

SKRIPSI
SISTEM PERINGATAN DINI LUBANG JALAN BERBASIS
LIDAR DAN KAMERA PADA RASPBERRY PI

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Teknik



Disusun oleh :

MOHAMAD FAUZAN ARDANI
21023077

PROGRAM SARJANA TERAPAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2026

SKRIPSI
SISTEM PERINGATAN DINI LUBANG JALAN BERBASIS
LIDAR DAN KAMERA PADA RASPBERRY PI

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Teknik



Disusun oleh :

MOHAMAD FAUZAN ARDANI
21023077

PROGRAM SARJANA TERAPAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2026

HALAMAN PERSETUJUAN
SISTEM PERINGATAN DINI LUBANG JALAN BERBASIS LIDAR DAN
KAMERA PADA RASPBERRY PI

(LiDAR and Camera Based Road Pothole Early Warning System on Raspberry Pi)

Disusun oleh :

MOHAMAD FAUZAN ARDANI

21.02.3077

Telah disetujui oleh:

Pembimbing



Digitally
signed
by Raka
Pratindy

Raka Pratindy, S.T., M.T.
NIP. 19850812 201902 1 001

Tanggal 20 November 2025

HALAMAN PENGESAHAN
SISTEM PERINGATAN DINI LUBANG JALAN BERBASIS LIDAR DAN
KAMERA PADA RASPBERRY PI

(LiDAR and Camera Based Road Pothole Early Warning System on Raspberry Pi)

Disusun oleh :

MOHAMAD FAUZAN ARDANI

21.02.3077

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal:

Ketua Sidang

Tanda tangan

Muhammad Iman Nur Hakim, S.T., M.T.
NIP. 19930104 201902 1 002



Tanda tangan

Penguji 1

Sugiyarto, S.Pd., M.Pd.
NIP. 19850107 200812 1 003



Tanda tangan

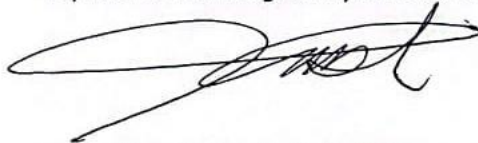
Penguji 2

Raka Pratindy, S.T., M.T.
NIP. 19850812 201902 1 001



Tanda tangan

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Diploma IV Teknologi Rekayasa Otomotif



Dr. Ery Muthoriq, S.T., M.T.
NIP. 19830704 200912 1 004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : MOHAMAD FAUZAN ARDANI

NOTAR : 21.02.30.77

PROGRAM STUDI : DIPLOMA IV TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir dengan judul "**SISTEM PERINGATAN DINI LUBANG JALAN BERBASIS LIDAR DAN KAMERA PADA RASPBERRY PI**".

Selain itu tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yaitu laporan penelitian yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam laporan ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila laporan Tugas Akhir ini di kemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Tegal, 19 November 2025



Mohamad Fauzan Ardani

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan petunjuk, hidayah, dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menjalankan keseharian dengan lancar. Penulis juga menyampaikan salam dan doa kepada Nabi Muhammad SAW, sebagai teladan dan penuntun bagi umat manusia. Dalam kesempatan ini, Penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Bambang Istiyanto, S.Si.T., M.T selaku Direktur Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan Tegal.
2. Bapak Dr. Ery Muthoriq M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif.
3. Bapak Raka Pratindy, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan yang sangat berarti selama proses penyelesaian tugas akhir.
4. Ayah dan Ibunda tercinta, Bapak Rudi Harnoto dan Ibu Umi Afridah, atas doa, dukungan, dan motivasi yang selalu penulis terima sepanjang perjalanan ini.
5. Eastcape, Murphy Radio, Alkateri, serta band-band related lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang selalu didengar penulis disaat mengerjakan penelitian skripsi ini.

Penulis sadar bahwa tugas akhir ini masih memiliki kelemahan-kelemahan tertentu. Oleh karena itu, dengan rendah hati, Penulis menerima segala saran dan kritik membangun dari semua pihak demi perbaikan tugas akhir ini. Terima kasih atas perhatian dan kesempatan yang diberikan kepada Penulis. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang yang Penulis teliti.

Tegal, 19 November 2025



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTISARI	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Batasan Masalah.....	3
I.4 Tujuan.....	3
I.5 Manfaat Penelitian	4
I.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
II.1 Rancang Bangun	6
II.2 Kerusakan Jalan	6
II.2.1 Retak (<i>cracking</i>)	6
II.2.2 Distorsi (<i>distorsion</i>)	9
II.2.3 Cacat Permukaan (<i>disintegration</i>)	11
II.2.4 Pengausan (<i>polished aggregate</i>)	13
II.2.5 Kegemukan (bleeding or flushing).....	13
II.2.6 Penurunan Pada Bekas Penanaman Utilitas.....	13
II.3 Citra Digital	13
II.4 Deteksi Objek.....	14
II.5 <i>Computer Vision</i>	14
II.6 <i>Deep Learning</i>	15
II.6.1 <i>Convolution Neural Network</i> (CNN).....	15
II.6.2 <i>Recurrent Neural Network</i> (RNN)	16

II.6.4 <i>Long Short Term Memory Networks (LSTM)</i>	17
II.6.5 <i>Self Organizing Maps (SOM)</i>	17
II.7 Metode Deteksi Objek (YOLOv8small)	17
II.7.1 Validasi Kinerja YOLOv8	18
II.7.2 Optimalisasi Varian Model	19
II.8 Komponen Sistem Alat	20
II.9 Software	26
II.10 Penelitian Relevan	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
III.1 Lokasi Penelitian	31
III.2 Jenis Penelitian	32
III.3 Instrumen Penelitian.....	33
III.4 Prosedur Pengambilan dan Pengumpulan Data	37
III.4.1 Data penelitian.....	37
III.4.2 Pengolahan Data.....	37
III.5 Diagram Alir Penelitian.....	39
III.6 Desain dan Perancangan Alat	41
III.6.1 Rancangan Blok Diagram Sistem	41
III.6.2 Rancangan Skematik Alat.....	42
III.6.3 Rancangan Desain Alat	43
III.6.4 Rancangan Desain Penerapan Alat.....	45
III.7 Variabel Penelitian.....	45
III.8 Teknik Analisis Data.....	47
III.8.1 Mengukur Kinerja Deteksi Lubang (Model YOLO)	47
III.8.2 Menganalisis Akurasi Pengukuran Sensor (LiDAR)	48
III.8.3 Mengevaluasi Responsivitas Sistem.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	52
IV.1 Pembuatan Perangkat Deteksi Dini Lubang Jalan	52
IV.1.1 Instalasi OS Raspberry Pi 5.....	52
IV.1.2 Instalasi Hailo AI	54
IV.1.3 Proses Training Model	55
IV.1.4 Konversi Model YOLO ke HEF.....	59
IV.1.5 Instalasi Layar LCD TFT 5 Inch	61
IV.1.6 Integrasi NetGPS	62

IV.1.7 Perakitan Perangkat.....	63
IV.2 Implementasi Antarmuka Datasheet	68
IV.3 Hasil Pengujian Alat	69
IV.3.1 Pengujian Kinerja Deteksi Objek (Model YOLOv8s)	70
IV.4 Pembahasan.....	82
IV.4.1 Hasil Rancang bangun.....	82
IV.4.2 Analisis Hasil Pengujian	83
IV.4.3 Cara Kerja Alat	84
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	85
V.1 Kesimpulan.....	85
V.2 Saran	86
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN	90

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1	Struktur Simpel Deep Learning.....15
Gambar II.2	Struktur Convolution Neural Network (CNN).....16
Gambar II.3	YOLO Method Detection18
Gambar II.4	YOLO V8 Performance.....19
Gambar II.5	Raspberry Pi 521
Gambar II.6	Raspberry Ai Kit.....22
Gambar II.7	ESP32 WROOM 32U23
Gambar II.8	Arducam IMX21924
Gambar II.9	TF-Luna LiDAR.....25
Gambar II.10	USB GLONASS U-blox 726
Gambar II.11	Software Python27
Gambar II.12	Software OpenCV27
Gambar II.13	MQTT.....28
Gambar II.14	Visual Studio Code28
Gambar III.1	PKTJ 31
Gambar III.2	Prosedur Penelitian..... 32
Gambar III.3	Raspberry Pi 5 34
Gambar III.4	Raspberry Ai Kit Hailo 34
Gambar III.5	ESP32 DevKitV1 34
Gambar III.6	Arducam IMX219 35
Gambar III.7	LiDAR TF LUNA..... 35
Gambar III.8	Raspberry LCD 5 TFT 35
Gambar III.9	NetGPS 35
Gambar III.10	Daihatsu Xenia..... 36
Gambar III.11	Laptop..... 36
Gambar III.12	Diagram Alir Penelitian..... 39
Gambar III.13	Rancangan Blok Diagram Sistem..... 41
Gambar III.14	Skematik Sistem Raspberry Pi..... 42
Gambar III.15	Skematik Sistem ESP32..... 43
Gambar III.16	Sketsa Main Unit 44
Gambar III.17	Sketsa LCD 44

Gambar	III.18	Sketsa Case LiDAR.....	44
Gambar	III.19	Penempatan Dalam Kendaraan.....	45
Gambar	III.20	Penempatan Luar Kendaraan.....	45
Gambar	IV.1	Raspberry Imager.....	52
Gambar	IV.2	Imager Model.....	54
Gambar	IV.3	Instalasi Hailo Ai.....	55
Gambar	IV.4	F1-Score Training.....	57
Gambar	IV.5	Confusion Matrix.....	58
Gambar	IV.6	Proses Training Model.....	59
Gambar	IV.7	Hailo Developer Zone.....	60
Gambar	IV.8	Kompilasi Format HEF.....	61
Gambar	IV.9	Raspberry Pin.....	63
Gambar	IV.10	Tahapan Penghubungan LCD.....	64
Gambar	IV.11	Pemasangan CSI Rapberry.....	65
Gambar	IV.12	Pemasangan CSI Kamera.....	65
Gambar	IV.13	Penyambungan Rangkain Daya.....	65
Gambar	IV.14	Pemasangan ESP32.....	66
Gambar	IV.15	Pemasangan LiDAR.....	66
Gambar	IV.16	Pemasangan Hailo Ai.....	68
Gambar	IV.17	Tangkapan Kamera.....	69
Gambar	IV.18	Dashbor Report.....	69
Gambar	IV.19	Grafik Pengujian Pagi.....	71
Gambar	IV.20	Grafik Pengujian Siang.....	72
Gambar	IV.21	Grafik Pengujian Kecepatan.....	73
Gambar	IV.22	Grafik Selisih Luas.....	75
Gambar	IV.23	Grafik Selisih Kedalaman.....	78
Gambar	IV.24	Grafik Responsifitas.....	80
Gambar	IV.25	Sistem Alat.....	84

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II.1	Klasifikasi Lubang ASTM D643312
Tabel II.2	Penelitian Relavan28
Tabel III.1	Waktu Penelitian31
Tabel III.2	Pengujian Kinerja YOLO.....48
Tabel III.3	Pengujian Kinerja Deteksi LiDAR.....49
Tabel III.4	Pengujian Waktu Response.....49
Tabel III.5	Mengukur Kinerja GPS.....50
Tabel III.6	Analisis Data.....50
Tabel IV.1	Tahapan Penghubungan LCD.....64
Tabel IV.2	Tahapan Penghubungan ESP 3267
Tabel IV.3	Pengujian Pagi70
Tabel IV.4	Pengujian Siang.....71
Tabel IV.5	Pengujian Sore72
Tabel IV.6	Pengujian Kinerja Kecepatan73
Tabel IV.7	Deteksi Luas Lubang 175
Tabel IV.8	Deteksi Luas Lubang 275
Tabel IV.9	Pengukuran Jarak Deteksi76
Tabel IV.10	Pengujian Kedalaman Lubang 178
Tabel IV.11	Pengujian Kedalaman Lubang 278
Tabel IV.12	Pengujian Responsivitas80
Tabel IV.13	Pengujian GPS.....81

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Sheet Arducam IMX219	90
Lampiran 2. Data Sheet TF-Luna LiDAR.....	92
Lampiran 3. Data Sheet ESP32 WROOM 32U	93
Lampiran 4. Dokumentasi Pengujian Alat.....	94
Lampiran 5. Dokumentasi Pemasangan Alat.....	95
Lampiran 6. Dokumentasi Pengujian Sistem.....	96
Lampiran 7. Dokumentasi Pengukuran	105
Lampiran 8. Pemograman Sistem	106

INTISARI

Lubang jalan merupakan salah satu faktor penyebab kecelakaan lalu lintas yang kerap luput dari perhatian pengemudi, khususnya saat berkendara pada kecepatan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi sistem peringatan dini lubang jalan yang mengintegrasikan kamera berbasis algoritma YOLOv8s dengan sensor LiDAR TF-Luna pada platform Raspberry Pi 5 yang diperkuat akselerator Hailo-8L. Kamera Arducam IMX219 dan unit pemrosesan ditempatkan pada dasbor kendaraan, sedangkan sensor LiDAR dipasang pada bumper depan bawah kendaraan uji. Model YOLOv8s dilatih menggunakan dataset *Road Damage Indonesia* dan dikonversi ke format HEF untuk inferensi *real-time*.

Pengujian dilakukan pada variasi kecepatan 8-40 km/jam pada waktu yang berbeda. Hasil pengujian menunjukkan sistem bekerja optimal di bawah 24 km/jam dengan nilai F1-Score mencapai 100% pada 8 km/jam, namun menurun menjadi 40,0% pada 40 km/jam akibat efek *motion blur*. Pada pengukuran dimensi, sensor LiDAR mencatat akurasi kedalaman terbaik 87-93% pada kecepatan rendah-menengah. Sementara itu, estimasi luas lubang memiliki akurasi 22-59% dengan *Mean Absolute Error* (MAE) terendah 1.963 cm². Rendahnya estimasi luas ini divalidasi sebagai keterbatasan inheren dari pendekatan *bounding box* berbentuk persegi panjang yang tidak mampu memetakan geometri lubang secara presisi. Secara keseluruhan, responsivitas sistem terbukti sangat stabil dengan latensi rata-rata 18,2 ms (± 29 FPS) dan akurasi titik GPS selisih $\pm 1,25$ meter, menjadikannya andal sebagai basis pengembangan sistem keselamatan aktif berkendara.

Kata Kunci: Lubang Jalan, YOLOv8s, LiDAR, Raspberry Pi, Hailo-8L, Sistem Peringatan Dini.

ABSTRAK

Potholes are one of the causes of traffic accidents that are often overlooked by drivers, especially when driving at high speeds. This study aims to design and evaluate an early warning system for potholes that integrates a YOLOv8s-based camera with a TF-Luna LiDAR sensor on a Raspberry Pi 5 platform powered by a Hailo-8L accelerator. The Arducam IMX219 camera and processing unit are mounted on the vehicle's dashboard, while the LiDAR sensor is installed on the lower front bumper of the test vehicle. The YOLOv8s model was trained using the Road Damage Indonesia dataset and converted to HEF format for real-time inference.

Testing was conducted at speeds ranging from 8 to 40 km/h at different times. Test results showed the system performed optimally below 24 km/h, with an F1-Score reaching 100% at 8 km/h, but dropping to 40.0% at 40 km/h due to motion blur effects. For dimensional measurements, the LiDAR sensor recorded the best depth accuracy of 87-93% at low-to-medium speeds. Meanwhile, hole area estimates had an accuracy of 22-59% with a lowest Mean Absolute Error (MAE) of 1.963 cm². This low area estimate was validated as an inherent limitation of the rectangular bounding box approach, which is unable to map the hole's geometry with precision. Overall, the system's responsiveness proved highly stable with an average latency of 18.2 ms (± 29 FPS) and GPS point accuracy of ± 1.25 meters, making it reliable as a foundation for developing active driving safety systems.

Keywords: *Road Potholes, YOLOv8s, LiDAR, Raspberry Pi, Hailo-8L, Early Warning System.*