



Rancang Bangun Aplikasi Pendeteksi Ikan Berbasis AI Menggunakan Sensor Sonar untuk Mendukung Ekonomi Biru bagi Masyarakat Pesisir

Design of AI-based Fish Detection Application Using Sonar Sensor to Support Blue Economy for Coastal Communities

Haikal Ramadhan Rustandi^{1*}, I Ketut Riasmaja², Yulian Wardi³

^{1,2,3} Program Studi Elektronika Kapal Perang, Akademi Angkatan Laut,
Jl. Bumimoro Morokrembangan, Surabaya, Jawa Timur, 60178, Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: wardi.yulian@gmail.com

Abstract

Small-scale fisheries often face inefficiencies due to limited access to accurate fish location information. This study aims to design and implement a fish detection system based on Artificial Intelligence (AI) using sonar sensors to support the blue economy by increasing fishing efficiency. The prototype was developed using an ESP32 module, sonar sensor, and GPS, integrated with a lightweight AI algorithm for sonar signal classification. Testing was conducted in two phases: technical trials in a pond and field trials at sea with local fishermen. The results show that the system can accurately detect fish presence with an average response time of 0.8 seconds and stable data transmission. Comparative analysis between pond and marine environments indicates that the system performs optimally at medium depths and under low wave conditions. This system has the potential to improve fish catch yields, reduce fuel consumption, and enhance the efficiency and sustainability of fishing practices, aligning with Indonesia's sustainable ocean development agenda.

Keywords: fish detection, sonar sensor, artificial intelligence, fishermen, blue economy, ESP32

Abstrak

Penangkapan ikan oleh nelayan skala kecil sering kali mengalami inefisiensi akibat keterbatasan informasi mengenai lokasi keberadaan ikan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem pendeteksi ikan berbasis Artificial Intelligence (AI) menggunakan sensor sonar, yang mendukung prinsip blue economy melalui peningkatan efisiensi penangkapan ikan. Prototipe sistem ini dibangun menggunakan modul ESP32, sensor sonar, dan modul GPS, yang dipadukan dengan algoritma AI ringan berbasis klasifikasi sinyal sonar. Uji coba dilakukan dalam dua tahap, yaitu pengujian teknis di kolam dan pengujian lapangan di laut bersama nelayan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi keberadaan ikan secara akurat dengan waktu respons rata-rata 0,8 detik serta memiliki efektivitas transmisi data yang stabil. Analisis perbandingan mengindikasikan bahwa prototipe berfungsi optimal pada kedalaman sedang dan kondisi gelombang rendah. Penerapan sistem ini berpotensi meningkatkan hasil tangkapan, mengurangi biaya bahan bakar, serta memperkuat efisiensi dan keberlanjutan praktik perikanan di Indonesia.

Kata kunci: pendeteksi ikan, sensor sonar, artificial intelligence, nelayan, blue economy, ESP32

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan wilayah laut seluas 7,9 juta kilometer persegi yang mencakup Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) serta perairan pedalaman. Dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia, sektor perikanan nasional memberikan kontribusi strategis sebesar 3,1% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan menjadi sumber penghidupan bagi hampir tujuh juta penduduk pesisir. Nelayan skala kecil

(small-scale fisherman) dengan armada di bawah 10 GT merupakan tulang punggung industri tangkap ini.

Namun, mayoritas nelayan kecil masih menghadapi kendala keterbatasan modal sehingga belum mampu memanfaatkan teknologi modern. Penentuan lokasi penangkapan ikan saat ini masih sangat bergantung pada intuisi turun-temurun, yang mengakibatkan proses pencarian memakan waktu lama dan pemborosan bahan bakar yang signifikan. Selain menekan margin keuntungan nelayan, pola pencarian yang tidak terarah ini juga memperbesar jejak karbon dan memberikan tekanan berlebih terhadap stok ikan. Di sisi lain, tantangan global seperti perubahan iklim dan overfishing semakin mengancam keberlanjutan sumber daya laut jika tidak dikelola dengan pendekatan berbasis data.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, kerangka ekonomi biru (blue economy) menekankan pentingnya inovasi dan efisiensi berbasis sains dan teknologi serta pertumbuhan ekonomi pesisir yang inklusif. Teknologi sensor sonar yang terjangkau dipadukan dengan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) ringan menawarkan solusi efektif untuk mendeteksi lokasi, ukuran, dan populasi ikan secara waktu nyata. Melalui aplikasi ponsel, nelayan dapat mengakses informasi presisi yang mampu menurunkan biaya operasional sekaligus meningkatkan pendapatan bersih tanpa merusak ekosistem.

Selain manfaat ekonomi, sistem ini menghasilkan data spasial yang krusial untuk memantau pola migrasi ikan dan mendukung pengelolaan stok berdasarkan bukti ilmiah. Dengan demikian, penelitian ini memfokuskan pada rancang bangun aplikasi pendeteksi ikan berbasis AI guna mendukung implementasi ekonomi biru yang meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir sekaligus menjaga keberlanjutan sumber daya laut nasional.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode rekayasa sistem (engineering design) yang mencakup tahapan studi literatur, pengumpulan data, perancangan sistem, hingga pengujian fungsionalitas. Fokus utama metode ini adalah mengintegrasikan teknologi sonar dengan kecerdasan buatan untuk menciptakan solusi yang aplikatif bagi nelayan pesisir.

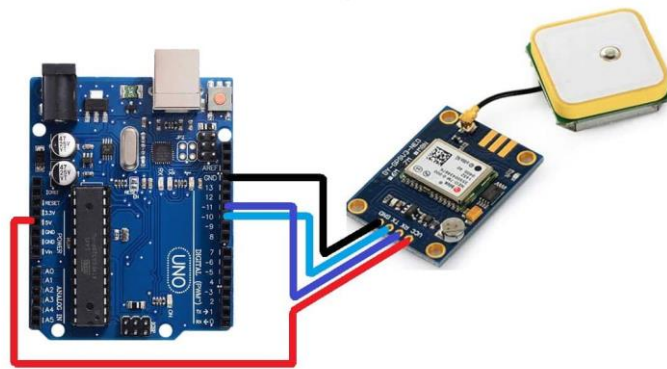
A. Perancangan Hardware

Perancangan perangkat keras dilakukan dengan membagi sistem ke dalam dua unit utama: Unit Buoy (Laut) yang berfungsi sebagai pengumpul data di permukaan air, dan Unit Darat/Dek (Receiver) yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data AI. Komponen yang dipilih didasarkan pada ketersediaan di pasar lokal, harga yang terjangkau, serta daya tahan terhadap lingkungan korosif air laut. Berikut adalah daftar komponen utama yang digunakan dalam perancangan perangkat keras :

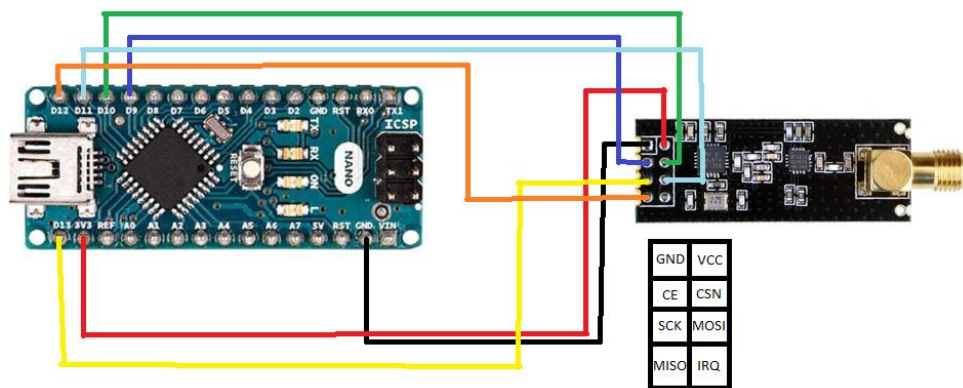
Tabel 1. Jenis Komponen, Spesifikasi, dan Fungsi Perangkat Keras

No	Jenis Komponen	Spesifikasi	Fungsi
1	Mikrokontroler Utama	ESP32 DevKit	Unit pemroses AI (<i>TensorFlow Lite Micro</i>) dan pengirim data via <i>Wi-Fi</i> .
2	Mikrokontroler Sensor	Arduino Nano	Mengolah data mentah dari sensor sonar dan modul GPS pada unit <i>buoy</i> .

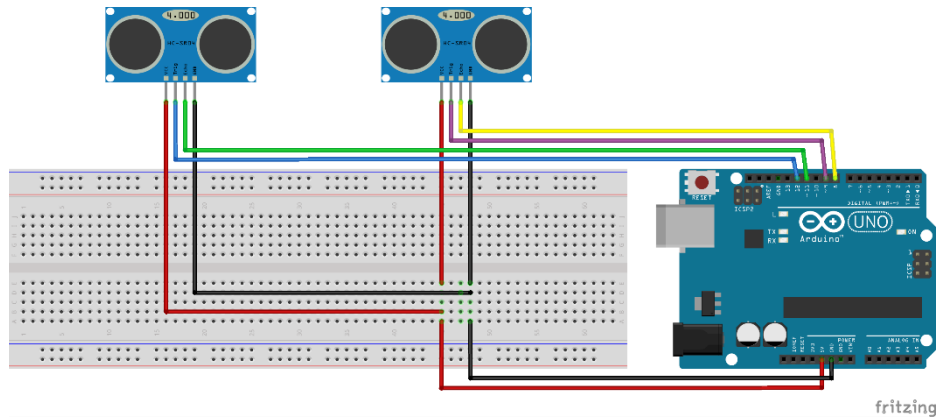
3	Sensor Ikan	Sonar (Waterproof)	L04	Mendeteksi objek bawah air hingga jarak ± 5 meter menggunakan gelombang ultrasonik.
4	Modul Lokasi	Neo-6M Module	GPS	Menentukan koordinat geografis lokasi ikan secara <i>real-time</i> .
5	Modul Komunikasi	NRF24L01 (2,4 GHz)		Jalur transmisi data nirkabel antara unit <i>buoy</i> dan unit penerima di perahu.
6	Catu Daya	Baterai 3,7V / Adaptor 5V		Sumber energi untuk operasional sistem di laut dan di dek perahu.
7	Pelindung Sistem	Casing Waterproof (IP-67)		Melindungi rangkaian elektronik dari korosi air laut dan tekanan air.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. Rangkaian Modul GPS (a), NRF 24I01 (b), Sensor Sonar (c)

B. Pengembangan Software

Pengembangan perangkat lunak pada sistem ini dirancang untuk mengolah data sensor secara otomatis dan menyajikan informasi lokasi serta populasi ikan secara real-time kepada nelayan. Seluruh kode program dikembangkan menggunakan bahasa C/C++ melalui lingkungan Arduino IDE versi 2.3.4. Logika perangkat lunak dibagi menjadi tiga pilar utama:

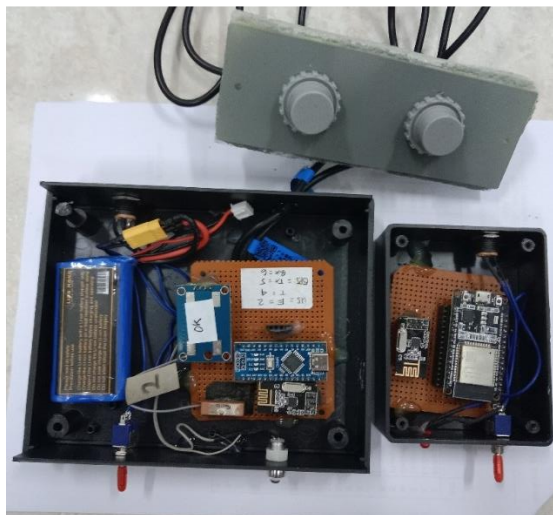
1. Pemrosesan pada Unit Buoy (Transmitter): Perangkat lunak pada Arduino Nano bertugas mengontrol sensor ultrasonik L04 untuk memancarkan pulsa 40 kHz. Program membaca waktu pantulan gema untuk dikonversi menjadi data jarak dan intensitas gema. Secara bersamaan, pustaka TinyGPS++.h digunakan untuk mengekstrak koordinat geografis dari modul GPS. Data sonar dan posisi ini kemudian dikemas dan dikirim menggunakan protokol RF24Network.h melalui modul NRF24L01.
2. Kecerdasan Buatan (AI) pada ESP32 (Receiver): Unit penerima di dek perahu menjalankan perangkat lunak yang lebih kompleks menggunakan TensorFlow Lite Micro versi 2.13. ESP32 mengeksekusi model klasifikasi AI ringan yang telah dilatih sebelumnya melalui Teachable Machine Version 3. Model ini bertugas mengklasifikasikan objek bawah air ke dalam kategori ukuran (BIG atau SMALL) dan tingkat kepadatan gerombolan (DENSE atau SPARSE) secara langsung di perangkat (on-device inference) tanpa memerlukan koneksi internet.
3. Antarmuka Aplikasi Android: Untuk visualisasi data, dikembangkan aplikasi Android menggunakan MIT App Inventor (nb198). Aplikasi ini menerima hasil klasifikasi dan koordinat GPS dari ESP32 melalui koneksi Wi-Fi. Antarmuka aplikasi menampilkan penanda lokasi pada peta, teks status deteksi ikan, serta indikator ukuran ikan secara visual, sehingga memudahkan nelayan dalam mengambil keputusan operasional.

Penggunaan pendekatan rule-based AI dan klasifikasi ringan ini memastikan sistem tetap responsif (waktu tunda rata-rata 0,8–1,3 detik) meskipun dijalankan pada mikrokontroler dengan sumber daya memori yang terbatas.

C. Pengujian Sistem

Tahapan pengujian dilakukan untuk memverifikasi keandalan teknis serta efektivitas operasional sistem di lingkungan nyata. Berdasarkan rancangan penelitian, pengujian dibagi menjadi dua tahap utama:

1. Uji Teknis Prototipe: Pengujian ini dilaksanakan dalam lingkungan terkendali, yaitu tangki atau kolam ikan berair tenang dengan kedalaman ± 1 meter. Fokus pengujian meliputi:
 - a. Akurasi Klasifikasi: Menggunakan objek tiruan berukuran besar dan kecil untuk memverifikasi kemampuan AI dalam mengategorikan objek dengan target akurasi minimal 90%.
 - b. Waktu Respons: Mengukur durasi dari pemancaran pulsa sonar hingga hasil muncul di aplikasi, dengan target di bawah 2 detik.
 - c. Kestabilan Data: Menghitung packet success rate transmisi nirkabel antara buoy dan unit penerima, dengan target keberhasilan minimal 95%.
 - d. Ketahanan Baterai: Menguji durasi operasional perangkat hingga daya habis, dengan target minimal delapan jam kerja kontinu.
2. Uji Lapangan Bersama Nelayan: Pengujian dilakukan di perairan pesisir untuk menilai performa sistem dalam kondisi laut yang dinamis (arus dan gelombang). Pada tahap ini, dilakukan perbandingan antara metode penangkapan konvensional dan metode berbasis sistem AI. Parameter yang diukur mencakup efisiensi waktu pencarian ikan, konsumsi bahan bakar (liter per perjalanan), serta volume hasil tangkapan.
3. Pengujian Persepsi Pengguna: Sebagai pelengkap data teknis, dilakukan evaluasi subjektif menggunakan kuesioner skala Likert (1–5) kepada nelayan. Aspek yang dinilai meliputi akurasi deteksi, kecepatan sistem, kemudahan penggunaan antarmuka aplikasi, serta manfaat ekonomis yang dirasakan secara langsung oleh pengguna akhir.



Gambar 2. Prototipe Sistem

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian menunjukkan bahwa penggunaan lightweight AI (TensorFlow Lite Micro) pada mikrokontroler ESP32 sangat efektif untuk klasifikasi objek bawah air secara real-time. Pada kondisi kolam uji yang stabil, sistem mencapai akurasi klasifikasi sebesar 85% dengan waktu respons yang sangat cepat, yakni 0,8 detik. Meskipun akurasi mengalami penurunan menjadi 78% saat diuji di laut terbuka akibat gangguan gelombang dan arus, sistem tetap dianggap andal karena waktu tunda (1,3 detik) masih berada di bawah ambang batas toleransi 2 detik untuk pengambilan keputusan nelayan di lapangan. Kestabilan transmisi data melalui modul NRF24L01 yang mencapai 92% di laut terbuka memastikan informasi dari unit buoy tersampaikan dengan baik ke unit penerima di perahu.

Penerapan sistem ini terbukti memberikan peningkatan efisiensi yang signifikan dibandingkan metode penangkapan konvensional. Hasil uji lapangan mencatat penghematan waktu pelayaran yang sangat besar, di mana waktu pencarian ikan berkurang dari 225 menit menjadi hanya 85 menit (pemangkasan waktu sebesar 62%). Efisiensi waktu ini berdampak linier pada aspek ekonomi, yaitu penurunan konsumsi bahan bakar hingga 50%. Selain menghemat biaya operasional, penggunaan sensor sonar meningkatkan akurasi lokasi tangkapan sehingga volume hasil tangkapan nelayan meningkat sebesar 75%. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi ini mampu mengubah pola penangkapan ikan dari yang semula berbasis intuisi menjadi berbasis data presisi.

Evaluasi terhadap aspek sosial menunjukkan tingkat akseptabilitas yang tinggi di kalangan nelayan pesisir. Sistem mendapatkan skor rata-rata 4,58 dari skala 5, dengan penilaian tertinggi pada aspek kemudahan penggunaan aplikasi dan manfaat efisiensi bahan bakar. Kemudahan antarmuka aplikasi Android memungkinkan nelayan dengan literasi teknologi terbatas tetap dapat mengoperasikan alat secara mandiri. Secara ekologis, efisiensi bahan bakar dan waktu tempuh mendukung prinsip ekonomi biru dengan mengurangi jejak karbon armada kecil serta mendorong praktik penangkapan yang lebih selektif. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya meningkatkan kesejahteraan ekonomi nelayan tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan sumber daya laut nasional.

Pengujian teknis dilaksanakan di lingkungan terkendali (kolam uji tenang) untuk memverifikasi akurasi sensor dan algoritma AI. Berdasarkan uji coba terhadap berbagai skenario objek bawah air, diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Penelitian

No	Skenario Objek	Status Deteksi	Klasifikasi Ukuran	Waktu Respon
1	Ikan Mas Besar (1 ekor)	Terdeteksi	Besar	1,6 detik
2	Ikan Kecil (2 ekor)	Terdeteksi	Kecil	1,9 detik
3	Ikan Mas Kecil (1 ekor)	Terdeteksi	Kecil	1,8 detik
4	Campuran (3 ekor)	Terdeteksi	Besar	1,7 detik
5	Tanpa Ikan	Tidak Terdeteksi	-	-

Secara keseluruhan, pada kondisi kolam, sistem menunjukkan akurasi klasifikasi sebesar 85% dengan tingkat keberhasilan pengiriman data mencapai 100%. Sistem juga terbukti andal karena tidak menghasilkan deteksi palsu (false positive) saat tidak ada objek di area sonar.

Uji lapangan dilakukan di perairan pesisir untuk membandingkan efisiensi antara metode konvensional (tradisional) dengan penggunaan sistem AI. Hasil perbandingan performa operasional dicatat sebagai berikut:

- a. Konsumsi Bahan Bakar: Penggunaan alat berhasil menekan konsumsi bensin dari 4,2 liter menjadi 2,1 liter per perjalanan (penghematan 50%).
- b. Waktu Pelayaran: Waktu pencarian ikan terpankas secara signifikan dari 225 menit menjadi 85 menit (efisiensi waktu 62%).
- c. Volume Tangkapan: Hasil tangkapan meningkat dari 12 ekor menjadi 21 ekor (peningkatan 75%).

Meskipun akurasi klasifikasi di laut terbuka sedikit menurun menjadi 78% akibat gangguan gelombang dan arus, waktu tunda pengiriman data tetap stabil pada rata-rata 1,3 detik, yang masih sangat layak untuk mendukung keputusan nelayan di lapangan.

Selain itu, evaluasi melalui kuesioner skala Likert (1–5) terhadap nelayan responden menunjukkan tingkat kepuasan yang sangat tinggi dengan rata-rata skor 4,58. Penilaian spesifik menunjukkan bahwa nelayan menganggap sistem ini sangat mudah digunakan (skor 4,67) dan sangat membantu dalam mempercepat pencarian ikan (skor 4,67) serta menghemat biaya operasional (skor 4,67). Data ini mengonfirmasi bahwa teknologi ini dapat diadopsi dengan baik oleh masyarakat pesisir guna mendukung implementasi ekonomi biru.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem pendeteksi ikan berbasis AI yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

- a. Sistem aplikasi pendeteksi ikan telah berhasil dirancang dengan arsitektur dua unit terpisah (unit buoy dan unit penerima) yang mengintegrasikan sensor sonar, GPS, dan model AI ringan berbasis TensorFlow Lite Micro.
- b. Pengujian teknis menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi keberadaan ikan secara akurat dengan waktu respons rata-rata 0,8 hingga 1,3 detik serta memiliki efektivitas transmisi data yang stabil baik di lingkungan kolam maupun laut terbuka.
- c. Implementasi sistem memberikan dampak ekonomi yang signifikan bagi nelayan skala kecil dengan memangkas waktu pelayaran sebesar 62%, menghemat konsumsi bahan bakar hingga 50%, serta meningkatkan hasil tangkapan sebesar 75% dibandingkan metode konvensional.
- d. Sistem ini terbukti mudah dioperasikan dan diterima dengan sangat baik oleh pengguna (skor persepsi 4,58 dari 5), sehingga layak menjadi solusi teknologi tepat guna untuk mendukung prinsip ekonomi biru melalui praktik perikanan yang lebih efisien, selektif, dan berkelanjutan.

Daftar Rujukan

- Babic, L., Subasat, T., & Urbonavicius, S. (2021). Artificial intelligence in fisheries: Current status and future prospects. *Marine Policy*, 134, 104803. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104803>
- Budiman, A. (2022). Pemanfaatan artificial intelligence dalam teknologi perikanan tangkap. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 14(2), 91–100. <https://doi.org/10.14710/jtpk.14.2.91-100>
- FAO. (2020). *The state of world fisheries and aquaculture 2020: Sustainability in action*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2022). *Strategi nasional ekonomi biru*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut, KKP.
- Maulana, R. A., Prasetyo, B., & Kurniawan, H. (2019). Rancang bangun sistem pemantauan perikanan berbasis ESP32 dan GPS. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 7(3), 202–209.
- Morris, J. (2018). *Indonesia's maritime domain: Analysis of strategic geography*. The World Factbook. U.S. Library of Congress.
- Nasir, M., & Siregar, D. A. (2021). Sistem deteksi ikan berbasis sonar dan GPS untuk nelayan tradisional. *Jurnal Rekayasa Elektronika*, 15(1), 30–38.
- Sari, R. N., & Darmawan, A. (2021). Implementasi sensor sonar untuk klasifikasi ikan menggunakan ESP32 dan algoritma sederhana. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 7(4), 120–127.
- Sudirman, H., & Alam, R. (2020). Peran teknologi sonar dalam mendukung efisiensi penangkapan ikan di wilayah pesisir. *Jurnal Perikanan Nusantara*, 12(1), 10–18.
- Sunarno, M. A., Huda, M., & Alim, R. (2020). Deteksi objek bawah air menggunakan sensor sonar untuk aplikasi perikanan tangkap. *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 11(1), 23–30.
- Trisyono, Y. M. (2020). Ekonomi biru sebagai model pembangunan kelautan berkelanjutan. *Jurnal Sosial Humaniora*, 23(1), 13–20.
- UNEP. (2021). *Turning the tide: A sustainable blue economy for Indonesia*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- Wahyuni, R., & Kurniawan, T. (2022). *Blue economy dalam praktik: Studi kasus perikanan berkelanjutan di Indonesia Timur*. Jakarta: Pusat Kajian Maritim Nasional.
- World Bank. (2017). *Toward a sustainable ocean economy for Indonesia: Blue economy development framework*. Washington, D.C.: The World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/549341507425193840/>
- World Bank. (2021). *Blue economy development framework: Toward a sustainable ocean economy in Indonesia*. Washington, D.C.: The World Bank. <https://documents.worldbank.org>
- Yang, H., & Zhang, K. (2021). A lightweight convolutional neural network for fish species classification using sonar images. *Marine Technology Society Journal*, 55(3), 25–34. <https://doi.org/10.4031/MTSJ.2021.55.3.25>