

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEBENARAN DOKUMEN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	4
1.3    Tujuan Penelitian.....	5
1.4    Manfaat Penelitian.....	5
1.5    Batasan Penelitian .....	6
BAB II LANDASAN TEORI .....	8
2.1    Jalan.....	8
2.1.1    Klasifikasi Jalan .....	8
2.1.2    Bagian-Bagian Jalan.....	11
2.2    Kerusakan Jalan.....	13
2.2.1    Pengertian Kerusakan Jalan .....	13
2.2.2    Jenis Kerusakan Jalan Berdasarkan RDD 2022 .....	14
2.3    Deep Learning.....	18
2.4    Computer Vision.....	20
2.5    Object Detection.....	21
2.6    Convolutional Neural Network (CNN) .....	23

2.6.1	<i>Convolutional Layer</i> .....	23
2.6.2	<i>Pooling Layer</i> .....	24
2.6.3	<i>Fully Connected Layer</i> .....	25
2.6.4	<i>Activation Function</i> .....	26
2.7	<i>You Only Look Once (YOLO)</i> .....	27
2.7.1	<i>Grid Cell</i> .....	27
2.7.2	<i>Anchor Point</i> .....	29
2.7.3	<i>Intersection over Union (IoU)</i> .....	30
2.7.4	<i>Non Maximum Suppression (NMS)</i> .....	31
2.7.5	<i>Arsitektur Model YOLOv8</i> .....	31
2.8	<i>Akurasi Deteksi</i> .....	33
2.8.1	<i>Confusion Matrix</i> .....	33
2.8.2	<i>Evaluation Metrics YOLOv8</i> .....	34
2.9	<i>Street View</i> .....	37
2.10	<i>Google Maps API</i> .....	37
2.11	<i>Google Colaboratory</i> .....	38
2.12	<i>Kerangka Pemikiran</i> .....	39
2.13	<i>Penelitian Sebelumnya</i> .....	40
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....		44
3.1	<i>Lokasi Penelitian</i> .....	44
3.2	<i>Alat dan Bahan Penelitian</i> .....	46
3.2.1	<i>Alat Penelitian</i> .....	46
3.2.2	<i>Bahan Penelitian</i> .....	48
3.3	<i>Tahapan Penelitian</i> .....	48
3.3.1	<i>Perolehan Dataset</i> .....	48

3.3.2	Pengolahan <i>Dataset</i> .....	49
3.3.3	Pelatihan Model YOLOv8 .....	51
3.3.4	Pengolahan Gambar Street View .....	56
3.3.5	Implementasi Model YOLOv8 pada Foto Street View.....	59
3.3.6	Pemetaan Kerusakan Jalan .....	61
3.3.7	Uji Validasi Hasil Deteksi.....	62
3.4	Diagram Alir Penelitian .....	62
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		63
4.1	Pelatihan Model YOLOv8 .....	63
4.2	Implementasi Model pada Street View .....	85
4.3	Uji Validasi Model .....	110
4.4	Hasil Pendeteksian dan Pemetaan di Area Kajian .....	117
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		125
5.1	Kesimpulan.....	125
5.2	Saran.....	126
DAFTAR PUSTAKA .....		128

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Grafik Panjang Jalan dirinci Menurut Kondisi Jalan dan Tingkat Kewenangan .....	1
Gambar 1. 2. Cakupan Data Google Street View di Indonesia.....	4
Gambar 2. 1. Ilustrasi Bagian-Bagian Jalan .....	12
Gambar 2. 2. Klasifikasi Jalan Rusak oleh <i>JRA</i> .....	14
Gambar 2. 3. Contoh Kerusakan Jalan Memanjang .....	15
Gambar 2. 4. Contoh Kerusakan Jalan Melintang .....	15
Gambar 2. 5. Contoh Kerusakan Jalan Kulit Buaya .....	16
Gambar 2. 6. Contoh Kerusakan Jalan Benjolan dan Lubang .....	17
Gambar 2. 7. Hubungan <i>AI</i> , <i>Machine Learning</i> , dan <i>Deep Learning</i> .....	19
Gambar 2. 8. Bagaimana Komputer Melihat .....	20
Gambar 2. 9. Hubungan <i>Computer Vision</i> dan <i>Deep Learning</i> .....	21
Gambar 2. 10. Ilustrasi Perbedaan Metode Klasifikasi, Lokalisasi, Deteksi Objek, dan Segmentasi Objek.....	22
Gambar 2. 11. Ilustrasi Proses Konvolusi Melalui Penerapan Filter .....	24
Gambar 2. 12. Ilustrasi Proses <i>Pooling</i> .....	24
Gambar 2. 13. <i>Hidden Layer</i> dalam <i>Neural Network</i> .....	26
Gambar 2. 14. Pembelajaran Pola Kompleks dari Data Non Linier .....	26
Gambar 2. 15. Grafik Berbagai Fungsi Aktivasi.....	27
Gambar 2. 16. Ilustrasi Cara Kerja Model YOLO Mendeteksi Objek.....	28
Gambar 2. 17. <i>Output Prediction</i> dalam <i>Grid Cell</i> .....	29
Gambar 2. 18. <i>Pre-Defined Bounding Box</i> .....	29
Gambar 2. 19. Konsep <i>Anchor Based</i> dan <i>Anchor Free</i> .....	30
Gambar 2. 20. Ilustrasi Formula <i>Intersection over Union</i> (IoU) .....	31
Gambar 2. 21. Arsitektur Model YOLOv8 .....	33
Gambar 2. 22. <i>Confusion Matrix</i> .....	34
Gambar 2. 23. Ilustrasi Parameter Google Street View .....	38
Gambar 2. 24. Kerangka Pemikiran .....	39

Gambar 3. 1. Peta Jaringan Jalan di Kelurahan Caturtunggal.....	45
Gambar 3. 2. Distribusi Gambar dan Anotasi RDD 2022.....	49
Gambar 3. 3. Anotasi Pascal/XML .....	50
Gambar 3. 4. Anotasi TXT Darknet .....	50
Gambar 3. 5. Struktur <i>Folder Train Set</i> dan <i>Validation Set</i> .....	51
Gambar 3. 6. Tabel Perbandingan Performa Berbagai Model YOLO Menggunakan RDD 2022 + <i>Swedish Dataset</i> .....	52
Gambar 3. 7. Arsitektur YOLOv8m Berdasarkan Blok.....	52
Gambar 3. 8. <i>Script</i> Pelatihan Model YOLO .....	55
Gambar 3. 9. Tampilan Tensorboard .....	55
Gambar 3. 10. Contoh Visualisasi <i>Bounding Box</i> .....	60
Gambar 3. 11. Hasil Pemetaan Titik Kerusakan Jalan .....	61
Gambar 3. 12. Contoh Tabel Atribut Hasil Deteksi Kerusakan Jalan.....	61
Gambar 3. 13. Diagram Alir.....	62
Gambar 4. 1. Struktur <i>Folder Dataset</i> RDD 2022 .....	64
Gambar 4. 2. Anotasi <i>Dataset</i> RDD 2022.....	65
Gambar 4. 3. Setelah <i>Pre-Processing Dataset</i> RDD 2022 .....	65
Gambar 4. 4. Pengambilan Empat Kelas <i>Dataset</i> RDD 2022.....	66
Gambar 4. 5. <i>Script</i> Konversi Anotasi ke TXT Darknet YOLO.....	68
Gambar 4. 6. <i>Script</i> Pembagian <i>Train Set</i> dan <i>Validation Set</i> .....	70
Gambar 4. 7. <i>Train Set</i> dan <i>Validation Set</i> Rasio 70:30 Pelatihan Model Pertama .....	71
Gambar 4. 8. Proses Pelatihan Model Pertama .....	71
Gambar 4. 9. Kurva <i>Precision-Recall</i> Hasil Pelatihan Model Pertama .....	72
Gambar 4. 10. <i>Confusion Matrix</i> Hasil Pelatihan Model Pertama.....	72
Gambar 4. 11. Contoh Kesalahan <i>False Positive</i> pada <i>Paving Block</i> .....	73
Gambar 4. 12. Contoh <i>Dataset Background Paving Block</i> .....	74
Gambar 4. 13. Redistribusi <i>Train Set</i> dan <i>Validation Set</i> Rasio 70:30 Beserta <i>Background Paving Block</i> Pelatihan Model Kedua .....	75
Gambar 4. 14. Proses Pelatihan Model Kedua.....	76
Gambar 4. 15. Kurva <i>Precision-Recall</i> Hasil Pelatihan Model Kedua.....	76

Gambar 4. 16. <i>Confusion Matrix</i> Hasil Pelatihan Model Kedua .....	77
Gambar 4. 17. <i>Train Set</i> dan <i>Validation Set</i> Pelatihan Model Ketiga.....	78
Gambar 4. 18. Proses Pelatihan Model Ketiga.....	79
Gambar 4. 19. Kurva <i>Precision-Recall</i> Hasil Pelatihan Model Ketiga.....	79
Gambar 4. 20. <i>Confusion Matrix</i> Hasil Pelatihan Model Ketiga .....	80
Gambar 4. 21. Diagram Perbandingan Nilai Akurasi mAP[0,5] Hasil Seluruh Pelatihan Model.....	82
Gambar 4. 22. Pemilihan Jenis <i>Runtime</i> Google Colaboratory.....	85
Gambar 4. 23. <i>Script</i> Instalasi <i>Library</i> Ultralytics .....	86
Gambar 4. 24. <i>Script</i> Konfigurasi Penyimpanan Google Drive atau <i>Temporary</i> .	86
Gambar 4. 25. Struktur <i>Folder</i> Penyimpanan Data.....	87
Gambar 4. 26. <i>Script</i> Pembuatan <i>Folder</i> detect .....	88
Gambar 4. 27. Struktur <i>Folder</i> untuk <i>Trial</i> and <i>Error</i> .....	89
Gambar 4. 28. <i>Script</i> Pembuatan <i>Folder</i> Penyimpanan dan Pencarian Data Spasial dan Model.....	90
Gambar 4. 29. <i>Script</i> Pembuatan Sub- <i>Folder</i> img Beserta Direktori Penyimpanan <i>Output</i> CSV .....	90
Gambar 4. 30. <i>Script</i> Input Model.....	91
Gambar 4. 31. <i>Script</i> Pengolahan Input Data Spasial Menggunakan Shapefile ...	93
Gambar 4. 32. Tampilan Input Data Spasial OSRM.....	94
Gambar 4. 33. <i>Script</i> Pemilihan Input Data Spasial.....	95
Gambar 4. 34. <i>Flow Chart</i> Pengolahan Input Data Spasial .....	95
Gambar 4. 35. Fungsi Konversi Garis ke Titik dan Satuan Meter ke <i>Decimal Degrees</i> .....	97
Gambar 4. 36. <i>Script</i> Iterasi Konversi Garis ke Titik Setiap Segmen Jalan .....	98
Gambar 4. 37. <i>Script</i> Implementasi Fungsi <i>calculate_heading</i> .....	99
Gambar 4. 38. <i>Free Trial Credit</i> Google Cloud Console.....	100
Gambar 4. 39. <i>API Key</i> Restrictions .....	101
Gambar 4. 40. Inisiasi Variabel dari <i>Dataframe</i> <i>points_df</i> .....	101
Gambar 4. 41. Fungsi untuk Pengambilan Metadata Google Street View .....	102
Gambar 4. 42. Contoh <i>JSON</i> Metadata .....	103

Gambar 4. 43. Implementasi Fungsi <code>get_street_view_metadata</code> .....	103
Gambar 4. 44. Fungsi Pengambilan Foto Google Street View .....	104
Gambar 4. 45. Implementasi Fungsi Pengambilan Foto Google Street View ....	105
Gambar 4. 46. Inferensi Model YOLOv8 pada Foto Google Street View.....	106
Gambar 4. 47. <i>Script</i> Penyimpanan Informasi Hasil Prediksi Model .....	107
Gambar 4. 48. <i>Flow Chart</i> Pengolahan Foto Street View dan Implementasi Model .....	108
Gambar 4. 49. Tampilan <i>Point Marker Cluster Zoom Out</i> .....	109
Gambar 4. 50. Tampilan <i>Point Marker Zoom In</i> .....	110
Gambar 4. 51. Kurva <i>F1-Confidence</i> di <i>Test Set</i> Area Kajian .....	111
Gambar 4. 52. <i>Confusion Matrix</i> di <i>Test Set</i> Area Kajian.....	112
Gambar 4. 53. Kurva <i>F1-Confidence</i> di <i>Swedish Test Set</i> .....	113
Gambar 4. 54. <i>Confusion Matrix Swedish Test Set</i> .....	113
Gambar 4. 55. Contoh Kerusakan Jalan di Luar Klasifikasi RDD 2022 .....	115
Gambar 4. 56. Kesalahan <i>False Positive</i> pada Penutup Saluran Irigrasi .....	116
Gambar 4. 57. Kesalahan <i>False Negative</i> pada Foto Terdistorsi .....	116
Gambar 4. 58. Kerusakan Jalan yang Terdeteksi oleh Model Berdasarkan Fungsi Jalan dan Jenis Kerusakan Jalan.....	119
Gambar 4. 59. Persebaran Tanggal Perekaman Foto Street View di Area Kajian .....	120
Gambar 4. 60. Contoh Kesalahan Nilai <i>Heading</i> .....	120
Gambar 4. 61. Peta Cetak Sebaran Titik Kerusakan Jalan yang Terdeteksi oleh Model YOLOv8m di Kelurahan Caturtunggal.....	122
Gambar 4. 62. Tampilan Peta Interaktif di Area Kajian .....	122
Gambar 4. 63. Persebaran Titik Kerusakan di Area Kedua .....	124

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penentuan Nilai Angka Kondisi Jalan Kota Menurut Tata Cara Penyusunan Program Pemeliharaan Jalan Kota No:018/T/BNKT/1990.....	18
Tabel 2. Perbandingan Penelitian Sebelumnya .....	41
Tabel 3. Alat Penelitian .....	46
Tabel 4. Bahan penelitian.....	48
Tabel 5. Tabel Konfigurasi <i>Hyperparameter</i> .....	53
Tabel 6. Parameter Street View Static API.....	58
Tabel 7. Tabel Perbandingan Model dengan Penelitian Sebelumnya.....	83