



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 4 No. 2 (2025) pp: 6786-6790

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Metode Deteksi dan Estimasi Luas Lubang Jalan Menggunakan *Deep Learning* Berbasis YOLOv11

Takyudin¹, Muhammad Sandi Rais², Jonni Adi Putra³, Ali Hamsar⁴

^{1,2,3,4} Sistem Informasi, Institut Teknologi dan Bisnis Master

takyudin@itbmaster.ac.id¹, mhdsandirais@itbmaster.ac.id², jonniadiputra@gmail.com³, alihsar3482@gmail.com⁴

Abstrak

Kondisi infrastruktur jalan yang rusak khususnya keberadaan lubang jalan dapat berdampak signifikan terhadap keselamatan berkendara. Efisiensi transportasi serta biaya distribusi barang menjadi komponen penting perekonomian. Deteksi kerusakan jalan secara manual dinilai kurang efisien dan rentan terhadap kesalahan manusia, terutama dalam skala besar dan waktu nyata. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi dan estimasi luas lubang jalan secara real-time menggunakan algoritma YOLOv11 berbasis deep learning. Model YOLOv11 dipilih karena kemampuannya dalam mendeteksi objek berukuran kecil dengan presisi tinggi serta kecepatan inferensi yang optimal. Sistem yang dibangun melibatkan proses pengumpulan data citra jalan berlubang, pelatihan model menggunakan dataset relevan, serta pengembangan aplikasi web berbasis Flask untuk mempermudah pengguna dalam mengunggah gambar dan melihat hasil deteksi. Berdasarkan hasil pelatihan, model menunjukkan performa yang stabil dan konvergen dengan nilai mAP@0.5 mencapai 0.8. Evaluasi model melalui confusion matrix menghasilkan nilai precision sebesar 75,1%, recall 76,6%, dan F1-score sebesar 75,8%, yang menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan deteksi yang baik dan seimbang. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi awal yang inovatif untuk mendukung pemeliharaan jalan yang lebih akurat, cepat, dan efisien, serta membantu instansi terkait dalam pengambilan keputusan perbaikan infrastruktur secara berkelanjutan.

Kata kunci: YOLOv11, Deteksi Objek, Deep Learning, Computer Vision

1. Latar Belakang

Perekonomian masyarakat dipengaruhi oleh infrastruktur jalan, kondisi jalan yang baik sangat mempengaruhi keselamatan dan efisiensi transportasi. Kerusakan jalan akan mempengaruhi biaya distribusi barang yang mengakibatkan harga komoditas menjadi mahal, oleh karena itu, deteksi dini dan perbaikan lubang jalan menjadi keharusan dalam pengelolaan infrastruktur jalan yang efektif. Kerusakan seperti lubang jalan sering ditemui dan dapat menimbulkan bahaya kecelakaan serta mempercepat kerusakan kendaraan.

Pekerjaan deteksi kerusakan jalan biasanya dilakukan secara manual sehingga memerlukan waktu lama dan tenaga banyak serta beresiko adanya human error. Proses manual sering menghasilkan deteksi tidak akurat dalam memberikan informasi kondisi jalan terkini, apalagi dalam skala luas dan waktu nyata[1]. Keterbatasan metode manual sudah tidak relevan dengan keadaan saat ini yang membutuhkan deteksi dan perhitungan luas kerusakan dengan cepat dan real-time yang lebih efisien.

Perkembangan teknologi sudah merambah ke berbagai sektor untuk mempermudah pekerjaan manusia[2]. Hal ini seiring kemajuan teknologi *Artificial Intelligence (AI)* khususnya dibidang computer vision, telah ditemukan metode berbasis deep learning yang mampu mendeteksi objek dengan akurasi tinggi. YOLO (You Only Look Once) menjadi algoritma populer saat ini untuk deteksi objek, algoritma ini terus mengalami perkembangan hingga versi terbarunya yaitu YOLOv11[3]. Keunggulan YOLOv11 menawarkan peningkatan akurasi dan kecepatan inferensi yang sangat dibutuhkan dalam aplikasi real-time.

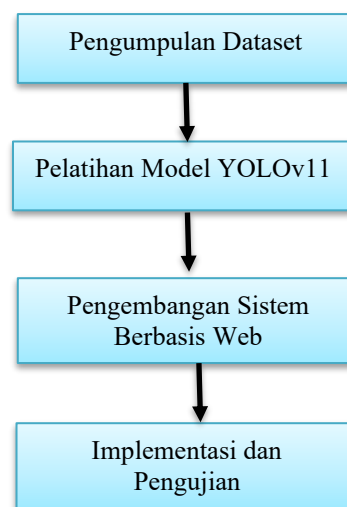
Penelitian terbaru menunjukkan bahwa YOLOv11 memiliki keunggulan dalam mendeteksi objek berukuran kecil seperti lubang jalan dengan presisi tinggi, serta mampu beroperasi secara realtime pada berbagai kondisi pencahayaan dan lingkungan yang kompleks[4]. Selain deteksi estimasi luas atau dimensi lubang merupakan

informasi penting yang dapat membantu prioritas perbaikan dan menilai tingkat kerusakan jalan. Dengan pendekatan *deep learning* estimasi dimensi dan jarak lubang terhadap kamera dapat dilakukan secara terus-menerus sehingga pemeliharaan dapat dilakukan lebih efektif dan efisien [5]. Kombinasi deteksi dan perhitungan luas kerusakan jalan dapat membantu pihak terkait dalam menyelesaikan persoalan kerusakan jalan dengan cepat sehingga dampak ekonomi masyarakat akan baik.

Sistem ini melibatkan pengumpulan data berupa gambar jalan berlubang, pelatihan model dengan dataset relevan, serta pengembangan aplikasi yang menggabungkan antar muka berbasis web. Hal ini dapat mempermudah pengguna dalam menggunakan aplikasi ini sehingga pihak terkait dapat mengambil keputusan yang cepat dalam penanganan kerusakan jalan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan metode deteksi dan estimasi luas lubang jalan menggunakan YOLOv11 berbasis *deep learning* yang dapat beroperasi secara *realtime*. Sistem dapat memberikan solusi inovatif dalam perawatan jalan yang lebih akurat, efisien dan berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian mencakup beberapa tahapan utama yang saling terkait untuk menghasilkan deteksi *realtime* yang akurat, Gambar 1 menunjukkan proses tahapan penelitian.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

A. Pengumpulan Dataset

Dataset berupa kumpulan gambar lubang jalan sebanyak 2952 gambar yang diambil dari universal dataset roboflow yang sudah diberi *bounding box* untuk menandai gambar lubang jalan. Dataset yang akan dijadikan pelatihan akan dipisah menjadi data training 88%, data validasi 8% dan data testing 4%. Selanjutnya data masuk ke tahap preprocessing *Auto-Orient: AppliedResize: Stretch to 640x640* dan proses Augmentasi untuk memperkaya dataset gambar membantu model menjadi lebih robust terhadap variasi dunia nyata, proses ini terdiri dari *Flip: Horizontal, Vertical 90° Rotate: Clockwise, Counter-Clockwise, Upside Down Saturation: Between -25% and +25%, Brightness: Between -25% and +25%, Exposure: Between -25% and +25%, Blur: Up to 3px*.

B. Pelatihan Model YOLOv11

Pelatihan menggunakan perangkat komputer dengan spesifikasi processor Intel (R) Core i7-6700HQ CPU @ 2.6GHz, RAM 16 GB, GPU NVIDIA GTX970M 3GB. Model ini dilatih melalui platform Anaconda dengan durasi pelatihan 100 epoch

C. Pengujian dan Evaluasi Model

Setelah pelatihan, model diuji menggunakan metrik evaluasi seperti presisi (*precision*), *recall*, *mean Average Precision* (mAP), dan F1-Score. *Confusion matrix* juga digunakan untuk menganalisis kinerja klasifikasi lubang jalan terhadap data uji[6].

D. Pengembangan Sistem Berbasis Web

Sistem deteksi lubang di jalankan menggunakan program berbasis web dengan desain antar muka sederhana, model akan diintegrasikan melalui halaman web untuk mendeteksi objek lubang jalan dengan menampilkan segmentasi objek dan nilai luas lubang jalan

E. Implementasi dan Pengujian

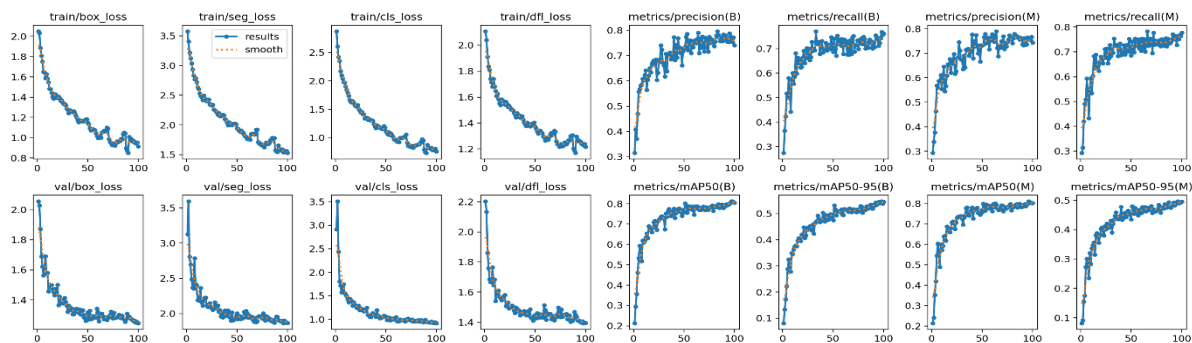
Tahap akhir berupa pengujian sistem dalam kondisi nyata dilapangan. Tahap ini meliputi respons sistem terhadap kondisi pencahayaan, variasi tekstur jalan, kecepatan inferensi dalam penggunaan nyata[7].

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Hasil Training Model

Model hasil training yang baik dapat mendeteksi objek dengan akurat, setelah melakukan training Gambar 2 menunjukkan hasil training model YOLO dengan segmentasi menunjukkan bahwa proses pelatihan berlangsung secara stabil dan konvergen. Pada baris pertama, terlihat bahwa nilai *loss* komponen pelatihan seperti *box_loss*, *seg_loss*, *cls_loss*, dan *dfl_loss* mengalami penurunan signifikan dari epoch awal hingga mendekati epoch ke-100, menandakan bahwa model semakin baik dalam memahami struktur data. Hal serupa juga ditunjukkan oleh metrik evaluasi seperti precision, recall, serta *mAP@0.5* dan *mAP@0.5:0.95* baik untuk data bounding box (B) maupun mask segmentasi (M), yang menunjukkan tren meningkat seiring waktu, menandakan peningkatan performa deteksi dan segmentasi.

Pada baris kedua, metrik validasi juga menunjukkan hasil yang konsisten. Nilai *val_box_loss*, *val_seg_loss*, *val_cls_loss*, dan *val_dfl_loss* menurun secara bertahap dan stabil, yang mengindikasikan bahwa model tidak mengalami *overfitting*. Selain itu, nilai *mAP@0.5* untuk bounding box dan mask mendekati angka 0.8, sementara *mAP@0.5:0.95* mendekati 0.5, menunjukkan performa yang cukup baik dalam mengenali objek dan segmentasinya pada berbagai skala dan threshold IoU. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa model berhasil belajar dengan baik dari data pelatihan dan memiliki generalisasi yang kuat terhadap data validasi.



Gambar 2 Hasil Training Model YOLO

Gambar 3 *Confusion Matrix* pada evaluasi model menunjukkan performa klasifikasi terhadap dua kelas, yaitu pothole dan background. Dari total data uji, model berhasil mengklasifikasikan 305 citra pothole secara benar (true positive), namun masih terdapat 101 kesalahan prediksi di mana latar belakang terdeteksi sebagai pothole (false positive), serta 93 kasus di mana lubang jalan tidak terdeteksi dan diklasifikasikan sebagai latar belakang (false negative). Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh nilai precision sebesar 75,1% dan recall sebesar 76,6%, yang mencerminkan bahwa model cukup baik dalam mengenali lubang jalan meskipun masih terdapat ruang untuk perbaikan. Secara keseluruhan, confusion matrix ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan deteksi yang seimbang antara ketepatan dan kelengkapan, dan layak untuk digunakan sebagai sistem awal dalam pendeteksian lubang jalan secara otomatis.

Analisis kinerja model dapat dilihat dengan perhitungan sebagai berikut:

A. Precision

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{305}{305 + 101} \approx 0.751$$

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i2.1760>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Artinya, Sekitar 75,1 % dari deteksi lubang jalan benar-benar lubang jalan, hal ini digunakan untuk mengukur akurasi prediksi positif

B. Recall

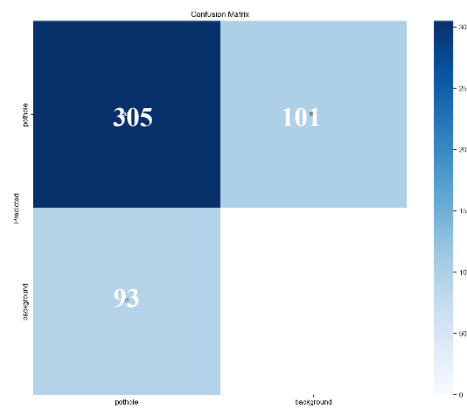
$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{305}{305 + 93} \approx 0.766$$

Model ini mampu menemukan sekitar 76,6 % dari semua lubang jalan yang ada

C. F1 Score

$$F1 = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \approx 0.758$$

Hasil rata-rata harmonik dari precision dan recall 75,8%



Gambar 3 *Confusion Matrix*

3.2 Hasil Implementasi

Proses dimulai dengan memulai menyiapkan depensi yang dibutuhkan yaitu Flask, OpenCV, Numpy dan YOLO, aplikasi dijalankan dengan perintah python app.py melalui terminal command prompt. Perintah ini akan menjalankan server lokal Flask dan menampilkan alamat akses <http://127.0.0.1:5000> yang dapat dibuka di browser. Selanjutnya pengguna mengunggah gambar jalan yang ingin dianalisis. Setelah gambar diunggah dan tombol proses diklik server akan memanggil model YOLO yang telah dilatih untuk melakukan segmentasi lubang pada gambar. Hasil deteksi akan dianalisis lebih lanjut untuk menghitung luas tiap lubang menggunakan metode perhitungan kontur dari OpenCV, lalu hasilnya ditampilkan kembali ke pengguna dalam bentuk gambar dengan area lubang yang diberi tanda batas dan label luas.



Gambar 4 Hasil Deteksi Objek

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem deteksi dan estimasi luas lubang jalan secara real-time berbasis algoritma YOLOv11 dan teknologi deep learning. Sistem yang dibangun mampu mendeteksi lubang jalan dengan tingkat akurasi yang cukup baik, sebagaimana ditunjukkan oleh hasil evaluasi dengan precision sebesar 75,1%, recall sebesar 76,6%, dan F1-score sebesar 75,8%. Model YOLOv11 menunjukkan kemampuan yang stabil dalam proses pelatihan dan generalisasi yang baik terhadap data validasi. Implementasi sistem dalam bentuk aplikasi web memberikan kemudahan akses bagi pengguna untuk mengunggah citra jalan dan memperoleh hasil deteksi serta estimasi luas secara otomatis dan cepat. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi solusi awal yang efektif dan efisien dalam mendukung proses pemantauan dan pemeliharaan infrastruktur jalan secara digital. Ke depannya, sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan integrasi GPS dan pemetaan spasial untuk membantu proses pengambilan keputusan perbaikan secara menyeluruh dan berbasis lokasi..

Referensi

- [1] E. Royhan *et al.*, “Pengembangan Sistem Deteksi Lubang Pada Jalan Menggunakan Algoritma Yolo Berbasis Esp32-Cam,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 4, pp. 1–12, 2025.
- [2] S. T. M. K. Takyudin and D. Pustaka, *Aplikasi Komputer*. Detak Pustaka, 2025. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=WJI_EQAAQBAJ
- [3] A. I. Pradana, “Deteksi Rambu Lalu Lintas Real-Time di Indonesia dengan Penerapan YOLOv11 : Solusi Untuk Keamanan Berkendara,” pp. 145–155, 2024, doi: 10.33364/algoritma/v.21-2.2106.
- [4] A. Luthfi, E. M. Yuniarno, and S. M. S. Nugroho, “Menghitung Luas Bangun Datar pada Papan Tulis Menggunakan Yolo,” *J. Tek. ITS*, vol. 11, no. 3, 2022, doi: 10.12962/j23373539.v11i3.92620.
- [5] J. T. Elektro, F. Teknik, and U. Sriwijaya, “Deteksi dan Estimasi Dimensi Lubang Jalan Secara Real-Time dengan Algotirma Mask Secara Real-Time dengan Algotirma Mask R-Cnn,” 2024.
- [6] T. Takyudin, I. Fitri, and Y. Yuhandri, “Catfish Fry Detection and Counting Using YOLO Algorithm,” *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 7, no. 2, pp. 192–197, 2023, doi: 10.30871/jaic.v7i2.6746.
- [7] D. Raya Ismail and R. Rahmadewi, “Sistem Deteksi Jalan Berlubang Secara Real-Time Menggunakan YOLOv11: Integrasi Data Dan Lokasi Melalui Website,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 9, no. 3, pp. 3953–3961, 2025, doi: 10.36040/jati.v9i3.13436.
