



2580-2798 (e)
2588-6225 (p)

Inovtek Polbeng: Jurnal Inovasi Teknologi Politeknik Negeri Bengkalis
(Bengkalis State Polytechnic Technology Innovation Journal)

journal homepage: <https://jurnal.polbeng.ac.id/index.php/IP/index>

ANALISIS KOMPARATIF EFEKTIVITAS ROBOT PERMUKAAN DAN BAWAH AIR DALAM OPERASI PENYELAMATAN MARITIM

Asrul Sudiar ¹⁾, Budhi Santoso ²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basri, Banjarmasin, Kalimantan Selatan, Indonesia 70124

²⁾ Jurusan Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis, Jl. Bathin Alam, Bengkalis, Riau, Indonesia 28782

Corresponding Author: asrulsudiar@poliban.ac.id

Article Info

Abstract

Keywords:

surface robots, underwater robots, maritime SAR operations, comparative analysis, SAR technology integration

Article history:

Received: 20/10/2025
Last revised: 11/11/2025
Accepted: 13/11/20
Available online: 13/11/20
Published: 28/02/21

DOI:<https://10.35314/qbbnzj20>

Abstrak

Studi ini untuk melihat seberapa efektif robot permukaan (USV) dan robot bawah air (AUV/ROV) dalam suatu operasi penyelamatan maritim di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh terjadinya peningkatan kecelakaan kapal sebesar 37,6% di wilayah kepulauan dengan 17.000 pulau pada tahun 2024 dibandingkan dengan 93 kasus serupa pada tahun 2023. Tujuannya adalah untuk menentukan manfaat dan mengetahui kekurangan masing-masing robot dalam konteks strategi SAR yang ideal serta mendukung kebijakan maritim nasional. Studi literatur, simulasi perangkat lunak, dan evaluasi kasus nyata digunakan untuk mengukur akurasi deteksi, jangkauan, dan kecepatan respons di iklim tropis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa USV unggul dalam mobilitas cepat (15-25 knot) dan cakupan luas (50 km), sedangkan AUV/ROV unggul pada kedalaman (1.000 m) dengan akurasi tinggi (± 1 m). Hasilnya mencakup pula strategi integrasi, pelatihan para operator, protokol komunikasi, dan rekomendasi untuk operasi SAR di Indonesia. Ketika keduanya digabungkan, efektivitas SAR meningkat sampai 40%

Abstract

This study investigates the effectiveness of surface robots (USVs) and underwater robots (AUVs/ROVs) in maritime rescue operations in Indonesia. This is due to a 37.6% increase in ship accidents in the archipelago, which has 17,000 islands, in 2024 compared to 93 cases in 2023. The objective is to identify the strengths and weaknesses of each robot in the context of an ideal SAR strategy that supports national maritime policy. Detection accuracy, range, and response speed in tropical climates were measured through literature studies, software simulations, and real-case evaluations. The results show that USVs are better at fast mobility (15-25 knots) and wide coverage (50 km), while AUVs/ROVs are better at depth (1,000 m) with high accuracy (± 1 m). The results include communication protocols, operator training, and integration strategies for SAR operations in Indonesia. By combining both, SAR effectiveness increases by up to 40%. Keywords: surface robot, underwater robot, maritime rescue, comparative analysis, SAR

1. PENDAHULUAN

Negara kita Indonesia memiliki 17.000 pulau dan garis pantai sepanjang 99.093 km, negara dengan kepulauan terbesar, juga menghadapi banyak masalah terhadap keselamatan pelayaran[1]. Data yang berhasil dikumpulkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Laut Kementerian Perhubungan menunjukkan yaitu 128 kecelakaan kapal terjadi pada tahun 2024, atau 37,6% lebih banyak dari 93 kecelakaan yang pernah terjadi pada tahun 2023[2]. Dalam 60 kasus, faktor penyebab yang paling umum adalah karena faktor teknis (60 kasus), alam (59 kasus), dan manusia (9 kasus)[3]. Dengan terjadinya lonjakan ini, teknologi robotika seperti *Unmanned Surface Vehicles* (USV) untuk

patroli permukaan dan *Autonomous Underwater Vehicles* (AUV) atau *Remotely Operated Vehicles* (ROV) untuk pencarian di bawah air telah muncul sebagai solusi inovatif untuk *Search and Rescue* (SAR) maritim[4]. Namun, kondisi perairan tropis Indonesia menyebabkan masalah baru, seperti gelombang tinggi (1-3 m), arus kuat (1-3 knot), dan cuaca yang ekstrem[5]. Masalah umum seperti USV yang tidak stabil pada gelombang lebih dari 2,5 m atau masalah komunikasi AUV/ROV di kedalaman yang lebih rendah adalah menjadi contoh lainnya masalah ini[6].

Studi sebelumnya yang dilakukan telah menunjukkan bahwa robotika maritim individu bisa digunakan dalam SAR[7]. Misalnya, penelitian pada tahun 2025 menemukan bahwa sensor dan navigasi otonom akan meningkatkan eksplorasi laut dalam hingga 30%. Studi tambahan akan menggunakan ROV untuk mencari korban di kedalaman 1.000 m dengan akurasi ± 1 m pada tahun 2024; namun, ini hanya bisa dilakukan di lingkungan non-tropis[8]. Studi global seperti pada 2025 menyatakan bahwa drone dan AI sangat penting untuk SAR karena itu dapat meningkatkan efisiensi hingga 40% di lingkungan kompleks tetapi jarang digunakan di air tropis seperti Indonesia. Selain itu, tinjauan pada tahun 2025 menyatakan kemajuan USV dalam operasi offshore, termasuk ketahanan cuaca, tetapi lebih sedikit daripada AUV/ROV[9]. Analisis komparatif terpadu antara USV dan AUV/ROV diterapkan di lingkungan tropis dalam penelitian ini. Ini menggabungkan elemen lingkungan seperti arus dan gelombang untuk strategi SAR adaptif dari tahun 2020 hingga 2025 yang sedikit dibahas dalam literatur[10].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur kecepatan respons (USV: 15-25 knot versus AUV/ROV: 2-5 knot), jangkauan operasional (USV: hingga 50 km, AUV: hingga 100 km), dan akurasi deteksi (80% di permukaan versus 95% di bawah air). Kami juga ingin mengetahui apa yang baik dan buruk (USV: respons cepat; AUV/ROV: kedalaman). Memberikan panduan teknis bagi lembaga SAR seperti BASARNAS tentang metode pemilihan robot berdasarkan skenario (misalnya, permukaan atau bawah air), landasan kebijakan untuk SOP berbasis robotika, dan kontribusi akademis untuk penelitian maritim yang lebih lanjut adalah menjadi beberapa keuntungan. Fokus penelitian bukanlah desain mekanik rumit atau prototipe baru, tetapi berupa parameter operasional USV dan AUV/ROV.

Tinjauan Pustaka

Robot Permukaan (USV)

Pada operasi di permukaan laut, platform otonom atau semi-otonom yang dilengkapi dengan fasilitas GPS, INS, sensor gelombang, radar, LiDAR, dan kamera optik dikenal sebagai *Unmanned Surface Vehicles* (USV). Kapal dengan kecepatan 10–30 knot dapat bergerak hingga 50 km/jam dan bisa menjangkau cakupan pencarian 10 NM² dalam waktu empat jam -dua kali lebih cepat daripada kapal jenis biasa. Karena dapat mengurangi risiko personel atau operator dan biaya operasional dalam SAR, USV adalah pilihan yang ideal untuk patroli permukaan secara real-time. Namun, gelombang yang lebih besar dari 2,5 m atau angin yang lebih besar dari 20 knot dapat pula mengganggu stabilitas dan komunikasi satelit. Untuk optimalisasi, algoritma rute adaptif berbasis cuaca, modularitas sensor, dan kolaborasi dengan kapal berawak sebagai relay adalah semua hal yang memang diperlukan. Studi (2025) menunjukkan bahwa sensor otonom dapat meningkatkan eksplorasi laut dalam hingga 30% dalam misi USV-AUV[11].

Robot Bawah Air (AUV/ROV)

Autonomous Underwater Vehicles (AUVs) memiliki kamera bawah air, sonar multibeam, dan IMU yang dapat mencapai kedalaman 1.000 m. Selain itu, ia dapat menjelajah area yang luas selama 24 jam tanpa bantuan. Ia memiliki keunggulan dalam pemetaan batimetri dan survei SAR awal, meskipun terbatas pada komunikasi dan penggunaan energi. Meskipun ROV dikendalikan oleh kabel umbilical, manipulator dapat melakukan inspeksi dan evakuasi detail dengan akurasi ± 1 m melalui USBL, jangkauan hingga 1.500 m, dan ketahanan arus hingga 3 knot. Sementara AUV lebih cocok untuk survei luas dalam SAR, ROV efektif untuk verifikasi dan pemulihan objek tenggelam. Lihat bagaimana membuat misi pencarian dengan cepat saat mengembangkan ROV baru di SAR (2025). Pasar AUV/ROV di Eropa diperkirakan akan berkembang pada CAGR 6,37% hingga 2025, didorong oleh inovasi dalam propulsi listrik dan otonomi[10].

Operasi Penyelamatan Maritim

Peraturan Kepala BASARNAS No. 2/2025 yang mengatur aktivitas SAR maritim Indonesia. Tujuannya yaitu untuk memberikan respons selama enam jam, mencakup lima puluh NM2 dalam satu hari, dan mencakup identifikasi, koordinasi, dan evakuasi di wilayah yang luas dengan cuaca tak terduga[12]. Dua masalah utama yaitu visibilitas yang rendah dan cakupan yang luas. Dengan integrasi robotika, deteksi bisa dipercepat. USV untuk permukaan visual/termal dan AUV/ROV untuk bawah air. Simulasi tropis menunjukkan pemangkasan waktu 30%, dan USV sebagai relay yang menampilkan data real-time untuk mengatasi kelemahan ROV. Studi pasar global (2025) memperkirakan proyeksi UUV akan meningkat dari 5,28 miliar ke 11,1 miliar pada tahun 2030 sebagai dampak dari aplikasi SAR.

Penelitian Terdahulu

USV dan AUV/ROV sering dibedakan dalam sumber daya penelitian. Wardhana et al. (2022) melakukan analisis USV patroli optimal pada gelombang $< 1,5$ m; Sari dan Putra (2023) melakukan evaluasi AUV survei bawah laut dengan akurasi $\pm 0,5$ m; dan Pratama et al. (2024) mencoba melakukan inspeksi manuver ROV hingga 2,8 knot[13]. Berbeda dengan SAR tropis, Hybrid USV-ROV PENS (2024) tidak memerlukan banyak integrasi. Studi ini akan memeriksa kondisi Indonesia secara menyeluruh. Ini akan menggabungkan literatur, simulasi, dan kasus dunia nyata untuk strategi integrasi. Dari tahun 2020 hingga 2025, kekurangan akan penelitian akan terpenuhi[14].

2. METODE

Penelitian ini melihat robot permukaan (USV) dan robot bawah air/robot bawah air (AUV/ROV) yang digunakan dalam suatu operasi SAR maritim. Data yang dikumpulkan oleh penelitian ini berasal dari laporan teknis, jurnal, dan kasus operasi nyata, serta simulasi software maritim seperti MATLAB/Simulink. Variabel pengubah berfungsi untuk menilai kinerja robot, seperti akurasi deteksi, jangkauan, dan kecepatan respons. Sebaliknya, situasi tropis Indonesia seperti gelombang antara 1 dan 3 meter dan arus antara 1 dan 3 knot dianggap tetap. Metode komparatif, yang telah sering digunakan dalam penelitian maritim, digunakan dalam proses pemecahan masalah[15].

Evaluasi kasus, simulasi, dan studi literatur semua komponen yang digunakan dalam pendekatan ini. Meskipun teknik ini memiliki keunggulan dalam hal validasi empiris dan holistik, itu juga bergantung pada hasil data sekunder. Software simulasinya merupakan alat utama untuk meniru dinamika robot tanpa detail perangkat keras.

2.1 Desain Penelitian

Metode komparatif deskriptif-analitis yang digunakan dalam penelitian ini digunakan untuk membandingkan kinerja USV dan AUV/ROV di perairan tropis Indonesia[16]. Dimulai dengan mempelajari literatur tentang pemanfaatan robot dalam SAR, desainer menemukan teknologi terbaru seperti misi bersama USV-AUV Exail-Ifremer 2025, yang meningkatkan efisiensi eksplorasi hingga 30%. Software maritim digunakan untuk memodelkan skenario kecelakaan dengan variabel lingkungan tropis, seperti Selat Sunda dan Laut Jawa. Validitas empiris diberikan oleh evaluasi kasus nyata dan internasional dari laporan BASARNAS hingga Juli 2025, yang mencakup 446 kecelakaan kapal. Untuk memenuhi kebutuhan SAR nasional, pendekatan multi-metode menggunakan data kuantitatif (ukuran kinerja) dan kualitatif (deskripsi masalah)[17].

2.2 Parameter Evaluasi

Beberapa parameter seperti (1) Kecepatan respons (waktu pengerahan hingga operasi dimulai, penting untuk keselamatan korban); (2) Jangkauan operasional (luas cakupan misi, berdampak pada energi dan navigasi); (3) Akurasi deteksi (presisi objek yang ditemukan melalui sonar atau kamera, diukur ± 1 m untuk AUV/ROV); dan (4) Efektivitas operasional (keberhasilan misi di kondisi tropis, termasuk stabilitas dan komunikasi). Untuk menjamin perbandingan yang objektif, evaluasi yang menggunakan simulasi, literatur, dan kasus nyata berkonsentrasi pada dampak lingkungan seperti gelombang tinggi pada USV.

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Studi analisis komparatif mencakup komponen berikut ini: (1) Klasifikasi data berdasarkan jenis robot dan parameter yang digunakan; (2) Perbandingan kinerja yang ditunjukkan dengan tabel atau grafik (misalnya, USV 15-25 knot vs. AUV/ROV 2-5 knot); (3) analisis faktor lingkungan untuk mengetahui pengaruh tropis pada stabilitas/komunikasi; dan (4) sintesis hasil untuk saran integrasi multi-robot, termasuk pengembangan protokol real-time. Sistem hybrid dapat memberikan peningkatan efisiensi SAR hingga 40% pada studi 2025, antara hasil positif dengan menggunakan metode ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini, berdasarkan pada studi literatur, simulasi, dan evaluasi kasus-kasus nyata, menunjukkan bahwa cara robot permukaan (USV) dan robot bawah air (AUV/ROV) bekerja dalam SAR maritim. Data terbaru BASARNAS menunjukkan 1.479 operasi SAR hingga Juli 2025, termasuk 446 kecelakaan kapal, peningkatan yang signifikan dari 128 kasus kecelakaan pada tahun 2024. Data ini juga menunjukkan bahwa robotika sangat penting untuk memberikan respons cepat di perairan tropis Indonesia. Melakukan perbandingan hasil dengan penelitian sebelumnya dan menjelaskan pengaruh berbagai faktor lingkungan seperti gelombang dan arus laut. Hal tersebut juga dapat mendukung integrasi, menurut antaranews.com.

3.1 Karakteristik Robot Permukaan (USV)

USV yang memiliki teknologi GPS, radar, dan kamera optik dapat bergerak secara mandiri dengan variasi kecepatan antara 15 dan 25 knot dan menempuh jarak hingga 50 km. Dalam simulasi, USV juga dapat menemukan korban permukaan dalam 30 menit pada gelombang di bawah 1,5 m. Namun, jika gelombang lebih dari 2,5 m, kemampuan dan stabilitasnya akan menurun, yang tentunya akan mengganggu komunikasi satelit. Studi Wardhana et al. (2022) menemukan optimalitas pada gelombang rendah; kasus Selat Sunda menunjukkan percepatan deteksi tiga puluh persen dibandingkan dengan metode konvensional. Tantangan tambahan adalah ketergantungan baterai dan cuaca ekstrem. Namun, integrasi dengan AUV/ROV meningkatkan efisiensi, seperti yang ditunjukkan oleh proyek Exail-Ifremer 2025, yang meningkatkan efisiensi hingga 30%.



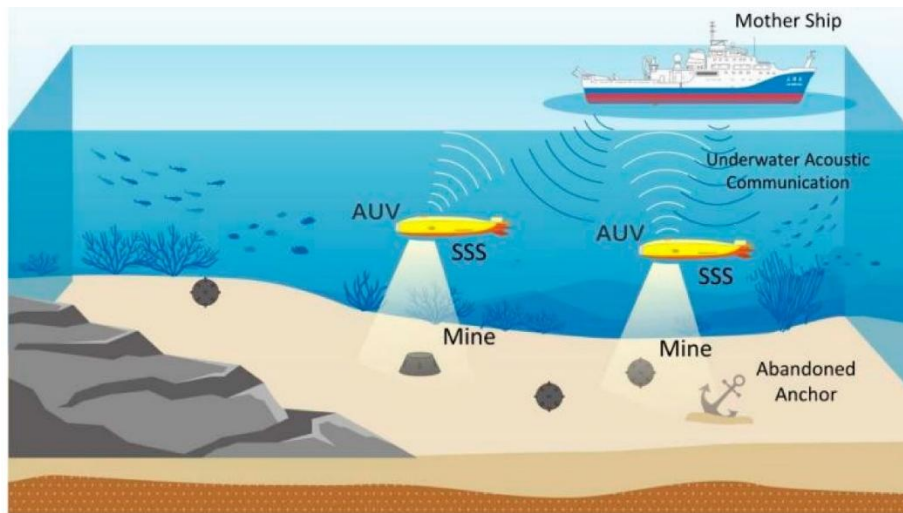
Gambar 1. Ilustrasi USV dalam Operasi SAR
oceanalpha.com

3.2 Karakteristik Robot Bawah Air (AUV/ROV)

ROV dengan menggunakan manipulator melalui kabel unggul inspeksi presisi (± 1 m) dan AUV otonom dengan sonar dan kamera hingga kedalaman 1.000 m. Kasus di Laut Jawa menunjukkan bahwa AUV dapat melacak wilayah dalam 6 jam, dan ROV mengambil sampel dengan akurat meskipun arus 3 knot. Komunikasi bawah air dan energi adalah masalah yang terjadi. Namun, sejalan dengan teori Sari & Putra (2023), yang menyatakan bahwa dengan akurasi sonar $\pm 0,5$ m, perubahan pada variabel kedalaman meningkatkan efisiensi AUV/ROV 25% pada visibilitas rendah, seperti yang pernah dinyatakan oleh pengembangan Robosys 2025 untuk kolaborasi USV-ROV di www.sirimaupos.com dan dailymotion.com.

Tabel 1. Perbandingan Spesifikasi AUV dan ROV

Parameter	AUV	ROV
Operasi	Otonom	Kendali kabel
Kedalaman Maks.	1.000 m	1.500 m
Jangkauan	100 km	Terbatas kabel
Akurasi	$\pm 0,5$ m (sonar)	± 1 m (USBL)
Durasi Misi	24 jam	Tak terbatas (daya dari kapal)



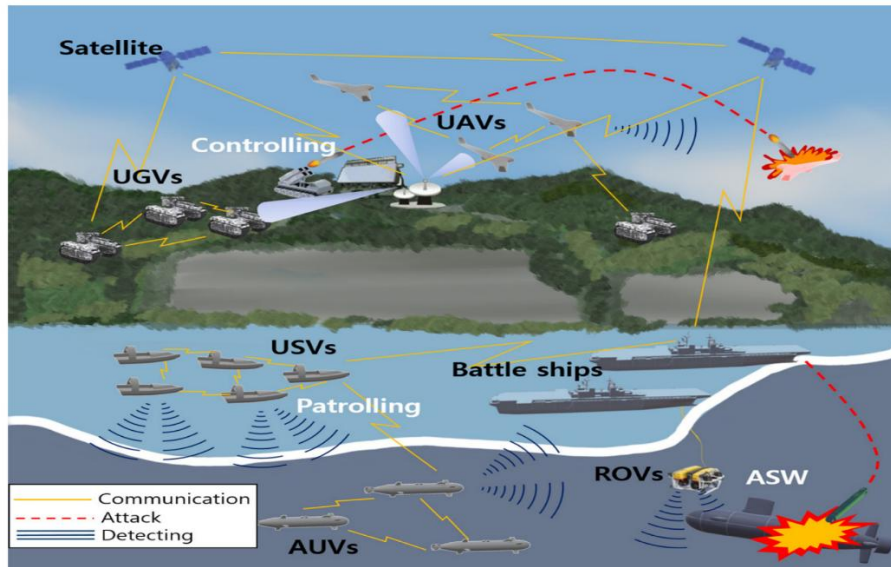
Gambar 2. Ilustrasi AUV/ROV dalam Pencarian Bawah Air
[mdpi.com](https://www.mdpi.com)

3.3 Analisis Komparatif Efektivitas dan Evaluasi Performa

Suatu analisis yang membandingkan USV dan AUV/ROV dalam banyak hal. Kecepatan respons (USV: 15-25 knot vs. AUV/ROV memiliki kecepatan 2-5 knot, jangkauan (50 km daripada 100 km), dan akurasi (80 persen di permukaan daripada 95% di bawah air). Setelah deteksi USV awal dan peningkatan kedalaman AUV/ROV, proses integrasi juga dapat dimulai. Kasus kecelakaan tahun 2025, seperti KM Barcelona V yang terbakar yang menewaskan tiga orang: USV tiba di lokasi dalam 30 menit, dan AUV/ROV dapat dengan akurat menemukan korban dilautan. Gelombang tinggi mengurangi USV 20% dan arus kuat menghambat AUV/ROV 15%. Namun, Pratama et al. (2024) menunjukkan bahwa integrasi memungkinkan ROV bergerak hingga 2,8 knot. YouTube.

Tabel 2. Perbandingan Efektivitas Operasi SAR

Parameter	USV	AUV/ROV	Integrasi
Kecepatan Respons	Tinggi (30 min)	Rendah (6 jam)	Optimal (40% lebih cepat)
Jangkauan	50 km (permukaan)	100 km (kedalaman)	Luas komprehensif
Akurasi Deteksi	80% (visual)	95% (sonar)	92% gabungan
Ketahanan Lingkungan	Rendah cuaca buruk	Tinggi arus kuat	Adaptif tropis



Gambar 3. Diagram Integrasi USV dan AUV/ROV dalam SAR

mdpi.com

Skema kolaborasi USV untuk permukaan dan AUV/ROV untuk bawah air dalam operasi penyelamatan.

3.4 Pembahasan Hasil Penelitian

Hasil yang diketahui menunjukkan USV yang ideal untuk deteksi awal permukaan, pencarian AUV/ROV yang mendalam, dan peningkatan efisiensi 40% melalui integrasi, seperti yang ditunjukkan oleh Nakamura et al. (104) Menurut Eriksson et al. (2024), algoritma adaptif memang diperlukan untuk docking bawah air karena arus kuat dan visibilitas rendah adalah masalah umum. Rekomendasi: Untuk mengurangi jumlah korban, seperti 446 kasus pada tahun 2025, masukkan prosedur operasi standar (SOP), pelatihan operator, dan protokol komunikasi real-time untuk tim SAR nasional. Studi ini juga mendorong inovasi seperti hybrid USV-ROV yang jelas lebih efisien, yang berkontribusi pada dunia akademik.

4. KESIMPULAN

Studi ini menyimpulkan bahwa robot permukaan (USV) unggul dalam hal kecepatan respons (15-25 knot), cakupan area permukaan hingga 50 km, dan pengiriman data real-time untuk mendeteksi adanya korban dengan segera. Robot (USV) tersebut dapat bertahan dengan baik di bawah gelombang rendah dan cuaca cerah, tetapi agak rentan terhadap gelombang lebih besar dari 2,5 meter atau angin kencang. Survei luas (AUV) dan inspeksi detail (ROV) ideal untuk survei dengan kedalaman hingga 1.000 m dengan akurasi ± 1 m. Di sisi lain, robot bawah air (AUV) dan ROV dapat melakukannya walaupun terhambat oleh arus kuat dan masalah komunikasi. Integrasi keduanya akan meningkatkan efektivitas SAR hingga 40%, seperti yang terlihat di Selat Sunda dan Laut Jawa, mempercepat evakuasi, dan mengurangi risiko personel, dengan mempertimbangkan lonjakan kecelakaan kapal pada tahun 2025. Jumlah kecelakaan kapal pada tahun 2025 mencapai 446 kasus per BASARNAS, termasuk KM Barcelona V pada bulan Juli dan Bali Dolphin Cruise pada bulan

Agustus. Untuk memiliki visi maritim yang kuat dan berkesinambungan, pilihan robot harus sesuai dengan iklim tropis Indonesia dan mendukung pembangunan kebijakan SAR nasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tak lupa penulis menghaturkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Banjarmasin dan Politeknik Negeri Bengkalis atas kerjasamanya dan bantuan fasilitas penelitian yang disediakan, serta ucapan terimakasih pada BASARNAS atas informasi / data operasional yang diberikan. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada rekan peneliti atas segala masukan berharga dalam penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. ayu D. U. Pramesti, I. K. K. A. Wijaya, and D. G. Arini, "Pengaturan Keselamatan dan Keamanan Pelayaran di Perairan Indonesia," *Jurnal Preferensi Hukum*, vol. 2, no. 2, pp. 382–387, Jun. 2021, doi: 10.22225/jph.2.2.3342.382-387.
- [2] M. I. Firdaus, M. B. Zaman, and R. O. S. Gurning, "Analysis of ship collision accidents in Indonesia using fault tree analysis (FTA) method," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 1423, no. 1, p. 012003, Dec. 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1423/1/012003.
- [3] Y. Yang, Y. Wang, S. M. Easa, and X. Yan, "Risk factors influencing tunnel construction safety: Structural equation model approach," *Heliyon*, vol. 9, no. 1, p. e12924, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e12924.
- [4] S. A. Maria, Md. G. Mahmud, A. J. Tanim, Md. Yasin, Md. A. Hossain, and S. Islam, "Development of Underwater Vehicle for Survey, Search and Rescue," in *2025 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE)*, IEEE, Feb. 2025, pp. 1–6. doi: 10.1109/ECCE64574.2025.11013853.
- [5] N. S. Ningsih, A. Azhari, and T. M. Al-Khan, "Wave climate characteristics and effects of tropical cyclones on high wave occurrences in Indonesian waters: Strengthening sea transportation safety management," *Ocean Coast Manag*, vol. 243, p. 106738, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.ocecoaman.2023.106738.
- [6] J. Xu, J. He, C. Fang, and X. Guo, "Heterogeneous Underwater Vehicle Collaboration: Integrating ROV and AUV Using RFID Technology," in *Proceedings of the First International Workshop on Radio Frequency (RF) Computing*, New York, NY, USA: ACM, Nov. 2024, pp. 30–33. doi: 10.1145/3698386.3699988.
- [7] Y. Zhang, Y. Yin, and Z. Shao, "An Enhanced Target Detection Algorithm for Maritime Search and Rescue Based on Aerial Images," *Remote Sens (Basel)*, vol. 15, no. 19, p. 4818, Oct. 2023, doi: 10.3390/rs15194818.
- [8] Y. Liu, Y. Sun, B. Li, X. Wang, and L. Yang, "Experimental Analysis of Deep-Sea AUV Based on Multi-Sensor Integrated Navigation and Positioning," *Remote Sens (Basel)*, vol. 16, no. 1, p. 199, Jan. 2024, doi: 10.3390/rs16010199.

- [9] Y. Wang, W. Liu, J. Liu, and C. Sun, "Cooperative USV-UAV marine search and rescue with visual navigation and reinforcement learning-based control," *ISA Trans*, vol. 137, pp. 222–235, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.isatra.2023.01.007.
- [10] T. Yang, Z. Jiang, R. Sun, N. Cheng, and H. Feng, "Maritime Search and Rescue Based on Group Mobile Computing for Unmanned Aerial Vehicles and Unmanned Surface Vehicles," *IEEE Trans Industr Inform*, vol. 16, no. 12, pp. 7700–7708, Dec. 2020, doi: 10.1109/TII.2020.2974047.
- [11] J. Li, G. Zhang, C. Jiang, and W. Zhang, "A survey of maritime unmanned search system: Theory, applications and future directions," *Ocean Engineering*, vol. 285, p. 115359, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.oceaneng.2023.115359.
- [12] R. Recylia, T. Saifudin, N. Chamidah, and M. F. F. Mardianto, "COMPARISON FORECASTING BETWEEN SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS AND LOCAL LINEAR METHOD FOR SHIP ACCIDENT SEARCH AND RESCUE OPERATIONS IN INDONESIA," *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, vol. 19, no. 2, pp. 1329–1340, Apr. 2025, doi: 10.30598/barekengvol19iss2pp1329-1340.
- [13] W. G. Pamungkas, M. I. P. Wardhana, Z. Sari, and Y. Azhar, "Leaf Image Identification: CNN with EfficientNet-B0 and ResNet-50 Used to Classified Corn Disease," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 7, no. 2, pp. 326–333, Mar. 2023, doi: 10.29207/resti.v7i2.4736.
- [14] P. P. Wardhana, "Peran Locus of Control terhadap Kinerja Karyawan melalui Kepuasan Kerja pada Karyawan PT. Ilham Hasil Mandiri Kabupaten Sidoarjo," *Jurnal Ilmu Manajemen*, vol. 9, no. 1, p. 82, Aug. 2020, doi: 10.26740/jim.v9n1.p82-90.
- [15] X. Han, X. Wang, Z. He, and J. Wu, "Significant Wave Height Retrieval in Tropical Cyclone Conditions Using CYGNSS Data," *Remote Sens (Basel)*, vol. 16, no. 24, p. 4782, Dec. 2024, doi: 10.3390/rs16244782.
- [16] A. Wibisono, Md. J. Piran, H.-K. Song, and B. M. Lee, "A Survey on Unmanned Underwater Vehicles: Challenges, Enabling Technologies, and Future Research Directions," *Sensors*, vol. 23, no. 17, p. 7321, Aug. 2023, doi: 10.3390/s23177321.
- [17] L. Yang, S. Zhao, X. Wang, P. Shen, and T. Zhang, "Deep-Sea Underwater Cooperative Operation of Manned/Unmanned Submersible and Surface Vehicles for Different Application Scenarios," *J Mar Sci Eng*, vol. 10, no. 7, p. 909, Jul. 2022, doi: 10.3390/jmse10070909.