ANALISIS KOMPARATIF MODEL MACHINE LEARNING UNTUK DETEKSI RUANG KELAS MENGGUNAKAN ESP32-CAM DAN INFERENSI TERPUSAT BERBASIS SERVER

Nama Mahasiswa : Ahmad Arya Dwi Febriansyah
NIM : 3012210005
Pembimbing : Yohanes Indra Riskajaya, S.Kom., M.Kom.

ABSTRAK

Pemantauan okupansi ruang kelas diperlukan untuk mendukung pengelolaan ruang yang efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan membandingkan performa SSD MobileNet V2, YOLOv8n, dan Faster R-CNN ResNet-50 FPN dalam deteksi dan penghitungan jumlah penghuni (*occupancy counting*) berbasis ESP32-CAM menggunakan pendekatan *server-based inference*. Dataset diperoleh dari dua unit ESP32-CAM yang ditempatkan di bagian depan dan belakang ruang kelas, dengan total 6.086 citra yang dianotasi secara manual sebagai *ground truth*. Ketiga model menggunakan bobot *pretrained* tanpa *fine-tuning*. Evaluasi dilakukan pada konfigurasi *single-camera* dan *multi-camera*, serta skenario variasi jumlah objek, jarak pengambilan citra, dan kondisi pencahayaan. Performa model diukur menggunakan *precision*, *recall*, F1-score, *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Squared Error* (RMSE), dan waktu total evaluasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa YOLOv8n memberikan performa paling seimbang pada kamera depan, dengan F1-score 0,7955, MAE 0,5531, RMSE 1,5075, dan waktu evaluasi 89 detik untuk 3.043 citra. Pada kamera belakang, YOLOv8n memperoleh F1-score 0,7532, MAE 0,6336, dan RMSE 1,6392 dengan waktu evaluasi 109 detik. SSD MobileNet V2 menunjukkan waktu evaluasi yang lebih singkat pada beberapa skenario, yaitu 7 detik pada skenario *single object* dan 4 detik pada jarak 7 m, meskipun performa deteksi dan penghitungan secara umum lebih rendah dibandingkan YOLOv8n. Sementara itu, Faster R-CNN menunjukkan *precision* tertinggi pada kamera depan, yaitu 0,9000, tetapi membutuhkan waktu evaluasi lebih lama. Pengujian juga menunjukkan bahwa kepadatan objek dan pencahayaan gelap menjadi tantangan dalam deteksi dan penghitungan penghuni. Secara keseluruhan, YOLOv8n merupakan model yang paling konsisten berdasarkan keseimbangan performa deteksi dan kesalahan penghitungan, sedangkan SSD MobileNet V2 menjadi alternatif dengan waktu evaluasi lebih singkat pada sejumlah kondisi pengujian.

Kata Kunci : Deep Learning, ESP32-CAM, Inferensi Berbasis Server, Okupansi Deteksi, Okupansi Ruang Kelas