ABSTRAK

Keselamatan kerja merupakan aspek penting dalam lingkungan proyek konstruksi yang memerlukan pengawasan terhadap penggunaan Alat Pelindung Diri (APD). Proses pemantauan APD secara manual memiliki keterbatasan karena membutuhkan pengawasan secara terus-menerus dan rentan terhadap kesalahan manusia. Selain itu, kondisi *occlusion* yang terjadi akibat pekerja saling menutupi atau terhalang objek di lingkungan kerja dapat menyebabkan penurunan akurasi deteksi. Oleh karena itu, diperlukan sistem deteksi dan pelacakan APD yang mampu bekerja secara otomatis dan tetap mempertahankan kontinuitas pelacakan pada kondisi *occlusion*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma YOLOv11 dan ByteTrack untuk mendeteksi serta melacak objek APD pada pekerja proyek. *Dataset* yang digunakan diperoleh dari Roboflow Universe dan melalui tahap preprocessing dengan mempertahankan tiga kelas objek, yaitu *helmet*, *shoes*, dan *vest*. Model YOLOv11 dilatih menggunakan 100 epoch dengan ukuran citra 640×640 piksel dan batch size 16. Hasil deteksi objek kemudian diintegrasikan dengan algoritma ByteTrack untuk melakukan pelacakan objek antar frame pada video.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model YOLOv11 memperoleh nilai *Precision* sebesar 80,4%, *Recall* sebesar 77,0%, *mAP50* sebesar 80,4%, dan *mAP50-95* sebesar 48,1%. Berdasarkan evaluasi per kelas, objek *helmet* memperoleh nilai *mAP50* tertinggi sebesar 89,2%, diikuti oleh *vest* sebesar 86,1%, dan *shoes* sebesar 65,8%. Integrasi ByteTrack berhasil memberikan identitas unik (*Track ID*) pada setiap objek yang terdeteksi serta mampu mempertahankan kontinuitas pelacakan pada kondisi *occlusion* parsial. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombinasi YOLOv11 dan ByteTrack mampu digunakan untuk mendeteksi dan melacak APD secara otomatis pada video, sehingga berpotensi mendukung pengawasan keselamatan kerja secara lebih efektif.

Kata Kunci: YOLOv11, ByteTrack, Alat Pelindung Diri, Object Detection, Multi-Object Tracking, *Occlusion*.

ABSTRACT

Occupational safety is an important aspect in construction project environments that requires monitoring the use of Personal Protective Equipment (PPE). Manual PPE monitoring has limitations because it requires continuous supervision and is prone to human error. In addition, occlusion conditions caused by workers blocking each other or being obstructed by surrounding objects may reduce detection accuracy. Therefore, an automated PPE detection and tracking system is required to maintain tracking continuity under occlusion conditions.

This study aims to implement YOLOv11 and ByteTrack algorithms for detecting and tracking PPE objects in project workers. The dataset was obtained from Roboflow Universe and underwent a preprocessing stage by retaining three object classes, namely helmet, shoes, and vest. The YOLOv11 model was trained for 100 epochs using an image size of 640×640 pixels and a batch size of 16. The object detection results were then integrated with the ByteTrack algorithm to perform object tracking across video frames.

The experimental results show that the YOLOv11 model achieved a Precision of 80.4%, Recall of 77.0%, mAP50 of 80.4%, and mAP50-95 of 48.1%. Based on class-wise evaluation, the helmet class achieved the highest mAP50 of 89.2%, followed by vest with 86.1%, and shoes with 65.8%. The integration of ByteTrack successfully assigned unique tracking identities (Track IDs) to detected objects and maintained tracking continuity under partial occlusion conditions. The results indicate that the combination of YOLOv11 and ByteTrack can effectively detect and track PPE objects automatically in videos, thereby supporting more efficient workplace safety monitoring.

Keywords: *YOLOv11, ByteTrack, Personal Protective Equipment, Object Detection, Multi-Object Tracking, Occlusion.*