

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>State of the Art</i>	6
2.2 Sistem Pengawasan Lalu Lintas Cerdas	7
2.3 Pengolahan Citra Digital	8
2.4 <i>Deep learning</i>	10
2.5 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	11
2.6 Arsitektur YOLO (<i>You Only Look Once</i>)	12
2.7 <i>Transfer Learning</i>	15
2.8 <i>Multi-Object Tracking (MOT)</i>	16
2.8.1 Pendekatan <i>Tracking-by-Detection</i>	17
2.8.2 Algoritma Pelacakan <i>ByteTrack</i>	17
2.8.3 <i>Kalman Filter</i>	19
2.8.4 Algoritma Hungarian	20
2.8.5 Asosiasi Berbasis <i>Intersection over Union (IoU)</i>	21
2.9 Penghitungan Kendaraan Dengan Garis Virtual (<i>Virtual Line Crossing</i>)	21

2.10 Metrik Evaluasi	22
2.10.1 Metrik Deteksi Objek	23
2.10.2 Metrik Penghitungan Kendaraan	26
2.11 <i>Tools and Library</i>	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Garis Besar Permasalahan	30
3.2 Pengumpulan Data Kendaraan Menggunakan Video CCTV	31
3.2.1 Sumber Data Video Streaming	32
3.2.2 Ekstraksi <i>Frame</i> dari Video Stream	32
3.3 Pembangunan <i>Dataset</i> Custom	33
3.3.1 Penentuan Kelas Objek Kendaraan	33
3.3.2 Anotasi Manual dengan <i>LabelImg</i>	33
3.3.3 Anotasi Semi-Otomatis (<i>Human-in-the-Loop</i>)	33
3.3.4 Distribusi <i>Dataset</i> Akhir	34
3.4 Pra-Pemrosesan Data Kendaraan	35
3.4.1 Penyesuaian Resolusi dan Pemotongan Citra (<i>Image Slicing</i>)	35
3.5 Pelatihan Model Deteksi Kendaraan dengan Arsitektur YOLOv8	36
3.5.1 Konfigurasi Model dan <i>Hyperparameter</i>	36
3.5.2 Proses <i>Training</i> dan Validasi	36
3.5.3 Pemilihan Model Terbaik	37
3.6 Integrasi <i>ByteTrack</i> untuk <i>Multi-Object Tracking</i>	38
3.6.1 Konfigurasi <i>ByteTrack Tracker</i>	38
3.6.2 Asosiasi Deteksi dengan Track ID	38
3.7 Implementasi Logika Penghitungan Kendaraan	39
3.7.1 Definisi <i>Virtual Line</i>	39
3.7.2 Deteksi <i>Line Crossing</i> dengan Metode <i>Cross Product</i>	40
3.7.3 Penanganan Redundansi Penghitungan (<i>Edge Cases</i>)	41
3.8 Evaluasi Kinerja Sistem	42
3.8.1 Metrik Evaluasi Deteksi Objek Kendaraan	42
3.8.2 Evaluasi Akurasi Penghitungan Kendaraan	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Lingkungan Penelitian	44
4.2 <i>Dataset</i> Penelitian	44

4.2.1	<i>Dataset</i> Pelatihan Model Deteksi Kendaraan dengan YOLOv8.....	45
4.2.2	Data Pengujian Penghitungan Kendaraan Menggunakan <i>ByteTrack</i>	46
4.3	Metrik Evaluasi Kinerja Deteksi Kendaraan.....	46
4.3.1	Analisis Kuantitatif Performa Model.....	46
4.3.2	Analisis <i>Confusion Matrix</i>	47
4.3.3	Analisis <i>Performance Curve</i>	49
4.4	Evaluasi Akurasi Penghitungan Kendaraan.....	50
4.4.1	Pengujian Skenario Kondisi Ideal (Siang Hari, Lalu Lintas Lancar)	51
4.4.2	Pengujian Skenario Minim Cahaya, lalu lintas lancar	52
4.4.3	Pengujian Skenario Cahaya Terang, Lalu Lintas Padat	52
4.4.4	Pengujian Skenario Cahaya Gelap, Lalu Lintas Padat.....	54
4.4.5	Rekapitulasi <i>Error</i> Penghitungan.....	55
4.5	Evaluasi Keberhasilan Model untuk Substitusi <i>Edge AI Proprietary</i>	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		57
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....		59
LAMPIRAN - LAMPIRAN		63
LAMPIRAN 1. SOURCE CODE.....		64