

No. 77/TA/D3-KS/2026

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN DRONE UNTUK ANALISIS TINGKAT KERUSAKAN
JALAN AKSES KAMPUS PNJ MENGGUNAKAN METODE BINA MARGA**



**Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-III
Politeknik Negeri Jakarta**

Disusun Oleh :

**Sayyid Safiq
NIM 2301321007**

Pembimbing :

**Maya Fricilia, S.T., M.T.
NIP 199005182022032007**

**PROGRAM STUDI D-III KONSTRUKSI SIPIL
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir berjudul :

Pemanfaatan Drone Untuk Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Akses Kampus PNJ

Menggunakan Metode Bina Marga yang disusun oleh Sayyid Safiq (2301321007)

telah disetujui dosen pembimbing untuk selanjutnya dipertahankan dalam Sidang Tugas

Akhir Tahap 2

Pembimbing

Maya Friscilia, S.T., M.T
NIP 199005182022032007



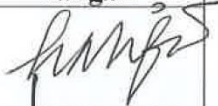
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir berjudul :

**Pemanfaatan Drone Untuk Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Akses Kampus PNJ
Menggunakan Metode Bina Marga**
yang disusun oleh **Sayyid Safiq (2301321007)** telah dipertahankan dalam **Sidang Tugas
Akhir** di depan Tim Penguji pada hari Senin, 29.Juni 2026

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Eva Azhra Latifa, S.T., M.T. NIP. 196205071986032003	
Anggota	Nuzul Barkah Prihutomo, M.T., S.T. NIP. 197808212008121002	
Anggota	Mukhlisya Dewi Ratna Putri, M.T., S.Pd. NIP. 198909152022032007	

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta**


Istiatun, S.T., M.T.
NIP. 196605181990102001.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Sayyid Safiq
NIM : 2301321007
Program Studi : D3 – Konstruksi Sipil
Email : sayyid.safiq.ts23@stu.pnj.ac.id
Judul Naskah : **Pemanfaatan Drone Untuk Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Akses Kampus PNJ Menggunakan Metode Bina Marga**

Dengan penuh tanggung jawab, saya menyatakan bahwa karya tulis ilmiah ini disusun secara mandiri dan merupakan hasil pemikiran serta analisis pribadi. Segala bentuk kutipan, data, maupun informasi yang berasal dari karya orang lain telah dicantumkan dengan mengacu pada kaidah penulisan ilmiah yang berlaku. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat unsur plagiarisme atau pelanggaran hak cipta dalam karya ini, saya siap menerima segala konsekuensi dan sanksi akademik sesuai ketentuan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Jakarta 18 Mei 2026

Yang Membuat Pernyataan,

Sayyid Safiq



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala karena melalui karunia, nikmat, dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu.

Tugas akhir yang berjudul **“Pemanfaatan Drone Untuk Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Akses Kampus PNJ Menggunakan Metode Bina Marga”** adalah syarat untuk menyelesaikan proses pendidikan Diploma Tiga, Program Studi Konstruksi Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penulisan tugas akhir ini, yang diantaranya yaitu:

1. Keluarga tercinta penulis, terutama kepada Ayahanda Saiful Basri, Ibunda Bidaria, Kakak Lala, serta adik-adik yang telah mendukung penuh seluruh proses perkuliahan ini baik secara material maupun moral, serta tiada henti mendoakan kelancaran dan keberhasilan penulisan tugas akhir ini
2. Ibu Maya Fricilia, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, serta ilmu yang sangat berharga selama penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Istiatun, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
4. Ibu R. A. Kartika Hapsari Sutantiningrum, S.T., M.T., selaku Kepala Prodi Konstruksi Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.
5. Siti Aisyah, Dra, M.Hum. selaku PA (Pembimbing Akademik)
6. Segenap rekan mahasiswa D3 Konstruksi Sipil angkatan 2023, khususnya kelas 3KS1 dan teman-teman terdekat penulis yang telah berjuang bersama, saling memotivasi, dan memberikan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu baik secara langsung maupun tidak langsung hingga terselesaikannya laporan ini.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

8. Adellia Fitriani, atas segala dukungan terbaik, perhatian, serta kesabaran yang telah diberikan dalam memberikan semangat dan motivasi kepada penulis selama proses perkuliahan hingga penyusunan karya ilmiah ini

Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa hasil penelitian masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca sekalian. Akhir kata, semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, almamater, serta masyarakat Indonesia pada umumnya.

Depok, 18 Mei 2026

Sayyid Safiq





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Sistematika Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Umum	6
2.2 <i>State Of The Art</i>	6
2.3 Penelitian Terdahulu	7
2.4 Konstruksi Perkerasan Lentur Jalan.....	11
2.4.1 Lapisan-Lapisan Perkerasan Lentur.....	13
2.4.2 Kondisi Perkerasan Lentur yang Diharapkan	15
2.4.3 Faktor dan Karakteristik Kerusakan Jalan	17
2.5 Jenis Kerusakan Perkerasan Lentur	18
2.5.1 Retak Kulit Buaya (<i>Alligator Cracking</i>).....	19
2.5.2 Retak Memanjang dan Melintang (<i>Longitudinal and Transverse Cracks</i>).....	19
2.5.3 Lubang (<i>Potholes</i>).....	20
2.5.4 Alur Bekas Roda (<i>Rutting</i>).....	20
2.5.5 Pelepasan Butiran (<i>Raveling</i>).....	21
2.5.6 Kegemukan (<i>Bleeding</i>)	21
2.5.7 Amblas (<i>Settlement</i>).....	22
2.6 Metode Binamarga.....	23
2.7 Prosedur Analisis Data Metode Bina Marga.....	23
2.7.1 Perhitungan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR).....	23
2.7.2 Pembagian Segmen	24



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.7.3	Menentukan Jenis Jalan Dan Kelas Jalan.....	24
2.7.4	Kuantifikasi Parameter Angka Penalti Jenis Kerusakan	25
2.7.5	Penetapan Nilai Kondisi Jalan Berdasarkan Total Angka Kerusakan	26
2.7.6	Penentuan Klasifikasi Program Berdasarkan Urutan Prioritas (UP).....	26
2.7.7	Pemeliharaan Jalan Berdasarkan Metode Bina Marga dan Urutan Prioritas	27
2.8	Drone Dan Aplikasinya.....	29
2.8.1	Definisi Drone	29
2.8.2	Jenis-Jenis Drone	29
2.8.3	Aplikasi Drone	31
2.9	Justifikasi Teknis Dan Analisis Fotogrametri	34
2.9.1	Spesifikasi dan Pengaturan Terbang Drone	34
2.9.2	Karakteristik Penerbangan Jarak Dekat (<i>Close-Range Photogrammetry</i>)	34
2.9.3	Spesifikasi Ekstraksi Citra via FFmpeg dan Output Format Tunggal	35
2.9.4	Limitasi Spasial Wahana Non-RTK dan Batasan Ground Control Point (GCP)	36
2.9.5	Formulasi Analisis Error Statis Validasi Lapangan	36
2.9.6	Pengaruh Faktor Lingkungan dan Cuaca Terhadap Citra Udara	38
2.9.7	Skema Korelasi Warna Visual Peta Sebaran Lokasi Kerusakan.....	38
BAB III METODE PEMBAHASAN.....		39
3.1	Tinjauan Umum	39
3.2	Penentuan Lokasi Dan Waktu Penelitian.....	39
3.3	Studi Literatur	41
3.4	Diagram Alir	42
3.5	Teknik Pengumpulan Data.....	45
3.6	Alat Dan Bahan Penelitian.....	46
3.7	Prosedur Pengambilan Data Visual Udara.....	47
3.8	Teknik Analisa Data	53
3.9	Perangkat Lunak Dan Alur Pemrosesan Data Udara	56
3.10	Validasi Skala Orthophoto Terhadap Ground Truth.....	64
3.11	Standar Parameter Pengamatan Drone Terhadap Survei Manual	67
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN.....		70
4.1	Data Kondisi Jalan	70
4.1.2	Rekap Kondisi Data Lapangan.....	72
4.1.3	Rekap Kondisi Data Drone	75
4.2	Data Kerusakan Perkerasan Jalan	76
4.2.1	Justifikasi Penentuan Interval dan Dimensi Segmen Amatan.....	78
4.2.2	Data Kerusakan Segmen K1–K20 Hasil Pemetaan Spasial Drone	79



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2.3	Data Kerusakan Segmen K1–K20 Hasil Pemetaan Spasial Drone	82
4.2.4	Data Kerusakan Segmen K1–K20 Hasil Pengukuran Manual Lapangan	84
4.2.5	Data Kerusakan Segmen M1–M20 Pengukuran Manual Lapangan	88
4.3	Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (Lhr).....	92
4.4	Analisis Kerusakan Jalan Menurut Metode Bina Marga	95
4.4.1	Menentukan Kelas Jalan	95
4.4.2	Perhitungan Luasan dan Persentase Kerusakan	99
4.4.3	Menentukan Angka Kerusakan Berdasarkan Jenis Kerusakan Per Segmen	104
4.5	Menentukan Nilai Kondisi Jalan.....	111
4.6	Menentukan Urutan Prioritas Metode Bina Marga	113
4.7	Rekapitulasi Hasil Akhir Urutan Prioritas Metode Bina Marga	115
4.8	Rangkuman Hasil Pembahasan.....	118
4.8.1	Validasi Keandalan Data Spasial Drone vs Survei Terestrial Manual	118
4.8.2	Analisis Karakteristik Hasil Evaluasi Metode Bina Marga	120
4.8.3	Rekapitulasi Strategi dan Prioritas Penanganan Jalan Akses PNJ	122
4.8.4	Keterbatasan Riset Spasial.....	124
BAB V	PENUTUP.....	1266
5.1	Kesimpulan	126
5.2	Saran	127
DAFTAR PUSTAKA.....		129
LAMPIRAN.....		130

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lapisan Konstruksi Perkerasan Lentur	12
Gambar 2.2 Kondisi perkerasan yang diharapkan	16
Gambar 2.3 Hubungan kondisi,umur (masa layan) perkerasan & penanganan jalan(<i>Sumber: Sjahdanulirwan dan Nono, 2004</i>)	17
Gambar 2.4 Kerusakan Retak Kulit Buaya	19
Gambar 2.5 Kerusakan Memanjang dan Melintang	20
Gambar 2.6 Kerusakan Berlubang	20
Gambar 2.7 Kerusakan Alur Bekas Roda (<i>Rutting</i>)	21
Gambar 2.8 Kerusakan Pelepasan Butiran	21
Gambar 2.9 Kerusakan Kegemukan (<i>Bleeding of Flushing</i>)	22
Gambar 2.10 Kerusakan Amblas	22
Gambar 2.11 <i>Rotary Wing</i>	30
Gambar 2.12 <i>Fixed Wing</i>	31
Gambar 2.13 Tampilan DJI Pilot	31
Gambar 2.14 Tampilan Drone Deploy	32
Gambar 2.15 Tampilan DJI GO	32
Gambar 2.16 Tampilan DJI Fly App	33
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	39
Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian	40
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian	42
Gambar 3.4 Perangkat Drone Dji Neo	48
Gambar 3.5 Ketinggian Terbang Drone	49
Gambar 3.6 Orientasi Sudut Kamera Normal dan 90°	49
Gambar 3.7 Cakupan Bidang Visual Kamera Drone pada Badan Jalan	50
Gambar 3.8 Skema Interval Jarak Horizontal	51
Gambar 3.9 <i>Flight Log History</i> Histori Penerbangan Drone pada Aplikasi DJI Fly App	51
Gambar 3.10 Workflow Data Udara	53
Gambar 3.11 Workflow Penilaian Analisa Metode Binamarga	54
Gambar 3.12 Proses Ekstraksi Citra Udara	56
Gambar 3.13 Textured 3D Mesh Model	58
Gambar 3.14 Siklus Pemrosesan Data Foto Udara Menjadi Model Digital Permukaan Aspal ..	59
Gambar 3.15 Hasil Akhir Orthophoto	60



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3.16 Rekapitulasi Orthophoto Keseluruhan	61
Gambar 3.17 Detail <i>Zoom-In</i> Kualitas Orthophoto.....	62
Gambar 3.18 Analisis Data Microsoft Excel	63
Gambar 3.19 Dokumentasi Survei Lebar Jalan Langsung.....	64
Gambar 3.20 Lebar Efektif Orthophoto Hasil Kalibrasi Skala Riil 5 Meter.....	65
Gambar 3.21 Dokumentasi Survei Kerusakan Langsung	66
Gambar 3.22 Citra <i>Orthophoto</i> Hasil Kalibrasi Skala Riil 5 Meter.....	66
Gambar 4.1 Geometrik Jalan Akses PNJ.....	70
Gambar 4.2 Retak Kulit Buaya (<i>Alligator Cracking</i>) pada Jalan Akses Siwabessy PNJ	72
Gambar 4.3 Lubang (<i>Potholes</i>) pada Jalan Akses Siwabessy PNJ.....	73
Gambar 4.4 Pelepasan Butir (<i>Ravelling</i>) pada Jalan Akses Siwabessy PNJ.....	73
Gambar 4.5 Retak Memanjang (<i>Longitudinal Cracking</i>) pada Jalan Akses Siwabessy PNJ	73
Gambar 4.6 Kerusakan Tambalan (<i>Patching</i>) pada Jalan Akses Siwabessy PNJ.....	74
Gambar 4.7 Retak Melintang (<i>Transverse Cracking</i>) pada Jalan Akses Siwabessy PNJ.....	74
Gambar 4.8 Alur (<i>Rutting</i>) pada Jalan Akses Siwabessy PNJ	74
Gambar 4.9 Retak Acak (<i>random cracking</i>) pada Jalan Akses Siwabessy PNJ	75
Gambar 4.10 Hasil <i>stitching</i> Agisoft Metashape.....	75
Gambar 4.11 Contoh Peta Sebaran Lokasi Kerusakan Pada Segmen K18-K19-K20	76
Gambar 4.12 Dokumentasi Survei Kerusakan Jalan.....	77
Gambar 4.13 <i>Layout</i> Segmen Jalan.....	78
Gambar 4.14 Dokumentasi counting	92



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Studi Terdahulu.....	8
Tabel 2.2 Kelompok kerusakan perkerasan beraspal	18
Tabel 2.3 Hubungan Volume LHR dan Angka Nilai Kelas Jalan	24
Tabel 2.4 Penentuan Nilai Kondisi Berdasarkan Jenis Kerusakan	25
Tabel 2.5 Penetapan Nilai Kondisi Jalan Berdasarkan Total Angka Kerusakan	26
Tabel 2.6 Urutan Prioritas.....	26
Tabel 2.7 Pemeliharaan Kerusakan Berdasarkan Urutan Prioritas	27
Tabel 2.8 Spesifikasi dan Pengaturan Terbang Drone	34
Tabel 3.1 Dimensional Geometris Sampel Kerusakan Aspal	67
Tabel 3.2 Standar Parameter Akurasi Pengamatan Drone terhadap Survei Manual.....	67
Tabel 4.1 Data Karakteristik Geometrik dan Eksisting Jalan Akses PNJ.....	71
Tabel 4.2 Rekapitulasi Data Geometris Kerusakan Drone - Jalur Keluar (K1-K20).....	79
Tabel 4.3 Rekapitulasi Data Geometris Kerusakan Drone - Jalur Masuk (M1-M20)	82
Tabel 4.4 Rekapitulasi Data Geometris Kerusakan Manual - Jalur Keluar (K1-K20).....	85
Tabel 4.5 Rekapitulasi Data Geometris Kerusakan Manual - Jalur Masuk (M1-M20)	88
Tabel 4.6 Data LHR Jalan Siwabessy PNJ	93
Tabel 4.7 Rekapitulasi Perhitungan Konversi LHR Akhir Ruas Jalan Kampus PNJ	96
Tabel 4.8 Tabel LHR dan Nilai Kelas Jalan	98
Tabel 4.9 Hasil Nilai Kondisi Jalan Akses Siwabessy PNJ Segmen K12-K20	100
Tabel 4.10 Hasil Nilai Kondisi Jalan Akses Siwabessy PNJ Segmen M12-M20.....	102
Tabel 4.11 Hasil Rekapitulasi Penentuan Angka Kerusakan Segmen K1-K20.....	105
Tabel 4.12 Hasil Rekapitulasi Penentuan Angka Kerusakan Segmen M1-M20.....	108
Tabel 4.13 Hasil Nilai Kondisi Jalan Akses Siwabessy PNJ Segmen K1-K20	111
Tabel 4.14 Hasil Nilai Kondisi Jalan Akses Siwabessy PNJ Segmen M1-M20.....	112
Tabel 4.15 Tabel Urutan Prioritas STA 0+285 s/d 0+300 (K20).....	114
Tabel 4.16 Tabel Urutan Prioritas STA 0+045 s/d 0+060 (M4).....	114
Tabel 4.17 Rekapitulasi Akhir Urutan Prioritas Metode Bina Marga Segmen K1-K20.....	115
Tabel 4.18 Rekapitulasi Akhir Urutan Prioritas Metode Bina Marga Segmen M1-M20	116
Tabel 4.19 Komparasi Output Skor Akhir Nilai Kondisi (NK) dan Urutan Prioritas (UP) Data Drone dan Manual.....	118
Tabel 4.20 Rekapitulasi Akhir Urutan Prioritas dan Metode Perbaikan Bina Marga (Terurut Prioritas).....	122



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Pengesahan.....	131
Lampiran 2 Lembar Assistensi Pembimbing.....	132
Lampiran 3 Persetujuan Pembimbing.....	133
Lampiran 4 Lembar Assistensi Penguji	134
Lampiran 5 Persetujuan Penguji	139
Lampiran 6 Peta Sebaran Lokasi Kerusakan	142





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan Akses Siwabessy merupakan jalur internal utama sekaligus urat nadi mobilitas harian bagi seluruh civitas akademika di lingkungan Politeknik Negeri Jakarta (PNJ), Kota Depok. Ruas jalan kampus ini memegang peran krusial sebagai jalur pergerakan ribuan mahasiswa serta rute operasional utama armada Bus PNJ (Bipol). Berdasarkan pengamatan awal pada koridor studi sepanjang total 600 meter akumulatif (tipe jalan 4/2 D dengan lebar efektif per lajur 5,0 meter), ditemukan kontras kerusakan fisik permukaan aspal yang sangat signifikan antar kedua lajur arah. Penurunan fungsional berupa kerusakan parah sangat mendominasi Jalur Arah Keluar sepanjang 300 meter akibat faktor kombinasi usia pakai (*fatigue*). Guna melakukan evaluasi kondisi secara terukur, koridor studi dibagi menjadi 40 unit segmen amatan homogen yang dibagi merata berdasarkan lajur, terdiri dari 20 segmen Jalur Arah Keluar (Kode K1 s.d K20) dan 20 segmen Jalur Arah Masuk (Kode M1 s.d M20) dengan interval konstan per 15 meter dan luas efektif 75 m^2 per segmen.

Pengembangan sistem penilaian kondisi jalan di Indonesia secara regulasi mengacu pada standarisasi Metode Bina Marga (Manual Pemeliharaan No. 03/MN/B/1983). Sebanyak sepuluh literatur studi terdahulu mulai mengombinasikan metode konvensional ini dengan kemajuan teknologi modern, di mana enam referensi berfokus pada evaluasi karakteristik perkerasan murni melalui studi komparasi metode jalan konvensional (Pratama & Rini, 2025) Sementara itu, empat literatur pendukung lainnya menguji keandalan teknologi *Close-Range Photogrammetry* menggunakan drone (Tan & Jiao, 2019), (Tan & Jiao, 2019), (Iradaf, 2020), (Zhang et al., 2023), (Ramadhan et al., 2024). Rangkaian studi tersebut membuktikan bahwa ekstraksi potongan gambar udara sangat efektif untuk mengidentifikasi cacat permukaan aspal serta menghemat waktu survei.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Meskipun demikian, mayoritas penelitian terdahulu memiliki keterbatasan pada aspek ketelitian geometris dimensional dan penyelarasan skala riil di dalam program CAD karena langsung menggunakan data gambar drone tanpa kalibrasi linear terhadap dimensi fisik di lapangan. Keterbatasan tersebut menimbulkan celah riset (*research gap*) berupa risiko kesalahan kalkulasi luasan akibat distorsi lensa kamera udara saat di-input ke dalam pemodelan skoring Bina Marga.

Urgensi dari penelitian ini bertumpu pada keandalan integrasi data spasial hasil interpretasi drone dengan tahapan pengolahan teknis Metode Bina Marga untuk menghasilkan angka Urutan Prioritas (UP) penanganan murni perkerasan serta program preservasi aspal yang tepat sasaran. Secara ilmiah, riset ini membuktikan secara empiris bahwa teknologi drone komersial berukuran mikro mampu menghasilkan Peta Sebaran Lokasi Kerusakan berpresisi tinggi dan efisien sebagai metodologi modern inventarisasi fungsional prasarana jalan di lingkungan instansi pendidikan. Kebutuhan teknis penilaian kondisi fasilitas jalan utama kampus dan pembuktian orisinalitas metodologi fotogrametri udara jarak dekat inilah yang mengunci urgensi utama pelaksanaan Tugas Akhir ini.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana identifikasi awal jenis kerusakan perkerasan lentur pada survei langsung (*ground truth*) di Jalan Akses siwabessy PNJ?
- 2) Bagaimana kesesuaian data hasil proyeksi citra tegak (*Orthophoto*) pada Autodesk Civil 3D berbasis Drone dengan dilapangan untuk keperluan input data metode binamarga?
- 3) Bagaimana efektivitas visualisasi peta sebaran lokasi kerusakan jalan sebagai alternatif validasi data komparatif guna menjamin keandalan inventarisasi data tanpa adanya objek cacat perkerasan yang terlewat?
- 4) Bagaimana perbandingan nilai kondisi jalan serta angka Urutan Prioritas (UP) berbasis data yang sudah valid antara data drone dan data lapangan terhadap penanganan berdasarkan Metode Bina Marga?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan Masalah yang ada pada penelitian ini adalah:

- 1) Wilayah tinjauan dibatasi murni pada lapis permukaan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan panjang lintasan masing-masing arah yang ditinjau sejauh 300 meter (Total panjang total evaluasi menjadi 600 meter akumulatif) dengan lebar efektif jalur aktual sebesar 5,0 meter.
- 2) Segmentasi peninjauan dibagi murni menjadi 40 unit segmen, yang terdiri dari 20 segmen pada Jalur Arah Keluar dan 20 segmen pada Jalur Arah Masuk dengan panjang interval konstan 15 meter per segmen sebagai batas acuan dimensi survei identifikasi kerusakan.
- 3) Metode analisis kondisi fungsional permukaan aspal dan penentuan prioritas program penanganan menggunakan standardisasi Metode Bina Marga 1990/1983, tanpa melakukan analisis struktur perkerasan dan estimasi biaya perbaikan atau Rencana Anggaran Biaya (RAB).
- 4) Pengumpulan data visual dibatasi hanya menggunakan drone DJI Neo (tinggi terbang 4,0–4,5 m dan kecepatan 1,0 m/s), dengan hasil rekaman video yang diekstraksi menjadi *frame* foto untuk dijahit menggunakan *software* Agisoft Metashape menjadi model *Orthophoto*, lalu diintegrasikan ke perangkat lunak Autodesk Civil 3D menggunakan penyekalan (*scaling*) skala linear 1:1 sebagai input data digitalisasi serta kuantifikasi data spasial kerusakan jalan.
- 5) Batasan waktu operasional pengambilan data visual udara (*flight timing*) menggunakan drone dibatasi murni pada siang hari saat posisi matahari tegak lurus (pukul 11.00–13.00 WIB)

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- 1) Menentukan Mengidentifikasi sebaran jenis, tingkat keparahan, dimensi, dan kuantitas luasan (m^2) kerusakan perkerasan lentur pada Jalur Arah Keluar dan Jalur Arah Masuk Kampus PNJ melalui kombinasi pengamatan visual video drone DJI Neo dan validasi survei langsung



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(ground truth).

- 2) Menghasilkan peta sebaran lokasi dan visualisasi spasial tingkat kerusakan permukaan aspal yang tersinkronisasi sebagai dasar penentuan program preservasi berdasarkan Metode Bina Marga
- 3) Mengaplikasikan metode tracing rectangle dengan penyekalan (scaling) skala linear 1:1 berbasis parameter lebar efektif jalan 5,0 meter pada perangkat lunak Autodesk Civil 3D berdasarkan model Orthophoto untuk menghitung luasan bidang kerusakan secara digital yang cepat dan presisi.
- 4) Memverifikasi keselarasan *output* pengolahan data spasial drone yang telah terkalibrasi 1:1 dengan survei lapangan, sebagai basis data digital yang valid dan andal dalam analisis penilaian kondisi jalan berdasarkan Metode Bina Marga (Manual Pemeliharaan No. 03/MN/B/1983) tanpa memerlukan kalkulasi terpisah untuk kedua jenis data.

1.5 Sistematika Penelitian

BAB 1: PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang pemilihan topik penelitian, rumusan masalah, batasan masalah yang memagari ruang lingkup studi, tujuan yang ingin dicapai, serta sistematika penulisan laporan.

BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA

Memuat landasan teori dan literatur pendukung meliputi karakteristik kerusakan aspal, metode penilaian kondisi jalan standar Bina Marga 1983, konsep dasar fotogrametri udara jarak dekat menggunakan drone komersial berukuran mikro.

BAB 3: METODOLOGI PEMBAHASAN

Menjelaskan tahapan pelaksanaan penelitian mencakup lokasi studi, diagram alir, metode pengumpulan data primer dan sekunder, proses pengolahan data visual di *software* Agisoft Metashape, hingga tahapan analisis data di Autodesk Civil 3D dan Excel.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB 4: DATA DAN PEMBAHASAN

Menyajikan hasil pengolahan model *Orthophoto*, digitalisasi kuantifikasi luasan kerusakan aspal dengan metode *tracing rectangle*, analisis Nilai Kondisi (NK) dan Urutan Prioritas (UP) Bina Marga per segmen 15 meter, pembuatan peta sebaran lokasi tingkat kerusakan, serta rekomendasi teknis program preservasi jalan.

BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan akhir yang menjawab seluruh poin tujuan penelitian secara ringkas dan padat, serta menyajikan saran-saran teknis untuk pengelola kampus maupun pengembangan penelitian selanjutnya.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian evaluasi kondisi fungsional Jalan Akses Siwabessy Kampus PNJ, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Identifikasi kerusakan lapangan menemukan 8 jenis kerusakan dominan pada lapis permukaan perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu lubang (*potholes*), pelepasan butir (*ravelling*), tambalan (*patching*), alur roda (*rutting*), retak acak, retak memanjang, retak melintang, dan retak kulit buaya.
2. Proyeksi citra tegak (*Orthophoto*) hasil ekstraksi video drone DJI Neo melalui *software* Agisoft Metashape terbukti memiliki tingkat kesesuaian geometris yang sangat tinggi dengan kondisi lapangan. Metode *tracing rectangle* dengan skala linear 1:1 berbasis lebar efektif jalan 5,0 meter pada Autodesk Civil 3D mampu menghasilkan kuantifikasi luasan bidang kerusakan (m^2) secara cepat, presisi, dan valid untuk input data Bina Marga.
3. Hasil analisis komparatif fungsional menunjukkan tingkat kesesuaian yang mutlak (100% identik) antara data drone dan survei lapangan dengan nilai selisih Urutan Prioritas (UP) sebesar 0,00. Kedua metode secara konsisten merekomendasikan Program Pemeliharaan Rutin untuk kedua lajur arah koridor lintasan. Hal ini membuktikan bahwa deviasi dimensi skala milimeter pada citra drone tidak memengaruhi klasifikasi akhir skoring penalti Bina Marga, sehingga integrasi basis data spasial drone dinyatakan valid dan andal
4. Visualisasi peta sebaran lokasi kerusakan berbasis segmentasi konstan interval 15 meter (total 40 unit segmen kumulatif) terbukti sangat efektif sebagai instrumen validasi komparatif. Peta spasial ini menjamin keandalan inventarisasi data tanpa adanya objek cacat perkerasan fungsional yang terlewat dalam proses rekapitulasi.
5. Hasil evaluasi karakteristik nilai kondisi dan Urutan Prioritas (UP) penanganan berdasarkan Metode Bina Marga 1983 menunjukkan karakteristik fungsional sebagai berikut:



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Koridor Jalur Arah Keluar (K1–K20): Penurunan kondisi fungsional terpusat pada Segmen K1 hingga Segmen K4.
- Koridor Jalur Arah Masuk (M1–M20): Titik akumulasi kerusakan tertinggi berada pada Segmen M10.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil temuan dan keterbatasan dalam pelaksanaan studi ini, beberapa saran teknis yang dapat direkomendasikan adalah:

1. Kepada Unit Sarana dan Prasarana PNJ: Diharapkan segera melakukan penanganan parsial prioritas berupa penambalan (*patching*) dan perbaikan struktural minor pada segmen-segmen kritis (terutama K20 dan M13) guna mencegah kerusakan yang meluas serta menjamin keselamatan berkendara di lingkungan kampus.
2. Terkait Metodologi Pemetaan Drone: Untuk pengembangan pengumpulan data visual ke depan, disarankan melakukan penerbangan drone pada kondisi pencahayaan yang konstan (hindari bayangan pohon yang terlalu pekat) agar akurasi visualisasi *tracing rectangle* objek retakan aspal pada Civil 3D dapat lebih optimal.
3. Untuk Penelitian Selanjutnya: Dapat dikembangkan analisis spasial yang lebih mendalam dengan memanfaatkan model elevasi digital berupa DEM (*Digital Elevation Model*) dan Peta Kontur hasil pengolahan data drone. Data tersebut dapat dikorelasikan lebih jauh untuk melakukan pemodelan sistem drainase jalan guna mendeteksi area genangan air (*water ponding*) sebagai pemicu utama kerusakan aspal, serta untuk menghitung volume kebutuhan material perbaikan jalan secara tiga dimensi (3D).
4. Untuk penelitian lanjutan yang menggunakan metodologi fotogrametri jarak dekat, direkomendasikan menerapkan metode pengambilan data visual udara ulang di rentang waktu yang berbeda (*multi-take timing*) serta dikerjakan saat kondisi lalu lintas kampus benar-benar bersih (*clear traffic*). Langkah taktis ini sangat krusial guna menghindari distorsi visual objek bergerak sekaligus

meminimalisir pengaruh bayangan pekat pepohonan terhadap akurasi deteksi retakan dan efek gangguan hambatan bayangan objek bergerak maupun vegetasi pohon, sehingga ketelitian identifikasi retak aspal didapat secara optimal



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Bethary, R. T., Setyowati, E., & Utami, S. S. (2021). Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur Dengan Penilaian PCI dan Bina Marga (Studi Kasus: Jl. Raya Cibaliung s.d Sumur). *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 145–156. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Cahya, K. D. N. (2024). *Analisa Tingkat Kerusakan Jalan Dengan Metode Binamarga Dan Metode PCI (Studi Kasus : Jalan Hauling Site Indexim Coalindo)* (Tugas Akhir Tidak Diterbitkan). Politeknik Negeri Jakarta, Depok.
- Harahap, A. S. (2019). *Analisa Tingkat Kerusakan Jalan Sebagai Dasar Penentuan Perbaikan (Jalan Lintas Sumatra) Kota Tebing Tinggi* (Tugas Akhir Tidak Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.
- Hendra, H., Eliau, N., & Saputra, A. (2022). Analisis Kerusakan Perkerasan Jalan menurut Bina Marga dan Alternatif Penanganannya (Studi Kasus Ruas Jalan Utama Bunsur s.d Mengkapan). *Jurnal Teknik*, 16(1), 34–45. Universitas Lancang Kuning.
- Irada, M. (2020). UAVs to Identify and Classify Pavement Distress on Flexible Pavement. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 13(4), 412–421.
- Lizar, L., & Mutasawiah, M. (2024). Analisa Kerusakan Permukaan Jalan Pada Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) Dan Bina Marga 1990 (Studi Kasus: Ruas Jalan Teluk Mesjid s.d Simpang Pusako). *Jurnal Rab Construction Research*, 9(1), 12–25. Universitas Abdurrah.
- Pratama, R. A., & Rini, S. P. (2025). *Analisis Tingkat Kerusakan Perkerasan Jalan Raya Menggunakan Metode Bina Marga Dan Surface Distress Index (SDI) (Studi Kasus: Jalan Lingkar Timur Kudus)* (Tugas Akhir Tidak Diterbitkan). Universitas Semarang, Semarang.
- Ramadhan, F., Setiawan, B., & Nugroho, A. (2024). Analysis of Road Damage Detection Using Orthophoto Map from Unmanned Aerial Vehicle (UAV-Photogrammetry). *Journal of Applied Geospatial Information*, 8(2), 189–198