

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi algoritma *YOLO (You Only Look Once)* untuk deteksi objek sistem kemudi pada kendaraan bermotor, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut secara sistematis:

1. Deteksi objek pada komponen sistem kemudi kendaraan bermotor berhasil dilakukan menggunakan model pelatihan algoritma *YOLO*. Model ini mampu mengenali berbagai komponen, seperti *ball joint, tie rod, tie rod end, boot, knuckle arm*, dan *housing rack and pinion*, serta mendeteksi jenis kerusakan seperti robek, bengkok, retak, dan rembes pelumas. Dari tiga versi algoritma yang diuji *YOLOv8, YOLOv9, dan YOLOv11*, *YOLOv9* menunjukkan kinerja terbaik. Evaluasi menggunakan metrik *mean Average Precision (mAP)*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* menunjukkan bahwa *YOLOv9* memiliki nilai tertinggi dan paling konsisten, dengan *mAP50* sebesar 95,9%, *precision* 97,6%, *recall* 98%, dan *F1-score* 94%. Hasil ini membuktikan bahwa *YOLOv9* paling akurat dan andal dalam mendeteksi serta mengklasifikasikan objek dan kerusakan pada sistem kemudi, sehingga direkomendasikan sebagai versi terbaik untuk implementasi deteksi sistem kemudi kendaraan bermotor.
2. Pada hasil pengujian menggunakan dataset versi ke-10, model *YOLOv9* menghasilkan tingkat akurasi tertinggi, yakni sebesar 96,2%, dibandingkan dengan *YOLOv8* sebesar 95% dan *YOLOv11* sebesar 94,5%. Selain akurasi yang tinggi, *YOLOv9* juga menunjukkan keandalan deteksi terbaik dengan nilai *precision* sebesar 97,6%, *recall* sebesar 98%, dan *F1-score* sebesar 94%, yang mencerminkan konsistensi dan akurasi model dalam mendeteksi objek sistem kemudi. Rendahnya jumlah *false positive* dan *false negative* memperkuat bahwa *YOLOv9* memiliki kemampuan klasifikasi yang lebih stabil dan minim kesalahan.
3. Model deteksi objek berbasis algoritma *YOLO* berhasil diimplementasikan pada sistem deteksi *real time* menggunakan kamera

IP cam. Implementasi ini dilakukan dengan menggunakan hasil pelatihan dari dataset versi 10 (1.000 gambar), yang telah menghasilkan model dengan performa deteksi yang baik. Hasil uji coba menunjukkan bahwa model mampu mendeteksi komponen sistem kemudi seperti *ball joint*, *tie rod*, *tie rod end*, *boot*, dan *knuckle arm* secara langsung melalui video dengan rata-rata waktu *inferensi* sebesar 0,08 detik per frame. Deteksi ditampilkan dalam bentuk *bounding box* dan label kelas secara *real-time*, serta dapat memberikan informasi visual yang jelas kepada petugas uji. Hal ini membuktikan bahwa model *YOLO* mampu diintegrasikan secara efektif ke dalam sistem pemeriksaan kolong kendaraan untuk meningkatkan kecepatan, akurasi, dan efisiensi dalam proses pengujian sistem kemudi kendaraan bermotor.

V.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran yang dapat dijadikan pengembangan lebih lanjut dalam penelitian deteksi objek sistem kemudi kendaraan bermotor berbasis algoritma *YOLO*, sebagai berikut:

1. Pengembangan Dataset

Diperlukan perluasan dan diversifikasi dataset dengan menambahkan lebih banyak variasi gambar dari berbagai jenis kendaraan, kondisi cuaca, pencahayaan, dan sudut pengambilan gambar. Termasuk pula kendaraan dengan sistem kemudi tipe berbeda, seperti *recirculating ball*. Dataset yang lebih banyak dan realistis akan meningkatkan kemampuan model dalam mendeteksi objek di berbagai skenario nyata dan mengurangi bias terhadap kondisi tertentu.

2. Evaluasi Lapangan dalam Kondisi Nyata

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan uji lapangan secara menyeluruh menggunakan kendaraan dalam kondisi operasional sesungguhnya di lokasi UPTD pengujian. Hal ini meliputi pengujian sistem pada berbagai lingkungan, seperti area terbuka, lorong uji tertutup, atau area dengan pencahayaan rendah. Evaluasi dalam kondisi nyata sangat penting untuk mengetahui stabilitas, kecepatan respons,

dan akurasi deteksi model dalam situasi dinamis yang mendekati praktik di lapangan.

3. Integrasi Sistem dengan Kamera Berbasis *IoT* (*Internet of Things*)

Untuk meningkatkan efisiensi dan kemampuan monitoring jarak jauh, sistem deteksi objek sebaiknya diintegrasikan dengan kamera berbasis *IoT*, seperti IP camera yang terhubung ke jaringan. Dengan sistem ini, hasil deteksi dapat dikirim secara langsung ke dashboard inspeksi atau aplikasi mobile, memungkinkan pengujian dilakukan secara real time dan terdistribusi. Hal ini juga mendukung pengembangan sistem pengujian kendaraan berbasis digitalisasi dan *smart inspection*.

4. Penyempurnaan Perangkat dan Lingkungan Pengujian

Agar sistem deteksi dapat bekerja secara optimal, perlu diperhatikan kualitas pencahayaan, kestabilan kamera, dan minimnya gangguan visual. Oleh karena itu, pengujian di masa mendatang sebaiknya dilakukan dengan dukungan kamera beresolusi tinggi, sistem pencahayaan buatan yang stabil, serta pengaturan lingkungan uji yang bersih dari objek-objek non-komponen.

5. Dukungan Terhadap Transformasi Digital Pengujian Kendaraan

Diharapkan implementasi sistem berbasis algoritma *YOLO* ini dapat menjadi bagian dari digitalisasi pengujian kendaraan bermotor. Penggunaan teknologi ini mampu meningkatkan efisiensi, mengurangi potensi kesalahan pemeriksaan manual, serta mendukung sistem keselamatan transportasi jalan berbasis teknologi kecerdasan buatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrafi, D. A., Alawiy, M. T., & Basuki, B. M., 2023, *Deteksi Klasifikasi Dan Menghitung Kendaraan Berbasis Algoritma You Only Look Once (YOLO) Menggunakan Kamera CCTV*. Science Electro, 1, 1–9. <https://jim.unisma.ac.id/index.php/jte/article/viewFile/21551/16069>
- Akbar, M., 2021. *Pengenalan Rambu Lalu Lintas Menggunakan Convolutional Neural Networks*. Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, 9(2), 120–125.
- Alfatah, 2022. *Bus tabrak rumah dan bengkel warga di Jalan Lintas Bukittinggi Padang*. ANTARA. <https://sumbar.antaranews.com/berita/544783/bus-tabrak-rumah-dan-bengkel-warga-di-jalan-lintas-bukittinggi-padang> [pada 19 Januari 2025]
- Amperawan, A., Andika, D., Anisah, M., Rasyad, S., & Handayani, P., 2024. *Confusion Matrix Using Yolo V3-Tiny on Quadrupe Robot Based Raspberry PI 3B +*. Atlantis Press International BV. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-386-3_56
- An, R., Zhang, X., Sun, M., & Wang, G., 2024. *GC-YOLOv9: Innovative smart city traffic monitoring solution*. Alexandria Engineering Journal, 106(July), 277–287. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2024.07.004>
- Aningtiyas, P. R. 2020. *Pembuatan Aplikasi Deteksi Objek Menggunakan TensorFlow Object Detection API dengan Memanfaatkan SSD MobileNet V2 Sebagai Model Pra - Terlatih*. Jurnal Ilmiah Komputasi, 19(3), 421–430. <https://doi.org/10.32409/jikstik.19.3.68>
- Artika, K. D., Syahyuniar, R., & Priono, N. 2017. *Perancangan Sistem Kemudi Manual Pada Mobil Listrik*. Jurnal Elemen, 4(1), 01. <https://doi.org/10.34128/je.v4i1.1>
- Edwin Febrywinata. 2024. *Pengenalan Dan Klasifikasi Jenis Buah Menggunakan Metode CNN Secara Sederhana Dengan Menggunakan Google Colab*. Mercurius : Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika, 2(4), 185–193. <https://doi.org/10.61132/mercurius.v2i4.162>
- Fahim, S. A. 2024. *Finetuning YOLOv9 for Vehicle Detection: Deep Learning for Intelligent Transportation Systems in Dhaka, Bangladesh*. <http://arxiv.org/abs/2410.08230>

- Feng, W., Liu, M., Sun, Y., Wang, S., & Wang, J. 2024. The Use of a Blueberry Ripeness Detection Model in Dense Occlusion Scenarios Based on the Improved YOLOv9. *Agronomy*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/agronomy14081860>
- Gelar Guntara, R. 2023. *Pemanfaatan Google Colab Untuk Aplikasi Pendeteksian Masker Wajah Menggunakan Algoritma Deep Learning YOLOv7*. Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis, 5(1), 55–60. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v5i1.750>
- He, R., & Wang, Y. 2024. *YOLOv9-LSBN: An improved YOLOv9 model for cotton pest and disease identification method* *YOLOv9-LSBN: An improved YOLOv9 model for cotton pest and disease identification method*. 0–16.
- Hyundai, 2022. *Kerjanya, Mengenal Apa Itu Power Steering Dan Cara*. https://www.hyundai.com/id/en/hyundai-story/articles?pageNum=&s_word=&m=&seq=0000000124 [pada 22 Januari 2025]
- Jayanti, W. E., & Hendini, A. 2021. *Pengembangan Perangkat Lunak Pengujian Kendaraan Bermotor (Tanjidor) Dengan Model Waterfall Pada Dinas Perhubungan*. Jurnal Khatulistiwa Informatika, 9(1), 59-67
- Nazar, R. 2024. *Implementasi Pemrograman Python Menggunakan Google Colab*. Jurnal Informatika dan Komputer (JIK) , 15(1), 50–56.
- Nejjar, M. 2024. *Advancing Fire and Smoke Detection Reliability: Integrating Generalized ELAN and Programmable Gradient Information within YOLOv9 to Discriminate Against False Positives* *Advancing Fire and Smoke Detection Reliability: Integrating Generalized ELAN and*. 0–19.
- Novianto, A., Eska Fahmadi, A., & El Tosi, V. 2022. *Kajian Penerapan Pemeriksaan Persyaratan Teknis Pada Unit Pelaksana Uji Berkala Kendaraan Bermotor Sesuai Buku Pedoman Pengujian Kendaraan Bermotor Jilid II B Dan II D*. Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety), 9(1), 11–20. <https://doi.org/10.46447/ktj.v9i1.415>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 Tentang Kendaraan. Jakarta
- Ramadan, A. K., & Budilaksono, S. 2022. *Rancang Bangun Aplikasi Deteksi Objek Untuk Menghitung Jumlah Pengunjung Restoran Berbasis Computer Vision*. Ikraith-Informatika, 7(1), 46–57. <https://doi.org/10.37817/ikraith-informatika.v7i1.2235>

- Redmon, J., & Farhadi, A. 2018. *YOLOv3: An Incremental Improvement*.
<http://arxiv.org/abs/1804.02767>
- Sapkota, R., Meng, Z., Churuvija, M., Du, X., Ma, Z., & Karkee, M. 2024. *Comprehensive Performance Evaluation of YOLOv10, YOLOv9 and YOLOv8 on Detecting and Counting Fruitlet in Complex Orchard Environments*.
- Shashishekhara, M., Hamza, H., & Etit-kit, I. 2024. *Real Time American Sign Language Detection Using Yolo-v9 Amna Imran*.
- Sugandi, A. N., & Hartono, B. 2022. *Implementasi Pengolahan Citra pada Quadcopter untuk Deteksi Manusia Menggunakan Algoritma YOLO*. Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar, 13–14.