



Implementasi integrasi ECDIS–ARPA pada KMP Jatra III: kompatibilitas, konektivitas, dan tantangan operasional

**Amirullah*, Dwi Antoro, Henni Sutryani, Yohanna Nurika,
Imam Ahmad Mirza Ar Rasyid**

Politeknik Pelayaran Banten

E-mail: *amirman4175@gmail.com

ABSTRAK

Integrasi Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) dan Automatic Radar Plotting Aid (ARPA) merupakan salah satu pendekatan untuk menyatukan konteks peta elektronik dengan informasi target radar sehingga perwira jaga memperoleh gambaran navigasi yang lebih terpadu. Penelitian ini bertujuan menganalisis proses implementasi teknis integrasi ECDIS-ARPA pada KMP Jatra III, mengidentifikasi hambatan kompatibilitas dan konektivitas yang muncul di atas kapal, serta merumuskan langkah mitigasi yang relevan terhadap pengoperasian sistem. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan studi kasus. Data diperoleh melalui observasi terbuka di anjungan, wawancara semi-terstruktur dengan Nakhoda dan tiga perwira navigasi, serta telaah dokumentasi perangkat dan operasional kapal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi dilaksanakan melalui koneksi fisik antarperangkat, konfigurasi penerimaan dan pengiriman data, serta verifikasi tampilan data target pada ECDIS. Empat kelompok hambatan utama yang ditemukan adalah keterbatasan ruang instalasi, kesesuaian perangkat keras dan perangkat lunak, kompleksitas pengolahan serta tampilan data, dan kesulitan akses terhadap konektor fisik. Integrasi mendukung pemantauan target yang lebih terpusat dan memperkuat proses pengambilan keputusan, namun efektivitasnya bergantung pada kompatibilitas sistem, ketepatan konfigurasi, kejelasan antarmuka, pemeliharaan, serta kompetensi operator. Penelitian merekomendasikan verifikasi kompatibilitas sebelum instalasi, pengujian perangkat, pengaturan tampilan yang terstruktur, penempatan perangkat yang mudah diakses, dan familiarisasi perwira setelah perubahan konfigurasi sistem.

Kata Kunci: ECDIS, ARPA, integrasi sistem navigasi, kompatibilitas, konektivitas, keselamatan pelayaran.

ABSTRACT

The integration of the Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) and Automatic Radar Plotting Aid (ARPA) provides a means of combining electronic chart context with radar target information so that bridge officers can obtain a more integrated navigational picture. This study analyzes the technical implementation of ECDIS-ARPA integration aboard KMP Jatra III, identifies compatibility and connectivity constraints encountered onboard, and formulates practical mitigation measures. A qualitative descriptive case-study approach was employed. Data were obtained through open bridge observations, semi-structured interviews with the Master and three deck officers, and review of equipment and operational documentation. The findings indicate that integration involved physical interconnection between equipment, configuration of data input and output functions, and verification of target information displayed on ECDIS. Four principal implementation challenges were identified: limited installation space, hardware and software compatibility, complexity of data processing and display, and difficult access to physical connectors. The integrated configuration supported more centralized target monitoring and improved decision support, but its effectiveness depended on system compatibility, correct configuration, clear human-machine interface design, maintenance, and operator competence. The study recommends pre-installation compatibility verification, equipment testing, structured display configuration, accessible equipment placement, and officer familiarization following system reconfiguration.



Keywords: ECDIS, ARPA, navigation system integration, compatibility, connectivity, maritime safety.

Tersedia pada: <https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i1.282>

Disubmit pada 01/05/2026	Direview pada 06/05/2026	Direvisi pada 11/05/2026
Diterima pada 20/05/2026	Diterbitkan pada 01/06/2026	

PENDAHULUAN

Keselamatan navigasi modern semakin bergantung pada kemampuan perwira jaga untuk menggabungkan berbagai sumber informasi secara cepat, tepat, dan konsisten. ECDIS menyediakan konteks spasial melalui Electronic Navigational Chart (ENC), posisi kapal, rencana pelayaran, kedalaman, tanda navigasi, dan informasi kartografis lainnya. Di sisi lain, radar yang dilengkapi ARPA menyediakan pengamatan target berbasis sensor dengan fungsi pelacakan otomatis, estimasi gerakan relatif, serta dukungan terhadap evaluasi risiko tubrukan. Penggunaan kedua sistem secara terpisah mengharuskan operator melakukan korelasi mental antara informasi peta elektronik dan informasi target radar, sehingga kualitas keputusan tetap sangat dipengaruhi kemampuan operator dalam melakukan cross-check antarperalatan [1]-[4].

Integrasi ECDIS dan ARPA memungkinkan sebagian informasi target radar dipresentasikan dalam konteks peta elektronik. Dalam konfigurasi yang tepat, perwira jaga dapat menilai posisi relatif target terhadap alur, bahaya navigasi, rencana lintasan, serta ruang manuver kapal tanpa harus berpindah perhatian secara terus-menerus antara dua tampilan. Konsep ini sejalan dengan perkembangan e-navigation yang menekankan integrasi, harmonisasi, dan penyajian informasi yang relevan secara tepat waktu untuk mendukung pengambilan keputusan di anjungan [2], [4], [5]. Meskipun demikian, keberhasilan integrasi tidak hanya ditentukan oleh tersedianya perangkat, tetapi juga oleh kompatibilitas hardware dan software, struktur antarmuka, sinkronisasi data, instalasi fisik, pemeliharaan, serta kompetensi operator.

Penelitian Kelompok 10 pada KMP Jatra III mendokumentasikan penggunaan ECDIS dan radar ARPA, proses percobaan integrasi, perubahan penyajian informasi, hambatan yang dialami perwira, dan sejumlah solusi teknis yang diusulkan. Kapal tersebut merupakan kapal penumpang Ro-Ro milik PT ASDP Indonesia Ferry (Persero) yang melayani lintasan Merak-Bakauheni. Kapal memiliki Gross Tonnage (GT) 5.071 dan menggunakan perangkat ECDIS serta radar ARPA buatan FURUNO. Konteks lintasan Selat Sunda yang dinamis menjadikan integrasi informasi navigasi relevan karena perwira harus memantau lalu lintas, posisi relatif target, bahaya navigasi, serta perkembangan situasi dalam waktu yang terbatas.

Sebagian hasil dari kumpulan data penelitian yang sama telah dipublikasikan sebelumnya dengan fokus pada peningkatan deteksi, identifikasi, pelacakan objek, navigational awareness, CPA/TCPA, faktor manusia, dan manfaat keselamatan dari penggunaan ECDIS-ARPA [7]. Artikel ini tidak mengulang fokus tersebut. Ruang lingkup artikel dibatasi pada implementasi teknis di atas kapal, kompatibilitas antarperangkat, konektivitas fisik, pengolahan dan penyajian data, hambatan instalasi, serta langkah mitigasi yang belum menjadi fokus utama publikasi sebelumnya.

Masalah integrasi sistem navigasi perlu dianalisis sebagai persoalan sosio-teknis. Perangkat yang secara fungsional kompatibel belum tentu menghasilkan operasi yang aman apabila penyajian data terlalu padat, konektor sulit diakses, kalibrasi tidak konsisten, atau operator belum memahami perubahan konfigurasi. Sebaliknya, desain instalasi yang memperhatikan alur kerja anjungan dapat meningkatkan kemampuan cross-check dan

mengurangi waktu yang diperlukan untuk membangun gambaran situasional. Faktor manusia tetap menjadi komponen penting karena sistem elektronik dapat memperkuat keputusan operator sekaligus menimbulkan risiko salah interpretasi apabila data tidak dipahami dalam konteks keterbatasan sensor [3], [6].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan: (1) mendeskripsikan konfigurasi perangkat ECDIS dan ARPA yang digunakan pada KMP Jatra III; (2) menjelaskan tahapan implementasi integrasi berdasarkan observasi dan keterangan perwira; (3) mengidentifikasi hambatan teknis dan operasional selama proses integrasi; serta (4) merumuskan rekomendasi implementasi yang menekankan kompatibilitas, aksesibilitas, kejelasan tampilan, pengujian, dan familiarisasi operator. Hasil kajian diharapkan dapat menjadi referensi praktis bagi kapal yang akan melakukan integrasi atau re-konfigurasi peralatan navigasi elektronik dengan tetap mempertahankan prinsip cross-check, redundancy, dan pengawasan manusia.

METODOLOGI

Desain Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan desain studi kasus. Pendekatan ini dipilih karena objek kajian bukan sekadar performa teknis perangkat secara laboratoris, tetapi proses implementasi integrasi ECDIS-ARPA dalam konteks operasional kapal yang melibatkan perangkat, ruang anjungan, konfigurasi, perwira, serta prosedur kerja. Studi kasus memungkinkan peneliti menghubungkan hasil observasi dengan pengalaman operator dan dokumen perangkat secara kontekstual [8]-[10]. Analisis diarahkan pada tema konfigurasi sistem, tahapan integrasi, hambatan teknis, hambatan human-machine interface, serta strategi mitigasi.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di atas KMP Jatra III milik PT ASDP Indonesia Ferry (Persero), kapal Ro-Ro penumpang yang melayani lintasan Merak-Bakauheni di Selat Sunda serta memiliki *Gross Tonnage* sebesar 5.071 GT.

Subjek dan Sumber Data

Data primer diperoleh melalui observasi terbuka di anjungan dan wawancara semi-terstruktur dengan empat personel navigasi, yaitu Nakhoda, Mualim I, Mualim II, dan Mualim III. Wawancara diarahkan pada pengalaman menggunakan ECDIS dan ARPA, kendala sebelum dan selama integrasi, kesesuaian perangkat, perubahan cara pemantauan target, serta kesulitan konektivitas dan tampilan. Data sekunder diperoleh dari dokumentasi perangkat, spesifikasi yang dicatat peneliti, tampilan sistem, dan dokumen kapal yang relevan. Penggunaan jabatan sebagai identitas analitis dalam artikel ini dimaksudkan untuk menjaga fokus pada fungsi operasional, bukan identitas personal responden.

Konfigurasi Perangkat yang Dikaji

Perangkat yang digunakan dicatat sebagai ECDIS dengan FURUNO Monitor Unit MU-190 dan radar FURUNO 1835 Display Unit tipe RDP-152. Informasi ini digunakan untuk mengidentifikasi lingkungan perangkat yang menjadi konteks kasus, bukan untuk menggeneralisasi seluruh sistem ECDIS atau ARPA dari pabrikan yang sama.

Tabel 1. Konfigurasi perangkat yang dicatat dalam penelitian.

Perangkat	Tipe	Fungsi dalam kajian
ECDIS	FURUNO Monitor Unit MU-190	Platform visualisasi peta elektronik dan penerimaan informasi target terintegrasi
Radar/ARPA	FURUNO 1835, Display Unit RDP-152	Sumber pengamatan radar, pelacakan target, jarak/bearing dan informasi gerakan target

Teknik Pengumpulan Data

Observasi dilakukan untuk mencatat kondisi tampilan ECDIS dan radar, tata letak perangkat, proses koneksi, perubahan informasi setelah integrasi, dan respons perwira saat menggunakan konfigurasi terintegrasi. Wawancara semi-terstruktur digunakan untuk memperoleh penjelasan mengenai kesulitan instalasi, kompatibilitas sistem, pengolahan tampilan, dan kebutuhan operasional. Dokumentasi digunakan untuk mengonfirmasi model perangkat serta merekam perubahan yang dianggap relevan terhadap analisis.

Teknik Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif dengan pengelompokan temuan ke dalam tema yang berasal dari fokus penelitian: (1) konfigurasi dan fungsi perangkat; (2) tahapan integrasi; (3) perubahan penyajian informasi yang teramati; (4) hambatan teknis dan operasional; dan (5) rekomendasi mitigasi. Keterangan dari beberapa jabatan dibandingkan dengan hasil observasi dan dokumentasi untuk memperoleh konsistensi temuan. Interpretasi dibatasi pada konfigurasi yang diamati di KMP Jatra III; klaim yang tidak memiliki sumber sensor atau detail konfigurasi yang jelas tidak digunakan sebagai kesimpulan utama.

HASIL PENELITIAN

Konteks Implementasi Integrasi ECDIS-ARPA

Pada konfigurasi yang diamati, ECDIS berfungsi sebagai media utama untuk memvisualisasikan informasi peta elektronik, posisi kapal, rute, kedalaman kartografis, dan tanda navigasi. Radar yang dilengkapi fungsi ARPA digunakan untuk mendeteksi dan melacak target radar serta menyediakan informasi gerakan relatif. Integrasi dimaksudkan agar informasi target radar yang relevan dapat dipresentasikan bersama konteks ENC pada ECDIS, sehingga perwira tidak hanya melihat objek sebagai echo atau track pada radar tetapi juga dapat menilai kedekatannya dengan alur, bahaya navigasi, dan rencana lintasan kapal.

KMP Jatra III berhasil melakukan integrasi ECDIS dan ARPA sehingga perwira memperoleh informasi posisi, lintasan, kecepatan, arah, dan jarak relatif target dalam konteks yang lebih terpadu. Dampak operasional yang paling konsisten dari observasi dan wawancara adalah bertambahnya kemampuan cross-reference antara peta elektronik dan target radar. Artikel ini menafsirkan manfaat tersebut sebagai peningkatan ketersediaan informasi untuk keputusan, bukan sebagai pengganti kewajiban visual lookout, penilaian radar independen, atau prosedur jaga yang berlaku.

Tahapan Implementasi Integrasi

Berdasarkan uraian penelitian, proses integrasi dilakukan melalui tiga kelompok kegiatan. Pertama, dilakukan koneksi fisik antara keluaran data radar/ARPA dan masukan yang dapat diterima ECDIS. Kedua, ECDIS dikonfigurasi agar dapat menerima serta menampilkan data yang dikirim, sedangkan radar/ARPA dikonfigurasi untuk menyediakan data pelacakan dan navigasi. Ketiga, dilakukan uji fungsi untuk memeriksa apakah informasi target, jarak, dan data navigasi yang relevan muncul secara benar pada tampilan ECDIS. Urutan ini

menunjukkan bahwa integrasi membutuhkan kesesuaian pada tingkat fisik, konfigurasi perangkat, dan representasi informasi.

Selain integrasi fungsional, penelitian menekankan kebutuhan untuk memastikan konektor terpasang aman dan perangkat ditempatkan pada lokasi yang tidak mengganggu alur kerja anjungan. Aspek ini penting karena integrasi elektronik pada kapal eksisting sering kali dibatasi oleh desain ruang, akses panel, panjang jalur kabel, dan posisi unit display yang telah ditentukan sejak awal.

Perubahan Informasi yang Dapat Dipantau

Sebelum data ARPA diintegrasikan ke tampilan ECDIS, perwira melakukan korelasi informasi dengan membaca ECDIS dan radar sebagai dua sumber yang terpisah. Setelah integrasi, data target radar dapat dibaca dalam konteks peta elektronik. Perubahan yang paling relevan bagi tujuan penelitian adalah tersedianya informasi target bergerak, posisi relatif, bearing/range, lintasan atau track target, serta informasi gerakan yang membantu perwira memahami hubungan antara own ship, target, rute, dan bahaya navigasi.

Tabel 2. Ringkasan perubahan operasional yang relevan setelah integrasi.

Aspek	Sebelum integrasi data pada ECDIS	Setelah integrasi data ARPA pada ECDIS
Korelasi target	Perwira membandingkan tampilan radar dan ECDIS secara terpisah	Informasi target radar dapat dibaca langsung dalam konteks ENC
Pemantauan gerakan target	Track dan data gerak dinilai pada radar	Track/data target yang diteruskan dapat mendukung cross-reference pada ECDIS
Bearing dan range	Dibaca pada radar lalu dikorelasikan dengan peta	Informasi yang diteruskan dapat ditampilkan bersama konteks peta
Penilaian situasi	Membutuhkan perpindahan perhatian antar-display	Informasi lebih terpusat, tetapi tetap memerlukan cross-check independen
Respons terhadap bahaya	Bergantung pada interpretasi dua tampilan secara paralel	Potensi respons lebih cepat karena hubungan target dengan rute/bahaya lebih mudah dinilai

Hambatan Teknis dan Operasional

Wawancara dengan empat jabatan navigasi menunjukkan bahwa hambatan integrasi tidak bersifat tunggal. Setiap responden menyoroti aspek yang berbeda sesuai keterlibatan dan sudut pandangnya. Nakhoda menekankan keterbatasan ruang fisik untuk pemasangan atau penataan perangkat. Mualim I menyoroti kesesuaian antarperangkat karena integrasi memerlukan kompatibilitas hardware dan software. Mualim II menekankan persoalan pengolahan dan tampilan data; integrasi dapat membingungkan apabila informasi tidak terstruktur atau data tidak mengalir dengan lancar. Mualim III menyoroti sulitnya akses konektivitas fisik karena proses penyambungan dapat memerlukan pembukaan bagian perangkat atau panel tertentu.

Tabel 3. Tema hambatan integrasi dan implikasi operasional.

Tema	Sumber temuan	Masalah utama	Implikasi
Keterbatasan ruang fisik	Nakhoda	Ruang instalasi dan akses perangkat terbatas	Penempatan tambahan dapat mengganggu ergonomi dan akses pemeliharaan
Kompatibilitas sistem	Mualim I	Hardware/software tidak selalu langsung kompatibel	Risiko data tidak terbaca, fungsi tidak optimal, atau integrasi gagal
Pengolahan dan tampilan data	Mualim II	Informasi dapat padat atau tidak terstruktur	Risiko salah interpretasi dan peningkatan beban kognitif
Konektivitas fisik	Mualim III	Konektor sulit diakses; diperlukan pembongkaran bagian tertentu	Pemasangan dan troubleshooting menjadi lebih kompleks

Di luar empat hambatan tersebut, penelitian juga mengidentifikasi kompleksitas teknologi, kesalahan interpretasi, kemampuan beradaptasi terhadap perubahan lingkungan, dan kebutuhan pembaruan data. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi meningkatkan jumlah

informasi yang tersedia sekaligus menambah tuntutan terhadap operator untuk memahami sumber, kualitas, dan keterbatasan data. Informasi yang lebih banyak tidak otomatis menghasilkan navigasi yang lebih aman apabila tidak diikuti struktur tampilan dan prosedur verifikasi yang baik.

Strategi Mitigasi dan Rekomendasi Implementasi

Solusi yang disusun dari observasi dan wawancara dapat dikelompokkan ke dalam lima tingkat. Pertama, kompatibilitas perlu diverifikasi sebelum integrasi, termasuk kesesuaian perangkat keras, perangkat lunak, kemampuan input-output, dan dukungan pabrikan. Kedua, pengujian perangkat perlu dilakukan sebelum penerapan operasional untuk mendeteksi potensi kegagalan komunikasi atau tampilan. Ketiga, informasi pada display perlu disusun secara jelas melalui pemilihan layer, simbol, warna, dan konfigurasi alarm yang relevan. Keempat, konektor dan perangkat perlu ditempatkan pada lokasi yang mudah diakses agar instalasi dan troubleshooting tidak mengharuskan pembongkaran yang berlebihan. Kelima, perwira perlu memperoleh familiarisasi terhadap perubahan tampilan dan aliran informasi setelah integrasi.

Tabel 4. Rekomendasi implementasi berdasarkan temuan penelitian.

Area	Rekomendasi	Tujuan
Kompatibilitas	Verifikasi hardware/software dan kemampuan komunikasi sebelum instalasi	Mencegah integrasi parsial atau kehilangan fungsi
Pengujian	Lakukan functional test dan cross-check output sebelum digunakan dalam operasi	Memastikan target/data tampil konsisten dengan sumber
Human-machine interface	Atur layer, simbol, alarm, dan kepadatan informasi sesuai kebutuhan jaga	Mengurangi clutter dan salah interpretasi
Konektivitas	Gunakan konektor dan jalur kabel yang aman serta mudah diakses	Mempermudah pemasangan, inspeksi, dan pemeliharaan
Penempatan perangkat	Pilih lokasi yang tidak mengganggu alur kerja dan tetap mudah dijangkau	Menjaga ergonomi anjungan dan akses teknis
Familiarisasi	Lakukan briefing/simulasi setelah konfigurasi berubah	Menjamin operator memahami sumber data dan keterbatasannya
Pemeliharaan	Lakukan pembaruan data/perangkat dan pengecekan kalibrasi secara berkala	Mempertahankan akurasi dan konsistensi informasi

Pembahasan

Temuan menunjukkan bahwa integrasi ECDIS-ARPA pada kapal eksisting lebih tepat dipahami sebagai proses integrasi sistem daripada sekadar penambahan fitur display. Kesesuaian perangkat menentukan apakah data dapat dipertukarkan, sedangkan desain tampilan menentukan apakah data tersebut dapat dipahami operator secara cepat. Hal ini konsisten dengan konsep e-navigation yang menekankan harmonisasi informasi dan kebutuhan manusia sebagai pengguna akhir [2], [5]. Integrasi yang hanya berhasil pada tingkat koneksi, tetapi menghasilkan display yang padat atau ambigu, belum dapat dianggap optimal dari perspektif keselamatan.

Keterbatasan ruang fisik dan akses konektor merupakan temuan yang penting karena sering tidak terlihat dalam analisis berbasis fungsi perangkat. Pada kapal yang telah beroperasi, tata letak anjungan telah dibentuk oleh keterbatasan desain, kebutuhan visibilitas, ergonomi, dan lokasi panel. Penambahan atau perubahan koneksi harus mempertimbangkan akses pemeliharaan serta tidak boleh menimbulkan kabel atau komponen yang mengganggu operasi. Dengan demikian, keputusan integrasi memerlukan koordinasi antara pengguna operasional dan personel teknis, bukan hanya keputusan berbasis software.

Masalah pengolahan dan tampilan data berkaitan langsung dengan faktor manusia. Ketika beberapa target radar, simbol ENC, alarm, route information, dan data lain berada dalam satu display, manfaat integrasi dapat berbalik menjadi beban kognitif apabila filter dan prioritas informasi tidak ditetapkan. Literatur keselamatan maritim menunjukkan bahwa kemampuan

teknologi harus selalu dibaca bersama risiko misinterpretasi, overreliance, dan penurunan keterampilan manual [1], [3], [6]. Oleh sebab itu, penggunaan integrated display harus tetap disertai pemeriksaan radar asli, visual lookout, dan teknik penentuan posisi lain sesuai kebutuhan.

Temuan juga memperlihatkan bahwa familiarisasi setelah perubahan konfigurasi merupakan bagian dari implementasi, bukan kegiatan tambahan. Operator perlu mengetahui informasi apa yang berasal dari ENC, radar, GNSS, AIS, atau sensor lain; kapan informasi dapat terlambat atau tidak akurat; serta bagaimana mengembalikan pengamatan ke sumber asli apabila terjadi ketidaksesuaian. Prinsip redundancy menjadi penting karena integrasi tidak boleh menciptakan single point of interpretation yang menyebabkan seluruh keputusan bergantung pada satu tampilan.

Dibandingkan publikasi terdahulu yang menekankan manfaat integrasi terhadap navigational awareness dan penghindaran tubrukan [7], kajian ini memperlihatkan mekanisme implementasi yang lebih konkret: keberhasilan integrasi dipengaruhi oleh kompatibilitas sistem, koneksi fisik, akses perangkat, struktur tampilan, dan familiarisasi. Dengan demikian, kontribusi artikel ini terletak pada penyusunan kerangka implementasi yang dapat digunakan sebagai checklist awal sebelum konfigurasi terintegrasi dioperasikan pada kapal lain dengan karakteristik perangkat yang berbeda.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini merupakan studi kasus pada satu kapal dan satu konfigurasi perangkat, sehingga temuan tidak dapat digeneralisasi langsung ke seluruh kapal atau seluruh kombinasi ECDIS-ARPA. Analisis terutama menggunakan observasi dan persepsi perwira serta dokumentasi yang tersedia; penelitian tidak melakukan pengukuran laboratorium terhadap latency, packet loss, akurasi data antarperangkat, atau waktu respons operator. Selain itu, laporan awal belum mendokumentasikan detail protokol komunikasi dan arsitektur jaringan secara lengkap. Karena itu, rekomendasi teknis dalam artikel ini ditempatkan sebagai kerangka implementasi dan mitigasi, bukan sebagai standar instalasi universal.

KESIMPULAN

Implementasi integrasi ECDIS dan ARPA pada KMP Jatra III menunjukkan bahwa penyatuan informasi target radar dengan konteks peta elektronik dapat mendukung pemantauan situasi navigasi yang lebih terpusat. Nilai utama integrasi bukan pada penggantian salah satu sistem, melainkan pada kemampuan melakukan cross-reference antara informasi target dan konteks ENC untuk mendukung keputusan perwira jaga.

Keberhasilan implementasi dipengaruhi oleh faktor teknis dan operasional yang saling berkaitan. Empat hambatan utama yang ditemukan adalah keterbatasan ruang instalasi, kompatibilitas hardware/software, kompleksitas pengolahan dan tampilan data, serta akses konektivitas fisik. Hambatan tersebut menunjukkan bahwa integrasi perlu direncanakan sejak tahap pemilihan perangkat, instalasi, konfigurasi, pengujian, hingga familiarisasi operator.

Rekomendasi utama penelitian meliputi verifikasi kompatibilitas sebelum instalasi, pengujian perangkat dan aliran data, penataan tampilan yang mencegah clutter, penggunaan konektor dan lokasi perangkat yang mudah diakses, pembaruan dan kalibrasi berkala, serta familiarisasi perwira terhadap sumber dan keterbatasan informasi. Integrasi tetap harus ditempatkan sebagai alat bantu keputusan dan tidak menggantikan visual lookout, radar monitoring, cross-check, serta prosedur jaga sesuai ketentuan keselamatan pelayaran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Maritime Organization. (2017). *STCW Convention and STCW Code* (2017 ed.). London: International Maritime Organization. doi:10.62454/KD938E.
- [2] Jeevan, J., Ramamoorthy, K., Salleh, N. H. M., Hu, Y., & Park, G.-K. (2020). Implication of e-navigation on maritime transportation efficiency. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 19(1), 73–94. doi:10.1007/s13437-020-00194-z.
- [3] Tang, L., & Sampson, H. (2018). Improving training outcomes: The significance of motivation when learning about new shipboard technology. *Journal of Vocational Education & Training*, 70(3), 384–398. doi:10.1080/13636820.2017.1392997.
- [4] Pillich, B., & Schack, C. (2002). Next generation ECDIS for commercial and military uses. In *OCEANS '02 MTS/IEEE* (Vol. 2, pp. 1025–1032). IEEE. doi:10.1109/OCEANS.2002.1192108.
- [5] Weintrit, A. (2016). International standardization of maritime education, training, scientific research and technological advances related to development of e-navigation strategy in order to enhance the cooperation for maritime safety and security and protection of ocean environment. In *Proceedings of the 17th Annual General Assembly of the International Association of Maritime Universities (IAMU AGA 17): Working Together: The Key Way to Enhance the Quality of Maritime Education, Training and Research* (pp. 8–18). Haiphong, Vietnam: Vietnam Maritime University.
- [6] Lawson, L. (2018). *An analysis of the factors inhibiting ECDIS from effectually achieving its intended primary function of contributing to safe navigation* [Master's thesis, University of Cape Town]. University of Cape Town. hdl:11427/29864.
- [7] Amirullah, Antoro, D., Sutryani, H., Nurika, Y., & Ahmad, I. (2025). Integration of the Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) and Automatic Radar Plotting Aid (ARPA) to enhance object detection, identification, and tracking. *Jurnal Syntax Transformation*, 6(12), 474–479. doi:10.46799/jst.v6i12.1121.
- [8] Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- [9] Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- [10] Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- [11] Potamos, G., Stavrou, E., & Stavrou, S. (2024). Enhancing maritime cybersecurity through operational technology sensor data fusion: A comprehensive survey and analysis. *Sensors*, 24(11), 3458. doi:10.3390/s24113458.
- [12] Sarkodie, P. A., Zhang, Z. K., Benuwa, B. B., Ghansah, B., & Ansah, E. (2018). A survey of advanced marine communication and navigation technologies: Developments and strategies. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 34, 102–115. doi:10.4028/www.scientific.net/JERA.34.102.