



**OPTIMALISASI GEOMETRI *STEPPED PLANING HULL*  
BERBASIS *CFD* UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI  
HIDRODINAMIKA**

**SKRIPSI**

**RIFKI ANDRIAN**

**2210313004**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN**

**2026**



**OPTIMALISASI GEOMETRI *STEPPED PLANING HULL*  
BERBASIS *CFD* UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI  
HIDRODINAMIKA**

**SKRIPSI**

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

**RIFKI ANDRIAN**

**2210313004**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN**

**2026**

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh:

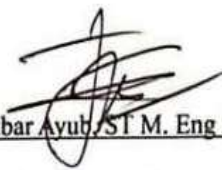
Nama : Rifki Andrian

NIM : 2210313004

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : OPTIMALISASI GEOMETRI STEPPED PLANING HULL  
BERBASIS CFD UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI  
HIDRODINAMIKA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

  
Fakhri Akbar Ayub, S.T M. Eng Ph. D

Ketua Penguji



  
Dr. Ir. Fakhri Rayhan, S.T., M.T.

Penguji 2

  
Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T.,

M.T. IPM

Dekan Fakultas Teknik

  
Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T.

Penguji 1

  
Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T.

Kepala Program Studi

Ditetapkan di: Jakarta

Tanggal Ujian: 14 Juli 2026

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

### OPTIMALISASI GEOMETRI STEPPED PLANING HULL BERBASIS CFD UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI HIDRODINAMIKA

Disusun Oleh:

Rifki Andrian

2210313004

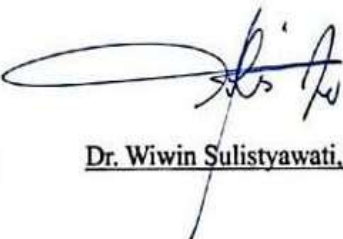
Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

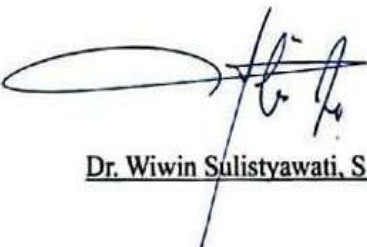


Fakhri Akbar Ayub, S.T M. Eng Ph. D



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., MT.

Kepala Program Studi S1 Teknik Perkapalan



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., MT.

## **PERNYATAAN ORISINALITAS**

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip atau dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Rifki Andrian

NIM : 2210313004

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan di proses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 14 Juli 2026

Yang menyatakan,



Rifki Andrian

## **PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASISKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rifki Andrian

NIM : 2210313004

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

### **“OPTIMALISASI GEOMETRI *STEPPED PLANING* *HULL* BERBASIS *CFD* UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI HIDRODINAMIKA”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Jakarta

Pada tanggal: 14 Juli 2026

Yang menyatakan,



Rifki Andrian

# OPTIMALISASI GEOMETRI STEPPED PLANING HULL BERBASIS CFD UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI HIDRODINAMIKA

Rifki Andrian

## ABSTRAK

Kapal cepat berkecepatan tinggi memerlukan desain lambung yang efisien untuk meminimalkan hambatan hidrodinamika. Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi sudut step ( $45^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan  $135^\circ$ ) dan kecepatan (1,63-9,78 m/s) terhadap hambatan total stepped planing hull menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan pendekatan URANS dan model turbulensi SST k- $\omega$ . Model kapal mengacu pada (De Marco et al., 2017) dengan panjang 0,91 m. Hasil simulasi menunjukkan hambatan total meningkat nonlinier seiring kecepatan. Konfigurasi sudut step  $135^\circ$  terbukti paling efektif mereduksi hambatan, dengan penurunan maksimum 10,8% pada kecepatan 5,69 m/s dibandingkan lambung original. Sudut  $135^\circ$  menciptakan transisi aliran lebih halus, menekan separasi dan pembentukan vorteks, serta membatasi zona tekanan rendah di buritan. Sebaliknya, sudut  $90^\circ$  menghasilkan hambatan tertinggi akibat perubahan arah aliran mendadak yang memicu separasi masif. Sudut  $45^\circ$  memberikan hasil sebanding dengan lambung original. Penelitian ini memberikan kontribusi orisinal sebagai kajian sistematis pertama mengenai pengaruh variasi sudut kemiringan step terhadap kinerja hidrodinamika stepped planing hull berbasis CFD.

**Kata kunci:** stepped planing hull, CFD, hambatan hidrodinamika, variasi sudut step, SST k- $\omega$

# **GEOMETRY OPTIMIZATION OF STEPPED PLANING HULL BASED ON CFD FOR ENHANCED HYDRODYNAMIC EFFICIENCY**

**Rifki Andrian**

## ***ABSTRACT***

*High-speed vessels require efficient hull designs to minimize hydrodynamic resistance. This study analyzes the effect of step angle variations (45°, 90°, and 135°) and speeds (1.63–9.78 m/s) on the total resistance of a stepped planing hull using Computational Fluid Dynamics (CFD) with the URANS approach and the SST  $k-\omega$  turbulence model. The hull model refers to (De Marco et al., 2017) with a length of 0.91 m. Simulation results show that total resistance increases nonlinearly with speed. The 135° step angle configuration proved most effective in reducing resistance, achieving a maximum reduction of 10.8% at 5.69 m/s compared to the original hull. The 135° angle creates a smoother flow transition, suppresses separation and vortex formation, and limits the low-pressure zone at the stern. Conversely, the 90° configuration produced the highest resistance due to abrupt flow direction changes triggering massive separation. The 45° configuration yielded results comparable to the original hull. This research provides an original contribution as the first systematic CFD-based study examining the effect of step inclination angle variation on the hydrodynamic performance of a stepped planing hull.*

**Keywords:** *stepped planing hull, CFD, hydrodynamic resistance, step angle variation, SST  $k-\omega$*



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmatNya yang memungkinkan penulis menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Optimalisasi Geometri *Stepped Planing Hull* Berbasis *CFD* untuk Peningkatan Efisiensi Hidrodinamika.” Skripsi ini merupakan bagian dari syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Perkapalan di Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak yang telah dengan ikhlas membantu penulis. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta, yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, dan doa tanpa henti.
2. Ibu Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T., Ketua Program Studi Teknik Perkapalan, atas arahnya.
3. Bapak Fakhri Akbar Ayub, ST.,M.Eng, Ph.D. yang telah memberikan bimbingan dan masukan berharga dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Perkapalan, atas ilmu, pengalaman, serta bantuan yang telah diberikan selama masa studi
5. BOTNICA yang selalu hadir setiap suka dan duka, serta dengan tulus berbagi ilmu dan pengalaman berharga.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran untuk penyempurnaan skripsi ini dengan terbuka.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis serta teman-teman mahasiswa Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Penulis juga memohon maaf apabila terdapat kesalahan kata atau gelar dalam penulisan tugas akhir ini. Terima kasih.

Jakarta, Juli 2026

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                                     |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                                                          | <b>i</b>    |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....</b>                                               | <b>ii</b>   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....</b>                                           | <b>iii</b>  |
| <b>PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>                                                 | <b>iv</b>   |
| <b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASISKRIPSI UNTUK<br/>KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b> | <b>v</b>    |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                                                | <b>vi</b>   |
| <b><i>ABSTRACT</i> .....</b>                                                        | <b>vii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                                          | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                                             | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                           | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                                          | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                                                        | <b>xvi</b>  |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>                                                      | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                            | 1           |
| 1.2 Perumusan Masalah .....                                                         | 4           |
| 1.3 Batasan Masalah.....                                                            | 4           |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                                                          | 4           |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                                                        | 4           |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                                                     | 5           |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                                                 | <b>6</b>    |
| 2.1 Hambatan Kapal.....                                                             | 6           |
| 2.2 <i>Stepped Planing Hull</i> .....                                               | 7           |
| 2.3 <i>Computational Fluid Dynamic</i> .....                                        | 7           |
| 2.3.1 <i>Reynolds Averaged Navier Stokes (RANS)</i> .....                           | 7           |

|                                          |                                                                          |           |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.2                                    | <i>Time Step</i> pada Simulasi RANS.....                                 | 8         |
| 2.3.3                                    | <i>Meshing</i> .....                                                     | 8         |
| 2.3.4                                    | <i>Boundary Layer</i> .....                                              | 9         |
| 2.3.5                                    | <i>Boundary Condition</i> .....                                          | 9         |
| 2.3.6                                    | Metode <i>Shear-Stress Transport (SST <math>k - \omega</math>)</i> ..... | 10        |
| 2.3.7                                    | <i>Transient Solver</i> .....                                            | 10        |
| 2.4                                      | <i>Mesh Convergence</i> .....                                            | 11        |
| 2.5                                      | <i>Grid Independence</i> .....                                           | 12        |
| <b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b> |                                                                          | <b>13</b> |
| 3.1                                      | Diagram Alir.....                                                        | 13        |
| 3.2                                      | Ukuran Utama Kapal.....                                                  | 14        |
| 3.2.1                                    | Permodelan Desain Kapal .....                                            | 14        |
| 3.3                                      | <i>Boundary Condition</i> .....                                          | 15        |
| 3.4                                      | <i>Meshing</i> .....                                                     | 16        |
| 3.5                                      | <i>Solver Setting</i> .....                                              | 17        |
| 3.6                                      | Validasi .....                                                           | 17        |
| 3.6.1                                    | <i>Mesh Convergence</i> .....                                            | 18        |
| 3.6.2                                    | <i>Grid Independence</i> .....                                           | 18        |
| 3.7                                      | Variasi Penelitian.....                                                  | 18        |
| 3.7.1                                    | Variasi Sudut <i>Stepped Planing Hull</i> .....                          | 18        |
| 3.7.2                                    | Variasi Kecepatan.....                                                   | 19        |
| 3.8                                      | Studi Literatur .....                                                    | 20        |
| 3.9                                      | Analisis Hasil Simulasi .....                                            | 20        |
| <b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>  |                                                                          | <b>21</b> |
| 4.1                                      | Validasi Penelitian .....                                                | 21        |
| 4.1.1                                    | <i>Mesh Convergence</i> .....                                            | 21        |

|                                         |                                                 |           |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|
| 4.1.2                                   | <i>Grid Convergence Index</i> .....             | 24        |
| 4.1.3                                   | <i>Grid Independence</i> .....                  | 26        |
| 4.2                                     | Variasi Penelitian.....                         | 32        |
| 4.2.1                                   | Hambatan Total Kapal.....                       | 32        |
| 4.2.2                                   | Kontur Aliran Fluida .....                      | 36        |
| 4.2.3                                   | Hasil Variasi <i>Stepped Planing Hull</i> ..... | 56        |
| <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b> ..... |                                                 | <b>61</b> |
| 5.1                                     | Kesimpulan .....                                | 61        |
| 5.2                                     | Saran.....                                      | 62        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                   |                                                 |           |
| <b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>             |                                                 |           |
| <b>LAMPIRAN</b>                         |                                                 |           |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 3. 1</b> Ukuran Utama Kapal .....                                           | 14 |
| <b>Tabel 3. 2</b> Solver Setting.....                                                | 17 |
| <b>Tabel 3. 3</b> Variasi Sudut Kemiringan.....                                      | 19 |
| <b>Tabel 3. 4</b> Variasi Kecepatan .....                                            | 20 |
| <b>Tabel 4. 1</b> Mesh Convergence .....                                             | 21 |
| <b>Tabel 4. 2</b> Grid Independence.....                                             | 27 |
| <b>Tabel 4. 3</b> Grid Independence.....                                             | 28 |
| <b>Tabel 4. 4</b> Hasil Simulasi Variasi Kecepatan Lambung (De Marco et al., 2017) . | 33 |
| <b>Tabel 4. 5</b> Hasil Simulasi Variasi Sudut 45° .....                             | 33 |
| <b>Tabel 4. 6</b> Hasil Simulasi Variasi Sudut 90° .....                             | 34 |
| <b>Tabel 4. 7</b> Hasil Simulasi Variasi Sudut 135° .....                            | 34 |
| <b>Tabel 4. 8</b> Hasil Simulasi Variasi Kecepatan .....                             | 56 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2. 1</b> Stepped Planing Hull .....                                                                    | 7  |
| <b>Gambar 2. 2</b> Meshing .....                                                                                 | 9  |
| <b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir .....                                                                            | 13 |
| <b>Gambar 3. 2</b> Linesplan 1 Step .....                                                                        | 14 |
| <b>Gambar 3. 3</b> 3D Model 1 Step .....                                                                         | 15 |
| <b>Gambar 3. 4</b> Side View Boundary Condition .....                                                            | 16 |
| <b>Gambar 3. 5</b> Top View Boundary Condition .....                                                             | 16 |
| <b>Gambar 3. 6</b> Hasil Meshing .....                                                                           | 17 |
| <b>Gambar 3. 7</b> Variasi Sudut $45^{\circ}$ .....                                                              | 19 |
| <b>Gambar 3. 8</b> Variasi Sudut $90^{\circ}$ .....                                                              | 19 |
| <b>Gambar 3. 9</b> Variasi Sudut $135^{\circ}$ .....                                                             | 19 |
| <b>Gambar 4. 1</b> Grafik Mesh Convergence .....                                                                 | 21 |
| <b>Gambar 4. 2</b> Grafik Scale Residual Mesh 1270000 .....                                                      | 22 |
| <b>Gambar 4. 3</b> Grafik Scale Residual Mesh 1500000 .....                                                      | 23 |
| <b>Gambar 4. 4</b> Grafik Scale Residual Mesh 1680000 .....                                                      | 23 |
| <b>Gambar 4. 5</b> Grid Independence .....                                                                       | 27 |
| <b>Gambar 4. 6</b> Grid Independence .....                                                                       | 28 |
| <b>Gambar 4. 7</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 3.131 m/s: (a) contour pressure, (b) vector velocity .....       | 29 |
| <b>Gambar 4. 8</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 4.629 m/s: (a) contour pressure, (b) vector velocity .....       | 30 |
| <b>Gambar 4. 9</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 6.334 m/s: (a) contour pressure, (b) vector velocity .....       | 31 |
| <b>Gambar 4. 10</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 8.054 m/s: (a) contour pressure, (b) vector velocity .....      | 31 |
| <b>Gambar 4. 11</b> Grafik Hambatan Total Variasi Penelitian.....                                                | 34 |
| <b>Gambar 4. 12</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 1.63 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 37 |
| <b>Gambar 4. 13</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 2.93 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 37 |

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 4. 14</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 4.23 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 38 |
| <b>Gambar 4. 15</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 5.69 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 39 |
| <b>Gambar 4. 16</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 6.99 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 40 |
| <b>Gambar 4. 17</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 8.46 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 40 |
| <b>Gambar 4. 18</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 9.78 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 41 |
| <b>Gambar 4. 19</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 1.63m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction .....  | 42 |
| <b>Gambar 4. 20</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 2.93m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction .....  | 42 |
| <b>Gambar 4. 21</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 4.23m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction .....  | 43 |
| <b>Gambar 4. 22</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 5.69 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 44 |
| <b>Gambar 4. 23</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 6.99 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 44 |
| <b>Gambar 4. 24</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 8.46 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 45 |
| <b>Gambar 4. 25</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 9.78 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 45 |
| <b>Gambar 4. 26</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 1.63 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 46 |
| <b>Gambar 4. 27</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 2.93 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 47 |
| <b>Gambar 4. 28</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 4.23 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 47 |
| <b>Gambar 4. 29</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 5.69 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 48 |

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 4. 30</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 6.99 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 49 |
| <b>Gambar 4. 31</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 8.46 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 49 |
| <b>Gambar 4. 32</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 9.78 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 50 |
| <b>Gambar 4. 33</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 1.63 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 51 |
| <b>Gambar 4. 34</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 2.93 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 51 |
| <b>Gambar 4. 35</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 4.23 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 52 |
| <b>Gambar 4. 36</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 5.69 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 53 |
| <b>Gambar 4. 37</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 6.99 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 53 |
| <b>Gambar 4. 38</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 8.46 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 54 |
| <b>Gambar 4. 39</b> Visualisasi Aliran Kecepatan 9.78 m/s: (a) contour pressure, (b) water volume fraction ..... | 55 |
| <b>Gambar 4. 40</b> Grafik Hasil Variasi Kecepatan (De Marco et al., 2017) .....                                 | 56 |



## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran 1.** Lembar Konsultasi Pembimbing 1

**Lampiran 2.** Lembar Konsultasi Pembimbing 2