

**EVALUASI ARSITEKTUR YOLO DALAM DETEKSI
KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN TEKNIK MULTI-
KELAS DAN AUGMENTASI**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi S1-Informatika



disusun oleh

ZULFIKAR HAKIM KURNIAWAN

22.11.4927

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2026

**EVALUASI ARSITEKTUR YOLO DALAM DETEKSI
KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN TEKNIK MULTI-
KELAS DAN AUGMENTASI**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi S1-Informatika



disusun oleh

ZULFIKAR HAKIM KURNIAWAN

22.11.4927

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2026

HALAMAN PERSETUJUAN



HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

EVALUASI ARSITEKTUR YOLO DALAM DETEKSI KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN TEKNIK MUTU KETAS DAN AUGMENTASI

yang disusun dan diajukan oleh

Zulfikar Hakim Kurniawan

22.11.4927

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 25 Februari 2026

Sesuai Dewan Penguji

Nama Penguji

Tanda Tangan

Dhani Ariantanto, S.Kom., M.Kom., Ph.D.
NIK. 190302197

Matia Sulistyowati, S.Kom., M.Kom.
NIK. 190302348

Subekhinisah, S.Kom., M.Kom.
NIK. 190302413

Skrripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Tanggal 25 Februari 2026

DEKAN FAKULTAS TEKNIK KOMPUTER



Prof. Dr. Kusnini, M.Kom.
NIK. 190302106

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Zulfikar Hakim Karulawati
NIM : 22.11.4927

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul berikut:

EVALUASI ARSITEKTUR YOLO DALAM DETEKSI KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN TEKNIK MULTI-KELAS DAN AUGMENTASI

Dosen Pembimbing : Subektiwijanti, S.Kom, M.Kom.

1. Karya tulis ini adalah benar-benar ASLI dan BELUM PERNAH diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas AMIKOM Yogyakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, pemikiran dan penelitian SAYA sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan memberikan nama pengarang dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini.
4. Peringkat lunak yang digunakan dalam penulisan ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab SAYA, bukan tanggung jawab Universitas AMIKOM Yogyakarta.
5. Pernyataan ini SAYA buat dengan sesungguhnya apabila & kemudian terdapat pemalsuan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka SAYA bersedia menerima SANKSI AKADEMIK dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Yogyakarta, 25 Februari 2024

Yang Menyatakan,


Zulfikar Hakim Karulawati

HALAMAN PERSEMBAHAN

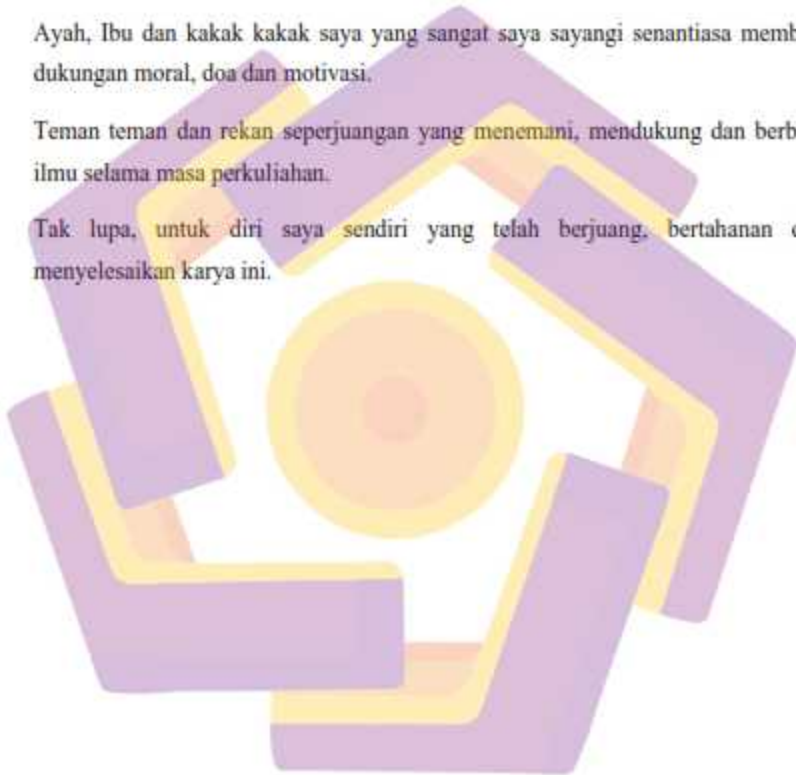
Dengan penuh rasa syukur, karya ini saya persembahkan kepada :

Allah SWT, atas rahmat, kesehatan dan kekuatan yang diberikan sehingga saya mampu menyelesaikan skripsi ini.

Ayah, Ibu dan kakak kakak saya yang sangat saya sayangi senantiasa memberi dukungan moral, doa dan motivasi.

Teman teman dan rekan seperjuangan yang menemani, mendukung dan berbagi ilmu selama masa perkuliahan.

Tak lupa, untuk diri saya sendiri yang telah berjuang, bertahan dan menyelesaikan karya ini.



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi saya yang berjudul “Evaluasi Arsitektur YOLO dalam Deteksi Kerusakan Jalan menggunakan Teknik Multi-Kelas dan Augmentasi”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan saya pada Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, saya telah menerima banyak bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. M. Suyanto M.M. selaku Rektor Universitas Amikom Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Kusriani, M.Kom., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer.
3. Ibu Eli Pujastuti, M.Kom., selaku Ketua Program Studi Informatika
4. Ibu Subektiningsih, M.Kom., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, pembinaan, serta motivasi dalam proses penyusunan skripsi ini.

Karya tulis ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi penyempurnaannya. Saya berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta kontribusi positif bagi berbagai pihak. Terima kasih.

Yogyakarta, 20 Februari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
INTISARI	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi Literatur	5
2.2 Dasar Teori.....	10

2.2.1	Image Processing	10
2.2.2	Object Detection	11
2.2.3	You Only Look Once (YOLO).....	12
2.2.4	Klasifikasi Multi-Kelas.....	13
2.2.5	Augmentasi Data.....	14
BAB III METODE PENELITIAN		16
3.1	Objek Penelitian.....	16
3.2	Alur Penelitian	16
3.2.1	Pendefinisian Masalah	18
3.2.2	Literature Review.....	18
3.2.3	Penemuan Solusi.....	18
3.2.4	Pengumpulan Dataset.....	18
3.2.5	Dataset Preprocessing	18
3.2.6	Augmentasi Data.....	19
3.2.7	Training Model	19
3.2.8	Penyiapan Citra Uji.....	20
3.2.9	Evaluasi Model	20
3.2.10	Kesimpulan dan Saran	21
3.3	Alat dan Bahan.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Pengumpulan Dataset.....	25
4.2	Dataset Preprocessing	26
4.2.1	Penyesuaian Anotasi	26
4.2.2	Resize Image	28
4.2.3	Auto-Orient	29

4.3	Augmentasi Data	29
4.4	Training Model	33
4.4.1	Instalasi Requirement	33
4.4.2	Stratified Split	35
4.4.3	Konfigurasi Model	39
4.4.4	Proses Training	42
4.5	Penyiapan Citra Uji	56
4.5.1	Horizontal Flip	56
4.5.2	Rotation	56
4.5.3	Hue	57
4.5.4	Saturation	57
4.5.5	Brightness	58
4.5.3	Blur	58
4.6	Evaluasi	59
4.6.1	Metrik skor	59
4.6.2	Analisis Multi-Kelas	66
4.6.3	Uji Robustness	80
4.6.4	Perbandingan Model	109
BAB V PENUTUP		113
5.1	Kesimpulan	113
5.2	Saran	114
REFERENSI		115

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keaslian Penelitian	7
Tabel 3.1 Perangkat Keras	22
Tabel 3.2 Perangkat Lunak	23
Tabel 3.3 Library	23
Tabel 4.1 Representasi Kelas Kerusakan Jalan.....	27
Tabel 4.2 Spesifikasi Augmentasi.....	29
Tabel 4.3 Visualisasi Augmentasi Yang Digunakan	30
Tabel 4.4 Parameter Pelatihan Model [24]	41
Tabel 4.5 10 Epoch Terakhir Model Tanpa Augmentasi.....	42
Tabel 4.6 10 Epoch Terakhir Model Dengan Augmentasi	46
Tabel 4.7 Perbandingan Proses Training	54
Tabel 4.8 Metrik Model Tanpa Augmentasi.....	61
Tabel 4.9 Metrik Skor Model Dengan Augmentasi.....	63
Tabel 4.10 Perbandingan Evaluasi Metrik	64
Tabel 4.11 Metrik Skor Class Alligator Crack	66
Tabel 4.12 Uji Deteksi Alligator Crack	67
Tabel 4.13 Perbandingan Uji Deteksi Alligator Crack	68
Tabel 4.14 Metrik Skor Class Lateral Crack	69
Tabel 4.15 Uji Deteksi Lateral Crack	70
Tabel 4.16 Perbandingan Uji Deteksi Lateral Cracking	71
Tabel 4.17 Metrik Skor Class Longitudinal Crack	72
Tabel 4.18 Uji Deteksi Longitudinal Crack	73
Tabel 4.19 Perbandingan Uji Deteksi Longitudinal Cracking.....	74

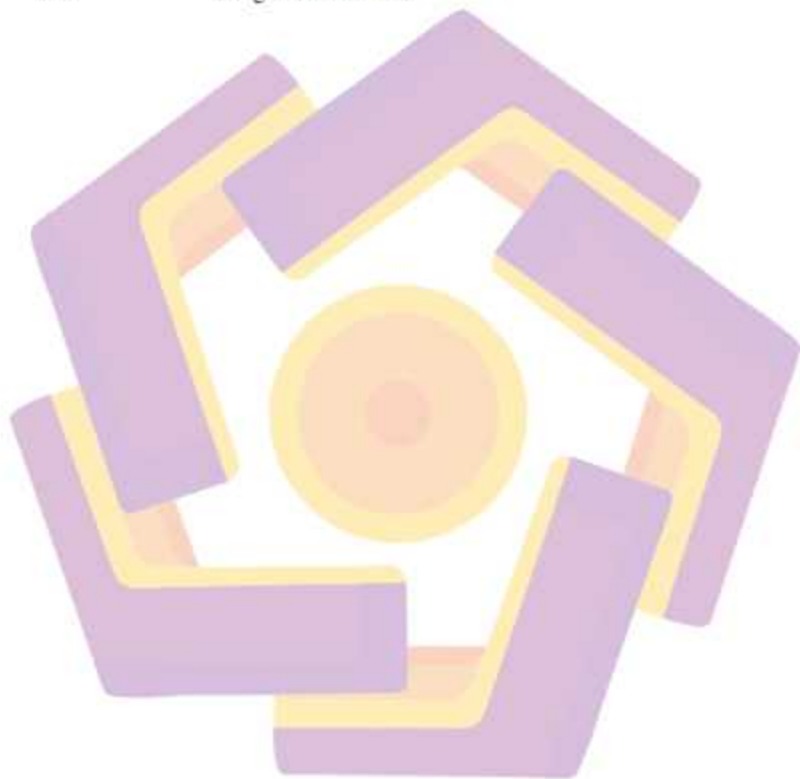
Tabel 4.20 Metrik Skor Class Pothole	75
Tabel 4.21 Uji Deteksi Potholes	76
Tabel 4.22 Perbandingan Uji Deteksi Pothole	77
Tabel 4.23 Rekapitulasi Perbandingan Analisis Multi-elas	79
Tabel 4.24 Hasil Deteksi Pada Citra Tanpa Augmentasi	80
Tabel 4.25 Parameter Batas Sebelum Masuk Ke Uji Robustness	83
Tabel 4.26 Hasil Deteksi Pada Citra Augmentasi Horizontal Flip	85
Tabel 4.27 Perbandingan Uji Robustness Terhadap Augmentasi Horizontal Flip	86
Tabel 4.28 Hasil Deteksi Pada Citra Dengan Augmentasi Brightness	87
Tabel 4.29 Perbandingan Uji Robustness Terhadap Augmentasi Brightness	89
Tabel 4.30 Hasil Deteksi Pada Citra Dengan Augmentasi Blur	91
Tabel 4.31 Perbandingan Uji Robustness Terhadap Augmentasi Blur	93
Tabel 4.32 Hasil Deteksi Pada Citra Dengan Augmentasi Hue	95
Tabel 4.33 Perbandingan Uji Robustness Terhadap Augmentasi Hue	97
Tabel 4.34 Hasil Deteksi Pada Citra Dengan Augmentasi Rotation	99
Tabel 4.35 Perbandingan Uji Robustness Terhadap Augmentasi Rotation	102
Tabel 4.36 Hasil Deteksi Pada Citra Dengan Augmentasi Saturation	104
Tabel 4.37 Perbandingan Uji Robustness Terhadap Augmentasi Saturation	105
Tabel 4.38 Rekapitulasi Perbandingan Analisis Uji Robustness	106
Tabel 4.39 Rekapitulasi Perbandingan Evaluasi Model	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Deteksi YOLO	12
Gambar 2.2 Perbandingan Pipeline Inferensi YOLOv8 dan YOLO26	13
Gambar 2.4 Deteksi Objek Multi-kelas	14
Gambar 2.5 Penerapan Augmentasi Data Metode Flipping	15
Gambar 3.1 Alur Penelitian	17
Gambar 4.1 Proses <i>Forking</i> dari Roboflow	25
Gambar 4.2 <i>Workspace</i> Preprocessing Roboflow	26
Gambar 4.3 Penyesuaian Anotasi Dataset	27
Gambar 4.4 Proses Resize Image	28
Gambar 4.5 Output <i>Sanity Check</i>	35
Gambar 4.6 Output Stratified Split Pada Data Tanpa Augmentasi	39
Gambar 4.7 Output Stratified Split Pada Data Dengan Augmentasi	39
Gambar 4.8 Kurva Train Loss Model Tanpa Augmentasi	43
Gambar 4.9 Kurva Validation Loss Model Tanpa Augmentasi	44
Gambar 4.10 Kurva Precision Model Tanpa Augmentasi	44
Gambar 4.11 Kurva Recall Model Tanpa Augmentasi	45
Gambar 4.12 Kurva mAP50 dan mAP50-95 Model Tanpa Augmentasi	46
Gambar 4.13 Kurva Train Loss Model Dengan Augmentasi	47
Gambar 4.14 Kurva Validation Loss Model Dengan Augmentasi	48
Gambar 4.15 Kurva Precision Model Dengan Augmentasi	49
Gambar 4.16 Kurva Recall Model Dengan Augmentasi	49
Gambar 4.17 Kurva mAP50 dan mAP50-95 Model Dengan Augmentasi	50

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

IOU	Intersection over Union
EXIF	Exchangable Image File Format
R-CNN	Region-based Convolutional Neural Network
SSD	Single Shot Detector



DAFTAR ISTILAH

Koordinat spasial	posisi titik dalam ruang dua dimensi atau lebih
Feature map	representasi fitur hasil ekstraksi
Subsampling	proses pengurangan resolusi data
Pooling	operasi peringkasan nilai fitur
Sub-window	bagian kecil dari citra atau fitur
Special-purpose detectors	detektor yang dirancang untuk tujuan khusus
Backbone	jaringan utama pengekstraksi fitur
End-to-End	input hingga output akhir tanpa tahap tambahan
Non-Maximum Supression	penghapusan bounding box yang tumpang tindih
Pipeline	rangkaian tahapan proses dalam sistem
Raw predictions	hasil prediksi awal sebelum penyempurnaan
Latency	waktu tunda dari input hingga output dihasilkan
Post-processing	tahap pemrosesan lanjutan
One-to-one Prediction	satu objek dipetakan ke satu prediksi
Overfitting	kondisi model terlalu menyesuaikan data latih
Maximum Version Size	batas ukuran maksimum versi
Workspace	ruang kerja
Forking	proses penyalinan proyek
Interpreter	program pengeksekusi kode langsung
Dependency	keperluan library
Framework	kerangka kerja pengembangan
Sanity check	pemeriksaan kewajaran awal
Ground truth	data acuan yang benar
Bounding box	kotak pembatas objek
Confidence	tingkat keyakinan
Default	bawaan
False Positive	hasil positif yang salah

INTISARI

Kerusakan jalan merupakan permasalahan infrastruktur yang berdampak pada keselamatan pengguna jalan serta kelancaran mobilitas dan aktivitas ekonomi, sehingga diperlukan pendekatan identifikasi yang lebih cepat, konsisten, dan efisien dibandingkan metode manual berbasis observasi visual. Pendekatan berbasis computer vision dengan arsitektur YOLO26 digunakan untuk mendeteksi berbagai jenis kerusakan jalan dalam skema multi-kelas serta menganalisis perbedaan akurasi deteksi antara model tanpa augmentasi dan dengan augmentasi pada berbagai kondisi visual. Fokus kajian mencakup evaluasi akurasi model, analisis karakteristik deteksi antar kelas kerusakan, serta pengujian ketahanan model terhadap perubahan kondisi citra melalui variasi transformasi visual seperti perubahan orientasi, pencahayaan, warna, dan gangguan visual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan arsitektur YOLO26 mampu mengenali objek kerusakan jalan multi-kelas dengan tingkat akurasi yang tinggi, khususnya ketika dikombinasikan dengan augmentasi data. Augmentasi terbukti memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan ketepatan prediksi, kelengkapan deteksi, serta keseimbangan performa antar kelas, yang tercermin dari peningkatan nilai precision, recall, F1-score, dan mAP pada berbagai ambang IoU. Selain itu, augmentasi juga berperan dalam meningkatkan konsistensi deteksi dan ketahanan model terhadap variasi kondisi visual, seperti perubahan orientasi, pencahayaan, blur, dan warna, sehingga kesalahan lokalisasi dan klasifikasi dapat dikurangi. Meskipun pada beberapa skenario masih ditemukan keterbatasan, terutama pada model tanpa augmentasi dalam mendeteksi kerusakan berukuran kecil, secara keseluruhan hasil penelitian ini menegaskan bahwa augmentasi data meningkatkan akurasi, stabilitas, dan keandalan YOLO26 dalam mendeteksi kerusakan jalan multi-kelas serta memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan sistem deteksi pada penelitian selanjutnya.

Kata kunci: deteksi kerusakan jalan, YOLO26, multi-kelas, augmentasi data, akurasi

ABSTRACT

Road damage is an infrastructure problem that affects road user safety as well as traffic flow and economic activities, highlighting the need for identification approaches that are faster, more consistent, and more efficient than manual visual inspection. This study employs a computer vision-based approach using the YOLO26 architecture to detect multiple types of road damage in a multi-class detection scheme and to analyze differences in detection accuracy between models trained without augmentation and with data augmentation under various visual conditions. The scope of the study includes evaluation of model accuracy, analysis of detection characteristics across damage classes, and robustness testing against changes in image conditions through visual transformations such as orientation, illumination, color variation, and visual noise. The experimental results show that the YOLO26 architecture is capable of recognizing multi-class road damage with a high level of accuracy, particularly when combined with data augmentation. Data augmentation provides a significant contribution to improving prediction precision, detection completeness, and balance of performance across classes, as reflected by increases in precision, recall, F1-score, and mAP at different IoU thresholds. Furthermore, augmentation enhances detection consistency and model robustness to variations in visual conditions, including changes in orientation, lighting, blur, and color, thereby reducing localization and classification errors. Although certain limitations remain in some scenarios—especially for the non-augmented model in detecting small-scale damage—the overall findings confirm that data augmentation improves the accuracy, stability, and reliability of YOLO26 for multi-class road damage detection and provides a strong foundation for further development of automated road inspection systems.

Keyword: road damage detection, YOLO26, multi-class, data augmentation, accuracy