

ABSTRAK

Malaria merupakan penyakit menular yang masih menjadi permasalahan kesehatan di berbagai wilayah endemis di Indonesia. Diagnosis berbasis citra mikroskopis darah sebagai metode standar emas memerlukan keahlian tinggi dan rentan terhadap subjektivitas. Penelitian ini mengembangkan sistem klasifikasi Multi-tahap berbasis *deep learning* dengan pendekatan modular, yang mengintegrasikan segmentasi dan klasifikasi untuk mengidentifikasi 13 kelas kombinasi spesies dan stadium siklus hidup parasit malaria. Arsitektur EfficientNetB0 digunakan sebagai model klasifikasi utama karena efisiensinya terhadap data set berukuran terbatas, dan berhasil mengklasifikasikan 13 kelas dari data set MP-IDB dan BBBC041 tanpa segmentasi dengan F1-score sebesar 55,26% serta waktu pelatihan tercepat 47,72 detik/*epoch*. Pada sisi segmentasi, YOLOv8s-Seg terbukti sebagai model terbaik dengan *mask mAP@0.5* sebesar 0,924 dan waktu inferensi hanya 11,1 ms/gambar, mengungguli varian YOLOv8n/m/l-Seg dalam hal akurasi dan efisiensi. Integrasi hasil segmentasi *instance* dari YOLOv8s-Seg dengan klasifikasi EfficientNetB0 menghasilkan peningkatan signifikan terhadap presisi klasifikasi pada data set gabungan MP-IDB dan BBBC041, dengan F1-score yang meningkat dari 55,26% menjadi 76,30%. Selain itu, pada klasifikasi stadium parasit *Plasmodium falciparum* dari data MP-IDB, diperoleh *macro precision* sebesar 82,68%. Peningkatan ini menunjukkan efektivitas segmentasi dalam mengekstraksi informasi visual yang relevan dan memberikan presisi spasial yang lebih tinggi dibandingkan pendekatan *end-to-end*, sehingga mendukung akurasi dan interpretabilitas model dalam konteks diagnosis otomatis berbasis citra mikroskopis.

Kata kunci— malaria, *multi-class classification*, YOLOv8s-Seg, EfficientNetB0, *instance segmentation*, citra mikroskopis.

ABSTRACT

Malaria remains a major public health concern in various endemic regions of Indonesia. Microscopic blood image-based diagnosis, as the gold standard method, requires highly trained personnel and is prone to subjectivity. This study develops a multi-stage classification system based on deep learning using a modular approach, integrating segmentation and classification to identify 13 combined classes of malaria parasite species and life cycle stages. EfficientNetB0 was adopted as the primary classification model due to its computational efficiency with limited datasets, and it successfully classified the 13 classes from the MP-IDB and BBBC041 datasets without segmentation, achieving an F1-score of 55.26% and the fastest training time of 47.72 seconds per epoch. On the segmentation side, YOLOv8s-Seg proved to be the best-performing model, attaining a mask mAP@0.5 of 0.924 and an inference time of just 11.1 ms/image, outperforming YOLOv8n/m/l-Seg variants in both accuracy and efficiency. The integration of instance segmentation results from YOLOv8s-Seg with classification using EfficientNetB0 significantly improved classification precision on the combined dataset, raising the F1-score from 55.26% to 76.30%. Furthermore, in classifying *Plasmodium falciparum* stages using MP-IDB data, a macro precision of 82.68% was achieved. These improvements demonstrate the effectiveness of segmentation in extracting relevant visual features and providing higher spatial precision compared to end-to-end approaches, thereby enhancing both the accuracy and interpretability of the model in the context of automated diagnosis based on microscopic images.

Keywords— malaria, multi-class classification, YOLOv8s-Seg, EfficientNetB0, instance segmentation, microscopic image.