



UNIVERSITAS PERTAHANAN REPUBLIK INDONESIA

Optimasi Performa Lambung *Hybrid Autonomous Underwater Vehicle-Torpedo* Menggunakan Teknik *Computational Fluid Dynamic (CFD)* dan *Response Surface Methodology (RSM)*

MOH. HISNI ALFAN BAARIK

320210304014

**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI FISIKA**

BOGOR 2025

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Moh. Hisni Alfian Baarik
NIM : 320210304014
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Optimasi Performa Lambung *Hybrid Autonomous Underwater Vehicle-Torpedo* Menggunakan Teknik *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dan *Response Surface Methodology* (RSM)

Dosen Pembimbing I,



Dr. Ir. Rudi Lazuardi, S.Si., M.Si.
Kolonel Laut (KH). NRP. 12824

Tanggal : 22 Juli 2025

Dosen Pembimbing II,



M. Zuhnir P., S.Si., M.Eng.
Kolonel Tek. NRP. 522657

Tanggal : 11 Agustus 2025

Mengetahui,

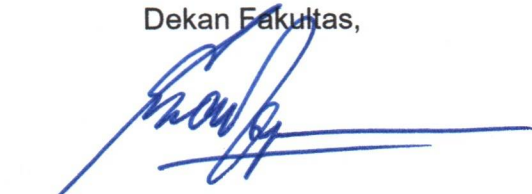
Kepala Program Studi Fisika,



M. Zuhnir P., S.Si., M.Eng.
Kolonel Tek. NRP. 522657

Tanggal : 11 Agustus 2025

Dekan Fakultas,



Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si.
Pembina Utama Muda IV/c

Tanggal : 11/8-2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Moh. Hlsni Alfian Baarik
NIM : 320210304014
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Optimasi Performa Lambung *Hybrid Autonomous Underwater Vehicle-Torpedo* Menggunakan Teknik *Computational Fluid Dynamic (CFD)* dan *Response Surface Methodology (RSM)*

No.	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dosen Pembimbing I Dr. Ir. Rudi Lazuardi, S.Si., M.Si. Kolonel Laut (KH) NRP. 12824		22/07/2025
2.	Dosen Pembimbing II M. Zuhnir Piliang, S.Si., M. Eng. Kolonel Tek NRP. 522657		11/08/2025
3.	Dosen Penguji I Adhi Kusumadjati, S.Pd., M.Si NIP. 199211172022031001		9/07/2025
4.	Dosen Penguji II Mutmainnah S.Si., M.Si. NIP. 199306162022032002		9/07/2025

PERNYATAAN ORSINILITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang undang yang berlaku.

Bogor, 11 Agustus 2025



Moh. Hisni Alfian Baarik

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Moh. Hisni Alfian Baarik
NIM : 320210304014
Program Studi : Sarjana Fisika
Fakultas : MIPA Militer
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Optimasi Performa Lambung Hybrid Autonomous Underwater Vehicle-Torpedo Menggunakan Teknik Computational Fluid Dynamic (CFD) dan Response Surface Methodology (RSM)

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Bogor

Pada tanggal : 11 Agustus 2025

Yang menyatakan



Moh. Hisni Alfian Baarik
NIM. 320210304014

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulisan skripsi dengan judul: " Optimasi Performa Lambung *Hybrid Autonomous Underwater Vehicle-Torpedo* Menggunakan Teknik *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dan *Response Surface Methodology* (RSM)" dapat diselesaikan.

Penyusunan skripsi ini ditujukan sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer Universitas Pertahanan RI.

Penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini Kadet Mahasiswa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kolonel Tek M. Zuhnir P., S.Si., M.Eng. dan Kolonel Laut (KH). Dr. Ir. Rudi Lazuardi, S.Si., M.Si. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai.
2. Dr. Ir. Kuntjoro Pinardi M.Sc dan Ardan Nagra Coutsar S.T., M.Han. Selaku pembimbing dari PT PAL Indonesia yang telah memberikan dukungan teknis serta wawasan praktis yang sangat membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.
3. Bapak Syahrawi dan Ibu Kis Laila Marwa, selaku orang tua peneliti, atas segala doa, kasih sayang, serta dukungan moril yang tidak pernah putus sepanjang proses studi hingga selesainya skripsi ini.
4. Muthi'ah Alfiah Yamin, selaku rekan sekaligus *support system* yang senantiasa memberikan semangat, motivasi, dan menemani peneliti dalam suka maupun duka selama proses penyusunan skripsi.
5. Keluarga besar Fisika CO2, khususnya rekan Gustav Irgi, atas bantuan, kebersamaan, serta diskusi-diskusi yang sangat membantu peneliti dalam memahami berbagai aspek ilmu selama proses penelitian.

6. Rekan-rekan JRK, yang selalu memberikan semangat, kebersamaan, serta dukungan selama proses penyusunan skripsi ini berlangsung.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan- kebaikan berbagai pihak atas bantuannya.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih kurang sempurna, oleh karena itu dengan kerendahan hati mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhirnya, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat terhadap pengembangan ilmu pertahanan dan bermanfaat bagi stakeholder terkait dalam upaya merancang kendaraan bawah air yang lebih efisien dan efektif, khususnya dalam mendukung misi pengintaian maupun serangan dalam lingkungan laut yang kompleks.

Bogor, 11 Agustus 2025

Moh. Hishni Alfian Baarik

ABSTRAK

Optimasi Performa Lambung *Hybrid Autonomous Underwater Vehicle-Torpedo* Menggunakan Teknik *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dan *Response Surface Methodology* (RSM)

Laut sebagai wilayah strategis membutuhkan sistem pertahanan bawah laut yang efisien dan adaptif, salah satunya melalui pengembangan *Hybrid Autonomous Underwater Vehicle-Torpedo* (*Hybrid AUV-Torpedo*) yang mampu menjalankan fungsi pengintaian dan serangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan desain lambung *Hybrid AUV-Torpedo* menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dan *Response Surface Methodology* (RSM). Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi geometri lambung terhadap performa hidrodinamik, khususnya terhadap koefisien *drag* (C_d) dan gaya hambat (*drag force*), serta kebutuhan daya efektif (*Effective Horsepower*). Desain variasi geometri dilakukan menggunakan *Box-Behnken Design* (BBD) yang menghasilkan 27 variasi berdasarkan parameter panjang lambung, panjang *nose*, diameter, dan panjang *tail*. Simulasi CFD menggunakan perangkat lunak ANSYS Fluent dilakukan untuk menghitung *drag force* dan EHP, dengan hasil menunjukkan bahwa diameter lambung, panjang lambung, panjang *nose* serta *tail* memiliki pengaruh signifikan terhadap performa hidrodinamik. Penggunaan metode RSM dalam analisis data simulasi CFD menghasilkan desain geometri optimal dengan C_d sebesar 0,0502, *drag force* sebesar 1278,2 N, dan EHP sebesar 26,06 HP. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi diameter kecil dan panjang lambung pendek menghasilkan *drag* yang lebih rendah, sehingga meningkatkan efisiensi energi kendaraan bawah air. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan desain *Hybrid AUV-Torpedo* yang lebih efisien dan efektif untuk aplikasi di lingkungan bawah laut.

Kata Kunci: AUV, Torpedo, CFD, RSM

ABSTRACT

Optimization of Hull Performance of a Hybrid Autonomous Underwater Vehicle-Torpedo Using Computational Fluid Dynamics (CFD) and Response Surface Methodology (RSM)

The ocean, as a strategic area, requires an efficient and adaptive underwater defense system, one of which is through the development of the Hybrid Autonomous Underwater Vehicle-Torpedo (Hybrid AUV-Torpedo), capable of performing reconnaissance and strike functions. This study aims to optimize the hull design of the Hybrid AUV-Torpedo using Computational Fluid Dynamics (CFD) and Response Surface Methodology (RSM). The main focus of this research is to analyze the effect of hull geometry variations on hydrodynamic performance, specifically on the drag coefficient (C_d), drag force, and effective horsepower (EHP). The geometric design variations were carried out using Box-Behnken Design (BBD), resulting in 27 variations based on the parameters of hull length, nose length, diameter, and tail length. CFD simulations using ANSYS Fluent software were conducted to calculate the drag force and EHP, with results showing that the hull diameter, hull length, nose length, and tail length significantly affect hydrodynamic performance. The use of RSM in the analysis of CFD simulation data resulted in an optimal hull design with C_d of 0.0502, drag force of 1278.2 N, and EHP of 26.06 HP. The findings of this study indicate that the combination of a small diameter and short hull length leads to lower drag, thus improving the energy efficiency of the underwater vehicle. This research makes a significant contribution to the development of more efficient and effective Hybrid AUV-Torpedo designs for underwater applications.

Keywords: AUV, Torpedo, CFD, RSM

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL DEPAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORSINILITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Pembatasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.5.1 Manfaat Teoritis.....	3
1.5.2 Manfaat Praktis	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Landasan Teori.....	5
2.1.1 <i>Unmanned Underwater Vehicle</i>	5
2.1.2 <i>Hybrid Autonomous Underwater Vehicle - Torpedo</i>	13
2.1.3 Prinsip Dasar Desain Lambung	16
2.1.4 <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	22
2.1.5 <i>Response Surface Methodology (RSM)</i>	26
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	29
2.3 Kerangka Berpikir.....	33

2.4	Hipotesis	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		36
3.1	Metode dan Desain Penelitian	36
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	37
3.3	Alat dan Bahan	38
3.3.1	Alat.....	38
3.4	Variabel Penelitian.....	39
3.5	Prosedur Penelitian	40
3.6	Metode Analisis	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		43
4.1	Hasil Penelitian	43
4.1.1	Desain Variasi Geometri dengan <i>Box-Behnken Design</i> (BBD)	43
4.1.2	Simulasi <i>Computational Fluid Dynamic</i> (CFD) terhadap Variasi Geometri	45
4.1.3	Optimasi <i>Response Surface Methodology</i> (RSM)	51
4.1.4	Analisis Hasil Optimasi <i>Response Surface Methodology</i> (RSM)	53
4.1.5	Simulasi Geometri Optimal.....	56
4.1.6	Perbandingan Antara Kalkulasi RSM dengan Simulasi CFD	59
4.2	Pembahasan	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		69
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran	70
DAFTAR PUSTAKA.....		71
LAMPIRAN 1.....		77
LAMPIRAN 2.....		79
LAMPIRAN 3.....		88
LAMPIRAN 4.....		90
LAMPIRAN 5.....		91
LAMPIRAN 6.....		93

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Klasifikasi Kendaraan Bawah Air.....	5
Gambar 2.2 XLUUV Boeing Echo Voyager.....	9
Gambar 2.3 Ukranian <i>Unmanned Torpedo</i>	10
Gambar 2.4 AUV Remus 600	11
Gambar 2.5 AUV Remus 100	12
Gambar 2.6 Program AUV Angkatan Laut AS	13
Gambar 2.7 Diagram Blok Unit Kontrol AUV	15
Gambar 2.8 <i>Warhead</i> MK 16.....	15
Gambar 2.9 Parameterisasi Geometri Lambung.....	19
Gambar 2.10 Gaya Hambat dan Gaya Angkat pada Bidang x-z yang Bekerja pada Lambung AUV.....	20
Gambar 2.11 Spektrum Metrik <i>Mesh Skewness</i> dan <i>Orthogonal Quality</i>	25
Gambar 2.12 Kerangka Berpikir Penelitian	33
Gambar 3.1 Prosedur Penelitian.....	40
Gambar 4.1 Pemodelan Optimasi <i>Box-Bhenken Design</i>	43
Gambar 4.2 Geometri Parameter 1.....	45
Gambar 4.3 Nilai <i>Skewwnes</i> dan <i>Orthogonal Quality</i> dari Setiap Simulasi Terhadap Variasi Geometri	47
Gambar 4.4 Nilai Koefisien <i>Drag</i> (Cd) dari Setiap Variasi Geometri.....	48
Gambar 4.5 Nilai Gaya Hambat dan EHP dari Setiap Variasi Geometri...50	50
Gambar 4.6 Hasil Optimasi RSM Antara Dimensi dengan Hasil Simulasi dari Setiap Geometri	52
Gambar 4.7 <i>Contour plot</i> Interaksi Gaya hambat terhadap (a) Diameter dan Panjang, (b) Diameter dan <i>Nose</i> , (c) Diameter dan <i>Tail</i>	54
Gambar 4.8 <i>Contour plot</i> Interaksi EHP terhadap (a) Diameter dan Panjang, (b) Diameter dan <i>Nose</i> , (c) Diameter dan <i>Tail</i>	55

Gambar 4.9 Bentuk Lambung <i>Hybrid AUV-Torpedo</i> Optimal	57
Gambar 4.10 Grafik Residual dengan 200 Iterasi Pada Geometri Optimal	57
Gambar 4.11 Grafik Koefisien <i>Drag</i> pada Geometri Optimal.....	57
Gambar 4.12 Kontur Distribusi Kecepatan pada Geometri Optimal	58



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kategori ROV	7
Tabel 2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	29
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian	37
Tabel 4.1 Variasi Geometri dari Optimasi BBD	44
Tabel 4.2 Geometri Optimal yang Dihasilkan dari Optimasi RSM	52
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Optimal Antara Kalkulasi RSM dengan Simulasi CFD	59

