

Determining Maritime Defense Technology Priorities to Address Hybrid Threats and Protect Critical Underwater Infrastructure at Strategic Choke Points

Achmad Faisol^{#1}, Katibi^{#2}, Rina Marlina^{#3}

[#] Strategi Operasi Laut, Politeknik Angkatan Laut

Jalan Ciledug Raya No.2, Seskoal, Jakarta selatan, DKI Jakarta, Indonesia 12230

achmadfaisol2303@gmail.com

Abstract — The increasing exposure of critical underwater infrastructure (CUI) to hybrid threats calls for a defensible order of investment in maritime defense technologies. This study identifies the preferred technology and examines an implementation strategy for the Malacca–Singapore and Sunda Straits. It applies a mixed-method approach by combining the Analytic Hierarchy Process (AHP) with strengths, weaknesses, opportunities, and threats (SWOT) analysis, using the judgments and calculations documented in the source research. Operational effectiveness receives the highest criterion weight (0.57), followed by resilience to hybrid threats (0.29) and defense investment (0.14). The integrated underwater–surface sensor network ranks first (0.52), ahead of cognitive AI-based surveillance (0.29) and cyber-cognitive resilience (0.19). The SWOT assessment locates the organization in Quadrant III, suggesting a weakness–opportunity, or turnaround, approach. These findings support a phased development pathway: establish a trusted sensor layer, link heterogeneous sources to command and control, strengthen domestic maintenance capabilities, and progressively introduce AI and cyber safeguards. The resulting recommendation prioritizes a layered maritime awareness capability rather than the isolated purchase of individual technologies.

Keywords —critical underwater infrastructure; hybrid threats; maritime surveillance.

I. PENDAHULUAN

Kabel telekomunikasi, jalur energi, dan instalasi teknis di dasar laut jarang terlihat dalam pembicaraan keamanan sehari-hari. Padahal, gangguan pada infrastruktur tersebut dapat berdampak pada layanan publik, aktivitas ekonomi, dan kelancaran komunikasi nasional. Kerentanan itu menjadi lebih penting di kawasan selat sempit yang padat pelayaran, ketika aktivitas komersial, kepentingan negara, dan potensi tindakan tersembunyi berada dalam ruang yang sama. NATO membentuk mekanisme koordinasi khusus untuk keamanan infrastruktur bawah laut pada 2023 (NATO, 2023). Penguatan berikutnya dilakukan melalui *Baltic Sentry*, yang menambah perhatian pada patroli dan pemanfaatan teknologi pengawasan (NATO, 2025).

Selat Malaka–Singapura dan Selat Sunda memiliki arti khusus dalam konteks Indonesia. Keduanya bukan semata jalur pelayaran, melainkan kawasan yang membutuhkan pengamatan terhadap aktivitas di permukaan, kolom air, dan dasar laut. Dalam kerangka ancaman hibrida, kerusakan fisik pada *Critical Underwater Infrastructure* (CUI) dapat menyebabkan gangguan digital dan operasi informasi yang mengaburkan pelaku maupun tujuan (Hoffman, 2007). Pada situasi seperti ini, kebutuhan pertahanan tidak cukup dijawab dengan menambah satu jenis sensor. Data dari beragam sumber perlu dapat dipercaya, dipertukarkan, dan diolah sebagai dasar keputusan; pedoman manajemen risiko siber maritim juga menempatkan keandalan informasi sebagai bagian dari keselamatan dan ketahanan operasi (International Maritime Organization [IMO], 2024).

Tulisan ini berangkat dari pertanyaan yang praktis: teknologi mana yang perlu didahulukan ketika kemampuan, waktu, dan anggaran tidak tersedia tanpa batas? Dengan menggunakan hasil analisis dalam KKA Riset Operasi, artikel menyajikan kembali penentuan prioritas menggunakan AHP dan menerjemahkannya menjadi strategi melalui SWOT. Fokusnya adalah pembangunan kemampuan TNI Angkatan Laut yang berlapis dan berkelanjutan, bukan pengadaan teknologi secara terpisah.

Urgensi Pengamanan CUI dan Kesenjangan Kemampuan.

Risiko terhadap CUI memiliki karakter berbeda dari ancaman yang tampak jelas di permukaan. Pelaku dapat memanfaatkan lalu lintas kapal yang padat, kedalaman tertentu, gangguan akustik, dan keterbatasan kemampuan atribusi. Pola tindakan yang memadukan cara fisik, tidak teratur, dan informasi sejalan dengan kerangka ancaman hibrida Hoffman (2007). Sebuah kejadian yang pada awalnya terlihat sebagai kerusakan teknis dapat berkembang menjadi persoalan keamanan apabila disertai pola pergerakan yang tidak lazim atau manipulasi data. Sebaliknya, respons yang terlalu cepat tanpa bukti memadai juga berisiko menimbulkan kesalahan penilaian. Pembentukan sel koordinasi bawah laut oleh NATO memperlihatkan pentingnya pertukaran informasi untuk membantu verifikasi kejadian (NATO, 2023).

Tulisan ini mencatat pernyataan publik Kepala Staf TNI Angkatan Laut mengenai keterbatasan sensor tetap bawah laut dan capaian pengawasan jarak jauh pada 2025 (Rizaldi, 2025). Angka-angka yang dimuat dalam sumber tersebut menggambarkan kebutuhan memperkuat lapisan pemantauan bawah permukaan, tetapi tidak boleh dipahami sebagai audit menyeluruh atas setiap perangkat yang dimiliki TNI Angkatan Laut. Pada saat yang sama, perkembangan wahana bawah laut otonom yang dipublikasikan PT PAL Indonesia menunjukkan adanya ruang bagi pengembangan industri nasional, walaupun kematangan dan kesesuaian operasionalnya tetap perlu diuji secara terpisah (PT PAL Indonesia, 2025).

Di tingkat kawasan, pembahasan ASEAN *Defence Ministers' Meeting Retreat* pada Februari 2025 menempatkan kecerdasan buatan dan keamanan infrastruktur bawah laut sebagai topik perhatian bersama (Ministry of Defence Singapore, 2025). Pengalaman luar negeri juga menunjukkan bahwa pengamanan fisik tidak dapat dipisahkan dari kerja sama dengan operator infrastruktur sipil. Inisiatif *Baltic Sentry* menekankan keterlibatan berbagai kemampuan untuk menjaga keamanan aset bawah laut (NATO, 2025). Perangkat militer mungkin mampu mendeteksi perilaku mencurigakan, tetapi pemilik kabel, pengelola jaringan, dan otoritas sipil memiliki informasi teknis yang diperlukan untuk membedakan kerusakan rutin dari tindakan disengaja.

Rumusan Masalah dan Tujuan.

Penelitian memusatkan perhatian pada dua persoalan. Pertama, bagaimana urutan prioritas antara *Cognitive AI-Based Surveillance System*, *Integrated Underwater-Surface Sensor Network*, dan *Cyber-Cognitive Resilience* ketika dinilai dari efektivitas operasi, ketahanan terhadap ancaman hibrida, serta investasi pertahanan. Kedua, bagaimana prioritas itu dapat diwujudkan menjadi strategi pembangunan postur pengawasan maritim di Selat Malaka–Singapura dan Selat Sunda. Tujuannya adalah menghasilkan dasar pilihan yang dapat ditelusuri sekaligus arah implementasi yang realistis bagi organisasi pertahanan.

Landasan Yuridis.

Undang-Undang RI Nomor 3 Tahun 2002 menempatkan perlindungan kedaulatan, keutuhan wilayah, dan keselamatan bangsa sebagai tujuan pertahanan negara. Undang-Undang RI Nomor 3 Tahun 2025 tentang perubahan ketentuan TNI juga menjadi bagian dari kerangka tugas dan pembangunan kemampuan TNI. Kedua undang-undang tersebut menjadi dasar penyelenggaraan pertahanan negara yang diperkuat oleh Peraturan Menteri Pertahanan Nomor 12 Tahun 2023 tentang Doktrin Pertahanan Negara. Dalam pelaksanaannya, perlindungan infrastruktur strategis, termasuk infrastruktur bawah laut, memerlukan koordinasi dan kerja sama antara TNI, kementerian/lembaga terkait, serta pihak pengelola infrastruktur sesuai kewenangan masing-masing.

Kerangka Teoretis.

Perspektif pertahanan negara membantu menempatkan CUI sebagai bagian dari kepentingan nasional yang membutuhkan perpaduan sarana militer dan nirmiliter. Ancaman hibrida, menurut Hoffman (2007), menggabungkan cara konvensional dan tidak teratur dengan aktivitas lain yang saling menunjang. Konsep tersebut menjelaskan mengapa sebuah kabel di dasar laut tidak cukup dilindungi oleh patroli permukaan saja. Risiko bisa datang lewat aksi fisik, gangguan digital, maupun upaya memengaruhi persepsi publik secara serentak.

AHP dipilih karena keputusan investasi pertahanan kerap melibatkan ukuran yang tidak sejenis. Satu alternatif dapat unggul pada efektivitas operasi tetapi menuntut biaya dan keterampilan pemeliharaan yang lebih besar. Saaty (1980) menjelaskan bagaimana perbandingan berpasangan dapat mengubah pertimbangan semacam ini menjadi bobot prioritas. Pembahasan lanjut mengenai pengambilan keputusan AHP juga menekankan

konsistensi penilaian sebagai bagian penting dari keandalan hasil (Saaty, 2008). Namun bobot numerik tidak otomatis menggantikan pertimbangan komando, pengujian teknis, dan kebijakan anggaran.

Analisis SWOT digunakan setelah AHP untuk melihat apakah pilihan teknologi dapat diterapkan oleh organisasi yang ada. Weihrich (1982) mengusulkan kerangka TOWS untuk menghubungkan kemampuan internal dengan kondisi eksternal dan menghasilkan pilihan tindakan. Dengan cara tersebut, teknologi yang paling tinggi prioritasnya tidak serta-merta diperlakukan sebagai satu proyek besar yang selesai sekaligus; strategi harus mempertimbangkan kelemahan integrasi, kemampuan personel, peluang industri, dan perubahan ancaman.

II. METODE

Penelitian menggunakan pendekatan *mixed methods* yang menggabungkan keputusan multikriteria kuantitatif melalui AHP dan interpretasi strategis kualitatif melalui SWOT. Penilaian SWOT dalam tulisan ini melibatkan 12 *expert* melalui kuesioner dan *small group discussion*.

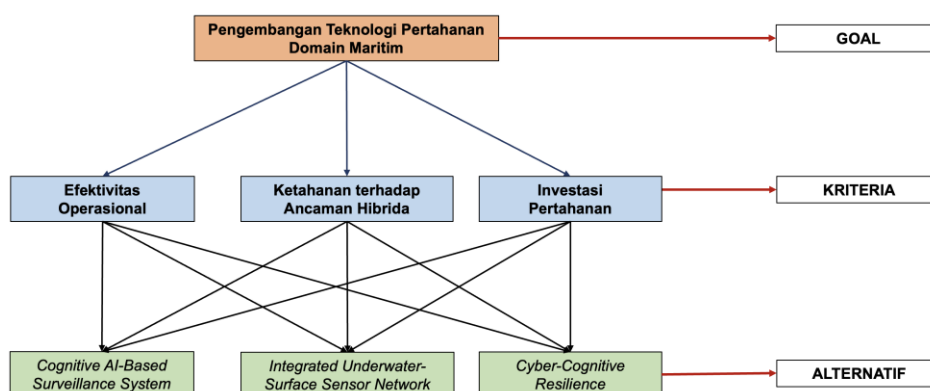
Hierarki AHP terdiri atas satu tujuan, tiga kriteria, dan tiga alternatif. Kriterianya ialah efektivitas operasional, ketahanan terhadap ancaman hibrida, dan investasi pertahanan. Alternatifnya adalah sistem pengawasan berbasis AI, jaringan sensor bawah laut–permukaan yang terintegrasi, serta ketahanan siber-kognitif. Matriks perbandingan berpasangan dinormalisasi untuk memperoleh bobot lokal dan sintesis akhir (Saaty, 1980). Dalam penilaian AHP, konsistensi penilaian merupakan bagian dari pengujian metodologis (Saaty, 2008).

Tahap berikutnya mengidentifikasi *strengths*, *weaknesses*, *opportunities* dan *threats*. Nilai faktor internal dan eksternal dari KKA dihimpun dalam IFAS dan EFAS untuk menentukan posisi kuadran. Kombinasi strategi pada kuadran terpilih dinilai menggunakan perkalian skor faktor yang tercantum dalam naskah sumber. Hasilnya ditafsirkan sebagai pilihan kebijakan dan kemampuan yang perlu dikembangkan secara bertahap.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan AHP.

Penentuan prioritas teknologi pertahanan domain maritim menggunakan metode AHP diawali dengan penyusunan struktur hierarki yang menggambarkan hubungan antara tujuan, kriteria penilaian, dan alternatif teknologi. Struktur tersebut disusun untuk memudahkan proses perbandingan dan pembobotan setiap alternatif secara sistematis. Adapun struktur hierarki AHP yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar berikut:



Gambar 1. Struktur Hierarki AHP

Sumber: Data diolah peneliti, 2026.

Kriteria Penilaian.

Ketiga kriteria menunjukkan urutan kepentingan yang cukup tegas. Efektivitas operasional memiliki bobot 0,57, disusul ketahanan terhadap ancaman hibrida 0,29 dan investasi pertahanan 0,14. Proporsi tersebut menggambarkan bahwa kemampuan melihat, mengenali, dan menindaklanjuti indikasi ancaman dipandang lebih mendesak daripada pertimbangan biaya awal semata. Namun komponen investasi tetap diperlukan agar solusi yang dipilih tidak berhenti sebagai demonstrasi teknologi.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kriteria

KRITERIA	BOBOT	INTERPRETASI
Efektivitas Operasional	0,57	Prioritas pada kebutuhan deteksi dan respons
Ketahanan Terhadap Ancaman Hibrida	0,29	Kemampuan sistem menghadapi ancaman hibrida secara efektif dan berkelanjutan.
Investasi Pertahanan	0,14	Kelayakan investasi berdasarkan biaya, manfaat operasional, dan keberlanjutan teknologi

Sumber: Data diolah peneliti, 2026

Kebutuhan efektivitas dalam konteks *choke points* tidak sama dengan kebutuhan memantau semua objek sepanjang waktu. Sistem yang baik harus membantu operator membedakan lalu lintas normal, anomali yang perlu diselidiki, dan kejadian yang memerlukan tindakan segera. Sensor bawah laut memberikan satu jenis bukti, sedangkan radar, *Automatic Identification System* (AIS), pengamatan visual, dan informasi operator kabel memberikan konteks yang berbeda. Nilai operasional muncul ketika berbagai bukti itu dihubungkan menjadi gambaran situasi yang dapat dipahami dan dipertanggungjawabkan.

Prioritas Teknologi Pertahanan Maritim.

Tabel 2. Prioritas Teknologi Pertahanan Maritim

ALTERNATIF TEKNOLOGI	NILAI PRIORITAS	PERINGKAT
Integrated Underwater-Surface Sensor Network	0,52	1
Cognitive AI-Based Surveillance System	0,29	2
Cyber-Cognitive Resilience	0,19	3

Sumber: Data diolah peneliti, 2026

Jaringan sensor terintegrasi memperoleh prioritas pertama dengan skor 0,52. Nilai tersebut menunjukkan kebutuhan paling mendasar berupa kemampuan membangun aliran data pengamatan yang berkesinambungan antara bawah laut dan permukaan. Sistem berbasis AI (0,29) berada pada tahap penguatan kemampuan pengolahan, sedangkan ketahanan siber-kognitif (0,19) melindungi keandalan informasi serta proses pengambilan keputusan. Peringkat ini menunjukkan urutan penekanan investasi, bukan alasan untuk mengabaikan keamanan siber ketika lapisan sensor pertama kali dibangun.

Pemilihan prioritas tersebut juga mempertimbangkan keterkaitan dan ketergantungan antarteknologi dalam mendukung efektivitas pengawasan maritim. Kemampuan AI dalam mendeteksi anomali sangat bergantung pada ketersediaan data yang memadai, akurat, dan sesuai dengan kebutuhan operasional. Tanpa dukungan jaringan sensor yang terintegrasi serta standar pertukaran data yang jelas, pemanfaatan AI berpotensi menghasilkan analisis yang kurang akurat akibat keterbatasan dan fragmentasi informasi. Di sisi lain, jaringan sensor yang telah terintegrasi tetap memerlukan perlindungan siber untuk mencegah manipulasi data yang dapat memengaruhi keandalan informasi dan ketepatan pengambilan keputusan komando. Oleh karena itu, pengembangan jaringan sensor terintegrasi, pemanfaatan AI, dan penguatan ketahanan siber perlu dilaksanakan secara bertahap dan saling mendukung guna menghasilkan sistem pengawasan maritim yang andal.

Analisis SWOT.

Untuk merumuskan strategi penguatan postur pertahanan TNI Angkatan Laut dalam menghadapi ancaman hibrida guna mengamankan *Critical Underwater Infrastructure* (CUI) di wilayah *choke points* strategis Selat Malaka/Singapura dan Selat Sunda, peneliti menggunakan metode SWOT dengan menganalisis faktor internal (*strengths* dan *weaknesses*), serta faktor eksternal (*opportunities* dan *threats*). Hasil analisis tersebut digunakan untuk menentukan strategi yang tepat dalam mengoptimalkan pengembangan teknologi pertahanan maritim berdasarkan kondisi dan kebutuhan operasional TNI Angkatan Laut, melalui tahapan sebagai berikut:

- Menentukan faktor-faktor internal.

Tabel 3. Faktor-Faktor Internal (*Internal Factors Analysis Summary* / IFAS)

Faktor – Faktor Internal	
<i>Strengths</i>	<i>Weaknesses</i>
Kompetensi prajurit TNI AL.	Keterbatasan sistem sensor dan pengawasan bawah laut.
Sistem komando dan kendali (C2) yang jelas dan terpusat.	Belum optimalnya integrasi sistem pengawasan permukaan dan bawah laut.
Ketersediaan unsur operasi maritim.	Terbatasnya pemanfaatan teknologi pertahanan.
Kemampuan intelijen maritim.	Ketahanan siber dalam sistem pertahanan maritim belum optimal.

Sumber: Data diolah peneliti, 2026

- b. Menentukan faktor-faktor eksternal.

Tabel 4. Faktor-Faktor Eksternal (*External Factors Analysis Summary / EFAS*)

Faktor – Faktor Eksternal	
<i>Opportunities</i>	<i>Threats</i>
Perkembangan teknologi pertahanan.	Meningkatnya ancaman hibrida.
Dukungan kebijakan pemerintah.	Meningkatnya aktivitas <i>grey zone</i> di wilayah maritim strategis.
Perkembangan kemampuan industri pertahanan nasional.	Meningkatnya rivalitas geopolitik pada <i>choke points</i> strategis.
Peluang kerja sama pertahanan internasional.	Penggunaan teknologi oleh actor ancaman.

Sumber: Data diolah peneliti, 2026

- c. Perhitungan bobot faktor-faktor internal dan eksternal.

Berdasarkan identifikasi *strengths*, *weaknesses*, *opportunities* dan *threats* di atas, selanjutnya dilakukan penyebaran kuisioner kepada 12 orang *expert* (melalui *Small Group Discussion/SGD*) untuk mengetahui nilai bobot faktor-faktor internal dan eksternal, dengan nilai bobot berkisar antara 0.0 (Tidak Penting), 0.25 (Kurang Penting), 0.5 (Cukup Penting), 0.75 (Penting) dan 1.0 (Sangat Penting).

Tabel 5. Matriks Perhitungan Bobot Faktor-faktor Internal

No.	Faktor Internal	Nilai					Jml	Total	Bobot
		TP 0	KP 0,25	CP 0,5	P 0,75	SP 1			
	<i>Strengths</i>								
1.	Kompetensi prajurit TNI AL.			2	5	5	12	9,75	0,295
2.	Sistem komando dan kendali (C2) yang jelas dan terpusat.			5	5	2	12	8,25	0,250
3.	Ketersediaan unsur operasi maritim.		2	3	5	2	12	7,75	0,235
4.	Kemampuan intelijen maritim.		4	2	3	3	12	7,25	0,220
								33	1
	<i>Weaknesses</i>								
1.	Keterbatasan sistem sensor dan pengawasan			4	4	4	12	9	0,273

	bawah laut.								
2.	Belum optimalnya integrasi sistem pengawasan permukaan dan bawah laut.		2	3	4	3	12	8	0,242
3.	Terbatasnya pemanfaatan teknologi pertahanan.			5	4	3	12	8,5	0,258
4.	Ketahanan siber dalam sistem pertahanan maritim belum optimal.		3	2	5	2	12	7,5	0,227
								33	1

Sumber: Data diolah peneliti, 2026

Tabel 6. Matriks Perhitungan Bobot Faktor-faktor Eksternal

No.	Faktor Eksternal	Nilai					Jml	Total	Bobot
		TP 0	KP 0,25	CP 0,5	P 0,75	SP 1			
	Opportunities								
1.	Perkembangan teknologi pertahanan.			4	4	4	12	9	0,288
2.	Dukungan kebijakan pemerintah.		4	3	5		12	6,25	0,200
3.	Perkembangan kemampuan industri pertahanan nasional.		2	2	4	4	12	8,5	0,272
4.	Peluang kerja sama pertahanan internasional.		3	3	3	3	12	7,5	0,240
								31,25	1
	Threats								
1.	Meningkatnya ancaman hibrida.		3	4	3	2	12	7	0,230
2.	Meningkatnya aktivitas <i>grey zone</i> di wilayah maritim strategis.		4	4	4		12	6	0,197
3.	Meningkatnya rivalitas geopolitik pada <i>choke points</i> strategis.			3	4	5	12	9,5	0,311
4.	Penggunaan teknologi oleh actor ancaman.		3	2	3	4	12	8	0,262
								30,5	1

Sumber: Data diolah peneliti, 2026

d. Perhitungan rating faktor-faktor internal dan eksternal.

Selanjutnya melakukan perhitungan rating faktor-faktor internal dan eksternal berdasarkan hasil kuesioner yang telah diberikan kepada 12 orang *expert* (melalui *Small Group Discussion/SGD*), dengan rentang nilai 1 – 4, dengan rincian 1 (Tidak Signifikan), 2 (Cukup Signifikan), 3 (Signifikan), dan 4 (Sangat Signifikan).

Tabel 7. Matriks Perhitungan Rating Faktor-faktor Internal

No.	Faktor Internal	Nilai	Jml	Total	Rating
-----	-----------------	-------	-----	-------	--------

		TS 1	CS 2	S 3	SS 4			
	Strengths							
1.	Kompetensi prajurit TNI AL.		2	4	6	12	40	3,333
2.	Sistem komando dan kendali (C2) yang jelas dan terpusat.		4	3	5	12	37	3,083
3.	Ketersediaan unsur operasi maritim.	1	2	5	4	12	36	3,000
4.	Kemampuan intelijen maritim.	2	5	3	2	12	29	2,417
	Weaknesses							
1.	Keterbatasan sistem sensor dan pengawasan bawah laut.		2	5	5	12	39	3,250
2.	Belum optimalnya integrasi sistem pengawasan permukaan dan bawah laut.		3	4	5	12	38	3,167
3.	Terbatasnya pemanfaatan teknologi pertahanan.		3	5	4	12	37	3,083
4.	Ketahanan siber dalam sistem pertahanan maritim belum optimal.		4	6	2	12	34	2,833

Sumber: Data diolah peneliti, 2026

Tabel 8. Matriks Perhitungan Rating Faktor-faktor Eksternal

No.	Faktor Eksternal	Nilai				Jml	Total	Rating
		TS 1	CS 2	S 3	SS 4			
	Opportunities							
1.	Perkembangan teknologi pertahanan.		3	3	6	12	39	3,250
2.	Dukungan kebijakan pemerintah.	2	5	3	2	12	29	2,417
3.	Perkembangan kemampuan industri pertahanan nasional.		3	5	4	12	37	3,083
4.	Peluang kerja sama pertahanan internasional.		4	5	3	12	35	2,917
	Threats							
1.	Meningkatnya ancaman hibrida.	4	3	3	2	12	27	2,250
2.	Meningkatnya aktivitas grey zone di wilayah maritim strategis.		4	3	5	12	37	3,083
3.	Meningkatnya rivalitas geopolitik pada choke points strategis.		3	3	6	12	39	3,250
4.	Penggunaan teknologi oleh actor ancaman.	2	2	4	4	12	34	2,833

Sumber: Data diolah peneliti, 2026

- e. Perhitungan skor dari faktor-faktor internal dan eksternal.

Melakukan perhitungan skor dari *Internal Factor Analysis Summary* (IFAS) dan *External Factor Analysis Summary* (EFAS), sebagai berikut:

Tabel 9. *Internal Factor Analysis Summary* (IFAS)

No	<i>Internal factor Analysis Summary</i> (IFAS)	Bobot	Rating	Skor
	Strengths			
1.	Kompetensi prajurit TNI AL.	0,295	3,333	0,983
2.	Sistem komando dan kendali (C2) yang jelas dan terpusat.	0,250	3,083	0,771
3.	Ketersediaan unsur operasi maritim.	0,235	3,000	0,705
4.	Kemampuan intelijen maritim.	0,220	2,417	0,532
	Total Strengths			2,991
	Weaknesses			
1.	Keterbatasan sistem sensor dan pengawasan bawah laut.	0,273	3,250	0,887
2.	Belum optimalnya integrasi sistem pengawasan permukaan dan bawah laut.	0,242	3,167	0,766
3.	Terbatasnya pemanfaatan teknologi pertahanan.	0,258	3,083	0,795
4.	Ketahanan siber dalam sistem pertahanan maritim belum optimal.	0,227	2,833	0,643
	Total Weaknesses			3,092

Sumber: Data diolah peneliti, 2026

Tabel 10. *External Factor Analysis Summary* (EFAS)

No	<i>External factor Analysis Summary</i> (EFAS)	Bobot	Rating	Skor
	Opportunities			
1.	Perkembangan teknologi pertahanan.	0,288	3,250	0,936
2.	Dukungan kebijakan pemerintah.	0,200	2,417	0,483
3.	Perkembangan kemampuan industri pertahanan nasional.	0,272	3,083	0,839
4.	Peluang kerja sama pertahanan internasional.	0,240	2,917	0,700
	Total Opportunities			2,958
	Threats			
1.	Meningkatnya ancaman hibrida.	0,230	2,250	0,518
2.	Meningkatnya aktivitas <i>grey zone</i> di wilayah maritim strategis.	0,197	3,083	0,607
3.	Meningkatnya rivalitas geopolitik pada <i>choke points</i> strategis.	0,311	3,250	1,011
4.	Penggunaan teknologi oleh actor ancaman.	0,262	2,833	0,742
	Total Threats			2,878

Sumber: Data diolah peneliti, 2026

- f. Menentukan koordinat SWOT.

Setelah mendapatkan nilai dari masing-masing aspek, maka dilakukan penentuan koordinat SWOT dengan menggunakan matriks koordinat sebagai berikut:

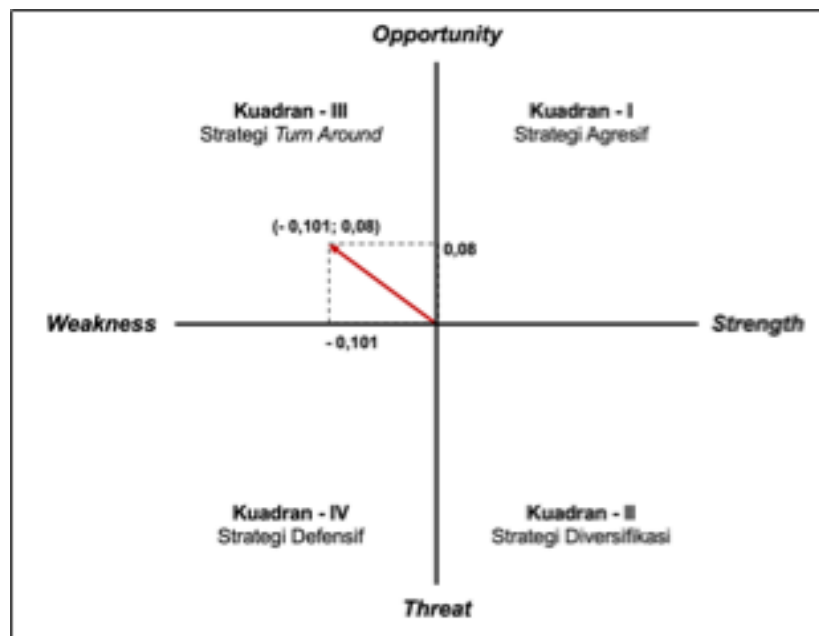
Tabel 11. Tabel Matriks Koordinat SWOT

INTERNAL (X)	NILAI	EKSTERNAL (Y)	NILAI
<i>Strength</i>	2,991	<i>Opportunity</i>	2,958
<i>Weakness</i>	3,092	<i>Threat</i>	2,878
Selisih	- 0,101	Selisih	0,08

Sumber: Data diolah peneliti, 2026

g. Membuat grafik diagram SWOT.

Setelah mendapatkan analisa dari faktor-faktor yang mempengaruhi dari internal maupun eksternal, maka dapat diketahui kuadran strategi terpilih dan matriks strategi untuk digunakan sebagai pemecahan masalah, seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Diagram SWOT

Sumber: Data diolah peneliti, 2026

Dari hasil analisis SWOT diketahui bahwa hasil perhitungan berada pada Kuadran III (W - O), sehingga strategi yang digunakan adalah model Strategi *Turnaround*. Strategi ini menitikberatkan pada upaya untuk mengatasi kelemahan yang ada dan mengubah kondisi yang kurang menguntungkan menjadi lebih baik, melalui langkah-langkah perbaikan yang signifikan.

h. Menyusun matriks strategi SWOT.

Strategi *turnaround* pada tulisan ini dapat dilihat pada tabel matriks kombinasi strategi berikut:

Tabel 12. Matriks Strategi SWOT

IFAS EFAS	Strengths (S)	Weaknesses (W)
	1. Kompetensi prajurit TNI AL (S1). 2. Sistem komando dan kendali (C2) yang jelas dan terpusat (S2). 3. Ketersediaan unsur operasi maritim (S3). 4. Kemampuan intelijen maritim (S4)	1. Keterbatasan sistem sensor dan pengawasan bawah laut (W1). 2. Belum optimalnya integrasi sistem pengawasan permukaan dan bawah laut (W2). 3. Terbatasnya pemanfaatan teknologi pertahanan (W3). 4. Ketahanan siber dalam sistem pertahanan maritim belum optimal (W4).
Opportunities (O)	STRATEGI S-O	W1O1, W1O2, W1O3, W1O4 W2O1, W2O2, W2O3, W2O4 W3O1, W3O2, W3O3, W3O4 W4O1, W4O2, W4O3, W4O4
Threats (T)		STRATEGI W-T
	STRATEGI S-T	

Sumber: Data diolah peneliti, 2026

Berdasarkan diagram dan matriks strategi SWOT di atas, maka strategi terpilih untuk memperkuat postur pertahanan TNI Angkatan Laut dalam menghadapi ancaman hibrida guna mengamankan *Critical Underwater Infrastructure* (CUI) di wilayah *choke points* strategis Selat Malaka/Singapura dan Selat Sunda, adalah:

- 1) Strategi Pertama (W1O1), mengatasi keterbatasan sistem sensor dan pengawasan bawah laut dengan memanfaatkan perkembangan teknologi pertahanan melalui pengembangan *Integrated Underwater-Surface Sensor Network*.
- 2) Strategi Kedua (W1O3), mengatasi keterbatasan sistem sensor dan pengawasan bawah laut dengan memanfaatkan perkembangan kemampuan industri pertahanan nasional melalui pengembangan dan penguasaan teknologi sensor bawah laut secara mandiri.
- 3) Strategi Ketiga (W2O1), mengatasi belum optimalnya integrasi sistem pengawasan permukaan dan bawah laut dengan memanfaatkan perkembangan teknologi pertahanan melalui pembangunan arsitektur pengawasan maritim multidomain yang terintegrasi.
- 4) Strategi Keempat (W3O1), mengatasi terbatasnya pemanfaatan teknologi pertahanan dengan memanfaatkan perkembangan teknologi melalui akselerasi adopsi AI, sistem otonom, dan teknologi digital dalam operasi pertahanan maritim.

i. Upaya-Upaya.

Dalam rangka mewujudkan keempat strategi tersebut, diperlukan upaya yang terarah dan terintegrasi sebagai berikut:

- 1) Upaya Strategi-1. Untuk mengembangkan *Integrated Underwater-Surface Sensor Network* dengan memanfaatkan perkembangan teknologi pertahanan, dilakukan upaya:
 - a) Menyusun *blueprint* sistem pengawasan permukaan dan bawah laut terintegrasi untuk Selat Malaka/Singapura dan Selat Sunda.
 - b) Mengembangkan jaringan *fixed* dan *mobile underwater sensor* pada area CUI dan jalur pendekat strategis
 - c) Mengintegrasikan sensor bawah laut dengan radar, AIS, unsur KRI, pesawat udara, dan sistem C2 TNI Angkatan Laut.
 - d) Mengembangkan sistem *real-time monitoring* dan *early warning* terhadap anomali aktivitas bawah laut.

- e) Melaksanakan uji operasional serta evaluasi sistem secara berkala untuk menjamin keandalan dan efektivitas pengawasan.
- 2) Upaya Strategi–2. Untuk meningkatkan kemampuan sensor dan pengawasan bawah laut melalui industri pertahanan nasional, dilakukan upaya:
 - a) Membangun program Litbang bersama TNI Angkatan Laut, industri pertahanan, lembaga riset dan perguruan tinggi dalam teknologi sensor bawah laut.
 - b) Mendorong pengembangan fixed sonar, sensor akustik pasif, UUV, dan teknologi komunikasi bawah laut produksi nasional.
 - c) Melaksanakan *transfer of technology, co-development* dan *joint production* dengan mitra strategis.
 - d) Membangun fasilitas pengujian, sertifikasi, pemeliharaan dan peningkatan kemampuan sensor bawah laut di dalam negeri.
 - e) Meningkatkan kompetensi personel TNI Angkatan Laut dalam pengoperasian, pemeliharaan, dan pengembangan sistem pengawasan bawah laut.
- 3) Upaya Strategi–3. Untuk membangun sistem pengawasan permukaan dan bawah laut yang terintegrasi dengan memanfaatkan perkembangan teknologi pertahanan, dilakukan upaya:
 - a) Membangun arsitektur *maritime surveillance multidomain* yang mengintegrasikan seluruh sumber data sensor dan intelijen.
 - b) Menerapkan standar interoperabilitas dan protokol pertukaran data antarsensor, platform dan pusat komando.
 - c) Mengembangkan *data fusion* berbasis AI untuk membentuk *Common Operational Picture* secara *real time*.
 - d) Mengintegrasikan sistem *early warning* dengan rantai komando dan pengambilan keputusan TNI Angkatan Laut.
 - e) Melaksanakan latihan terintegrasi secara berkala untuk menguji interoperabilitas sistem dan kecepatan respons terhadap ancaman CUI.
- 4) Upaya Strategi–4. Untuk meningkatkan pemanfaatan teknologi pertahanan melalui adopsi AI, sistem otonom, dan teknologi digital, dilakukan upaya:
 - a) Mengembangkan AI untuk *anomaly detection*, klasifikasi sasaran, analisis pola dan prediksi ancaman terhadap CUI.
 - b) Mengintegrasikan UUV dan USV sebagai bagian dari jaringan pengawasan maritim.
 - c) Mengembangkan *decision support system* berbasis AI untuk mendukung pengambilan keputusan secara cepat dan akurat.
 - d) Menerapkan arsitektur *cyber defense* berlapis untuk melindungi sensor, jaringan komunikasi, pusat data, dan sistem C2 dari serangan siber.
 - e) Meningkatkan kompetensi prajurit dalam pengoperasian AI, sistem otonom, analisis data, serta pertahanan siber dan kognitif.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pemecahan masalah yang ditemukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

a. Hasil analisis AHP menunjukkan bahwa *Integrated Underwater-Surface Sensor Network* menjadi prioritas utama pengembangan teknologi pertahanan domain maritim dengan nilai 0,52, diikuti *Cognitive AI-Based Surveillance System* sebesar 0,29 dan *Cyber-Cognitive Resilience* sebesar 0,19. Dengan demikian, keputusan pengembangan teknologi diarahkan pada integrasi sistem pengawasan permukaan dan bawah laut sebagai fondasi untuk meningkatkan kemampuan deteksi dini, identifikasi, dan pemantauan ancaman hibrida terhadap *Critical Underwater Infrastructure* (CUI) di choke points Selat Malaka/Singapura dan Selat Sunda.

- b. Hasil analisis SWOT menempatkan penguatan postur pertahanan maritim TNI AL pada Kuadran III (W–O) dengan strategi turnaround, yaitu memanfaatkan peluang eksternal untuk mengatasi kelemahan internal. Strategi prioritas yang ditetapkan adalah W1O1, W1O3, W2O1, dan W3O1, yang diarahkan pada pengembangan jaringan sensor permukaan dan bawah laut terintegrasi, pemanfaatan kemampuan industri pertahanan nasional, peningkatan integrasi sistem pengawasan, serta optimalisasi pemanfaatan teknologi pertahanan. Strategi tersebut menjadi dasar penguatan postur pertahanan maritim TNI AL yang terintegrasi dan adaptif dalam menghadapi ancaman hibrida serta mengamankan CUI di wilayah *choke points* strategis.

REFERENSI

- Hoffman, F. G. (2007). Conflict in the 21st century: The rise of hybrid wars. Potomac Institute for Policy Studies.
- Ministry of Defence Singapore. (2025, February 26). Singapore affirms commitment to regional cooperation in addressing artificial intelligence and critical underwater infrastructure security at ADMM Retreat in Malaysia. https://www.mindef.gov.sg/news-and-events/latest-releases/26feb24_nr/
- NATO. (2023, February 15). NATO stands up undersea infrastructure coordination cell. <https://nato.int/en/news-and-events/articles/news/2023/02/15/nato-stands-up-undersea-infrastructure-coordination-cell>
- NATO. (2025, January 14). NATO launches Baltic Sentry to increase critical infrastructure security. <https://www.nato.int/en/news-and-events/articles/news/2025/01/14/nato-launches-baltic-sentry-to-increase-critical-infrastructure-security>
- Peraturan Menteri Pertahanan Nomor 12 Tahun 2023 tentang Doktrin Pertahanan Negara.
- PT PAL Indonesia. (2025). Kapal selam autonomous (KSOT) di panggung HUT ke-80 TNI. <https://www.pal.co.id/>
- Rizaldi, B. A. (2025). KSAL akui saat ini belum miliki sensor bawah laut dan baru diajukan ke Kemenhan. ANTARA News. <https://www.antaranews.com/>
- Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, 1(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara.
- Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2025 tentang perubahan atas Undang-Undang Nomor 34 Tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia.
- Weihrich, H. (1982). The TOWS matrix—A tool for situational analysis. Long Range Planning, 15(2), 54–66. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(82\)90120-0](https://doi.org/10.1016/0024-6301(82)90120-0)