

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **V.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi algoritma *YOLOv11* yang dikombinasikan dengan metode Deteksi Tepi *Canny* untuk mendeteksi kerusakan pada komponen boot tie rod sistem kemudi kendaraan bermotor, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Implementasi algoritma *YOLOv11* untuk mendeteksi kerusakan sistem kemudi kendaraan pada saat pengujian kolong berhasil dilakukan. Model dilatih menggunakan dataset sebanyak 500 gambar yang terdiri dari 250 gambar boot tie rod kondisi normal dan 250 gambar boot tie rod kondisi sobek, dengan konfigurasi 30 *epoch*, *batch size* 16, dan resolusi gambar 640×640 piksel menggunakan Google Colab dengan GPU NVIDIA Tesla T4. Model *YOLOv11* yang dihasilkan mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan kondisi boot tie rod secara otomatis pada saat pengujian kolong kendaraan bermotor, baik pada gambar statis maupun pada video secara *real time* menggunakan kamera *smartphone* yang difungsikan sebagai *IP camera* di UPT. PPTP Kota Tangerang. Sistem menampilkan hasil deteksi berupa *bounding box*, label kelas, dan nilai *confidence score* secara langsung pada layar *laptop*, sehingga dapat membantu petugas penguji dalam melakukan pemeriksaan kolong kendaraan lebih cepat dan akurat dibandingkan metode inspeksi manual.
2. Kinerja model algoritma *YOLOv11* dalam mendeteksi objek kerusakan pada sistem kemudi boot tie rod kendaraan menunjukkan hasil yang sangat baik berdasarkan evaluasi menggunakan beberapa *metrik* performa. Nilai *mean Average Precision* pada *threshold* IoU 0,5 (*mAP@0.5*) secara keseluruhan mencapai 0,981, dengan nilai rata-rata *precision* sebesar 0,984, *recall* sebesar 0,991, dan *F1-Score* sebesar 0,987. *Average Precision* (AP) pada kelas boot tie rod normal sebesar 0,995 dan kelas boot tie rod sobek sebesar 0,968. Evaluasi *confusion matrix* menghasilkan nilai akurasi global sebesar 100%, yang membuktikan bahwa model mampu mengklasifikasikan kedua kondisi boot tie rod tanpa kesalahan pada data pengujian. Selain itu, evaluasi matriks pelatihan menunjukkan penurunan

nilai *validation loss* yang konsisten pada setiap *epoch*, yaitu *val/box\_loss* dari 2,25 menjadi 0,75, *val/cls\_loss* dari 10 mendekati 0, dan *val/df\_loss* dari 3,5 menjadi 0,5. Penurunan *loss* yang stabil ini mengindikasikan bahwa model tidak mengalami *overfitting* dan memiliki kemampuan generalisasi yang baik terhadap data yang belum pernah digunakan sebelumnya.

3. Efektivitas metode Deteksi Tepi *Canny* dalam sistem pengujian visual untuk mendeteksi kerusakan komponen sistem kemudi kendaraan terbukti secara kualitatif melalui kemampuannya menganalisis pola kontur permukaan boot tie rod secara lebih mendalam setelah proses deteksi oleh *YOLOv11* dilakukan. Penerapan tiga tahapan secara berurutan yaitu konversi *grayscale*, *Gaussian Blur* dengan *kernel* (5×5), dan deteksi tepi *Canny* dengan *threshold* 100–200, terbukti efektif dalam mengurangi *noise* pada citra kolong kendaraan yang memiliki kondisi pencahayaan rendah dan permukaan berdebu. Hasil analisis menunjukkan bahwa boot tie rod kondisi normal menghasilkan pola kontur yang simetris, tertutup, dan beraturan mengikuti bentuk silinder boot, sedangkan boot tie rod yang sobek menampilkan garis kontur yang terputus, tidak beraturan, dan tidak simetris. Dengan membatasi analisis *Canny* hanya pada ROI (*Region of Interest*) hasil deteksi *YOLOv11*, proses pengolahan citra menjadi lebih efisien dan terfokus. Dengan demikian, kombinasi metode *YOLOv11* dan Deteksi Tepi *Canny* memberikan analisis kerusakan yang lebih komprehensif dan detail dibandingkan penggunaan salah satu metode secara terpisah.

## V.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah dataset gambar dan video dengan variasi kondisi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, serta jenis kendaraan yang lebih beragam agar performa model deteksi menjadi lebih optimal dan mampu bekerja pada berbagai kondisi lingkungan pengujian.

2. Untuk meningkatkan kualitas hasil deteksi, penelitian berikutnya dapat menggunakan kombinasi metode pengolahan citra lainnya selain metode Tepi Canny agar kontur kerusakan dapat terlihat lebih jelas dan detail.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan pada jenis sistem kemudi *recirculating ball* yang banyak digunakan pada kendaraan besar seperti bus dan truk, sehingga sistem deteksi otomatis ini dapat diterapkan pada lebih banyak jenis kendaraan yang wajib uji di Indonesia.
4. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem berbasis Artificial Intelligence yang mampu mendeteksi berbagai jenis kerusakan kendaraan secara bersamaan sehingga proses inspeksi kendaraan bermotor menjadi lebih efektif dan efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

- Admin, pengujian kendaraan bermotor. (2025). *pengujian kendaraan bermotor*.  
<https://perhubungan.slemankab.go.id/pengujian-kendaraan-bermotor/>
- Anatomi, D., Menggunakan, G., & Yolov, A. (2025). *ONLY LOOK ONCE ) UNTUK PENGENALAN JENIS-JENIS GIGI*. 9(3), 4870–4877.
- Daisy. (2023). *Power Steering: Pengertian, Cara Kerja, Jenis, dan Harga*.  
<https://www.astra-daihatsu.id/berita-dan-tips/pengertian-dan-cara-kerja-power-steering>
- Efendi, I. J., Muktabir, J., Billah, K. S., Vannes, M., Qadri, A., Asriyani, O., Ismoyo, A. A., Informatika, T., Teknik, F., & Oleo, U. H. (2025). *DIAGNOCAR: PENDETEKSIAN OTOMATIS KERUSAKAN MOBIL MENGGUNAKAN DEEP LEARNING BERBASIS CITRA LEWAT PERANGKAT MOBILE*. 10(1), 199–205.
- Fadillah, N., & Putra, Y. (n.d.). *Evaluasi Dampak Keterbatasan Anotasi terhadap Kinerja YOLOv11 dalam Deteksi Multi-Objek Buah*.
- Fhatiroy Andi Fahreza. (2024). *PENGGUNAAN ALGORITMA YOLO V8 DALAM MENDETEKSI KEBERADAAN PETERNAK PADA AREA PETERNAKAN AYAM*.  
[https://digilibadmin.unismuh.ac.id/upload/42315-Full\\_Text.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://digilibadmin.unismuh.ac.id/upload/42315-Full_Text.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- Julia Eva. (2019). *COMPARISON DETECTION EDGE LINES ALGORITMA CANNY DAN SOBEL*. file:///C:/Users/HP/Downloads/eninta-ibrena,+616-File+Utama+Naskah-858-1-4-20201008 (1).pdf
- Li, Y., Yin, C., Lei, Y., Zhang, J., & Yan, Y. (2024). *RDD-YOLO: Algoritma Pendeteksian Kerusakan Jalan Berbasis You Only Look Once Versi 8 yang Disempurnakan*. <https://doi.org/10.3390/aplikasi14083360>
- Lilansa, N., Aji Pratama, R., Tanadi, R., Nindi Kara, R. N., Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, T., & Manufaktur Negeri Bandung, P. (2024). *PENGUJIAN ALGORITMA YOLO UNTUK DETEKSI CACAT PADA PRODUK HASIL ALUMUNIUM CASTING PADA INDUSTRI OTOMOTIF*. *Jurnal Teknologi Terapan* |, 10(2).

- Pradana, A. I., Harsanto, H., & Wijiyanto, W. (2024). Deteksi Rambu Lalu Lintas Real-Time di Indonesia dengan Penerapan YOLOv11: Solusi Untuk Keamanan Berkendara. *Jurnal Algoritma*, 21(2), 145–155. <https://doi.org/10.33364/algoritma/v.21-2.2106>
- Putra, R. R., & Sasongko, D. (2024). *Implementasi Algoritma YOLO V8 ( You Only Look Once ) Dalam Deteksi Penyakit Daun Durian*. 6(3), 0–9. <https://doi.org/10.47065/bits.v6i3.6136>
- putra wawan trisnadi. (2020). *Analisa Uji Performasi Sistem Kemudi, Transmisi, dan Sistem Pengereman pada Mobil Listrik Tipe Urban Concept Warok V.1.1*. file:///C:/Users/HP/Downloads/adminrem,+ANALYSIS\_PERFORMANCE\_TEST\_OF\_THE\_STEERING\_SYSTEM\_TRANSMISSION\_AND\_BRAKING\_SYSTEM\_IN\_THE\_URBAN\_CONCEPT\_ELECTRIC\_CAR\_WAROK\_V1.pdf
- Raya Ismail, D., Rahmadewi Teknik Elektro, R., Singaperbangsa Karawang HSRonggo Waluyo, U., Telukjambe Tim, K., Karawang, K., & Barat, J. (2025). SISTEM DETEKSI JALAN BERLUBANG SECARA REAL-TIME MENGGUNAKAN YOLOV11: INTEGRASI DATA DAN LOKASI MELALUI WEBSITE (STUDI KASUS : DAERAH KARAWANG). In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 9, Issue 3).
- Roman Anselmus. (2024). *RANCANG BANGUN SISTEM PEMILAH SAMPAH SECARA OTOMATIS BERBASIS VISI KOMPUTER MENGGUNAKAN YOLO*. [https://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/7750/1/20410200019-2024-UNIVERSITASDINAMIKA.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/7750/1/20410200019-2024-UNIVERSITASDINAMIKA.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- Sarbaini, A., Sriani, S., Ocr, T., Nomor, P., Bermotor, K., Ilm, E. J., & Sains, M. (2025). *Analisis Algoritma Canny Edge Detection dengan Tesseract OCR untuk Mendeteksi Pelat Nomor Kendaraan Bermotor Analisis Algoritma Canny Edge Detection dengan Tesseract OCR untuk Mendeteksi Pelat Nomor Kendaraan Bermotor*. 13(3), 381–393.
- Shojaei, D., Jafary, P., & Zhang, Z. (2024). *Mixed Reality-Based Concrete Crack Detection and Skeleton Extraction Using Deep Learning and Image Processing*.