

# Pengaruh Pemasangan *Double Triangular Vortex Generator* Posisi Sejajar Terhadap Tahanan Kapal

Rosmani<sup>1\*</sup>, Suandar Baso<sup>2</sup>, Lukman Bochari<sup>3</sup>, Syamsul Asri<sup>4</sup>, Muhammad Masri Mardiansyah<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

<sup>5</sup> Mahasiswa Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

\*Corresponding Author: [rosmanimun@gmail.com](mailto:rosmanimun@gmail.com)

Abstract	Article Info
<p>Ship resistance is one of the problems in ship planning. The shape of the hull is designed with the slightest possible resistance. Along with the rapid development of science and technology, the design of fast boats has undergone many changes to obtain a design that can reduce the ship's resistance. One way is by adding a vortex generator on hull modifications using double triangular shapes. The research was carried out with variations in speed and trim. The data processing method in this research uses numerical methods for modelling vortex generators and conducting a resistance analysis. The results show the difference in resistance between the ship model without a vortex generator and the ship model using a vortex generator. Then, the results are compared according to speed and trim. Comparison of resistance values using ship models vortex generator ranging from 5,68% to 15,01% less than the resistance of the ship model without using vortex generator. The most significant reduction in the value of resistance is at FnV 2,816.</p> <p><b>Keywords:</b> Ship Resistance; Vortex Generator; Hull Modification</p>	<p><b>Article History:</b>            Received 7 August 2024            Revised 15 September 2024            Accepted 30 December 2024            Available online 31 December 2024</p>

## 1. Pendahuluan

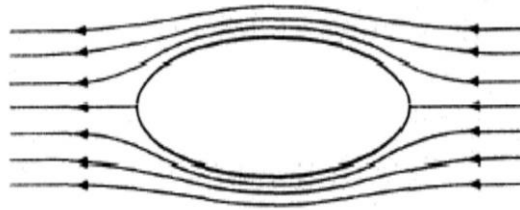
Salah satu masalah yang di hadapi dalam perencanaan kapal yakni menyangkut tahanan serta kecepatan kapal yang harus sesuai permintaan. Besarnya tahanan kapal akan menentukan kecepatan suatu kapal. Semakin kecil tahanan kapal yang diperoleh maka, semakin tinggi kecepatan suatu kapal. Begitu pun sebaliknya semakin besar tahanan kapal yang diperoleh maka, semakin rendah kecepatan pada suatu kapal [1],[2]. Hal ini berpengaruh dalam penentuan daya mesin kapal yang ingin digunakan. Oleh karena itu banyak bermunculan inovasi kapal cepat (*high speed craft*) yang didesain dengan spesifikasi untuk dapat mengatasi masalah tersebut.

Secara umum, *high speed craft* membutuhkan daya yang besar. Hal ini karena *resistance* kapal merupakan suatu fungsi yang sangat berpengaruh dengan kecepatan kapal [3][4]. Karakteristik *high speed craft* dipengaruhi *Froude number*-nya. *Froude number* yang besar menyebabkan kapal dapat mencapai kecepatan tinggi. Untuk *planning craft*, luas bidang basah efektif berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan kapal. Oleh karena itu, bilangan *Froude number* (Fn) sering digunakan sebagai parameternya [5]. Berdasarkan Fn-nya kapal cepat dibagi dalam 3 jenis, yaitu *Displacement Vessel* dengan nilai  $Fn < 0,4$ , *Semi-Displacement Vessel* dengan nilai  $0,4 < Fn < 1,0$  dan *Planing Hull Vessel* dengan nilai  $Fn > 1,0$  [6].

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat, desain kapal cepat banyak mengalami perubahan untuk mendapatkan desain yang mampu mengurangi tahanan pada kapal. Tahanan (*resistance*) kapal adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal dan melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan yang terjadi pada kapal ketika berlayar adalah tahanan gesek (*friction resistance*) dan tahanan sisa (*residual resistance*) [1]. Untuk mengatasi tahanan tersebut, maka kapal membutuhkan sejumlah daya dorong sehingga dapat melewati aliran air laut dengan kecepatan tertentu sesuai dengan kebutuhan operasinya.

Fenomena aliran air laut yang melewati lambung kapal dan terkait dengan bentuk lambung kapal adalah

aliran laminar, transisi dan turbulen. Dalam hal ini, terjadi *skin friction* yang menghasilkan bentuk aliran yang bersifat laminar dan turbulen. *Skin friction* memiliki nilai proposional dengan besar luas bidang basah kapal. *Skin friction drag* pada sebuah pelat tipis sejajar dengan aliran fluida dapat berupa aliran laminar, turbulen atau campuran antara keduanya [7] (Lihat Gambar 1).



Gambar 1. Aliran streamline yang melintasi body [8].

Salah satu cara untuk mengatasi hambatan akibat aliran fluida adalah dengan menambahkan *vortex generator* pada lambung kapal. *Vortex Generator (VG)* adalah komponen kecil berbentuk *fin* (sirip) yang ditempatkan di sayap maupun pada permukaan stabilizer ekor dari sebuah *unmanned aerial vehicle (UAV)* yang bertujuan untuk memodifikasi aliran udara di sekitar permukaan UAV yang terjadi separation [9]. *Vortex Generator* biasanya digunakan pada kendaraan mobil dan pesawat.

*Vortex generator* memiliki berbagai macam ukuran dan bentuk, dan dapat diaplikasikan pada berbagai bagian kendaraan transportasi. Pengaplikasian disetiap bagian kendaraan transportasi memiliki karakteristik masing-masing dan semua *vortex generator* berfungsi seperti miniatur sayap. Penempatan *vortex generator* yaitu tegak lurus terhadap permukaan sayap, serta dapat menghasilkan gaya angkat pada UAV, maka dengan gaya angkat tersebut masing-masing bentuk *vortex generator* menghasilkan perubahan aliran pada UAV [10].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Haryadi dan Mahaputra [10], ada perbedaan antara menggunakan *trapezoida vortex generator* dengan tidak menggunakan *trapezoida vortex generator*. Perbedaan terjadi pada aliran udara yang melewati *airfoil*. Jika menggunakan *trapezoida vortex generator* maka aliran udara masih terarah dan mengikuti bentuk dari *airfoil*. Sedangkan jika tidak menggunakan *trapezoida vortex generator* aliran udara terarah hanya saat dibagian depan *airfoil* tersebut. Setelah melewati *airfoil* dan pada saat di atas, aliran udara tersebut tidak mengikuti bentuk dari *airfoil*, melainkan langsung terarah ke bagian belakang.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh *double triangular vortex generator* yang ditempatkan sejajar terhadap tahanan kapal dan melihat karakteristik pola aliran air pada lambung kapal. Analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Ansys Fluent*.

## 2. Metode

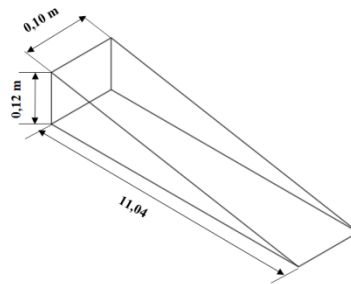
Metode numerik digunakan untuk analisis pengaruh *double triangular vortex generator* dengan langkah langkah sebagai berikut:

Pemodelan 3D model kapal di perangkat lunak maxsurf dengan penambahan *double triangular vortex generator* pada lambung kapal. Model solid yang dihasilkan di export untuk disimulasikan di perangkat lunak *Ansys Workbench*. Pada proses simulasi, ukuran model kapal dan model kolam uji dibuat dengan skala 1:15. Trim burian serta kecepatan model kapal di tentukan sebagai berikut (Lihat Tabel 1 di bawah ini).

Tabel 1. Kecepatan dan trim buritan model [6]

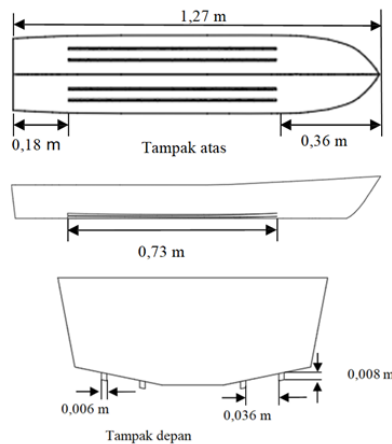
Trim	Kecepatan
0	0,75
1	1,513
2	2,016
3	2,762

Dimensi *vortex generator* yang digunakan setelah diskalakan 1:15 adalah panjang 11.04 m, tinggi 0.12 m dan lebar 0.10 m (Gambar 2).



Gambar 2. Dimensi double triangular vortex generator

Vortex generator ditempatkan di bagian bawah lambung kapal dan dibagi menjadi tiga bagian. Penempatan bagian depan vortex generator diukur  $\frac{1}{4}$  panjang model kapal (LOA) dari haluan sedangkan bagian belakang diukur  $\frac{1}{2}$  dari trim terbesar yaitu  $3^\circ$ . Adapun data ukuran dan penempatan vortex generator dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



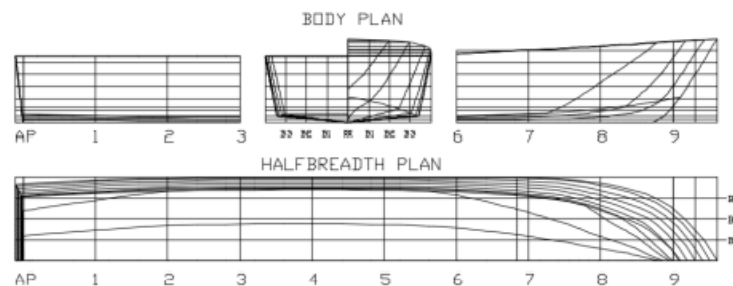
Gambar 3. Sketsa peletakan Double Triangular Vortex generator

Setelah itu dilakukan simulasi numerik dengan menggunakan perangkat lunak Ansys Workbench dengan tahapan simulasi dimulai dari tahap geometry, mesh sizing, setup, solution dan result. Hasil simulasi di verifikasi sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan dengan cara konvergensi model. Setelah proses verifikasi selesai, akan didapatkan hasil analisis berupa hambatan (draff force), volume fraction, dan visualisasi karakteristik aliran fluida, yaitu pola aliran wave profile, vector vorticity magnitude, static pressure, velocity magnitude dsb.

Data ukuran utama kapal yang menjadi model pada penelitian kali ini dapat dilihat dari Tabel 2 [11] sedangkan gambar linesplan kapal ini dapat dilihat dari Gambar 4.

Tabel 2. Ukuran Utama Model

No	Ukuran Utama	Nilai	Satuan
1	Lenght Over All (LOA)	19	m
2	Lenght Between Perpendicular (LBP)	17,72	m
3	Lenght Water Line (LWL)	17,77	m
4	Breadth (B)	5,56	m
5	Depth (H)	1,8	m
6	Draught (T)	0,45	m
7	Displacement ( $\Delta$ )	20,17	ton

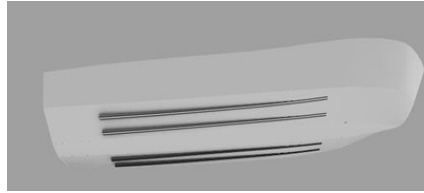


Gambar 4. Linesplan kapal

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Initial condition

Dalam penelitian ini digunakan satu desain kapal cepat yang menggunakan *vortex generator* berbentuk *triangular* dengan posisi sejajar dengan kapal. Model kapal dan *vortex generator* dibuat dalam bentuk model dengan skala 1:15 seperti terlihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Model kapal menggunakan *vortex generator*

Kondisi model serta fluida dalam pelaksanaan running model ini dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4 seperti berikut ini.

Tabel 3. Kecepatan model kapal dan trim buritan [11]

Trim (degree)	Kecepatan (m/s)	FnV Model
0	0,75	0,239
1	1,513	1,069
2	2,016	1,631
3	2,762	2,816

Tabel 4. Property Fluida

Deskripsi	Aluminium	Water	Air	Satuan
Density		1025,87	1,225	Kg/m <sup>3</sup>
Viscosity	2,719	1,188 x 10 <sup>-6</sup>	1,461 x 10 <sup>-5</sup>	m <sup>2</sup> /s
Temperatur		27,3	27,3	Celcius

Sumber: Hasil olah data

#### 3.2 Mesh (Grid)

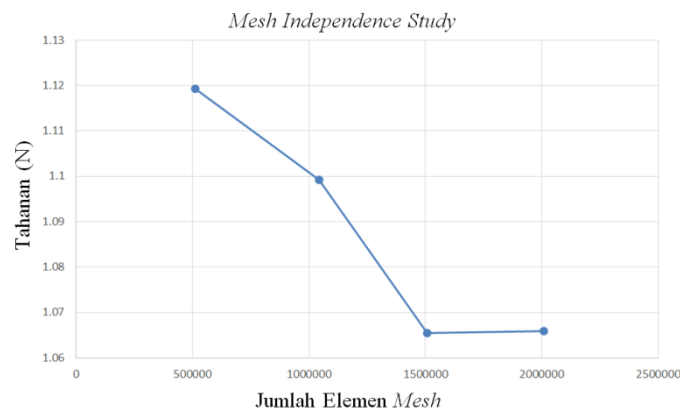
*Meshing* adalah proses membagi komponen yang akan dianalisis menjadi elemen-elemen kecil atau diskrit. Pada tahap ini geometri model dibagi menjadi bagian-bagian kecil yang disebut cell dan di setiap ujung cell yang disebut sebagai elemen.

Proses *mesh study independence* dilakukan pada trim 1 derajat dengan kecepatan 1,513 m/s. Variasi *mesh* yang digunakan adalah penambahan 500 ribu elemen sampai mendapatkan perubahan nilai tahanan yang kecil. Pada Tabel 5 dan Gambar 6 berikut dapat dilihat pengaruh jumlah elemen terhadap nilai tahanan yang sudah konvergen.

Tabel 5. Hasil *mesh study independence*

Deskripsi	Simulasi ke-			
	1	2	3	4
Jumlah elemen	509874	1044212	1606805	2009044
Tahanan (N)	1,1193	1,0993	1,0655	1,0659

Sumber: Hasil olah data



Gambar 6. Grafik Hubungan antara tahanan dengan jumlah *mesh*

Berdasarkan Tabel 5 di atas, dapat dilihat bahwa setelah kondisi (simulasi) ke tiga didapatkan nilai tahanan yang cenderung lurus maka dapat disimpulkan bahwa dengan menambah jumlah mesh akan menghasilkan tahanan yang relative sama dengan tahanan dari jumlah *mesh* kondisi 3.

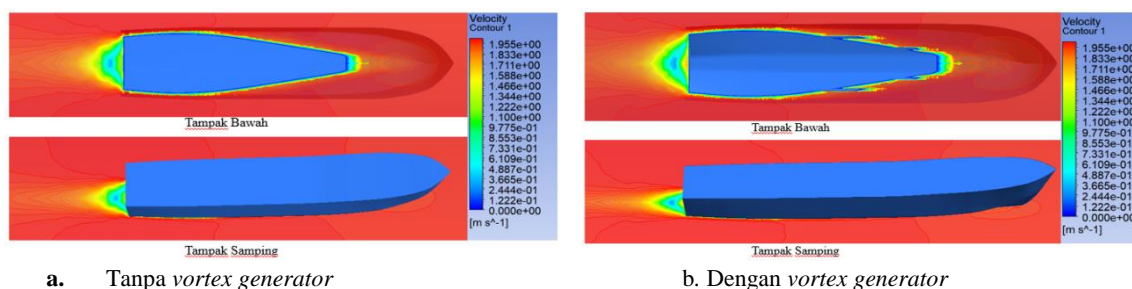
### 3.3. Boundary Condition

*Boundary* adalah sebutan untuk zona yang menjadi batasan dari suatu *system fluida*. Dalam terminology tersebut, yang menjadi elemen pada *boundary condition* ini sekurang-kurangnya terdapat beberapa bagian, diantaranya *inlet*, *outlet*, *wall*, dan *hull*.

*Inlet* merupakan ruang masuk dari aliran fluida yaitu air dan udara. Yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe *pressure inlet*, kemudian aliran fluidanya digunakan tipe *open channel flow*. *Outlet* merupakan ruang masuk dari aliran fluida yaitu air dan udara. type yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe *pressure outlet*, dengan aliran fluidanya adalah tipe *open channel flow*, Untuk *wall*, diasumsikan *free slip* yaitu kondisi tanpa gesekan sehingga pada bagian ini gesekan fluida dan dinding dianggap tidak ada. Namun, type *wall* digunakan pada domain *top*, *bottom* dan *side*. Model kapal pada menu *mesh* dinamai *Hull* dan diasumsikan sebagai objek yang solid sehingga digunakan tipe *wall* dengan kondisi *no slip*.

### 3.4. Visualisasi Velocity

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil visualisasi *velocity* yang menunjukkan kecepatan aliran fluida yang terjadi pada sekitar lambung kapal. Visualisasi *velocity* ini dilakukan pada tahap *result* dengan menambahkan *plane* pada sumbu X dan Y. Selanjutnya *Contour* ditambahkan dengan *variable velocity* yang berlokasi di *plane* yang telah dibuat dan kemudian mengubah *range* menjadi *local*. Pada Gambar 7, ditunjukkan perubahan visualisasi *velocity* yang terjadi pada model kapal dengan kecepatan 2.016 m/s dan trim 2° yang menggunakan *vortex* dan tanpa menggunakan *vortex*.



Gambar 7. Velocity magnitude kecepatan 2,016 m/s dan trim 2°

Dari hasil simulasi terjadi perubahan kecepatan aliran fluida setelah berkontak dengan lambung model kapal di bawah garis air. Pada bagian depan model kapal kecepatan fluida rendah sebesar 0 m/s ~ 0,6 m/s yang ditandai dengan warna hijau muda. Setelah itu kecepatan meningkat di bagian sisi lambung model kapal sebesar 1,4 m/s ~ 2 m/s yang ditandai dengan warna hijau ke warna kuning.

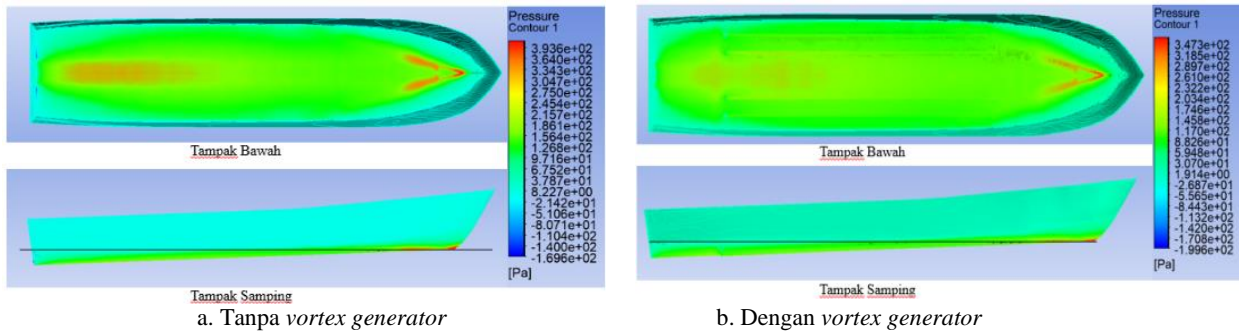
Untuk model kapal menggunakan *vortex generator*, kecepatan fluida disekitar *vortex generator* adalah sebesar 0,8 m/s ~ 1,4 m/s yang ditandai dengan warna biru muda, setelah itu kecepatan fluida meningkat sebesar 1,4 m/s ~ 2 m/s yang ditandai dengan warna hijau ke warna kuning. Pada bagian buritan kecepatan fluida kembali menurun sebesar 0 m/s ~ 0,6 m/s yang ditandai warna biru. Pada model kapal tanpa *vortex generator*, penurunan kecepatan lebih besar dibandingkan model kapal menggunakan *vortex generator*.

### 3.5 Visualisasi Static Pressure

Aliran fluida yang mengalir dengan kecepatan tertentu pada bagian haluan dan buritan kapal menyebabkan distribusi static pressure meningkatkan area tersebut. Sehingga diketahui bagian model yang mengalami turbulensi dan bagian model yang mengalami tahanan paling besar akibat kecepatan model dan bentuk lambung model dibawah garis air. Adapun hasil simulasi yang menunjukkan visualisasi static pressure pada kecepatan 2,016 m/s dan trim 2° dengan menggunakan dan tanpa menggunakan *vortex generator* sebagai berikut.

Pada kecepatan 2,016 m/s dengan trim 2° terjadi distribusi *static pressure* terlihat mulai dari bagian depan lambung sebesar 200 pa ~ 250 pa dengan warna kuning. Setelah itu *pressure* menurun pada bagian sisi lambung sebesar 50 pa ~ 100 pa yang ditandai dengan warna biru. Untuk model kapal menggunakan *vortex generator*, *pressure* di antara *vortex generator* sebesar -50 pa ~ 150 pa yang ditandai dengan warna biru ke warna hijau. Pada bagian buritan *pressure* kembali menurun sebesar -300 pa yang ditandai dengan warna biru. Penurunan *pressure* terjadi akibat bentuk buritan model kapal (lihat Gambar 8).

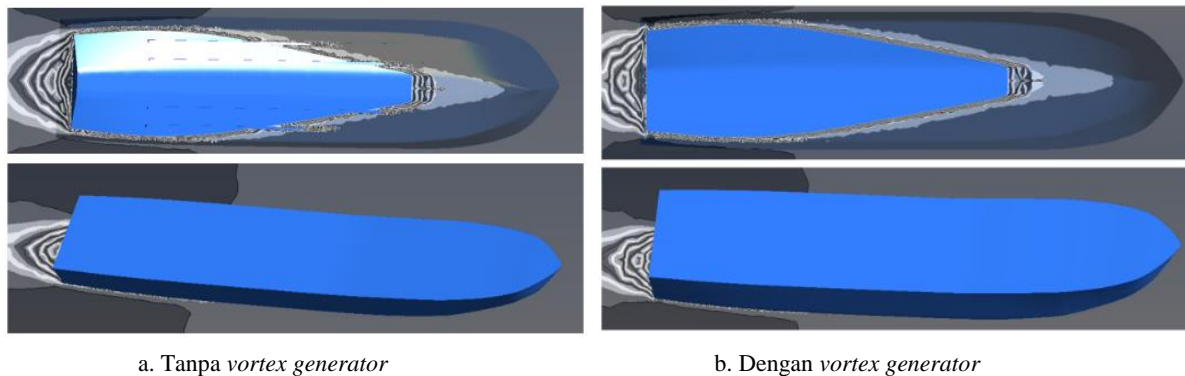




Gambar 8. Visualisasi Static Pressure pada kecepatan 2,016 m/s dan trim 2°

### 3.6. Visualisasi Pola Aliran

Dari hasil simulasi menunjukkan pola aliran yang berbeda-beda pada setiap kecepatan dan trim. Perubahan dipengaruhi oleh kecepatan fluida dan bentuk model kapal pada saat trim. Semakin cepat fluida maka pola aliran yang terbentuk semakin banyak (Gambar 9). Adapun visualisasi perubahan pola aliran model kapal pada kecepatan 2,016 m/s dan trim 2° dengan menggunakan dan tanpa menggunakan *vortex generator* sebagai berikut.



Gambar 9. Visualisasi pola aliran kecepatan 2,016 m/s dan trim 2°

Pada kecepatan 2,016 m/s dan trim 2°, bentuk aliran pada bagian depan mengalami turbulensi akibat bentuk lambung pada saat trim. Setelah ditambahkan *vortex generator* aliran turbulensi di bagian depan berkurang dan aliran fluida dialihkan mengikuti *vortex generator*. Perbedaan juga terdapat di bagian buritan, dimana model kapal menggunakan *vortex generator* turbulensi yang terjadi lebih kecil dari model kapal tanpa *vortex generator*. Perubahan tersebut karena aliran fluida dialihkan ke bagian *vortex generator*.

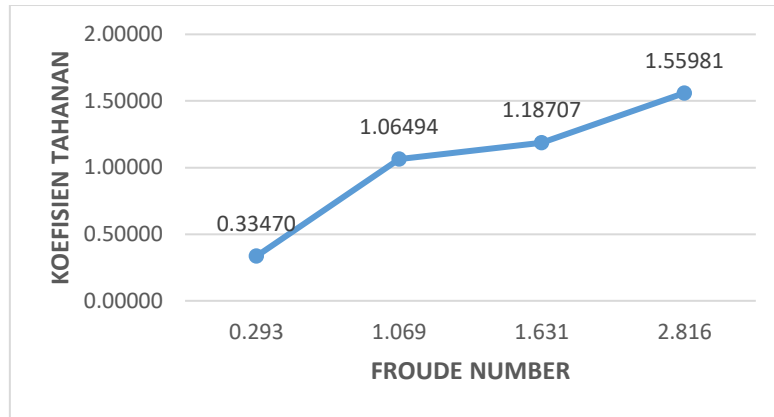
### 3.7. Prediksi Tahanan Model Kapal

Berdasarkan hasil simulasi, didapatkan adalah nilai gaya (*force*) pada masing-masing variasi kecepatan yang bekerja di setiap permukaan (*surface*) lambung kapal. Gaya (*force*) bekerja pada system koordinat tiga dimensi. Untuk gaya yang bekerja searah sumbu X disebut *drag force*, gaya yang bekerja searah sumbu Y disebut *side force* dan gaya yang bekerja searah sumbu Z disebut *lift force*. Oleh karena itu, sesuai dengan teori mekanika fluida bahwa “*drag force* adalah jumlah semua gaya eksternal dalam aliran fluida yang melawan gerak objek dan disebabkan oleh aliran fluida turbulen di sekitar benda yang melawan gerak maju objek melalui gas atau cairan”. Dari sini dapat disimpulkan bahwa tahanan kapal sama dengan *drag force*. Oleh karena itu untuk mendapatkan nilai tahanan masing-masing permukaan (*surface*) di setiap variasi kecepatan di jumlahkan. Tabel 6 dan Gambar 10 berikut ini menunjukkan hasil perhitungan tahanan dengan FnV dan tanpa *vortex generator*. Sedangkan Tabel 7 dan Gambar 11 menunjukkan hasil perhitungan tahanan dengan FnV dengan *vortex generator*.

Tabel 6 Hasil perhitungan Tahanan Kapal tanpa Vortex Generator

Kecepatan (m/s)	FnV	Luas Bidang Basah (m <sup>2</sup> )	Tahanan Tanpa VG (N)
0,75	0,293	0,595	0,33470
1,513	1,069	0,511	1,06494
2,016	1,631	0,329	1,18707
2,762	2,816	0,211	1,55981

Sumber: Hasil olah data

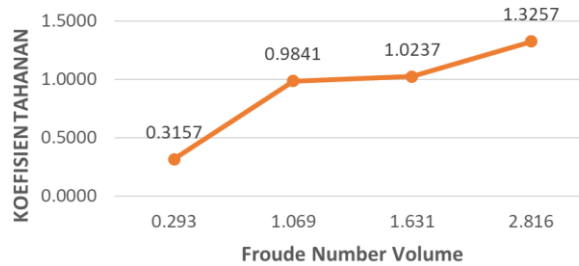


Gambar 10. Grafik hubungan antara FnV dan tahanan model kapal tanpa vortex generator

**Tabel 7** Hasil perhitungan Tahanan Kapal dengan *Vortex Generator*

Kecepatan (m/s)	FnV	Luas Bidang Basah (m <sup>2</sup> )	Tahanan VG (N)
0,75	0,293	0,595	0,3157
1,513	1,069	0,511	0,9841
2,016	1,631	0,329	1,0237
2,762	2,816	0,211	1,3257

Sumber: Hasil olah data

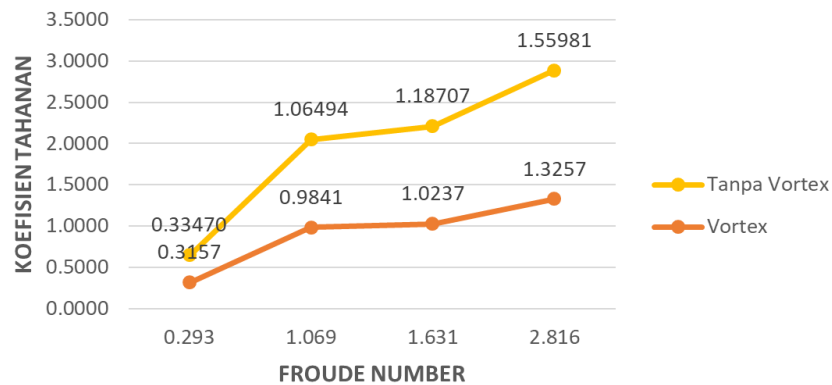


Gambar 11. Grafik hubungan antara FnV dan tahanan model kapal dengan *Vortex Generator*

Tabel 8 menunjukkan persentase perbedaan kapal yang menggunakan *vortex generator* dan kapal tanpa menggunakan *vortex generator*. Selanjutnya, Gambar 12 menunjukkan visualisasi besar perbedaan tahanan yang terjadi pada kapal dengan dan tanpa *vortex generator* untuk setiap *Froude Number* (Fn).

**Tabel 8.** Besaran perbedaan persentase tahanan kapal dengan dan tanpa menggunakan *vortex generator*

Kecepatan (m/s)	FnV	Tahanan Tanpa VG (N)	Tahanan VG (N)	% Perbedaan
0,75	0,562	0,33470	0,3157	5,68%
1,513	1,069	1,06494	0,9841	7,59%
2,016	1,631	1,18707	1,0237	13,76%
2,762	2,816	1,55981	1,3257	15,01%



Gambar 12. Grafik hubungan antara FnV dan tahanan model kapal dengan dan tanpa vortex generator

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis tahanan menggunakan metode ini dapat disimpulkan bahwa besaran persentase perubahan nilai tahanan model kapal tanpa menggunakan *vortex generator* dan dengan menggunakan *vortex generator* dengan kecepatan 0.75 m/s, 1.513 m/s, 2.016 m/s, dan 2.762 m/s masing masing berturut turut adalah sebesar 5,68%, 7,59%, 13,76% 15.01%. Dari kesimpulan tersebut terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan maka perubahan nilai tahanan antara model kapal dengan *vortex generator* dan tanpa *vortex generator* semakin besar.

Karakteristik aliran fluida pada model kapal tanpa menggunakan *vortex generator* dimana garis pola air berkumpul di bagian buritan dan bagian depan model kapal lalu melebar keluar sehingga dapat diasumsikan terjadi turbulensi. Setelah model kapal ditambahkan *vortex generator*, turbulensi yang terdapat pada bagian buritan dan depan kapal berkurang dan terjadi distribusi pola aliran pada bagian *vortex generator*.

#### Daftar Pustaka

- [1] Harvald, S. A. Resistance and Propulsion of Ships, Denmark, Lyngby: Department of Ocean Engineering, The Technical University of Denmark, 1983
- [2] Alamsyah, M. A, "Analisis Computational Fluid Dynamic Terhadap Hambatan Crew Boat Dengan Penambahan Integrated Wedges-Flap", Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya 2017
- [3] Rosmani, Muhammad, A, H., & Algan, M.,. Prediksi Tahanan Kapal Cepat Dolpin Dengan Metode Eksperimen. Jurnal Teknik Universitas Hasanuddin: Makassar 2013
- [4] Ali, S. ., Ramadani, F., Ali, S., & Syahputra, D. (2022). Ship Resistance Analysis To Determine The Ship's Main Engine Power. Zona Laut Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan, 3(2), 19–24. <https://doi.org/10.62012/zl.v3i2.22027>
- [5] Djabbar, M., Rosmani, Buku Ajar Tahanan Kapal, Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin, Makassar, 2011
- [6] Aprianto, A, Studi Tahanan Kapal Semi Displacement. Skripsi, Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin, Makassar, 2019
- [7] Sardjadi, D, "Mekanika Fluida".Bandung:Art Pro Bandung, 2003.
- [8] Adji, Suryo W.. "Resistance & Propulsion Modul 1: Introduction to Ship Resistance". Surabaya 2009
- [9] Aji, R. P, "Analisis Penambahan Vortex Generator Terhadap Performa Sayap UAV Mohinder" Surabaya 2020
- [10] Haryadi, S, Mahaputra, R. P, Studi Eksperimen Pengaruh Penggunaan Vortex Generator Pada *Airfoil Naca 0012* Dengan Smoke Generator, Jurusan Teknik Pesawat Udara, Fakultas Teknik Penerbangan, Politeknik Penerbangan Surabaya, 2020.
- [11] Karim, M, A, Studi Tahanan Kapal Akibat Double Triangular Vortex Generator: Posisi Sejajar. Skripsi, Departemen Teknik Perkapalan, Universitas Hasanuddin, Makassar. 2023