



**SIMULASI VARIASI BENTUK *VORTEX GENERATOR* UNTUK
MEMPERCEPAT TERJADINYA *DRAG CRISIS***

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

**UNIVERSITAS
MUHAMMAD MAHLIAN HADI MAULANA
41321120057**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
(2026)**



**SIMULASI VARIASI BENTUK *VORTEX GENERATOR* UNTUK
MEMPERCEPAT TERJADINYA *DRAG CRISIS***

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana**

**Muhammad Mahlian Hadi Maulana
41321120057**

MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Mahlian Hadi Maulana
NIM : 41321120057
Fakultas/Program Studi : Fakultas Teknik / Teknik Mesin

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:

“Simulasi Variasi Bentuk *Vortex Generator* untuk Mempercepat Terjadinya *Drag Crisis*” adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 18 Agustus 2026



Muhammad Mahlian Hadi Maulana

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Jurnal / Karya Ilmiah / Laporan Tugas Akhir pada BAB I, BAB III, BAB IV, dan BAB V / Praktek Keinsinyuran atas nama:

Nama : **Muhammad Mahlian Hadi Maulana**
NIM : **41321120057**
Program Studi : **Teknik Mesin**
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : **SIMULASI VARIASI BENTUK VORTEX
GENERATOR UNTUK MEMPERCEPAT
TERJADINYA DRAG CRISIS**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Sabtu, 15 Agustus 2026** dengan hasil presentase sebesar **10 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 15 Agustus 2026

Administrator Turnitin,

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Mahlian Hadi Maulana
NIM : 41321120057
Fakultas/Program Studi : Fakultas Teknik / Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Simulasi Variasi Bentuk *Vortex Generator* untuk
Mempercepat Terjadinya *Drag Crisis*

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 10 Agustus 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing



(Fajar Anggara, S.T., M.Eng)
NIDN: 0320089101

Jakarta, 22 Agustus 2026
Mengetahui,

Dekan Fakultas



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.)
NIDN: 0315017501

Ketua Program Studi



(Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T.)
NIDN: 0005087502

PENGHARGAAN

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. **Allah SWT**, atas segala rahmat, nikmat kesehatan, kekuatan, kemudahan, serta ridho-Nya sehingga penulis diberikan kemampuan untuk menyelesaikan seluruh rangkaian penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.
2. **Kedua orang tua tercinta**, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, perhatian, dukungan moral maupun material, serta motivasi yang tiada henti kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. **Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng., selaku Rektor Universitas Mercu Buana**, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan di Universitas Mercu Buana.
4. **Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana**, yang telah memberikan dukungan dalam penyelenggaraan pendidikan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
5. **Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana**, yang telah memberikan dukungan dalam proses akademik selama penulis menempuh pendidikan.
6. **Bapak Fajar Anggara, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing**, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, kritik, saran, serta motivasi yang sangat berharga sehingga penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
7. **Eva Ristiani**, yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, dan semangat kepada penulis selama proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir. Penulis juga menyampaikan penghargaan atas bantuan yang diberikan berupa peminjaman laptop, sehingga pelaksanaan simulasi *Computational*

Fluid Dynamics (CFD), pengolahan data, serta penyusunan laporan penelitian dapat terlaksana dengan baik.

8. **Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana**, yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, serta wawasan selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Mercu Buana.
9. **Seluruh staf administrasi dan tenaga kependidikan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana**, yang telah membantu kelancaran proses administrasi akademik selama masa studi hingga penyelesaian Tugas Akhir.
10. **Manajemen dan rekan kerja di ELV Products Marketing Pte. Ltd.**, yang telah memberikan dukungan, kesempatan, pengertian, serta fleksibilitas selama penulis menjalani perkuliahan dan menyelesaikan penelitian ini.
11. **Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu**, namun telah memberikan bantuan, dukungan, doa, maupun kontribusi dalam berbagai bentuk sehingga penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 20 Agustus 2026

Muhammad Mahlian Hadi Maulana

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB**

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Mahlian Hadi Maulana
NIM : 41321120057
Fakultas/Program Studi : Fakultas Teknik / Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Simulasi Variasi Bentuk *Vortex Generator* untuk
Mempercepat Terjadinya *Drag Crisis*

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 20 Agustus 2026

Yang menyatakan,



(Muhammad Mahlian Hadi Maulana)

**SIMULASI VARIASI BENTUK *VORTEX GENERATOR* UNTUK
MEMPERCEPAT TERJADINYA *DRAG CRISIS*
MUHAMMAD MAHLIAN HADI MAULANA**

ABSTRAK

Gaya hambat (*drag force*) yang bekerja pada struktur akibat interaksi dengan aliran fluida merupakan salah satu permasalahan hidrodinamika karena dapat meningkatkan beban yang diterima struktur. Karakteristik hambatan dipengaruhi oleh bentuk geometri, Bilangan Reynolds, perkembangan lapisan batas, dan separasi aliran. Salah satu fenomena yang berkaitan dengan perubahan karakteristik hambatan tersebut adalah *drag crisis*, yang ditandai oleh perubahan karakteristik koefisien hambatan pada rentang Bilangan Reynolds tertentu. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi bentuk *vortex generator* terhadap karakteristik aliran, koefisien hambatan, dan fenomena *drag crisis* serta mengevaluasi kemungkinan terjadinya fenomena tersebut pada Bilangan Reynolds yang lebih rendah. Simulasi numerik dua dimensi dilakukan menggunakan ANSYS Fluent dengan *pressure-based solver*, model turbulensi Shear Stress Transport (SST) $k-\omega$, dan pendekatan *steady-state*. Geometri yang dianalisis meliputi lingkaran, persegi, dan segitiga pada berbagai Bilangan Reynolds. Parameter yang dianalisis meliputi *velocity contour*, koefisien hambatan (CD), koefisien tekanan (Cp), *wall shear stress*, dan *velocity vector*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa variasi bentuk geometri menghasilkan karakteristik aliran dan hambatan yang berbeda. Geometri lingkaran menghasilkan nilai CD paling rendah dibandingkan persegi dan segitiga pada rentang Bilangan Reynolds yang dianalisis, dengan CD sebesar 1,1345 pada $Re=1000$, 1,0916 pada $Re=5000$, dan 0,9217 pada $Re=10000$. Geometri persegi menghasilkan nilai CD sebesar 1,4754, 1,3433, dan 1,2990 pada Bilangan Reynolds yang sama, sedangkan geometri segitiga menghasilkan nilai 1,7860, 1,4542, dan 1,5254. Geometri segitiga menunjukkan perubahan karakteristik CD dari penurunan hingga nilai minimum pada $Re=5000$ kemudian meningkat pada Bilangan Reynolds yang lebih tinggi, yang mengindikasikan adanya perubahan mekanisme aliran yang berkaitan dengan fenomena *drag crisis*. Penentuan *separation point* berdasarkan *wall shear stress* menunjukkan bahwa peningkatan Bilangan Reynolds memengaruhi lokasi separasi pada masing-masing geometri, sementara distribusi Cp dan *velocity vector* mendukung interpretasi terhadap perubahan tekanan, separasi, dan struktur *wake*. Berdasarkan hasil tersebut, variasi geometri yang diteliti belum menghasilkan karakteristik hambatan yang lebih rendah dibandingkan geometri lingkaran, yang tetap menunjukkan performa hambatan paling baik dalam rentang Bilangan Reynolds yang dianalisis.

Kata kunci: *vortex generator*, *drag crisis*, koefisien hambatan, *separation point*, *Computational Fluid Dynamic*

**SIMULATION OF *VORTEX GENERATOR* GEOMETRY VARIATIONS FOR
ACCELERATING THE ONSET OF *DRAG CRISIS*
MUHAMMAD MAHLIAN HADI MAULANA**

ABSTRACT

Drag force acting on structures due to fluid–structure interaction is an important hydrodynamic consideration because it can increase structural loading. Drag characteristics are influenced by geometric configuration, Reynolds number, boundary layer development, and flow separation. One phenomenon associated with changes in drag characteristics is *drag crisis*, which is characterized by a significant change in drag coefficient within a certain Reynolds number range. This study aims to analyze the effect of *vortex generator* geometry on flow characteristics, drag coefficient, and *drag crisis*, as well as to evaluate the possibility of shifting this phenomenon toward a lower Reynolds number. Two-dimensional numerical simulations were conducted using ANSYS Fluent with a pressure-based solver, the Shear Stress Transport (SST) $k-\omega$ turbulence model, and a steady-state approach. Three geometries were investigated: circular, square, and triangular, over a range of Reynolds numbers. The analyzed parameters included velocity contours, drag coefficient (CD), pressure coefficient (Cp), wall shear stress, and velocity vectors. The simulation results showed that geometric variation produced different flow and drag characteristics. The circular geometry produced the lowest CD compared with the square and triangular geometries within the analyzed Reynolds number range, with CD values of 1.1345 at Re=1000, 1.0916 at Re=5000, and 0.9217 at Re=10000. The corresponding CD values for the square geometry were 1.4754, 1.3433, and 1.2990, while those for the triangular geometry were 1.7860, 1.4542, and 1.5254. The triangular geometry exhibited a change in CD characteristics, with a decrease to a minimum value at Re=5000 followed by an increase at higher Reynolds numbers, indicating a change in the flow mechanism associated with *drag crisis*. The *separation point* analysis based on wall shear stress showed that increasing Reynolds number affected the separation location for each geometry, while the Cp distribution and velocity vectors supported the interpretation of changes in pressure, flow separation, and wake structure. Based on these results, the investigated geometric variations did not produce lower drag characteristics than the circular geometry, which exhibited the best drag performance within the analyzed Reynolds number range.

Keywords: *vortex generator, drag crisis, drag coefficient, separation point, Computational Fluid Dynamics.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI	ii
SURAT KETERANGAN HASIL <i>SIMILARITY</i>	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PENGHARGAAN	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Konversi Energi Gelombang Laut (Wave Energy Conversion, WEC)	5
2.2 Gaya Hambat (Drag) dalam Dinamika Fluida	6
2.3 Koefisien Hambatan (Drag Coefficient)	8
2.4 Bilangan Reynolds (Reynolds Number)	9
2.5 Fenomena Drag Crisis	10
2.6 Lapisan Batas (Boundary Layer)	11
2.7 Flow Separation (Separasi Aliran)	12
2.8 Wake Region (Daerah Wake)	13
2.9 Vortex Generator (VG) sebagai Alat Reduksi Hambatan	14
2.10 Pengaruh Bentuk Geometri terhadap Karakteristik Aliran	16
2.11 Computational Fluid Dynamics (CFD)	19
2.11.1 Prinsip Dasar CFD	19
2.11.2 Persamaan Dasar Aliran Fluida	20
2.11.3 Pressure-Based Solver	20
2.11.4 Simulasi Steady-State	21
2.11.5 Kondisi Batas (Boundary Condition)	21
2.11.6 Model Turbulensi	21
2.11.7 Konvergensi Solusi (Solution Convergence)	22
2.10 Wall Shear Stress	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir Penelitian	25

3.1.1 Geometri Model	27
3.1.2 Domain Komputasi	29
3.1.3 Meshing	33
3.1.4 Kondisi Batas (Boundary Conditions)	38
3.1.5 Pengaturan Solver dan Model Fisis	42
3.1.6 Parameter Penelitian	46
3.1.7 Prosedur Simulasi Numerik	51
3.1.8 Validasi Simulasi	53
3.2 Alat dan Bahan	54
3.2.1 Perangkat Keras (Hardware)	54
3.2.2 Perangkat Lunak (Software)	56
3.2.3 Material Simulasi	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1 Validasi Hasil Simulasi dan Mesh Independence Test	59
4.1.1 Validasi Hasil Simulasi	59
4.2 Karakteristik Aliran Berdasarkan Velocity Contour	62
4.3 Karakteristik Koefisien Hambatan	65
4.3.1 Karakteristik Koefisien Hambatan Geometri Lingkaran	66
4.3.2 Karakteristik Koefisien Hambatan Geometri Persegi	68
4.3.3 Karakteristik Koefisien Hambatan Geometri Segitiga	70
4.3.4 Perbandingan Karakteristik Ketiga Geometri	73
4.3.5 Evaluasi Fenomena Drag Crisis	75
4.3.6 Pembahasan	77
4.4 Analisis Separation Point dan Karakteristik Aliran	79
4.4.1 Penentuan Separation Point Berdasarkan Wall Shear Stress	80
4.4.2 Distribusi C_p sebagai Parameter Pendukung	84
4.4.3 Perubahan Velocity Vector akibat Pergeseran Separation Point	89
4.4.4 Keterkaitan Separation Point dengan Karakteristik Koefisien Hambatan	92
4.4.5 Pembahasan Keseluruhan	93
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	95
5.1 Kesimpulan	95
5.2 Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	102

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Dimensi Geometri Benda Uji	36
Tabel 3.2 Dimensi Domain Komputasi	39
Tabel 3.3 Parameter Meshing	44
Tabel 3.4 Statistik Mesh	45
Tabel 3.5 Boundary Condition Simulasi	47
Tabel 3.6 Pengaturan Solver dan Model Fisis	51
Tabel 3.7 Variabel Bebas Penelitian	56
Tabel 3.8 Variabel Terikat Penelitian	56
Tabel 3.9 Variabel Terkontrol Penelitian	57
Tabel 3.10 Spesifikasi Perangkat Keras	63
Tabel 3.11 Perangkat Lunak Penelitian	65
Tabel 3.12 Sifat Fisik Fluida	67
Tabel 4.1. Perbandingan Koefisien Hambatan Hasil Simulasi dengan Data Referensi	59
Tabel 4.2. Hasil <i>Mesh Independence Test</i> pada $Re=10000$	60
Tabel 4.3. Nilai Koefisien Hambatan pada Berbagai Bilangan Reynolds	65
Tabel 4.4. <i>Separation Angle</i> pada Berbagai Geometri dan Bilangan Reynolds	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Distribusi tekanan dan pola aliran	17
Gambar 3.1 Flowchart	25
Gambar 3.2 Geometri benda uji hasil pemodelan menggunakan ANSYS Discovery	28
Gambar 3.3 Domain komputasi dan penamaan boundary pada model simulasi	30
Gambar 3.4 Dimensi domain komputasi	31
Gambar 3.5 Mesh keseluruhan domain komputasi	34
Gambar 3.6 Detail <i>mesh</i> di sekitar benda kerja lingkaran	35
Gambar 3.7 Detail <i>mesh</i> di sekitar benda kerja persegi	35
Gambar 3.8 Detail <i>mesh</i> di sekitar benda kerja segitiga	36
Gambar 3.9 Boundary condition pada domain komputasi	39
Gambar 4.1. <i>Velocity Contour</i> pada $Re=1000$: (a) Geometri Lingkaran, (b) Geometri Persegi, dan (c) Geometri Segitiga	62
Gambar 4.2. Hubungan Koefisien Hambatan terhadap Bilangan Reynolds pada Geometri Lingkaran, Persegi, dan Segitiga	66
Gambar 4.3. <i>Velocity Vector</i> dan <i>Separation Point</i> Geometri Lingkaran pada $Re=5000$	81
Gambar 4.4. <i>Velocity Vector</i> dan <i>Separation Point</i> Geometri Lingkaran pada $Re=10000$	82
Gambar 4.5. <i>Velocity Vector</i> dan <i>Separation Point</i> Geometri Persegi pada $Re=5000$	82
Gambar 4.6. <i>Velocity Vector</i> dan <i>Separation Point</i> Geometri Persegi pada $Re=10000$	83
Gambar 4.7. <i>Velocity Vector</i> dan <i>Separation Point</i> Geometri Segitiga pada $Re=5000$	83
Gambar 4.8. <i>Velocity Vector</i> dan <i>Separation Point</i> Geometri Segitiga pada $Re=10000$	83
Gambar 4.9. Distribusi Koefisien Tekanan pada Geometri Lingkaran pada $Re=5000$	84

Gambar 4.10. Distribusi Koefisien Tekanan pada Geometri Lingkaran pada $Re=10000$	85
Gambar 4.11. Distribusi Koefisien Tekanan pada Geometri Persegi pada $Re=5000$	86
Gambar 4.12. Distribusi Koefisien Tekanan pada Geometri Persegi pada $Re=10000$	86
Gambar 4.13. Distribusi Koefisien Tekanan pada Geometri Segitiga pada $Re=5000$	87
Gambar 4.14. Distribusi Koefisien Tekanan pada Geometri Segitiga pada $Re=10000$	88
Gambar 4.15. <i>Velocity Vector</i> Geometri Lingkaran pada $Re=5000$	89
Gambar 4.16. <i>Velocity Vector</i> Geometri Lingkaran pada $Re=10000$	90
Gambar 4.17. <i>Velocity Vector</i> Geometri Persegi pada $Re=5000$	90
Gambar 4.18. <i>Velocity Vector</i> Geometri Persegi pada $Re=10000$	91
Gambar 4.19. <i>Velocity Vector</i> Geometri Segitiga pada $Re=5000$	91
Gambar 4.20. <i>Velocity Vector</i> Geometri Segitiga pada $Re=10000$	92