

ABSTRAK

Luasnya wilayah perairan Indonesia dihadapkan pada tantangan pengawasan maritim yang kompleks, terutama terkait maraknya aktivitas ilegal seperti penangkapan ikan ilegal (IUU Fishing). Sistem pemantauan konvensional seperti Vessel Monitoring System (VMS) dan Automatic Identification System (AIS) memiliki keterbatasan fundamental, antara lain kerentanan terhadap pemadaman sinyal secara sengaja oleh pelaku ilegal, kualitas data yang tidak konsisten, serta regulasi yang hanya mewajibkan instalasi pada kapal berukuran tertentu. Kesenjangan ini menciptakan kebutuhan mendesak akan teknologi pengawasan alternatif yang lebih andal, otomatis, dan mampu mengidentifikasi objek kapal secara akurat tanpa bergantung pada kerja sama dari kapal itu sendiri. Penelitian ini mengangkat permasalahan tersebut dengan mengusulkan implementasi teknologi deteksi objek berbasis *deep learning* sebagai solusi untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengawasan maritim di perairan Indonesia.

Penelitian ini menerapkan metodologi kuantitatif dengan pendekatan implementatif, menggunakan model deteksi objek YOLOv9 varian YOLOv9-c untuk melakukan deteksi dan klasifikasi terhadap lima jenis kapal: *Cargo*, *Container*, *Cruise*, *Fishing Boat*, dan *Warship*. Proses akuisisi data menggunakan dataset sekunder dari platform Roboflow yang terdiri dari 7.699 citra kapal. Data tersebut kemudian melalui tahap pra-pemrosesan yang meliputi pembersihan data, pembagian dataset menjadi 70% data pelatihan, 20% data validasi, dan 10% data pengujian, serta standardisasi resolusi citra menjadi 640x640 piksel. Model dilatih selama 70 *epoch* menggunakan infrastruktur *Virtual Private Server* (VPS) dengan akselerasi *Graphics Processing Unit* (GPU) NVIDIA RTX 4090. Sebagai gambaran fungsionalitas, model yang telah dilatih diintegrasikan ke dalam sebuah sistem aplikasi interaktif yang dikembangkan dengan *framework* Streamlit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model YOLOv9-c yang diimplementasikan berhasil mencapai tingkat akurasi dan performa yang cukup tinggi. Pada evaluasi akhir menggunakan data pengujian model memperoleh nilai Precision sebesar 0,957, Recall 0,946, mAP@0.5 sebesar 0,973, dan mAP@0.5:0.95 sebesar 0,792. Hasil penelitian ini berkontribusi dengan menyediakan data kinerja awal untuk model YOLOv9 pada domain pengawasan maritim, yang dapat dijadikan referensi bagi penelitian di masa depan. Hasilnya menunjukkan potensi model ini sebagai pendekatan alternatif untuk otomatisasi pemantauan, yang didukung oleh fitur arsitektural seperti *Programmable Gradient Information* (PGI) dan *Generalized Efficient Layer Aggregation Network* (GELAN)

Kata Kunci: Deteksi Kapal, YOLOv9, Deteksi Objek, Visi Komputer, Pengawasan Maritim

ABSTRACT

The vast maritime territory of Indonesia faces complex surveillance challenges, particularly related to the prevalence of illegal activities such as Illegal, Unreported, and Unregulated (IUU) Fishing. Conventional monitoring systems like the Vessel Monitoring System (VMS) and Automatic Identification System (AIS) have fundamental limitations, including vulnerability to intentional signal deactivation by illegal actors, inconsistent data quality, and regulations that only mandate installation on vessels of a certain size. This gap creates an urgent need for an alternative surveillance technology that is more reliable, automated, and capable of accurately identifying ship objects without relying on cooperation from the vessels themselves. This research addresses this issue by proposing the implementation of a deep learning-based object detection technology as a solution to enhance the effectiveness and efficiency of maritime surveillance in Indonesian waters.

This study applies a quantitative methodology with an implementative approach, utilizing the YOLOv9 object detection model, specifically the YOLOv9-c variant, to detect and classify five types of ships: Cargo, Container, Fishing boat, Cruise, and Warship. The data acquisition process used a secondary dataset from the Roboflow platform, consisting of 7,699 ship images. The data underwent a pre-processing stage that included data cleaning, splitting the dataset into 70% training, 20% validation, and 10% testing sets, and standardizing the image resolution to 640x640 pixels. The model was trained for 70 epochs on a Virtual Private Server (VPS) infrastructure accelerated by a Graphics Processing Unit (GPU) NVIDIA RTX 4090. To demonstrate functionality, the trained model was integrated into an interactive application system developed with the Streamlit framework.

The research results show that the implemented YOLOv9-c model successfully achieved a very high level of accuracy and performance. In the final evaluation using a completely independent test dataset, the model obtained a Precision of 0.957, Recall of 0.946, mAP@0.5 (mAP50) of 0.973, and mAP@0.5:0.95 of 0.792. This research contributes by providing initial performance data for the YOLOv9 model in the maritime surveillance domain, which can serve as a reference for future research. The results indicate this model's potential as an alternative approach for automated monitoring, supported by its architectural features such as Programmable Gradient Information (PGI) and Generalized Efficient Layer Aggregation Network (GELAN).

Keywords: *Ship Detection, YOLOv9, Object Detection, Computer Vision, Maritime Surveillance*