

## ANALISA HAMBATAN TOTAL KARENA PERUBAHAN BENTUK CHINE PADA KAPAL PATROLI

Muhammad Satrio Elang Prakoso<sup>1</sup>, Samuel<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto Tembalang Semarang, 50275

\*E-mail: [samuel@ft.undip.ac.id](mailto:samuel@ft.undip.ac.id)

Diterima: 10 Maret 2021

Direvisi: 24 Juli 2021

Disetujui: 19 Desember 2021

### ABSTRAK

Kapal patroli merupakan kapal cepat dengan tipe *planning hull*. Kapal tipe *planning hull* merupakan kapal yang dirancang untuk mengurangi permukaan basah pada kecepatan tertentu sehingga dapat mengurangi hambatan total. Fungsi utama chine pada kapal cepat adalah untuk mengurangi permukaan basah pada badan kapal. Modifikasi bentuk chine dapat memperbaiki performa kapal pada saat beroperasi. Pada penelitian ini akan menganalisa pengaruh bentuk *chine* yang dimodifikasi untuk memperbaiki performa kapal. Penelitian ini menggunakan metode numerik (CFD) dengan menerapkan teknik *overset mesh*. Metode tersebut digunakan untuk memprediksi nilai hambatan, *trim* dan *heave*. Hasil simulasi CFD pada penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *chine* dapat memperbaiki hambatan total pada kapal yaitu pada model *single chine* 10°. Penggunaan chine pada kapal patroli dapat menaikkan nilai *trim* dan *heave*.

**Kata kunci:** Kapal Patroli, *Chine*, Hambatan, *Trim*, *Heave*

### ABSTRACT

*A patrol ship is a fast ship planning hull type. The planning hull type is a ship designed to reduce wetted surface area at a certain speed to reduce the ship's total resistance. The main function of chine on fast boats is to reduce the hull's wetted surface. Modification of the chine shape can improve the performance of the ship while operating. This research will analyze the effect of using modified chine to improve ship performance. This research uses a numerical method (CFD) which is an overset mesh technique. This method is used to predict the resistance, trim, and heave. The result of CFD simulation in this research indicates that the use of chine can improve total resistance on ships, namely the single chine 10° model. The use of chines on patrol ships can increase trim and heave values.*

**Keywords:** Patrol Ship, *Chine*, Resistance, *Trim*, *Heave*

## PENDAHULUAN

Kapal patroli sebagian besar berbentuk kapal cepat bertipe *planing hull*. Kapal tipe *planing hull* merupakan kapal yang dirancang untuk bisa terangkat pada kecepatan tertentu sehingga dapat mengurangi hambatan pada kapal (Hou, Johnson, Degroff Trenor, & Michaeli, 2019). Kapal tipe *planing hull* sejauh ini merupakan tipe kapal yang memungkinkan untuk melaju dengan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tipe kapal semi *displacement* ataupun *displacement* (Radojcic, Zgradic, Kalajdzic, & Simic, 2014). Pada saat beroperasi, *planing hull* memiliki konsentrasi pada hambatan, *trim* dan *heave* (Samuel, Trimulyono, & Santosa, 2019).

Pada dewasa ini banyak sekali modifikasi bentuk lambung kapal pada *planing hull* yang bertujuan untuk memperbaiki performa kapal. Salah satu bentuk modifikasi lambung kapal tipe *planing hull* yaitu dengan memodifikasi *chine*. *Chine* merupakan perpotongan secara horizontal antara lambung kapal dibagian alas dengan lambung dibagian sisi kapal (Biddison, 2003).

Penelitian tentang modifikasi bentuk *chine* menyimpulkan bahwa bentuk *double chine* memiliki nilai hambatan total yang lebih besar sampai 12% dibandingkan dengan bentuk *single chine* (Maimun, Muhammad, Fitriadhy, Zulkhairullah, & Vigneshwaran, 2006). Penelitian yang dilakukan Basir menunjukkan bahwa lambung kapal dengan bentuk *triple chine* memiliki hambatan total yang lebih kecil dibandingkan dengan lambung kapal berbentuk *rounded* pada kapal ikan katamaran (Basir, Trimulyono, & Santosa, 2015). Pada penelitian yang dilakukan oleh Bagus, penggunaan model *Single Chine* 5° terbukti dapat mengurangi hambatan kapal dibandingkan dengan kapal yang tidak menggunakan *chine* (Pratama, Manik, & Kiryanto, 2019). Hasil dari penelitian yang dilakukan Eko menyimpulkan bahwa model hull *chine* 0° yang paling optimum untuk mengurangi hambatan kapal sebesar 4,88% dan penurunan daya yang dibutuhkan sebesar 4,34% (Widodo, 2017).

Dalam mensimulasikan modifikasi *chine* pada penelitian kali ini digunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD). CFD merupakan salah satu cabang dari ilmu mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma dalam menyelesaikan

dan menganalisa suatu permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida Pada penelitian yang dilakukan oleh Samuel dkk pada tahun 2020 menunjukkan bahwa CFD dapat membantu dalam memprediksi hambatan, trim dan kenaikan titik gravitasi (Samuel, Jokosisworo, Iqbal, Manik, & Rindo, 2020). Namun pada simulasi CFD dengan Fr tinggi sering terjadi *Numerical Ventilation Problem* (NVP). Untuk itu perlu dilakukan penyempurnaan metode penyempurnaan mesh dalam menyelesaikan persoalan NVP (Samuel, Kim, Fathuddiin, & Zakki). Pada penelitian yang dilakukan Abubakar pada tahun 2020 menyimpulkan bahwa metode *overset mesh* memiliki keakuratan yang baik dalam memprediksi hambatan, *trim* dan *heave* kapal bertipe *planing* (Fathuddiin, Samuel, Kiryanto, & Widyandari, 2020). Pemodelan CFD berdasarkan bentuk mesh dan properties dari material yang dibuat. Proses meshing dan input nilai dari material yang akan diuji merupakan hal yang paling kritis, hal ini dilakukan pada pengujian material HDPE untuk menentukan factor keamanan pada material polikarbonat (Wibawa & Diharjo, 2019).

Berdasarkan pada kajian diatas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa bentuk hullform yang sudah terintegrasi dengan *chine* terhadap hambatan total kapal, *trim*, dan *heave* menggunakan metode numerik.

## METODE PENELITIAN

Objek penelitian yang digunakan adalah kapal Patroli dengan data ukuran utama kapal Patroli dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 1.** Ukuran Utama Kapal Patroli (Febrian, Chrismianto, & Rindo, 2018)

Parameter	Nilai	Satuan
Length Over All (LOA)	14,10	m
Length of Waterline (LWL)	12,00	m
Breadth (B)	3,20	m
Height (H)	1,90	m
Draft (T)	0,75	m
Coefficient Block (Cb)	0,55	
Service Speed (vs)	25,00	knot
Maksimum Speed(vmax)	28,00	knot

Model Kapal Patroli didesain berdasarkan data data ukuran utama yang telah

dimiliki oleh penulis menggunakan bantuan *software permodelan 3D*. Berikut ini merupakan *Linesplan* dari kapal patroli.



**Gambar 1.** *Linesplan* Kapal Patroli

Penelitian ini difokuskan pada variasi jumlah dan sudut *Chine* dalam 5 variasi kecepatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah penambahan jumlah dan sudut *Chine* berpengaruh untuk memperbaiki hambatan total pada kapal patroli.

- a. Parameter Tetap
  - Data primer berupa ukuran utama kapal patroli
  - Lebar *chine* 0,15 m
- b. Parameter Peubah
  - Jumlah *chine* (*single chine* dan *double chine*)
  - Tinggi *chine* dari *baseline* (0,45 m dan 0,55 m)
  - Sudut *chine* (0 derajat dan 10 derajat)
  - Kecepatan kapal (7, 14, 21, 25 dan 28 knot)

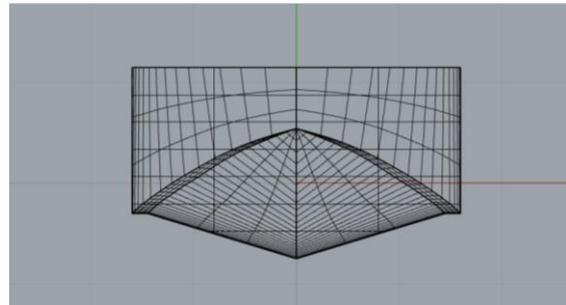
Berikut ini adalah tabel variasi jumlah dan sudut *chine*.

**Tabel 2.** Variasi jumlah dan sudut *Chine*

Jumlah <i>Chine</i>	Sudut <i>Chine</i> (°)	Tinggi dari <i>baseline</i> (m)
<i>Barehull</i>	-	-
<i>Single Chine</i>	0°	0,45 m
<i>Single Chine</i>	10°	0,45 m
<i>Double Chine</i>	0°	0,45 dan 0,55 m
<i>Double Chine</i>	10°	0,45 dan 0,55 m

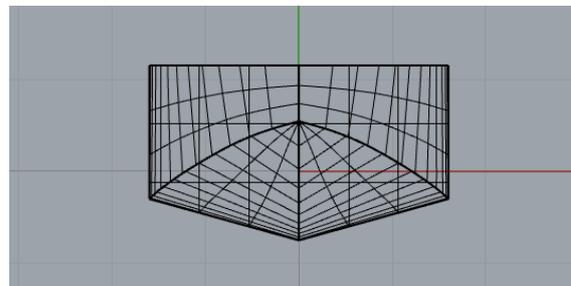
Model *Chine* dibuat menggunakan *software permodelan 3D* berdasarkan ukuran yang telah ditetapkan yaitu dengan lebar 0,15

m dan panjang dari haluan sampai buritan kapal.

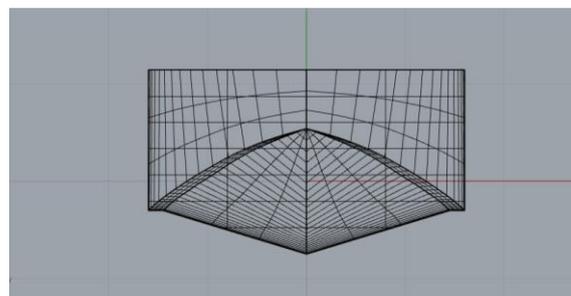


**Gambar 2.** Desain *Chine*

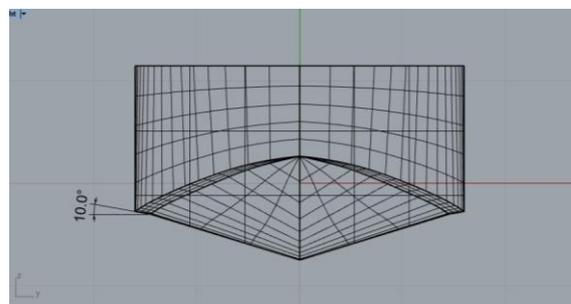
Berikut adalah beberapa gambar model variasi bentuk *chine* setelah didesain dan dimodifikasi pada model kapal patroli menggunakan *software permodelan 3D*.



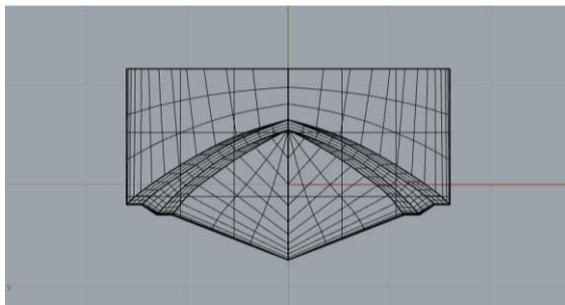
**Gambar 3.** *Barehull*



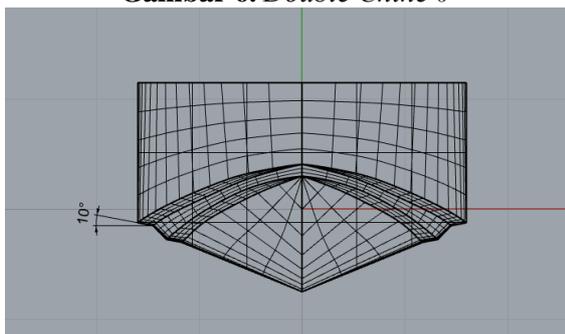
**Gambar 4.** *Single Chine 0°*



**Gambar 5.** *Single Chine 10°*



**Gambar 6.** *Double Chine 0°*



**Gambar 7.** *Double Chine 10°*

Dalam penelitian ini, akan dianalisa apakah penambahan *chine* seperti yang telah didesain pada gambar 4-7 dapat mengurangi hambatan total pada kapal patroli dengan menggunakan *software* CFD.

Pada penelitian kali ini digunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD). CFD merupakan salah satu cabang dari ilmu mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma dalam menyelesaikan dan menganalisa suatu permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Secara umum proses CFD terdiri atas pre-processors, solve dan post processor.

Untuk menyelesaikan persamaan dengan menggunakan pendekatan *boundary* dan *initial conditions* merupakan tujuan penting dari setiap program CFD. Persamaan Reynolds-averaged Navier–Stokes (RANS) merupakan representasi hukum konservasi massa dan momentum. Setiap *cell* diasumsikan sebagai volume fraksi yang memiliki nilai 1 dan 0. Fungsi dari fluida air dan fluida udara tergantung dari properti volume fraksi. Permukaan air laut diasumsikan sebagai F, sebagai hukum konservasi:

$$\frac{\delta F}{\delta t} + \frac{\delta uF}{\delta x} + \frac{\delta vF}{\delta y} + \frac{\delta wF}{\delta z} = 0 \quad (1)$$

Persamaan RANS sendiri dikembangkan berdasarkan konsep bahwa kecepatan kapal

dan panjang kapal sudah cukup untuk menggambarkan efek turbulensi di sekitar lambung. Dalam perhitungan, model turbulensi k-ε yang berfungsi sebagai dinding yang akan digunakan untuk menggambarkan efek turbulensi pada aliran (Lauder, & Spalding, 1974).

*Wall function* ( $y^+$ ) merupakan sebagai dinding pemisah antara dinding (wall) dengan aliran fluida. *Wall function* sendiri berfungsi untuk menangkap *boundary layer* yang berperan penting dalam perhitungan hambatan. Nilai *wall function* ( $y^+$ ) berperan penting untuk mengurangi ketidakuratan pada perhitungan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ahmet Gultekin menggunakan nilai  $y^+$  antara 45 – 60 untuk mendapatkan hasil yang akurat (Avci, & Barlas, 2018). Sedangkan Lotfi melakukan penelitian untuk mendapatkan hasil yang akurat menggunakan nilai  $y^+$  antara 50 – 150 (Lotfi, Ashrafizaadeh, & Esfahan, 2015). Perhitungan nilai  $y^+$  menurut ITTC (ITTC, 2011), yaitu:

$$\frac{y}{L} = \frac{y^+}{Re \sqrt{\frac{C_f}{2}}} \quad (2)$$

Untuk menentukan time-step pada penelitian ini tergantung angka Courant-Friedrichs-Lewy (CFL). Angka CFL menunjukkan jumlah titik yang akan ditempuh oleh partikel fluida dalam interval waktu. Semakin cepat kapal maka akan semakin kecil *time-step* yang digunakan. Berdasarkan perhitungan yang direkomendasikan oleh ITTC.

$$\Delta t_{ITTC} = 0,005 \sim 0,01L/U \quad (3)$$

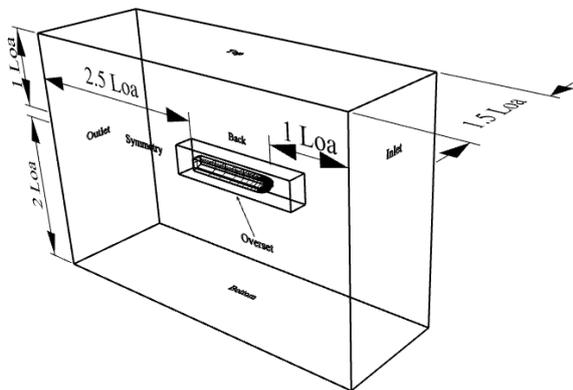
Pada penelitian ini digunakan metode *overset mesh*, yaitu metode *mesh* dengan cara *donor-acceptor cells*. Sehingga ada lebih dari satu geometri, background sebagai pendonor, dan *overset* sebagai penerima donor. Sel aktif terdapat di setiap ujung geometri *overset* yang berperan sebagai perantara *donor-acceptor cells*. Sedangkan sel pasif terdapat pada *background* yang digantikan oleh sel-sel *overset*.

Berdasarkan metode *overset mesh*, pembuatan *virtual towing tank* dibagi menjadi

dua geometri yaitu *background* dan *overset*. Berikut merupakan dimensi *Virtual Towing Tank* yang digunakan dalam penelitian ini seperti tertera pada Tabel 2 dan Gambar 4 sebagai visualisasinya. Dengan L adalah panjang kapal, H adalah tinggi kapal, dan B adalah lebar kapal.

**Tabel 3.** Dimensi *Virtual Towing Tank*

Parameter	<i>Background</i>	<i>Overset</i>
Panjang (m)	1L dari FP	0,25L dari FP
Tinggi (m)	2,5L dari AP 1L dari <i>Deck</i> 2L dari <i>Keel</i>	0,25L dari AP 0,75H dari <i>Deck</i> 0,75H dari <i>Keel</i>
Lebar (m)	1,5L dari Symmetry	0,5B dari Symmetry



**Gambar 8.** Visualisasi *Towing Tank*

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berikut ini merupakan *Wetted Surface Area (WSA)* dan *Displacement* pada tiap variasi model *chine*.

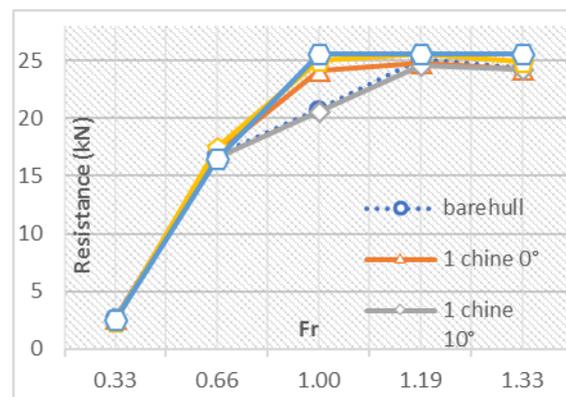
**Tabel 4.** WSA Tiap Model

Model	WSA (m <sup>2</sup> )	Selisih (%)
Barehull	41,98	-
1 Chine 0°	42,12	0,34
1 Chine 10°	41,99	0,03
2 Chine 0°	40,42	-3,70
2 Chine 10°	39,48	-5,94

**Tabel 5.** *Displacement* Tiap Model

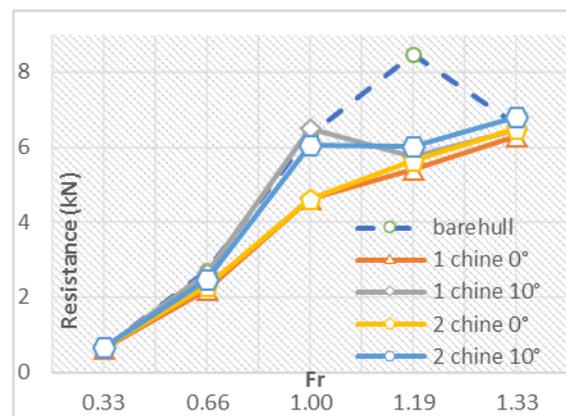
Model	<i>Disp.</i> (ton)	Selisih (%)
Barehull	16,54	-
1 Chine 0°	15,76	-4,71
1 Chine 10°	15,86	-4,07
2 Chine 0°	15,52	-6,15
2 Chine 10°	15,37	-7,05

Berikut ini merupakan hasil hambatan total kapal per variasi chine pada masing-masing Fr dengan satuan kN.



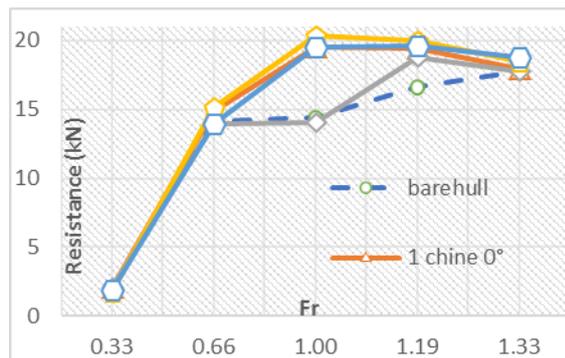
**Gambar 9.** Grafik Nilai Hambatan Total Tiap Variasi Model dan Fr.

Berikut ini merupakan hasil hambatan gesek (*drag shear*) per variasi chine pada masing-masing Fr dengan satuan kN.



**Gambar 10.** Grafik Nilai *Drag Shear* Tiap Variasi Model dan Fr.

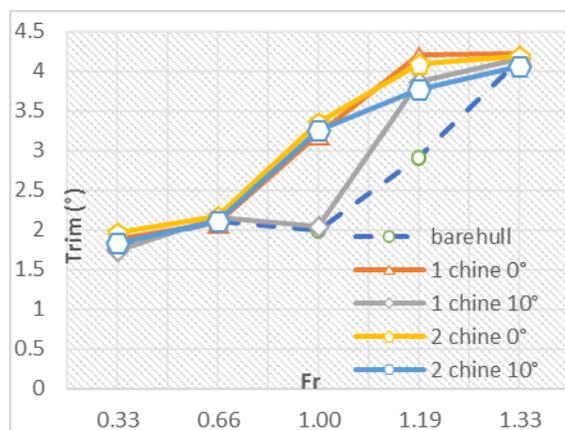
Berikut ini merupakan hasil hambatan residu (*drag pressure*) per variasi chine pada masing-masing Fr dengan satuan kN.



**Gambar 11.** Grafik Nilai Drag Pressure Tiap Variasi Model dan Fr.

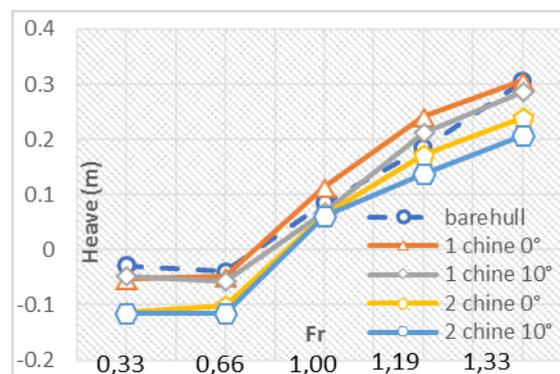
Dari Gambar 9 dapat diketahui bahwa pada saat Fr 1,00 penambahan *chine* mengalami tren kenaikan hambatan total dan hanya model *single chine* 10° yang memiliki hambatan total yang lebih kecil dari *barehull*. Sedangkan pada Fr > 1,00 hambatan total pada model yang menggunakan *chine* cenderung mengalami tren penurunan hambatan pada Fr < 1,00. Pada desain *double chine* baik itu 0° maupun 10° cenderung memiliki nilai hambatan total yang lebih besar dibandingkan dengan desain *single chine*.

Untuk desain yang paling optimal sendiri yaitu desain *single chine* 10° karena mempunyai nilai hambatan total yang lebih kecil dibandingkan dengan *barehull* pada semua Fr. Bisa disimpulkan bahwa penambahan *chine* menjadi *double chine* kurang efektif untuk memperbaiki hambatan kapal. Sedangkan untuk penambahan *Single Chine* dapat memperbaiki hambatan total kapal dibandingkan dengan *barehull* kapal. Berikut ini merupakan hasil *trim* kapal per variasi *chine* pada masing-masing Fr dalam satuan derajat (°).



**Gambar 12.** Grafik Trim Tiap Variasi Model dan Fr.

Dari Gambar 12 diketahui pada saat Fr > 0,66 semua model *chine* baik itu *single chine* maupun *double chine* mengalami kenaikan nilai trim dibanding *barehull*. Penambahan *chine* menjadi *double chine* baik itu dengan sudut 0° maupun sudut 10° memiliki kenaikan nilai trim yang lebih tinggi dibandingkan dengan model *single chine*. Dapat disimpulkan bahwa penambahan *chine* baik itu *single chine* maupun *double chine* dapat menaikkan nilai *trim* pada kapal patroli dibandingkan *barehull* kapal. Berikut ini merupakan hasil *heave* kapal per variasi *chine* pada masing-masing Fr dengan satuan meter (m).



**Gambar 13.** Grafik Heave Tiap Variasi Model dan Fr.

Dari Gambar 13 dapat diketahui bahwa model *double chine* baik itu dengan sudut 0° maupun sudut 10° memiliki nilai *heave* yang lebih kecil dibandingkan dengan *single chine* atau *barehull* kapal. Sedangkan model *single chine* baik itu dengan sudut 0° maupun sudut 10° pada saat Fr > 1,00 memiliki nilai *heave* yang lebih besar dibanding dengan *double chine* ataupun kapal tanpa menggunakan *chine*. Pada penelitian kali ini didapati hasil untuk nilai *trim* dan nilai *heave* mengalami kenaikan dibandingkan dengan nilai *trim* dan *heave* pada *barehull*. Namun modifikasi *chine* terutama *double chine* pada Kapal Patroli mengalami kenaikan nilai hambatan total dikarenakan terjadi kenaikan pada hambatan residual yang diakibatkan oleh adanya penambahan hambatan gelombang yang disebabkan adanya turbulensi aliran. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Maimun pada tahun 2007 juga mengalami kenaikan hambatan pada model *double chine* sebesar 12% dibandingkan dengan model *single chine* (Maimun,

Muhammad, Fitriadhy, Zulkhairullah, & Vigneshwaran, (2006).

## KESIMPULAN

Penggunaan desain *chine* pada kapal patroli dapat memperbaiki hambatan kapal yaitu pada model *Single Chine* 10°. Penggunaan desain *chine* pada kapal patroli juga dapat menaikkan nilai trim dan untuk nilai *heave* cenderung mengalami kenaikan pada  $Fr > 1,00$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh civitas akademi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang atas dukungan dalam melakukan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Avci, A. G. and B. Barlas. (2018). *An experimental and numerical study of a highspeed planing craft with full-scale validation*. J. Mar. Sci. Technol., vol. 26, no. 5, pp. 617–628, 2018, doi: 10.6119/JMST.201810\_26(5).0001.
- Basir, N. Bin, Trimulyono, A., Wibawa, A., Santosa, B., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2015). *Analisa Pengaruh Penggunaan Chine Pada Hambatan Kapal Ikan Tipe Katamaran*. Jurnal Teknik Perkapalan, 3(2), 183–192.
- Biddison, M. (2003). United States Patent Date of Patent: *Chine System For a Boat Hull*, 1(12), 14.
- Fathuddiin, A., Samuel, Kiryanto, and A. Widyandari. *Prediksi Hambatan Kapal dengan Menggunakan Metode Overset Mesh pada Kapal Planing Hull*. J. Rekayasa Hijau, vol. 4, no. 1, pp. 24–34, 2020, doi: 10.26760/jrh.v4i1.24-34.
- Febrian, C. E., Chrismianto, D., & Rindo, G. (2018). *Analisis Hambatan dan Gaya Angkat dari Modifikasi Stephull dengan Variasi Sudut pada Kapal Pilot Boat 15 Meter ALU Menggunakan Metode CFD*. Jurnal Teknik Perkapalan, 6(1), 150–159.
- Hou G., B. Johnson, J. Degroff, S. Trenor, and J. Michaeli. (2019). *Dynamic response modeling of high-speed planing craft with enforced acceleration*. Ocean Eng., vol. 192, 2019, doi: 10.1016/j.oceaneng.2019.106493.
- ITTC. (2011). *Practical Guidelines for Ship CFD Applications*. ITTC – Recomm. Proced. Guidel. ITTC, pp. 1–8, 2011.
- Lauder, B. E. and D. B. Spalding. (1974). *The numerical computation of turbulent flows*. Comput. Methods Appl. Mech. Eng., vol. 3, no. 2, pp. 269–289, 1974, doi: 10.1016/0045-7825(74)90029-2.
- Lotfi, M. Ashrafizaadeh, and R. K. Esfahan. (2015). *Numerical investigation of a stepped planing hull in calm water*," *Ocean Eng.*, vol. 94, pp. 103–110, 2015, doi: 10.1016/j.oceaneng.2014.11.022.
- Maimun, A., Muhammad, A.H., Fitriadhy, A., Zulkhairullah, A., & Vigneshwaran, S. (2006). *Effect Of Double Chine On Planing Hull Vessel Performance*. Advances In Marine Technology 2006. Universiti Teknologi Malaysia, 121-132.
- Pratama, B., Manik, P., & Kiryanto. (2019). *Analisa Pengaruh Penggunaan Chine Terhadap Performa Kapal Studi Kasus Pilot Boat 15m Dengan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Jurnal Teknik Perkapalan, vol. 7, no. 1, Sep. 2019.
- Radojic, D., Zgradic, A., Kalajdzic, M., & Simic, A. (2014). *Resistance prediction for hard chine hulls in the pre-planing regime*. Polish Maritime Research, 21(2), 9–26.
- Samuel, S., D. J. Kim, A. Fathuddiin, and A. F. Zakki, "A Numerical Ventilation Problem on Fridsma hull form using an overset grid system," in 6th International E-Conference on Industrial, Mechanical, Electrical and Chemical Engineering (ICIMECE 2020), 2020, Vol. 1096, No. 1, p. 012041.
- Samuel, S., S. Jokosisworo, M. Iqbal, P. Manik, and G. Rindo. (2020). *Verifikasi Deep-V Planing Hull Menggunakan Finite Volume Method Pada Kondisi Air Tenang*. Teknik, vol. 41, no. 2, pp. 126–133, 2020, doi: 10.14710/teknik.v0i0.29391.
- Samuel, S., Trimulyono, A., & Santosa, A. W. B. (2019). *Simulasi CFD pada Kapal Planing Hull*. Kapal 16(3), 123.
- Wibawa, L. A. N., & Diharjo, K. (2019). *Desain, Pemilihan Material, dan Faktor Keamanan Stasiun Pengisian Gawai Menggunakan Metode Elemen Hingga*. Jurnal Teknologi, 11(2), 97-102.

Widodo, E. S. (2017). *Simulasi Penerapan Hull Chine Terhadap Tahanan, Daya Dorong Simulation of Aplicated Hull Chine To Resistance, Power Dan Stability for Patrol Boat Suberko-02*. Tugas Akhir Repos. Inst. Teknol. Sepuluh Nop., 2017.