



## Analisa Alternatif Autonomous Vehicle untuk Pengawasan Maritim Indonesia

Ferian Azhari<sup>1</sup>, Amri Rahmatullah<sup>2</sup>, Munif Faisol<sup>3</sup>, Moch. Almufaridun<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Sekolah Staf dan Komando TNI Angkatan Laut, Indonesia

E-mail: [yebaviya2009@gmail.com](mailto:yebaviya2009@gmail.com)

| Article Info                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Abstract                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Article History</b><br>Received: 2025-09-10<br>Revised: 2025-10-15<br>Published: 2025-11-01<br><br><b>Keywords:</b><br><i>Autonomous Vehicle;<br/>Unmanned Surface<br/>Vehicles;<br/>Autonomous Underwater<br/>Vehicles;<br/>Unmanned Aerial<br/>Vehicles;<br/>Maritime Surveillance.</i>      | This study aims to determine the priority of Autonomous Vehicle (AV) technology alternatives for enhancing Indonesian maritime surveillance. The research employs the Analytical Hierarchy Process (AHP) method to compare three AV alternatives: Unmanned Surface Vehicles (USV) Sea Baby-style, Autonomous Underwater Vehicles (AUV) Hugin 1000, and Unmanned Aerial Vehicles (UAV) Scan Eagle. The evaluation criteria include effectiveness, cost, cyber resilience, industrial independence, and system interoperability. Results indicate that Offensive USV is the top priority with a score of 0.38766, followed by AUV (0.35346) and UAV (0.25887). Combat effectiveness is the most influential criterion (weight 0.45484). The study concludes that Offensive USV Sea Baby-style offers the best balance of stealth, cost efficiency, and operational effectiveness for Indonesia's vast maritime area.                     |
| Artikel Info                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Abstrak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Sejarah Artikel</b><br>Diterima: 2025-09-10<br>Direvisi: 2025-10-16<br>Dipublikasi: 2025-11-01<br><br><b>Kata kunci:</b><br><i>Autonomous Vehicle;<br/>Unmanned Surface<br/>Vehicles;<br/>Autonomous Underwater<br/>Vehicles;<br/>Unmanned Aerial<br/>Vehicles;<br/>Maritime Surveillance.</i> | Penelitian ini bertujuan menentukan prioritas alternatif teknologi <i>Autonomous Vehicle</i> (AV) untuk pengawasan maritim Indonesia. Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) digunakan untuk membandingkan tiga alternatif AV: <i>Unmanned Surface Vehicles</i> (Sea Baby-style), <i>Autonomous Underwater Vehicles</i> (Hugin 1000), dan <i>Unmanned Aerial Vehicles</i> (Scan Eagle). Kriteria evaluasi meliputi efektivitas, biaya, ketahanan siber, kemandirian industri, dan interoperabilitas sistem. Hasil analisis menunjukkan USV ofensif menjadi prioritas utama dengan skor 0,38766, diikuti AUV (0,35346) dan UAV (0,25887). Efektivitas tempur merupakan kriteria paling berpengaruh (bobot 0,45484). Simpulan studi menegaskan bahwa USV <i>Sea Baby-style</i> menawarkan kombinasi terbaik dari segi <i>stealth</i> , efisiensi biaya, dan efektivitas operasional untuk wilayah maritim Indonesia yang luas. |

### I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia dengan lebih dari 17.000 pulau memiliki wilayah maritim yang sangat luas, termasuk Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) seluas approximately 6,4 juta km<sup>2</sup>. Luasnya wilayah ini menimbulkan tantangan signifikan dalam menjaga kedaulatan dan keamanan maritim. Keterbatasan jumlah dan jangkauan kemampuan peralatan konvensional menjadi kendala utama dalam pelaksanaan pengawasan maritim yang efektif.

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi *Autonomous Vehicle* (AV) telah berkembang pesat dan menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan kemampuan pengawasan maritim. Penggunaan AV dalam bentuk *Unmanned Surface Vehicle* (USV), *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV), dan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) telah terbukti efektif dalam berbagai operasi maritim, seperti dalam konflik Ukraina-Rusia dimana gabungan USV dan UAV berhasil menembus pertahanan maritim Rusia.

Penelitian ini berfokus pada analisis perbandingan tiga alternatif teknologi AV untuk pengawasan maritim Indonesia menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Tujuannya adalah untuk menentukan prioritas pengembangan AV yang paling sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik wilayah maritim Indonesia, dengan mempertimbangkan berbagai kriteria teknis dan operasional.

### II. METODE PENELITIAN

#### A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode AHP untuk menganalisis prioritas pemilihan teknologi AV. AHP dipilih karena kemampuannya dalam menangani masalah *decision making* yang kompleks dengan *multiple criteria*.

#### B. Variabel dan Kriteria Penelitian

Penelitian ini menggunakan lima kriteria evaluasi yang ditetapkan berdasarkan studi literatur dan konsultasi dengan pakar bidang pertahanan maritim:

1. Efektivitas (*Effectiveness*)
2. Biaya (*Cost*)
3. Ketahanan Siber (*Cyber Resilience*)
4. Kemandirian Industri (*Industrial Independence*)
5. Interoperabilitas Sistem (*System Interoperability*)

Tiga alternatif AV yang dibandingkan antara lain:

1. USV (*Sea Baby-style*)
2. AUV (*Hugin 1000*)
3. UAV (*Scan Eagle*)

### C. Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui studi literatur dari jurnal internasional, publikasi pertahanan, dan kuisisioner yang disebarkan kepada enam pakar dari latar belakang operasi maritim, teknologi pertahanan, dan perencanaan strategis. Kuisisioner menggunakan skala *Saaty* 1-9 untuk *pairwise comparison*.

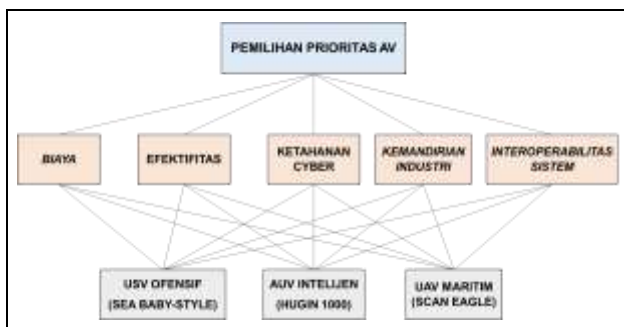
### D. Analisis Data

Data dianalisis menggunakan *software super decision* dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pembuatan hierarki keputusan
2. *Pairwise comparison* antar kriteria dan alternatif
3. Perhitungan bobot prioritas
4. Uji konsistensi (*Consistency Ratio* < 0,1)

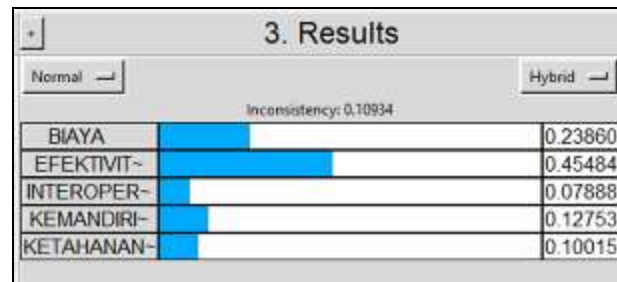
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur hierarki masalah disusun seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Hierarki Masalah

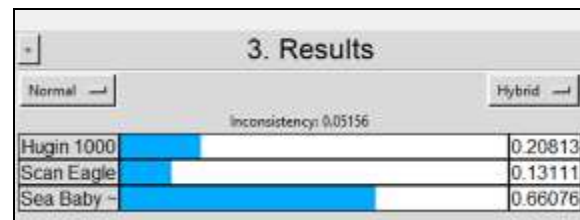
Hasil *pairwise comparison* antar kriteria menunjukkan bahwa efektivitas merupakan kriteria paling penting dengan bobot 0,45484, diikuti oleh biaya (0,23860), kemandirian industri (0,12753), ketahanan siber (0,10015), dan interoperabilitas sistem (0,07888). Nilai inconsistency 0,0934 memenuhi syarat konsistensi (<0,1).



**Gambar 2.** Hasil *pairwise comparison* antar kriteria

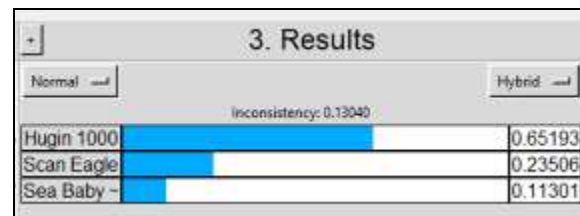
Proses selanjutnya adalah melaksanakan analisis alternatif AV yang ditentukan terhadap masing-masing kriteria penilaian.

1. USV memiliki keunggulan tertinggi pada kriteria efektivitas (0,66076) karena kemampuan *stealth* dan daya hancurnya yang telah teruji dalam operasi nyata.



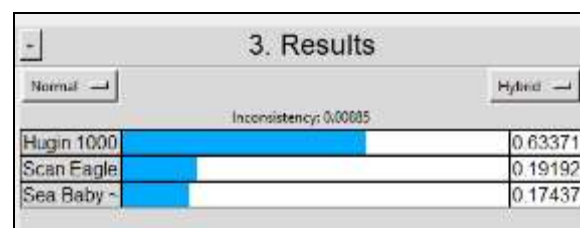
**Gambar 3.** Hasil *pairwise comparison* pada kriteria efektivitas

2. AUV unggul pada kriteria biaya (0,65193) karena kemampuan operasional yang panjang dan biaya pemeliharaan yang relatif rendah.



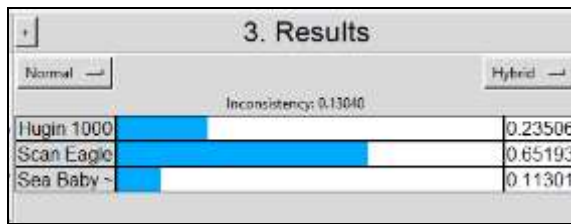
**Gambar 4.** Hasil *pairwise comparison* pada kriteria biaya

3. AUV juga unggul pada ketahanan siber (0,63371) karena operasi bawah air yang kurang rentan terhadap gangguan elektromagnetik.



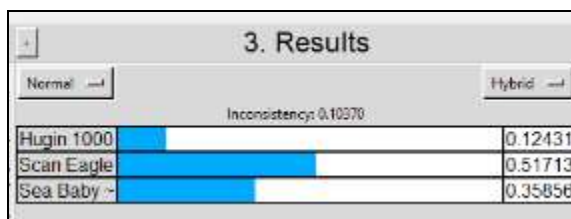
**Gambar 5.** Hasil *pairwise comparison* pada kriteria ketahanan siber

4. UAV paling unggul pada kemandirian industri (0,65193) karena teknologi yang lebih matang dan tersedianya *supply chain* yang lebih baik.



**Gambar 6.** Hasil *pairwise comparison* pada kriteria kemandirian industri

5. UAV unggul pada interoperabilitas sistem (0,51713) karena kemudahan integrasi dengan sistem komando *existing*.



**Gambar 6.** Hasil *pairwise comparison* pada kriteria interoperabilitas sistem

Setelah melaksanakan analisis alternatif AV yang ditentukan terhadap masing-masing kriteria penilaian secara parsial, maka tahapan selanjutnya adalah melaksanakan analisis secara komprehensif alternatif AV yang ditentukan terhadap seluruh kriteria penilaian.

1. USV unggul sebagai prioritas utama karena beberapa alasan strategis. Pertama, dari aspek efektivitas, USV memiliki kemampuan efektivitas yang telah teruji dalam konflik terkini. Kemampuan *stealth*-nya memungkinkan penetrasi area musuh tanpa terdeteksi. Kedua, dari segi biaya, meskipun bukan yang terendah, USV menawarkan *value for money* yang optimal dengan kombinasi kemampuan dan biaya operasional. Keunggulan USV dalam konteks geografis Indonesia terletak pada kemampuannya beroperasi di perairan teritorial yang luas dengan fleksibilitas tinggi. USV dapat dikerahkan untuk patroli rutin, penegakan hukum maritim, hingga misi anti-pembajakan. Kemampuan *swarm technology* pada USV modern juga memungkinkan pengawasan area yang lebih luas dengan *resources* terbatas.
2. AUV menempati peringkat kedua dengan keunggulan utama pada operasi intelijen bawah air. Dalam konteks pertahanan maritim Indonesia, AUV berperan penting dalam

mendeteksi ancaman bawah air seperti kapal selam musuh atau *underwater infrastructure tampering*. Keunggulan AUV pada ketahanan siber juga menjadi pertimbangan penting mengingat meningkatnya ancaman *cyber warfare* di domain maritim. Keterbatasan AUV terletak pada durasi operasi yang terbatas dan kebutuhan *support infrastructure* yang kompleks. Namun, untuk misi-misi khusus seperti pengawasan bawah air di selat strategis, AUV tetap menjadi pilihan yang tidak tergantikan.

3. UAV Maritim meskipun berada di peringkat ketiga, tetap memiliki peran penting dalam sistem pengawasan maritim terintegrasi. Keunggulan UAV terletak pada kemampuan *coverage area* yang luas dan *real-time monitoring*. Dalam konteks Indonesia, UAV sangat efektif untuk pengawasan perairan dangkal dan wilayah pesisir. Keterbatasan UAV terutama pada kerentanan terhadap cuaca buruk dan sistem pertahanan udara musuh. Namun, dengan perkembangan teknologi *stealth* dan *endurance* yang semakin baik, UAV tetap menjadi komponen penting dalam *architecture* pengawasan maritim modern.

## IV. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Berdasarkan analisis AHP yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. USV (*Sea Baby-style*) merupakan prioritas utama pengembangan AV untuk pengawasan maritim Indonesia dengan skor 0,38766. Keunggulan utama terletak pada efektivitas dan kemampuan *stealth* yang sesuai dengan kebutuhan operasi maritim Indonesia.
2. AUV (Hugin 1000) menempati peringkat kedua dengan skor 0,35346, unggul dalam aspek ketahanan siber dan biaya operasional jangka panjang.
3. UAV (Scan Eagle) berada pada peringkat ketiga dengan skor 0,25887, dengan keunggulan pada interoperabilitas sistem dan kemandirian industri.
4. Efektivitas menjadi kriteria paling menentukan dalam pemilihan AV dengan bobot 0,45484, mencerminkan pentingnya kemampuan operasional dalam konteks pertahanan maritim.

### B. Saran

Berdasarkan Simpulan diatas, dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Fokuskan pengembangan AV pada USV Ofensif sebagai *backbone* sistem pengawasan maritim Indonesia, dengan memperhatikan peningkatan kemampuan stealth dan integrasi sistem.
2. Tingkatkan kemandirian industri pertahanan melalui transfer teknologi dan pengembangan kapabilitas domestik untuk mengurangi ketergantungan pada teknologi impor.

#### DAFTAR RUJUKAN

Forder, R. A., & Jaiswal, N. K. Military Operations Research: Quantitative Decision Making. The Journal of the Operational Research Society, vol. 49. Springer Science & Business Media, 1998.

Maritime Robotics. "Enhancing Maritime Security through Partnership Collaboration." Maritime Robotics, 2023.

Naval Technology. "Norway to Build Low-Cost Interceptors and USVs in Ukraine." Naval Technology, 2023.

Purba, N. P., et al. "Development of Autonomous Multi-Sensor Ocean Monitoring Instrument Designed for Complex Archipelagic Waters." International Journal of Environmental Science and Technology 20, no. 10 (2023): 11451-60.

Roblin, S. "Videos Reveal Drone Kamikaze Boat Assault on Russia's Black Sea Fleet." Forbes, 2022.

Saaty, T. L. "Analytic Hierarchy Process." In Encyclopedia of Operations Research and Management Science, 52-64. Springer, 2013.