

ABSTRAK

Permasalahan terkait pemantauan tinggi air pada bendungan menjadi sangat penting dalam konteks mitigasi bencana banjir. Pada praktiknya, pemantauan masih dilakukan secara manual menggunakan pengukur air (*water gauge*) konvensional yang rentan terhadap kesalahan pembacaan, keterbatasan jangkauan pengawasan, serta ketergantungan pada sumber daya manusia. Selain itu, pendekatan otomatis yang sudah ada kerap tidak fleksibel terhadap perubahan posisi kamera dan tidak mampu bekerja saat angka pengukur air tertutup oleh objek lain. Oleh karena itu, penelitian ini mengangkat topik pengembangan sistem otomatis berbasis visi komputer untuk mendeteksi dan mengestimasi ketinggian air pada bendungan dengan pendekatan yang lebih adaptif dan akurat.

Penelitian ini menggunakan metode pemrosesan citra digital berbasis deep learning dengan model YOLOv8 sebagai inti dari sistem. Sistem dikembangkan melalui tiga model utama: model deteksi pengukur air, model deteksi angka pada pengukur air, dan model segmentasi air. Akuisisi data dilakukan dengan mengambil frame dari 53 video bendungan yang kemudian dianotasi secara manual untuk melatih ketiga model tersebut. Data pelatihan disusun berdasarkan variasi kondisi cuaca dan waktu untuk memastikan keberagaman data. Setiap model dilatih dan dievaluasi secara terpisah menggunakan metrik precision, recall, dan mAP. Setelah seluruh model selesai, ketiganya diintegrasikan dalam satu sistem yang mampu mendeteksi area pengukur air, mengenali angka yang terlihat, melakukan segmentasi area air, serta menghitung tinggi air secara otomatis berdasarkan skala piksel ke sentimeter.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model deteksi pengukur air mencapai precision 0.99947, recall 1, dan mAP50 sebesar 0.995. Model deteksi angka menunjukkan precision 0.98555, recall 0.99233, dan mAP50 sebesar 0.98894. Model segmentasi air mencapai precision dan recall ≥ 0.999 , dengan mAP50 pada dua kelas utama (B dan M) mencapai 0.995. Sistem menunjukkan performa yang baik terutama saat angka pada pengukur air berhasil dideteksi, dengan rata-rata galat estimasi tinggi air di bawah 1.2 cm dalam berbagai kondisi cuaca dan pencahayaan. Namun, performa menurun saat angka tidak terdeteksi, karena sistem harus menggunakan estimasi skala berdasarkan lebar pengukur air yang tidak selalu akurat akibat distorsi perspektif. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa sistem deteksi dan estimasi tinggi air berbasis YOLOv8 yang mampu beradaptasi terhadap perubahan posisi kamera dan sebagian besar kondisi lingkungan, serta memberikan dasar untuk pengembangan sistem pemantauan air otomatis di masa depan.

Kata Kunci: YOLOv8, deteksi objek, segmentasi citra, ketinggian air, pengukur air

ABSTRACT

The issue of monitoring water levels in dams is critical in the context of flood disaster mitigation. In practice, monitoring is still largely performed manually using conventional water gauges, which are prone to human error, limited surveillance coverage, and dependence on human resources. Moreover, existing automated approaches often lack flexibility when camera positions change and struggle to function when gauge numbers are obstructed. Therefore, this study focuses on developing an automatic computer vision-based system to detect and estimate water levels in dams using a more adaptive and accurate approach.

This research applies digital image processing techniques based on deep learning, with YOLOv8 models as the system's core. The system consists of three main models: a water gauge detection model, a number detection model, and a water segmentation model. Data acquisition was conducted by extracting frames from 53 dam videos, followed by manual annotation for training purposes. The dataset includes variations in weather and lighting conditions to ensure data diversity. Each model was trained and evaluated individually using metrics such as precision, recall, and mAP. Once all models were finalized, they were integrated into a unified system capable of detecting water gauge areas, recognizing visible numbers, segmenting the water region, and automatically calculating water height using a pixel-to-centimeter scale.

The results show that the water gauge detection model achieved a precision of 0.99947, recall of 1, and mAP50 of 0.995. The number detection model reached a precision of 0.98555, recall of 0.99233, and mAP50 of 0.98894. The water segmentation model achieved precision and recall values of ≥ 0.999 , with mAP50 values for both primary classes (B and M) reaching 0.995. The system demonstrated strong performance under most conditions, especially when numbers on the gauge were successfully detected, achieving average water height estimation errors of less than 1.2 cm in various weather and lighting scenarios. However, performance significantly dropped when no numbers were detected, as the system had to rely on fixed gauge width estimates, which are sensitive to camera angles and lens distortion. Overall, this research contributes a robust YOLOv8-based system for adaptive water level estimation, suitable for real-world dam monitoring applications.

Keywords: YOLOv8, object detection, image segmentation, water level estimation, water gauge.