

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
KARYA ASLI TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Tahapan Penelitian	3
1.6.1 Metodologi Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II	6
TINJAUAN LITERATUR	6
2.1 Bendung	6
2.2 <i>Computer Vision</i>	7
2.3 <i>Object Detection</i>	8
2.4 <i>Instance Segmentation</i>	9
2.5 <i>Deep Learning</i>	10
2.6 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	11
2.6.1 <i>Convolutional Layer</i>	12
2.6.2 <i>Pooling Layer</i>	13
2.6.3 <i>Fully Connected Layer</i>	13
2.7 YOLO (<i>You Only Look Once</i>)	14
2.8 YOLOv8.....	16
2.8.1 <i>Conv Block</i>	18
2.8.2 <i>Batch Normalization</i>	19
2.8.3 SiLU (<i>Sigmoid-weighted Linear Unit</i>).....	20
2.8.4 <i>C2f Block</i>	20
2.8.5 <i>Bottleneck</i>	21
2.8.6 <i>SPPF Block</i>	21
2.8.7 <i>Detect Block</i>	22
2.9 YOLOv8-Seg.....	22
2.10 Metrik Evaluasi.....	24
2.11 <i>Region of Interest (ROI)</i>	26
2.12 Penelitian Terkait	27

BAB III	28
METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Pengumpulan Data	28
3.2 <i>Pre-Processing</i>	31
3.3 Implementasi Model	33
3.3.1 YOLOv8n	34
3.3.2 YOLOv8n-seg	40
3.4 Proses Estimasi Ketinggian Air	40
3.4.1 Estimasi dengan Dua atau Lebih Angka yang Terdeteksi	42
3.4.2 Estimasi dengan Satu Angka yang Terdeteksi	43
3.4.3 Estimasi Tanpa Angka yang Terdeteksi	44
3.5 Rancangan Pengujian Sistem	46
BAB IV	47
HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Implementasi	47
4.1.1 Implementasi Deteksi Pengukur Air	47
4.1.2 Implementasi Deteksi Angka pada Pengukur Air	48
4.1.3 Implementasi Segmentasi Air	49
4.1.4 Pipeline Estimasi Ketinggian Air	49
4.2 Hasil	52
4.2.1 Pengumpulan Data	52
4.2.2 <i>Pre-Processing</i>	54
4.2.3 Evaluasi Performa Model YOLOv8n dan YOLOv8n-seg	58
4.2.4 Proses Estimasi Ketinggian Air	68
4.2.5 Pengujian Sistem	72
4.3 Pembahasan	73
BAB V	75
PENUTUP	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>State of The Art</i> dalam Estimasi Ketinggian Air	27
Tabel 3.1 Contoh Kernel	35
Tabel 3.2 Perhitungan Proses Konvolusi	35
Tabel 3.3 Hasil Proses Konvolusi.....	36
Tabel 3.4 Hasil Proses Perhitungan <i>mini-batch mean</i>	36
Tabel 3.5 Hasil Proses Perhitungan <i>mini-batch variance</i>	37
Tabel 3.6 Hasil Proses Perhitungan <i>normalize</i>	37
Tabel 3.7 Hasil Proses Perhitungan <i>scaling & shifting</i>	38
Tabel 3.8 Hasil Proses SiLU.....	38
Tabel 3.9 Rancangan Pengujian Sistem Estimasi Ketinggian Air	46
Tabel 4.1 Hasil Perbandingan Nilai Loss Training dan Validasi Berdasarkan Optimizer untuk Model Water Gauge Detection	60
Tabel 4.2 Hasil Perbandingan Metrik Evaluasi Berdasarkan Optimizer yang Digunakan untuk Model Water Gauge Detection.....	60
Tabel 4.3 Hasil Perbandingan Nilai Loss Training dan Validasi Berdasarkan Optimizer untuk Model Number Detection on Water Gauge.....	63
Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Metrik Evaluasi Berdasarkan Optimizer yang Digunakan untuk Model Number Detection on Water Gauge	63
Tabel 4.5 Hasil Perbandingan Nilai Loss Training dan Validasi Berdasarkan Optimizer untuk Model Water Segmentation.....	66
Tabel 4.6 Hasil Perbandingan Metrik Evaluasi Berdasarkan Optimizer yang Digunakan untuk Model Water Segmentation.....	66
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Sistem Estimasi Ketinggian Air	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bendung Cipero, Sungai Rambut di Tegal, Jawa Tengah (https://www.facebook.com/bpsdapc).....	6
Gambar 2.2 Perbandingan berbagai tugas pengenalan visual dalam visi komputer (Wu, Sahoo, and Hoi 2019).....	8
Gambar 2.3 Contoh <i>instance segmentation</i> pada <i>dataset</i> COCO (Bolya et al. 2019)	9
Gambar 2.4 Perbedaan <i>Machine Learning</i> dan <i>Deep Learning</i> (Alzubaidi et al. 2021)	10
Gambar 2.5 <i>Pipeline</i> umum dari arsitektur CNN (Guo et al. 2016).....	11
Gambar 2.6 Proses <i>Convolutional Layer</i> (Alzubaidi et al. 2021)	12
Gambar 2.7 Tipe operasi <i>pooling</i> (Alzubaidi et al. 2021).....	13
Gambar 2.8 Operasi pada <i>fully connected layer</i> (Guo et al. 2016).....	14
Gambar 2.9 Ilustrasi bagaimana YOLO bekerja (Redmon et al. 2016).....	15
Gambar 2.10 Arsitektur Yolov8 (Hidayatullah et al. 2025)	18
Gambar 2.11 <i>Conv Block</i> (Hidayatullah et al. 2025)	19
Gambar 2.12 <i>C2f Block</i> (Hidayatullah et al. 2025)	20
Gambar 2.13 <i>Bottleneck Block</i> (Hidayatullah et al. 2025).....	21
Gambar 2.14 <i>SPPF Block</i> (Hidayatullah et al. 2025).....	21
Gambar 2.15 <i>Detect Block</i> (Hidayatullah et al. 2025)	22
Gambar 2.16 Arsitektur YOLACK (Yue et al. 2023)	23
Gambar 2.17 Arsitektur YOLOv8-seg (https://github.com/ultralytics/ultralytics/issues/1710).....	23
Gambar 2.18 Tabel <i>Confusion Matrix</i> (Auliya et al. 2022).....	24
Gambar 2.19 Contoh ROI pada sebuah Frame (Pratomo, Kaswidjanti, and Mu'arifah 2020).....	26
Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian	28
Gambar 3.2 Contoh Frame pada Dataset	29
Gambar 3.3 Alur Pengambilan Frame dari Video.....	29
Gambar 3.4 Alur Pengambilan Frame ROI dari Video	30
Gambar 3.5 Alur <i>Pre-Processing</i> Gambar	31
Gambar 3.6 Anotasi pada dataset: (a) Pengukur air, (b) Angka pada pengukur air, (c) Air.	32
Gambar 3.7 Contoh Hasil Augmentasi	33
Gambar 3.8 Alur Implementasi Model YOLOv8	33
Gambar 3.9 Arsitektur Model YOLOv8n.....	34
Gambar 3.10 Contoh Citra Input	35
Gambar 3.11 Ilustrasi Proses Konvolusi	35
Gambar 3.12 Ilustrasi Proses MaxPooling2D	39
Gambar 3.13 Ilustrasi Proses Upsample	40
Gambar 3.14 Arsitektur Model YOLOv8n-seg	40
Gambar 3.15 Ilustrasi ROI pada Frame	41

Gambar 3.16 Ilustrasi Proses Estimasi Ketinggian Air.....	41
Gambar 4.1 Hasil Implementasi Model <i>Water Gauge</i>	47
Gambar 4.2 Hasil Implementasi Model <i>Number Detection on Water Gauge</i>	48
Gambar 4.3 Hasil Implementasi Model <i>Water Segmentation</i>	49
Gambar 4.4 Hasil Implementasi Pipeline Estimasi Ketinggian Air >1 Angka Terdeteksi	50
Gambar 4.5 Hasil Implementasi Pipeline Estimasi Ketinggian Air 1 Angka Terdeteksi	51
Gambar 4.6 Hasil Implementasi Pipeline Estimasi Ketinggian Air 0 Angka Terdeteksi	52
Gambar 4.7 Hasil Pengumpulan Data untuk Model <i>Water Gauge Detection</i>	53
Gambar 4.8 Hasil Pengumpulan Data Citra ROI Bendung.....	53
Gambar 4.9 Contoh Gambar yang dihapus	54
Gambar 4.10 Hasil Anotasi Pengukur Air.....	55
Gambar 4.11 Hasil Anotasi Angka pada Pengukur Air.....	55
Gambar 4.12 Hasil Anotasi Air.....	56
Gambar 4.13 <i>Splitting Data</i>	57
Gambar 4.14 Hasil <i>Re-size</i>	57
Gambar 4.15 Hasil Proses Augmentasi.....	57
Gambar 4.16 Augmentasi Data.....	58
Gambar 4.17 Grafik <i>Training Loss</i> Model <i>Water Gauge Detection</i>	60
Gambar 4.18 Grafik <i>Validation Loss</i> Model <i>Water Gauge Detection</i>	61
Gambar 4.19 Grafik Metriks <i>Precision</i> dan <i>Recall</i> Model <i>Water Gauge Detection</i>	61
Gambar 4.20 Grafik Metriks mAP50 dan mAP50-90 Model <i>Water Gauge</i> <i>Detection</i>	62
Gambar 4.21 Grafik <i>Training Loss</i> Model <i>Number Detection on Water Gauge</i>	63
Gambar 4.22 Grafik <i>Validation Loss</i> Model <i>Number Detection on Water Gauge</i> .	64
Gambar 4.23 Grafik Metriks <i>Precision</i> dan <i>Recall</i> Model <i>Number Detection on</i> <i>Water Gauge</i>	64
Gambar 4.24 Grafik Metriks mAP50 dan mAP50-90 Model <i>Number Detection on</i> <i>Water Gauge</i>	65
Gambar 4.26 Grafik <i>Validation Loss</i> Model <i>Water Segmentation</i>	67
Gambar 4.27 Grafik Metriks <i>Precision</i> dan <i>Recall</i> Model <i>Water Segmentation</i> ...	67
Gambar 4.28 Grafik Metriks mAP50 dan mAP50-90 Model <i>Water Segmentation</i>	68
Gambar 4.29 Contoh Hasil Deteksi Model Beserta Koordinat Pixelnya.....	69
Gambar 4.30 Ilustrasi Angka pada Pengukur Air	70