

SKRIPSI

KLASIFIKASI KENDARAAN BERMOTOR
MENURUT SURAT EDARAN PKJI NOMOR 21/SE/Db/2023
MENGGUNAKAN YOLOV11



DISUSUN OLEH :
YUDHA RINSAGHI
213030503101

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
TAHUN 2026

**KLASIFIKASI KENDARAAN BERMOTOR MENURUT SURAT EDARAN PKJI
NOMOR 21/SE/Db/2023 MENGGUNAKAN YOLOV11**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Strata-1 pada Jurusan Teknik Informatika Fakultas
Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh

YUDHA RINSAGHI

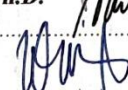
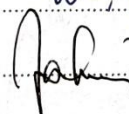
213030503101

Telah dipertahankan didepan tim penguji, pada :

Hari/Tanggal : Kamis, 17 September 2026

Waktu : 10:00-11:30 WIB

Tempat : Ruang Ujian 1

- | | |
|--|---|
| 1. DEDDY RONALDO, S.T., M.T.
NIP. 19801228 200812 1 002 | 
..... (Ketua Penguji) |
| 2. NAHUMI NUGRAHANINGSIH, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19791009 200801 2 016 | 
..... (Pembimbing Utama/Pertama) |
| 3. WIDIATRY, S.T., M.T.
NIP. 19820717 200312 2 002 | 
..... (Pembimbing Pendamping/Kedua) |
| 4. DRS. JADIAMAN PARHUSIP, M.Kom.
NIP. 19630423 198502 1 001 | 
..... (Anggota) |

Mengetahui :

**Jurusan / Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya
Ketua Jurusan,**



**ARIESTA LESTARI, S.Kom., M.Cs., Ph.D.
NIP. 19800322 200501 2 004**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, serta tidak terdapat karya ilmiah atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam skripsi ini dan disebutkan dalam tinjauan pustaka.

Palangka Raya, 17 September 2026


Yudha Rinsaghi
213030503101

RIWAYAT PENYUSUN

Data Diri

Nama : Yudha Rinsaghi
NIM : 213030503101
Fakultas : Teknik

Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika
Jenjang : Strata 1 (S-1)
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir : Mantangai, 14 November 2001
Agama : Hindu
Status Dalam Keluarga : Anak
Anak Ke : I
Alamat : Jalan G.Obos XXVII Blok D
No 02
No Telpn : 081251380391



Data Orang Tua

Nama Ayah : Ardison
Pekerjaan Ayah : ASN
Nama Ibu : Mardiana
Pekerjaan Ibu : Ibu Rumah Tangga
Alamat Orang Tua : Jalan G.Obos XXVII Blok D No 02
No. Hp Orang Tua : 6282237212351

Riwayat Pendidikan

SD : SDN 09 Semawing (Tahun Lulus 2014)
SMP : SMPN 1 Tujuh Belas (Tahun Lulus 2017)
SMA : SMAN 1 Sanggau Ledo (Tahun Lulus 2020)

Palangka Raya, 17 September 2026


Yudha Rinsaghi
213030503101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, berkah, dan penyertaan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini serta menyelesaikan studi Program Sarjana (S-1) dengan baik. Penulis menyadari bahwa proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, doa, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Kedua Orang Tua Tercinta, atas doa yang tiada henti, kasih sayang yang tulus, pengorbanan, dukungan moral maupun material, serta kepercayaan yang senantiasa menjadi kekuatan bagi penulis hingga mampu menyelesaikan pendidikan ini.
2. Ibu Nahumi Nugrahaningsih, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Ibu Widiatry, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping, yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, bimbingan, koreksi, serta ilmu yang sangat bermanfaat dalam membimbing penulis menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
3. Bapak Deddy Ronaldo, S.T., M.T. selaku Ketua Penguji, dan Bapak Drs. Jadianan Parhusip, M.Kom. selaku Penguji, atas masukan, koreksi, serta saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini.
4. Bapak Septian Geges, S.Kom., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing Akademik, atas arahan, bimbingan, serta perhatian yang diberikan kepada penulis selama menjalani masa perkuliahan dari awal hingga tahap akhir akademik.
5. Ibu Ariesta Lestari, S.Kom., M.Cs., Ph.D. selaku Ketua Jurusan, beserta Seluruh Dosen dan Staf Administrasi, atas segala ilmu pengetahuan, wawasan, serta pengalaman berharga yang telah dibagikan selama masa

perkuliahan yang menjadi fondasi penting bagi perjalanan akademik penulis.

6. Keluarga Besar, Sahabat, dan Teman-Teman Seperjuangan, yang selalu memberikan semangat, motivasi, keceriaan, serta kebersamaan yang sangat berarti dalam melewati setiap tantangan selama masa studi.
7. Semua Pihak yang Tidak Dapat Disebutkan Satu per Satu, yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan penghargaan tertinggi kepada diri sendiri atas ketekunan, kesabaran, serta semangat untuk terus bertahan dan berusaha melewati setiap tantangan dalam perjalanan akademik ini hingga selesai. Kiranya skripsi ini dapat memberikan manfaat, kontribusi positif, serta menjadi bagian dari perjalanan menuju masa depan yang lebih baik.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Klasifikasi Kendaraan Bermotor Menurut Surat Edaran PKJI Nomor 21/SE/Db/2023 Menggunakan YOLOv11”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak telah memberikan dukungan, bantuan, serta bimbingan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan terbuka dan rendah hati menerima segala bentuk kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik bagi pembaca, civitas akademika, maupun pihak-pihak yang berkepentingan, khususnya dalam pengembangan sistem klasifikasi kendaraan bermotor berbasis computer vision untuk mendukung pengelolaan lalu lintas di Indonesia.

Palangka Raya, 17 September 2026



Yudha Rinsaghi
213030503101

**KLASIFIKASI KENDARAAN BERMOTOR MENURUT SURAT
EDARAN PKJI NOMOR 21/SE/Db/2023 MENGGUNAKAN YOLOV11
Yudha Rinsaghi (213030503101)**

Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik
Universitas Palangka Raya
Kampus Tunjung Nyaho Jl. Yos Sudarso Palangka Raya 73112
E-mail: yudharinsaghi@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia menuntut adanya sistem pemantauan lalu lintas yang cerdas dan efisien. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan dan mengevaluasi algoritma YOLOv11 untuk mengklasifikasikan kendaraan bermotor ke dalam lima kelas sesuai tabel klasifikasi kendaraan pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) Surat Edaran Nomor 21/SE/Db/2023, yaitu Sepeda Motor (SM), Mobil Penumpang (MP), Bus Besar (BB), Kendaraan Sedang (KS), dan Truk Besar (TB), serta menghasilkan data volume kendaraan per satuan waktu sebagai indikator kepadatan lalu lintas, pada tiga kondisi pengujian nyata, yaitu kondisi cerah, malam, dan hujan. Sistem dikembangkan menggunakan pendekatan multi-stage detection dengan dua Model YOLOv11n yang bekerja secara berjenjang, di mana Model 1 mendeteksi empat Kelas awal dan Model 2 melakukan klasifikasi lanjutan khusus untuk membedakan Kelas KS dan TB. Dataset Pelatihan berjumlah 9.080 citra untuk Model 1 dan 3.575 citra untuk Model 2, diperoleh dari ekstraksi Video lalu lintas nyata dan dianotasi menggunakan platform Roboflow. Sistem diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan Flask yang dapat diakses secara daring melalui Ngrok. Hasil Pelatihan Model 1 mencapai mAP@50 sebesar 0,943 dan Model 2 sebesar 0,970. Pada tahap pengujian, kondisi cuaca cerah menghasilkan performa terbaik dengan Precision rata-rata 0,948, Recall rata-rata 0,796, dan F1-Score rata-rata 0,841, diikuti kondisi hujan dengan Precision 0,840, Recall 0,789, dan F1-Score 0,770, serta kondisi malam dengan Precision 0,912, Recall 0,717, dan F1-Score 0,745. Tantangan utama yang teridentifikasi adalah tingginya misclassification antara Kelas TB dan KS yang persisten pada ketiga kondisi pengujian akibat kemiripan visual kedua Kelas, dan semakin parah seiring menurunnya kualitas visual lingkungan.

Kata Kunci: *Object Detection*, PKJI, Klasifikasi Kendaraan, *Multi-Stage Detection*, YOLOv11.

**CLASSIFICATION OF MOTOR VEHICLES ACCORDING TO PKJI
CIRCULAR LETTER NUMBER 21/SE/Db/2023 USING YOLOV11
Yudha Rinsaghi (213030503101)**

Department of Informatics, Faculty of Engineering,
Palangka Raya University
Tunjung Nyaho Campus, Jl. Yos Sudarso, Palangka Raya 73112
E-mail: yudharinsaghi@gmail.com

ABSTRACT

The increase in the number of motor vehicles in Indonesia requires a smart and efficient traffic monitoring system. This study aims to implement and evaluate the YOLOv11 algorithm to classify motor vehicles into five classes according to the vehicle classification table in the Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI) Circular Letter Number 21/SE/Db/2023, namely Motorcycles (SM), Passenger Cars (MP), Large Buses (BB), Medium Vehicles (KS), and Large Trucks (TB), as well as to generate vehicle volume data per unit of time as an indicator of traffic density, under three real-world testing conditions, namely sunny, night, and rainy conditions. The system was developed using a multi-stage detection approach with two YOLOv11n Models working in stages, where Model 1 detects the initial four classes and Model 2 performs advanced classification specifically to distinguish between the KS and TB classes. The training dataset consisted of 9,080 images for Model 1 and 3,575 images for Model 2, obtained from real traffic Video extraction and annotated using the Roboflow platform. The system is integrated into a web-based application using Flask, which can be accessed online via Ngrok. The training results for Model 1 achieved a mAP@50 of 0.943 and Model 2 achieved 0.970. In the testing phase, sunny weather conditions produced the best performance with an average Precision of 0.948, Recall of 0.796, and F1-Score of 0.841, followed by rainy conditions with a Precision of 0.840, Recall of 0.789, and F1-Score of 0.770, and night conditions with a Precision of 0.912, Recall of 0.717, and F1-Score of 0.745. The main challenge identified was the high misclassification between the TB and KS classes, which persisted in all three test conditions due to the visual similarity of the two classes, and worsened as the visual quality of the environment decreased.

Keywords: Object Detection, PKJI, Vehicle Classification, Multi-Stage Detection, YOLOv11.

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iii
RIWAYAT PENYUSUN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan	6
1.5 Manfaat	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
1.7 Jadwal Pelaksanaan.....	8
BAB II LANDASAN TEORI	9
2.1 Tinjauan Pustaka	9
2.2 Landasan Teori.....	13
2.2.1 Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)	13
2.2.2 Klasifikasi	14
2.2.3 Kendaraan	14
2.2.4 Volume Lalu Lintas.....	19
2.2.5 YOLO (You Only Look Once)	20
2.2.6 YOLOv11.....	22

2.2.7 Computer Vision	26
2.2.8 Pengolahan Citra Digital	27
2.2.9 Metrik Evaluasi Model.....	27
2.2.10 Object Tracking.....	30
2.2.11 ByteTrack.....	30
2.2.12 Deep Learning.....	31
2.2.13 OpenCV.....	31
2.2.14 Flask	32
2.2.15 Roboflow.....	32
2.2.16 Google Colaboratory	33
2.2.17 Ngrok.....	33
2.2.18 Flowchart (Diagram Alur).....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	36
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	36
3.2 Tahapan Penelitian	36
3.3 Pengumpulan Data	37
3.4 Pengolahan Data.....	38
3.4.1 Pembersihan Data (Data Cleaning).....	39
3.4.2 Pelabelan Data dan Penentuan Kelas Kendaraan.....	39
3.4.3 Pembagian Dataset.....	40
3.4.4 Augmentasi Dataset	40
3.5 Alur Pemrosesan dan Output Sistem.....	41
3.5.1 Alur Pemrosesan Model.....	42
3.5.2 Output Sistem.....	43
3.6 Pelatihan Model	44
3.6.1 Perancangan Arsitektur Model.....	44
3.6.2 Lingkungan dan Perangkat Pelatihan.....	45
3.6.3 Konfigurasi Pelatihan Model	45
3.6.4 Skema Pelatihan Model.....	46

3.7 Evaluasi Model.....	46
3.8 Pengujian Model	47
3.8.1 Skenario Pengujian Model	49
3.8.2 Metrik Evaluasi Pengujian Model.....	49
3.9 Analisis Hasil	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	52
4.1 Pengumpulan Data	52
4.2 Pengolahan Data.....	53
4.2.1 Pembersihan Data (Data Cleaning).....	53
4.2.2 Pelabelan Data dan Penentuan Kelas Kendaraan.....	55
4.2.3 Pembagian dan Augmentasi Dataset Model 1	57
4.2.4 Pembagian dan Augmentasi Dataset Model 2	59
4.3 Pelatihan Model	61
4.4 Evaluasi Model.....	66
4.4.1 Hasil Evaluasi Model 1	66
4.4.2 Visualisasi Proses Pelatihan dan Validasi Model 1	67
4.4.3 Kurva Precision-Recall dan F1-Confidence Model 1	69
4.4.4 Confusion Matrix Model 1.....	71
4.4.5 Hasil Evaluasi Model 2	73
4.4.6 Visualisasi Proses Pelatihan dan Validasi Model 2	74
4.4.7 Kurva Precision-Recall dan F1-Confidence Model 2	77
4.4.8 Confusion Matrix Model 2.....	78
4.5 Alur Penggunaan Aplikasi Web.....	81
4.5.1 Landing Page.....	81
4.5.2 Konfigurasi.....	82
4.5.3 Monitoring.....	85
4.5.4 Dashboard	86
4.6 Pengujian Model	90

4.6.1 Pengujian pada Kondisi Cuaca Cerah	91
4.6.2 Pengujian pada Kondisi Malam Hari	101
4.6.3 Pengujian pada Kondisi Cuaca Hujan.....	110
4.7 Analisis Hasil	118
4.7.1 Rekapitulasi Performa Sistem Antar Kondisi	118
4.7.2 Analisis Misclassification: Kesalahan Klasifikasi TB dan KS	119
4.7.3 Analisis Missed Detection: Kendaraan yang Tidak Terdeteksi	123
4.7.4 Analisis Performa per Kelas Kendaraan	125
4.7.5 Analisis Tren Penghitungan Kendaraan per Menit	126
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	129
5.1 Kesimpulan	129
5.2 Saran.....	130
DAFTAR PUSTAKA	133

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	8
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	11
Tabel 2. 2 Struktur Dasar Confusion Matrix.....	28
Tabel 3. 1 Konfigurasi Pelatihan Model	45
Tabel 4. 1 Pembagian Dataset Model 1 Sebelum Augmentasi	57
Tabel 4. 2 Pembagian Dataset Model 1 Setelah Augmentasi	58
Tabel 4. 3 Pembagian Dataset Model 2 Sebelum Augmentasi	59
Tabel 4. 4 Pembagian Dataset Model 2 Setelah Augmentasi	60
Tabel 4. 5 Konfigurasi Parameter Pelatihan Model	65
Tabel 4. 6 Ringkasan Metrik Evaluasi Model 1.....	66
Tabel 4. 7 Perbandingan Nilai Loss Model 1 pada Awal dan Akhir Pelatihan	68
Tabel 4. 8 Perbandingan Nilai Metrik Kinerja Model 1 pada Awal dan Akhir Pelatihan.....	69
Tabel 4. 9 Nilai Average Precision (AP) per Kelas pada Model 1	70
Tabel 4. 10 Tingkat Prediksi Benar per Kelas pada Confusion Matrix Normalized Model 1	72
Tabel 4. 11 Ringkasan Metrik Evaluasi Model 2.....	74
Tabel 4. 12 Perbandingan Nilai Loss Model 2 pada Awal dan Akhir Pelatihan ..	76
Tabel 4. 13 Perbandingan Nilai Metrik Kinerja Model 2 pada Awal dan Akhir Pelatihan.....	77
Tabel 4. 14 Nilai Average Precision (AP) per Kelas pada Model 2	78
Tabel 4. 15 Tingkat Prediksi Benar per Kelas pada Confusion Matrix Normalized Model 2	79
Tabel 4. 16 Informasi Video Uji pada Setiap Kondisi Pengujian.....	91
Tabel 4. 17 Distribusi Jumlah Kendaraan per Jalur pada Kondisi Cuaca Cerah ..	93

Tabel 4. 18 Perbandingan Ground Truth dan Prediksi pada Kondisi Cuaca Cerah	97
Tabel 4. 19 Confusion Matrix pada Kondisi Cuaca Cerah	98
Tabel 4. 20 Metrik Klasifikasi pada Kondisi Cuaca Cerah.....	100
Tabel 4. 21 Distribusi Jumlah Kendaraan per Jalur pada Kondisi Malam Hari .	103
Tabel 4. 22 Perbandingan Ground Truth dan Prediksi pada Kondisi Malam Hari	106
Tabel 4. 23 Confusion Matrix pada Kondisi Malam Hari	107
Tabel 4. 24 Metrik Klasifikasi pada Kondisi Malam Hari.....	109
Tabel 4. 25 Distribusi Jumlah Kendaraan per Jalur pada Kondisi Cuaca Hujan	111
Tabel 4. 26 Perbandingan Ground Truth dan Prediksi pada Kondisi Cuaca Hujan	114
Tabel 4. 27 Confusion Matrix pada Kondisi Cuaca Hujan	115
Tabel 4. 28 Metrik Klasifikasi pada Kondisi Cuaca Hujan	117
Tabel 4. 29 Rekapitulasi Performa Sistem pada Ketiga Kondisi Pengujian	118
Tabel 4. 30 Pola Misclassification Antar Kelas pada Ketiga Kondisi Pengujian	119
Tabel 4. 31 Jumlah Kendaraan Tidak Terdeteksi (Missed Detection) per Kondisi	123
Tabel 4. 32 Perbandingan F1-Score per Kelas pada Ketiga Kondisi Pengujian .	125
Tabel 4. 33 Rekapitulasi Penghitungan Kendaraan per Menit pada Ketiga Kondisi Pengujian.....	126
Tabel 4. 34 Puncak Deteksi per Kelas Kendaraan pada Ketiga Kondisi Pengujian	127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi Kendaraan PKJI dan Tipikalnya	15
Gambar 2. 2 Tipikal Kendaraan dalam Kategori Sepeda Motor.....	16
Gambar 2. 3 Tipikal Kendaraan dalam Kategori Mobil Penumpang.....	17
Gambar 2. 4 Tipikal Kendaraan dalam Kategori Kendaraan Sedang	18
Gambar 2. 5 Tipikal Kendaraan dalam Kategori Bus Besar	18
Gambar 2. 6 Tipikal Kendaraan dalam Kategori Truk Besar	19
Gambar 2. 7 Arsitektur YOLO.....	21
Gambar 2. 8 Sistem deteksi YOLO.....	21
Gambar 2. 9 Bounding Box pada YOLO.....	22
Gambar 2. 10 Proses Deteksi pada YOLO.....	22
Gambar 2. 11 Evolusi Arsitektur YOLO	23
Gambar 2. 12 Modul Arsitektur Utama di YOLOv11 (C3k2, SPPF, dan C2PSA)	24
Gambar 2. 13 Modul Arsitektur Utama di YOLOv11	25
Gambar 2. 14 Perbandingan Performa YOLOv11 dengan Versi Sebelumnya.....	26
Gambar 2. 15 Simbol Flowchart	35
Gambar 3. 1 Alur Tahapan Penelitian.....	37
Gambar 3. 2 Alur Penggunaan Sistem pada Proses Pengujian	48
Gambar 4. 1 Proses Ekstraksi Video.....	52
Gambar 4. 2 Hasil Ekstraksi Video menjadi Frame Gambar	53
Gambar 4. 3 Proses Pelabelan Kelas pada Gambar	56
Gambar 4. 4 Objek Kelas pada Model 1	56
Gambar 4. 5 Kelas KS pada Model 2.....	57
Gambar 4. 6 Kelas TB pada Model 2.....	57
Gambar 4. 7 Distribusi Dataset Model 1 Sebelum Augmentasi	58
Gambar 4. 8 Distribusi Dataset Model 1 Setelah Augmentasi.....	59
Gambar 4. 9 Distribusi Dataset Model 2 Sebelum Augmentasi	60

Gambar 4. 10 Distribusi Dataset Model 2 Setelah Augmentasi.....	60
Gambar 4. 11 Hasil Pengecekan GPU NVIDIA Tesla T4 pada Google Colaboratory	61
Gambar 4. 12 Tampilan Direktori Kerja Utama pada Google Colaboratory	61
Gambar 4. 13 Dataset yang Diunduh pada Model 1	62
Gambar 4. 14 Proses Pengunduhan Dataset Model 1 dari Roboflow	62
Gambar 4. 15 Struktur Folder Dataset Setelah Diunduh – Model 1	63
Gambar 4. 16 Dataset yang Diunduh pada Model 2	63
Gambar 4. 17 Proses Pengunduhan Dataset Model 2 dari Roboflow	64
Gambar 4. 18 Struktur Folder Dataset Setelah Diunduh – Model 2	64
Gambar 4. 19 Parameter yang Digunakan saat Proses Pelatihan.....	65
Gambar 4. 20 Hasil Pelatihan Model 1	66
Gambar 4. 21 Visualisasi Hasil Pelatihan dan Validasi Model 1	67
Gambar 4. 22 Tren Penurunan Loss Model 1	68
Gambar 4. 23 Tren Peningkatan Kinerja Model 1	69
Gambar 4. 24 Kurva Hubungan Precision dan Recall Model 1	70
Gambar 4. 25 Kurva Hubungan F1 dan Confidence Model 1	71
Gambar 4. 26 Confusion Matrix Normalized Model 1	72
Gambar 4. 27 Hasil Pelatihan Model 2	74
Gambar 4. 28 Visualisasi Hasil Pelatihan dan Validasi Model 2	75
Gambar 4. 29 Tren Penurunan Loss Model 2	75
Gambar 4. 30 Tren Peningkatan Kinerja Model 2	76
Gambar 4. 31 Kurva Hubungan Precision dan Recall Model 2	77
Gambar 4. 32 Confusion Matrix Normalized Model 2	79
Gambar 4. 33 Antarmuka Sistem saat Proses Inference Berlangsung pada Kondisi Cuaca Cerah	92
Gambar 4. 34 Tampilan Sistem setelah Proses Inference Selesai pada Kondisi Cuaca Cerah	93
Gambar 4. 35 Data Histori Kendaraan per Jalur pada Kondisi Cuaca Cerah	93
Gambar 4. 36 Grafik Tren Deteksi Total Kendaraan per Menit pada Kondisi Cuaca Cerah	94

Gambar 4. 37 Grafik Tren Deteksi Kendaraan per Menit per Kelas pada Kondisi Cuaca Cerah	95
Gambar 4. 38 Tampilan Hasil Deteksi Kendaraan Terfilter per Menit pada Kondisi Cuaca Cerah	96
Gambar 4. 39 Data Ekspor Hasil Deteksi Kendaraan dalam Format Excel pada Kondisi Cuaca Cerah.....	96
Gambar 4. 40 Antarmuka Sistem saat Proses Inference Berlangsung pada Kondisi Malam Hari	102
Gambar 4. 41 Tampilan Sistem setelah Proses Inference Selesai pada Kondisi Malam Hari	103
Gambar 4. 42 Data Histori Kendaraan per Jalur pada Kondisi Malam Hari	103
Gambar 4. 43 Grafik Tren Deteksi Total Kendaraan per Menit pada Kondisi Malam Hari.....	104
Gambar 4. 44 Grafik Tren Deteksi Kendaraan per Menit per Kelas pada Kondisi Malam Hari	105
Gambar 4. 45 Tampilan Hasil Deteksi Kendaraan Terfilter per Menit pada Kondisi Malam Hari	105
Gambar 4. 46 Data Ekspor Hasil Deteksi Kendaraan dalam Format Excel pada Kondisi Malam Hari.....	106
Gambar 4. 47 Antarmuka Sistem saat Proses Inference Berlangsung pada Kondisi Cuaca Hujan.....	110
Gambar 4. 48 Tampilan Sistem setelah Proses Inference Selesai pada Kondisi Cuaca Hujan.....	111
Gambar 4. 49 Data Histori Kendaraan per Jalur pada Kondisi Cuaca Hujan	111
Gambar 4. 50 Grafik Tren Deteksi Total Kendaraan per Menit pada Kondisi Cuaca Hujan.....	112
Gambar 4. 51 Grafik Tren Deteksi Kendaraan per Menit per Kelas pada Kondisi Cuaca Hujan.....	113
Gambar 4. 52 Tampilan Hasil Deteksi Kendaraan Terfilter per Menit pada Kondisi Cuaca Hujan.....	113

Gambar 4. 53 Data Ekspor Hasil Deteksi Kendaraan dalam Format Excel pada Kondisi Cuaca Hujan	114
Gambar 4. 54 Contoh Kendaraan TB Terdeteksi sebagai KS pada Kondisi Cuaca Cerah	120
Gambar 4. 55 Contoh Kendaraan TB Terdeteksi sebagai KS pada Kondisi Malam Hari.....	120
Gambar 4. 56 Contoh Kendaraan TB Terdeteksi sebagai KS pada Kondisi Cuaca Hujan.....	121
Gambar 4. 57 Contoh Kendaraan BB Terdeteksi sebagai TB pada Kondisi Cuaca Cerah	122
Gambar 4. 58 Contoh Kendaraan BB Terdeteksi sebagai KS pada Kondisi Malam Hari.....	122
Gambar 4. 59 Contoh Kendaraan KS Terdeteksi sebagai MP pada Kondisi Cuaca Hujan.....	123
Gambar 4. 60 Contoh Sepeda Motor (SM) Tidak Terdeteksi pada Kondisi Cuaca Cerah	124
Gambar 4. 61 Contoh Sepeda Motor (SM) Tidak Terdeteksi pada Kondisi Malam Hari.....	124
Gambar 4. 62 Contoh Sepeda Motor (SM) Tidak Terdeteksi pada Kondisi Cuaca Hujan.....	125

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrafi, D. A., Alawiy, M. T., & Basuki, B. M. (2023). Deteksi klasifikasi dan menghitung kendaraan berbasis algoritma You Only Look Once (YOLO) menggunakan kamera CCTV. *Science Electro*, 16(3).
- Ardiansyah, M. V. P., Sahertian, J., & Irawan, R. H. (2025). Penerapan Algoritma YOLO dalam Sistem Klasifikasi Kendaraan. *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, 9(2), 1151–1157.
- Bisong, E. (2019). *Building Machine Learning and Deep Learning Models on Google Cloud Platform*. Apress.
- CNA Indonesia. (2025, April 5). *Kendaraan bermotor Indonesia tembus 168 jutaan, paling banyak di mana?* <https://www.cna.id/indonesia/kendaraan-bermotor-indonesia-tembus-168-jutaan-paling-banyak-di-mana-31031>
- Chakole, M., Sontakke, S., Umredkar, L., Rathod, V., Umate, R., & Dorle, S. (2024). Real-time full-body detection using computer vision: Leveraging OpenCV and MediaPipe. *SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 11(11), 231–240.
- Dipura, G. P. A., Amanda, F., Firmansyah, M. R., Rizky, M. R., & Jamal, M. N. K. (2024). Teknologi Komputer Vision dalam Kamera Pengawas. *Karimah Tauhid*, 3(3), 3754–3760.
- Dwiyanto, R., Widodo, D. W., & Kasih, P. (2022). Implementasi Metode You Only Look Once (YOLOv5) Untuk Klasifikasi Kendaraan Pada CCTV Kabupaten Tulungagung. *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, 6(3), 102–104.
- Efendi, M. Y., & Abidin, M. H. F. (2024). Implementasi Klasifikasi Jenis Kendaraan di Indonesia Menggunakan YOLO. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika (SNESTIK)*, 1(1), 441–448.
- Evan, D. J., & Saian, P. O. N. (2023). Implementasi python framework flask pada modul transfer out toko di PT XYZ. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 8(4), 1121–1131.

- Ghimire, D. (2020). Comparative study on Python web frameworks: Flask and Django (Bachelor's thesis). Metropolia University of Applied Sciences.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). Digital image processing (4th ed.). Pearson.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
- Grandini, M., Bagli, E., & Visani, G. (2020). Metrics for Multi-Class Classification: An Overview. arXiv:2008.05756.
- Hayati, N. J., Singasatia, D., & Muttaqin, M. R. (2023). Object tracking menggunakan algoritma You Only Look Once (YOLOv8) untuk menghitung kendaraan. *KOMPUTA: Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika*, 12(2), 91–99.
- PG, J., & NK, V. (2021). Google colaboratory: tool for deep learning and machine learning applications. *Indian Journal of Computer Science*, 6(3-4).
- KBBI. (2023). Kamus Besar Bahasa Indonesia. Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa. <https://kbbi.kemdikbud.go.id/>
- Khanam, R., & Hussain, M. (2024). YOLOv11: An Overview of the Key Architectural Enhancements. arXiv:2410.17725.
- Kumalawati, A., Utomo, S., Frans, J. H., & Nasjono, J. K. (2021). Hubungan Volume dan Kecepatan Lalu Lintas terhadap Kinerja Jalan Ahmad Yani Kota Kupang. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 138–150.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444.
- Lipton, Z. C., Elkan, C., & Naryanaswamy, B. (2020, September). Optimal thresholding of classifiers to maximize F1 measure. In *Joint European Conference on Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases* (pp. 225-239). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Moksyakov, A., Wu, Y., Gadsden, S. A., Yawney, J., & AlShabi, M. (2024). Object detection and tracking with YOLO and the sliding innovation filter. *Sensors*, 24(7), 2107.

- Mulyana, D. I., & Rofik, M. A. (2022). Implementasi Deteksi Real Time Klasifikasi Jenis Kendaraan Di Indonesia Menggunakan Metode YOLOv5. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(3), 13971–13982.
- Naufal, D., & Rahmadewi, R. (2024). Pengelolaan Citra Digital. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(20), 168–177.
- Ningtyas, D. F., & Setiyawati, N. (2021). Implementasi Flask Framework pada Pembangunan Aplikasi Purchasing Approval Request. *Jurnal Janitra Informatika dan Sistem Informasi*, 1(1), 19–34.
- Nur, D. H., & Darmadi, D. (2024). Klasifikasi Dan Volume Kendaraan Bina Marga Dari Rekaman Video Lalulintas Dengan Metode Artificial Intelligence-YOLOv8 Pada Jalan Tol Jakarta-Bogor Dan Jakarta-Tangerang. *Scientific Journal Of Reflection: Economic, Accounting, Management and Business*, 7(4), 1096–1105.
- Prabowo, D. A., Abdullah, D., & Manik, A. (2018). Deteksi dan perhitungan objek berdasarkan warna menggunakan Color Object Tracking. *Jurnal Pseudocode*, 5(2), 85-91.
- Peryanto, A., Fadlil, A., & Umar, R. (2020). Rancang Bangun Klasifikasi Citra Dengan Teknologi Deep Learning Berbasis Metode Convolutional Neural Network. *Format: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika Universitas Mercu Buana*, 8(2).
- Prasetyo, M. E., Faza, M. R., Pratama, R., Alhabsy, S. N. H., Purwanti, H., & Masa, A. P. A. (2023). Klasifikasi Ragam Kendaraan Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN). *Adopsi Teknologi dan Sistem Informasi (ATASI)*, 2(2), 142–148.
- Putra, W. P. N., Pradana, A. I., & Nurchim, N. (2024). Implementasi Sistem Penghitungan Volume Kendaraan Menggunakan YOLOv8. *Jurnal Fasilkom*, 14(2), 443–450.
- Rao, S. N. (2024). YOLOv11 architecture explained: Next-level object detection with enhanced speed and accuracy. *Medium*.
- Ratna, S. (2020). Pengolahan Citra Digital dan Histogram dengan Python dan Text Editor PyCharm. *Jurnal Ilmiah Technologia*, 11(3), 181.

- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. Proceedings of CVPR 2016.
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). YOLOv3: An Incremental Improvement. arXiv:1804.02767.
- Roboflow. (2024). Roboflow: Computer Vision Tools. <https://roboflow.com/>
- Rosaly, R., & Prasetyo, A. (2019). Pengertian Flowchart Beserta Fungsi dan Simbol-Simbolnya. Jurnal Ilmiah Maksitek, 4(3).
- Szeliski, R. (2022). Computer Vision: Algorithms and Applications (2nd ed.). Springer.
- Ultralytics. (2024). YOLOv11 Documentation. <https://docs.ultralytics.com/>
- Vujovic, Z. (2021). Classification Model Evaluation Metrics. International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 12(6).
- Wijaya, Gautama, et al. (2024). Analisis Perbandingan VPN Tunnel antara ngrok Edge Cloud vs Public IP Address menggunakan Open VPN. CoMBInES-Conference on Management, Business, Innovation, Education and Social Sciences, 4(1).
- Zhang, Y., Sun, P., Jiang, Y., Yu, D., Weng, F., Yuan, Z., Luo, P., Liu, W., & Wang, X. (2022). ByteTrack: Multi-Object Tracking by Associating Every Detection Box. arXiv:2110.06864.