

SKRIPSI
PENGOLAHAN DATA CITRA PADA SISTEM DETEKSI DAN
MAPPING* JALAN BERLUBANG MENGGUNAKAN *DEEP
***LEARNING* DAN GPS DI WILAYAH SUMATERA SELATAN**



Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :

HILDIANA HUMAIROH
03041182025018

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN
PENGOLAHAN DATA CITRA PADA SISTEM DETEKSI DAN *MAPPING*
JALAN BERLUBANG MENGGUNAKAN *DEEP LEARNING* DAN GPS DI
WILAYAH SUMATERA SELATAN



SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh

HILDIANA HUMAIROH

03041182025018

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T. M.Eng. Ph.D., IPU
NIP. 197108141999031005

Palembang, 15 Juli 2024

Menyetujui


Dosen Pembimbing

Irmawan, S.Si, M.T
NIP. 197409172000121002

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya ruang lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan

:  _____

Pembimbing Utama : Irmawan, S.Si, M.T

Tanggal : 15/Jul/2024

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hildiana Humairoh
NIM : 03041182025018
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin*: 2%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “**Pengolahan Data Citra Pada Sistem Deteksi dan Mapping Jalan Berlubang Menggunakan Deep Learning dan GPS di Wilayah Sumatera Selatan**” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Palembang, 15 Juli 2024



Hildiana Humairoh
NIM.03041182025018

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hildiana Humairoh
NIM : 03041182025018
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

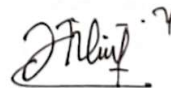
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**PENGOLAHAN DATA CITRA PADA SISTEM DETEKSI DAN MAPPING
JALAN BERLUBANG MENGGUNAKAN *DEEP LEARNING* DAN GPS DI
WILAYAH SUMATERA SELATAN**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang

Pada tanggal: 15 Juli 2024



Hildiana Humairoh
NIM.03041182025018

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT. serta shalawat dan salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat. Atas Berkat dan Rahmat-Nya serta dukungan keluarga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengolahan Data Citra Pada Sistem Deteksi dan *Mapping* Jalan Berlubang Menggunakan *Deep Learning* dan GPS di Wilayah Sumatera Selatan”.

Pembuatan skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga saya yang sudah memberikan dukungan fisik /materil dan mental sehingga saya bisa berjuang menyelesaikan skripsi dan tugas akhir ini.
2. Bapak Irmawan, S.Si., M.T., selaku pembimbing utama tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingan dan memberikan ilmu selama proses penulisan skripsi serta memberikan arahan kepada penulis selama masa perkuliahan.
3. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM., Ibu Dr. Ir. Eng. Suci Dwijayanti S.T., IPM., Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng., Bapak Ir. Zaenal Husin, M.Sc., Bapak Baginda Oloan Siregar, S.T., M.T., dan Bapak Rendyansyah, S.Kom., M.T. sebagai dosen Teknik Kendali dan Robotika yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan serta selaku pencetus, pengembang ide, dan memberikan arahan pada tugas akhir ini.
4. Ibu Ir. Hj. Dwirina Yuniarti, M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan serta bimbingan kepada saya sejak mahasiswa baru, memberikan saran, masukan, dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung selama saya berkuliah di Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
6. Teman satu tim *Pothole Detection*, Aditya Erlangga Wibowo, Rischantika Br. Manurung, dan Putri Salma Ningayu.

7. Teanggono Rachmatullah, yang turut menemani suka dukanya penulisan skripsi ini.
8. Dan pihak-pihak yang sangat membantu dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Di dalam penyusunan skripsi ini, masih terdapat kekurangan karena keterbatasan penulis, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat menjadi evaluasi untuk penelitian yang lebih baik bagi penulis di masa yang akan datang.

Palembang, 14 Juli 2024



Hildiana Humairoh

NIM. 03041182025018

ABSTRAK

PENGOLAHAN DATA CITRA PADA SISTEM DETEKSI DAN *MAPPING* JALAN BERLUBANG MENGGUNAKAN *DEEP LEARNING* DAN GPS DI WILAYAH SUMATERA SELATAN

(Hildiana Humairoh, 03041182025018, 2024, 63 halaman)

Menurut data dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) tahun 2022, Sumatera Selatan merupakan salah satu wilayah yang memiliki kondisi kerusakan jalan cukup tinggi di Indonesia, termasuk adanya banyak jalan berlubang. Mengatasi masalah ini dilakukan pengembangan sistem deteksi jalan berlubang otomatis menggunakan *deep learning* dan pemetaan lokasi dengan GPS. Sistem ini melibatkan *preprocessing data* dan *mapping* untuk membentuk *dataset* representatif yang digunakan untuk melatih *model deep learning* dalam mengenali pola dan karakteristik lubang jalan. Dilakukan *data mining* dan teknik pemrosesan citra seperti deteksi objek, segmentasi, dan pengenalan pola. Penelitian ini berfokus pada pengumpulan dataset di wilayah Sumatera Selatan. Pengambilan data akan dilakukan skenario yang menggunakan *Ground Vehicle*, digunakan *action camera* Go Pro Hero 8 untuk pengambilan data video *real-time* dan GPS untuk pemetaan lubang jalan. Pengumpulan data harus dapat mencerminkan kondisi lubang jalan secara akurat, dilakukan pengambilan dengan memvariasikan sudut kamera untuk dapat merepresentasikan data dengan tepat. Data yang dikumpulkan digunakan untuk melatih *model deep learning* dalam mengidentifikasi berbagai pola dan karakteristik lubang jalan. Penelitian ini berhasil mengimplementasikan pengolahan data citra pada sistem deteksi dan *mapping* jalan berlubang menggunakan *deep learning* dan GPS dengan nilai rata-rata *error UIQI* 0,074, menunjukkan kesamaan tinggi antar gambar dan GPS Neo-6M menunjukkan akurasi baik dengan jarak rata-rata di bawah 1 meter. *Preprocessing data* meningkatkan performa model YOLOv8 dan *Mask-RCNN*, membuktikan bahwa *preprocessing* membantu model mencapai performa yang lebih baik dalam berbagai metrik evaluasi.

Kata kunci: Deteksi Lubang, *Deep Learning*, GPS, *Preprocessing Data*, Sumatera Selatan.

ABSTRACT

IMAGE DATA PREPROCESSING IN POTHOLE DETECTION AND MAPPING SYSTEM USING DEEP LEARNING AND GPS IN SOUTH SUMATERA

(Hildiana Humairoh, 03041182025018, 2024, 63 halaman)

According to data from the Ministry of Public Works and Public Housing (PUPR) in 2022, South Sumatra is one of the regions with a high rate of road damage in Indonesia, including numerous potholes. To address this issue, an automatic pothole detection system using deep learning and GPS-based mapping was developed. This system involves data preprocessing and mapping to create a representative dataset for training the deep learning model to recognize the patterns and characteristics of potholes. The process includes data mining and image processing techniques such as object detection, segmentation, and pattern recognition. This study focuses on collecting datasets in South Sumatra. Data collection will be conducted using a ground vehicle equipped with a GoPro Hero 8 action camera for real-time video capture and GPS for pothole mapping. The collected data must accurately reflect pothole conditions, with varying camera angles to ensure precise representation. The collected data is used to train the deep learning model to identify various patterns and characteristics of potholes. This research successfully implemented image data processing in a pothole detection and mapping system using deep learning and GPS, achieving average error UIQI values 0,074, indicating high similarity images and GPS Neo-6M demonstrated good accuracy with an average distance error below 1 meter. Data preprocessing significantly improved the performance of YOLOv8 and Mask-RCNN models, proving that preprocessing helps the model achieve better performance across various evaluation metrics.

Keywords: Pothole Detection, Deep Learning, GPS, Data Preprocessing, South Sumatra.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Keaslian Penelitian.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>State of the Art</i>	6
2.2 <i>Digital Image Processing</i>	8
2.3 <i>Preprocessing</i>	9
2.3.1 <i>Resize Citra</i>	10
2.3.2 <i>Segmentasi</i>	10
2.4 <i>Universal Image Quality Index (UIQI)</i>	11
2.5 <i>Deep Learning</i>	12
2.6 <i>You Only Look Once (YOLO)</i>	12
2.7 <i>Global Positioning Systems (GPS)</i>	12
2.8 <i>Haversine Formula</i>	13
METODE PENELITIAN	15
3.1 Studi Literatur	16
3.2 Skenario Pengambilan Data	16
3.2.1 <i>Ground Vehicle</i>	16
3.3 Perancangan Pengolahan Data	18

3.4	Komponen Pengambilan Data	20
3.4.1	Go Pro Hero 8.....	20
3.4.2	Arduino Uno	21
3.4.3	Ublox Neo-6M.....	21
3.5	Pengambilan Data	22
3.6	Pengujian.....	23
3.6.1	Pengujian Kualitas Data Latih Menggunakan Perhitungan UIQI	23
3.6.2	Akurasi Titik Pemetaan Koordinat Lapangan	25
HASIL DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Perancangan Alat	27
4.2	Pengumpulan Data Latih.....	29
4.3	Pemetaan Titik Koordinat	35
4.4	Survey Kondisi Jalan (SKJ) pada Lokasi Pengambilan Data	37
4.5	Hasil Pengolahan Data Citra	39
4.5.1	Ekstraksi Frame	39
4.5.2	<i>Data Cleaning</i>	40
4.5.3	Perlabelan Data Latih	43
4.5.4	<i>Resize</i> Ukuran Data Latih	45
4.5.5	Augmentasi Data Latih	48
4.5.6	Pembagian Data Latih, Data <i>Valid</i> , dan Data <i>Testing</i>	50
4.6	Pengukuran Panjang dan Lebar Lubang Jalan	51
4.7	Pengujian Kualitas Citra	53
4.8	Pengujian Akurasi Koordinat GPS.....	55
4.9	Perbandingan Hasil Training Model	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA		61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perancangan Sistem Deteksi Lubang Jalan dan Aplikasinya.....	7
Gambar 2. 2 Pemasangan Alat Akuisisi Data Lapangan [8].....	8
Gambar 2. 3 Longitude dan Latitude	13
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	15
Gambar 3. 2 Contoh Pengambilan Data Citra Jalan Berlubang.....	16
Gambar 3. 3 Skenario Pengambilan Data dengan <i>Ground Vehicle</i> ,.....	
(a) Posisi Kamera, (b) Posisi GPS	17
Gambar 3. 4 (a) Diagram Alir Pengambilan Data GPS,	
(b) Diagram Alir Pengolahan Data	19
Gambar 3.5 Go Pro Hero 8	20
Gambar 3.6 Arduino Uno Rev. 3, ATmega328P	21
Gambar 3.7 (a) Ublox Neo-6M Module,	
(b) Aplikasi Ublox Neo-6M Module pada Arduino Uno	22
Gambar 3. 8 Rute Pengambilan Data.....	23
Gambar 3. 9 <i>UIQI Similarity Measure</i>	24
Gambar 4. 1 Desain 3D Model Perangkat GPS	27
Gambar 4. 2 Skema Rangkaian Elektronik Pada Alat	28
Gambar 4. 3 Hasil Alat GPS, (a) Tampilan Luar Alat GPS,	
(b) Rangkaian Dalam Alat GPS.....	29
Gambar 4. 4 Pemasangan <i>Action Camera</i> Pada <i>Ground Vehicle</i> ,	30
Gambar 4. 5 Tampilan <i>Video Settings</i> Go Pro Hero 8.....	31
Gambar 4. 6 Contoh Citra Jalan Berlubang,	
(a) Citra Jalan dengan Sudut Pandang <i>Action Camera</i> 45°,	
(b) Citra Jalan dengan Sudut Pandang <i>Action Camera</i> 90°.....	32
Gambar 4. 7 Rute Pertama Pengambilan Data.....	33
Gambar 4. 8 Contoh Citra Data Latih,	
(a) Data Latih dengan Sudut Pandang <i>Action Camera</i> 45°,	
(b) Data Latih dengan Sudut Pandang <i>Action Camera</i> 90°.....	34
Gambar 4. 9 Rute Kedua Pengambilan Data Latih.....	35
Gambar 4. 10 Tampilan Perangkat, (a) <i>Action Camera</i> , (b) Alat GPS.....	35
Gambar 4. 11 Hasil Proses Pengunggahan Program Pada Arduino IDE.....	36

Gambar 4. 12 Analisis Kondisi Permukaan Jalan Pada Lokasi	
Jl. Kampung Bali, Sungai Dua hingga Jl. Sungai Kundur	38
Gambar 4. 13 Analisis Kondisi Permukaan Jalan Pada Lokasi	
Jl. Ariodillah, Jl. Kaca Piring, Jl. Swakarya I, Jl. Swakarya II,	
dan Jl. Dwikora II, Kota Palembang	39
Gambar 4. 14 Tampilan Penggunaan <i>Software DVD Video Soft</i>	40
Gambar 4. 15 Sortir Data Citra Lubang Jalan (<i>Pothole</i>) dari Data Normal.....	41
Gambar 4. 16 Jumlah Citra Sebelum dan Setelah Proses <i>Data Cleanning</i>	41
Gambar 4. 17 Contoh Data Yang Dihapus,	
(a) Pencahayaan Gelap, (b) Gambar Blur,	
(c) Noise Pada Gambar.....	43
Gambar 4. 18 Pelabelan data latih di web Roboflow.....	44
Gambar 4. 19 <i>Points</i> Pada Proses Segmentasi	44
Gambar 4. 20 Data Output Hasil Segmentasi dan Anotasi	45
Gambar 4. 21 Tampilan Program <i>Resize</i> Citra Pada Google Colab	46
Gambar 4. 22 Tampilan Informasi Citra,	46
Gambar 4. 23 Citra Lubang, (a) Citra Sebelum Proses <i>Resize</i> ,	
(b) Citra Setelah Proses <i>Resize</i>	47
Gambar 4. 24 Tampilan Program Teknik <i>Flip</i> Citra Pada Google Colab.....	48
Gambar 4. 25 Tampilan Program Teknik Rotasi Citra Pada Google Colab	48
Gambar 4. 26 Tampilan Augmentasi Pada <i>Website Roboflow</i>	49
Gambar 4. 27 Contoh Citra Setelah <i>Pre-processing</i> ,	50
Gambar 4. 28 Pembagian Citra Jalan Berlubang,	51
Gambar 4. 29 Contoh <i>Bounding Box</i> Pada Pengukuran Dimensi Lubang.....	52
Gambar 4. 30 Jumlah Sampel Data Lubang,.....	53
Gambar 4. 31 Program Perhitungan Pada <i>Library Sewar Library Sewar</i>	54
Gambar 4. 32 Hasil Perhitungan <i>Universal Quality Index (UQI)</i>	54

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Contoh Data Output Hasil Pemetaan Lokasi Lubang Jalan	
Menggunakan GPS	36
Tabel 4. 2 Sampel Hasil Pengujian Akurasi Koordinat GPS	55
Tabel 4. 3 Grafik Hasil Training YOLOv8 Model.....	57
Tabel 4. 4 Grafik Hasil <i>Training Mask-RCNN Model</i>	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut data yang diperoleh dari Kementerian Pekerja Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) pada tahun 2022, Sumatera Selatan tercatat memiliki 78,45km kondisi permukaan jalan rusak ringan dan 9,42km kondisi permukaan jalan rusak berat [1]. Kondisi permukaan jalan yang rusak dapat memperbesar potensi terjadinya kecelakaan lalu lintas, terutama jalan berlubang. Jalan berlubang merupakan ancaman serius bagi keselamatan dalam lalu lintas. Lubang-lubang ini dapat mengakibatkan sejumlah masalah, termasuk kecelakaan, kerusakan kendaraan, dan cedera pada pengemudi dan penumpang. Pengemudi yang kurang waspada bisa kehilangan kendali saat berusaha menghindari lubang di jalan, sehingga meningkatkan resiko terjadinya kecelakaan serius. Selain itu, jalan berlubang juga memperlambat laju kendaraan, meningkatkan potensi terjadinya kemacetan, dan dapat mengganggu kelancaran aliran lalu lintas. Kondisi jalan berlubang juga memberikan dampak negatif pada aspek ekonomi, biaya perawatan kendaraan, dan kualitas hidup masyarakat.

Masalah diatas dapat diatasi dengan upaya perbaikan fisik jalan yang rusak, akan tetapi upaya tersebut merupakan solusi berkelanjutan yang memerlukan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, solusi alternatif yang dapat dilakukan saat ini adalah mengembangkan sistem deteksi jalan berlubang secara otomatis menggunakan *deep learning* dan melakukan pemetaan lokasi menggunakan GPS. Salah satu bagian penting dari deteksi jalan berlubang yaitu *preprocessing data* dan *mapping*. Pada kasus ini, dibutuhkan data yang dapat mencakup sejumlah sampel memadai, baik itu data citra maupun data koordinat sehingga menghasilkan dataset yang representatif tentang kondisi jalan berlubang sehingga *deep learning model* dapat mempelajari pola dan karakteristik yang berbeda dari setiap lubang jalan, sehingga membantu dalam penanganan masalah jalan berlubang secara lebih efektif. Pola citra memiliki peran penting dalam berbagai aplikasi teknologi informasi dan pemrosesan citra, seperti pengenalan objek [2]. Pengolahan citra mengekstraksi informasi dan melakukan penafsiran dari data gambar, baik dari gambar statis maupun video secara *real-time* [3].

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah melakukan *data mining* dari pengambilan dataset kondisi jalan berlubang dalam video secara *real-time*. *Data mining* ini melibatkan ekstraksi data gambar dari video dengan penggunaan teknik-teknik pengolahan pola citra, seperti deteksi objek, segmentasi citra, dan pengenalan pola. Data yang berhasil diekstrak dari video akan membentuk dataset awal yang nantinya akan digunakan dalam analisis lebih lanjut. Setiap sampel gambar akan diberi *labelling manual* yang akan memungkinkan model untuk belajar dengan akurasi tinggi dan memungkinkan validasi hasil deteksi. Selanjutnya, dataset tersebut akan mengalami *preprocessing process* yang bertujuan untuk membersihkan dan mempersiapkannya agar dapat digunakan dalam berbagai aplikasi analisis. *Preprocessing process* melibatkan normalisasi data, penghapusan *noise*, dan penyesuaian resolusi gambar [4]. Dataset yang telah melalui proses ini akan siap digunakan pada proses deteksi jalan berlubang.

Beberapa penelitian sebelumnya yang membahas proses pengumpulan data jalan berlubang, seperti penelitian yang dilakukan oleh O. A. Egaji, G. Evans, M. G. Griffiths, and G. Islas, *et al.* [5], mengenai deteksi lubang menggunakan pendekatan *real-time machine learning*. Pada penelitian ini data yang dikumpulkan digabungkan menjadi satu sumber data untuk membentuk kumpulan data pelatihan atau validasi, kecuali data yang digunakan sebagai kumpulan data uji untuk *machine learning model*, pengambilan dataset dilakukan di Inggris dengan jenis permukaan jalan yang berbeda dan empat jenis mobil yang berbeda. Kemudian penelitian mengenai deteksi lubang menggunakan *computer vision* yang diteliti oleh A. Dhiman dan R. Klette [6]. Pada penelitian ini data dikumpulkan dari berbagai sumber, terdapat lima dataset yang berbeda, dataset diambil pada beberapa jalan berlubang dengan beragam kondisi cuaca, dataset yang dikumpulkan adalah data jalan rusak di Jepang. Lalu, penelitian yang dilakukan oleh B. Bučko, E. Lieskovská, K. Záborská, *et al.*, mengenai deteksi lubang menggunakan *computer vision* pada kondisi tidak normal [7]. Pada penelitian tersebut, dilakukan pengumpulan dataset dilakukan dengan berbagai kondisi cahaya dan cuaca yang berbeda kemudian dilakukan pemrosesan data menggunakan YOLOv3, pengambilan dataset dilakukan di Slovakia. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh B. Sasmito, B. H. Setiadji, dan R. Isnanto, mengenai deteksi kerusakan jalan menggunakan pengolahan citra *deep learning* di kota Semarang [8]. Pada penelitian

ini pengumpulan dataset dilakukan menggunakan kamera resolusi tinggi DSLR untuk merekam detail objek gambar kerusakan jalan pada wilayah kota Semarang.

Belum ditemukan penelitian yang membahas proses pengumpulan dataset pada wilayah Sumatera Selatan, padahal berdasarkan data dari Kementerian Pekerja Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) tahun 2022 [1], kondisi jalan di Sumatera Selatan cukup buruk dibandingkan wilayah lain di Indonesia. Penelitian ini berfokus pada pengumpulan dataset di wilayah Sumatera Selatan. Pengambilan data akan dilakukan skenario yang menggunakan *Ground Vehicle*, sehingga dapat merekam video secara *real time* dengan mempertimbangkan variasi sudut. Dilakukan pula pengambilan data koordinat menggunakan GPS yang bertujuan untuk menggambarkan letak jalan berlubang dengan baik.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan utama dalam sistem deteksi jalan berlubang secara otomatis adalah kemampuan untuk mengumpulkan data yang dapat mencerminkan kondisi jalan berlubang dengan baik, terutama untuk wilayah di Sumatera Selatan. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan cara pemetaan lokasi jalan berlubang dan teknik pengambilan data yang mencakup variasi sudut untuk merepresentasikan lokasi jalan berlubang dengan akurat. Data gambar yang berhasil diekstrak dari video secara *real-time* akan membentuk dasar dataset yang kemudian digunakan untuk melatih *deep learning model* agar mampu mengidentifikasi dan memahami berbagai pola, serta karakteristik yang berbeda dari setiap lubang di jalan. Dengan begitu, memungkinkan pemantauan jalan berlubang lebih efektif, sehingga penanganan jalan berlubang dapat dilakukan dengan lebih baik.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan agar dapat mengoptimalkan pengumpulan dan pengolahan data yang berguna untuk sistem deteksi jalan berlubang secara otomatis. Pengambilan data citra dilakukan dengan mempertimbangkan variasi sudut, serta pengambilan titik koordinat untuk merepresentasikan lokasi lubang secara akurat.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Data yang diambil berupa citra dan titik koordinat sehingga dapat menggambarkan letak jalan berlubang dengan baik.
2. Dataset yang dihasilkan akan mencakup sejumlah sampel yang memadai untuk pelatihan, validasi, dan pengujian.
3. Pengambilan dataset dilakukan di wilayah Sumatera Selatan di beberapa tempat, yakni Jl. Ariodillah, Jl. Kaca Piring, Jl. Swakarya I, Jl. Swakarya II, Jl. Dwikora II dan Jl. Kampung Bali, Sungai Dua sampai Jl. Sungai Kundur, Sungai Kedukan, Kec. Banyuasin I, Kab. Banyuasin, Sumatera Selatan.

1.5. Keaslian Penelitian

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu mengenai proses pengolahan data pada sistem deteksi jalan, seperti penelitian yang dilakukan oleh B. H. Kang dan S. Il Choi, mengenai sistem deteksi lubang menggunakan 2D LiDAR (*Light Detection and Ranging*) [9], LiDAR digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dan objek. Proses pengumpulan data dilakukan pada permukaan jalan dengan lebar 4m dan frekuensi pemindaian 5,5 Hz. LiDAR dipasang 1m di atas jalan dengan sumbu pemindaian tegak lurus terhadap permukaan jalan. Kelebihan dari pengumpulan data menggunakan 2D LiDAR adalah kemampuannya untuk mengukur jarak dan sudut objek dengan akurat. Kekurangan dari cara pengumpulan data menggunakan 2D LiDAR adalah kemungkinan terjadinya *noise* pada data jarak yang dikumpulkan oleh LiDAR. Proses pengumpulan data menggunakan LiDAR dapat menghasilkan data jarak yang mengandung *noise*, memerlukan langkah-langkah *preprocessing* untuk mengurangi *noise* dan meningkatkan probabilitas deteksi lubang jalan.

Pada penelitian yang dilakukan P. A. Chitale, K. Y. Kekre, H. R. Shenai, R. Karani, *et al.*, mengenai deteksi lubang dan sistem estimasi dimensi menggunakan *deep learning* (YOLO). Proses pengumpulan data dilakukan secara *real-time*, menggunakan sensor LiDAR dan kamera yang dipasang di kendaraan, algoritma yang digunakan yaitu, YOLOv3 [10]. Kelebihan dari cara pengumpulan data pada penelitian ini adalah kemampuannya untuk mengumpulkan data secara *real time* menggunakan sensor dan kamera yang dipasang di kendaraan. Hal ini

memungkinkan untuk mendeteksi lubang jalan secara langsung saat kendaraan melintasi area tersebut, sehingga memungkinkan untuk mendapatkan informasi yang akurat dan terkini mengenai kondisi jalan. Selain itu, penggunaan algoritma YOLOv3 juga memungkinkan deteksi objek secara cepat dan efisien. Sama seperti sebelumnya kekurangan dari cara pengumpulan data pada penelitian ini adalah bahwa adanya *noise* pada data jarak.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh A. M. Saad dan K. N. Tahar, mengenai identifikasi lubang jalan menggunakan *unmanned aerial vehicle (UAV) multirotor*. Pengumpulan dataset dilakukan menggunakan metode *unmanned aerial vehicle (UAV)*. Pengumpulan data menggunakan UAV dilengkapi dengan kamera digital, dilakukan pengambilan gambar dari udara. Pada penelitian ini, digunakan UAV DJI Phantom 3 Professional yang umum digunakan dalam fotografi udara [11]. Kelebihan dari cara pengumpulan data pada penelitian ini adalah kemampuan untuk memberikan visualisasi yang lebih baik dan inspeksi fitur jalan dengan menggunakan gambar 3D yang dihasilkan oleh UAV. Keterbatasan dari cara pengumpulan data pada penelitian ini adalah ketergantungan pada satu jenis UAV, yaitu DJI Phantom 3 Profesional, yang dapat membatasi generalisabilitas pada model platform UAV lainnya.

Pada penelitian R. Zunaidi, T. Afrianto, dan K. C. Brata [12] melakukan pengambilan data koordinat berupa *latitude* dan *longitude* dari titik lokasi kerusakan jalan menggunakan teknologi *Location Based Service (LBS)*, yaitu sensor *Global Positioning System (GPS)*. GPS adalah sistem navigasi yang dirancang untuk memberikan informasi lokasi perangkat secara cepat. GPS memungkinkan dalam penggunaannya mengumpulkan informasi berupa data koordinat yang berguna untuk sistem deteksi kerusakan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ay, “Kondisi Permukaan Jalan Nasional,” *Ditjen Bina Marga*, 2023. <https://data.pu.go.id/dataset/kondisi-permukaan-jalan-nasional/resource/caebcef7-3273-41b0-b042-a453569aefb6#%7B%7D>
- [2] Y. Cheng and B. Li, “Image segmentation technology and its application in digital image processing,” *Proc. IEEE Asia-Pacific Conf. Image Process. Electron. Comput. IPEC 2021*, pp. 1174–1177, 2021, doi: 10.1109/IPEC51340.2021.9421206.
- [3] G. R. V. Ponce, K. Bhimani, J. A. Prakosa, and M. A. B. Alvarez, “Pattern recognition through digital image processing for unmanned aerial vehicles,” *Proc. 2019 IEEE 26th Int. Conf. Electron. Electr. Eng. Comput. INTERCON 2019*, pp. 1–4, 2019, doi: 10.1109/INTERCON.2019.8853558.
- [4] H. J. Jeong, K. S. Park, and Y. G. Ha, “Image Preprocessing for Efficient Training of YOLO Deep Learning Networks,” *Proc. - 2018 IEEE Int. Conf. Big Data Smart Comput. BigComp 2018*, pp. 635–637, 2018, doi: 10.1109/BigComp.2018.00113.
- [5] O. A. Egaji, G. Evans, M. G. Griffiths, and G. Islas, “Real-time machine learning-based approach for pothole detection,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 184, p. 115562, 2021, doi: 10.1016/j.eswa.2021.115562.
- [6] A. Dhiman and R. Klette, “Pothole Detection Using Computer Vision and Learning,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 21, no. 8, pp. 3536–3550, 2020, doi: 10.1109/TITS.2019.2931297.
- [7] B. Bučko, E. Lieskovská, K. Záborská, and M. Záborský, “Computer Vision Based Pothole Detection under Challenging Conditions,” *Sensors*, vol. 22, no. 22, 2022, doi: 10.3390/s22228878.
- [8] B. Sasmito, B. H. Setiadji, and R. Isnanto, “Deteksi Kerusakan Jalan Menggunakan Pengolahan Citra Deep Learning di Kota Semarang,” *Teknik*, vol. 44, no. 1, pp. 7–14, 2023, doi: 10.14710/teknik.v44i1.51908.
- [9] B. H. Kang and S. Il Choi, “Pothole detection system using 2D LiDAR and camera,” *Int. Conf. Ubiquitous Futur. Networks, ICUFN*, pp. 744–746, 2017,

doi: 10.1109/ICUFN.2017.7993890.

- [10] P. A. Chitale, K. Y. Kekre, H. R. Shenai, R. Karani, and J. P. Gala, "Pothole Detection and Dimension Estimation System using Deep Learning (YOLO) and Image Processing," *Int. Conf. Image Vis. Comput. New Zeal.*, vol. 2020-Novem, 2020, doi: 10.1109/IVCNZ51579.2020.9290547.
- [11] A. M. Saad and K. N. Tahar, "Identification of rut and pothole by using multirotor unmanned aerial vehicle (UAV)," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 137, pp. 647–654, 2019, doi: 10.1016/j.measurement.2019.01.093.
- [12] I. R. Zunaidi, T. Afrianto, and K. C. Brata, "Sistem Pemetaan Geografis Jalan Rusak Berbasis Mobile Menggunakan Location Based Service Studi Kasus Kota Malang," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 10, pp. 10216–10224, 2019.
- [13] P. Yusuf Budiarto and Sutikno, "Deteksi Objek Lubang Pada Citra Jalan Raya Menggunakan Pengolahan Citra Digital," *J. Komput. Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 109–118, 2017, [Online]. Available: <http://jurnal.pcr.ac.id>
- [14] S. K. Ryu, T. Kim, and Y. R. Kim, "Image-Based Pothole Detection System for ITS Service and Road Management System," *Math. Probl. Eng.*, vol. 2015, 2015, doi: 10.1155/2015/968361.
- [15] Y. Arum Sari and C. Dewi, "Sistem Temu Kembali Citra Lubang Jalan Aspal Berdasarkan Tingkat Kerusakan Menggunakan Ekstraksi Fitur Gray Level Co-occurrence Matrix Identifying Quality of Patchouli Leaves through Its Leave Image Using Learning Vector Quantization View project Smart Wh," no. July, 2018, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/326571615>
- [16] Y. V. F. Becker¹, H. L. Siqueira¹, E. T. Matsubara², W. N. Gonçalves², and J. Marcato, "Asphalt pothole detection in uav images using convolutional neural networks," *Int. Geosci. Remote Sens. Symp.*, vol. 2019-July, pp. 56–58, 2019, doi: 10.1109/IGARSS.2019.8900621.
- [17] V. Mudeng, M. Kim, and S. W. Choe, "Prospects of Structural Similarity Index for Medical Image Analysis," *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 8, 2022, doi:

10.3390/app12083754.

- [18] P. Dauni, M. D. Firdaus, R. Asfariani, M. I. N. Saputra, A. A. Hidayat, and W. B. Zulfikar, "Implementation of Haversine formula for school location tracking," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1402, no. 7, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1402/7/077028.
- [19] Roboflow, "Roboflow," June 20, 2024. <https://roboflow.com/> (accessed Oct. 05, 2023).