



**KONSEPSI PENGGUNAAN *AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE* GUNA
MENINGKATKAN KEAMANAN BAWAH AIR DI LAUT NATUNA
*CONCEPT OF AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE UTILIZATION TO ENHANCE
UNDERWATER SECURITY IN THE NATUNA SEA***

FALENTINO PUTRA ARPAS¹, ARYA DELANO², PUNGKI KURNIAWAN³, PRIYONO⁴

Akademi Angkatan Laut, Jl. Bumimoro Morokrembangan, Surabaya, Jawa Timur, 60178,
Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: priyondy69@gmail.com

Abstract

As a maritime nation with vast sea territories, Indonesia faces significant challenges in safeguarding its waters, particularly in strategic regions such as the Natuna Sea. This area is vulnerable to various threats, including territorial violations, marine resource theft, and illegal underwater activities. This study aims to formulate a concept for the utilization of Autonomous Underwater Vehicles (AUVs) as an alternative solution to enhance underwater security systems in the region. The method employed is Research and Development (R&D), adopting model development steps and complemented by a Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (SWOT) analysis to assess the feasibility and effectiveness of AUVs in the context of Indonesian maritime defense. The research findings indicate that the main strength of AUVs lies in their technological capability to effectively detect underwater threats. Although they have weaknesses, such as high operational costs, dependency on imported components, and limitations in battery endurance and sonar capabilities, these factors do not significantly hinder AUV effectiveness. Major opportunities arise from global technological advancements, yet challenges remain due to insufficient government policy support. The threats faced include the risk of sabotage and extreme weather conditions. Therefore, the recommended strategies are to maximize the use of technology, strengthen supporting regulations, and address logistical and financial barriers to realize effective and sustainable AUV operations in the Natuna Sea.

Keywords: Autonomous Underwater Vehicle, Maritime Security, Natuna Sea.

Abstrak

Indonesia sebagai negara maritim dengan wilayah laut yang luas memiliki tantangan besar dalam menjaga keamanan wilayah perairannya, khususnya di kawasan strategis seperti Laut Natuna. Wilayah ini rawan terhadap berbagai bentuk ancaman seperti pelanggaran wilayah, pencurian sumber daya laut, serta aktivitas bawah air ilegal. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan konsepsi penggunaan *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV) sebagai solusi alternatif dalam meningkatkan sistem keamanan bawah laut di wilayah tersebut. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan mengadopsi langkah- langkah pengembangan model serta dilengkapi dengan analisis *Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats* (SWOT) untuk menilai kelayakan dan efektivitas AUV dalam konteks pertahanan laut Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan utama AUV terletak pada kemampuan teknologinya dalam mendeteksi ancaman bawah laut secara efektif. Meskipun memiliki kelemahan seperti tingginya biaya operasional, ketergantungan pada komponen impor, serta keterbatasan daya tahan baterai dan sonar, hal tersebut tidak secara signifikan menghambat efektivitas AUV. Peluang besar terbuka melalui perkembangan teknologi global, namun masih dihadapkan pada minimnya dukungan kebijakan pemerintah. Ancaman yang dihadapi meliputi risiko sabotase serta kondisi cuaca ekstrem. Oleh karena itu, strategi yang disarankan adalah memaksimalkan pemanfaatan teknologi, memperkuat regulasi pendukung, dan mengatasi hambatan logistik serta finansial guna mewujudkan pengoperasian AUV yang efektif dan berkelanjutan di wilayah Laut Natuna.

Kata kunci : *Autonomous Underwater Vehicle*, Keamanan Laut, Laut Natuna.

1. Pendahuluan.

Latar belakang penelitian ini berfokus pada kondisi geografis dan potensi maritim Indonesia, yang merupakan negara dengan jumlah pulau terbanyak di dunia, yakni 17.504 pulau, serta memiliki garis pantai terpanjang sepanjang 99.093 kilometer. Dengan luas lautan mencapai 6,32 juta kilometer persegi, Indonesia terletak strategis di antara dua samudera, yaitu Samudra Pasifik dan Samudra Hindia, serta dua benua, Asia dan Australia. Keberadaan ini menjadikan Indonesia sebagai negara maritim yang kaya akan sumber daya laut, namun juga menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam aspek keamanan, hukum, dan ekonomi. Salah satu wilayah yang sering mengalami ancaman adalah Laut Natuna, yang terletak di antara Semenanjung Malaya dan Borneo, dan berbatasan langsung dengan negara-negara seperti Malaysia, Singapura, dan Vietnam.

Laut Natuna memiliki luas wilayah yang signifikan, dengan cadangan minyak dan gas alam terbesar di kawasan Asia Pasifik. Keberadaan sumber daya ini menarik perhatian negara-negara lain, termasuk China, yang telah mengklaim sebagian wilayah Laut Natuna berdasarkan peta territorial yang mereka buat. Klaim ini, yang dikenal dengan istilah *Nine Dash Line*, menjadi sumber konflik teritorial yang serius, mengingat pelanggaran yang dilakukan oleh kapal-kapal China terhadap Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) Indonesia. Pelanggaran ini tidak hanya menciptakan ketegangan diplomatik, tetapi juga mengancam keamanan dan kedaulatan maritim Indonesia.

Ancaman yang dihadapi di Laut Natuna tidak hanya berasal dari klaim teritorial, tetapi juga dari praktik illegal fishing yang merusak ekosistem laut. Selain itu, terdapat juga penggunaan teknologi yang tidak sah, seperti *Unmanned Underwater Vehicles* (UUV) yang ditemukan beroperasi di perairan tersebut. Keberadaan UUV ini menunjukkan adanya upaya pengawasan yang dilakukan oleh negara asing, yang dalam konteks ini adalah China, untuk memperkuat klaim mereka atas wilayah tersebut. Strategi yang digunakan oleh China, yaitu *Grey Zone Strategy*, bertujuan untuk meningkatkan kepentingan nasional tanpa memicu konflik bersenjata, sehingga menambah kompleksitas situasi keamanan di Laut Natuna.



Gambar 1.1 AUV Gavia KRI Pulau Fani-731

Sumber : Diolah oleh peneliti (2025)

Dalam menghadapi berbagai ancaman ini, Indonesia perlu memanfaatkan teknologi modern untuk meningkatkan pengawasan dan keamanan di bawah laut. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah penggunaan *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV), yang merupakan kendaraan bawah air tanpa awak dengan berbagai kegunaan, termasuk survei perairan dan deteksi ancaman. AUV memiliki keunggulan dalam mengurangi risiko bagi penyelam manusia dan dapat melakukan pengawasan yang lebih efektif dibandingkan dengan sistem sonar tradisional yang saat ini digunakan. Dengan memanfaatkan kemampuan deteksi dan mobilitas AUV, diharapkan Indonesia dapat memperkuat keamanan maritim di Laut Natuna serta mencegah pelanggaran yang dilakukan oleh pihak asing.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi konsepsi penggunaan AUV dalam meningkatkan keamanan bawah air di Laut Natuna. Dengan mengidentifikasi berbagai tantangan yang dihadapi dan potensi yang dimiliki oleh AUV, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan strategi pengawasan maritim Indonesia. Melalui penggunaan teknologi yang tepat, diharapkan Indonesia dapat menjaga kedaulatan wilayah lautnya dan melindungi sumber daya alam yang ada, sehingga dapat mengurangi ancaman dari negara lain dan memastikan keamanan nasional.

2. Metode.

Metode penelitian ini menggunakan teknik analisis SWOT (*Strenghts*, *Weakness*, *Opportunities* dan *Threaths*) pada pendekatan R & D. Analisis SWOT memiliki tujuan untuk mengevaluasi kekuatan (*strengths*) dan peluang (*opportunities*), kelemahan (*weakness*) dan ancaman (*threaths*) untuk keamanan bawah laut Natuna. Menurut Rangkuti (2001), analisis SWOT merupakan identifikasi faktor strategis dengan sistematis dalam merumuskan strategi untuk mencapai tujuan penelitian. Peneliti membuat Matriks SWOT dengan menunjukkan delapan kotak yang berupa dua kotak sebelah kiri yang menggambarkan faktor eksternal (peluang dan ancaman), dua kotak paling atas menggambar faktor internal (kekuatan dan kelemahan) dan empat kotak lainnya adalah isu-isu strategis yang tergambar berdasarkan hasil pertemuan antara faktor eksternal dan internal. Peneliti menggunakan teori Setiawan Hari Purnomo dan Zulkieflimansyah (1999) bahwasannya terdapat empat alternatif strategi di analisis SWOT, yakni strategi SO, WO, ST dan WT.

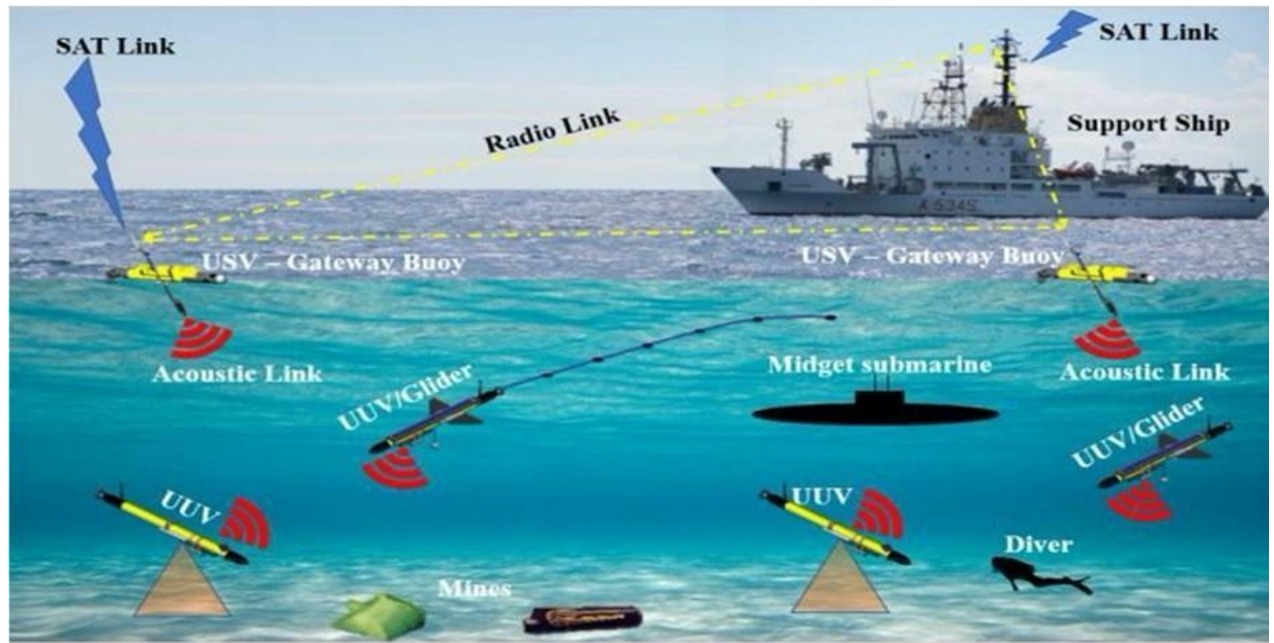
Penelitian pengembangan yang dilakukan adalah Konsepsi Penggunaan AUV Guna Meningkatkan Keamanan Bawah Air di Laut Natuna. Tujuan metode pengembangan dilakukan untuk mendapatkan produk dengan bentuk model atau modul yang bersifat efektif (Saputro, 2017). Berdasarkan Borg and Gall (2003) mengungkapkan terdapat 10 (sepuluh) langkah-langkah dalam pengembangan penelitian, namun pada pelaksanaan penelitian skripsi ini merupakan skala kecil yang bisa dihentikan pada langkah ke-7 (tujuh) karena jika melakukan penelitian dari langkah ke delapan hingga ke sepuluh harus mengeluarkan biaya yang besar serta cakupannya sangat luas, sehingga dapat memerlukan waktu yang lama. Pada penelitian melakukan konsep pengembangan dengan tujuh tahapan, sebagai berikut:

- a. Melaksanakan Penelitian Pendahuluan (Prasurvey/Preliminary). Penelitian awal (pra-survei) merupakan tahapan penting yang perlu dilakukan sebelum memulai penelitian, yakni dengan mengumpulkan informasi awal yang berkaitan dengan

gambaran umum suatu penelitian. Pengumpulan informasi tersebut berdasarkan literatur yang relevan, melaksanakan observasi, identifikasi masalah serta rumusan masalah yang akan diteliti.

- b. Perencanaan. Peneliti membuat rencana desain untuk pengembangan produk dengan menentukan tujuan dikembangkan, manfaat produk, siapa yang menjadi pengguna produk, lokasi penggunaan produk, dan alasan produk perlu dikembangkan.
- c. Pengembangan Bentuk Produk Awal. Peneliti melakukan pengembangan produk awal sebagai gambaran penggunaan.
- d. Melaksanakan Uji Coba Produk Awal. Konsep produk yang sudah di rancang dalam rangkaian proses sebelumnya akan diuji dalam tahapan ini. Uji coba suatu produk terdapat dua tahapan, yakni tahapan uji coba yang merupakan uji coba terbatas serta uji coba yang cakupannya lebih luas. Peneliti mengamati serta mencatat point-point yang penting ketika uji coba terbatas. Kemudian, hasil pengamatan tersebut dijadikan suatu pedoman ketika mengevaluasi dan mengembangkan konsep yang sudah dibuat.
- e. Revisi Produk Utama. Pada rangkaian proses ini dilakukan untuk menyempurnakan suatu produk ataupun bahan utama dengan hasil uji coba terbatas, wawancara, serta diskusi dengan para ahli.
- f. Melaksanakan Uji Coba Produk Utama. Uji coba dilakukan dengan cara dengan prosedur yang sesuai pada uji coba awal tetapi dapat melaksanakan uji coba yang lebih luas dengan metode lainnya.
- g. Revisi Produk Utama. Peneliti melakukan revisi atau evaluasi dalam menyempurnakan produk berdasarkan saran serta komentar mengenai hasil uji coba produk utama.

Peneliti melakukan perancangan metode yang tepat untuk pergerakan AUV agar pengawasan keamanan di bawah Laut Natuna dapat bergerak secara efektif dan efisien.



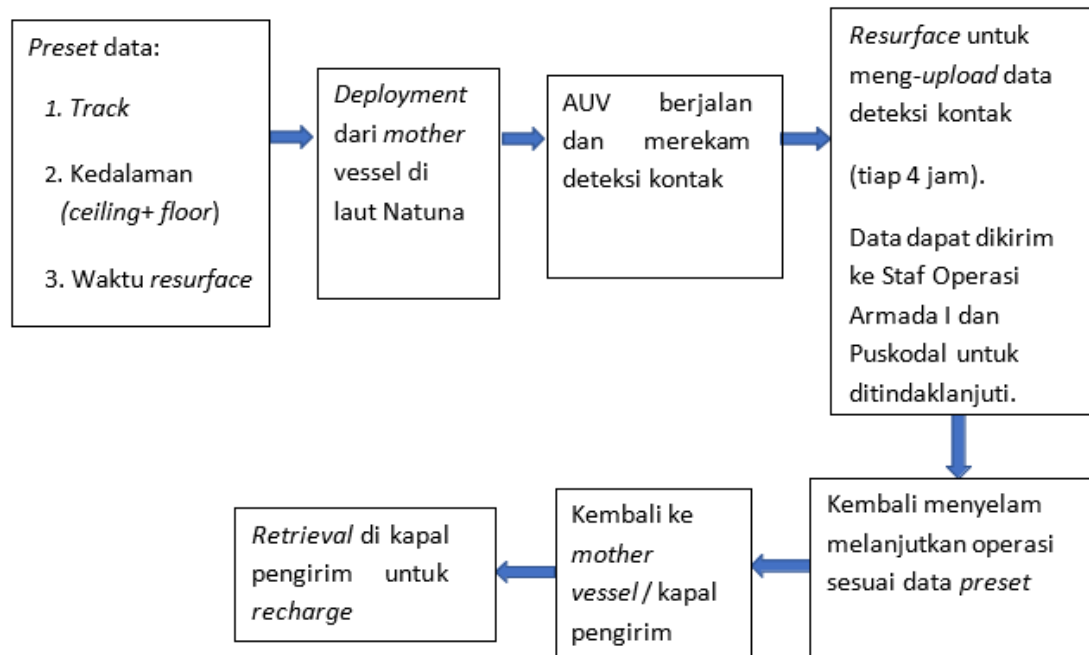
Gambar 2.1 Skenario konseptual dalam melakukan pemantauan

Sumber: (Terracciano et al., 2020)

Gambar di atas menunjukkan skenario pemantauan yang dilakukan oleh teknologi AUV yang bekerjasama dengan AUV lainnya untuk memberikan informasi dari jaringan komunikasi. Jaringan tersebut mempunyai sistem muatan dengan prosedur kerjanya yang beragam, seperti komunikasi, pengumpulan data, dan melakukan pemantauan secara *real-time*. Namun, pada dasarnya pemantauan pada AUV dapat digunakan secara individual apabila sudah sesuai muatan sistem yang diperlukan untuk proses pemantauan dari deteksi hingga pengiriman data.

3. Hasil dan Pembahasan.

3.1 Uji Coba Konsep Pengembangan. Berdasarkan tahap pengembangan menurut Borg & Gall bahwa sesudah melakukan penelitian, mengumpulkan informasi mengenai awal perencanaan, maka dilakukanlah pengembangan format produk awal yang berbentuk konsep awal penggunaan AUV untuk meningkatkan keamanan bawah air di laut Natuna. Penggunaan Informasi awal pada penelitian literasi maka tahap selanjutnya terbentuknya konsep awal yang meliputi tahapan pelaksanaan pengawasan keamanan bawah air, seperti gambar yang ditampilkan pada Gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1 Rancangan Konsep Pengembangan

Sumber: Diolah oleh peneliti (2025)

Dalam mencapai kondisi yang ideal guna meningkatkan keamanan bawah laut di perairan Natuna, maka dari itu pergerakan AUV dibawah air saat melakukan operasinya perlu diselaraskan dengan dimensi ruang perairan Natuna. Hal itu dikarenakan sifat laut yang tidak terbatas secara fisik, maka peletakan sistem pengawasan hanya pada perbatasan laut Natuna tidak akan optimal karena target pengawasan, yaitu kapal selam dan glider ilegal yang dapat melintas keluar masuk perairan Natuna.



Gambar 3.2 Area Laut Natuna Dan Track AUV

Sumber: Diolah oleh peneliti (2025)

Ilustrasi Gambar 3.2 adalah gambaran umum batas area laut Natuna (diarsir kuning) dan track AUV. Dalam Undang-undang Nomor 6 Tahun 1996 dilampirkan peta ilustratif tentang perairan Indonesia, yang berfokus di laut Natuna yang meliputi perairan pulau Bintan, perairan pulau-pulau Anambas, perairan pulau Natuna bagian Utara dan perairan pulau Natuna bagian Selatan, yaitu memberikan gambaran umum mengenai garis-garis pangkal yang dihubungkan sesuai dengan Konvensi perserikatan bangsa-bangsa tentang hukum laut.

3.2 Tim Ekspert (Narasumber). Pemilihan AUV yang akan digunakan di Laut Natuna dilakukan setelah proses tahapan Borg & Gall selanjutnya, yaitu uji coba awal. Dalam tahap uji coba awal, konsep awal yang telah dirancang di atas diuji menggunakan metode wawancara dan kuesioner sebagai tahap pertama, dan metode SWOT sebagai tahap kedua untuk menentukan pilihan AUV yang ideal. Ketiga metode tersebut melibatkan empat narasumber perwira TNI AL yang memiliki kualifikasi dalam bidang pekerjaan dan akademis berkaitan dengan AUV serta pendeteksian bawah air. Empat narasumber yang berkontribusi dalam penelitian ini antara lain:

- a. Paban Renum Srena Pushidrosal.
- b. Komandan KRI Pulau Fani-731.
- c. Komandan KRI Spica-934.
- d. Pabandya Renstra Renum Srena Pushidrosal.
- e. Dan Unit Survei 8 Pushidrosal.

Proses pengambilan data melalui wawancara dan kuesioner bertujuan untuk mengetahui informasi mengenai kekuatan (*strengths*) dan peluang (*opportunities*), kelemahan (*weakness*) dan ancaman (*threats*) untuk penggunaan AUV sebagai sistem keamanan bawah air di laut Natuna.

3.3 Hasil Kuesioner. Pengumpulan data primer tahap dua adalah pengajuan kuisisioner SWOT kepada para responden yang ahli di bidang penggunaan AUV guna mengetahui kekuatan (*strengths*) dan peluang (*opportunities*), kelemahan (*weakness*) dan ancaman (*threaths*) pada teknologi AUV guna meningkatkan keamanan bawah laut Natuna. Peneliti menyebarkan instrumen kuesioner kepada Pabandya Renstra Renum Srena Pushidrosal, Komandan KRI Spica- 934, Dan Unit Survei 8, dan Paban Renum Srena Pushidrosal. Kuesioner ini menggunakan skala Likert (1–4) untuk mengukur faktor-faktor yang mempengaruhi strategi penggunaan AUV di Laut Natuna. Pertanyaan dalam kuesioner dikelompokkan ke dalam empat elemen SWOT, sebagai berikut:

Tabel 3.1 Pernyataan dikelompokkan ke dalam empat elemen SWOT.

Elemen	Pernyataan	Fokus
Strength (S)	1-3	Kekuatan internal seperti teknologi, SDM, dan infrastruktur
Weakness (W)	4-6	Hambatan internal seperti biaya, baterai dan sonar, serta komponen impor
Opportunity (O)	7-8	Peluang eksternal dari dukungan pemerintah dan teknologi global
Threat (T)	9-10	Ancaman eksternal seperti sabotase dan kondisi cuaca ekstrem

Sumber: Diolah oleh peneliti (2025)

Berdasarkan sepuluh pernyataan yang dibagi berdasarkan empat elemen SWOT menunjukkan hasil kuesioner yang diisi oleh empat responden, sebagai berikut:

Tabel 3.2 Rekapitulasi hasil Kuesioner

No	Pernyataan	R1	R2	R3	R4
1.	Teknologi terbaru yang diterapkan pada AUV dapat meningkatkan keamanan bawah air di Laut Natuna	3	3	3	4
2.	Sumber daya manusia (SDM) memiliki kemampuan yang memadai untuk mengoperasikan AUV	2	1	1	4
3.	Fasilitas infrastruktur maritim sudah memadai untuk mendukung pengoperasian AUV	1	1	3	3
4.	Biaya operasional menjadi kendala utama dalam penggunaan AUV	2	1	2	4
5.	Ketergantungan pada komponen impor memengaruhi efektivitas penggunaan AUV.	3	4	3	4
6.	Keterbatasan daya tahan baterai dan sistem sonar pada AUV membatasi pengoperasiannya.	2	2	3	4
7.	Dukungan pemerintah dapat meningkatkan implementasi teknologi AUV di Laut Natuna	4	3	3	4
8.	kemajuan teknologi global dapat mempercepat pengembangan AUV di Indonesia	3	3	3	4
9.	Risiko sabotase dan penyelundupan memengaruhi efektivitas AUV	2	2	3	4
10.	Cuaca ekstrem menjadi hambatan signifikan dalam pengoperasian AUV.	4	4	3	4

Sumber: Diolah oleh peneliti (2025)

3.4 Penentuan Bobot SWOT. Bobot ditentukan berdasarkan proporsi rata-rata skor tiap faktor terhadap total seluruh skor. Semakin besar skor rata-rata suatu faktor, maka bobotnya juga akan lebih besar karena dianggap lebih dominan atau penting. Tujuan

adanya penentuan bobot SWOT, yaitu membandingkan tingkat pengaruh relatif antar faktor dalam mendukung atau menghambat strategi. Berdasarkan hasil seluruh skor pada nilai kuesioner sebesar 13,50 sehingga, dari hasil total skor tersebut menunjukkan rumus penentuan bobot, sebagai berikut:

$$\text{Bobot} = \frac{\text{Skor Rata-Rata Faktor}}{\text{Total Skor rata-rata seluruh faktor}}$$

Dalam analisis menggunakan tabel EFAS & IFAS, untuk tabel EFAS maka penentuan bobot di kelompokkan faktor eksternal yang meliputi peluang dan ancaman. Sedangkan pada faktor internal yaitu tabel IFAS meliputi kekuatan dan kelemahan.

Tabel 3.3 Penentuan Bobot SWOT Faktor Internal

Elemen	Pernyataan	Skor Rata- rata	Bobot (dari total 13.50)
<i>Strength</i>	Teknologi terbaru yang diterapkan pada AUV dapat meningkatkan keamanan bawah air di Laut Natuna	3,25	0,24
	Sumber daya manusia (SDM) memiliki kemampuan yang memadai untuk mengoperasikan AUV Fasilitas infrastruktur maritim sudah memadai untuk mendukung pengoperasian AUV	2	0,15
<i>Weakness</i>	Biaya operasional menjadi kendala utama dalam penggunaan AUV	2	0,15
	Ketergantungan pada komponen impor memengaruhi efektivitas penggunaan AUV.	2	0,15
	Keterbatasan daya tahan baterai dan sistem sonar pada AUV membatasi pengoperasiannya.	2,25	0,16
Jumlah		13,50	1

Sumber: Diolah oleh peneliti (2025)

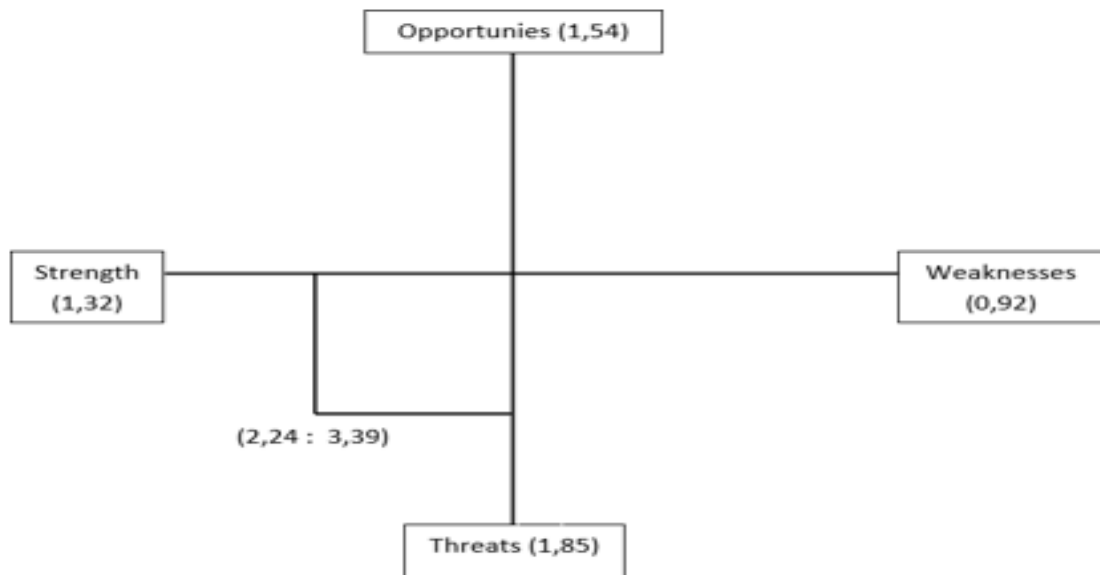
Tabel 4. 10 Penentuan Bobot SWOT Faktor Eksternal

Elemen	Pernyataan	Skor Rata- rata	Bobot (dari total 13.50)
<i>Opportunity</i>	Dukungan pemerintah dapat meningkatkan implementasi teknologi AUV di Laut Natuna	2,25	0,09

	kemajuan teknologi global dapat mempercepat pengembangan AUV di Indonesia	3,5	0,13
<i>Threat</i>	Risiko sabotase dan penyelundupan memengaruhi efektivitas AUV	3,5	0,13
	Cuaca ekstrem menjadi hambatan signifikan dalam pengoperasian AUV.	2,75	0,11
Jumlah		13,50	1

Sumber: Diolah oleh peneliti (2025)

Dari perhitungan diatas maka dapat diketahui bahwa nilai faktor peluang dan ancaman lebih tinggi dari kekuatan dan kelemahan, berdasarkan hasil table EFAS dan IFAS dari hasil identifikasi faktor-faktor tersebut maka dapat digambarkan dalam diagram SWOT sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Diagram Analisis SWOT

Sumber: Diolah oleh peneliti (2025)

Tabel 4. 16 Formulasi Strategi SWOT

<div>EFAS</div> <div>IFAS</div>	Strengths Faktor-Faktor Kekuatan	Weaknesses Faktor-Faktor Kelemahan
Opportunities Faktor-Faktor Peluang	Strategi SO - Memanfaatkan teknologi terbaru untuk mempercepat implementasi AUV di Laut Natuna dengan dukungan kebijakan pemerintah. - Mengoptimalkan kemampuan SDM untuk mengadopsi kemajuan teknologi global dalam meningkatkan efektivitas AUV.	Strategi WO - Mengurangi Ketergantungan impor dengan meningkatkan kolaborasi riset nasional seiring adanya dukungan pemerintah. - Mengembangkan baterai dan sistem sonar untuk memperpanjang daya tahan AUV
Treats Faktor-Faktor Ancaman	Strategi ST - Menggunakan teknologi terbaru untuk mendeteksi dini sabotase dan penyelundupan Meningkatkan infrastruktur maritim agar tahan terhadap cuaca ekstrem yang menghambat operasional AUV	Strategi WT - Mengelola biaya operasional secara efisien untuk menghadapi potensi kerugian akibat cuaca ekstrem. - Meningkatkan cadangan suku cadang lokal agar operasional AUV tidak terganggu jika ada sabotase atau embargo impor

Sumber: Diolah oleh peneliti (2025)

3.5 Hasil Akhir Rancangan Konsep Pengembangan. Berdasarkan hasil analisis SWOT terhadap implementasi teknologi AUV (Autonomous Underwater Vehicle) di Laut Natuna, diperoleh berbagai kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman yang menjadi dasar penyusunan konsep pengembangan. Konsep ini dirancang untuk memaksimalkan potensi yang ada, mengatasi tantangan, serta merespons peluang secara strategis.

- a. Strategi Pemanfaatan Kekuatan
 - 1) Optimalisasi teknologi terbaru. Teknologi AUV yang telah diterapkan mampu meningkatkan keamanan bawah laut Natuna. Konsep pengembangan: Implementasi sistem monitoring otomatis berbasis AI untuk mendeteksi ancaman lebih cepat dan akurat.
 - 2) Pengembangan kapasitas Sumber Daya Manusia (SDM). SDM sudah memiliki kemampuan masih belum memadai dalam pengoperasian AUV. Konsep pengembangan: Program training bersertifikat bertaraf internasional dan pelatihan teknis lanjutan untuk operator AUV guna meningkatkan daya saing global.
 - 3) Pemanfaatan Infrastruktur Maritim. Infrastruktur pendukung belum memadai. Konsep pengembangan: Optimalisasi pelabuhan, stasiun pengisian baterai, serta penguatan jaringan komunikasi bawah air.
- b. Strategi Mengatasi Kelemahan (*Weaknesses*).
 - 1) Efisiensi Biaya Operasional. Biaya tinggi menjadi hambatan utama penggunaan AUV. Konsep pengembangan: Mampu memproduksi sendiri suku cadang dari AUV dan kolaborasi multi-pihak untuk berbagi biaya operasional.
 - 2) Kemandirian Komponen Teknologi. Ketergantungan pada impor komponen memperlemah efektivitas AUV. Konsep pengembangan: Investasi pada industri lokal untuk produksi komponen sonar, navigasi, dan sistem baterai melalui kemitraan dengan perusahaan teknologi nasional.
 - 3) Inovasi Teknologi Energi. Batasan daya tahan baterai dan sonar masih menghambat operasi. Konsep pengembangan: R&D

intensif untuk pengembangan baterai berbahan graphene dan teknologi sonar berbasis gelombang adaptif untuk lingkungan tropis.

c. Strategi Pemanfaatan Peluang (*Opportunities*).

1) Dukungan Penuh dari Pemerintah. Terdapat potensi sinergi dengan program pemerintah dalam menjaga kedaulatan laut. Konsep pengembangan: Pembuatan track patroli bawah air pada AUV yang terintegrasi dalam kebijakan keamanan maritim nasional.

2) Pemanfaatan kemajuan teknologi global. Tren global di bidang AUV sangat pesat. Konsep pengembangan: Adopsi teknologi terbaru seperti *Autonomous Navigation System*, *Deep Learning Ocean Mapping*, dan *Hybrid Propulsion* untuk meningkatkan efektivitas operasi.

d. Strategi Mengantisipasi Ancaman (*Threats*).

1) Penguatan sistem keamanan operasional. Risiko sabotase dan penyelundupan masih tinggi. Konsep pengembangan: Integrasi cybersecurity dalam AUV serta peningkatan sistem identifikasi biometrik untuk operator AUV.

2) Adaptasi terhadap cuaca ekstrim. Operasional AUV sangat tergantung pada kondisi laut. Konsep pengembangan: Desain AUV generasi baru yang lebih tahan terhadap tekanan ekstrem, ombak besar, dan memiliki sistem adaptasi otomatis terhadap perubahan cuaca ekstrim.

4. Simpulan.

Berdasarkan hasil analisis terhadap penggunaan teknologi AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*) di Laut Natuna dengan memperhatikan kekuatan utama dan faktor ancaman yang menghambat efektivitas AUV maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Kekuatan utama teknologi AUV terletak pada kemampuannya untuk melakukan deteksi dini terhadap sabotase dan penyelundupan. Penggunaan sensor canggih dan teknologi kecerdasan buatan memungkinkan AUV mendeteksi ancaman secara real-time dan efisien, meningkatkan pengawasan bawah laut dan keamanan maritim.

b. Tantangan utama berasal dari kondisi cuaca ekstrem dan keterbatasan infrastruktur maritim di wilayah Laut Natuna. Operasional AUV sangat dipengaruhi oleh gelombang tinggi, badai, serta infrastruktur pendukung yang belum sepenuhnya memadai untuk menjamin keberlanjutan fungsi AUV dalam kondisi lingkungan yang tidak stabil.

c. Diperlukan strategi terpadu yang menggabungkan pemanfaatan teknologi canggih dengan peningkatan infrastruktur maritim. Dengan memperkuat fasilitas pendukung dan adaptasi terhadap kondisi alam, AUV dapat beroperasi secara optimal, sehingga memperkuat sistem pengawasan dan pertahanan laut Indonesia secara menyeluruh.

Melalui kesimpulan yang telah diuraikan, terlihat bahwa efektivitas AUV dapat dioptimalkan apabila didukung oleh peningkatan teknologi, kesiapan infrastruktur, serta sumber daya manusia yang kompeten. Oleh karena itu, saran-saran yang diajukan menekankan pentingnya kolaborasi lintas sektor, penguatan investasi teknologi, dan modernisasi fasilitas pendukung. Pendekatan yang integratif ini diharapkan mampu menjadikan AUV sebagai bagian dari sistem pertahanan laut yang adaptif, andal, dan berkelanjutan untuk menjaga kedaulatan wilayah perairan Indonesia, khususnya di kawasan strategis seperti Laut Natuna.

Daftar Rujukan.

- Agustian, A., Nazaki, & Nur, A. D. P. (2021). Pengawasan Pemerintah Provinsi Kepulauan Riau terhadap Penggunaan Obat Bius (POTASIAM) Oleh Nelayan Tradisional di Kecamatan Bunguran Utara. *Student Online Journal*, 798–809.
- Amani, N. K. (2021). Temuan Drone Bawah Laut di Indonesia Disorot Media Asing. *Liputan 6*. <https://www.liputan6.com/amp/4449232/temuan-drone-bawah-laut-di-indonesia-disorot-media-asing>
- Andriana, E. (2017). Konsepsi Kontekstual Guru Sekolah Dasar Pada Mata Pelajaran IPA. *Jurnal Untirta*, 19–24.
- Arletiko, T. (2017). Penegakan Hukum Di Perairan Indonesia Oleh Badan Keamanan Laut Menurut Uu No. 32 Tahun 2014 Tentang Kelautan. 11(1), 92–105.
- Asmaul Husna, B. S. (2017). Metodologi Penelitian dan Statistik (A. Said, B. Santoso, & A. Sosiawan (eds.); 1st ed., Issue september 2016).

- Fisabilillah, L., & Richard, M. B. A. (2023). Upaya Penanganan Illegal Fishing Di Laut Natuna Dalam Kajian Hukum Internasional. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(17), 439–447. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8314722>
- Freddy, Rangkuti, (2001). Analisis SWOT Teknik Membedah Kasus Bisnis. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Gafurov, S. A., & Klochkov, E. V. (2015). Autonomous Unmanned Underwater Vehicles Development Tendencies. *Procedia Engineering*, 106, 141–148. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.017>
- Gall, M., Borg, W., & Gall, J. (2003). Educational Research: An Introduction. *British Journal of Educational Studies*, 32. <https://doi.org/10.2307/3121583>
- Hariato, P. A., Eko, T., & Yumm, R. H. (2020). Pengaruh Kondisi Lingkungan terhadap Kemampuan Sonar KRI dalam Mendeteksi Kontak Bawah Air. *Jurnal Kelautan*, 13(1), 1–10.
- Hermawan, T., & Sutanto, R. (2022). Strategi Pertahanan Laut Indonesia Dalam Analisa Ancaman Dan Kekuatan Laut. *Jurnal Education and Development*, 10(2), 363–371.
- Harry Howe Ransom. (2023). The Intelligence Establishment: The Instruments & Institutions of American Purpose, 47–62. <https://doi.org/10.2307/j.ctt19x3gp9.7>
- Hyakudome, T. (2011). Design of Autonomous Underwater Vehicle. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 8(1), 122–130.
- Ikhsan, M. (2021). Mengenal Seaglider Bawah Laut Macam Milik China di Selayar. CNN Indonesia. <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20210104131236-199-589219/mengenal-seaglider-bawah-laut-macam-milik-china-di-selayar>
- Jain, S. K., Bora, S., & Singh, M. (2015). Makalah Tinjauan tentang: Kendaraan Bawah Air Otonom. 6(1871), 38–40.
- Kadar, A. (2015). Pengelolaan Kemaritiman Menuju Indonesia Sebagai Poros Maritim Dunia. *Jurnal Keamanan Nasional*, 1(3), 427–442. <https://doi.org/10.31599/jkn.v1i3.33>

- Manik, H. M., Syakti, A. D., Jaya, J. V., Apdillah, D., Solikin, S., Dwinovantyo, A., Fajaryanti, R., Siahaan, B. O., & Sanubari, M. (2017). Autonomous Underwater Vehicle untuk Survei dan Pemantauan Laut. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 13(1), 27–34. <https://doi.org/10.17529/jre.v13i1.5964>
- Nainggolan, P. P. (2015). Indonesia Dan Ancaman Keamanan Di Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI). *Kajian*, 20(3), 183–200. <https://dokumen.>
- Paull, L., Saeedi, S., Seto, M., & Li, H. (2013). Sensor-driven online coverage planning for autonomous underwater vehicles. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 18(6), 1827–1838. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2012.2213607>
- Puspitaningtyas, Z., & Kurniawan, A. W. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Yogyakarta: Pustaka Buku.
- RI, K. K. dan P. (2018). Laut Masa Depan Bangsa : kedaulatan, keberlanjutan, kesejahteraan. Kompas Media Nusantara.
- Royyan, A. (2023). Konsep Manajemen Risiko. *Jurnal Penelitian Ilmu Ekonomi Dan Keuangan Syariah (JUPIEKES)*, 1(3), 130–137. <https://doi.org/https://doi.org/10.59059/jupiekes.v1i3.322>
- Ruyat, Y. (2017). Peran Indonesia dalam Menjaga Wilayah Laut Natuna dan Menyelesaikan Konflik Laut Tiongkok Selatan. *Jurnal Kajian Lemhannas RI*, 29, 67–75.
- Sagena, W., U. (2013). Memahami Keamanan Tradisional Dan Non- Tradisional Di Selat Malaka: Isu-Isu Interaksi Antar Aktor. *Jurnal Interdependence*, 1, 72–91. <http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/JHII/article/view/1891/1435>
- Sahir, S. H. (2021). *Metodologi penelitian*. Penerbit KBM Indonesia.
- Saputro, B. (2017). *Manajemen penelitian pengembangan (research & development) bagi penyusun tesis dan disertasi*. Aswaja Presindo.
- Sara, S. N., Garnita, S., Wulansari, T., Putri, M. I., Hukum, J., Hukum, F., & Pasundan, U. (2023). Perspektif Hukum Internasional Dalam Sengketa Laut Natuna: Kasus Indonesia Dan China. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(17), 584–591. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8320611>

- Suriyadi, S., & Azmi, F. (2022). Pengembangan Manajemen Resiko Pada Instansi Pendidikan. *Warta Dharmawangsa*, 16(3), 543–553. <https://doi.org/10.46576/wdw.v16i3.2246>
- Sutisna, M., Sutisna, M., & Syahroni, M. (2022). Jurnal Kajian Stratejik Ketahanan Nasional Intelijen Strategis BAKAMLA RI dalam Melaksanakan Kolaborasi Institusi Keamanan Maritim untuk Ketahanan Nasional Intelijen Strategis BAKAMLA RI dalam Melaksanakan Kolaborasi Institusi Keamanan Maritim untuk Ketah. 5(1), 4–19. <https://doi.org/10.7454/jkskn.v5i1.10058>
- Septari, N. A., Gistyger Hasudungan Manullang, Aura Fatimah Azzahra S, Bernadine Grace Alvania M, & Gracella Martauli Lumbantoruan. (2022). Respon Indonesia Menghadapi Ancaman Cina Di Laut Natuna Utara Di Masa Kepemimpinan Presiden Joko Widodo. *Jurnal Lembaga Ketahanan Nasional Republik Indonesia*, 10(1), 10–18. <https://doi.org/10.55960/jlri.v10i1.267>
- Simorangkir, V. O., Nurul Muchlis, Umi Salamah, & Ari Trijurini. (2022). Konsepsi Penggunaan Auv Sebagai Underwater Surveillance Guna Meningkatkan Keamanan Bawah Air Di Alki. *Saintek: Jurnal Sains Teknologi Dan Profesi Akademi Angkatan Laut*, 15(2), 1417–1445. <https://doi.org/10.59447/saintek.v15i2.92>
- Siyoto, S., & Sodik, M. A. (2015). *Dasar metodologi penelitian. literasi media publishing*.
- Taufiqoerrochman, A. (2018). *Konsep Operasi Maritim Indonesia*. Pandiva Buku.
- Terracciano, D. S., Bazzarello, L., Caiti, A., Costanzi, R., & Manzari, V. (2020). Marine Robots for Underwater Surveillance. *Current Robotics Reports*, 1(4), 159–167. <https://doi.org/10.1007/s43154-020-00028-z>
- Tianur, Prayoga Suswanto, B., & Rahmawaty, M. (2023). Rancang Bangun Sistem Dan Mekanisme Underwater Rov (Remotely Operated Vehicle). *Austenit*, 15(2), 2023. <https://doi.org/10.53893/austenit.v15i>
- Wahab, F. (2019). Desain Awal Pembuatan Glider Autonomous Underwater Vehicle (AUV) *Parahyangan*. 4(1), 29–36. <https://doi.org/10.31544/jtera.v4.i1.2019.29-36>

Wicaksono, W. H., & Arief, R. (2022). Analisis Strategi Penangkalan TNI AL Dalam Menghadapi Ancaman Keamanan Maritim Di Laut Natuna Utara.

Jurnal Maritim Indonesia, 10(3), 249–263.

<https://doi.org/http://doi.org/10.52307//jmi.v9i2.117>

Yanti, N. L. P. M. P. (2022). Upaya Penyelesaian Konflik Kepulauan Natuna dalam Tinjauan Hukum Internasional (Kasus Sengketa Indonesia dengan China).

Jurnal Ilmu Hukum Sui Generis, 2(3), 79–85.