncul signifikan, status dokumen dan capaian kapal *hard chine* dan teknologi yang semakin matang sangat penting untuk dasar mengukur prospek masa depan. Struktur dan sistem yang kurang kompleks dari *hard chine*, *semi-planing* atau *planing monohulls* cenderung relatif rendah dalam biaya dan memiliki keandalan operasional yang relatif tinggi terhadap daya dukungnya. Namun, kualitas lambung *hard chine* yang beroperasi dilaut sering dipertanyakan dan kadang-kadang digunakan untuk membenarkan pemilihan konsep lambung *high performance* yang lebih kompleks. (Blount, Donald L. 2016).

Tahanan kapal didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan untuk menarik kapal di air dengan kecepatan yang konstan. Benda didalam air yang diam, hanya mengalami tekanan hidrostatis. Tekanan hidrostatis selalu melawan berat benda. Jika benda bergerak, maka ada juga tekanan hidrodinamik yang bekerja pada benda. (Wikipedia. 2014)

Tahanan (*resistance/RT*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal (Harvald, S.V. 1992).

Pada penelitian ini akan diketahui nilai tahanan kapal (RT) dengan melakukan pengukuran bentuk kapal di Laboratorium Konstruksi Kapal Sekolah vokasi - Undip yang selanjutnya data tersebut diolah di Laboratorium CAD/CAM Sekolah Vokasi - Undip dengan menggunakan pendekatan kualitatif menggunakan metode "DELFTShip versi 4.03.68" terstandar IMO (IMO regulation A.749(18)).

Lambung kapal adalah untuk menyediakan daya apung (*bouyancy*) yang mencegah kapal tenggelam dan menyediakan *displacement*. Bentuk lambung kapal juga akan mempengaruhi tahanan kapal, stabilitas kapal, konsumsi bahan bakar dan lain-lain. Sebuah kapal harus dirancang untuk bergerak secara efisien di air minimum dengan kekuatan eksternal. Selama ribuan tahun, perancang dan pembangunan kapal menggunakan aturan praktis berdasarkan *midship-section area* untuk kapal tertentu. Bentuk lambung dan rencana pelayaran untuk kapal *clipper*, misalnya, berevolusi dari pengalaman, bukan dari teori. Baru setelah munculnya tenaga uap dan pembangunan kapal-kapal besi besar di pertengahan abad ke-19, menjadi jelas bagi pemilik dan pembangunan kapal bahwa diperlukan pendekatan yang lebih teliti. (Wikipedia. 2014) Bentuk lambung kapal sangat berpengaruh sekali pada nilai tahanan dan stabilitas kapal, yang mana sesuai dengan fungsi kapal *speedboat* Sekolah Vokasi - Undip yaitu untuk tujuan pendidikan, berencana mengubah bentuk lambung.

Mengutip Donald L. Blount, untuk mengembangkan kapal baru, persyaratan untuk pengembangan yang dimaksud harus dikuantifikasi sehingga perancang dapat melanjutkan dengan evaluasi komparatif dari berbagai kombinasi bentuk lambung dan sistem propulsi. Persyaratan ini harus dipertimbangkan dengan mempertimbangkan lingkungan operasi seperti kondisi laut dan atmosfer. Bentuk lambung kapal *speedboat* Sekolah Vokasi - Undip dengan bentuk lambung tunggal (*monohull*) berencana dilakukan modifikasi/perubahan bentuk lambung yang tadinya bertipe *hard chine* menjadi *multi chine* diharapkan bisa mengurangi nilai tahanan kapal (R_T) yang lebih baik. Untuk mengetahui hasil pengembangan/modifikasi/perubahan bentuk lambung terhadap nilai tahanan kapal (R_T) menggunakan pendekatan kualitatif dengan mengembangkan metode "DELFTShip versi 4.03.68".

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan pengumpulan data real yang didapat di Laboratorium Konstruksi Kapal Sekolah Vokasi – Undip, panjang kapal (L), lebar (B), tinggi kapal (H), sarat sarat (T), kecepatan dinas (V_s), dan type mesin kapal yang selanjutnya data tersebut diolah di

Laboratorium CAD/CAM Sekolah Vokasi Undip untuk mengetahui analisa tahanan kapal (RT) dengan melakukan studi numerik menggunakan metode "DELFTShip versi 4.03.68". Dengan adanya pengembangan/modifikasi/perubahan bentuk lambung dari *hard chine* menjadi *multi chine* terhadap nilai tahanan kapal dengan mengembangkan metode "DELFTShip versi 4.03.68" akan dapat diketahui nilai tahanan kapal (R_T).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Umum

Kapal *speedboat* Sekolah Vokasi - Undip dibuat di Laboratorium Konstruksi Kapal Sekolah Vokasi - Undip pada tahun 2016, *speedboat* ini berkapasitas 6 orang dengan kecepatan dinas (V_s) 20 knot berpengerak 40 Hp (*onboard*) dengan bentuk lambung tunggal (*mono hull*) tipe *hard chine* mempunyai ukuran utama kapal :

Ukuran Utama Kapal

Length	: 4,1	m
Beam	: 1,76	m
Heigh	: 0,7	m
Draft	: 0,4	m
LWT	: 0,389	ton



Gambar. 1. *Speedboat* Sekolah Vokasi - Undip

Desain Lambung Kapal

Lambung kapal *speedboat* Sekolah Vokasi - Undip berupa lambung tunggal (*mono hull*) tipe *hard chine* akan dimodifikasi/dirubah/dikembangkan menjadi tipe *multi chine* yang mana lambung tersebut didesain untuk menyediakan daya apung (*bouyancy*) dan memperkecil nilai tahanan (*resistance*), yang nantinya akan mempengaruhi daya mesin kapal untuk bekerja pada kecepatan dinas (V_s).

Status dokumen dan pencapaian untuk *hard chine*, *semi-planing*, atau *planing mono hulls* lebih baik, ketika perbandingan dibuat dengan konsep lambung lainnya. Untuk membuat perbandingan yang kredibel diantara berbagai konfigurasi, pendekatan yang konsisten harus diadopsi untuk memperhitungkan *hull drag*, faktor interaktif dan karakteristik pendorong.

Ketika kecepatan diganti dengan koefisien kecepatan tanpa dimensi seperti Froude Number, F_{mv} yang menghitung ukuran kapal.

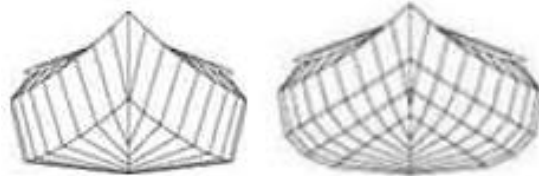
Kinerja uji coba sekala penuh yang ditentukan oleh kecepatan, daya angkat total propulsi serta bobot kapal dapat digabung menjadi efisiensi, $E_T = 1/\epsilon$, dan kecepatan tanpa dimensi, F_{mv} . (Blount, Donald L. 2016)

Menurut John Lockwood, perbedaan mendasar antara *hard chine* dan *multi chine* (*soft*

chine) sama-sama mudah dibangun. *Hard chine* memiliki satu sudut tajam (atau *chine*) disetiap sisi lambung. *Multi chine* atau *soft chine* memiliki banyak *chine*. Satu perbedaan kinerja utama diantara *hard chine* dan *multi chine* terletak pada kemampuan untuk melakukan belokan.

Hard chine bisa belok dengan tajam dan baik bermanuver, *multi chine* berkecepatan tinggi dan stabilitas baik.

(Lockwood, John. 2018)



Gambar. 2. *Hard Chine* dan *Multi Chine*

Sedangkan menurut *Mike Waters NA*, performa *chine* sangat baik dan terlihat bagus, karena garis-garis *chine* (jika lurus) benar-benar dapat membantu membuat kapal "terlihat bergerak" dengan cepat. *Chine* juga baik untuk bentuk *planning* dan *sharpies monohull* tetapi menambah tahanan untuk bentuk *multihull*. Dalam pandangannya, *chine* adalah merupakan pedoman untuk bagaimana air dibagi di lambung dalam gerakan maju. Jika ini dilakukan dibawah permukaan air, gelombang dipermukaan jauh lebih sedikit, dan *chine* diletakkan serendah dan selurus mungkin dihaluan.

Multi chine dapat membantu memecah gelombang dengan lembut, meskipun biasanya membuat kapal sedikit lebih lambat dalam operasionalnya (*NA, Mike. Waters. 2017*) Karena kapal *speedboat* Sekolah Vokasi - Undip digunakan untuk tujuan pendidikan, maka diperlukan pengembangan/modifikasi/perubahan pada bagian lambung dengan tipe *multi chine*.

Pada penelitian ini pengembangan/modifikasi dari tipe *hard chine* ke *multi chine* yang maksudnya dengan menambah banyak *chine* pada lambung yang tercelup air diharapkan bisa mengurangi nilai

tahanan gesek sehingga tahanan kapal (R_T) akan semakin kecil.

Froude Number

Berbicara masalah tahanan kapal yang bergerak di perairan tidak bisa lepas dari bilangan *Froude number*, karena bilangan ini akan mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Penemu bilangannya adalah *William Froude*.

Froude telah mengamati bahwa ketika sebuah kapal atau model berada pada *hull speed*, pola gelombang transversal (gelombang sepanjang lambung) memiliki panjang gelombang yang sama dengan panjang garis air. Ini berarti haluan kapal naik pada satu puncak gelombang dan begitu juga buritannya. Ini sering disebut *hull speed* dan merupakan fungsi dari panjang kapal.

$$V = k\sqrt{L}$$

Dimana

konstanta (k) = 2,43

V = kecepatan (kn)

L = panjang (m)

Atau

konstanta (k) = 1,34

V = kecepatan (kn)

L = panjang (ft)

(Wikipedia. 2014)

Froude number adalah bilangan tanpa dimensi yaitu perbandingan antara gaya inersia dan kekuatan gaya berat (gravitasi)

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g.l}}$$

Sedangkan ordinatnya adalah koefisien tahanan yang didefinisikan sebagai

$$C = \frac{R}{\frac{1}{2} \rho V^2 S}$$

V	: Kecepatan
g	: Percepatan
L	: Panjang benda
ρ	: Masa Jenis
S	: Luas Permukaan Basah

Kondisi aliran menurut froude number :

- Aliran super kritis; $F > 1$
- Aliran sub kritis; $F < 1$
- Aliran kritis; $F = 1$

(Harvald, S.V. 1992)

Penggolongan kapal menurut bilangan Froude :

- Kapal lambat : kapal berlayar dengan $Fn \leq 0,20$
Hambatan gelombang (R_w) = 0
- Kapal sedang : jika $0,20 < Fn < 0,35$
Hambatan gesek (R_f) = 70-75% R_t
Hambatan gelombang (R_w) = 25-30% R_t
- Kapal cepat : $Fn \geq 0,35$
Hambatan gelombang = 50% R_t

(Darmawan, Dimas. Bagus. 2014)

Kapal speedboat Sekolah Vokasi - Undip tergolong kapal cepat dengan harga $Fn \geq 0,35$ dengan tahanan gelombang 50% RT.

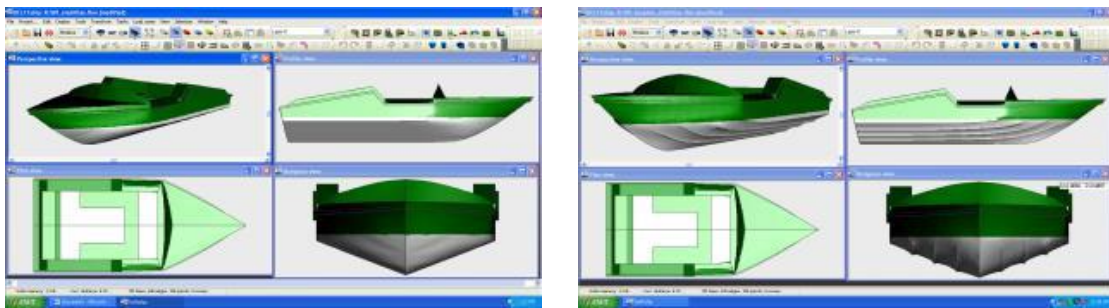
DELFTShip

DELFTShip adalah salah satu software yang dikembangkan oleh *The Nederland* untuk merancang sebuah kapal dengan *interface* 3D modeling sebuah obyek, sehingga lebih memudahkan untuk melihat desain kapal dalam bentuk *perspective*. *Software* ini mudah digunakan karena *toolsnya* tidak terlalu rumit yang tidak sekomplek *software-software* lainnya. Penggunaan *software DELFTShip* di PS STr. Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan Sekolah Vokasi - Undip digunakan untuk mata kuliah Praktek Komputer Gambar Kapal, dengan hasil akhir gambar Rencana Garis dan Perhitungan Hidrostatik Kapal. Sedangkan pada *software DELFTShip* juga bisa untuk menghitung *Resistance*, *Cross Curve*, Perhitungan Tangki-Tangki, *Shell Expantion*, Stabilitas Kapal dll



Gambar. 3. DELFTShip 4.03.68

Pada penelitian ini perlu dilakukan kinerja pengembangan *DELFTShip* yaitu dengan menghitung nilai tahanan kapal (*RT*) *speedboat* Sekolah Vokasi - Undip sebelum dan sesudah modifikasi. Untuk menggambar sebuah kapal menggunakan *DELFTShip* dengan meng-input data ukuran Utama Kapal (L, B dan T) pada kotak dialog *New Model* yang selanjutnya akan didapat *surface model*, dengan merubah letak *control points* yang disesuaikan dengan sumbu koordinat (x - y - z) dan menambah *split* akan didapat *surface model*.(Delftship. 2008).



Gambar. 4. Surface Model Hard Chine dan Multi Chine

Setelah gambar *surface model* kapal jadi selanjutnya bisa dilihat desain

Hydrostatics. Tabel. 1. Design Hydrostatics.

No	Item	Speedboat Sekolah Vokasi - Undip	
		Hard Chine	Multi Chine
1	Length	4,1 m	4,1 m
2	Beam	1,76 m	1,76 m
3	Draft	0,4 m	0,4 m
4	Φ	2,05 m	2,05 m
5	Shell Thic	0,01 m	0,01 m
6	Displ.	1,298 ton	1,298 ton
7	C_b	0,43	0,44
8	C_p	0,73	0,72
9	C_w	0,76	0,76
10	WSA	6,6 m ²	6,7 m ²
11	LCB	1,57 m	1,53 m
12	WPA	5,54 m ²	5,54 m ²
13	IT	1,25 m ⁴	1,24 m ⁴
14	IL	4,73 m ⁴	4,7 m ⁴
15	KM	1,31 m	1,31 m

Analisa Tahanan (*Resistance/RT*)

Tahanan (*resistance*) adalah gaya-gaya yang menghambat laju kapal, yaitu gaya tegak lurus terhadap badan kapal dan gaya yang bersinggungan dengan badan kapal yang dipengaruhi oleh koefisien tahanan, luas permukaan benda, kecepatan kapal, dan masa jenis fluida yang nantinya akan mempengaruhi daya mesin kapal untuk bekerja pada kecepatan dinas (V_s).

Jenis-jenis tahanan kapal :

- Tahanan Gesek (RF)
- Tahanan Viskos (RV)
- Tahanan Tekanan Viskos (RPV)
- Tahanan Gelombang (RW)
- Tahanan Udara (RA)
- Tahanan Sisa (RR) (Harvald, S.V. 1992).

Mengamati hal ini, *Froude* menyadari bahwa masalah tahanan kapal harus dipecah menjadi dua bagian yang berbeda : tahanan *residuary*/sisa (terutama tahanan gelombang) dan tahanan gesek. Untuk mendapatkan tahanan *residuary* yang tepat, perlu membuat *wave train* dalam uji model kapal. *Froude* menemukan untuk setiap model kapal yang secara geometris serupa ditarik dengan kecepatan yang sesuai. (Wikipedia. 2014)

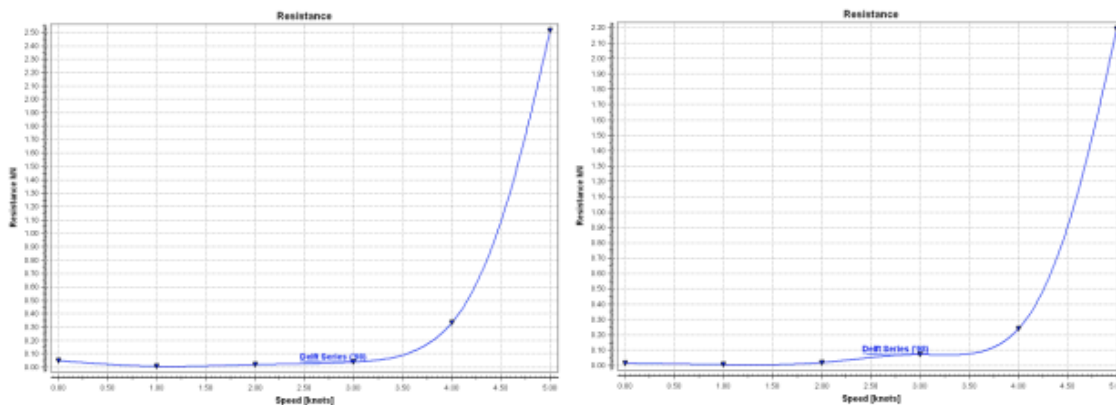
Menurut *Donald L. Blount*, efisiensinya adalah rasio η dan $(R/W)BH$. Dengan mendefinisikan $(R/W)BH$ dan η secara terpisah pada seluruh rentang kecepatan operasi, teknologi yang terkait dengan karakteristik *speed-drag*, konsep lambung atau kecepatan performa propulsi dapat dievaluasi secara kritis. Sangat penting untuk menyadari karakteristik lambung dan pendorong propulsi ketika peralihan transisi dari perpindahan kecepatan ke kondisi yang dinamis. (Blount, Donald L. 2016).

"*Delft Series ('98)*" menyajikan tahanan sisa dari lambung kapal pada bagian lunas dan kemudi kapal. Sehingga tahanan total dari *Delft Series ('98)* tidak hanya sebatas lambung kapal polos. Selain itu *Delft Series ('98)* juga meningkatkan kemungkinan untuk memprediksi kecepatan *Froude Number* yang lebih tinggi. Kelebihan lain mengenai hasil penerapan *Delft Series ('98)* pada jangkauan yang lebih luas dari desain kapal adalah kemampuan untuk memperhitungkan efek dari buritan kapal yang *overhang*. (Delftship. 2008). Untuk menghitung besaran tahanan kapal (*resistance/RT*) menggunakan metode "*Delft Series ('98)*" dengan menentukan Kecepatan Dinas (V_s) yaitu mulai dari 0 knot sampai dengan 5 knot, *water temperature* 30°C, *Displacement* dan *WSA* serta *Froude Number (Fn)*

Hasil analisa tahanan yang diperoleh untuk *hard chine* dan *multi chine* adalah sebagai berikut : pada kecepatan 3 knot untuk *hard chine* sebesar 0,0381 kN sedangkan *multi chine* sebesar 0,0713 kN. Dari hasil tersebut terdapat perbedaan nilai R_t sebesar -0,0332 kN (-87,14%), yang artinya pada kecepatan 3 knot hasilnya lebih baik tipe *hard chine* daripada tipe *multi chine*. Sedangkan pada kecepatan 4 knot untuk *hard chine* sebesar 0,3318 kN sedangkan *multi chine* sebesar 0,2393 kN, dari hasil tersebut terdapat perbedaan nilai R_t sebesar 0,0925 kN (27,88%), yang artinya pada kecepatan 4 knot hasilnya lebih baik tipe *multi chine* daripada *hard chine*. Selanjutnya pada kecepatan 5 knot untuk *hard chine* sebesar 2,5146 kN sedangkan *multi chine* sebesar 2,1941 kN, dari hasil tersebut terdapat perbedaan nilai R_t sebesar 0,3205 kN (12,5%), yang artinya pada kecepatan 5 knot hasilnya lebih baik tipe *multi chine* daripada tipe *hard chine*. Bisa ditarik kesimpulan nilai rata-rata tahanan kapal (RT) terhadap bilangan *froude number*, bahwa lambung dengan tipe *multi chine* nilai tahanannya lebih bagus daripada tipe *hard chine*

Tabel. 2. Data Analisa Tahanan Kapal (*Resistance R_T*)

No	V _s	F _n	<i>Resistance</i> (kN)	
			<i>Hard Chine</i>	<i>Multi Chine</i>
1	0	0,000	0,0487	0,0149
2	1	0,103	0,0052	0,0053
3	2	0,207	0,0183	0,0185
4	3	0,310	0,0381	0,0713
5	4	0,414	0,3318	0,2393
6	5	0,517	2,5146	2,1941



Gambar. 5. Kurva Tahanan *Hard Chine* dan *Multi Chine*

Menurut hukum *Archimedes* berat air yang dipindahkan oleh benda adalah sama dengan gaya hidrostatis keatas, sehingga dengan bertambahnya kecepatan kapal akan menambah gaya angkat keatas (*lift*) dan akan memperkecil volume bagian bawah kapal yang tercelup air.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada pengembangan/modifikasi/perubahan bentuk lambung *monohull* kapal *speedboat* Sekolah Vokasi - Undip dari tipe *hard chine* ke tipe *multi chine* terhadap nilai tahanan kapal (*resistance/R_T*) menggunakan metode "*DELFTShip*" dapat disimpulkan sebagai berikut :

Mengembangkan metode "*DELFTShip*" yang biasanya hanya untuk menggambar *surface model* kapal dengan hasil gambar Rencana Garis dan Desain Hidrostatik, bisa untuk menghitung nilai Tahanan (*resistance/R_T*) kapal, Analisa tahanan total pada kecepatan 3 knot untuk bentuk lambung *monohull* tipe *hard chine* dan *multi chine* terdapat perbedaan nilai *R_T* sebesar -0,0332 kN (-87,14%), yang artinya pada kecepatan 3 knot nilai tahanan total lebih baik tipe *hard chine* daripada tipe *multi chine*. Sedangkan pada kecepatan 4 knot terdapat perbedaan nilai *R_T* sebesar 0,0925 kN (27,88%), yang artinya pada kecepatan 4 knot tahanan total lebih baik tipe *multi chine* daripada tipe *hard chine*. Dan pada kecepatan 5 knot terdapat perbedaan nilai *R_T* sebesar 0,3205 kN (12,5%), yang artinya pada kecepatan 5 knot tahanan total lebih baik tipe *multi chine* daripada *hard chine*, Mengacu pada bilangan *Froude Number*, nilai tahanan total (*R_T*) tipe *multi chine* lebih bagus daripada tipe *hard chine*.

DAFTAR PUSTAKA

- Blount, Donald L. 2016. Prospects For Hard Chine, Monohull Vessel. Donald L Blount and Associates, Inc. *Conference Paper (PDF Available)*. Desember 1993. Yokohama, Japan, Volume 2. USA.
- Darmawan, Dimas. Bagus. 2014. Ship Resistane (Hambatan Kapal). https://www.academia.edu/12216853/SHIP_RESISTANCE_HAMBATAN_KAPAL_. Diakses pada 10 Oktober 2019.
- Delftship. 2008. DelftshipTM. User Manual. Version 3.3. Nettherlands.
- Harvald, S.V. 1992. Tahanan dan Propulsi Kapal. Terjemahan oleh Jusuf Sutomo, Ir. M.Sc. Surabaya: Airlangga University Press.
- Lockwood, John. 2018. Hard Chine Vs Multi Chine Kayaks. <https://www.pygmyboats.com/hard-chine-vs-multi-chine.html>. Diakses pada 10 Oktober 2019
- N.A, Mike. Waters. 2017. Comparing different Chine Hull. <https://smalltridesign.com/Trimaran-Articles/Multi-Chine-vs-V-Trimaran-Hulls.html>. Diakses pada 10 Oktober 2019.
- Wikipedia. 2014. Ship Resistane and Propulsion. Wikipedia The Free Encyclopedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Ship_resistance_and_propulsion. Diakses pada 10 Oktober 2019.