PAGUYUBAN HIU KENCANA

RUMUSAN DAN REKOMENDASI HASIL SEMINAR HIU KENCANA

TEMA SEMINAR NASIONAL

INTEGRATED MARITIME SURVEILLANCE SYSTEM FOR INDONESIA

Sistem Pengawasan Maritim Terintegrasi
atas dan bawah air sampai ZEEI



SEKOLAH STAF DAN KOMANDO TNI ANGKATAN LAUT

Jakarta | 9 September 2026

Disusun oleh

Dr. Adji Sularso

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena paper Integrated Maritime Surveillance System for Indonesia dapat diselesaikan. Paper ini disusun sebagai sintesis atas pemikiran, pengalaman, dan rekomendasi yang disampaikan dalam Seminar Nasional HUT Hiu Kencana 2026 di Sekolah Staf dan Komando TNI Angkatan Laut, Jakarta, pada 9 September 2026.

Seminar tersebut mempertemukan unsur TNI Angkatan Laut, kementerian dan lembaga, perguruan tinggi, lembaga riset, industri pertahanan, serta para pakar untuk membahas kebutuhan pengawasan maritim Indonesia yang terintegrasi. Pembahasan menegaskan bahwa Indonesia telah memiliki beragam sensor dan sistem pemantauan, tetapi masih memerlukan arsitektur nasional yang mampu menghubungkan data lintas instansi menjadi gambaran maritim bersama, peringatan dini, dukungan pengambilan keputusan, dan tindakan intersepsi yang cepat serta tepat.

Paper ini merumuskan konsep pengawasan berlapis dari perairan pantai hingga Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia, mencakup dimensi permukaan, udara, ruang angkasa, dan bawah air. Integrasi VMS, AIS, LRIT, radar pantai, radar over the horizon, satelit SAR dan optik, UAV, USV, UUV, sonar, serta dashboard integrator diharapkan mendukung perubahan pola operasi dari patroli luas yang reaktif menuju surveillance-led interception pada choke point dan wilayah rawan.

Kami menyadari bahwa paper ini merupakan landasan konseptual yang masih perlu diperdalam melalui kajian teknis, uji operasi, penyusunan tata kelola pertukaran data, dan penetapan peta jalan implementasi. Oleh karena itu, kritik dan masukan dari para pemangku kepentingan sangat diperlukan agar rekomendasi yang disampaikan dapat dikembangkan menjadi kebijakan dan

program pembangunan kemampuan nasional yang realistis, bertahap, aman, dan berkelanjutan.

Kami menyampaikan penghargaan kepada seluruh narasumber, penanggap, moderator, panitia, peserta seminar, dan semua pihak yang telah menyumbangkan pemikiran. Semoga paper ini bermanfaat sebagai bahan pertimbangan bagi pimpinan nasional, TNI Angkatan Laut, kementerian dan lembaga, industri pertahanan, serta komunitas akademik dalam memperkuat kedaulatan dan keamanan maritim Indonesia.

Jakarta, 12 September 2026

Mengetahui Kalakhar Paguyuban Hiu Kencana	Penulis
Laksda TNI (Purn) Didi Setiadi	**Dr. Adji Sularso**

Ringkasan Eksekutif

Seminar menyampaikan satu kesimpulan strategis yang konsisten. Indonesia belum kekurangan sumber data maritim, tetapi belum mempunyai arsitektur nasional yang mengubah data lintas instansi menjadi peringatan dini, keputusan, dan intersepsi yang cepat. TNI AL, KKP, Kementerian Perhubungan, Bakamla, Polri, Bea dan Cukai, serta lembaga lain mengoperasikan sensor dan pusat kendali sesuai mandat masing-masing. Sistem tersebut masih membentuk gambaran sektoral, menyisakan blind spot terhadap sasaran non-kooperatif dan kontak bawah air, serta memperpanjang jarak waktu antara deteksi dan tindakan.

Paper ini merekomendasikan pembangunan National Integrated Maritime Surveillance System Indonesia sebagai sistem nasional terintegrasi dengan pengelolaan data terdistribusi. Setiap instansi mempertahankan kewenangan, kepemilikan data, klasifikasi keamanan, dan rantai komandonya. Sebuah lapisan pertukaran data dan fusi informasi membentuk Recognized Maritime Picture untuk kepentingan sipil serta Common Operational Picture untuk operasi pertahanan. Arsitektur ini menghindari satu basis data raksasa yang rawan menjadi single point of failure, tetapi tetap menghasilkan satu gambaran laut yang dapat dipercaya.

Cakupan sensor perlu dibangun berlapis. Sensor kooperatif seperti VMS, AIS, dan LRIT menjadi lapisan identitas. Radar pantai, radar over the horizon pada lokasi terpilih, satelit SAR dan optik, serta pengindra elektro-optik mendeteksi sasaran permukaan yang tidak memancarkan identitas. Pesawat patroli maritim, UAV, USV, dan kapal menjadi sensor bergerak. Untuk bawah air, fixed seabed sonar, hydrophone array, variable depth sonar, sonobuoy, dipping sonar, UUV, KSOT, dan kapal selam membentuk jaringan akustik yang disesuaikan dengan batimetri serta kondisi

oseanografi Indonesia. Semua data masuk ke mesin korelasi, analitik anomali, pengelolaan track, dan dashboard integrator yang mendukung keputusan berbasis status hukum kontak.

Perubahan kemampuan tersebut memungkinkan TNI AL dan instansi penegak hukum mengubah pola operasi dari patrolling at sea yang luas dan mahal menjadi surveillance-led interception. Kapal dan pesawat tidak lagi mencari sasaran tanpa petunjuk di wilayah yang sangat besar. Unsur patroli ditempatkan pada sektor prioritas, choke point, jalur pendekatan ZEEI, kawasan rawan, dan infrastruktur kritis. Sensor membentuk cueing, pusat komando menetapkan klasifikasi serta otoritas tindakan, lalu unsur terdekat melaksanakan identifikasi, bayangan, intersepsi, atau penindakan. Patroli tetap diperlukan untuk kehadiran, deterrence, dan verifikasi, tetapi penggunaannya menjadi berbasis risiko dan informasi.

End state 2045 ialah kemampuan nasional untuk mendeteksi, mengidentifikasi, melacak, menilai, memutuskan, dan merespons aktivitas di ruang maritim strategis sejak batas terluar ZEEI. Pencapaiannya memerlukan desain kebutuhan operasional sebelum pengadaan alat, standardisasi data dan antarmuka, jaringan komunikasi berketahanan tinggi, keamanan siber berlapis, pengembangan SDM digital, demonstrator di satu mandala prioritas, serta roadmap industri nasional yang menghubungkan TNI AL, BRIN, PT PAL, perguruan tinggi, dan mitra teknologi.

Rekomendasi Prioritas

1. Tetapkan kebijakan nasional dan lead integrator untuk arsitektur nasional terintegrasi dengan pengelolaan data terdistribusi, pertukaran data, standar track, klasifikasi

informasi, serta tata kelola Recognized Maritime Picture dan Common Operational Picture.

2. Bangun demonstrator operasi di satu wilayah prioritas yang menggabungkan VMS, AIS, radar pantai, satelit SAR, UAV, sensor akustik, dashboard integrator, dan satuan intersepsi.
3. Susun Concept of Operations berbasis rantai Detect, Identify, Track, Assess, Decide, Intercept, dan Evaluate, lengkap dengan ambang peringatan, status hukum sasaran, serta waktu respons.
4. Prioritaskan radar surveillance pantai dan satelit SAR untuk menutup sasaran non-kooperatif di permukaan, kemudian perluas jaringan sensor bawah air pada choke point dan perlindungan infrastruktur kritis.
5. Gunakan pengadaan berbasis system of systems dan arsitektur terbuka agar sensor dari berbagai produsen dapat dipertukarkan, ditingkatkan, dan dioperasikan tanpa vendor lock-in.
6. Bentuk program SDM bersama untuk operator sensor, analis intelijen, data engineer, spesialis AI, cyber defence, akustik bawah air, mission commander, dan perencana operasi multi-domain.

Daftar Isi

Kata Pengantar 2
Ringkasan Eksekutif 4
Rekomendasi Prioritas 5
Bab 1 Pendahuluan 8
Bab 2 Inti Sari dan Kesimpulan Tiap Pemapar 10
Bab 3 Kondisi Maritime Surveillance Indonesia Saat Ini ...20
Bab 4 Konsep National Integrated Maritime Surveillance System 23
Bab 5 Desain Cakupan sampai ZEEI 28
Bab 6 Perubahan Doktrin Operasi 31
Bab 7 Teknologi Pelengkap dan Kemandirian Nasional....34
Bab 8 Tata Kelola Kelembagaan dan Data.....37
Bab 9 Roadmap Implementasi 39
Bab 10 Risiko dan Mitigasi 42
Bab 11 Kesimpulan 44
Bab 12 Rekomendasi Kebijakan 46
Daftar Singkatan 47
Sumber Utama Seminar 49

Bab 1 Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Indonesia memiliki lebih dari 17.000 pulau dan sekitar 6,4 juta kilometer persegi ruang maritim. Posisi di antara Samudra Hindia dan Pasifik, keberadaan ALKI I, II, dan III, serta penguasaan selat strategis membuat wilayah Indonesia penting bagi perdagangan dunia sekaligus rentan terhadap pelanggaran kedaulatan, illegal fishing, penyelundupan, infiltrasi, operasi grey zone, serangan siber, dan sabotase infrastruktur bawah laut. Spektrum ancaman kini meluas dari permukaan hingga kolom air, dasar laut, ruang udara, ruang angkasa, dan ruang siber.

Pengadaan kapal perang, kapal selam, pesawat tempur, dan wahana nirawak memperkuat postur. Namun platform tidak menghasilkan pengendalian laut apabila beroperasi sebagai pulau informasi. Efektivitas pertahanan ditentukan oleh kemampuan menemukan kontak lebih awal, membentuk identitas dan pola perilakunya, membagikan gambaran yang sama kepada pengambil keputusan, lalu mengarahkan unsur yang tepat pada waktu yang tepat.

1.2. Tujuan dan Ruang Lingkup

Paper ini menyarikan paparan yang tersedia dari KASAL, Wakil Menteri Kelautan dan Perikanan, Komandan Seskoal, Wakil Kepala BRIN, Direktur Utama PT PAL Indonesia, THALES, serta Wakil Ketua Komisi I DPR RI. Paper ini juga memuat tanggapan Dekan Fakultas Teknologi Kelautan ITS sebagai penutup rangkaian substansi seminar. Analisis menghubungkan gagasan para pemapar dengan tema Integrated Maritime Surveillance System for Indonesia dan kebutuhan pengendalian ruang maritim atas serta bawah air sampai ZEEI.

1.3. Metode Sintesis

Sintesis menggunakan empat tahap. Pertama, setiap paparan diidentifikasi berdasarkan masalah, kemampuan yang ditawarkan, kendala, dan rekomendasi. Kedua, gagasan yang berulang disusun menjadi kebutuhan operasional bersama. Ketiga, kebutuhan tersebut diterjemahkan ke dalam arsitektur berlapis yang memisahkan sensor, konektivitas, fusi data, komando, dan respons. Keempat, arsitektur diuji terhadap konteks geografis, hukum, kelembagaan, teknologi, dan keterbatasan anggaran Indonesia.

Bab 2 Inti Sari dan Kesimpulan Tiap Pemapar

2.1. Kepala Staf Angkatan Laut

KASAL menempatkan kekuatan bawah air sebagai unsur utama daya tangkal Indonesia. Rivalitas kekuatan besar, infiltrasi kapal selam, penyelundupan lintas negara, serta ancaman terhadap kabel dan pipa bawah laut menuntut kemampuan deteksi dan respons yang mencakup permukaan sampai dasar laut. Kapal selam memberi deterrence karena sifatnya yang clandestine, tetapi manfaat strategisnya meningkat apabila terhubung dengan Integrated Maritime Domain Awareness.

Penguatan postur mencakup pengadaan kapal selam kelas Scorpène, kelanjutan alih teknologi, peningkatan kemampuan MRO PT PAL, kemampuan penyelamatan kapal selam, peperangan bawah air, dan pemanfaatan wahana tanpa awak. KASAL juga menekankan AI untuk klasifikasi target, baterai lithium untuk endurance, sensor generasi baru, fixed seabed sonar, hydrophone array, serta sistem otonom bawah air. Transformasi ini memerlukan doktrin multi-domain, kualitas dan regenerasi submariner, serta Seskoal sebagai center of excellence.

Kesimpulan paparan KASAL adalah bahwa modernisasi platform harus berjalan bersama surveillance terpadu. Keterbatasan anggaran dapat dimitigasi dengan deteksi dini yang membuat unsur tempur fokus pada intersepsi. Roadmap TNI AL, industri, akademisi, BRIN, dan kementerian perlu mengarahkan penguasaan teknologi secara bertahap serta menempatkan integrasi sebagai desain awal, bukan tambahan setelah platform dibeli.

2.2. Wakil Menteri Kelautan dan Perikanan

Wamen KKP menggambarkan kondisi lima sistem, lima pusat kendali, dan satu laut. TNI AL memiliki IMSS dan radar pantai, KKP mengoperasikan VMS untuk pengawasan perikanan, Kementerian Perhubungan menggunakan VTS dan AIS, sementara Polri Perairan serta Bea dan Cukai memakai sistem sesuai tugas penegakan hukum. Fragmentasi ini menimbulkan duplikasi investasi, celah cakupan, koordinasi manual, respons lambat, dan kegagalan membentuk anomali dari korelasi silang.

VMS merupakan aset yang matang. Sistem ini memantau posisi, kecepatan, dan haluan kapal perikanan berizin, mendukung pembuktian rekam posisi, indikasi alih muat, keselamatan, dan pencarian pertolongan. Namun VMS hanya mencakup kapal dalam rezim perizinan, dapat disiasati dengan mematikan atau memindahkan alat, memiliki jeda pelaporan, dan tidak membuktikan aktivitas kapal secara otomatis. VMS harus diperlakukan sebagai satu lapisan identitas, bukan sebagai satu-satunya sensor surveillance.

Model yang disarankan adalah interoperabilitas nasional lintas instansi dengan data terdistribusi. Integrasi tidak menggabungkan kewenangan atau seluruh data ke satu basis data. Setiap instansi mempertahankan mandat, sementara mekanisme pertukaran informasi menyusun maritime picture yang utuh. Desain harus menandai status hukum kontak sejak dini karena satu kapal dapat masuk beberapa rezim hukum, sedangkan kapal perang dan kapal negara asing nonkomersial memiliki kekebalan berdaulat. Sentralisasi penuh berisiko terhadap klasifikasi data, ego sektoral, kualitas pembaruan, information overload, dan single point of failure.

2.3. Komandan Sekolah Staf dan Komando TNI Angkatan Laut

Dan Seskoal menjelaskan evolusi dari *platform-centric warfare* menuju network-centric warfare, lalu multi-domain dan underwater-centric warfare. Kapal selam tidak lagi beroperasi sebagai pemburu mandiri. Kapal selam menjadi node dalam underwater combat network yang terhubung dengan satelit SAR, pesawat patroli, UAV, USV, UUV, KSOT, kapal permukaan, seabed sensor, dan Maritime Command Center.

Konsep mandala membagi prioritas operasi. Jalur pendekatan dan batas terluar ZEEI mendukung early warning serta deterrence. ALKI dan choke point mendukung surveillance serta sea denial. Perairan kepulauan dan pangkalan strategis mendukung sea control serta perlindungan infrastruktur. Siklus operasi berubah dari stealth, search, track, attack menjadi sense, fuse, decide, maneuver, strike, assess. Distributed underwater warfare memperluas cakupan kapal selam berawak melalui UUV, KSOT, dan sensor tetap.

Kesimpulan paparan Danseskoal ialah perlunya Integrated Underwater Warfare Doctrine yang dilengkapi CONOPS manned-unmanned teaming, underwater C6ISR, COP nasional, wargaming ZEEI dan choke point, serta profil future submariner. Personel masa depan memerlukan kompetensi tradisional kapal selam, AI, data analytics, cyber dan electronic warfare, sistem otonom, perencanaan multi-domain, serta pemahaman geopolitik. Roadmap 2026-2045 bergerak dari integrasi, networked operations, otonomi, hingga AI-enabled underwater warfare.

2.4. Wakil Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional

Wakil Kepala BRIN menghubungkan teknologi bawah air dengan pertahanan, pangan, energi, data, penelitian laut, dan keselamatan navigasi. Konflik Rusia-Ukraina dan insiden kabel

Taiwan-Matsu menunjukkan bahwa infrastruktur bawah laut dapat diserang secara sulit dideteksi dan sulit diatribusikan. UUV, XLUUV, sensor dasar laut, dan senjata otonom memperluas domain kompetisi.

BRIN mengusulkan pembangunan jaringan sensor nirkabel bawah laut yang bertumpu pada UUV, AUV, unmanned mobile platform, buoy, sensor dasar laut, kapal komando, dan C2 nasional. AI mendukung denoising, pengenalan target, analisis sonar dan dasar laut, passive acoustic intelligence, multi-sensor fusion, edge analytics, navigasi, mission replanning, serta keamanan siber. Riset baterai lithium perlu diarahkan pada endurance, battery management system, modularitas, keselamatan, dan standardisasi kelas dunia.
Kesimpulan paparan BRIN adalah perlunya demonstrator nasional yang menghubungkan penelitian dengan operasi. Keunggulan teknologi tidak cukup diukur dari publikasi dan prototipe. Indonesia perlu meningkatkan technology readiness dan manufacturing readiness, menetapkan standar, membangun dataset nasional, melaksanakan uji laut, dan menghilirkan hasil riset bersama TNI AL serta industri.

2.5. Direktur Utama PT PAL Indonesia

Dr. Kaharuddin Djenod menempatkan kemandirian industri bawah laut sebagai rangkaian kemampuan yang dibangun secara bertahap. Pengalaman Indonesia berawal dari pengoperasian kapal selam Type 209, kemudian berkembang melalui kerja sama dan transfer teknologi kapal selam kelas Chang Bogo atau Nagapasa dengan Republik Korea. Dalam program tersebut, PT PAL membangun fasilitas produksi kapal selam, mengembangkan sumber daya manusia, menguasai penyambungan joint section KRI Alugoro-405, dan memperdalam kemampuan maintenance, repair, and overhaul. Penguasaan tersebut menjadi dasar

peralihan dari sekadar menerima teknologi menuju kemampuan rekayasa nasional.

Tahap berikutnya ialah keterlibatan PT PAL dalam pembangunan kapal selam kelas Scorpène Evolved yang menggunakan lithium-ion battery. Program ini memperluas penyerapan teknologi pada desain, produksi, integrasi sistem, pengujian, dan dukungan sepanjang siklus hidup. Kompetensi tersebut penting agar Indonesia mampu membangun dan memelihara armada kapal selam secara berkelanjutan serta mengurangi ketergantungan strategis kepada pihak luar.

PT PAL juga mengembangkan Kapal Selam Otonom atau KSOT sebagai wahana bawah air nirawak dengan payload modular untuk surveillance, pengintaian, dan misi tempur. Paparan menyebut harga indikatif KSOT sekitar USD 20 juta per unit. Dengan menggunakan ilustrasi biaya yang disampaikan dalam seminar, nilai satu kapal selam Scorpène diperkirakan dapat membiayai sekitar 50 KSOT. Perbandingan ini tidak menyamakan fungsi maupun kemampuan kedua platform. Angka tersebut menunjukkan peluang membangun jaringan wahana otonom dalam jumlah besar untuk meningkatkan persistence, memperluas area deteksi, dan mengurangi risiko terhadap personel serta kapal selam berawak.

Kesimpulan paparan PT PAL ialah bahwa Indonesia sedang memasuki tahap kebangkitan industri bawah air. Kapal selam berawak, KSOT, pusat kendali, sensor, komunikasi, kecerdasan buatan, dan sistem senjata harus dikembangkan sebagai satu arsitektur C4ISR. Jika terhubung dengan radar pantai, satelit, UAV, USV, UUV, sonar, serta dashboard nasional, kemampuan produksi PT PAL dapat mendukung maritime surveillance atas dan bawah air, memperkuat deterrence, dan menjaga kedaulatan serta hak berdaulat Indonesia sampai ZEEI.

2.6. THALES Underwater Systems

THALES menekankan bahwa anti-submarine warfare harus dimulai dari definisi ancaman, tujuan operasi, lingkungan, kemampuan yang ada, dan risiko yang dapat diterima. Tidak ada satu sonar yang cocok untuk semua kondisi. Kecepatan suara dipengaruhi temperatur, salinitas, tekanan, batimetri, dasar laut, cuaca, biota, lalu lintas, dan teknologi senyap sasaran. Sonar frekuensi rendah untuk perairan samudra belum tentu efektif terhadap UUV kecil di perairan litoral.

Solusi memerlukan kombinasi aset berawak dan nirawak, sensor tetap dan deployable, serta sensor akustik dan non-akustik. Kapal, kapal selam, pesawat sayap tetap, helikopter, UAV, USV, UUV, sonobuoy, dipping sonar, towed array, seabed sensor, radar, EW, EO, dan IR saling melengkapi. Konsep multistatic memungkinkan satu pemancar melayani beberapa penerima tersamar. FLASH atau SonoFlash dapat digunakan untuk membersihkan area pertemuan atau choke point dan memberi cue kepada unsur reaksi.

Kesimpulan THALES adalah bahwa Indonesia harus membeli capability dan system of systems, bukan sekadar jenis transducer. Desain harus menjawab lokasi pengambilan keputusan, kebutuhan real time atau near real time, OPCON dan TACON, pendelegasian kepada mission commander, deployability, serta integrasi data. Modul sonar yang dapat dipindahkan antarplatform memberi opsi kesiapan, pelatihan, dan tactical surprise, tetapi tetap harus disesuaikan dengan lingkungan operasi.

2.7. Wakil Ketua Komisi I DPR RI

Pandangan DPR menempatkan IMSS dalam kerangka *deterrence by denial*. Indonesia perlu memanfaatkan geografi kepulauan dan choke point agar lawan tidak memperoleh kebebasan bertindak. Geostrategi menjelaskan ancaman, civil surveillance membangun kesadaran situasional, dan kekuatan bawah air memberi kemampuan menangkal serta merespons. Ketiganya tersambung melalui siklus Observe, Orient, Decide, Act.

Kesimpulan pandangan DPR ialah perlunya roadmap pertahanan maritim yang menyelaraskan kebijakan lintas sektor, industri pertahanan nasional, pertukaran data aman dan real time, transformasi SDM, serta standar interoperabilitas. Dukungan politik dan anggaran harus diarahkan pada kemampuan operasional yang terintegrasi, bukan daftar pengadaan platform yang berdiri sendiri.

2.8. Tanggapan Dekan Fakultas Teknologi Kelautan ITS

Dr.Ing. Setyo Nugroho merangkum kebutuhan sistem melalui tiga fungsi. Pertama, SEE, yaitu membangun gambaran situasi maritim terintegrasi. Radar, AIS, satelit, UAV, sonar, sensor pantai, kapal, dan kapal selam harus membentuk common operational picture yang mampu memberi deteksi dini sekaligus identifikasi yang tepat. Deteksi tanpa integrasi belum cukup untuk memahami kejadian di wilayah Indonesia.

Kedua, UNDERSTAND AND RESPOND. Informasi memperoleh nilai strategis ketika komando mampu mengubahnya menjadi keputusan dan respons yang tepat waktu, tepat sasaran, dan kredibel. Rantai detect, identify, track, understand, decide, and respond menjadikan surveillance sebagai dasar pencegahan sekaligus operasi.

Ketiga, INTEGRATE. Integrasi data, sistem, institusi, serta command and control bertindak sebagai pengganda kekuatan.

Kesimpulan tanggapan ITS menegaskan bahwa kekuatan maritim tidak hanya ditentukan oleh jumlah aset, tetapi oleh kemampuan menyatukannya menjadi satu kemampuan nasional yang andal dan berdaulat.

2.9. Matriks Sintesis Paparan

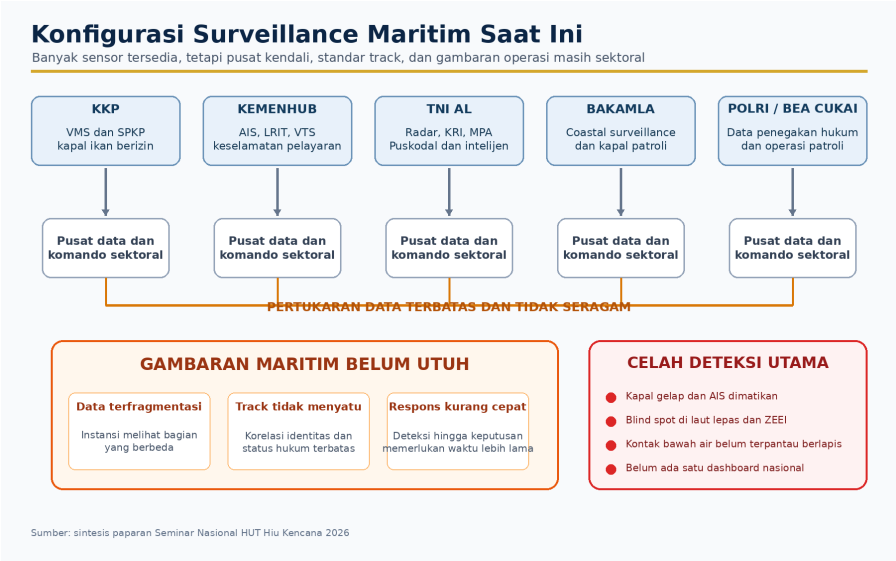
Pemapar	Masalah utama	Kontribusi terhadap desain nasional
KASAL	Ancaman bawah air dan postur yang belum sepenuhnya terhubung	Surveillance terpadu sebagai pengganda daya tempur dan dasar intersepsi
Wamen KKP	Fragmentasi sistem dan keterbatasan VMS	Interoperabilitas nasional tanpa menggabungkan kewenangan
Dan Seskoal	Doktrin platform-centric dan operasi kapal selam mandiri	Integrated Underwater Warfare, mandala operasi, COP dan SDM digital
Wakil Kepala BRIN	Kesenjangan teknologi, prototipe, energi dan AI	Demonstrator, jaringan sensor bawah laut, AI, baterai dan standardisasi
Direktur Utama PT PAL	Ketergantungan teknologi bawah air dan kebutuhan skala surveillance	Transformasi teknologi kapal selam, MRO, Scorpène dengan baterai lithium-ion, KSOT dan integrasi C4ISR
THALES	Kompleksitas akustik dan risiko membeli alat tanpa CONOPS	System of systems, multistatic ASW, C2 dan desain berbasis lingkungan
Komisi I DPR RI	Kesenjangan antara kebijakan, teknologi dan operasi	Roadmap lintas sektor dan deterrence by denial berbasis OODA

Pemapar	Masalah utama	Kontribusi terhadap desain nasional
Dekan FTK ITS	Deteksi belum otomatis menghasilkan pemahaman dan respons	SEE, UNDERSTAND AND RESPOND, serta INTEGRATE sebagai pengganda kekuatan

Bab 3 Kondisi Maritime Surveillance Indonesia Saat Ini

3.1. Kemampuan yang Sudah Tersedia

Indonesia telah memiliki fondasi penting. VMS memberi track kapal perikanan yang berada dalam rezim perizinan. AIS, LRIT, dan VTS memberi identitas serta pergerakan kapal sipil. Radar pantai dan sensor instansi menyediakan deteksi lokal. Satelit, pesawat, kapal, dan patroli udara memberi pengamatan tambahan. TNI AL memiliki kemampuan pertahanan serta pusat komando, sedangkan KKP, Kemenhub, Bakamla, Polri, Bea dan Cukai, Imigrasi, dan lembaga lain memiliki mandat sektoral yang relevan.



Gambar 1. Konfigurasi sistem maritime surveillance Indonesia saat ini

3.2. Kesenjangan Operasional

Kesenjangan	Dampak operasi	Kebutuhan
Cakupan sensor tidak merata	Sasaran dapat memanfaatkan blind spot	Peta cakupan nasional dan prioritas penutupan gap
Ketergantungan pada identitas elektronik	Dark vessel dan spoofing sulit dikenali	Radar, satelit SAR, EO/IR dan analitik anomali
Data terfragmentasi	Instansi melihat bagian berbeda dari kejadian yang sama	Pertukaran track dan korelasi lintas instansi
Sensor bawah air terbatas	Infiltrasi, UUV dan sabotase sulit dideteksi	Sensor akustik berlapis pada sektor prioritas
Komunikasi dan klasifikasi berbeda	Peringatan terlambat atau tidak dapat dibagikan	Data standard, security domain dan cross-domain solution
Rantai keputusan belum berbasis SLA	Detection-action gap tetap panjang	Ambang peringatan dan waktu respons terukur
Pengadaan platform-centric	Sensor tidak interoperabel dan biaya siklus hidup tinggi	Arsitektur terbuka dan pengadaan system of systems

3.3. Kondisi Sasaran Kooperatif dan Nonkooperatif

Sasaran kooperatif memancarkan atau melaporkan identitas melalui VMS, AIS, LRIT, rencana pelayaran, manifest, atau data izin. Sasaran nonkooperatif tidak memancarkan identitas, mematikan perangkat, melakukan spoofing, menggunakan identitas ganda, atau bergerak di luar pola normal. Sistem masa depan harus mengorelasikan deklarasi dengan observasi independen. Kontak radar tanpa AIS, kapal berizin yang berhenti memancarkan VMS, dua identitas pada satu track, perubahan pola rendezvous, atau aktivitas dekat kabel bawah laut harus menghasilkan alert yang dapat ditelusuri.

3.4. Kesenjangan Domain Bawah Air

Pengawasan bawah air lebih sulit daripada permukaan karena propagasi akustik berubah menurut musim, kedalaman, temperatur, salinitas, arus, batimetri, dan kebisingan. Target dapat berupa kapal selam, mini-submarine, swimmer delivery vehicle, UUV, ranjau, atau aktivitas dekat infrastruktur. Karena itu, Indonesia memerlukan acoustic environmental database, survei baseline, perpustakaan signature, serta kombinasi sensor pasif dan aktif. Cakupan nasional tidak berarti memasang sonar tetap di seluruh laut. Indonesia perlu memusatkan sensor pada choke point, pintu masuk ALKI, pendekatan pangkalan, kawasan latihan, dan infrastruktur strategis.

Bab 4 Konsep National Integrated Maritime Surveillance System

Prinsip Desain

4.1. Terintegrasi secara nasional dan terdistribusi. Instansi menyimpan data sumber dan membagikan track, alert, atau data terpilih berdasarkan kewenangan dan klasifikasi.

4.2. Multi-domain. Sistem menghubungkan ruang angkasa, udara, permukaan, bawah permukaan, dasar laut, spektrum elektromagnetik, dan siber.

4.3. Berbasis risiko. Sensor dan unsur operasi diprioritaskan menurut ancaman, nilai objek yang dilindungi, geografi, dan waktu respons.

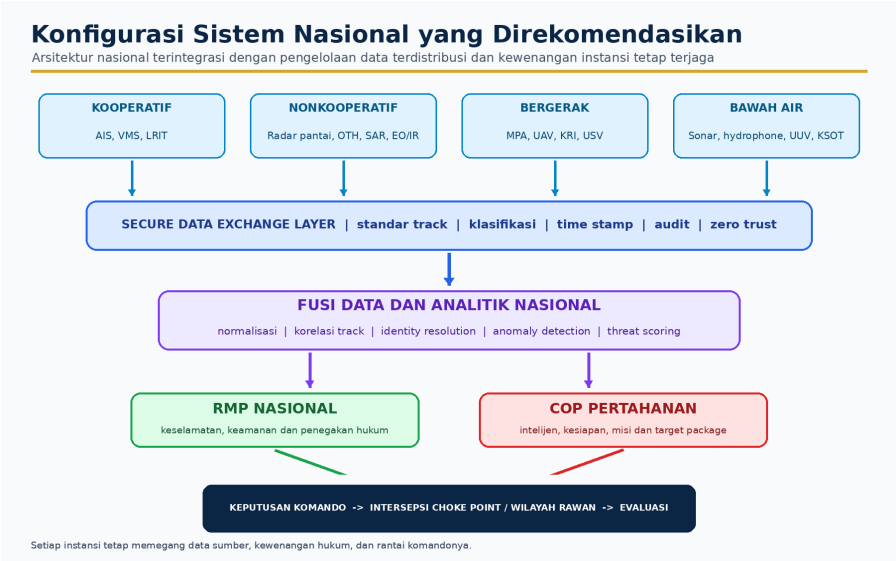
4.4. Berorientasi keputusan. Setiap data harus mendukung deteksi, identifikasi, penilaian, keputusan, atau tindakan yang jelas.

4.5. Tahan gangguan. Arsitektur harus tetap beroperasi saat node, jaringan, satelit, atau pusat data terganggu.

4.6. Terbuka dan modular. Antarmuka standar memungkinkan integrasi sensor baru, penggantian vendor, dan peningkatan algoritma.

4.7. Dapat diaudit. Setiap perubahan track, alert, keputusan, dan distribusi data memiliki time stamp, sumber, confidence level, serta rekam otorisasi.

4.8. Arsitektur Enam Lapisan



Gambar 2. Konfigurasi National Integrated Maritime Surveillance System yang direkomendasikan

Lapisan	Komponen	Fungsi
1 Sensor dan sumber data	VMS, AIS, LRIT, radar pantai, OTH radar terpilih, satelit SAR dan optik, EO/IR, ELINT, sonar, hydrophone, seabed sensor, laporan manusia	Menghasilkan observasi, identitas, emisi, citra dan kontak
2 Platform pengindra	Satelit, coastal station, MPA, UAV, kapal, USV, UUV, KSOT, kapal selam, buoy	Membawa sensor dan memperluas persistence serta jangkauan

Lapisan	Komponen	Fungsi
3 Konektivitas	Fiber, radio, satcom, tactical data link, jaringan akustik, store and forward, edge node	Mengirim data sesuai kebutuhan waktu dan klasifikasi
4 Fusi dan analitik	Data normalization, track correlation, anomaly detection, signature library, AI, confidence scoring	Mengubah observasi menjadi track, alert dan penilaian
5 Komando dan dashboard	RMP, COP, geospatial dashboard, legal status, threat score, resource optimizer, decision log	Memberi gambaran bersama dan mendukung keputusan
6 Respons	KRI, kapal patroli, pesawat, helikopter, UAV, USV, kapal selam, penegak hukum, SAR	Melaksanakan verifikasi, shadowing, intersepsi, penindakan atau penyelamatan

4.9. Dashboard Integrator

Dashboard integrator bukan sekadar peta dengan banyak ikon. Dashboard harus menjadi aplikasi komando yang menyajikan track terverifikasi, sumber dan usia data, confidence level, status kooperatif, klasifikasi sasaran, status hukum, pola anomali, kedekatan dengan objek vital, unit respons yang tersedia, perkiraan waktu intersepsi, serta rekomendasi tindakan. Pengguna strategis melihat gambaran nasional dan tren. Pusat operasi melihat sektor, alert, dan penugasan. Mission commander menerima target package yang cukup untuk bertindak tanpa membuka seluruh data terklasifikasi.

Fungsi dashboard	Keluaran minimum
Track management	Track ID tunggal, riwayat posisi, source pedigree, usia data dan confidence
Identity resolution	Korelasi VMS, AIS, LRIT, registrasi, izin, citra dan signature
Anomaly analytics	Dark activity, spoofing, rendezvous, loitering, route deviation, restricted-area entry
Legal tagging	Rezim hukum, instansi berwenang, opsi tindakan dan batas kewenangan
Threat assessment	Skor ancaman, intent indicator, proximity dan consequence
Response planning	Unit terdekat, readiness, fuel, cuaca, ETA intersepsi dan rules of engagement
Audit and learning	Log keputusan, hasil intersepsi, false alarm, feedback untuk model

4.10. Recognized Maritime Picture dan Common Operational Picture

Recognized Maritime Picture dapat menjadi gambaran bersama lintas instansi untuk keselamatan, keamanan, pengelolaan sumber daya, dan penegakan hukum. Common Operational Picture pertahanan menggabungkan RMP dengan data intelijen dan taktis yang memiliki klasifikasi lebih tinggi. Pemisahan ini memungkinkan berbagi informasi secara luas tanpa membuka sumber sensitif. Cross-domain gateway menurunkan klasifikasi produk informasi setelah sumber dan metode dilindungi.

4.11. Rantai Operasi

Tahap	Pertanyaan komando	Produk
Detect	Apa yang teramati dan oleh sensor apa	Observation dan initial track
Identify	Siapa atau apa kontak tersebut	Identity hypothesis dan legal status
Track	Ke mana bergerak dan seberapa yakin	Fused track dan predicted route
Assess	Apa maksud, risiko dan akibatnya	Threat score dan priority
Decide	Siapa berwenang dan tindakan apa	Tasking order atau monitoring decision
Intercept	Unsur mana, kapan, dan dengan aturan apa	Target package dan execution
Evaluate	Apakah tindakan berhasil dan apa pelajarannya	Outcome, evidence dan model feedback

Bab 5 Desain Cakupan sampai ZEEI

5.1. Konsep Mandala Pengawasan

Mandala	Wilayah fokus	Efek yang dicapai	Sensor dan unsur utama
Pendekatan terluar	Batas dan jalur pendekatan ZEEI	Early warning, classification awal, deterrence	Satelit SAR/optik, AIS/LRIT, MPA, long-endurance UAV, intelligence feed
ZEEI prioritas	North Natuna Sea, kawasan rawan illegal fishing dan jalur strategis	Persistent surface picture dan cueing	Satelit, UAV, radar jarak jauh terpilih, kapal, USV, VMS
ALKI dan choke point	Malaka, Sunda, Lombok, Makassar serta pintu masuk ALKI	Interception geometry, sea denial dan ASW barrier	Coastal radar, EO/IR, ESM, sonobuoy, dipping sonar, seabed sensor, USV/UUV
Perairan kepulauan	Jalur antarpulau, pangkalan dan pelabuhan	Sea control, law enforcement dan protection	Radar pantai, AIS/VTS, patrol craft, drone, harbour sonar

Mandala	Wilayah fokus	Efek yang dicapai	Sensor dan unsur utama
Infrastruktur kritis	Kabel, pipa, anjungan, pelabuhan, pangkalan	Deteksi perubahan dan atribusi awal	Baseline survey, seabed sensor, UUV inspection, acoustic/EO monitoring

5.2. Radar Surveillance Pantai

Radar pantai memberi persistence, biaya operasi per jam yang lebih rendah daripada patroli udara, dan deteksi independen terhadap AIS atau VMS. Desain jaringan harus didasarkan pada line of sight, ketinggian antena, clutter, cuaca, bentuk pantai, kepadatan pelayaran, kebutuhan klasifikasi, komunikasi backhaul, dan survivability. Radar tidak dapat berdiri sendiri. EO/IR membantu verifikasi visual, AIS dan VMS membantu identitas, sedangkan satelit SAR menutup wilayah di luar horizon radar pantai.

Prioritas pertama ialah choke point, pintu masuk ALKI, pendekatan pangkalan, sektor illegal fishing, dan area dekat infrastruktur. Setiap site perlu power redundancy, secure backhaul, local recording, edge processing, cyber hardening, remote maintenance, serta prosedur degraded mode. Over the horizon radar dapat dikaji untuk broad-area cueing, tetapi akurasi, clutter, kebutuhan spektrum, dan biaya harus diuji melalui demonstrator sebelum menjadi tulang punggung track taktis.

5.3. Satelit dan Pengindraan Ruang Angkasa

Satelit SAR mampu mengamati siang malam dan menembus awan, sehingga relevan untuk Indonesia. Satelit optik memberi

klasifikasi visual ketika cuaca mendukung. Data satelit harus ditugaskan berdasarkan priority intelligence requirement, bukan dibeli sebagai citra tanpa siklus operasi. Sistem perlu menghubungkan detection hasil SAR dengan AIS, VMS, cuaca, pola perjalanan, dan tasking UAV atau kapal. Latensi dari akuisisi sampai alert menjadi indikator utama.

5.4. Surveillance Bawah Air

Jaringan bawah air memerlukan kombinasi pasif, aktif, tetap, deployable, dan bergerak. Hydrophone pasif mendukung deteksi signature tanpa memancarkan posisi. Sonar aktif membantu lokalisasi tetapi mengungkap keberadaan sensor dan dipengaruhi lingkungan. Multistatic ASW memisahkan pemancar dan penerima agar geometri deteksi membaik. UUV serta KSOT dapat menempatkan sensor, melakukan reconnaissance, inspeksi infrastruktur, atau membentuk barrier sementara. Kapal selam berawak tetap menjadi node komando dan senjata strategis dalam distributed underwater warfare.

Penempatan harus diawali pemetaan sound velocity profile, ambient noise, seabed type, arus, jalur pelayaran, dan pola ancaman. Acoustic performance model kemudian menentukan frekuensi, aperture, lokasi, kedalaman, dan jumlah sensor. Indonesia perlu menghindari asumsi bahwa satu produk sonar dapat digunakan seragam di Selat Malaka, Laut Natuna Utara, Laut Banda, dan perairan litoral.

Bab 6 Perubahan Doktrin Operasi

6.1. Dari Patrolling at Sea menuju Surveillance Led Interception

Patroli laut konvensional mencari sasaran melalui kehadiran fisik di area luas. Pola ini tetap penting untuk menunjukkan kedaulatan, membangun deterrence, melatih awak, dan merespons kejadian yang tidak dapat diprediksi. Namun luas ZEEI membuat continuous physical coverage tidak mungkin dicapai hanya dengan kapal. Waktu transit, konsumsi bahan bakar, maintenance, dan jumlah platform membatasi persistence.

Surveillance-led interception membalik urutan alokasi sumber daya. Sensor persisten mengawasi area luas. Analitik memilih kontak yang menyimpang. Pusat komando memverifikasi status hukum dan prioritas. Unsur operasi kemudian ditempatkan pada jalur potong, choke point, atau sektor tempat peluang intersepsi paling tinggi. Dengan pola ini, kapal dan pesawat memusatkan jam operasinya untuk deterrence, verifikasi, dan tindakan, sedangkan fungsi pencarian luas sebagian besar dilakukan sensor.

Aspek	Patroli luas konvensional	Surveillance led interception
Pemicu operasi	Jadwal dan sektor patroli	Alert, intelligence requirement dan risk score
Fungsi kapal	Mencari sekaligus menindak	Verifikasi, shadowing, intersepsi dan tindakan
Cakupan	Terbatas radius sensor platform	Gabungan sensor nasional dan sekutu/mitra sesuai kebijakan

Aspek	Patroli luas konvensional	Surveillance led interception
Penempatan	Penyebaran merata atau rutin	Choke point, predicted route dan sektor bernilai tinggi
Keputusan	Bergantung laporan platform	COP, legal tagging, threat score dan ETA
Ukuran keberhasilan	Hari layar dan area patroli	Detection rate, time to classify, time to intercept dan outcome
Risiko	Area luas tetap tidak terpantau	Ketergantungan pada jaringan, data dan ketahanan siber

6.2. Konsep Choke Point Interception

Choke point memberi keuntungan geometri karena sasaran harus melewati ruang yang relatif sempit. Sistem dapat menempatkan radar, EO/IR, ESM, sonobuoy, dipping sonar, fixed array, USV, UUV, dan unit intersepsi dalam pola berlapis. Di domain permukaan, track dari ZEEI diproyeksikan ke titik potong. Di domain bawah air, barrier akustik memberi initial detection dan unit bergerak melaksanakan re-localization. Konsep ini mendukung deterrence by denial karena lawan menghadapi peluang deteksi dan respons yang lebih tinggi pada jalur yang tidak mudah dihindari.

6.3. Command and Control serta Kewenangan

Kecepatan sensor tidak berguna apabila keputusan tetap lambat. CONOPS harus menetapkan siapa yang memantau, siapa yang memvalidasi, siapa yang menetapkan status hukum, siapa yang

memiliki OPCON dan TACON, serta kapan pendelegasian diberikan kepada mission commander. Untuk kejadian lintas rezim, sistem membagikan informasi yang sama tetapi tindakan tetap mengikuti undang-undang. Rules of engagement, rules for the use of force, standar pembuktian, dan prosedur serah terima perkara harus menjadi bagian desain.

Bab 7 Teknologi Pelengkap dan Kemandirian Nasional

Prioritas Teknologi

Prioritas	Teknologi	Alasan
Sangat tinggi	Dashboard integrator, data exchange layer, track fusion, identity resolution, cyber security	Membuka nilai dari sistem yang sudah ada dan mengurangi detection-action gap
Sangat tinggi	Radar pantai, EO/IR, satelit SAR tasking dan dark vessel analytics	Menutup sasaran non-kooperatif di permukaan
Tinggi	Secure communications, tactical data link, edge processing dan cross-domain gateway	Menjamin data tepat waktu dan aman
Tinggi	Seabed sensor, hydrophone, sonobuoy, dipping sonar, VDS dan multistatic processing	Membangun deteksi bawah air pada sektor prioritas
Tinggi	UAV, USV, UUV dan KSOT dengan modular payload	Meningkatkan persistence dan mengurangi risiko personel
Menengah bertahap	AI classification, predictive track, mission optimization dan digital twin	Meningkatkan kecepatan analisis setelah data dan proses matang

Prioritas	Teknologi	Alasan
Fondasi	Acoustic database, bathymetry, signature library, data labeling, BMS dan test range	Menentukan akurasi, keselamatan, dan kemandirian jangka panjang

Kecerdasan Buatan yang Bertanggung Jawab

AI dapat menyaring volume data, mendeteksi anomali, meningkatkan citra sonar, mengklasifikasi acoustic signature, menggabungkan sensor, dan memprediksi lintasan. AI tidak boleh menjadi otoritas tunggal untuk penggunaan kekuatan. Setiap alert perlu confidence score, sumber data, penjelasan faktor utama, dan human validation. Model harus diuji terhadap spoofing, data drift, cuaca ekstrem, perubahan pola pelayaran, bias dataset, dan adversarial manipulation. Feedback hasil intersepsi digunakan untuk mengukur false positive serta false negative.

Baterai dan Energi Bawah Air

Endurance UUV dan sensor bergantung pada densitas energi, keselamatan, pressure tolerance, battery management system, state of charge, state of health, modularity, dan kemampuan docking. Program BRIN dan industri perlu menetapkan kelas platform, profil misi, durasi, kedalaman, serta risiko thermal runaway sebelum memilih kimia baterai. Standardisasi dan uji keselamatan harus mendahului produksi skala besar.

Industri dan Pengadaan

Kapasitas Industri Bawah Air PT PAL

Roadmap PT PAL menunjukkan kesinambungan build, sustain, absorb, innovate, dan integrate. Pengalaman Type 209 dan Chang Bogo atau Nagapasa membentuk kemampuan konstruksi serta MRO. Program Scorpène Evolved dengan lithium-ion battery memperluas penguasaan teknologi kapal selam modern.

Pengembangan KSOT memberi opsi wahana otonom berbiaya lebih rendah yang dapat disebar pada choke point, jalur pendekatan ZEEI, dan kawasan infrastruktur kritis sebagai node surveillance, pengintaian, dan respons.

Kebijakan pengadaan perlu mengutamakan PT PAL sebagai integrator platform bawah air nasional dengan melibatkan BRIN, PT LEN, perguruan tinggi, dan industri komponen. Pemerintah tetap perlu mengimpor teknologi yang belum dikuasai, tetapi kontrak harus menjamin transfer teknologi yang terukur, hak data, antarmuka terbuka, kemampuan pemeliharaan di dalam negeri, dan peningkatan tingkat komponen dalam negeri.

Kontrak pengadaan perlu menetapkan outcome operasi, arsitektur terbuka, data rights, interface control document, cyber requirement, sovereign support, transfer knowledge, obsolescence management, availability, dan total life cycle cost. Pemerintah perlu memisahkan komponen yang harus dikuasai nasional dari komponen yang dapat dibeli. Integrator nasional harus mampu menghubungkan sensor multi-vendor dan mempertahankan source data, algoritma, serta konfigurasi tanpa ketergantungan permanen.

Bab 8 Tata Kelola Kelembagaan dan Data

Model Integrasi Nasional Terdistribusi

Model integrasi nasional terdistribusi terdiri atas data owner, service provider, fusion service, dan authorized consumer. KKP tetap menjadi pemilik VMS. Kemenhub mengelola data keselamatan dan pelayaran. TNI AL mempertahankan data pertahanan serta rantai komando. Instansi berbagi data minimum yang diperlukan, produk track, alert, atau query service. Kebijakan nasional menetapkan standar, service level, klasifikasi, retensi, audit, dan penyelesaian konflik data.

Pembagian Produk Informasi

Produk	Pengguna	Isi	Klasifikasi prinsip
Maritime safety picture	Kemenhub, SAR, pelabuhan	Traffic, cuaca, navigational warning, distress	Dapat dibagi luas sesuai aturan
Fisheries compliance picture	KKP dan penegak hukum terkait	VMS, izin, zonasi, indikasi pelanggaran	Terbatas sesuai data komersial dan penyidikan
Recognized Maritime Picture	Instansi keamanan laut	Track terfusi, identity, anomaly dan legal tag	Berjenjang sesuai kebutuhan
Common Operational Picture	TNI dan pusat komando pertahanan	RMP ditambah intelligence, readiness, tasking dan threat	Terklasifikasi

Produk	Pengguna	Isi	Klasifikasi prinsip
Target package	Mission commander	Track, identitas, risiko, aturan tindakan, ETA dan evidence need	Need to know

Indikator Kinerja

Kelompok	Indikator
Cakupan	Persentase sektor prioritas dengan surveillance persisten dan probabilitas deteksi
Kecepatan	Sensor-to-alert, time to classify, decision time, tasking time dan time to intercept
Kualitas	Track continuity, identity confidence, false positive, false negative dan duplicate track
Kesiapan	Availability sensor, network uptime, mission capable rate dan operator readiness
Efisiensi	Biaya per verified contact, fuel per successful intercept dan pengurangan pencarian tanpa hasil
Ketahanan	Waktu pulih, operasi degraded mode, insiden siber dan kehilangan node
Hasil	Pelanggaran dicegah, kasus ditindak, ancaman ditolak dan infrastruktur terlindungi

Bab 9 Roadmap Implementasi

Tahap	Waktu	Fokus	Keluaran
1 Fondasi	2026-2028	Kebijakan, arsitektur, peta sensor, standar data, CONOPS, tata kelola dan pemilihan pilot	National architecture baseline, interface standards, legal matrix dan implementation authority
2 Demonstrator	2028-2030	Satu mandala prioritas dengan sensor permukaan dan bawah air, fusion engine, dashboard serta interception force	Operationally tested demonstrator dan baseline KPI
3 Integrasi	2030-2035	Perluasan pertukaran data nasional, radar pantai, satelit tasking, tactical data link dan training	RMP nasional dan COP pertahanan berlapis

Tahap	Waktu	Fokus	Keluaran
4 Networked operations	2035-2040	Manned-unmanned teaming, multistatic ASW, seabed network dan distributed C2	Persistent surveillance pada ZEEI prioritas dan choke point
5 Autonomi terkendali	2040-2045	AI-enabled analysis, autonomous mission support, resilient mesh dan sovereign sustainment	See first, understand first, decide first, act first

Desain Demonstrator Prioritas

Demonstrator harus cukup sempit untuk diselesaikan, tetapi cukup kompleks untuk menguji model nasional. Lokasi dipilih berdasarkan tingkat ancaman, choke point atau jalur pendekatan, ketersediaan sensor, dukungan logistik, dan peluang latihan. Demonstrator minimal mengintegrasikan VMS, AIS, radar pantai, satu feed satelit SAR, UAV, sumber intelijen, satu sensor akustik atau sonobuoy, fusion engine, dashboard, pusat komando, dan unsur intersepsi. Uji operasi mencakup dark vessel, spoofing, rendezvous, infiltrasi bawah air simulatif, putus jaringan, serangan siber, dan serah terima kewenangan.

Keputusan yang Harus Diambil pada Tahun Pertama

7. Menetapkan sponsor nasional, operational owner, technical design authority, dan data governance authority.

8. Menyepakati capability requirement serta CONOPS sebelum menentukan merek dan jumlah alat.
9. Memilih wilayah demonstrator dan menyusun baseline sensor coverage serta response time.
10. Menerbitkan standar minimum data track, API, time synchronization, identity, confidence, cyber security, dan audit.
11. Menetapkan mekanisme anggaran lintas tahun untuk integrasi, maintenance, bandwidth, lisensi, uji operasi, dan SDM.
12. Membentuk tim red team untuk menguji spoofing, deception, cyber attack, sensor loss, dan overload operator.

Bab 10 Risiko dan Mitigasi

Risiko	Konsekuensi	Mitigasi
Satu basis data terpusat	Target siber bernilai tinggi dan kebocoran lintas klasifikasi	Integrasi terdistribusi, segmentation, zero trust, cross-domain gateway dan backup
Ego sektoral dan ketidakjelasan lead	Data terlambat dan keputusan tidak diambil	Perpres atau kebijakan setingkat nasional, SLA dan forum operasi tetap
Vendor lock-in	Biaya naik dan integrasi sensor baru sulit	Open architecture, data rights, interface control dan multi-vendor test
False alarm AI	Operator kehilangan kepercayaan atau salah mengerahkan unsur	Human validation, confidence threshold, test dataset dan feedback hasil operasi
Komunikasi putus	Track hilang dan unit tidak mendapat tasking	Edge processing, store and forward, alternate path dan degraded mode
Sensor terdeteksi atau disabotase	Gap cakupan dan kompromi taktik	Redundancy, concealment, mobility, tamper detection dan periodic inspection

Risiko	Konsekuensi	Mitigasi
Pengadaan tanpa environmental model	Sonar tidak efektif pada lokasi tugas	Oceanographic survey, performance modelling dan sea acceptance test
SDM tertinggal	Sistem mahal tidak digunakan optimal	Career path, certification, joint training dan retention program

Bab 11 Kesimpulan

Seluruh paparan mengarah pada kebutuhan yang sama. Indonesia harus menghubungkan geostrategi, civil surveillance, kekuatan bawah air, penelitian, industri, dan keputusan politik dalam satu sistem operasi. Fondasi sensor telah tersedia, tetapi masih terfragmentasi. VMS, AIS, radar, satelit, kapal, pesawat, dan pusat kendali baru menghasilkan pengendalian laut apabila data mereka dikorelasikan, diberi konteks hukum, diterjemahkan menjadi alert, dan diikuti respons tepat waktu.

Desain yang sesuai bagi Indonesia adalah arsitektur nasional terintegrasi dengan pengelolaan data terdistribusi dan berlapis. Sistem ini menghasilkan RMP bersama serta COP pertahanan tanpa menghapus kewenangan instansi. Radar surveillance pantai, satelit SAR, dashboard integrator, komunikasi aman, sensor bawah air, serta wahana nirawak menjadi teknologi pelengkap utama. Pengembangan bawah air harus disesuaikan dengan oseanografi dan batimetri karena satu jenis sonar tidak dapat memenuhi seluruh lingkungan operasi.

Kemampuan surveillance yang persisten memungkinkan perubahan pola operasi. Patroli tidak dihapus, tetapi diarahkan oleh informasi. Unsur laut dan udara berfokus pada verifikasi, deterrence, intersepsi, dan penindakan di choke point, jalur pendekatan, sektor rawan, dan sekitar infrastruktur kritis. Pergeseran ini meningkatkan cakupan, mempercepat respons, mengurangi pencarian tanpa hasil, dan memakai jam operasi platform secara lebih efisien.

Prioritas terdekat bukan pengadaan seluruh sensor secara serentak. Pemerintah perlu menetapkan arsitektur, CONOPS, tata kelola data, dan demonstrator. Hasil demonstrator menjadi dasar perluasan nasional secara bertahap sampai 2045. End state yang hendak dicapai adalah kemampuan mendeteksi sejak ZEEI, memahami identitas serta maksud kontak, memutuskan menurut

hukum dan rantai komando, kemudian bertindak sebelum ancaman memperoleh kebebasan operasi.

Bab 12 Rekomendasi Kebijakan

Kebijakan Nasional

- Membentuk kebijakan National Integrated Maritime Surveillance System Indonesia dengan arsitektur nasional terintegrasi dengan pengelolaan data terdistribusi, standar nasional, dan pembagian peran yang jelas.
- Menetapkan pembangunan surveillance sebagai program kemampuan lintas instansi dan lintas tahun, bukan proyek teknologi satu kementerian.
- Menyelaraskan RMP sipil dan COP pertahanan melalui security domain yang berbeda tetapi interoperabel.
- Menjadikan ZEEI prioritas, ALKI, choke point, pangkalan, dan infrastruktur kritis sebagai basis perencanaan coverage.

Operasi dan Doktrin

- Menyusun doktrin Integrated Underwater Warfare dan CONOPS surveillance-led interception.
- Menetapkan siklus Detect, Identify, Track, Assess, Decide, Intercept, Evaluate sebagai proses operasi bersama.
- Melaksanakan wargaming dan uji lapangan lintas instansi untuk dark vessel, kapal asing, UUV, sabotase seabed, dan serangan siber.
- Mengukur keberhasilan dengan waktu klasifikasi serta intersepsi, continuity track, dan outcome, bukan hanya jumlah hari patroli.

Teknologi dan Industri

- Memprioritaskan fusion engine, dashboard integrator, radar pantai, satelit SAR tasking, secure communications, dan sensor bawah air pada sektor pilihan.
- Membangun acoustic database, signature library, bathymetry, oceanographic model, dan national maritime data standard.

- Mewajibkan open architecture, data rights, cyber security, modular payload, interoperability test, serta sovereign sustainment dalam kontrak.
- Menghubungkan riset BRIN, kebutuhan TNI AL, produksi PT PAL dan industri elektronika melalui demonstrator serta sea trial.

Sumber Daya Manusia dan Anggaran

- Membangun jalur karier operator sensor, analis, data engineer, AI specialist, cyber defender, hydrographer, acoustic specialist, dan mission commander.
- Mengembangkan kurikulum Seskoal serta lembaga pendidikan terkait untuk network-centric operations, C6ISR, autonomous systems, data analytics, hukum laut, dan wargaming.
- Mengalokasikan biaya siklus hidup, bandwidth, maintenance, kalibrasi, software update, model training, latihan, dan penggantian baterai sejak tahap perencanaan.
- Menggunakan investasi surveillance untuk meningkatkan efektivitas platform tempur dan patroli yang sudah dimiliki sebelum memperluas pengadaan secara besar-besaran.

Daftar Singkatan

Singkatan	Arti
AI	Artificial Intelligence
AIS	Automatic Identification System
ALKI	Alur Laut Kepulauan Indonesia
ASW	Anti-Submarine Warfare
AUV	Autonomous Underwater Vehicle
BMS	Battery Management System
C2	Command and Control

Singkatan	Arti
C4ISR	Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance
C6ISR	Command, Control, Communications, Computers, Cyber, Combat Systems, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance
CONOPS	Concept of Operations
COP	Common Operational Picture
EO/IR	Electro-Optical and Infrared
ESM	Electronic Support Measures
IMSS	Integrated Maritime Surveillance System
KKP	Kementerian Kelautan dan Perikanan
KSOT	Kapal Selam Otonom Tanpa Awak
LRIT	Long Range Identification and Tracking
MDA	Maritime Domain Awareness
MDO	Multi-Domain Operations
MPA	Maritime Patrol Aircraft
MRO	Maintenance, Repair and Overhaul
MUM-T	Manned-Unmanned Teaming
OPCON	Operational Control

Singkatan	Arti
OTH Radar	Over the Horizon Radar
RMP	Recognized Maritime Picture
SAR	Synthetic Aperture Radar atau Search and Rescue sesuai konteks
SLA	Service Level Agreement
TACON	Tactical Control
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UUV	Unmanned Underwater Vehicle
USV	Unmanned Surface Vehicle
VDS	Variable Depth Sonar
VMS	Vessel Monitoring System
VTS	Vessel Traffic Service
XLUUV	Extra Large Unmanned Underwater Vehicle
ZEEI	Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia
LIB	Lithium-Ion Battery
ToT	Transfer of Technology

Sumber Utama Seminar

13. Term of Reference Seminar Nasional HUT Hiu Kencana 2026, Integrated Maritime Surveillance System for Indonesia, 6 Agustus 2026.

14. Kepala Staf Angkatan Laut, Strategi Pembangunan Kekuatan Bawah Air TNI AL Menuju Indonesia Emas 2045, Seskoal, 9 September 2026.
15. Laksamana TNI Purn Dr Didit Herdiawan Ashaf, Maritime Civil Surveillance Melalui Vessel Monitoring System Menuju Integrasi National Maritime Surveillance System Indonesia, 9 September 2026.
16. Laksda TNI Ariantyo Condrowibowo, Pengembangan Doktrin Strategi Operasi dan Sumber Daya Manusia Kapal Selam Menghadapi Peperangan Maritim Modern, Seskoal, 9 September 2026.
17. Prof Dr Ir Amarulla Octavian, Penguasaan Teknologi Strategis Bawah Air, BRIN, 9 September 2026.
18. Jonathan Cooke, Next Generation Integrated Maritime Surveillance and Underwater Sensor System for Archipelagic Defence, THALES Underwater Systems, 9 September 2026.
19. Dr Dave Akbarshah Fikarno Laksono, Pandangan Umum Seminar Nasional HUT Hiu Kencana 2026, 9 September 2026.
20. Dr. Kaharuddin Djenod, Kemandirian Industri Bawah Laut Indonesia Dari Penguasaan Kapal Selam menuju Ekosistem Autonomous Underwater Capability, PT PAL Indonesia, 9 September 2026.
21. Dr.-Ing. Setyo Nugroho, Tanggapan Seminar Nasional Integrated Maritime Surveillance System for Indonesia, Fakultas Teknologi Kelautan ITS, 9 September 2026.

Catatan penyusunan Paper ini merupakan sintesis analitis atas materi seminar yang diterima. Rekomendasi arsitektur, tata kelola, indikator kinerja, dan roadmap merupakan rumusan paper yang diturunkan dari titik temu paparan. Rincian jangkauan sensor, jumlah site, frekuensi sonar, lokasi instalasi, biaya, klasifikasi data, dan rules of engagement memerlukan studi

kelayakan, survei oseanografi, analisis ancaman, serta keputusan instansi berwenang.

JAKARTA, 12 SEPTEMBER 2026