



**PENGEMBANGAN SISTEM *AUTOMATIC NUMBER
PLATE RECOGNITION* BERBASIS *SSD
MOBILENETV3* DAN *PADDLE OCR***

SKRIPSI

CHAESA ADELLA RAHMA

2107411003

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



**PENGEMBANGAN SISTEM *AUTOMATIC NUMBER
PLATE RECOGNITION* BERBASIS *SSD
MOBILENETV3* DAN *PADDLE OCR***

SKRIPSI

**Dibuat untuk Melengkapi Syarat-syarat yang Diperlukan untuk
Memperoleh Diploma Empat Politeknik**

**CHAESA ADELLA RAHMA
2107411003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Chaesa Adella Rahma
NIM : 2107411003
Jurusan/Program Studi : T. Informatika dan Komputer/Teknik Informatika
Judul Skripsi : Pengembangan Sistem *Automatic Number Plate Recognition* Berbasis *Ssd MobileNetV3* Dan *Paddle Ocr*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya dari orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain ditunjuk sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah yang berlaku.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa dalam skripsi ini terkandung ciri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Depok, 7 Juli 2026

Yang membuat pernyataan,



Chaesa Adella Rahma

NIM. 2107411003



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Chaesa Adella Rahma
NIM : 2107411003
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Skripsi : Pengembangan Sistem *Automatic Number Plate Recognition* Berbasis *Ssd Mobilenetv3* Dan *Paddle Ocr*

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari Rabu, Tanggal 17, Bulan Juni, Tahun 2026 dan dinyatakan.

Disahkan oleh

Pembimbing I : Asep Kurniawan, S.Pd., M.Kom. 
Penguji I : Euis Oktavianti, S.Si., M.T.I. 
Penguji II : Rizki Elisa Nalawati, S.T., M.T. 
Penguji III : Fachroni Arbi Murad, S.Kom., M.Kom. 

Mengetahui:

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer

Ketua



Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom.

NIP. 197908032003122003



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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 “Pengembangan Sistem Automatic Number Plate Recognition Berbasis SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Asep Kurniawan, S.Pd., M.Kom., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
2. Kedua orang tua serta seluruh keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat, dan bantuan baik secara moral maupun materil selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi.
3. Teman-teman dekat yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta semangat selama proses pengerjaan penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Depok, 07 Juli 2026

Chaesa Adella Rahma



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Chaesa Adella Rahma
NIM : 2107411003
Jurusan/Program Studi : T. Informatika dan Komputer/Teknik Informatika

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PENGEMBANGAN SISTEM *AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION* BERBASIS *SSD MOBILENETV3* DAN *PADDLE OCR*

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Politeknik Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 07 Juli 2026

Yang membuat pernyataan,



Chaesa Adella Rahma
NIM 2107411003



PENGEMBANGAN SISTEM *AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION* BERBASIS *SSD MOBILENETV3* DAN *PADDLE OCR*

ABSTRAK

Peningkatan jumlah kendaraan di Indonesia mendorong kebutuhan akan sistem transportasi yang lebih efisien, khususnya pada implementasi sistem pembayaran tol Multi Lane Free Flow (MLFF) berbasis Radio Frequency Identification (RFID). Untuk mendukung proses verifikasi kendaraan pada sistem tersebut, diperlukan teknologi Automatic Number Plate Recognition (ANPR) yang mampu mendeteksi dan mengenali pelat nomor kendaraan secara otomatis. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem ANPR berbasis website menggunakan SSD MobileNetV3 sebagai model deteksi pelat nomor dan PaddleOCR sebagai model rekognisi karakter. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan jenis riset eksperimental. Dataset berupa citra kendaraan berpelat nomor Indonesia diproses melalui tahap augmentasi data sebelum digunakan untuk pelatihan model. Model yang dikembangkan kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi web menggunakan framework Flask. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa SSD MobileNetV3 memperoleh nilai mAP sebesar 0,7349 dan mAP@50 sebesar 96,74%. Pengujian menunjukkan bahwa nilai threshold 0,8 memberikan performa terbaik, sedangkan analisis tambahan menunjukkan bahwa kemampuan deteksi dipengaruhi oleh jarak dan sudut pengambilan citra. Pengujian website menggunakan metode Black Box Testing memperoleh tingkat keberhasilan sebesar 100%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan deteksi dan rekognisi pelat nomor kendaraan secara otomatis serta berhasil diimplementasikan dalam aplikasi web.

Kata Kunci: *Automatic Number Plate Recognition, Deteksi Pelat Nomor, Flask, PaddleOCR, SSD MobileNetV3.*

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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan Penelitian	3
1.4.2 Manfaat Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Automatic Number Plate Recognition (ANPR)</i>	6
2.1.1 Komponen dan Teknik Utama	6
2.2 <i>Single Shot Detector (SSD)</i>	7
2.2.1 Fitur Utama SSD.....	7

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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.3 MobileNetV3	9
2.4 PaddleOCR	10
2.4.1 Keuntungan Utama PaddleOCR dalam ANPR	10
2.5 Metrik Evaluasi Sistem ANPR.....	11
2.5.1 Mean Average Precision (mAP)	11
2.5.2 Exact Match Accuracy	12
2.5.3 Confidence Score	13
2.6 Flask.....	14
2.7 Flowchart.....	14
2.8 Black Box Testing	15
2.9 Penelitian Terdahulu.....	16
BAB III	19
METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Rancangan Penelitian.....	19
3.2 Tahapan Penelitian	20
3.2.1 Analisis Kebutuhan.....	21
3.2.2 Desain Sistem.....	21
3.2.3 Implementasi.....	21
3.2.4 Pengujian.....	22
3.3 Objek Penelitian.....	22
BAB IV	24
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Analisis Kebutuhan.....	24
4.1.1 Kebutuhan Pengembangan Model	24
4.1.2 Kebutuhan Pengembangan Website	28
4.1.3 Kebutuhan Perangkat Keras.....	30



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.1.4 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	31
4.2 Perancangan Sistem	33
4.2.1 Perancangan Arsitektur Model Deteksi Pelat Nomor	34
4.2.2 Perancangan Arsitektur Model Pengenalan Karakter Pelat Nomor	35
4.2.3 Perancangan Sistem Website.....	36
4.3 Implementasi Sistem.....	41
4.3.1 Implementasi Arsitektur SSD MobileNetV3	41
4.3.2 Implementasi Model Rekognisi Teks Pelat Nomor Menggunakan PaddleOCR 54	
4.3.3 Implementasi Web.....	56
4.4 Pengujian.....	64
4.4.1 Deskripsi Pengujian	65
4.4.2 Prosedur Pengujian	69
4.4.3 Hasil dan Evaluasi Pengujian.....	76
BAB V	94
PENUTUP.....	94
5.1 Simpulan	94
5.2 Saran	94
DAFTAR PUSTAKA.....	95
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	99



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Table 2. 1 Penelitian Terdahulu	16
Table 4. 1 Kebutuhan Dataset Pemodelan	25
Table 4. 2 Hasil Prapemrosesan Data	26
Table 4. 3 Kebutuhan Model.....	27
Table 4. 4 Kebutuhan Fungsional	28
Table 4. 5 Kebutuhan Non-Fungsional	30
Table 4. 6 Kebutuhan Perangkat Keras Modeling	31
Table 4. 7 Kebutuhan Perangkat Keras Pengembangan Website	31
4. 8 Kebutuhan Perangkat Lunak Modeling	32
Table 4. 9 Kebutuhan Perangkat Lunak Pengembangan Website	33
Table 4. 10 Output Pembagian Dataset.....	47
Table 4. 11 Skenario Black Box Testing Website	73
Table 4. 12 Hasil Evaluasi SSD MobileNetV3 Menggunakan mAP.....	77
Table 4. 13 Hasil Pengujian PaddleOCR.....	78
Table 4. 14 Hasil Pengujian Threshold.....	80
Table 4. 15 Hasil Pengujian Generalisasi	82
Table 4. 16 Ringkasan Hasil Pengujian Pelat Nomor Berwarna Putih pada Berbagai Jarak dan Sudut Pengambilan Citra	85
Table 4. 17 Rekapitulasi Hasil Deteksi Berdasarkan Variasi Jarak Pengambilan Citra.....	85
Table 4. 18 Rekapitulasi Hasil Deteksi Berdasarkan Variasi Sudut Pengambilan Citra.....	86
Table 4. 19 Hasil Pengujian Black Box Testing Website	88
Table 4. 20 Hasil Pengujian Integrasi Model dengan Website	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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arsitektur SSD MobileNet.....	8
Gambar 2. 2 Arsitektur jaringan model MobileNetV3	9
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian	20
Gambar 4. 1 Flowchart Perancangan Model Deteksi Area Pelat Nomor	34
Gambar 4. 2 Flowchart Perancangan Model Pengenalan Karakter Pelat Nomor..	35
Gambar 4. 3 Use Case Sistem ANPR	37
Gambar 4. 4 Activity Diagram Sistem ANPR	38
Gambar 4. 5 Alur Implementasi Model	40
Gambar 4. 6 Dataset Citra Kendaraan	42
Gambar 4. 7 Import Library dan Framework Pendukung.....	42
Gambar 4. 8 Data Augmentasi.....	43
Gambar 4. 9 Total Citra Kendaraan Hasil Data Augmentasi.....	44
Gambar 4. 10 Output Data Augmentasi.....	44
Gambar 4. 11 Konfigurasi Training Model	44
Gambar 4. 12 Deklarasi Class Dataset.....	45
Gambar 4. 13 Membaca File COCO JSON	45
Gambar 4. 14 Filtering Anotasi Pelat Nomor	46
Gambar 4. 15 Konversi Bounding Box.....	46
Gambar 4. 16 Return Tensor.....	46
Gambar 4. 17 Pemanggilan dan Pembagian Dataset	46
Gambar 4. 18 DataLoader.....	47
Gambar 4. 19 Pemanggilan SSD MobileNetV3	48
Gambar 4. 20 Modifikasi Classificatin Head.....	48
Gambar 4. 21 Optimizer dan Scheduler.....	48



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 22 Implementasi Early Stopping	49
Gambar 4. 23 Pembuatan Log Training	49
Gambar 4. 24 Inisialisasi mAP	49
Gambar 4. 25 Training Loop	50
Gambar 4. 26 Backpropagation	50
Gambar 4. 27 Validation	50
Gambar 4. 28 Early Stopping dan Scheduler	51
Gambar 4. 29 Penyimpanan Model	51
Gambar 4. 30 Visualisasi Training	52
Gambar 4. 31 Inisialisasi Mean Average Precision	52
Gambar 4. 32 Hasil Evaluasi Model	53
Gambar 4. 33 Visualisasi Hasil Deteksi SSD MobileNetV3	53
Gambar 4. 34 Inisialisasi PaddleOCR	54
Gambar 4. 35 Konfigurasi Pipeline Deteksi dan OCR	54
Gambar 4. 36 Ekstraksi Area dan Rekognisi Teks	55
Gambar 4. 37 Hasil Deteksi dan Pengenalan Karakter	55
Gambar 4. 38 Halaman Home	57
Gambar 4. 39 Halaman Dashboard Analisis	58
Gambar 4. 40 Halaman Unggah Citra Kendaraan	59
Gambar 4. 41 Halaman Pengambilan Gambar Menggunakan Kamera	60
Gambar 4. 42 Halaman Pratinjau Hasil Tangkapan Kamera	60
Gambar 4. 43 Halaman Detail Hasil Prediksi	61
Gambar 4. 44 Inisialisasi Library dan Model	62
Gambar 4. 45 Fungsi Predict Pipeline	63
Gambar 4. 46 Implementasi Endpoint Prediksi	64
Gambar 4. 47 Implementasi Penyimpanan dan Penampilan Hasil Deteksi	64



Gambar 4. 48 Proses Evaluasi Manual	79
Gambar 4. 49 Grafik Detection Rate dan OCR Success Rate	84



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia, dengan wilayahnya yang luas dan jumlah kendaraan yang terus meningkat, menghadapi tantangan besar dalam mengelola sistem transportasinya, terutama di daerah perkotaan. Transportasi merupakan sektor vital yang mendukung kegiatan ekonomi, sosial dan pembangunan nasional. Dengan pertumbuhan kendaraan roda empat, terutama di kota-kota besar, kebutuhan akan sistem transportasi yang efisien menjadi semakin mendesak. Salah satu aspek penting dalam sistem transportasi modern adalah pengelolaan infrastruktur jalan tol yang berperan dalam meningkatkan konektivitas, mengurangi waktu tempuh, dan mengatasi kemacetan.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022, terdapat kurang lebih 22 juta kendaraan roda empat di Indonesia. Hal ini mendorong perkembangan dan penambahan ruas jalan tol baru menjadi 73 jalan tol per tahun 2023 (Jalan Tol Beroperasi Open Data PUPR, 2023). Sistem pembayaran tol di Indonesia telah mengalami perkembangan dari transaksi tunai, yang memakan waktu lama (10-12 detik per kendaraan), menuju sistem pembayaran non-tunai menggunakan kartu elektronik sesuai dengan Peraturan Menteri PUPR Nomor 16/PRT/M/2017 tentang Transaksi Tol Non-Tunai.

Meskipun sistem non-tunai lebih efisien dibandingkan transaksi tunai, pengemudi masih harus berhenti di gerbang tol untuk melakukan pembayaran. Hal ini sering kali menyebabkan kemacetan, terutama saat jam-jam sibuk dan di jalur dengan volume kendaraan yang tinggi. Untuk mengatasi permasalahan ini, pemerintah telah mulai melakukan uji coba teknologi *Multi Lane Free Flow* (MLFF), yaitu sistem pembayaran tol berbasis *Radio Frequency Identification* (RFID) yang memungkinkan kendaraan melewati gerbang tol tanpa harus berhenti. Uji coba ini telah dilakukan di beberapa ruas tol sejak tahun 2023, dan diharapkan dapat diterapkan secara luas dalam beberapa tahun mendatang (CNN Indonesia, 2023).



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Namun, keberhasilan implementasi sistem RFID memerlukan integrasi dengan teknologi *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) sebagai metode verifikasi tambahan untuk menghindari penyalahgunaan atau ketidaksesuaian data kendaraan. ANPR adalah teknologi yang menggunakan kamera dan algoritma komputer untuk secara otomatis mendeteksi dan mengenali pelat nomor kendaraan. Teknologi ini semakin banyak digunakan dalam manajemen tol, pemantauan lalu lintas, dan sistem keamanan guna meningkatkan efisiensi operasional. Beberapa penelitian, seperti yang dilakukan oleh Puri & Bartakke (2023), telah mengembangkan ANPR berbasis SSD MobileNetV3, yang menunjukkan akurasi tinggi dalam mendeteksi pelat nomor kendaraan dalam berbagai kondisi pencahayaan.

Selain deteksi pelat nomor, teknologi *Optical Character Recognition* (OCR) diperlukan untuk mengekstrak teks dari gambar pelat nomor. Sarkar et al. (2024) menunjukkan bahwa PaddleOCR mengungguli metode OCR tradisional dalam mengenali karakter pelat nomor dengan *font* yang berbeda dan dalam kondisi pencahayaan yang berbeda. PaddleOCR juga lebih fleksibel dalam memproses teks dengan format yang berbeda, menjadikannya pilihan yang cocok untuk sistem ANPR di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem ANPR berbasis SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR yang akan diimplementasikan dalam bentuk aplikasi web. Diharapkan sistem ini dapat meningkatkan efisiensi pembayaran tol, mengurangi kemacetan di gerbang tol, dan mempercepat aliran kendaraan di jalan tol, yang pada akhirnya berkontribusi pada kelancaran lalu lintas di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana mengimplementasikan sistem *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) dengan metode SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR dalam bentuk aplikasi web?
2. Bagaimana menganalisis kombinasi sistem ANPR berbasis SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR ?



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini tidak mencakup perancangan, pengembangan, maupun pengujian sistem RFID dan *Multi Lane Free Flow* (MLFF). Teknologi RFID dan MLFF hanya digunakan sebagai latar belakang penelitian, sedangkan ruang lingkup penelitian dibatasi pada pengembangan sistem *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) untuk mendeteksi dan mengenali pelat nomor kendaraan.
2. Penelitian ini akan menggunakan dataset gambar kendaraan yang tersedia secara publik dan relevan dengan sistem ANPR, dan tidak akan mencakup pengumpulan data gambar kendaraan dari lapangan atau perekaman video langsung.
3. Penelitian ini hanya akan menggunakan dataset yang merepresentasikan pelat nomor kendaraan Indonesia. Dataset pelat nomor internasional yang tidak sesuai dengan format pelat nomor Indonesia akan diabaikan.
4. Sistem ANPR yang dikembangkan akan menggunakan algoritma SSD MobileNetV3 untuk deteksi objek pelat nomor dan PaddleOCR untuk ekstraksi karakter, tanpa mempertimbangkan penggabungan algoritma lain dalam model.
5. Evaluasi kinerja sistem dibatasi pada pengukuran performa deteksi pelat nomor menggunakan *Mean Average Precision* (mAP) dan performa rekognisi karakter menggunakan *Exact Match Accuracy*, tanpa membahas aspek keamanan, privasi data, maupun optimasi infrastruktur sistem.
6. Sistem ANPR akan diimplementasikan dalam bentuk website dan menggunakan *framework Flask*.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengimplementasikan sistem *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) dengan metode SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR dalam bentuk aplikasi web.
2. Menganalisis kombinasi sistem ANPR berbasis SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR.



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

1.4.2 Manfaat Penelitian

Adapun penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Akademis: Memberikan kontribusi pada pengembangan pengetahuan di bidang pengenalan pelat nomor kendaraan (ANPR) berbasis SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR, serta penerapannya dalam sistem transportasi dan manajemen tol.
2. Sosial dan Ekonomi: Mendukung modernisasi infrastruktur transportasi Indonesia, yang dapat berdampak pada pengurangan biaya operasional serta waktu tempuh dalam distribusi logistik di jalan tol.
3. Teknologi: Menyediakan model ANPR yang siap diadaptasi untuk berbagai kebutuhan sistem transportasi lain, seperti parkir otomatis, sistem pemantauan lalu lintas, dan penegakan hukum lalu lintas berbasis teknologi.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN
Bab ini menjelaskan latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan skripsi.
2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA
Bab ini membahas penelitian terdahulu dan teori-teori yang menjadi dasar dalam pengembangan sistem *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) berbasis SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR.
3. BAB III METODE PENELITIAN
Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, mencakup rancangan penelitian, tahapan penelitian, dan objek penelitian yang digunakan.
4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
Bab ini menyajikan hasil pengembangan sistem ANPR, termasuk analisis kebutuhan, proses perancangan, implementasi model SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR, pengujian sistem, serta analisis hasil pengujian untuk mengevaluasi performa sistem yang dikembangkan.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

5. BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut.



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR)

Automatic Number Plate Recognition (ANPR) adalah teknologi yang menggunakan pemrosesan gambar untuk mengidentifikasi kendaraan berdasarkan pelat nomornya. Teknologi ini memiliki berbagai macam aplikasi, termasuk manajemen lalu lintas, penegakan hukum, dan keamanan. Sistem ANPR biasanya menangkap gambar pelat nomor kendaraan, memproses gambar untuk mengekstrak pelat nomor dan membandingkannya dengan basis data untuk berbagai tujuan.

2.1.1 **Komponen dan Teknik Utama**

2.1.1.1 **Pemrosesan dan Pengenalan Gambar**

Sistem ANPR biasanya melibatkan beberapa tahap, termasuk akuisisi gambar, *preprocessing*, ekstraksi, segmentasi, dan pengenalan karakter. Teknik seperti *Optical Character Recognition* (OCR), *Haar-like Cascade Classifiers*, dan algoritma *machine learning* biasanya digunakan untuk meningkatkan akurasi deteksi dan pengenalan (Lubna et al., 2021).

2.1.1.2 **Deteksi dan Ekstraksi Pelat Nomor**

Langkah berikutnya adalah mengenali dan mengekstrak area pelat nomor dari gambar. Hal ini dilakukan dengan menggunakan berbagai metode, seperti deteksi tepi, operasi morfologi, dan analisis komponen yang terhubung (Kashyap et al., 2024). Untuk meningkatkan akurasi dalam berbagai kondisi, teknik canggih seperti lokalisasi berbasis fitur dan jaringan saraf juga digunakan (Rai and Kamthania, 2021).

2.1.1.3 **Segmentasi dan Pengenalan Karakter**

Setelah area pelat diekstraksi, karakter disegmentasi menggunakan algoritma pengolesan (*smearing*) dan teknik penyaringan untuk memisahkan karakter yang berbeda (Pradhan et al., 2023). Selanjutnya, OCR diterapkan untuk mengubah karakter yang tersegmentasi menjadi teks. Langkah ini sangat penting untuk



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

keakuratan sistem dan dapat melibatkan pencocokan pola dan pendekatan berbasis *machine learning* (Maruthi et al., 2020).

2.2 Single Shot Detector (SSD)

Single Shot Detector (SSD) adalah model *deep learning* yang dikembangkan untuk tugas pengenalan objek dan sangat efektif dalam skenario yang membutuhkan pemrosesan *real-time*. Dalam konteks ANPR, SSD digunakan untuk mendeteksi dan mengenali pelat nomor kendaraan dalam gambar atau bingkai video. Model SSD memiliki keunggulan dalam melakukan pendeteksian dalam satu lintasan maju melalui jaringan, sehingga lebih cepat daripada model pendeteksian lainnya seperti *Faster R-CNN* (Kiruthuka et al., 2024).

2.2.1 Fitur Utama SSD

1. Deteksi *Real-Time*: SSD mampu mengenali beberapa objek dalam sekali jalan, yang mana sangat untuk aplikasi *real-time* seperti pemantauan lalu lintas dan manajemen parkir. Kemampuan ini memungkinkan pemrosesan *stream* video yang efisien untuk mengidentifikasi pelat nomor saat kendaraan bergerak melalui *frame* (Puri and Bartakke, 2023).
2. Menangani Pelat yang Terdistorsi: SSD dapat mengenali pelat nomor yang terdistorsi atau miring, yang merupakan tantangan umum dalam sistem ANPR. Hal ini dicapai dengan melatih model pada dataset yang bervariasi yang berisi berbagai sudut dan kondisi pencahayaan, sehingga meningkatkan ketangguhannya dalam skenario dunia nyata (Kiruthuka et al., 2024).
3. Integrasi dengan OCR: Setelah pelat nomor dikenali, SSD sering kali diintegrasikan dengan sistem OCR untuk mengekstrak dan mengenali karakter pelat nomor. Proses *two-step* ini melibatkan pelokalan pelat nomor dengan SSD dan kemudian menerapkan OCR untuk membaca karakter, yang dapat dilakukan dengan alat bantu seperti EasyOCR atau Tesseract (Puri and Bartakke, 2023).
4. Ringan dan Efisien: Model SSD, terutama yang dikombinasikan dengan arsitektur MobileNet, ringan dan efisien, sehingga cocok untuk digunakan pada perangkat *edge* seperti Jetson Nano atau Raspberry Pi. Hal ini memungkinkan

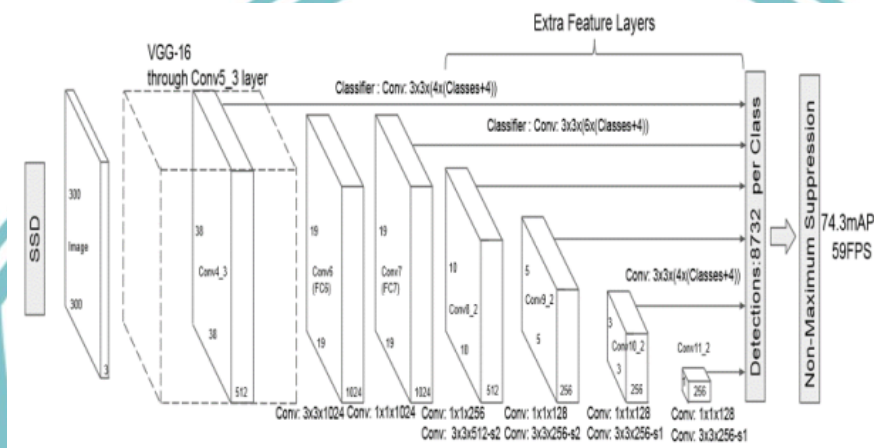


Hak Cipta :

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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

sistem ANPR diimplementasikan di lingkungan dengan sumber daya terbatas tanpa mengorbankan performa (Kiruthuka et al., 2024).

SSD biasanya menggunakan jaringan dasar seperti MobileNet untuk ekstraksi fitur, diikuti dengan lapisan tambahan untuk pengenalan objek pada skala yang berbeda. Arsitektur ini dioptimalkan untuk kecepatan dan akurasi, sehingga menciptakan keseimbangan di antara kedua faktor ini (Kiruthuka et al., 2024).



Gambar 2. 1 Arsitektur SSD MobileNet

Sumber : Kiruthuka et al., 2024

Gambar 2.1 mengilustrasikan arsitektur *Single Shot Detector* (SSD) MobileNet, sebuah model jaringan saraf konvolusi untuk mendeteksi objek. Arsitektur ini menggunakan beberapa lapisan konvolusi untuk menghasilkan peta fitur *multi-scale*, sehingga memungkinkan pendeteksian objek dengan berbagai ukuran. Setiap lapisan memprediksi kotak pembatas (*bounding box*) dan menilai keberadaan objek menggunakan filter konvolusi, sementara *non-maximum suppression* diterapkan untuk menghilangkan prediksi ganda (Kiruthuka et al., 2024).

Implementasi SSD untuk ANPR telah menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi, sering kali melebihi 95% dalam lingkungan yang terkendali. Kecepatan pengenalan juga sangat baik, dengan kecepatan *frame* yang sesuai untuk aplikasi *real-time*, menjadikannya pilihan utama untuk banyak sistem ANPR (Puri and Bartakke, 2023).

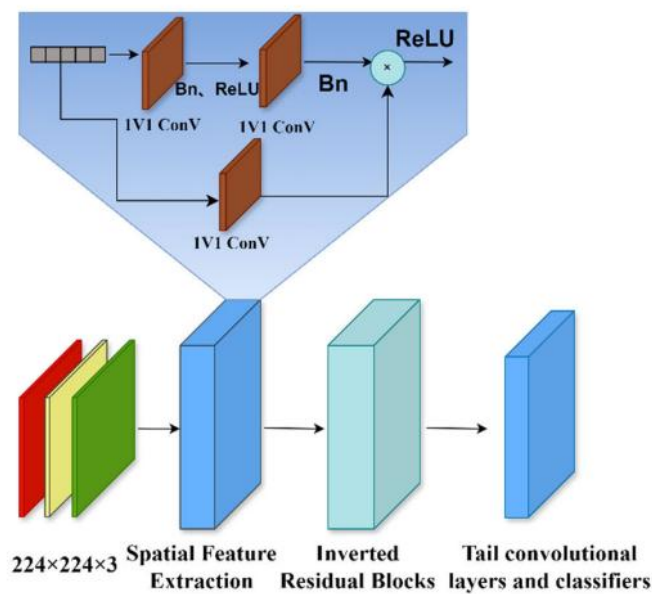


Hak Cipta :

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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.3 MobileNetV3

MobileNetV3 adalah arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dirancang untuk aplikasi pada perangkat *mobile* dan *edge*, dengan fokus pada efisiensi komputasi dan konsumsi sumber daya yang minimal. MobileNetV3 menggabungkan teknik-teknik canggih seperti konvolusi yang dapat dipisahkan secara mendalam dan modul *Squeeze-and-Excitation* (SE) untuk mengurangi jumlah parameter dan beban komputasi, sekaligus memastikan akurasi yang tinggi (Wang et al., 2024).



Gambar 2. 2 Arsitektur jaringan model MobileNetV3

Sumber : Wang et al., 2024

Diilustrasikan pada Gambar 2.2, arsitektur MobileNetV3 terdiri dari beberapa komponen kunci:

1. *Spatial Feature Extraction*: Proses awal dalam arsitektur ini menggunakan *residual connections* dan dua lapisan konvolusi untuk menangkap pola spasial dari data *input* (Wang et al., 2024).
2. *Inverted Residual Blocks*: Setelah ekstraksi fitur awal, arsitektur berlanjut dengan serangkaian blok residual terbalik yang memungkinkan transformasi fitur yang lebih kompleks. Blok-blok ini menggunakan *depthwise separable convolutions* untuk mengurangi jumlah parameter dan meningkatkan kinerja komputasi (Wang et al., 2024).



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

3. *Squeeze-and-Excitation* (SE) *Modules*: Penyebaran arsitektur perhatian *Squeeze-and-Excitation* (SE) terjadi setelah lapisan konvolusi yang dalam, yang difasilitasi oleh variabel konfigurasi dalam struktur *inverted residual*. SE *modules* diterapkan untuk menyesuaikan bobot distribusi di berbagai saluran fitur, meningkatkan kemampuan model dalam memahami informasi penting (Wang et al., 2024).
4. *Tail Convolutional Layers* dan *Classifiers*: Setelah pemrosesan fitur, model menggunakan *global average pooling* untuk mengompresi dimensi spasial menjadi satu unit, diikuti oleh lapisan *fully connected* untuk menghasilkan *output* klasifikasi (Wang et al., 2024).

2.4 PaddleOCR

PaddleOCR adalah model *Optical Character Recognition* (OCR) canggih yang digunakan dalam sistem ANPR. Sistem ini dikembangkan untuk mengenali dan memproses pelat nomor kendaraan secara efisien untuk memungkinkan manajemen lalu lintas dan kendaraan yang cerdas.

2.4.1 Keuntungan Utama PaddleOCR dalam ANPR

1. Efisiensi dan Aplikasi Dunia Nyata: Dikenal karena efisiensinya dalam skenario dunia nyata, PaddleOCR menawarkan solusi yang tangguh untuk identifikasi kendaraan otomatis dan pengenalan pelat nomor. Efisiensi ini sangat penting untuk tugas-tugas seperti manajemen lalu lintas, penghitungan kendaraan, dan peringatan pelanggaran parkir, sehingga mengurangi kebutuhan akan campur tangan manusia dan memungkinkan pemrosesan data secara *real-time* (Sarkar et al., 2024).
2. Performa yang Kuat dalam Berbagai Kondisi: Integrasi PaddleOCR dengan teknik *deep learning* memungkinkan sistem ANPR beroperasi secara efektif dalam berbagai kondisi lingkungan, termasuk lingkungan yang terang, cerah, hujan, dan gelap. Kemampuan beradaptasi ini memastikan kinerja yang andal terlepas dari kondisi cuaca atau pencahayaan, yang sangat penting untuk pemantauan dan manajemen lalu lintas yang konsisten (Mustafa and Karabatak, 2023).



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

3. Akurasi dan Integrasi Tinggi: PaddleOCR, yang dikombinasikan dengan arsitektur *deep learning* lainnya seperti YOLO dan MobileNet, mampu mencapai tingkat akurasi yang tinggi dalam pengenalan kendaraan dan pelat nomor. Integrasi ini tidak hanya meningkatkan akurasi sistem ANPR, tetapi juga mendukung fitur tambahan seperti pengenalan merek dan model kendaraan, memberikan solusi komprehensif untuk identifikasi kendaraan (Mustafa and Karabatak, 2024).
4. Pemrosesan *Real-Time*: Penggunaan PaddleOCR dalam sistem ANPR mendukung pemrosesan *real-time*, yang sangat penting untuk aplikasi yang membutuhkan analisis dan respons data segera, seperti manajemen lalu lintas dan pemantauan keamanan (Sarkar et al., 2024).

2.5 Metrik Evaluasi Sistem ANPR

Evaluasi kinerja sistem ANPR berbasis SSD MobileNet dan OCR dilakukan dengan menggunakan metrik tertentu untuk mengukur akurasi dan efisiensi. Beberapa metrik yang sering digunakan adalah:

2.5.1 Mean Average Precision (mAP)

Mean Average Precision (mAP) merupakan salah satu metrik evaluasi yang paling banyak digunakan untuk mengukur performa model *object detection*. Metrik ini digunakan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mendeteksi dan melokalisasi objek berdasarkan *bounding box* yang dihasilkan. Perhitungan mAP dilakukan dengan menghitung nilai *Average Precision* (AP) pada setiap kelas objek, kemudian mengambil rata-rata dari seluruh nilai AP yang diperoleh. Nilai AP sendiri diperoleh dari luas area di bawah kurva *precision-recall* yang dibentuk berdasarkan hasil prediksi model.

Dalam evaluasi *object detection*, suatu prediksi dikategorikan sebagai *True Positive* apabila nilai *Intersection over Union* (IoU) antara *bounding box* prediksi dan *ground truth* melebihi ambang batas tertentu, misalnya 0,5. Sebaliknya, prediksi yang tidak memenuhi ambang batas tersebut akan dikategorikan sebagai *False Positive*. Berdasarkan hasil klasifikasi tersebut, nilai *precision* dan *recall* dihitung untuk membentuk kurva *precision-recall* yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan *Average Precision* (AP) (Aloufi et al., 2023; Tian et al., n.d.).



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Secara matematis, *Mean Average Precision* (mAP) dapat dinyatakan sebagai rata-rata nilai *Average Precision* dari seluruh kelas objek yang diuji, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$mAP = \left(\frac{1}{N} \right) \sum_{i=1}^N AP_i \quad (1)$$

dengan:

- AP_i = Average Precision pada kelas ke- i
- N = jumlah kelas objek

Semakin tinggi nilai mAP yang diperoleh, semakin baik kemampuan model dalam mendeteksi dan melokalisasi objek secara akurat. Oleh karena itu, metrik ini banyak digunakan untuk membandingkan performa berbagai model *object detection*, seperti SSD, YOLO, dan *Faster R-CNN* (Aloufi et al., 2023; Tian et al., n.d.).

2.5.2 *Exact Match Accuracy*

Exact Match Accuracy merupakan metrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur tingkat keberhasilan sistem *Optical Character Recognition* (OCR) dalam mengenali teks secara tepat. Metrik ini menghitung suatu prediksi sebagai benar hanya apabila seluruh karakter hasil prediksi identik dengan teks *ground truth* tanpa adanya kesalahan karakter, penambahan karakter, maupun pengurangan karakter. Dengan demikian, *Exact Match Accuracy* termasuk metrik yang bersifat ketat (*strict metric*) karena tidak memberikan nilai parsial terhadap hasil prediksi yang hampir benar (Lowe et al., n.d.).

Perhitungan *Exact Match Accuracy* dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran OCR terhadap data *ground truth* pada setiap sampel pengujian. Jika hasil prediksi sama persis dengan *ground truth*, maka prediksi tersebut dihitung sebagai benar. Sebaliknya, apabila terdapat perbedaan satu karakter saja, maka prediksi dianggap salah. Nilai *Exact Match Accuracy* diperoleh dari perbandingan antara jumlah prediksi yang benar dengan jumlah seluruh data yang diuji, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (2).



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

$$Accuracy = \frac{Jumlah\ Prediksi\ Benar}{Jumlah\ Seluruh\ Data\ Uji} \times 100\% \quad (2)$$

Semakin tinggi nilai *Exact Match Accuracy* yang diperoleh, semakin baik kemampuan sistem dalam mengenali teks secara akurat. Pada penelitian ini, metrik *Exact Match Accuracy* digunakan untuk mengevaluasi hasil rekognisi karakter pelat nomor yang dihasilkan oleh PaddleOCR dengan membandingkan hasil pembacaan karakter terhadap data *ground truth* yang tersedia.

2.5.3 Confidence Score

Confidence Score merupakan nilai probabilitas yang menunjukkan tingkat keyakinan model terhadap suatu hasil prediksi. Pada model *object detection*, *confidence score* digunakan untuk menunjukkan seberapa besar keyakinan model bahwa suatu objek benar-benar terdeteksi pada lokasi yang ditunjukkan oleh *bounding box*. Nilai *confidence score* umumnya berada pada rentang 0 hingga 1 atau dinyatakan dalam bentuk persentase 0% hingga 100%, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat keyakinan prediksi yang lebih besar (Tuggener et al., 2024).

Dalam sistem *Optical Character Recognition (OCR)*, *confidence score* menunjukkan tingkat keyakinan model terhadap karakter atau teks yang berhasil dikenali. Nilai ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi hasil rekognisi yang berpotensi mengandung kesalahan, sehingga membantu proses validasi maupun penyaringan hasil OCR. Semakin tinggi nilai *confidence score* yang dihasilkan, semakin besar kemungkinan teks yang dikenali sesuai dengan kondisi sebenarnya (Taylor and Létourneau, 2023).

Pada penelitian ini, *confidence score* digunakan sebagai indikator tingkat keyakinan model SSD MobileNetV3 dalam mendeteksi pelat nomor kendaraan dan PaddleOCR dalam mengenali karakter pelat nomor. Nilai *confidence score* ditampilkan pada website sebagai informasi tambahan yang membantu pengguna dalam menginterpretasikan hasil prediksi yang dihasilkan oleh sistem.



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.6 Flask

Flask adalah *micro-framework* yang ringan dan fleksibel, sering kali lebih disukai untuk aplikasi yang lebih kecil atau ketika pengembang membutuhkan lebih banyak kontrol atas komponen yang digunakan. Ini sangat efektif untuk aplikasi yang sederhana dan mudah di mana penyebaran cepat dan *overhead* minimal diinginkan. Kesederhanaan *Flask* dapat bermanfaat untuk menyiapkan layanan web dengan cepat untuk menerapkan model untuk pembelajaran mesin, menjadikannya pilihan populer untuk pembuatan prototipe dan aplikasi skala kecil (Dani, 2022).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Dani (2022), peneliti membandingkan *Flask* dengan *framework Django* dan *Streamlit*. Meskipun hasil penelitian ini lebih condong ke *framework Django*, tetapi terdapat beberapa kelebihan yang cukup penting yang ditawarkan oleh *Flask*, seperti fleksibilitas dan kinerja. Dikarenakan *Flask* memiliki sedikit ketergantungan pada pustaka eksternal, pengembang dapat dengan mudah menyesuaikan aplikasi sesuai kebutuhan mereka. Selain itu, dalam konteks kinerja, *Flask* sedikit lebih baik dibandingkan *Django*, terutama untuk aplikasi yang lebih kecil dan tidak terlalu kompleks.

2.7 Flowchart

Flowchart adalah representasi grafis sistematis yang menggunakan simbol-simbol standar untuk menggambarkan urutan logika, aliran data, atau langkah-langkah individual dalam suatu proses atau algoritma. Di berbagai bidang – mulai dari pendidikan dan pemrograman hingga industri – diagram ini berfungsi sebagai alat bantu visual untuk menyederhanakan informasi yang kompleks menjadi urutan yang mudah dipahami, sehingga memudahkan analisis, perancangan, dan evaluasi suatu metode kerja.

Selain berfungsi sebagai alat bantu teknis, *flowchart* memainkan peran penting sebagai sarana komunikasi dan dokumentasi yang efektif, yang memastikan setiap tahap proses dapat dipahami dengan jelas. Melalui penggambaran logis alur kerja dengan menggunakan panah dan simbol, *flowchart* membantu pengguna menemukan peluang untuk merampingkan proses serta memudahkan proses pembelajaran lebih lanjut dan peningkatan sistem secara berkelanjutan (Listyoningrum et al., 2023).



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.8 Black Box Testing

Black box testing adalah metode pengujian perangkat lunak yang memeriksa fungsionalitas sistem dari sudut pandang eksternal, tanpa memperhitungkan struktur internal, kode program, atau arsitekturnya. Dalam jenis pengujian ini, penguji cukup memasukkan berbagai *input* ke dalam sistem, mengamati *output* yang dihasilkan, dan kemudian membandingkannya dengan kebutuhan pengguna atau spesifikasi yang telah ditetapkan untuk memastikan bahwa aplikasi berfungsi sesuai harapan. Karena *black box testing* tidak memerlukan pemahaman mendalam tentang kode, metode ini sering disebut sebagai *behavioral* atau *functional testing*, dan berfokus pada aspek-aspek seperti antarmuka, alur proses, validasi data masukan, penanganan kesalahan, serta kesesuaian hasil keluaran program dengan *requirement* (Momen Alshamaa and Saleem, 2025).

Tujuan utama dari *black box testing* adalah untuk memastikan apakah perangkat lunak memenuhi persyaratan fungsional pengguna, untuk mendeteksi kesalahan, seperti fungsi yang salah atau kurang, kesalahan antarmuka, kesalahan saat mengakses basis data, masalah kinerja, serta inisialisasi atau terminasi yang salah, sehingga kualitas dan keandalan aplikasi dapat terjamin sebelum diimplementasikan secara luas (Ayuningtyas et al., 2023).

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



2.9 Penelitian Terdahulu

Table 2. 1 Penelitian Terdahulu

Judul Penelitian	Metode	Hasil Evaluasi	Keterbaruan
<i>Automatic Number Plate Character Recognition using Paddle-OCR</i> (Sarkar et al., 2024)	YOLOv8 dan PaddleOCR	Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa model PaddleOCR yang telah disesuaikan mencapai akurasi pengenalan karakter antara 91% hingga 99% pada berbagai gambar pelat nomor. Jurnal ini juga membandingkan performa PaddleOCR dengan dua model OCR lainnya, yaitu EasyOCR dan TesseractOCR, di mana PaddleOCR menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam hal akurasi dan konsistensi, terutama pada gambar yang buram atau dengan pencahayaan yang buruk.	Perbedaan pertama antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah menggunakan model SSD MobileNetV3 untuk deteksi objek, yang dikenal lebih ringan dan efisien dibandingkan YOLOv8, sehingga lebih cocok untuk aplikasi di perangkat dengan sumber daya terbatas. Kedua, fokus pada dataset pelat nomor kendaraan Indonesia memberikan kontribusi penting dalam konteks lokal, mengingat variasi desain dan format pelat nomor yang berbeda di setiap negara.
<i>SSD Based Vehicle Number Plate Detection and Recognition</i> (Puri and Bartakke, 2023).	SSD MobileNet V3 dan EasyOCR	Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan mampu mencapai akurasi deteksi lebih dari 97% dengan kecepatan pemrosesan yang signifikan. Selain itu, EasyOCR menunjukkan akurasi pengenalan karakter tertinggi (95%), menjadikannya pilihan terbaik untuk sistem ini.	Perbedaan pertama antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah menggunakan model PaddleOCR untuk pengenalan karakter. Kedua, fokus pada dataset pelat nomor kendaraan Indonesia memberikan kontribusi penting dalam konteks lokal, mengingat variasi desain dan format pelat nomor yang berbeda di setiap negara.
<i>A Comparative Analysis of Modern Object Detection Algorithms: YOLO vs. SSD vs. Faster R-CNN</i> (Aboyomi and Daniel, 2023).	YOLOv4, SSD MobileNet, dan Faster R-CNN	Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa YOLO mampu mencapai kecepatan deteksi hingga 45 FPS dengan akurasi yang cukup baik, menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi <i>real-time</i> . SSD juga menunjukkan kinerja yang baik dengan kecepatan deteksi yang tinggi, tetapi	Jurnal ini memberikan wawasan berharga tentang kelebihan dan kekurangan berbagai algoritma deteksi objek, termasuk SSD, yang menjadi dasar bagi pengembangan sistem ANPR. Perbedaan pertama antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah

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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Judul Penelitian	Metode	Hasil Evaluasi	Keterbaruan
		sedikit lebih lambat dibandingkan YOLO. Di sisi lain, <i>Faster R-CNN</i> , meskipun memberikan akurasi tertinggi, memiliki kecepatan deteksi yang lebih rendah (sekitar 7 FPS), sehingga kurang cocok untuk aplikasi yang memerlukan pemrosesan cepat.	menggunakan arsitektur SSD MobileNetV3, yang merupakan kombinasi dari SSD dan MobileNetV3, untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi deteksi pelat nomor kendaraan. Ini memberikan keuntungan dalam hal kecepatan dan penggunaan sumber daya yang lebih rendah dibandingkan dengan algoritma yang lebih berat seperti <i>Faster R-CNN</i> . Kedua, fokus pada dataset pelat nomor kendaraan Indonesia memberikan kontribusi penting dalam konteks lokal.
<i>Development of Face Mask Detection using SSDLite MobilenetV3 Small on Raspberry Pi 4</i> (Anggraini et al., 2022).	SSDLite MobilenetV3 Small	Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa SSDLite MobilenetV3 Small memiliki kecepatan deteksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan model lain yang diuji. Meskipun akurasi deteksi untuk penggunaan masker yang benar cukup baik, model ini mengalami kesulitan dalam mendeteksi penggunaan masker yang salah, seperti masker yang tidak dipakai dengan benar atau ketika wajah tertutup oleh tangan atau benda lain. Jurnal ini melaporkan bahwa model SSDLite MobilenetV3 Small memiliki akurasi deteksi sebesar 70% dalam mendeteksi penggunaan masker.	Penelitian ini memiliki beberapa keterbaruan dibandingkan studi sebelumnya. Pertama, penelitian ini menggunakan SSD MobileNetV3 untuk deteksi pelat nomor kendaraan, yang merupakan aplikasi yang berbeda dari deteksi masker, sehingga memberikan kontribusi baru dalam konteks pengenalan pelat nomor. Kedua, fokus pada dataset pelat nomor kendaraan Indonesia. Selain itu, penelitian ini memiliki pendekatan dengan menggabungkan SSD MobileNetV3 dengan PaddleOCR untuk pengenalan karakter menawarkan solusi yang lebih praktis dan relevan untuk kondisi di lapangan, berbeda dengan fokus studi sebelumnya yang lebih



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Judul Penelitian	Metode	Hasil Evaluasi	Keterbaruan
Implementasi Sistem Gerbang Otomatis dengan Perpaduan Teknologi Pengenalan Pelat Nomor Kendaraan dan Pengenalan Wajah (Kamal et al., 2024).	YOLOv8 dan PaddleOCR	Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mengenali 29 dari 30 wajah pengemudi dan semua pelat nomor kendaraan dengan akurasi total sebesar 96,67%. Pengujian dilakukan dengan 30 variasi gambar wajah dan pelat nomor kendaraan. Sistem ini menunjukkan efektivitas dalam meningkatkan keamanan akses ke area terbatas dengan menggabungkan teknologi pengenalan wajah dan pelat nomor.	pada deteksi penggunaan masker. Penelitian ini memiliki beberapa keterbaruan dibandingkan studi sebelumnya. Pertama, fokus penelitian ini hanya pada pengenalan pelat nomor kendaraan menggunakan SSD MobileNetV3 dan Paddle OCR, tanpa mengintegrasikan pengenalan wajah. Kedua, fokus pada dataset pelat nomor kendaraan Indonesia.



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengukur dan mengevaluasi performa sistem pengenalan pelat nomor kendaraan yang dikembangkan menggunakan SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian berfokus pada pengukuran kinerja sistem berdasarkan data numerik yang diperoleh dari hasil pengujian model dan sistem secara keseluruhan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam mendeteksi pelat nomor kendaraan dan mengenali karakter yang terdapat pada pelat nomor tersebut.

Jenis penelitian yang digunakan adalah riset eksperimental, yaitu dengan membangun dan mengimplementasikan sistem pengenalan pelat nomor kendaraan berbasis website, kemudian melakukan serangkaian pengujian untuk mengevaluasi performanya. Sistem dikembangkan menggunakan SSD MobileNetV3 sebagai model deteksi pelat nomor dan PaddleOCR sebagai model rekognisi karakter, yang selanjutnya diintegrasikan ke dalam aplikasi website menggunakan *framework Flask*.

Proses penelitian diawali dengan pengumpulan dan persiapan dataset pelat nomor kendaraan Indonesia, dilanjutkan dengan pelatihan dan evaluasi model SSD MobileNetV3, implementasi model rekognisi teks menggunakan PaddleOCR, integrasi kedua model ke dalam sistem website, serta pengujian sistem secara menyeluruh. Evaluasi model deteksi dilakukan menggunakan metrik *Mean Average Precision* (mAP) untuk mengukur kemampuan SSD MobileNetV3 dalam mendeteksi pelat nomor kendaraan, sedangkan evaluasi rekognisi teks dilakukan menggunakan metrik *Exact Match Accuracy* untuk mengukur ketepatan hasil pembacaan karakter oleh PaddleOCR. Selain itu, dilakukan pengujian penentuan *threshold* optimal, pengujian generalisasi model pada dataset eksternal dengan berbagai kondisi citra, serta pengujian website menggunakan metode Black Box



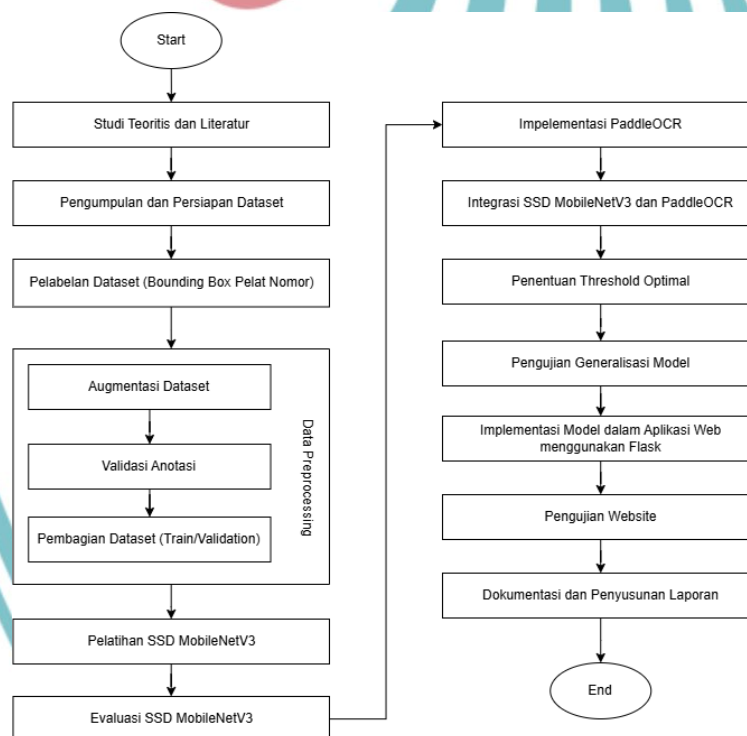
Hak Cipta :

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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Testing dan pengujian integrasi model dengan website untuk memastikan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dirancang.

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini mengembangkan sistem ANPR berbasis SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR melalui tahapan sistematis yang digambarkan dalam *flowchart* pada Gambar 3.1. Dimulai dengan studi literatur, pengumpulan dan *preprocessing* dataset pelat nomor kendaraan Indonesia, pelatihan dan evaluasi model, hingga implementasi dalam aplikasi web menggunakan *Flask*. Penelitian diakhiri dengan dokumentasi dan penyusunan laporan yang merangkum hasil serta rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut.



Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan menggunakan metode *Waterfall* untuk pengembangan sistem ANPR. Metode *Waterfall* dipilih sebab pendekatannya yang menekankan pada proses desain yang linier dan berurutan. Metode *Waterfall* dicirikan oleh tahapan-tahapannya yang linier melalui fase-fase yang berbeda: *requirements gathering*, *design*, *implementation*, *testing*, dan *maintenance*. Setiap fase harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke fase berikutnya, untuk memastikan pendekatan yang sistematis terhadap pengembangan proyek. Hal ini memastikan bahwa setiap



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

komponen sistem dibangun dan diuji dengan hati-hati sebelum diintegrasikan dengan komponen lainnya (Setiawan et al., 2024).

Tahapan penelitian ini mengikuti alur metode *Waterfall*, akan tetapi penulis membatasi hanya sampai pada tahap pengujian. Tahapan penelitian ini terdiri dari:

3.2.1 Analisis Kebutuhan

Pada fase analisis kebutuhan, penulis melakukan pemahaman mendalam mengenai ruang lingkup penelitian dengan melakukan studi literatur. Di sini, penulis mengidentifikasi masalah yang ada dan memahami konsep serta metode yang relevan untuk pengembangan sistem. Fokus utama adalah menentukan fungsionalitas sistem, yaitu deteksi pelat nomor menggunakan SSD MobileNetV3 dan pengenalan karakter dengan PaddleOCR. Selain itu, penulis juga memilih dataset pelat nomor kendaraan Indonesia yang mencakup berbagai kondisi, yang akan diambil dari sumber terbuka seperti Kaggle dan Roboflow.

3.2.2 Desain Sistem

Fase desain sistem berfokus pada perancangan arsitektur ANPR yang efektif. Pada tahap ini, penulis menetapkan fungsionalitas utama sistem, termasuk penggunaan SSD MobileNetV3 untuk deteksi pelat nomor dan PaddleOCR untuk pengenalan karakter. Penulis juga memilih dataset yang mencakup variasi kondisi pelat nomor kendaraan Indonesia. Selain itu, diagram alir proses dirancang untuk menggambarkan alur dari *input* citra hingga *output* teks. Persiapan untuk implementasi mencakup pengumpulan dan *preprocessing* data, pelatihan model, evaluasi, serta pembuatan *mockup* antarmuka yang intuitif untuk menampilkan hasil deteksi.

3.2.3 Implementasi

Fase implementasi adalah tahap di mana rancangan sistem diwujudkan. Dalam penelitian ini, penulis mengembangkan model SSD MobileNetV3 untuk mendeteksi pelat nomor pada gambar. Setelah itu, hasil deteksi diintegrasikan dengan PaddleOCR untuk mengenali karakter alfanumerik. Selain pengembangan model, penulis juga akan mengembangkan antarmuka pengguna yang intuitif untuk menampilkan hasil deteksi dan pengenalan pelat nomor secara efektif.



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

3.2.4 Pengujian

Fase pengujian bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem pengenalan pelat nomor kendaraan yang telah dikembangkan menggunakan SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR. Pada tahap ini dilakukan pengujian model deteksi pelat nomor menggunakan metrik *Mean Average Precision* (mAP) untuk mengukur kemampuan SSD MobileNetV3 dalam mendeteksi area pelat nomor kendaraan. Selanjutnya, dilakukan pengujian model rekognisi teks menggunakan PaddleOCR yang dievaluasi menggunakan metrik *Exact Match Accuracy* untuk mengukur ketepatan hasil pembacaan karakter pelat nomor.

Selain pengujian model, dilakukan pengujian penentuan nilai threshold optimal untuk memperoleh konfigurasi prediksi yang paling sesuai, pengujian generalisasi model pada dataset eksternal dengan berbagai kondisi citra, seperti *rain*, *blur*, *grayscale*, dan *rotate*, serta pengujian pengaruh jarak dan sudut pengambilan citra terhadap kemampuan deteksi pelat nomor berwarna putih. Pengujian-pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mempertahankan performanya pada berbagai kondisi citra dan skenario pengambilan gambar yang berbeda dari data pelatihan.

Tahap pengujian juga mencakup pengujian website menggunakan metode *Black Box Testing* dan pengujian integrasi model dengan website. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan seluruh fitur, fungsi, serta alur proses sistem dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dirancang, mulai dari penerimaan citra kendaraan, proses deteksi dan rekognisi pelat nomor, hingga penampilan hasil prediksi kepada pengguna.

3.3 Objek Penelitian

Objek penelitian pada studi ini adalah sistem pengenalan pelat nomor kendaraan (*Automatic Number Plate Recognition/ANPR*) berbasis website yang dikembangkan menggunakan SSD MobileNetV3 sebagai model deteksi pelat nomor dan PaddleOCR sebagai model rekognisi karakter. Sistem dirancang untuk mendeteksi area pelat nomor pada citra kendaraan dan mengenali karakter yang terdapat pada pelat nomor secara otomatis. Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan evaluasi sistem dalam berbagai kondisi citra kendaraan.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra kendaraan dengan pelat nomor Indonesia yang telah diberi anotasi *bounding box* pada area pelat nomor. Dataset digunakan untuk proses pelatihan, validasi, dan evaluasi model SSD MobileNetV3, serta untuk menguji performa sistem secara keseluruhan setelah diintegrasikan dengan PaddleOCR. Secara lebih rinci, objek penelitian ini meliputi:

- a. Model Deteksi Pelat Nomor: Model SSD MobileNetV3 yang digunakan untuk mendeteksi lokasi pelat nomor kendaraan pada citra masukan.
- b. Model Rekognisi Teks Pelat Nomor: Model PaddleOCR yang digunakan untuk mengenali karakter pada pelat nomor yang telah berhasil dideteksi.
- c. Dataset Pelat Nomor Kendaraan Indonesia: Kumpulan citra kendaraan yang digunakan untuk pelatihan, validasi, dan pengujian model deteksi serta rekognisi pelat nomor.
- d. Website Sistem Pengenalan Pelat Nomor Kendaraan: Aplikasi berbasis website yang digunakan sebagai media implementasi model SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR, sehingga pengguna dapat melakukan deteksi dan rekognisi pelat nomor melalui fitur unggah citra maupun kamera.
- e. Evaluasi Performa Sistem: Pengukuran performa sistem yang meliputi evaluasi model SSD MobileNetV3 menggunakan metrik *Mean Average Precision* (mAP), evaluasi hasil rekognisi teks menggunakan PaddleOCR menggunakan metrik *Exact Match Accuracy*, pengujian nilai *threshold* optimal, pengujian generalisasi model pada dataset eksternal dengan berbagai kondisi citra, pengujian pengaruh jarak dan sudut pengambilan citra terhadap kemampuan deteksi pelat nomor berwarna putih, serta pengujian fungsionalitas website menggunakan metode *Black Box Testing* dan pengujian integrasi model dengan website.

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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kebutuhan

Tahap awal dalam pengembangan perangkat lunak adalah analisis kebutuhan yang bertujuan untuk menetapkan spesifikasi seluruh komponen yang diperlukan dalam pembangunan sistem, mulai dari pengumpulan data, pengembangan dan optimasi model, hingga implementasi model ke dalam aplikasi web. Pada penelitian ini dikembangkan sistem berbasis website yang mampu mendeteksi pelat nomor kendaraan dan mengenali karakter pada pelat nomor menggunakan algoritma SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR. Oleh karena itu, analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi berbagai kebutuhan yang mendukung pengembangan sistem, meliputi kebutuhan pengembangan model, perangkat lunak, perangkat keras, dan aplikasi web.

4.1.1 Kebutuhan Pengembangan Model

Pengembangan model deteksi dan rekognisi pelat nomor kendaraan menggunakan SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR memerlukan sejumlah komponen pendukung, antara lain dataset yang digunakan dalam proses pelatihan dan pengujian, serta model yang digunakan untuk melakukan deteksi pelat nomor dan rekognisi karakter.

4.1.1.1 Kebutuhan Dataset

Dalam penelitian ini, kebutuhan untuk dataset meliputi kebutuhan pengumpulan dataset dan kebutuhan prapemrosesan data sebelum dilatih menggunakan SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR.

A. Kebutuhan Pengumpulan Dataset

Dataset adalah kumpulan data yang digunakan untuk melatih dan mengevaluasi model *deep learning*. Untuk melatih model identifikasi dan pengenalan karakter, diperlukan dataset yang mencakup berbagai *image* dari pelat nomor kendaraan dengan kondisi pencahayaan, sudut kamera, dan kualitas gambar yang beragam. Kebutuhan dataset dalam penelitian tercantum pada Tabel 4.1.



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Table 4. 1 Kebutuhan Dataset Pemodelan

Kode	Spesifikasi	Deskripsi
KD-1	Tipe	<i>Object Detection, Single-Class</i>
KD-2	Jumlah Citra	1013 citra asli
KD-3	Jumlah Label	1 kelas (Pelat Nomor)
KD-4	Format Anotasi	<i>Bounding box (COCO)</i>
KD-5	Augmentasi	<i>Random Rain, Rotation, Motion Blur, Grayscale Conversion.</i>

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari sumber terbuka, yakni Roboflow, yang merupakan *platform* berbasis *cloud* yang digunakan untuk mengelola dataset *computer vision*, khususnya pada tugas seperti *object detection*, *image classification*, dan *segmentation*. Dataset yang diperoleh berisikan *image* berupa kendaraan beserta pelat nomornya dengan sudut kamera dan kualitas *image* yang berbeda-beda.

B. Kebutuhan Prapemrosesan Data

Dalam penelitian ini, tahap prapemrosesan data penting dilakukan sebelum data digunakan dalam tahap pemodelan. Pada tahap prapemrosesan data, augmentasi dilakukan untuk meningkatkan variabilitas dataset dan membuat model menjadi lebih *robust* terhadap kondisi lingkungan yang berbeda selama proses inferensi. Augmentasi dilakukan menggunakan *library* Albumentations, karena *library* ini mendukung transformasi berbasis *bounding box* yang kompatibel dengan format anotasi COCO. Beberapa transformasi yang diterapkan antara lain:

- *RandomRain*, yang mensimulasikan kondisi hujan pada gambar, sehingga model dapat mengenali pelat nomor kendaraan dalam cuaca buruk.
- *SafeRotate*, yang menyediakan variasi sudut kemiringan ($\pm 15^\circ$), sehingga model lebih toleran terhadap kamera yang tidak sejajar dengan objek.
- *MotionBlur*, yang meniru efek kabur yang disebabkan oleh gerakan kendaraan atau kamera.



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

- *Grayscale Conversion*, yang mengubah sebagian gambar menjadi nuansa abu-abu, sehingga model tidak hanya mengandalkan informasi warna.

Seluruh augmentasi diterapkan pada gambar secara terkontrol, dengan nilai *bounding box* asli tetap terjaga melalui parameter *bbox_params* dalam format COCO dan *label_fields*, sehingga label tetap sinkron setelah transformasi. Selain augmentasi, skrip juga melakukan validasi *bounding box* menggunakan fungsi *clip_bbox* untuk memastikan bahwa semua anotasi tetap berada dalam batas dimensi gambar.

Dataset yang telah diproses kemudian disimpan bersama dengan *file* anotasi COCO yang diperbarui dalam folder baru. Hasilnya adalah dataset yang lebih besar dan beragam, yang meningkatkan kemampuan generalisasi model deteksi objek selama proses pelatihan. Berikut rincian dari hasil proses augmentasi pada dataset tercantum pada Tabel 4.2.

Table 4. 2 Hasil Prapemrosesan Data

Citra	Jumlah Citra
Citra Asli	1013
Citra Augmentasi	4991
Total Anotasi	5875

4.1.1.2 Kebutuhan Model

Arsitektur yang digunakan dalam pengembangan model adalah SSD MobileNetV3 untuk mendeteksi pelat nomor kendaraan dan arsitektur PaddleOCR untuk pengenalan karakter dalam pelat nomor kendaraan. Hasil deteksi dan pengenalan dari model akan diintegrasikan dalam sistem berbasis web yang dapat digunakan oleh pengguna. Rincian dari kebutuhan model pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.3.



Table 4. 3 Kebutuhan Model

Kode	Spesifikasi	Deskripsi
KM-1	Performa	Model memiliki performa deteksi yang setara atau lebih baik dibanding penelitian sebelumnya, dengan target $mAP@50 \geq 0.90$.
KM-2	Kemampuan Deteksi	Model mampu mendeteksi area pelat nomor pada kendaraan dengan tingkat presisi yang memadai pada berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pengambilan gambar.
KM-3	Kemampuan Pembacaan	Sistem mampu mengenali teks pada pelat nomor yang terdeteksi menggunakan PaddleOCR tanpa perlu proses pelatihan ulang (menggunakan <i>pretrained model</i>).
KM-4	Kemampuan Generalisasi	Model harus mampu mengenali pelat dari berbagai kondisi (hujan, blur, <i>grayscale</i> , rotasi) sesuai augmentasi yang diterapkan.

Sebagai keluaran dari penelitian ini, model yang dihasilkan mampu mendeteksi posisi pelat nomor dan menghasilkan hasil pengenalan karakter menggunakan *pipeline* PaddleOCR. Dalam uji coba awal pelatihan SSD MobileNetV3, model ini mencapai $mAP@50$ 0.9473, yang menunjukkan bahwa model ini memenuhi persyaratan kinerja awal yang ditetapkan dalam KM-1.

Untuk strategi pelatihan model, diterapkan perancangan untuk mengoptimalkan kinerja deteksi model berbasis SSD MobileNetV3. Model direncanakan untuk

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer – 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

dilatih selama 50 *epoch* dengan ukuran *batch* sebesar 16. Data dibagi menjadi 80% data pelatihan dan 20% data validasi, sehingga model dapat dievaluasi dengan data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Model akan dievaluasi menggunakan metrik $mAP@50$, yang merupakan standar evaluasi pada tugas deteksi objek. Strategi pelatihan ini diharapkan mampu menghasilkan model dengan performa optimal dan keandalan yang baik dalam mendeteksi pelat nomor kendaraan.

4.1.2 Kebutuhan Pengembangan Website

Dalam pengembangan sebuah situs web sebagai media implementasi sistem berbasis *deep learning* untuk deteksi dan pengenalan pelat nomor kendaraan, terdapat berbagai kebutuhan, termasuk kebutuhan fungsional dan non-fungsional. Situs web yang dikembangkan berfungsi sebagai antarmuka pengguna yang memungkinkan pengguna mengunggah gambar kendaraan dan memperoleh hasil deteksi dan pengenalan pelat nomor kendaraan secara otomatis.

4.1.2.1 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional berkaitan dengan fungsi yang harus dipenuhi oleh sistem, termasuk proses yang dapat dilakukan oleh pengguna dan informasi yang dihasilkan oleh sistem. Website yang dikembangkan dalam rangka studi ini berfungsi sebagai media untuk implementasi sistem *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR), yang mengintegrasikan model deteksi pelat nomor dan pengenalan karakter.

Website ini dirancang dengan fitur sederhana dan berfokus pada tujuan utama penelitian, yaitu deteksi dan pengenalan pelat nomor, tanpa melibatkan autentikasi pengguna maupun penyimpanan data ke dalam basis data.

Table 4. 4 Kebutuhan Fungsional

Kode	Spesifikasi	Deskripsi
KF-1	Mengunggah atau mengambil gambar	Pengguna dapat mengunggah atau menangkap citra kendaraan



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Kode	Spesifikasi	Deskripsi
		melalui website untuk diproses oleh sistem.
KF-2	Validasi <i>file</i> gambar	Pengguna dapat mengunggah citra kendaraan melalui website untuk diproses oleh sistem.
KF-3	Deteksi pelat nomor	Sistem melakukan deteksi area pelat nomor pada citra kendaraan menggunakan model SSD MobileNetV3.
KF-4	Ekstraksi area pelat	Sistem melakukan pemotongan area pelat nomor berdasarkan hasil deteksi.
KF-5	Pengenalan karakter pelat nomor	Sistem melakukan pengenalan karakter pada pelat nomor menggunakan model PaddleOCR.
KF-6	Menampilkan hasil deteksi	Sistem menampilkan hasil deteksi berupa citra pelat nomor dan teks pelat nomor yang dikenali.

Secara umum, kebutuhan fungsional pada website yang dikembangkan dalam penelitian ini hanya melibatkan satu aktor, yaitu pengguna yang berinteraksi langsung dengan sistem untuk melakukan proses deteksi dan pengenalan pelat nomor kendaraan.

4.1.2.2 Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional mengacu pada batasan dan karakteristik sistem yang berkaitan dengan performa, kemudahan penggunaan, serta kompatibilitas sistem. Adapun kebutuhan non-fungsional dari website yang dikembangkan adalah 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Table 4. 5 Kebutuhan Non-Fungsional

Kode	Spesifikasi	Deskripsi
KNF-1	Kemudahan penggunaan	Website memiliki tampilan yang sederhana dan mudah dipahami oleh pengguna.
KNF-2	Waktu respons	Sistem mampu menampilkan hasil deteksi dalam waktu yang relatif singkat setelah gambar diunggah.
KNF-3	Kompatibilitas	Website dapat diakses melalui peramban web modern seperti Google Chrome.
KNF-4	Keandalan sistem	Sistem mampu menangani <i>input</i> gambar yang valid dan menampilkan pesan kesalahan jika terjadi kegagalan proses.
KNF-5	Implementasi tanpa database	Website tidak menggunakan database karena sistem hanya memproses dan menampilkan secara langsung.

4.1.3 Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras merujuk pada spesifikasi minimum perangkat keras yang digunakan untuk mendukung proses pemodelan deteksi dan pengenalan pelat nomor kendaraan serta pengembangan website sebagai media implementasi sistem. Kebutuhan perangkat keras untuk penelitian ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu perangkat keras untuk proses pemodelan dan perangkat keras untuk pengembangan website. Perbedaan ini disebabkan oleh proses pemodelan yang memerlukan daya komputasi yang lebih besar dibandingkan dengan pengembangan website.

Spesifikasi kebutuhan perangkat keras untuk masing-masing proses disajikan pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.



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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Table 4. 6 Kebutuhan Perangkat Keras Modeling

Kode	Spesifikasi	Deskripsi
KPKM-1	CPU	Prosesor minimal 4 core
KPKM-2	GPU	GPU dengan dukungan CUDA untuk pelatihan model
KPKM-3	RAM	Minimal 16 GB
KPKM-4	Penyimpanan	Minimal 50 GB ruang kosong

Perangkat keras ini digunakan untuk proses pelatihan dan evaluasi model deteksi objek berbasis SSD MobileNetV3 serta proses pengenalan karakter pelat nomor menggunakan PaddleOCR. Proses pemodelan pada penelitian ini dilakukan menggunakan platform komputasi awan Google Colaboratory yang menyediakan sumber daya CPU, RAM, dan GPU. Oleh karena itu, spesifikasi perangkat keras yang dicantumkan merupakan kebutuhan minimum yang diperlukan apabila sistem dijalankan pada lingkungan komputasi lokal atau server mandiri.

Table 4. 7 Kebutuhan Perangkat Keras Pengembangan Website

Kode	Spesifikasi	Deskripsi
KPKW-1	CPU	Minimal 2 hingga 4 core
KPKW-2	RAM	Minimal 8 GB
KPKW-3	Penyimpanan	Minimal 20 GB ruang kosong

Perangkat keras untuk pengembangan website digunakan untuk membangun dan menjalankan sistem antarmuka pengguna yang mengimplementasikan model deteksi dan pengenalan pelat nomor.

4.1.4 Kebutuhan Perangkat Lunak

Kebutuhan perangkat lunak dalam studi ini mencakup perangkat lunak yang digunakan pada tahap pemodelan sistem *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) dan pada tahap pengembangan website sebagai media untuk implementasi model. Perbedaan kebutuhan perangkat lunak pada kedua tahap ini disesuaikan dengan fungsi dan tujuan masing-masing proses. Rincian tentang kebutuhan



perangkat lunak yang digunakan dalam studi ini dapat ditemukan pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9.

4. 8 Kebutuhan Perangkat Lunak Modeling

Kode	Spesifikasi	Deskripsi
KPLM-1	Python 3	Bahasa pemrograman utama yang digunakan dalam pengembangan dan pelatihan model deteksi dan pengenalan pelat nomor.
KPLM-2	PyTorch	<i>Framework deep learning</i> yang digunakan untuk membangun dan melatih model deteksi objek berbasis SSD MobileNetV3.
KPLM-3	Torchvision	<i>Library</i> pendukung PyTorch yang menyediakan arsitektur SSD MobileNet serta utilitas pemrosesan citra.
KPLM-4	PaddleOCR	<i>Library</i> OCR untuk pengenalan karakter pelat nomor.
KPLM-5	SSD MobileNetV3	Arsitektur model deteksi objek yang digunakan untuk mendeteksi area pelat nomor kendaraan.
KPLM-6	OpenCV	Digunakan untuk pengolahan citra kendaraan dan pelat nomor.
KPLM-7	Albumentations	Digunakan untuk augmentasi dataset citra pada tahap pelatihan model.
KPLM-8	NumPy	<i>Library</i> komputasi numerik untuk pengolahan data.
KPLM-9	Google Colaboratory	Lingkungan berbasis <i>cloud</i> untuk proses pelatihan dan evaluasi model.

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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Table 4. 9 Kebutuhan Perangkat Lunak Pengembangan Website

Kode	Spesifikasi	Deskripsi
KPLW-1	Windows 10/11	Sistem operasi yang digunakan sebagai lingkungan pengembangan website.
KPLW-2	Visual Studio Code	Code editor yang digunakan untuk pengembangan <i>frontend</i> dan <i>backend</i> website.
KPLW-3	Flask	<i>Framework</i> web berbasis Python yang digunakan untuk mengintegrasikan model ANPR ke dalam website.
KPLW-4	Tailwind	<i>Framework</i> CSS yang digunakan untuk perancangan antarmuka website.
KPLW-5	Google Chrome	Web browser yang digunakan untuk pengujian dan akses website.
KPLW-6	PyTorch	<i>Library</i> yang digunakan untuk memuat dan menjalankan model SSD MobileNetV3 pada website.
KPLW-7	PaddleOCR	Digunakan untuk melakukan pengenalan karakter pelat nomor secara otomatis pada sisi server.
KPLW-8	OpenCV	Digunakan untuk pemrosesan citra hasil unggahan pengguna sebelum dilakukan deteksi dan rekognisi.

4.2 Perancangan Sistem

Setelah kebutuhan sistem telah didefinisikan, tahapan penelitian dilanjutkan dengan tahap perancangan sistem. Perancangan sistem ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai alur kerja dan arsitektur sistem yang akan dikembangkan sebagai acuan dalam proses implementasi. Dalam penelitian ini,



Hak Cipta :

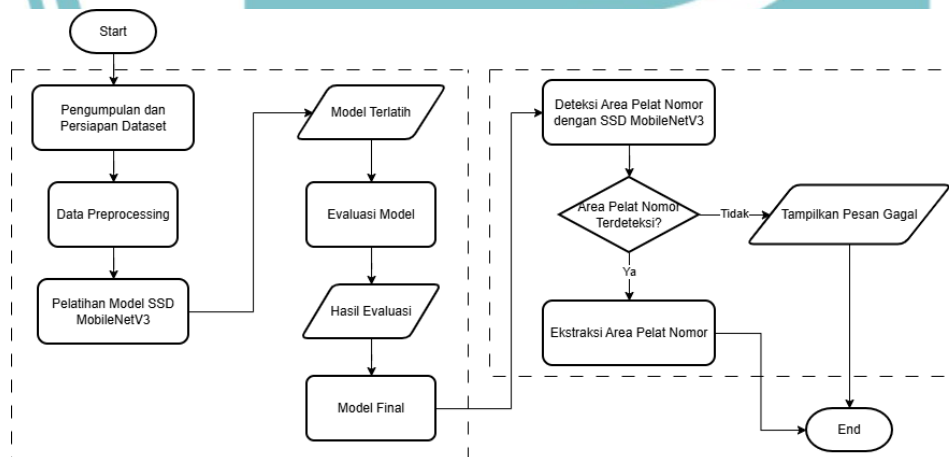
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik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

perancangan sistem dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu perancangan arsitektur model deteksi area pelat nomor, perancangan arsitektur model rekognisi karakter pada pelat nomor kendaraan, serta perancangan sistem website sebagai media implementasi sistem ANPR.

4.2.1 Perancangan Arsitektur Model Deteksi Pelat Nomor

Tujuan dari perancangan model untuk deteksi pelat nomor adalah mengidentifikasi dan menentukan lokasi area pelat nomor pada citra kendaraan. Model yang digunakan dalam studi ini adalah *Single Shot MultiBox Detector* (SSD) dengan MobileNetV3 sebagai *backbone*.

SSD adalah metode *object detection* yang mampu mendeteksi objek dalam satu tahap, tanpa memerlukan proses terpisah untuk mendesain area. Metode ini dipilih karena memiliki kecepatan inferensi yang tinggi dan cukup akurat untuk deteksi objek secara *real-time*. MobileNetV3 digunakan sebagai *backbone* karena memiliki arsitektur yang ringan dan efisien, sehingga cocok untuk implementasi pada sistem berbasis web.



Gambar 4. 1 Flowchart Perancangan Model Deteksi Area Pelat Nomor

Flowchart pada Gambar 4.1 menggambarkan tahapan-tahapan dalam merancang model deteksi pelat nomor menggunakan metode SSD MobileNetV3. Proses ini dimulai dengan mengumpulkan dan mempersiapkan dataset yang berisi citra kendaraan, beserta anotasi area pelat nomor. Selanjutnya, data tersebut diproses terlebih dahulu (*data preprocessing*) agar siap untuk melatih model. Model SSD



Hak Cipta :

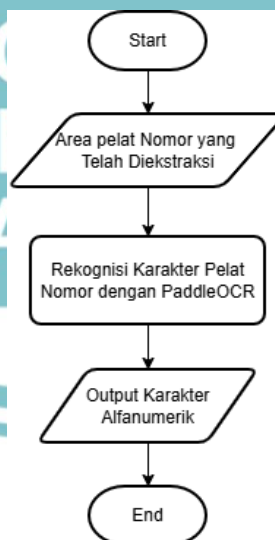
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

MobileNetV3 kemudian dilatih menggunakan dataset ini, hingga tercipta model yang terlatih.

Setelah tahap pelatihan (*training*) selesai, model dievaluasi untuk mengetahui kinerja deteksi yang dihasilkan. Model yang telah dievaluasi kemudian digunakan pada tahap implementasi untuk mendeteksi area yang berisi pelat nomor pada citra *input*. Pada tahap ini, sistem menentukan apakah area dengan pelat nomor berhasil terdeteksi atau tidak. Jika tidak terdeteksi, maka sistem akan menghasilkan *output* berupa tidak adanya deteksi pelat nomor. Namun, jika area pelat nomor berhasil terdeteksi, maka sistem akan mengekstrak area tersebut sebagai *output*, yang akan digunakan pada tahap berikutnya.

4.2.2 Perancangan Arsitektur Model Pengenalan Karakter Pelat Nomor

Setelah berhasil mengenali area pelat nomor, langkah berikutnya adalah mengenali karakter pada pelat nomor kendaraan. Dalam studi ini, pengenalan karakter dilakukan menggunakan PaddleOCR, sebuah kerangka kerja *Optimal Character Recognition* (OCR) berbasis *deep learning* yang menyediakan model yang telah dilatih sebelumnya.



Gambar 4. 2 Flowchart Perancangan Model Pengenalan Karakter Pelat Nomor

Flowchart pada Gambar 4.2 menunjukkan tahapan dari proses pengenalan karakter pada pelat nomor kendaraan menggunakan PaddleOCR. Proses ini dimulai dengan *input* berupa gambar area pelat nomor, yang telah diekstraksi dari tahap



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

sebelumnya. Gambar tersebut kemudian diproses menggunakan PaddleOCR untuk mengekstrak karakternya.

PaddleOCR memanfaatkan model *deep learning* yang telah dilatih sebelumnya untuk mengenali karakter alfanumerik pada pelat nomor. Penggunaan model yang telah dilatih sebelumnya bertujuan untuk mempercepat proses pengembangan sistem dan mengurangi kebutuhan untuk melatih ulang model OCR dari awal. Hasil dari proses ini berupa teks yang merepresentasikan karakter pelat nomor kendaraan. *Output* karakter alfanumerik tersebut menjadi hasil akhir dari sistem deteksi dan pengenalan pelat nomor yang dikembangkan dalam studi ini.

4.2.3 Perancangan Sistem Website

Sistem website dirancang untuk membangun antarmuka yang dapat digunakan pengguna untuk mengakses sistem deteksi dan pengenalan karakter pelat nomor. Website ini berfungsi sebagai media untuk implementasi model yang telah dirancang sebelumnya untuk deteksi pelat nomor dan pengenalan karakter.

Desain sistem website dalam studi ini berfokus pada kemudahan penggunaan dan interaksi yang sederhana, karena sistem ini hanya melibatkan satu pengguna utama, yaitu pengguna (*user*). Oleh karena itu, desain website tidak mencakup manajemen akun, hak akses administrator, atau desain database yang kompleks.

Pada tahap perancangan sistem website, beberapa komponen rancangan yang didefinisikan meliputi *use case diagram* dan *activity diagram*, yang digunakan untuk menggambarkan interaksi pengguna dengan sistem dan proses deteksi serta pengenalan pelat nomor kendaraan.

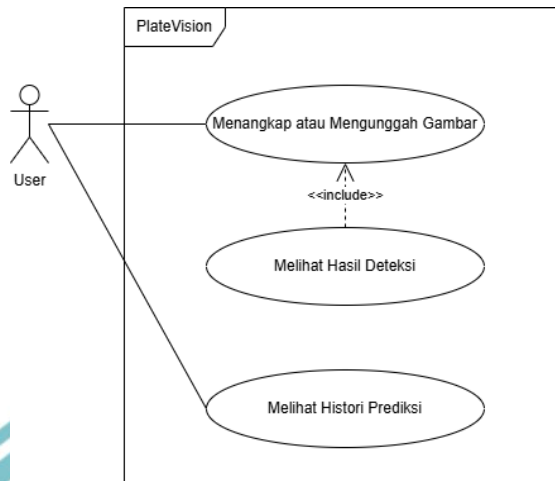
4.2.3.1 Use Case Diagram

Use case diagram dalam studi ini dikembangkan berdasarkan kebutuhan fungsional sistem website sebagai media untuk implementasi model deteksi dan pengenalan karakter pelat nomor kendaraan. *Use case diagram* digunakan untuk menggambarkan hubungan antara aktor dan fungsi yang dapat dieksekusi dalam sistem.



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 3 Use Case Sistem ANPR

Gambar 4.3 menunjukkan *use case diagram* untuk sistem yang dikembangkan. Diagram ini hanya mencakup satu aktor, yaitu pengguna yang bertindak sebagai pengguna sistem.

Pengguna memiliki satu tindakan utama, yaitu mengunggah atau menangkap citra kendaraan menggunakan perangkat yang digunakan. Tindakan tersebut memiliki relasi *include* dengan *use case* melihat hasil deteksi, yang menunjukkan bahwa pengguna hanya bisa melihat hasil deteksi setelah mengunggah atau menangkap citra, sistem secara otomatis menjalankan proses deteksi dan pengenalan karakter pelat nomor kendaraan, lalu menampilkan hasilnya kepada pengguna. Pengguna juga dapat melihat histori prediksi dari citra yang telah ditangkap atau diunggah sebelumnya pada halaman yang sama untuk mengunggah atau menangkap citra.

Use case diagram ini menggambarkan bahwa sistem dirancang untuk penggunaan yang sederhana, di mana pengguna hanya perlu menyediakan citra kendaraan untuk mendapatkan hasil deteksi dan pengenalan pelat nomor kendaraan secara otomatis.

4.2.3.2 Activity Diagram

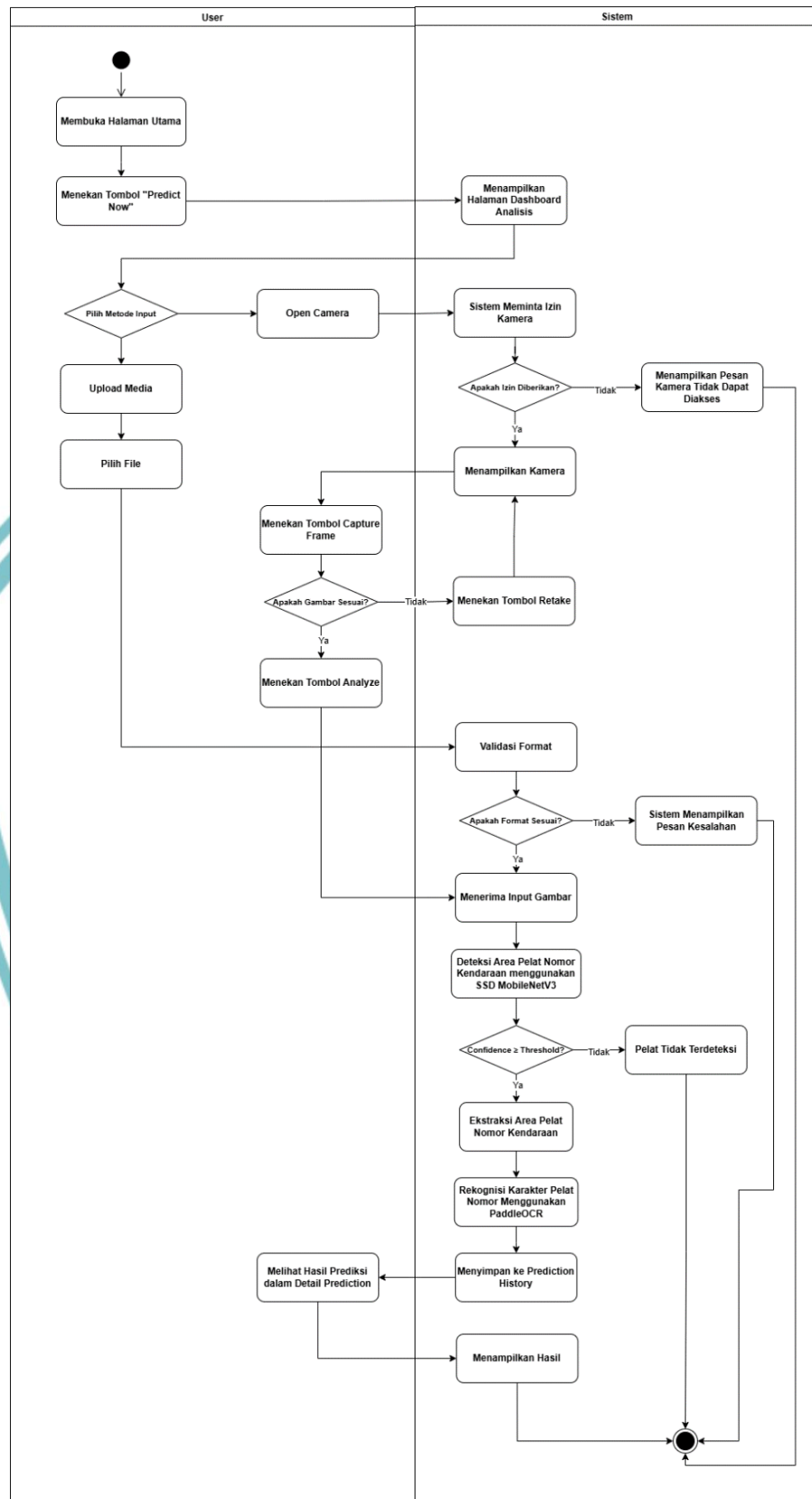
Activity diagram digunakan untuk menggambarkan alur aktivitas pengguna dan sistem dalam proses pendeteksian serta pengenalan pelat nomor kendaraan. Diagram ini menunjukkan urutan aktivitas mulai dari pengguna memberikan *input* gambar hingga sistem menampilkan hasil deteksi dan pengenalan karakter pelat nomor.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 4 Activity Diagram Sistem ANPR



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.4 menunjukkan *activity diagram* sistem pengenalan pelat nomor kendaraan berbasis website yang dikembangkan pada penelitian ini. Proses dimulai ketika pengguna membuka halaman utama website dan menekan tombol *Predict Now*, sehingga sistem menampilkan halaman *dashboard* analisis. Pada halaman tersebut, pengguna dapat memilih metode *input* gambar melalui fitur *Upload Media* atau *Open Camera*.

Apabila pengguna memilih fitur *Upload Media*, pengguna dapat memilih *file* gambar dari perangkat yang digunakan. Sistem kemudian melakukan validasi format *file* untuk memastikan bahwa *file* yang diunggah sesuai dengan format yang didukung. Sementara itu, apabila pengguna memilih fitur *Open Camera*, sistem akan meminta izin akses kamera. Jika izin diberikan, sistem menampilkan tampilan kamera sehingga pengguna dapat mengambil gambar melalui tombol *Capture Frame*. Setelah gambar berhasil diambil, pengguna dapat memilih untuk mengambil ulang gambar (*Retake*) atau melanjutkan proses analisis melalui tombol *Analyze*.

Setelah sistem menerima *input* gambar, proses deteksi pelat nomor dilakukan menggunakan model SSD MobileNetV3. Hasil deteksi kemudian dievaluasi berdasarkan nilai *confidence score* yang dibandingkan dengan nilai *threshold* yang telah ditentukan. Jika nilai *confidence* tidak memenuhi *threshold*, sistem akan menampilkan informasi bahwa pelat nomor tidak terdeteksi. Sebaliknya, apabila pelat nomor berhasil dideteksi, sistem melakukan ekstraksi area pelat nomor untuk selanjutnya diproses oleh PaddleOCR guna mengenali karakter yang terdapat pada pelat nomor kendaraan.

Hasil rekognisi yang diperoleh kemudian disimpan ke dalam *Prediction History* dan ditampilkan kepada pengguna melalui halaman hasil prediksi. Pengguna dapat melihat informasi hasil deteksi dan rekognisi pelat nomor secara lebih rinci melalui fitur *Detail Prediction*. Proses berakhir setelah hasil prediksi berhasil ditampilkan atau ketika sistem menampilkan pesan kesalahan akibat format *file* yang tidak sesuai maupun pelat nomor yang gagal terdeteksi.

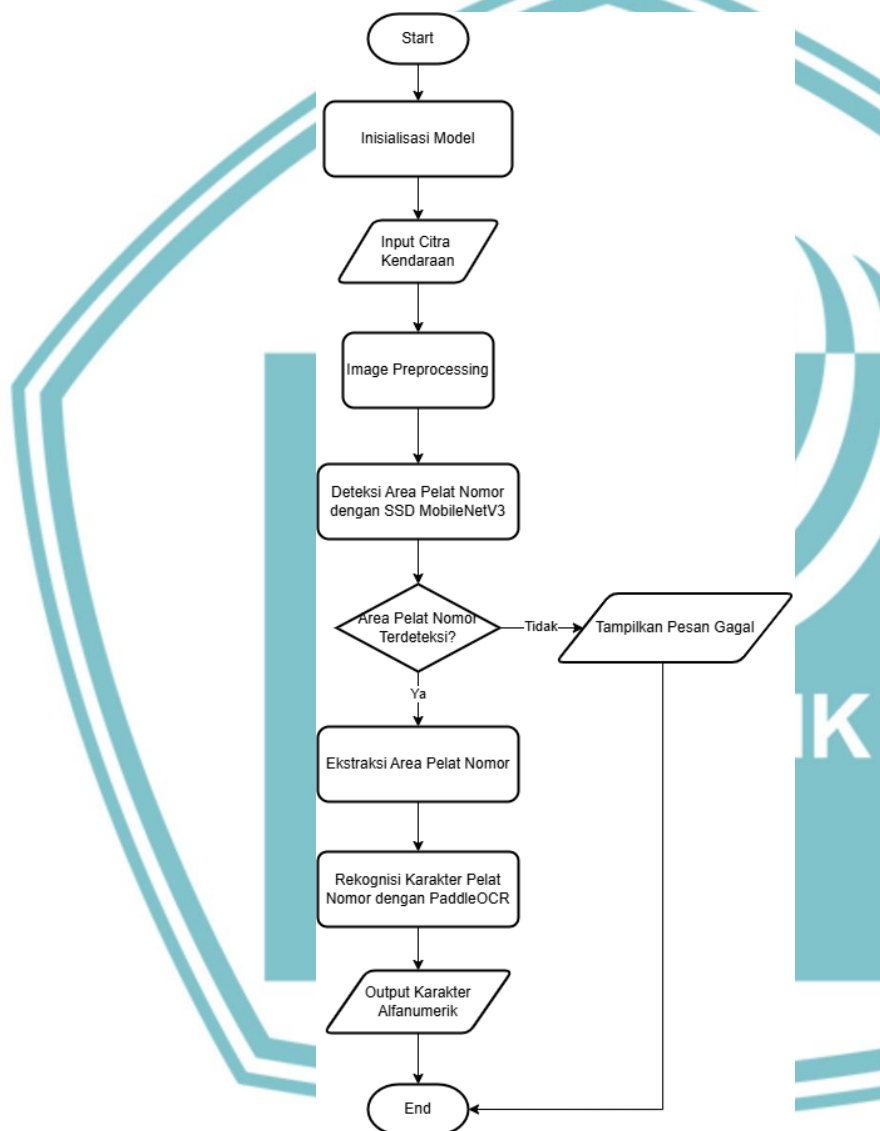


Hak Cipta :

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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.2.3.3 Rancangan Algoritma Implementasi Model

Fitur deteksi dan pengenalan karakter pelat nomor kendaraan hanya dapat digunakan apabila model SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR telah diimplementasikan ke dalam sistem web. Rancangan alur implementasi model deteksi dan pengenalan karakter pelat nomor ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Alur Implementasi Model

Sistem web ini dirancang untuk diintegrasikan dengan model pendeteksian objek berbasis *deep learning* dan model *Optical Character Recognition* (OCR). Saat diimplementasikan, sistem ini terlebih dahulu menginisialisasi model MobileNetV3 SSD dan PaddleOCR pada *backend*. Selanjutnya, pengguna memberikan *input* berupa citra kendaraan melalui sistem web. Citra tersebut



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

kemudian diproses pada tahap *preprocessing*, setelah itu area pelat nomor dideteksi menggunakan model MobileNetV3 SSD.

Apabila area pelat nomor berhasil terdeteksi, sistem akan mengekstraksi area pelat tersebut dan melanjutkan ke proses pengenalan karakter menggunakan PaddleOCR. Hasil pengenalan karakter dalam bentuk teks alfanumerik kemudian ditampilkan sebagai keluaran sistem. Namun, jika area pelat nomor tidak berhasil terdeteksi, sistem akan menampilkan pesan gagal kepada pengguna. Dengan adanya rancangan alur implementasi ini, diharapkan proses integrasi model ke dalam sistem web akan berjalan lebih terarah dan sesuai dengan desain sistem yang telah ditetapkan.

4.3 Implementasi Sistem

Tahap implementasi sistem merupakan proses merealisasikan hasil perancangan yang telah dilakukan sebelumnya ke dalam bentuk sistem yang dapat digunakan secara nyata. Pada tahap ini, sistem dikembangkan sedemikian rupa sehingga dapat secara otomatis mendeteksi area pelat nomor dan mengenali karakter pada pelat nomor kendaraan, sesuai dengan desain yang telah ditetapkan sebelumnya.

Implementasi sistem ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu implementasi model deteksi menggunakan arsitektur SSD MobileNetV3, implementasi model pengenalan karakter pelat nomor menggunakan PaddleOCR, serta integrasi model tersebut ke dalam sistem website, sehingga pengguna dapat melakukan deteksi dan pengenalan pelat nomor melalui antarmuka web yang telah dikembangkan.

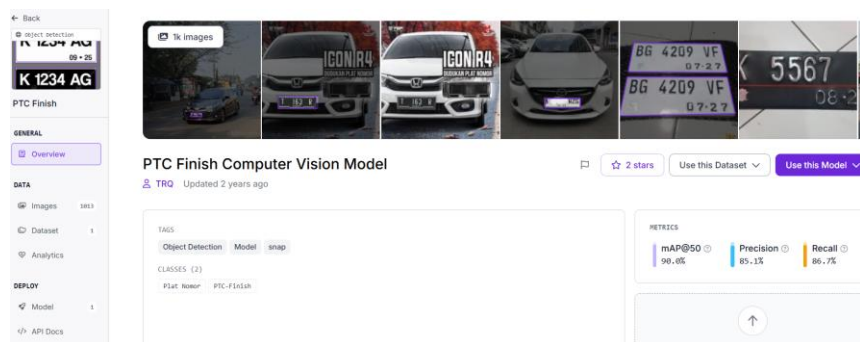
4.3.1 Implementasi Arsitektur SSD MobileNetV3

Pada tahap implementasi model *deep learning*, berbagai komponen harus disiapkan, termasuk dataset dan persiapan model. Untuk pengembangan model deteksi pelat nomor, model SSD MobileNetV3 dilatih menggunakan dataset citra kendaraan yang telah diberi anotasi *bounding box* pada area pelat nomor. Dataset yang digunakan dalam studi ini berasal dari platform *open-source* Roboflow. Dataset tersebut berisi total 1.013 citra kendaraan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6.



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 6 Dataset Citra Kendaraan

Sebelum memulai tahap pelatihan, penulis melakukan analisis data untuk memahami kumpulan data yang telah dikumpulkan sesuai dengan persyaratan penelitian. Selanjutnya, agar dapat melanjutkan ke tahap prapemrosesan data, penulis harus menginstal sejumlah *library* dan *framework* di lingkungan Google Colab yang berfungsi sebagai platform untuk pengembangan model pembelajaran mendalam.

```
import os
import json
import cv2
import albumentations as A
import numpy as np
from tqdm import tqdm
import torch
import torch.nn as nn
import torchvision.transforms as T
from torch.utils.data import Dataset, DataLoader, random_split
from torchvision.models.detection import sslite320_mobilenet_v3_large, SSDLite320_MobileNet_V3_Large_Weights
from torchvision.models.detection.sslite import SSDLiteClassificationHead
from torchmetrics.detection.mean_ap import MeanAveragePrecision
from PIL import Image
import csv
import pandas as pd
```

Gambar 4. 7 Import Library dan Framework Pendukung

Implementasi model deteksi pelat nomor dilakukan menggunakan *framework* PyTorch dan beberapa *library* pendukung lainnya seperti OpenCV, Albumentations, NumPy, dan TorchMetrics. Potongan kode di atas merupakan proses instalasi dan pemanggilan pustaka utama. Pustaka PyTorch dan torchvision digunakan sebagai kerangka kerja utama pembuatan dan pelatihan model *deep learning*. Arsitektur dasar yang digunakan adalah *ssdlite320_mobilenet_v3_large*. Sementara itu, *albumentations* dimanfaatkan sebagai *pipeline* augmentasi gambar untuk meningkatkan performa ketahanan model, dan *MeanAveragePrecision* dari *torchmetrics* disiapkan sebagai metrik evaluasi standar dalam tugas deteksi objek (*object detection*).



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Setelah semua kebutuhan *library* dan *framework* terpenuhi, untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model, dilakukan proses augmentasi data menggunakan *library* Albumentations. Untuk mensimulasikan berbagai kondisi lingkungan nyata di jalan raya (seperti efek hujan (RandomRain), rotasi citra (SafeRotate), motion blur, dan *grayscale*), dibuat empat jalur transformasi augmentasi menggunakan pustaka Albumentations:

```
rain_transform = A.Compose([
    A.RandomRain(brightness_coefficient=0.9, drop_width=1, blur_value=3, p=1.0),
], bbox_params=A.BboxParams(format='coco', label_fields=['category_ids']))

rotate_transform = A.Compose([
    A.SafeRotate(limit=15, p=1.0, border_mode=cv2.BORDER_CONSTANT, value=0),
], bbox_params=A.BboxParams(format='coco', label_fields=['category_ids']))

blur_transform = A.Compose([
    A.MotionBlur(blur_limit=7, p=1.0),
], bbox_params=A.BboxParams(format='coco', label_fields=['category_ids']))

gray_transform = A.Compose([
    A.ToGray(p=1.0),
], bbox_params=A.BboxParams(format='coco', label_fields=['category_ids']))

print("✅ Augmentation pipelines defined.")
```

Gambar 4. 8 Data Augmentasi

Tahapan augmentasi data dirancang agar model SSD MobileNetV3 memiliki generalisasi objek yang kuat. Fungsi RandomRain mensimulasikan efek air hujan, SafeRotate memutar gambar secara aman dengan batas maksimal 15 derajat untuk mengatasi kemiringan sudut pelat, MotionBlur mensimulasikan efek blur akibat kendaraan bergerak, dan ToGray mengubah gambar menjadi skala abu-abu. Parameter *bbox_params* dengan format 'coco' memastikan koordinat *bounding box* pembungkus pelat ikut bergeser secara akurat mengikuti transformasi gambar. Setelah proses iterasi augmentasi selesai dijalankan, dihasilkan ringkasan sebaran dataset baru sebagai berikut:

- a. Jumlah Gambar Asli (*Original Images*): 1.013 citra.
- b. Jumlah Gambar Setelah Augmentasi (*Final Augmented Images*): 4.991 citra.
- c. Total Anotasi *Bounding Box*: 5.875 anotasi.
- d. Faktor Perbanyak Data: Dataset bertambah sebesar 4.9x lipat lebih banyak dari dataset awal.



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

Saving new JSON to: /content/drive/MyDrive/PTC Finish.v1i.coco/augmented_annotations.coco.json
SUCCESS!
- Original Images: 1013
- Final Augmented Images: 4991
- Total Annotations: 5875
- Factor: 4.9x larger

```

Gambar 4. 9 Total Citra Kendaraan Hasil Data Augmentasi

Dengan adanya augmentasi, model diharapkan mampu mendeteksi area pelat nomor dengan lebih baik pada berbagai kondisi citra. Eksekusi baris kode pada gambar 4.8, nantinya akan menghasilkan citra kendaraan yang lebih bervariasi seperti salah satu contoh *output* yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Output Data Augmentasi

Sebelum memulai proses pelatihan (*training*), ditentukan beberapa parameter utama yang digunakan dalam melatih model SSD MobileNetV3. Parameter-parameter tersebut meliputi lokasi dataset, jumlah kelas objek, *batch size*, jumlah *epoch*, *learning rate*, dan perangkat komputasi yang digunakan. Konfigurasi-konfigurasi tersebut dapat dilihat dalam baris kode pada Gambar 4.11.

```

BASE_PATH = "/content/drive/MyDrive/PTC Finish.v1i.coco"
NEW_DATA_DIR = os.path.join(BASE_PATH, "new_all_data")
NEW_JSON = os.path.join(BASE_PATH, "augmented_annotations.coco.json")

# 0 = Background, 1 = Plat Nomor
NUM_CLASSES = 2
BATCH_SIZE = 16
NUM_EPOCHS = 50
LEARNING_RATE = 1e-4
DEVICE = torch.device("cuda" if torch.cuda.is_available() else "cpu")

print(f"⚙️ Training Configured for: {NEW_DATA_DIR}")
print(f"📍 Device: {DEVICE}")

```

Gambar 4. 11 Konfigurasi *Training Model*



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Pada penelitian ini, dataset disimpan dalam folder khusus yang berisi citra kendaraan dan *file* anotasi dalam format COCO JSON. Terdapat dua kelas yang didefinisikan, yaitu *background* dan pelat nomor kendaraan. Selain itu, *batch size* sebesar 16 digunakan untuk menjaga keseimbangan antara penggunaan memori dan stabilitas proses pelatihan model. Jumlah *epoch* ditetapkan sebanyak 50 *epoch*, sehingga model memiliki iterasi yang cukup untuk mempelajari pola-pola yang diperlukan dalam mendeteksi area yang berisi pelat nomor.

Learning rate sebesar 1×10^{-4} digunakan untuk mengatur besar pembaruan parameter model pada setiap iterasi *training*. Nilai *learning rate* yang kecil dipilih agar proses pembelajaran model berlangsung lebih stabil dan mengurangi risiko perubahan parameter yang terlalu besar selama proses optimasi. Konfigurasi parameter tersebut diperoleh melalui penyesuaian terhadap kemampuan perangkat komputasi dan hasil eksperimen awal selama proses pengembangan model.

```
class COCODetectionDataset(Dataset):
    def __init__(self, img_dir, annotation_path, transforms=None):
```

Gambar 4. 12 Deklarasi *Class* Dataset

Dalam studi ini, dataset diimplementasikan menggunakan *custom* dataset dalam format COCO JSON, dengan memanfaatkan *class* 'Dataset' dari PyTorch. Tujuan dari implementasi ini adalah untuk memuat gambar kendaraan beserta anotasi *bounding box* pelat nomor, yang digunakan selama proses pelatihan model SSD MobileNetV3.

```
with open(annotation_path) as f:
    coco = json.load(f)

# 1. Filter Images
all_images = coco["images"]
self.images = []
valid_img_ids = set()
```

Gambar 4. 13 Membaca *File* COCO JSON

Tahap awal implementasi mencakup pembacaan *file* anotasi COCO dalam format JSON, yang berisi informasi mengenai citra, kategori objek, dan koordinat *bounding box*. Sistem kemudian menyaring citra yang valid berdasarkan keberadaan *file* citra di dalam folder dataset.



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```
self.annotations = [
    ann for ann in coco["annotations"]
    if ann["image_id"] in valid_img_ids and ann["category_id"] == 1
]
```

Gambar 4. 14 Filtering Anotasi Pelat Nomor

Selain itu, proses *filtering* telah diterapkan pada anotasi untuk memastikan bahwa saat melatih model, hanya anotasi dari kategori pelat nomor yang digunakan. Dalam studi ini, kategori pelat nomor diberi identifikasi *class* ID 1, sedangkan *class* ID 0 digunakan sebagai *background*.

```
for ann in annots:
    x, y, w, h = ann["bbox"]
    if w > 0 and h > 0:
        boxes.append([x, y, x + w, y + h])
        labels.append(1) # Force Class ID 1
```

Gambar 4. 15 Konversi Bounding Box

Setelah anotasi berhasil dibaca, koordinat *bounding box* dalam format $(x, y, width, height)$ dikonversi menjadi format $(x_{min}, y_{min}, x_{max}, y_{max})$ agar sesuai dengan format *input* model SSD MobileNetV3.

```
target = {
    "boxes": boxes,
    "labels": labels,
    "image_id": torch.tensor([img_info["id"]])
}
```

Gambar 4. 16 Return Tensor

Selanjutnya, data *bounding box* dan label objek dikonversi menjadi tensor menggunakan PyTorch. Hasil akhir dari proses ini berupa pasangan citra dan target anotasi yang digunakan sebagai *input* pada proses *training* model deteksi pelat nomor.

```
full_dataset = COCODetectionDataset(NEW_DATA_DIR, NEW_JSON, transforms=T.ToTensor())
print(f"✅ Total Valid Images: {len(full_dataset)}")

# 80/20 Split
train_size = int(0.8 * len(full_dataset))
val_size = len(full_dataset) - train_size
train_set, val_set = random_split(full_dataset, [train_size, val_size])

print(f"❌ Data Split: {train_size} Training | {val_size} Validation")
```

Gambar 4. 17 Pemanggilan dan Pembagian Dataset

Setelah tahap prapemrosesan selesai, dataset dimuat menggunakan *custom* dataset COCODetectionDataset. Seluruh citra kendaraan yang valid beserta anotasi pelat nomornya digunakan sebagai data *input* untuk melatih model SSD MobileNetV3.



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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Dataset tersebut kemudian dibagi menjadi data *training* dan data *validation* dengan perbandingan 80:20. Data *training* digunakan untuk melatih model, sedangkan data validasi digunakan untuk mengevaluasi kinerja model selama proses pelatihan berlangsung.

Proses pembagian dataset tersebut dibagi menggunakan fungsi `random_split` dari PyTorch sedemikian rupa sehingga data didistribusikan secara acak. Tujuan dari pembagian ini adalah agar model dapat dievaluasi menggunakan data yang tidak digunakan selama proses pelatihan.

```
train_loader = DataLoader(
    train_set,
    batch_size=BATCH_SIZE,
    shuffle=True,
    collate_fn=collate_fn,
    drop_last=True,
    num_workers=2
)
```

Gambar 4. 18 DataLoader

Selanjutnya, data dimuat menggunakan `DataLoader` untuk mendukung proses *batching* selama *training* berlangsung. Pada penelitian ini digunakan *batch size* sebesar 16 dengan pengacakan data (`shuffle=True`) pada data *training* agar distribusi data lebih bervariasi pada setiap *epoch*. *Output* dari proses pembagian dataset tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Table 4. 10 Output Pembagian Dataset

Pembagian Dataset	Jumlah Citra
Data <i>Training</i>	3992
Data <i>Validation</i>	999

Model pengenalan pelat nomor telah diimplementasikan menggunakan arsitektur SSD MobileNetV3, berdasarkan model bawaan `ssdlite320_mobilenet_v3_large` dari *library* `torchvision.models.detection`. Model ini menggunakan MobileNetV3 sebagai *backbone* untuk proses ekstraksi fitur gambar dan SSD sebagai metode deteksi objek. Selama implementasi, model ini menggunakan *pretrained weights* bawaan PyTorch yang telah dilatih pada dataset COCO. Penggunaan *pretrained* model bertujuan untuk mempercepat proses pelatihan model dan meningkatkan



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

kinerja deteksi. Pemanggilan arsitektur SSD MobileNetV3 dapat dilihat pada Gambar 4. 19.

```
weights = SSDLite320_MobileNet_V3_Large_Weights.DEFAULT
model = ssdlite320_mobilenet_v3_large(weights=weights)
```

Gambar 4. 19 Pemanggilan SSD MobileNetV3

Selanjutnya, bagian *classification head* pada model dimodifikasi agar sesuai dengan jumlah kelas pada penelitian ini. Jumlah kelas ditentukan sebanyak dua kelas, yaitu background dan pelat nomor kendaraan. Modifikasi *classification head* dilakukan menggunakan *SSDLiteClassificationHead*. Setelah model berhasil dibangun, model dipindahkan ke perangkat komputasi GPU menggunakan CUDA agar proses *training* dapat berjalan lebih cepat. Baris kode modifikasi *classification* telah tertera pada Gambar 4.20.

```
model.head.classification_head = SSDLiteClassificationHead(
    in_channels=in_channels,
    num_anchors=num_anchors,
    num_classes=NUM_CLASSES,
    norm_layer=nn.BatchNorm2d
)
```

Gambar 4. 20 Modifikasi *Classificatin Head*

Pada proses pelatihan model, digunakan *optimizer* Adam dengan *learning rate* sebesar 1×10^{-4} . *Optimizer* Adam dipilih karena memiliki kemampuan adaptif dalam memperbarui parameter model sehingga proses konvergensi menjadi lebih stabil.

```
optimizer = torch.optim.Adam(model.parameters(), lr=LEARNING_RATE)

from torch.optim.lr_scheduler import ReduceLROnPlateau

scheduler = ReduceLROnPlateau(
    optimizer,
    mode='max',
    factor=0.5,
    patience=2,
    min_lr=1e-6
)
```

Gambar 4. 21 *Optimizer* dan *Scheduler*

Selain itu, *learning rate scheduler* *ReduceLROnPlateau* digunakan untuk menyesuaikan *learning rate* secara otomatis selama proses *training* berlangsung. Jika kinerja model tidak meningkat selama beberapa *epoch* berturut-turut, *scheduler* tersebut akan menurunkan *learning rate* sebesar 50%. Pendekatan 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

digunakan untuk memaksimalkan kinerja model dan mengurangi risiko *training* yang stagnan.

```
early_stopping = EarlyStoppingMAP(patience=5)
```

Gambar 4. 22 Implementasi Early Stopping

Untuk mencegah *overfitting* selama proses pelatihan model, telah diterapkan mekanisme *Early Stopping* berdasarkan nilai mAP (*Mean Average Precision*). *Early Stopping* ini bertujuan untuk memantau kinerja model pada data validasi sepanjang proses pelatihan.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.22, dalam studi ini, digunakan nilai *patience* sebesar 5. Hal ini berarti bahwa proses pelatihan akan dihentikan secara otomatis jika nilai mAP tidak mengalami peningkatan selama lima *epoch* berturut-turut. Begitu nilai mAP meningkat, sistem akan menyimpan nilai tersebut sebagai hasil terbaik dan mengatur ulang penghitung *epoch*. Tujuan penggunaan *Early Stopping* adalah untuk mencegah proses pelatihan yang terlalu lama dan mencegah model mengalami *overfitting* terhadap data *training*.

Selanjutnya, model SSD MobileNetV3 dilatih menggunakan data *training* yang telah disiapkan sebelumnya. Sebelum pelatihan dimulai, sistem membuat *file log* yang mencatat statistik evaluasi untuk setiap *epoch*. Statistik yang dicatat meliputi *training loss*, mAP@0.50, dan mAP@0.75. Konfigurasi ini dapat dilihat dalam Gambar 4.23.

```
LOG_FILE = os.path.join(BASE_PATH, "training_log.csv")
headers = ["epoch", "train_loss", "val_map_50", "val_map_75"]
```

Gambar 4. 23 Pembuatan Log Training

Selanjutnya, pada Gambar 4.24, metrik evaluasi diinisialisasi menggunakan indikator MeanAveragePrecision dari *library* TorchMetrics. Metrik ini digunakan untuk mengukur seberapa baik model mampu mendeteksi area pelat nomor berdasarkan kesesuaian antara *bounding box* yang diprediksi dengan *ground truth*.

```
map_metric = MeanAveragePrecision(box_format='xyxy', class_metrics=False)
```

Gambar 4. 24 Inisialisasi mAP



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 mengumukkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Pada setiap *epoch*, model beralih ke mode *training* menggunakan fungsi `model.train()`. Data citra dan anotasi kemudian dimuat secara bertahap dari `DataLoader`. Setelah itu, dilakukan *forward propagation*, yang menghasilkan prediksi dan menghitung nilai *loss*.

```
for epoch in range(NUM_EPOCHS):
    model.train()
    total_loss = 0

    for i, (images, targets) in enumerate(train_loader):
```

Gambar 4. 25 Training Loop

Nilai *loss* yang diperoleh digunakan dalam proses *backpropagation* untuk memperbarui parameter model. Parameter tersebut diperbarui menggunakan *optimizer* Adam, sehingga model dapat belajar mengenali pola penempatan pelat nomor pada foto-foto kendaraan. Konfigurasi *backpropagation* ini dapat dilihat dalam Gambar 4.26.

```
loss_dict = model(images, targets)
losses = sum(loss for loss in loss_dict.values())

optimizer.zero_grad()
losses.backward()
optimizer.step()
```

Gambar 4. 26 Backpropagation

Setelah semua data *training* diproses, model dievaluasi menggunakan data validasi. Pada tahap ini, model dialihkan ke mode evaluasi menggunakan fungsi `model.eval()` dan proses inferensi dilakukan tanpa menghitung gradien dengan menggunakan fungsi `torch.no_grad()`. Baris kode evaluasi model ditunjukkan dalam Gambar 4.27.

```
model.eval()
map_metric.reset()

with torch.no_grad():
    for images, targets in val_loader:
```

Gambar 4. 27 Validation

Hasil prediksi kemudian digunakan untuk menghitung nilai $mAP@0.50$ dan $mAP@0.75$. Nilai $mAP@0.50$ berfungsi sebagai indikator kinerja utama model serta sebagai acuan bagi *learning rate scheduler* dan mekanisme *early stopping*. Nilai $mAP@0.50$ mengukur kinerja deteksi dengan batas *Intersection over Union*



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

(IoU) sebesar 0,50, sedangkan mAP@0.75 menggunakan batas IoU yang lebih ketat, yaitu 0,75. Semakin tinggi nilai mAP yang diperoleh, semakin baik kemampuan model dalam mendeteksi posisi pelat nomor.

```
# ===== Scheduler step (based on mAP) =====
scheduler.step(map_50)

# ===== Early Stopping check =====
early_stopping.step(map_50)

current_lr = optimizer.param_groups[0]['lr']
print(f"📊 Current Learning Rate: {current_lr:.6f}")

if early_stopping.stop:
    print("🛑 Early stopping triggered (mAP@50 not improving)")
    break
```

Gambar 4. 28 Early Stopping dan Scheduler

Setelah proses pelatihan selesai, model tersebut disimpan dalam format .pth menggunakan fungsi torch.save(). File model yang telah disimpan tersebut kemudian digunakan pada tahap implementasi sistem web untuk mendeteksi secara otomatis area yang terdapat pelat nomor kendaraan.

```
save_path = os.path.join(BASE_PATH, "ssd_mobilenet_v3_AUGMENTED_FINAL.pth")
torch.save(model.state_dict(), save_path)
print(f"✅ Training Complete. Model saved to: {save_path}")
print(f"✅ History saved to: {LOG_FILE}")
```

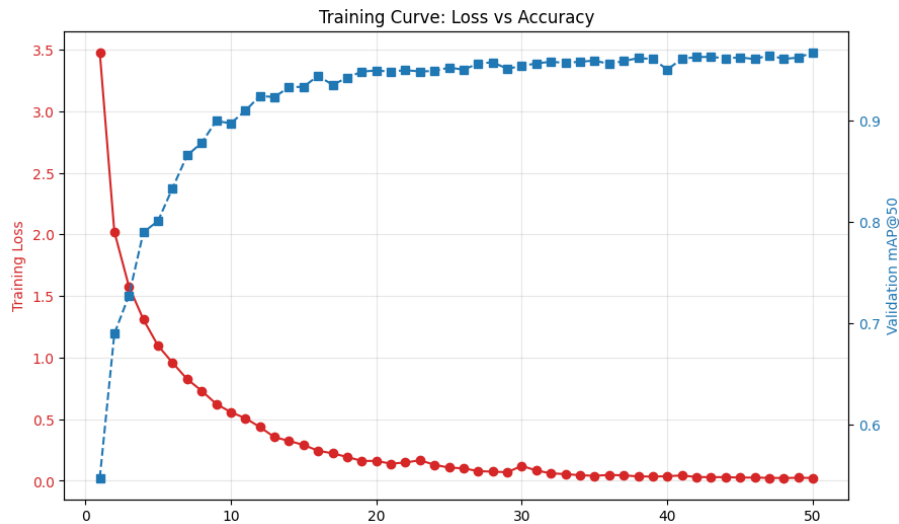
Gambar 4. 29 Penyimpanan Model

Setelah proses pelatihan selesai, nilai *training loss* dan *validation mAP@50* divisualisasikan untuk setiap *epoch*. Grafik hasil pelatihan pada Gambar 4.30 menunjukkan bahwa nilai *training loss* secara bertahap menurun dari sekitar 3,48 pada *epoch* pertama menjadi mendekati 0 pada *epoch* ke-50. Penurunan nilai *loss* ini menunjukkan bahwa model semakin mampu mengenali pola area pelat nomor pada citra kendaraan. Pada saat yang sama, nilai *validation mAP@50* meningkat secara bertahap dari sekitar 0,55 menjadi lebih dari 0,97. Peningkatan nilai mAP@50 menunjukkan bahwa kemampuan model untuk mendeteksi area dengan pelat nomor kendaraan meningkat seiring bertambahnya jumlah *epoch* pelatihan. Berdasarkan grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa model SSD MobileNetV3 telah berhasil mencapai kinerja deteksi yang tinggi dan menunjukkan konvergensi yang stabil selama pelatihan.



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.30 Visualisasi *Training*

Setelah proses pelatihan selesai, dilakukan evaluasi terhadap model SSD MobileNetV3 menggunakan metrik *Mean Average Precision* (mAP) pada data validasi. Gambar 4.31 menunjukkan baris kode yang digunakan untuk membuat objek evaluasi mAP. Parameter `box_format='xyxy'` berfungsi sebagai format *bounding box* yang berupa x_{min} , y_{min} , x_{max} , y_{max} . Sedangkan, parameter `class_metrics=True` berfungsi untuk menghitung metrik untuk setiap kelas objek. Dikarenakan penelitian ini hanya memiliki satu kelas objek, yaitu pelat nomor, maka evaluasi dilakukan terhadap kelas tersebut.

```
metric = MeanAveragePrecision(box_format='xyxy', class_metrics=True)
```

Gambar 4.31 Inisialisasi *Mean Average Precision*

Evaluasi dilakukan menggunakan pustaka *TorchMetrics* dengan menghitung nilai mAP secara keseluruhan (*mAP*), mAP pada ambang IoU 0,50 (*mAP@50*), dan mAP pada ambang IoU 0,75 (*mAP@75*). Selain itu, evaluasi juga menghitung nilai presisi berdasarkan ukuran objek, yaitu objek kecil, sedang, dan besar. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.32, Hasil pengujian menunjukkan nilai mAP sebesar 0,7349, mAP@50 sebesar 0,9674, dan mAP@75 sebesar 0,8161.

```
=====
🏆 FINAL VALIDATION RESULTS
=====
mAP (Mean Average Precision):      0.7349
mAP_50 (Standard Accuracy):        0.9674
mAP_75 (Strict Accuracy):           0.8161
-----
Precision (Large Objects):          0.8878
Precision (Medium Objects):         0.6344
Precision (Small Objects):          0.4228
=====
```

Gambar 4. 32 Hasil Evaluasi Model

Nilai mAP@50 yang tinggi menunjukkan bahwa model ini mampu mendeteksi area yang berisi pelat nomor dengan tingkat keberhasilan yang sangat tinggi pada ambang batas *Intersection over Union* (IoU) sebesar 0,50. Nilai mAP@75 pada saat yang sama menunjukkan bahwa model mampu menghasilkan *bounding box* yang cukup akurat dibandingkan dengan posisi sebenarnya dari pelat nomor. Evaluasi berdasarkan ukuran objek juga menunjukkan nilai mAP sebesar 0,8878 untuk objek besar, 0,6344 untuk objek sedang, dan 0,4228 untuk objek kecil. Hasil ini menunjukkan bahwa model berkinerja terbaik pada pelat nomor berukuran besar, sementara objek kecil tetap menjadi tantangan dalam proses deteksi. Semua hasil evaluasi kemudian disimpan dalam berkas `final_metrics_report.csv` untuk memudahkan dokumentasi dan analisis lebih lanjut.



Gambar 4. 33 Visualisasi Hasil Deteksi SSD MobileNetV3

Untuk memverifikasi kemampuan model dalam mendeteksi area pelat nomor kendaraan, dilakukan visualisasi hasil deteksi pada data validasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.33. Gambar 4.33 menunjukkan perbandingan antara anotasi *ground truth* dan hasil prediksi SSD MobileNetV3 pada salah satu citra validasi. Nilai 0,98 yang ditampilkan pada *bounding box* hasil prediksi merupakan

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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

confidence score, yaitu tingkat keyakinan model bahwa area yang terdeteksi merupakan objek pelat nomor. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa posisi *bounding box* prediksi memiliki kesesuaian yang tinggi dengan anotasi *ground truth*, sehingga model mampu mendeteksi lokasi pelat nomor secara tepat.

4.3.2 Implementasi Model Rekognisi Teks Pelat Nomor Menggunakan PaddleOCR

Implementasi rekognisi teks dilakukan dengan menggunakan PaddleOCR, yang berfungsi untuk mengenali karakter pada area pelat nomor yang telah berhasil dideteksi oleh model SSD MobileNetV3. Pada tahap ini, model PaddleOCR diinisialisasi dengan konfigurasi untuk bahasa Inggris (*lang='en'*), karena karakter pada pelat nomor terdiri dari alfabet dan angka. Selain itu, parameter *use_angle_cls=True* digunakan untuk mengaktifkan fungsi klasifikasi orientasi teks, sehingga model juga dapat mengenali teks meskipun pelat nomor tidak berada dalam posisi horizontal yang sempurna.

```
# Initialize PaddleOCR once
ocr = PaddleOCR(use_angle_cls=True, lang='en', show_log=False)
```

Gambar 4. 34 Inisialisasi PaddleOCR

Setelah model berhasil dimuat, model deteksi SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR diintegrasikan menggunakan fungsi *detect_and_ocr_image()*. Fungsi ini menerima citra kendaraan sebagai masukan, lalu melakukan deteksi objek menggunakan model SSD MobileNetV3 untuk mendapatkan koordinat *bounding box* di sekitar pelat nomor. Prediksi dengan nilai *confidence score* di atas nilai *threshold* yang ditetapkan kemudian diproses pada tahap pengenalan teks.

```
# --- 2. Define Detection + OCR Function ---
def detect_and_ocr_image(pil_image, detection_model, ocr_model, threshold=0.3):
    """
```

Gambar 4. 35 Konfigurasi Pipeline Deteksi dan OCR

Proses ekstraksi area pelat nomor ditunjukkan pada Gambar 4.36. Setelah koordinat *bounding box* diperoleh dari hasil deteksi, area yang berada di dalam *bounding box* dipotong menggunakan Teknik *Region of Interest (ROI) cropping* sehingga hanya bagian pelat nomor yang diproses pada tahap berikutnya. Citra ROI yang dihasilkan kemudian dikonversi ke format *array NumPy*, sehingga dapat digunakan sebagai



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

masukannya untuk PaddleOCR. Tujuan dari langkah ini adalah untuk memastikan bahwa proses OCR hanya dilakukan pada area pelat nomor, sehingga gangguan dari objek lain dalam citra dapat diminimalkan.

```
# Crop ROI
roi_crop = pil_image.crop((x1, y1, x2, y2))
roi_np = np.array(roi_crop) # Convert to numpy for Paddle

# Run OCR
ocr_result = ocr_model.ocr(roi_np, cls=True)
```

Gambar 4. 36 Ekstraksi Area dan Rekognisi Teks

Pengenalan teks dilakukan dengan menggunakan fungsi `ocr()` dari PaddleOCR. Fungsi ini secara otomatis mendeteksi area teks, mengekstrak karakter-karakternya, dan melakukan proses pengenalan. Hasilnya adalah teks pelat nomor yang berhasil dikenali dari gambar citra ROI. Teks yang dikenali kemudian disimpan bersama dengan informasi lokasi *bounding box*, sehingga dapat ditampilkan kembali pada citra yang diprediksi.

Setelah implementasi proses pendeteksian dan pengenalan karakter berhasil dilakukan, pengujian dilakukan pada data validasi untuk memeriksa kinerja sistem secara visual. Pengujian dilakukan dengan memilih satu citra secara acak dari data validasi, kemudian menjalankan fungsi `detect_and_ocr_image()`, yang mengintegrasikan model SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR. Nilai *threshold* yang digunakan untuk menampilkan contoh hasil deteksi dan pengenalan karakter adalah sebesar 0,25.



Gambar 4. 37 Hasil Deteksi dan Pengenalan Karakter



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hasil visualisasi ditampilkan dalam dua panel, seperti yang terlihat pada Gambar 4.37. Panel pertama menampilkan anotasi sebenarnya (*ground truth*) berupa *bounding box* pelat nomor, yang diambil dari dataset. Panel kedua menampilkan hasil deteksi menggunakan SSD MobileNetV3, bersama dengan hasil pengenalan karakter menggunakan PaddleOCR. Hasil prediksi menampilkan teks pelat nomor yang berhasil dikenali dan nilai *confidence*, yang menunjukkan tingkat keyakinan sistem terhadap hasil pengenalan karakter.

4.3.3 Implementasi Web

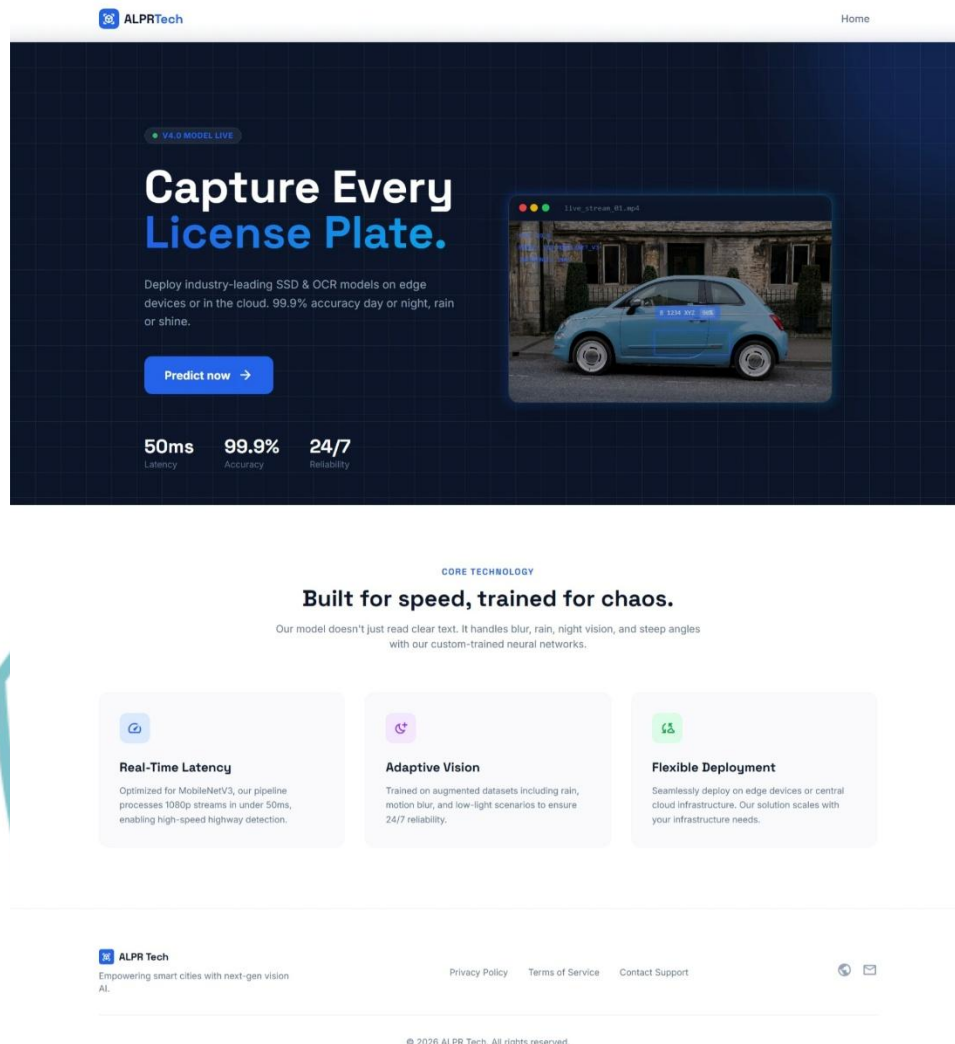
Implementasi web ini dikembangkan sebagai platform untuk menerapkan model yang telah dikembangkan sebelumnya guna mendeteksi dan mengenali karakter pada pelat nomor kendaraan. Web ini dirancang agar dapat langsung digunakan oleh pengguna, tanpa memerlukan hak akses khusus, seperti hak akses administrator. Melalui aplikasi web ini, pengguna dapat mengunggah citra kendaraan dan secara otomatis menerima hasil deteksi pelat nomor beserta hasil pengenalan karakternya.

Sistem web ini dikembangkan menggunakan arsitektur *client-server*, di mana antarmuka pengguna (*frontend*) berfungsi untuk menerima data masukan dari citra kendaraan dan menampilkan hasil prediksi, sementara *backend* bertugas menjalankan model SSD MobileNetV3 untuk mendeteksi area yang berisi pelat nomor dan PaddleOCR untuk mengenali karakter pada pelat nomor yang terdeteksi. Hasil yang telah diproses kemudian dikirim kembali ke *frontend*, di mana hasil tersebut ditampilkan kepada pengguna.



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



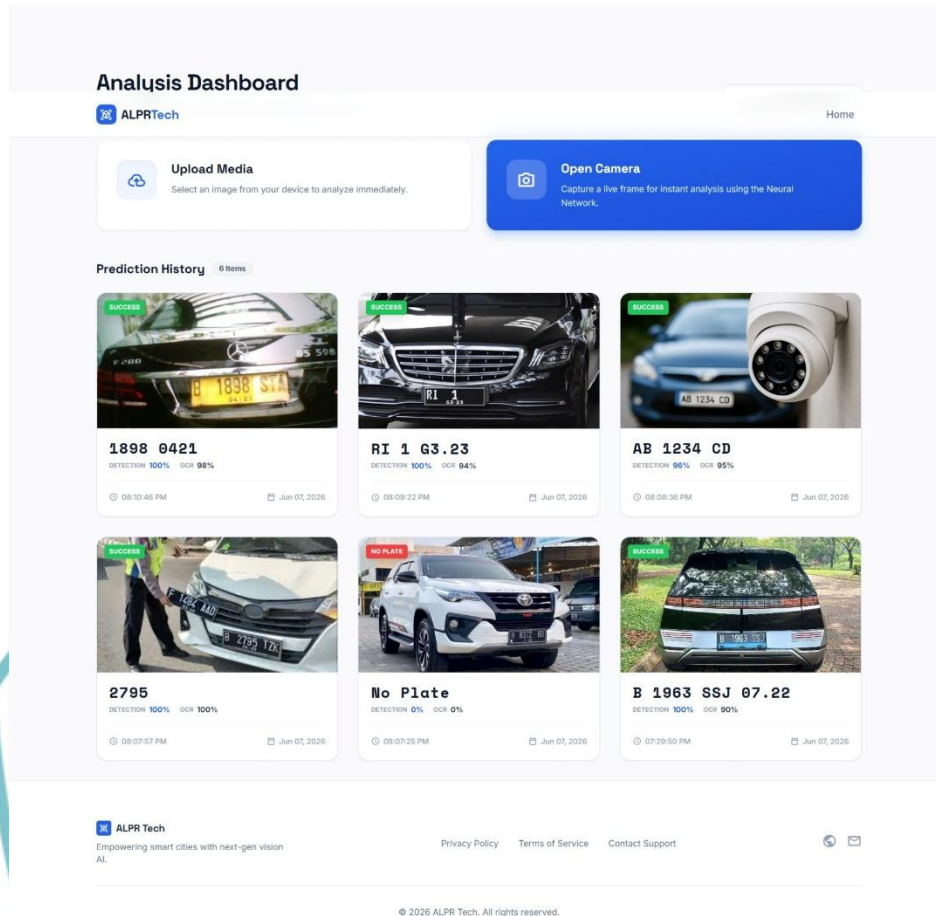
Gambar 4. 38 Halaman *Home*

Halaman utama (*Home*) berfungsi sebagai halaman informasi sistem dan menyediakan navigasi bagi pengguna untuk melanjutkan ke halaman prediksi. Di halaman ini, ditampilkan informasi ringkas mengenai teknologi yang digunakan – terutama SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR – serta terdapat tombol yang akan mengarahkan pengguna ke fitur prediksi nomor pelat kendaraan.



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 39 Halaman *Dashboard* Analisis

Gambar 4.39 menunjukkan tampilan *dashboard* analisis yang digunakan pengguna untuk melakukan proses deteksi dan pengenalan karakter pelat nomor kendaraan. Halaman *dashboard* analisis merupakan halaman utama yang digunakan pengguna untuk melakukan proses deteksi dan pengenalan karakter pelat nomor kendaraan. Halaman ini merupakan navigasi dari *button Predict Now* yang terdapat pada halaman *home*. Tampilan halaman ini menyediakan dua metode masukan citra, yaitu melalui fitur *Upload Media* untuk mengunggah gambar kendaraan dari perangkat pengguna dan fitur *Open Camera* untuk mengambil gambar secara langsung menggunakan kamera. Selain itu, pada bagian atas halaman ditampilkan status model yang digunakan, yaitu SSD MobileNetV3 sebagai model deteksi pelat nomor dan PaddleOCR sebagai model pengenalan karakter.

Setelah pengguna mengunggah atau mengambil gambar kendaraan, sistem akan memproses citra tersebut menggunakan model SSD MobileNetV3 untuk mendeteksi lokasi pelat nomor. Area pelat nomor yang berhasil terdeteksi kemudian

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer – Politeknik Negeri Jakarta

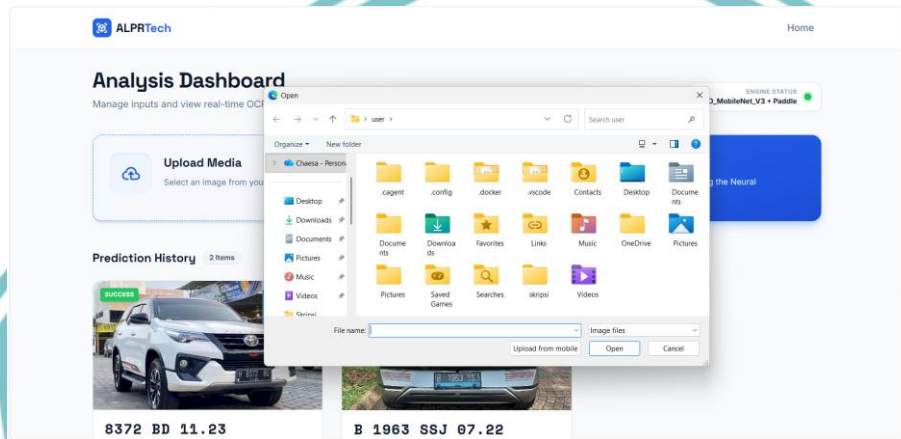


© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

diekstraksi dan diproses menggunakan PaddleOCR untuk menghasilkan teks pelat nomor. Hasil pengenalan karakter ditampilkan pada bagian *Prediction History* dalam bentuk kartu hasil yang memuat gambar kendaraan, teks pelat nomor yang berhasil dikenali, nilai *confidence score* OCR, serta informasi waktu dan tanggal proses prediksi dilakukan. Tampilan ini memungkinkan pengguna untuk melihat dan meninjau kembali hasil prediksi yang telah dilakukan sebelumnya.



Gambar 4. 40 Halaman Unggah Citra Kendaraan

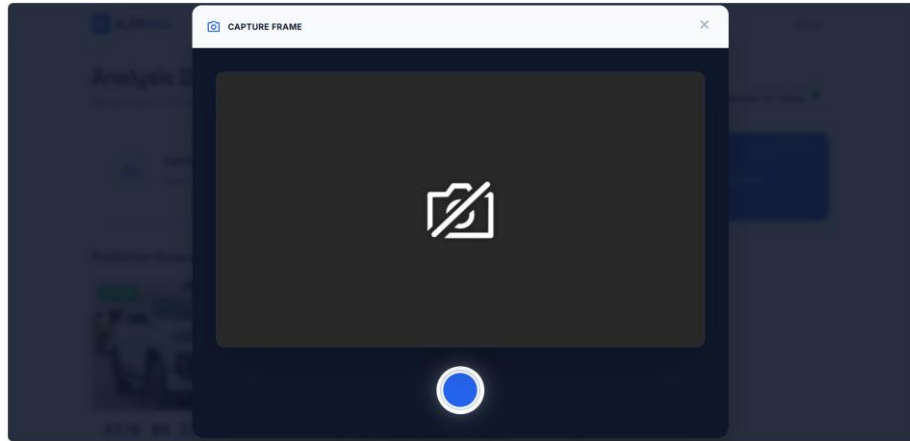
Halaman unggah gambar digunakan untuk memasukkan citra kendaraan yang akan diproses oleh sistem. Ketika pengguna menekan tombol *Upload Media*, sistem akan menampilkan jendela pemilihan berkas (*file explorer*) yang memungkinkan pengguna memilih gambar kendaraan dari perangkat lokal. Setelah gambar dipilih, citra akan dikirim ke *backend* untuk diproses menggunakan model SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR. Fitur ini memudahkan pengguna dalam melakukan pengujian terhadap citra yang telah tersimpan sebelumnya tanpa memerlukan perangkat kamera.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

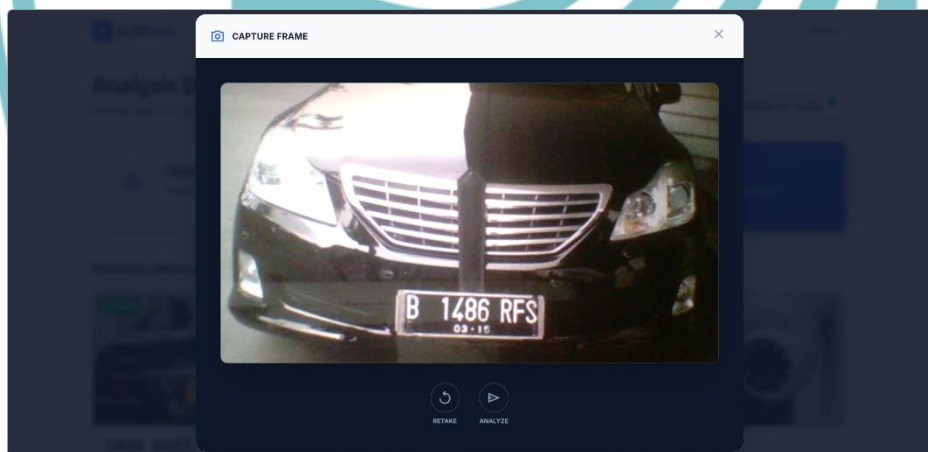
Hak Cipta :

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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 41 Halaman Pengambilan Gambar Menggunakan Kamera

Selain menggunakan citra yang tersimpan pada perangkat, sistem juga menyediakan fitur pengambilan gambar secara langsung melalui kamera. Ketika tombol *Open Camera* dipilih, sistem akan menampilkan jendela kamera yang digunakan untuk menangkap citra kendaraan secara *real-time*.



Gambar 4. 42 Halaman Pratinjau Hasil Tangkapan Kamera

Setelah pengguna berhasil mengambil gambar menggunakan fitur *Open Camera*, sistem menampilkan halaman pratinjau hasil tangkapan kamera sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.42. Pada halaman ini, pengguna diberikan kesempatan untuk melakukan evaluasi terhadap gambar yang telah diambil sebelum melanjutkan proses analisis. Sistem menyediakan dua tombol aksi, yaitu *Retake* dan *Analyze*. Tombol *Retake* digunakan apabila gambar yang dihasilkan dianggap kurang sesuai, misalnya karena objek kendaraan tidak terlihat dengan jelas, posisi pelat nomor tidak optimal, atau kualitas gambar kurang baik. Ketika tombol *Retake*



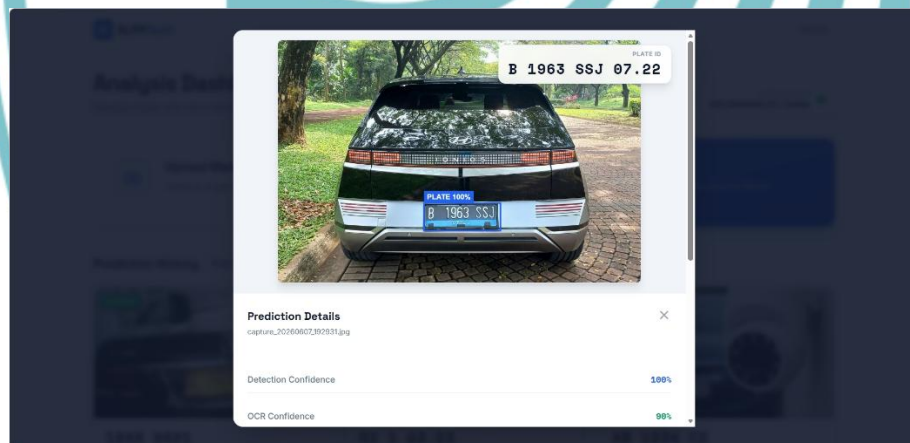
© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

dipilih, sistem akan kembali menampilkan tampilan kamera sehingga pengguna dapat mengambil gambar ulang.

Sementara itu, tombol *Analyze* digunakan untuk mengirimkan gambar hasil tangkapan kamera ke server untuk diproses lebih lanjut. Setelah tombol *Analyze* ditekan, sistem akan menjalankan proses deteksi area pelat nomor menggunakan model SSD MobileNetV3. Apabila pelat nomor berhasil dideteksi, area pelat nomor yang diperoleh akan diteruskan ke model PaddleOCR untuk melakukan proses rekognisi karakter. Hasil deteksi dan rekognisi kemudian ditampilkan pada halaman hasil prediksi beserta informasi pendukung seperti nilai *confidence score*, waktu prediksi, dan detail hasil deteksi. Keberadaan fitur *Retake* dan *Analyze* memberikan fleksibilitas kepada pengguna untuk memastikan kualitas gambar yang digunakan sebelum proses prediksi dilakukan.



Gambar 4. 43 Halaman Detail Hasil Prediksi

Halaman detail hasil prediksi digunakan untuk menampilkan informasi lengkap dari hasil deteksi dan pengenalan karakter pelat nomor. Pada halaman ini ditampilkan citra kendaraan beserta lokasi pelat nomor yang berhasil dideteksi dalam bentuk *bounding box*. Sistem juga menampilkan hasil pengenalan karakter pelat nomor, nilai *confidence score* hasil deteksi, waktu dan tanggal prediksi, serta informasi model yang digunakan. Selain itu, sistem menampilkan keluaran teknis berupa koordinat *bounding box* dan informasi hasil inferensi yang dihasilkan oleh model. Tampilan ini membantu pengguna dalam melakukan verifikasi terhadap hasil deteksi dan pengenalan karakter yang dilakukan oleh sistem.



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.3.3.1 Integrasi Model ke Dalam Aplikasi Web

Integrasi model ke dalam aplikasi web merupakan tahap yang bertujuan untuk menghubungkan model deteksi pelat nomor SSD MobileNetV3 dan model rekognisi karakter PaddleOCR dengan antarmuka website sehingga dapat digunakan secara langsung oleh pengguna. Pada penelitian ini, proses integrasi dilakukan menggunakan *framework* Flask sebagai penghubung antara antarmuka pengguna (*frontend*) dan model kecerdasan buatan yang berjalan pada sisi server (*backend*). Melalui proses integrasi ini, pengguna dapat melakukan unggah gambar maupun pengambilan gambar menggunakan kamera secara langsung untuk memperoleh hasil deteksi dan rekognisi pelat nomor kendaraan secara otomatis.

1. Inisialisasi *Library* dan Model

Tahap pertama dalam proses integrasi adalah melakukan inisialisasi *library* dan model yang digunakan oleh sistem. *Library* PyTorch digunakan untuk menjalankan model SSD MobileNetV3, sedangkan PaddleOCR digunakan untuk proses rekognisi karakter pelat nomor. Selain itu, sistem juga melakukan konfigurasi perangkat komputasi dengan memanfaatkan GPU apabila tersedia. Model SSD MobileNetV3 yang telah melalui proses pelatihan sebelumnya dimuat menggunakan *file* bobot model berekstensi *.pth*, kemudian diatur ke mode evaluasi (*evaluation mode*) agar dapat digunakan untuk proses inferensi. Pada tahap yang sama, PaddleOCR juga diinisialisasi untuk melakukan proses pembacaan karakter pada area pelat nomor yang berhasil dideteksi. Implementasi proses inisialisasi model ditunjukkan pada Gambar 4.44.

```

model_load.py > ...
1 import os
2 import torch
3 import torch.nn as nn
4 from torchvision.models.detection import ssdlite320_mobilenet_v3_large, SSdLite320_MobileNet_V3_Large_Weights
5 from torchvision.models.detection.ssdlite import SSdLiteClassificationHead
6 from paddleocr import PaddleOCR
7
8 # --- Configuration ---
9 model_dir = "model"
10 # The specific .pth file you mentioned earlier
11 ssd_filename = "ssd_mobilenet_v3_AUGMENTED_FINAL (3).pth"
12 ssd_path = os.path.join(model_dir, ssd_filename)
13
14 device = torch.device("cuda" if torch.cuda.is_available() else "cpu")
15
16 # --- 1. Load PyTorch SSD MobileNetV3 ---
17 print(f"Loading SSD Model from: {ssd_path}")
18
19 # --- 2. Load PaddleOCR ---
20 print("Loading PaddleOCR...")
21 # Initialize PaddleOCR (English model + Angle Classification)
22 ocr_model = PaddleOCR(use_angle_cls=True, lang='en', show_log=False)
23 print("PaddleOCR loaded successfully!")
  
```

Gambar 4. 44 Inisialisasi *Library* dan Model



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2. Implementasi *Pipeline* Deteksi dan Rekognisi

Setelah model berhasil dimuat, sistem mengimplementasikan fungsi prediksi yang mengintegrasikan proses deteksi dan rekognisi ke dalam satu alur kerja. Fungsi tersebut menerima citra masukan yang kemudian dikonversi menjadi tensor sebelum diproses oleh SSD MobileNetV3. Model SSD MobileNetV3 menghasilkan koordinat *bounding box* dan nilai *confidence score* untuk setiap objek yang terdeteksi. Selanjutnya, sistem melakukan penyaringan hasil deteksi menggunakan nilai *threshold* sebesar 0,8. Area pelat nomor yang memenuhi *threshold* kemudian diekstraksi dan diteruskan ke PaddleOCR untuk dilakukan proses pembacaan karakter. Hasil akhir yang diperoleh berupa koordinat *bounding box*, nilai *confidence* deteksi, teks pelat nomor hasil rekognisi, serta nilai *confidence* OCR. Implementasi fungsi integrasi deteksi dan rekognisi ditunjukkan pada Gambar 4.45.

```

55 # --- PIPELINE ---
56 def predict_pipeline(pil_image, detection_threshold=0.8):
57     img_tensor = transform(pil_image).to(device)
58
59     with torch.no_grad():
60         prediction = ssd_model(img_tensor)[0]
61
62     boxes = prediction['boxes'].cpu().numpy()
63     scores = prediction['scores'].cpu().numpy()
64     results = []
65
66     for i, score in enumerate(scores):
67         if score > detection_threshold:
68             box = boxes[i].astype(int)
69             x1, y1, x2, y2 = box
70
71             # clamp & crop
72             x1 = max(0, x1); y1 = max(0, y1)
73             x2 = min(pil_image.width, x2); y2 = min(pil_image.height, y2)
74
75             roi_crop = pil_image.crop((x1, y1, x2, y2))
76             roi_np = np.array(roi_crop)
77
78             # OCR
79             ocr_result = ocr_model.ocr(roi_np, cls=True)
80             detected_text = ""
81             ocr_conf = 0.0
82
83             if ocr_result and ocr_result[0]:
84                 texts = [line[1][0] for line in ocr_result[0]]
85                 confs = [line[1][1] for line in ocr_result[0]]
86                 detected_text = " ".join(texts)
87                 ocr_conf = float(np.mean(confs))
88
89             results.append({
90                 "box": [int(x1), int(y1), int(x2), int(y2)],
91                 "detection_score": float(score),
92                 "text": detected_text,
93                 "ocr_score": ocr_conf
94             })
95     return results

```

Gambar 4. 45 Fungsi *Predict Pipeline*

3. Implementasi *Endpoint* Prediksi

Untuk memungkinkan komunikasi antara antarmuka website dan model kecerdasan buatan, sistem menyediakan *endpoint* prediksi menggunakan metode HTTP POST pada route */predict*. *Endpoint* ini bertugas menerima gambar yang dikirim oleh pengguna melalui fitur *Upload Media* maupun *Open Camera*. Setelah gambar diterima, sistem melakukan penyimpanan gambar ke dalam direktori penyimpanan lokal dan menjalankan fungsi prediksi yang telah



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

diimplementasikan sebelumnya. Dengan adanya *endpoint* ini, proses inferensi dapat dilakukan secara otomatis setiap kali pengguna mengirimkan gambar untuk dianalisis. Implementasi *endpoint* prediksi ditunjukkan pada Gambar 4.46.

```
109 @app.route('/predict', methods=['POST'])
```

Gambar 4. 46 Impelementasi *Endpoint* Prediksi

4. Penyimpanan dan Penampilan Hasil Prediksi

Hasil deteksi dan rekognisi yang diperoleh selanjutnya disimpan ke dalam basis data sederhana berbasis *file* JSON melalui mekanisme *Prediction History*. Informasi yang disimpan meliputi identitas prediksi, waktu prediksi, gambar hasil *input*, hasil pembacaan pelat nomor, nilai *confidence* deteksi, nilai *confidence* OCR, serta detail hasil prediksi yang dihasilkan oleh model. Data tersebut kemudian ditampilkan kembali pada halaman *dashboard* sehingga pengguna dapat melihat riwayat prediksi yang pernah dilakukan. Selain itu, sistem juga menyediakan fitur *Detail Prediction* yang memungkinkan pengguna melihat informasi hasil deteksi secara lebih rinci, termasuk visualisasi *bounding box* dan nilai *confidence* yang dihasilkan oleh model. Implementasi penyimpanan dan penampilan hasil prediksi ditunjukkan pada Gambar 4.47.

```
140 record = {
141     'id': filename,
142     'timestamp': datetime.now().strftime("%I:%M:%S %p"),
143     'date': datetime.now().strftime("%b %d, %Y"),
144     'image_url': f"/{filepath}", # path for HTML image tag
145     'plate_text': top_plate,
146     'detection_confidence': f"{top_det:.0%}", # SSD box score
147     'ocr_confidence': f"{top_ocr:.0%}", # PaddleOCR text score
148     'confidence': f"{top_det:.0%}", # back-compat alias = detection
149     'raw_results': pipeline_results,
150     'status': 'Success' if pipeline_results else 'No Detection'
151 }
152
153 # 4. Save to DB
154 save_to_history(record)
```

Gambar 4. 47 Implementasi Penyimpanan dan Penampilan Hasil Deteksi

4.4 Pengujian

Tahap pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem deteksi dan pengenalan karakter pelat nomor kendaraan yang telah dikembangkan. Pengujian dilakukan setelah seluruh proses implementasi model SSD MobileNetV3, PaddleOCR, dan website selesai dilakukan. Melalui tahap ini dapat diketahui kemampuan sistem dalam mendeteksi area pelat nomor, mengenali



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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

karakter yang terdapat pada pelat nomor, serta menampilkan hasil prediksi melalui antarmuka website.

4.4.1 Deskripsi Pengujian

Pada penelitian ini, pengujian dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu pengujian model dan pengujian website. Pengujian model dilakukan untuk mengevaluasi performa SSD MobileNetV3 sebagai model deteksi pelat nomor dan PaddleOCR sebagai model pengenalan karakter. Evaluasi dilakukan menggunakan data validasi serta dataset eksternal yang tidak digunakan pada proses pelatihan. Sementara itu, pengujian website dilakukan untuk memastikan seluruh fitur pada sistem dapat berjalan sesuai dengan fungsinya, mulai dari proses unggah gambar, pengambilan gambar menggunakan kamera, hingga menampilkan hasil deteksi dan pengenalan karakter pelat nomor.

Pengujian pada penelitian ini meliputi pengujian model dan pengujian website. Pengujian model dilakukan untuk mengevaluasi performa SSD MobileNetV3 sebagai model deteksi pelat nomor dan PaddleOCR sebagai model rekognisi teks. Selain itu, dilakukan pula pengujian untuk menentukan nilai *threshold* yang optimal serta mengukur kemampuan generalisasi model terhadap berbagai kondisi citra menggunakan dataset eksternal. Sementara itu, pengujian website dilakukan untuk memastikan seluruh fitur yang tersedia dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan sistem. Hasil dari seluruh pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui performa dan tingkat keberhasilan sistem yang dikembangkan.

4.4.1.1 Pengujian Model

Pengujian model dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem deteksi dan pengenalan karakter pelat nomor yang dikembangkan menggunakan SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan model dalam mendeteksi area pelat nomor kendaraan serta mengenali karakter yang terdapat pada pelat nomor secara akurat. Selain itu, pengujian juga dilakukan untuk memastikan bahwa model yang telah dilatih mampu bekerja dengan baik ketika diterapkan pada data yang belum pernah digunakan selama proses pelatihan.



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Evaluasi model dilakukan melalui beberapa tahap pengujian. Tahap pertama adalah pengujian performa model SSD MobileNetV3 menggunakan metrik *Mean Average Precision* (mAP) pada data validasi untuk mengukur kemampuan model dalam mendeteksi lokasi pelat nomor. Tahap kedua adalah pengujian model PaddleOCR untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengenali karakter pada area pelat nomor yang telah berhasil dideteksi. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk menentukan nilai *threshold* deteksi yang optimal berdasarkan hasil pengenalan karakter. Pengujian terakhir dilakukan menggunakan dataset eksternal yang telah diberikan beberapa skenario augmentasi, yaitu *rain*, *blur*, *grayscale*, dan *rotate*, untuk mengukur kemampuan generalisasi sistem terhadap berbagai kondisi citra yang berbeda dari data pelatihan.

Hasil dari seluruh pengujian tersebut digunakan untuk menganalisis performa model secara menyeluruh, baik dari sisi deteksi objek maupun pengenalan karakter. Dengan demikian, dapat diketahui tingkat keberhasilan sistem yang dikembangkan serta kondisi yang dapat memengaruhi kinerja model dalam proses deteksi dan pengenalan pelat nomor kendaraan.

A. Pengujian SSD MobileNetV3 Menggunakan mAP

Pengujian SSD MobileNetV3 dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mendeteksi lokasi pelat nomor kendaraan pada citra. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik *Mean Average Precision* (mAP), yang merupakan salah satu metrik standar pada tugas *object detection*. Nilai mAP digunakan untuk mengukur tingkat kesesuaian antara *bounding box* hasil prediksi model dengan *bounding box ground truth* yang tersedia pada dataset pengujian. Selain itu, evaluasi juga mempertimbangkan nilai *Intersection over Union* (IoU) untuk menentukan apakah suatu prediksi dikategorikan sebagai deteksi yang benar atau tidak. Melalui pengujian ini dapat diketahui tingkat akurasi model SSD MobileNetV3 dalam mendeteksi objek pelat nomor sebelum hasil deteksi tersebut diteruskan ke tahap rekognisi karakter menggunakan PaddleOCR.

B. Pengujian Model Rekognisi Teks Menggunakan PaddleOCR

Pengujian model rekognisi teks dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan PaddleOCR dalam mengenali karakter yang terdapat pada pelat nomor kendaraan



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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

yang berhasil dideteksi oleh SSD MobileNetV3. Pada tahap ini, area pelat nomor yang telah terdeteksi diekstraksi menggunakan teknik *Region of Interest* (ROI) kemudian diproses oleh PaddleOCR untuk menghasilkan keluaran berupa teks pelat nomor. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil rekognisi yang dihasilkan sistem terhadap label *ground truth* pada data pengujian. Hasil pengujian digunakan untuk mengetahui kemampuan PaddleOCR dalam membaca karakter pelat nomor secara akurat pada berbagai kondisi citra kendaraan.

C. Pengujian Penentuan *Threshold* Optimal

Pengujian penentuan *threshold* optimal dilakukan untuk menentukan nilai *confidence threshold* yang paling sesuai digunakan pada model SSD MobileNetV3. Nilai *threshold* berfungsi sebagai batas minimum *confidence score* yang harus dipenuhi oleh suatu hasil deteksi agar dapat diproses lebih lanjut pada tahap rekognisi karakter. Pengujian dilakukan dengan mencoba beberapa nilai *threshold* yang berbeda dan kemudian membandingkan hasil rekognisi teks yang diperoleh. Evaluasi dilakukan menggunakan metode *exact match*, yaitu dengan membandingkan secara langsung hasil rekognisi teks terhadap *ground truth* pelat nomor. Nilai *threshold* yang menghasilkan tingkat akurasi tertinggi dipilih sebagai konfigurasi akhir sistem dan digunakan pada seluruh proses pengujian berikutnya.

D. Pengujian Generalisasi Model pada Dataset Eksternal

Pengujian generalisasi dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi dan mengenali pelat nomor pada data yang berasal dari luar dataset pelatihan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana model SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR mampu mempertahankan performanya ketika dihadapkan pada citra baru yang memiliki karakteristik berbeda dari data pelatihan. Untuk mensimulasikan kondisi penggunaan nyata, dataset eksternal diberikan beberapa jenis augmentasi citra, yaitu *rain*, *blur*, *grayscale*, dan *rotate*. Evaluasi dilakukan dengan mengamati jumlah deteksi yang berhasil dilakukan, keberhasilan rekognisi teks, *Detection Rate*, serta *OCR Success Rate* pada masing-masing skenario augmentasi. Hasil pengujian ini digunakan untuk menilai kemampuan generalisasi sistem dan tingkat ketahanannya terhadap perubahan kondisi lingkungan maupun kualitas citra.



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

E. Pengujian Pengaruh Jarak dan Sudut terhadap Deteksi Pelat Nomor Berwarna Putih

Pengujian ini dilakukan untuk menganalisis kemampuan model SSD MobileNetV3 dalam mendeteksi pelat nomor kendaraan berwarna putih pada berbagai kondisi pengambilan citra. Pengujian difokuskan pada dua parameter, yaitu jarak dan sudut pengambilan gambar, karena kedua faktor tersebut dapat memengaruhi ukuran, bentuk, serta tingkat keterlihatan pelat nomor pada citra yang diproses oleh model.

Pengujian dilakukan menggunakan 14 citra kendaraan dengan pelat nomor berwarna putih yang diambil pada beberapa variasi jarak dan sudut. Variasi jarak yang digunakan meliputi 1 meter, 2 meter, 5 meter, 10 meter, 15 meter, dan 20 meter, sedangkan variasi sudut terdiri atas pengambilan gambar dari arah depan, kiri, dan kanan kendaraan. Hasil pengujian digunakan untuk mengetahui sejauh mana model mampu mempertahankan performa deteksi pada kondisi yang berbeda dibandingkan dengan kondisi ideal.

4.4.1.2 Pengujian Website

Pengujian website dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur yang telah diimplementasikan dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan sistem. Selain berfungsi sebagai antarmuka pengguna, website pada penelitian ini juga berperan sebagai media integrasi antara model SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR yang telah dikembangkan sebelumnya. Oleh karena itu, pengujian tidak hanya difokuskan pada aspek fungsionalitas antarmuka, tetapi juga pada kemampuan website dalam menghubungkan proses unggah citra, deteksi pelat nomor, rekognisi karakter, hingga penyajian hasil kepada pengguna. Pengujian website terdiri dari pengujian fungsionalitas menggunakan metode Black Box Testing dan pengujian integrasi model dengan website.

A. Pengujian Fungsionalitas Menggunakan Black Box Testing

Pengujian fungsionalitas dilakukan menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan bahwa setiap fitur pada website dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan. Metode Black Box Testing dipilih karena berfokus pada pengujian masukan dan keluaran sistem tanpa memperhatikan struktur atau kode program yang digunakan. Pada penelitian ini, pengujian



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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

dilakukan terhadap fitur-fitur utama yang tersedia pada website, seperti unggah citra kendaraan, pengambilan gambar melalui kamera, proses prediksi pelat nomor, penampilan hasil deteksi dan rekognisi karakter, serta penyajian riwayat prediksi. Hasil pengujian digunakan untuk memverifikasi bahwa setiap fungsi dapat dijalankan dengan baik dan menghasilkan keluaran yang sesuai dengan yang diharapkan.

B. Pengujian Integrasi Model dengan Website

Pengujian integrasi model dengan website dilakukan untuk memastikan bahwa model SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR dapat beroperasi dengan baik setelah diimplementasikan ke dalam sistem website. Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi aliran proses secara keseluruhan, mulai dari penerimaan citra kendaraan dari pengguna, pengiriman citra ke *backend*, proses deteksi pelat nomor menggunakan SSD MobileNetV3, proses rekognisi karakter menggunakan PaddleOCR, hingga penampilan hasil prediksi pada antarmuka website. Melalui pengujian ini dapat diketahui apakah proses komunikasi antara *frontend*, *backend*, dan model kecerdasan buatan berjalan dengan baik sehingga sistem mampu memberikan hasil deteksi dan rekognisi secara otomatis kepada pengguna.

4.4.2 Prosedur Pengujian

Setiap jenis pengujian pada penelitian ini memiliki prosedur yang berbeda sesuai dengan tujuan evaluasi yang dilakukan. Pengujian model meliputi pengujian SSD MobileNetV3 menggunakan metrik *Mean Average Precision* (mAP), pengujian model rekognisi teks menggunakan PaddleOCR, pengujian penentuan *threshold* optimal, serta pengujian generalisasi model pada dataset eksternal. Selain itu, dilakukan pula pengujian website yang terdiri dari pengujian fungsionalitas menggunakan metode Black Box Testing dan pengujian integrasi model dengan website. Seluruh prosedur pengujian dirancang untuk mengevaluasi performa sistem secara menyeluruh, mulai dari kemampuan deteksi pelat nomor, rekognisi karakter, hingga implementasi sistem berbasis website.

4.4.2.1 Pengujian Model

Prosedur pengujian model dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi area pelat nomor kendaraan dan mengenali karakter yang terdapat pada

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer – 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

pelat nomor tersebut. Pengujian dilakukan terhadap model SSD MobileNetV3, PaddleOCR, serta kombinasi keduanya dalam sistem *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR).

A. Pengujian SSD MobileNetV3 Menggunakan mAP

Prosedur pengujian SSD MobileNetV3 dilakukan menggunakan data validasi yang telah dipisahkan pada tahap pelatihan model. Model yang telah dilatih digunakan untuk melakukan prediksi *bounding box* pelat nomor pada setiap citra dalam data validasi. Hasil prediksi kemudian dibandingkan dengan *ground truth* yang tersedia pada dataset menggunakan metrik *Mean Average Precision* (mAP).

Evaluasi dilakukan menggunakan *library* TorchMetrics dengan menghitung nilai mAP, mAP@50, dan mAP@75. Nilai mAP digunakan untuk mengukur tingkat kesesuaian antara *bounding box* hasil prediksi dan *ground truth* pada berbagai nilai *Intersection over Union* (IoU). Selain itu, dihitung pula nilai mAP berdasarkan ukuran objek, yaitu *small*, *medium*, dan *large objects* untuk mengetahui performa model pada berbagai ukuran pelat nomor. Hasil evaluasi ini digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi model SSD MobileNetV3 dalam mendeteksi area pelat nomor kendaraan.

B. Pengujian Model Rekognisi Teks Menggunakan PaddleOCR

Pengujian model rekognisi teks dilakukan dengan menggunakan area pelat nomor yang berhasil dideteksi oleh SSD MobileNetV3. Area pelat nomor diekstraksi menggunakan metode *Region of Interest* (ROI) *cropping* kemudian diproses oleh PaddleOCR untuk menghasilkan keluaran berupa teks pelat nomor.

Evaluasi dilakukan dengan menjalankan *pipeline* deteksi dan rekognisi pada data validasi, kemudian mengelompokkan hasil ke dalam tiga kategori, yaitu *Text Found*, *Empty Text*, dan *No Detection*. Kategori *Text Found* menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi pelat nomor dan menghasilkan keluaran teks OCR, *Empty Text* menunjukkan bahwa pelat nomor berhasil dideteksi tetapi OCR tidak menghasilkan teks, sedangkan *No Detection* menunjukkan bahwa area pelat nomor gagal dideteksi oleh model SSD MobileNetV3. Hasil pengujian digunakan untuk



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

mengetahui tingkat keberhasilan proses rekognisi karakter yang dilakukan oleh PaddleOCR.

C. Pengujian Penentuan *Threshold* Optimal

Pengujian *threshold* optimal dilakukan untuk menentukan nilai *confidence threshold* yang paling sesuai digunakan pada sistem. Pengujian dilakukan dengan mencoba beberapa nilai *threshold* mulai dari 0,1 hingga 0,9. Setiap nilai *threshold* digunakan pada proses deteksi pelat nomor menggunakan SSD MobileNetV3, kemudian hasil deteksi diteruskan ke PaddleOCR untuk proses rekognisi karakter.

Hasil keluaran OCR kemudian dievaluasi secara manual menggunakan metode *exact match*, yaitu dengan membandingkan seluruh karakter hasil rekognisi dengan teks pelat nomor yang sebenarnya. Hasil rekognisi dikategorikan sebagai benar apabila seluruh karakter berhasil dikenali dengan tepat dan salah apabila terdapat karakter yang tidak sesuai atau tidak terbaca. Selanjutnya dihitung jumlah prediksi benar dan nilai akurasi untuk setiap *threshold*. Nilai *threshold* yang menghasilkan tingkat akurasi tertinggi dipilih sebagai konfigurasi akhir sistem dan digunakan pada seluruh pengujian berikutnya.

D. Pengujian Generalisasi Model pada Dataset Eksternal

Pengujian generalisasi dilakukan menggunakan dataset eksternal yang tidak digunakan selama proses pelatihan maupun validasi model. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menghadapi data baru dengan karakteristik yang berbeda dari data pelatihan.

Pada pengujian ini digunakan empat skenario augmentasi citra, yaitu *rain*, *blur*, *grayscale*, dan *rotate*. Seluruh citra diproses menggunakan konfigurasi sistem akhir dengan *threshold* sebesar 0,8 yang diperoleh dari hasil pengujian *threshold* optimal. Hasil pengujian kemudian dikelompokkan ke dalam kategori *Text Found*, *Empty Text*, dan *No Detection*. Selain itu dihitung pula nilai *Detection Rate*, *OCR Success Rate*, rata-rata *Detection Score*, dan rata-rata *OCR Score* pada masing-masing skenario augmentasi. Hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi kemampuan generalisasi sistem terhadap berbagai kondisi citra yang berbeda.



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

E. Pengujian Pengaruh Jarak dan Sudut terhadap Deteksi Pelat Nomor Berwarna Putih

Prosedur pengujian diawali dengan pengambilan citra kendaraan yang menggunakan pelat nomor berwarna putih pada beberapa variasi jarak dan sudut pengambilan gambar. Sebanyak 14 citra digunakan sebagai data uji dengan kombinasi kondisi yang berbeda.

Selanjutnya, setiap citra diuji menggunakan model SSD MobileNetV3 yang telah dilatih sebelumnya. Pengujian pertama dilakukan menggunakan nilai *threshold* sebesar 0,8 yang diperoleh sebagai *threshold* optimal berdasarkan hasil pengujian sebelumnya. Setelah seluruh citra diuji, dilakukan pengujian ulang menggunakan *threshold* sebesar 0,1 untuk mengetahui pengaruh perubahan *threshold* terhadap kemampuan deteksi model.

Hasil pengujian kemudian dicatat berdasarkan status deteksi pelat nomor dan nilai *confidence score* yang dihasilkan oleh model pada masing-masing citra. Data tersebut selanjutnya dianalisis untuk mengetahui pengaruh jarak, sudut pengambilan gambar, dan nilai *threshold* terhadap performa deteksi pelat nomor berwarna putih.

4.4.2.2 Pengujian Website

Prosedur pengujian website dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur yang tersedia dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan sistem dan mampu berintegrasi dengan model SSD MobileNetV3 serta PaddleOCR yang telah dikembangkan.

A. Pengujian Fungsionalitas Menggunakan Black Box Testing

Pengujian Black Box Testing dilakukan dengan menyusun sejumlah skenario pengujian berdasarkan fitur-fitur utama yang tersedia pada website. Setiap skenario pengujian terdiri atas fitur yang diuji, langkah pengujian, dan hasil yang diharapkan dari sistem seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan terhadap fitur unggah citra kendaraan, pengambilan gambar menggunakan kamera, proses prediksi pelat nomor, penampilan detail hasil prediksi, serta riwayat prediksi. Setiap skenario dijalankan



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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

secara langsung pada website dan hasil yang diperoleh dibandingkan dengan keluaran yang diharapkan. Hasil pengujian kemudian dicatat dalam bentuk tabel untuk menentukan apakah setiap fungsi berjalan dengan baik atau tidak.

Table 4. 11 Skenario Black Box Testing Website

Kode	Fitur	Skenario	Harapan
BB-1-1	Home	Pengguna membuka halaman utama website	Sistem menampilkan halaman utama website dengan seluruh komponen antarmuka yang sesuai.
BB-1-2		Pengguna menekan tombol <i>Predict Now</i>	Sistem mengarahkan pengguna ke halaman <i>dashboard</i> analisis.
BB-2-1	Upload Media	Pengguna menekan tombol <i>Upload Media</i>	Sistem menampilkan jendela pemilihan <i>file</i> gambar
BB-2-2		Pengguna memilih <i>file</i> gambar kendaraan yang valid	Sistem mengunggah dan memproses gambar menggunakan model ANPR.
BB-2-3		Pengguna Memilih <i>file</i> selain gambar	Sistem menampilkan pesan kesalahan atau menolak <i>file</i> yang tidak sesuai.
BB-3-1	Open Camera	Pengguna menekan tombol <i>Open Camera</i>	Sistem membuka jendela kamera.
BB-3-2		Pengguna memberikan izin akses kamera	Sistem menampilkan tampilan kamera secara langsung



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Kode	Fitur	Skenario	Harapan
BB-3-3		Pengguna menolak izin akses kamera	Sistem menampilkan pesan bahwa kamera tidak dapat diakses.
BB-3-4		Pengguna menutup jendela kamera	Sistem Kembali ke halaman <i>dashboard</i> .
BB-4-1	Capture Frame	Pengguna menekan tombol <i>capture</i>	Sistem mengambil gambar dari kamera dan memprosesnya menggunakan model ANPR.
BB-4-2		Pengguna menekan tombol <i>Retake</i>	Sistem kembali ke mode kamera dan memungkinkan pengguna mengambil gambar ulang.
BB-4-3		Pengguna menekan tombol <i>Analyze</i>	Sistem mengirim gambar ke <i>backend</i> untuk diproses oleh SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR.
BB-5-1	Prediksi Pelat Nomor	Sistem menerima gambar kendaraan yang memiliki pelat nomor yang dapat dideteksi	Sistem menampilkan hasil deteksi pelat nomor dan hasil OCR.
BB-5-2		Sistem menerima gambar tanpa pelat nomor yang dapat dideteksi	Sistem menampilkan pesan bahwa pelat nomor tidak ditemukan



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Kode	Fitur	Skenario	Harapan
BB-6-1	Hasil Prediksi	Proses deteksi dan OCR berhasil dilakukan	Sistem menampilkan <i>bounding box</i> hasil deteksi dan teks pelat nomor hasil rekognisi.
BB-6-2		Pengguna melihat detail hasil prediksi	Sistem menampilkan <i>confidence score</i> , <i>bounding box</i> , <i>timestamp</i> , dan informasi model.
BB-7-1	Prediction History	Pengguna berhasil melakukan prediksi	Sistem menyimpan hasil prediksi pada bagian <i>Prediction History</i> .
BB-7-2		Pengguna membuka halaman <i>dashboard</i> setelah beberapa kali prediksi	Sistem menampilkan seluruh Riwayat prediksi yang tersimpan.
BB-8-1	Detail Prediction	Pengguna menekan salah satu Riwayat prediksi pada <i>Prediction History</i>	Sistem menampilkan halaman detail hasil prediksi.
BB-8-2		Pengguna menutup halaman detail prediksi	Sistem kembali ke halaman <i>dashboard</i> .

B. Pengujian Integrasi Model dengan Website

Pengujian integrasi dilakukan untuk memastikan bahwa model SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR dapat berjalan dengan baik setelah diimplementasikan ke dalam website. Pengujian dilakukan dengan memberikan masukan berupa citra kendaraan melalui fitur *Upload Media* maupun *Open Camera* pada website.

Citra yang diterima sistem kemudian dikirim ke *backend* untuk diproses menggunakan SSD MobileNetV3 dalam mendeteksi area pelat nomor. Selanjutnya

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer – 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

area pelat nomor yang berhasil dideteksi diteruskan ke PaddleOCR untuk proses rekognisi karakter. Hasil deteksi dan rekognisi kemudian ditampilkan kembali pada antarmuka website dalam bentuk teks pelat nomor, *confidence score*, serta detail hasil prediksi. Pengujian dinyatakan berhasil apabila seluruh proses berjalan secara berurutan tanpa mengalami kegagalan dan hasil prediksi dapat ditampilkan kepada pengguna dengan benar.

4.4.3 Hasil dan Evaluasi Pengujian

Hasil dan evaluasi pengujian pada penelitian ini diperoleh berdasarkan pelaksanaan prosedur pengujian yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa model SSD MobileNetV3 dalam mendeteksi area pelat nomor kendaraan, kemampuan PaddleOCR dalam mengenali karakter pelat nomor, serta kinerja sistem secara keseluruhan setelah diimplementasikan ke dalam website. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan dokumentasi hasil implementasi, kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam menjalankan fungsi deteksi dan rekognisi pelat nomor kendaraan.

4.4.3.1 Pengujian Model

Pengujian model dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) yang dibangun menggunakan SSD MobileNetV3 sebagai model deteksi pelat nomor dan PaddleOCR sebagai model rekognisi karakter. Evaluasi dilakukan melalui beberapa skenario pengujian, yaitu pengujian SSD MobileNetV3 menggunakan metrik *Mean Average Precision* (mAP), pengujian model rekognisi teks menggunakan PaddleOCR, pengujian penentuan *threshold* optimal, serta pengujian generalisasi model pada dataset eksternal. Hasil yang diperoleh pada setiap pengujian digunakan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi pelat nomor, mengenali karakter, dan mempertahankan performa pada berbagai kondisi citra.

A. Pengujian SSD MobileNetV3 Menggunakan mAP

Pengujian model SSD MobileNetV3 dilakukan untuk mengetahui kemampuan model dalam mendeteksi area pelat nomor kendaraan. Evaluasi dilakukan menggunakan data validasi yang telah dipisahkan dari data pelatihan dengan rasio



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

80:20. Pada penelitian ini digunakan metrik *Mean Average Precision* (mAP) yang merupakan salah satu metrik standar dalam evaluasi model deteksi objek. Pengujian dilakukan menggunakan pustaka TorchMetrics dengan menghitung nilai mAP secara keseluruhan (mAP), mAP pada ambang *Intersection over Union* (IoU) sebesar 0,50 (mAP@50), dan mAP pada ambang IoU sebesar 0,75 (mAP@75). Hasil pengujian model SSD MobileNetV3 ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Table 4. 12 Hasil Evaluasi SSD MobileNetV3 Menggunakan mAP

Metrik	Nilai
mAP	0,7349
mAP@50	0,9674
mAP@75	0,8161
mAP <i>Small Objects</i>	0,4228
mAP <i>Medium Objects</i>	0,6344
mAP <i>Large Objects</i>	0,8878

Berdasarkan hasil pengujian, model SSD MobileNetV3 memperoleh nilai mAP sebesar 0,7349. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam mendeteksi area pelat nomor kendaraan pada berbagai tingkat IoU. Selain itu, model memperoleh nilai mAP@50 sebesar 0,9674 atau 96,74%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar area pelat nomor berhasil dideteksi dengan tingkat kecocokan minimal 50% terhadap anotasi sebenarnya. Pada pengujian yang lebih ketat menggunakan IoU sebesar 0,75, model masih memperoleh nilai mAP@75 sebesar 0,8161 yang menunjukkan bahwa lokasi *bounding box* hasil prediksi memiliki tingkat presisi yang cukup tinggi.

Berdasarkan ukuran objek, model menunjukkan performa terbaik pada objek berukuran besar dengan nilai mAP sebesar 0,8878. Sementara itu, nilai mAP untuk objek berukuran sedang dan kecil masing-masing sebesar 0,6344 dan 0,4228. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model lebih mudah mendeteksi pelat nomor dengan ukuran yang relatif besar pada citra, sedangkan performa deteksi menurun pada pelat nomor yang berukuran kecil. Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa SSD MobileNetV3 memiliki performa yang baik dalam mendeteksi area



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 mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

pelat nomor kendaraan dan layak digunakan sebagai tahap awal dalam sistem pengenalan pelat nomor yang dikembangkan.

B. Pengujian Model Rekognisi Teks Menggunakan PaddleOCR

Pengujian model rekognisi teks dilakukan untuk mengetahui kemampuan PaddleOCR dalam mengenali karakter pada area pelat nomor yang telah berhasil dideteksi oleh SSD MobileNetV3. Pengujian dilakukan menggunakan seluruh data validasi dengan menjalankan *pipeline* deteksi dan OCR secara berurutan. Pada tahap ini, hasil pengujian dikelompokkan ke dalam tiga kategori, yaitu *Text Found*, *Empty Text*, dan *No Detection*. Kategori *Text Found* menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi area pelat nomor dan menghasilkan teks hasil OCR. Kategori *Empty Text* menunjukkan bahwa area pelat nomor berhasil dideteksi tetapi PaddleOCR tidak menghasilkan keluaran teks. Sementara itu, kategori *No Detection* menunjukkan bahwa model SSD MobileNetV3 gagal mendeteksi area pelat nomor sehingga proses OCR tidak dapat dilakukan.

Hasil pengujian model rekognisi teks menggunakan PaddleOCR ditunjukkan pada Tabel 4.13. Hasil pengujian ini diperoleh saat *pipeline* dijalankan dengan *threshold* awal sebesar 0.25 untuk *confidence minimum* SSD MobileNetV3 agar suatu *bounding box* dianggap valid.

Table 4. 13 Hasil Pengujian PaddleOCR

Kategori	Jumlah	Persentase (%)
<i>Text Found</i>	387	39,01
<i>Empty Text</i>	591	59,57
<i>No Detection</i>	14	1,41

Berdasarkan hasil pengujian, sebanyak 387 citra atau 39,01% berhasil menghasilkan keluaran teks (*Text Found*). Sebanyak 591 citra atau 59,57% termasuk kategori *Empty Text*, yaitu kondisi ketika area pelat nomor berhasil dideteksi namun PaddleOCR tidak menghasilkan teks yang dapat dikenali. Sementara itu, hanya 14 citra atau 1,41% yang termasuk kategori *No Detection*,



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

yang menunjukkan bahwa model SSD MobileNetV3 gagal mendeteksi area pelat nomor pada citra masukan.

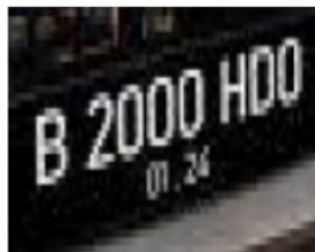
Hasil tersebut menunjukkan bahwa model SSD MobileNetV3 memiliki kemampuan deteksi yang cukup baik karena jumlah citra yang tidak terdeteksi relatif kecil. Namun demikian, masih terdapat sejumlah kasus di mana PaddleOCR belum mampu menghasilkan keluaran teks meskipun area pelat nomor telah berhasil dideteksi. Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kualitas citra, ukuran pelat nomor yang terlalu kecil, sudut pengambilan gambar, maupun karakter pelat nomor yang kurang jelas. Oleh karena itu, diperlukan pengujian lanjutan untuk menentukan nilai *threshold* yang optimal dan mengevaluasi kemampuan sistem pada berbagai kondisi citra.

C. Pengujian Penentuan *Threshold* Optimal

Pengujian penentuan *threshold* dilakukan untuk memperoleh nilai *confidence threshold* yang paling optimal pada proses deteksi pelat nomor menggunakan SSD MobileNetV3. Nilai *threshold* digunakan sebagai batas minimum *confidence score* agar hasil deteksi dianggap valid dan dapat diproses lebih lanjut oleh PaddleOCR. Pemilihan *threshold* yang terlalu rendah dapat menyebabkan banyak objek dengan tingkat keyakinan rendah tetap diproses sehingga meningkatkan kemungkinan kesalahan pengenalan karakter. Sebaliknya, *threshold* yang terlalu tinggi dapat menyebabkan beberapa pelat nomor yang sebenarnya valid tidak terdeteksi dan tidak diproses oleh sistem.

Data ke-1 dari 20

OCR: B2000HQ0 (85.38%)



Prediksi Teks: B2000HQ0
Skor Confidence: 85.38%

BENAR (Y)

SALAH (N)

Gambar 4. 48 Proses Evaluasi Manual



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Pengujian dilakukan dengan menggunakan beberapa nilai *threshold*, yaitu 0,1 hingga 0,9. Setiap hasil deteksi yang memenuhi nilai *threshold* kemudian diproses menggunakan PaddleOCR untuk menghasilkan teks pelat nomor. Selanjutnya, pada Gambar 4.48, dilakukan evaluasi secara manual dengan membandingkan hasil OCR terhadap teks pelat nomor pada citra asli menggunakan metode *exact match*. Hasil dianggap benar apabila seluruh karakter pada pelat nomor berhasil dikenali dengan tepat sesuai dengan citra asli. Sebaliknya, hasil dianggap salah apabila terdapat karakter yang tidak terbaca, karakter yang terbaca tidak lengkap, atau karakter yang berbeda dengan teks sebenarnya pada pelat nomor.

Pengujian ini dilakukan dengan mengambil 20 citra secara acak dari data validasi dan dilakukan berulang untuk memastikan pemilihan *threshold* optimal. Hasil pengujian *threshold* ditunjukkan pada Tabel 4.14. Berdasarkan hasil pengujian, *threshold* 0,8 menghasilkan tingkat akurasi yang paling stabil dan tertinggi sebesar 62,50% dengan 5 hasil pengenalan karakter yang sesuai dari total 8 deteksi yang berhasil diproses. Sementara itu, *threshold* yang lebih rendah menghasilkan jumlah deteksi yang lebih banyak namun diikuti oleh peningkatan jumlah kesalahan pengenalan karakter. Pada *threshold* 0,9, jumlah deteksi yang berhasil diproses menurun sehingga beberapa pelat nomor yang sebenarnya dapat dikenali tidak ikut dievaluasi.

Table 4. 14 Hasil Pengujian *Threshold*

<i>Threshold</i>	Total Sukses	Benar	Akurasi (%)
0.1	10	5	50.00
0.2	10	5	50.00
0.3	10	5	50.00
0.4	10	5	50.00
0.5	10	5	50.00
0.6	9	5	55.56
0.7	9	5	55.56
0.8	8	5	62.50
0.9	6	3	50.00



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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan hasil tersebut, nilai *threshold* 0,8 dipilih sebagai *threshold* optimal pada penelitian ini karena memberikan keseimbangan terbaik antara jumlah deteksi yang berhasil diproses dan tingkat ketepatan hasil pengenalan karakter. Nilai *threshold* tersebut selanjutnya digunakan pada seluruh pengujian lanjutan dan implementasi sistem.

D. Pengujian Generalisasi Model pada Dataset Eksternal

Pengujian generalisasi dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi dan mengenali pelat nomor pada data yang belum pernah digunakan selama proses pelatihan maupun validasi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana model SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR mampu mempertahankan performanya ketika dihadapkan pada citra dengan karakteristik yang berbeda dari data pelatihan. Dengan demikian, hasil pengujian dapat memberikan gambaran mengenai kemampuan sistem dalam menghadapi kondisi yang lebih mendekati implementasi nyata.

Berdasarkan hasil pengujian penentuan *threshold* optimal pada subbab sebelumnya, nilai *threshold* sebesar 0,8 dipilih sebagai konfigurasi akhir sistem karena menghasilkan tingkat akurasi tertinggi. Oleh karena itu, seluruh pengujian generalisasi pada dataset eksternal dilakukan menggunakan *threshold* tersebut. Setiap hasil deteksi yang memiliki nilai *confidence score* lebih besar atau sama dengan 0,8 akan diproses lebih lanjut oleh PaddleOCR untuk melakukan rekognisi karakter pelat nomor.

Pengujian dilakukan menggunakan dataset eksternal yang berasal dari sumber berbeda dengan dataset yang digunakan pada proses pelatihan model. Penggunaan dataset eksternal bertujuan untuk mengurangi bias evaluasi dan menguji kemampuan model dalam melakukan generalisasi terhadap data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Untuk mensimulasikan berbagai kondisi lingkungan yang mungkin ditemui pada penggunaan nyata, dataset eksternal diberikan empat jenis augmentasi citra, yaitu *rain*, *blur*, *grayscale*, dan *rotate*. Augmentasi *rain* digunakan untuk mensimulasikan kondisi cuaca hujan yang dapat mengurangi visibilitas pelat



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

nomor. Augmentasi *blur* digunakan untuk mensimulasikan citra yang kehilangan fokus atau mengalami efek gerakan kamera. Augmentasi *grayscale* digunakan untuk menghilangkan informasi warna sehingga sistem hanya mengandalkan bentuk dan kontras objek. Sementara itu, augmentasi *rotate* digunakan untuk mensimulasikan perubahan sudut pengambilan gambar kendaraan.

Hasil pengujian generalisasi model ditunjukkan pada Tabel 4.15. Pada pengujian ini, setiap citra dikelompokkan ke dalam tiga kategori hasil, yaitu *Text Found*, *Empty Text*, dan *No Detection*. Kategori *Text Found* menunjukkan bahwa pelat nomor berhasil dideteksi dan sistem menghasilkan keluaran teks OCR. Kategori *Empty Text* menunjukkan bahwa pelat nomor berhasil dideteksi tetapi PaddleOCR tidak menghasilkan keluaran teks. Sementara itu, kategori *No Detection* menunjukkan bahwa SSD MobileNetV3 gagal mendeteksi area pelat nomor pada citra masukan.

Selain ketiga kategori tersebut, dihitung pula nilai *Detection Rate* dan *OCR Success Rate* untuk mengukur tingkat keberhasilan sistem pada setiap skenario augmentasi. Nilai *Detection Rate* menunjukkan persentase citra yang berhasil dideteksi pelat nomornya, sedangkan *OCR Success Rate* menunjukkan persentase citra yang berhasil menghasilkan keluaran teks OCR.

Table 4. 15 Hasil Pengujian Generalisasi

<i>Threshold</i>	0.8	0.8	0.8	0.8
skenario	<i>Blur</i>	<i>Grayscale</i>	<i>Rain</i>	<i>Rotate</i>
total_images	20	20	20	20
text_found	4	8	6	6
empty_text	2	0	1	0
no_detection	14	12	13	14
detection_rate%	30.0	40.0	35.0	30.0
ocr_success_rate %	20.0	40.0	30.0	30.0
avg_det_score	1.0000	0.9964	0.9803	1.0000
avg_ocr_score	0.9050	0.9359	0.9430	0.9265



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.15, skenario *grayscale* menghasilkan performa terbaik dibandingkan skenario lainnya. Sistem berhasil memperoleh *Detection Rate* sebesar 40% dan *OCR Success Rate* sebesar 40%. Dari total 20 citra yang diuji, sebanyak 8 citra berhasil menghasilkan keluaran teks OCR dan tidak ditemukan kasus *Empty Text*. Hasil ini menunjukkan bahwa penghilangan informasi warna tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan sistem dalam mendeteksi maupun mengenali karakter pelat nomor. Model masih mampu memanfaatkan informasi bentuk, pola karakter, dan kontras objek untuk melakukan deteksi dan rekognisi.

Pada skenario *rain*, sistem memperoleh *Detection Rate* sebesar 35% dan *OCR Success Rate* sebesar 30%. Dari 20 citra yang diuji, sebanyak 6 citra berhasil menghasilkan keluaran teks OCR, 1 citra termasuk kategori *Empty Text*, dan 13 citra termasuk kategori *No Detection*. Hasil ini menunjukkan bahwa simulasi hujan mulai memengaruhi kemampuan model dalam mendeteksi area pelat nomor. Meskipun demikian, nilai rata-rata *OCR Score* sebesar 0,9430 menunjukkan bahwa karakter yang berhasil dikenali masih memiliki tingkat keyakinan yang tinggi.

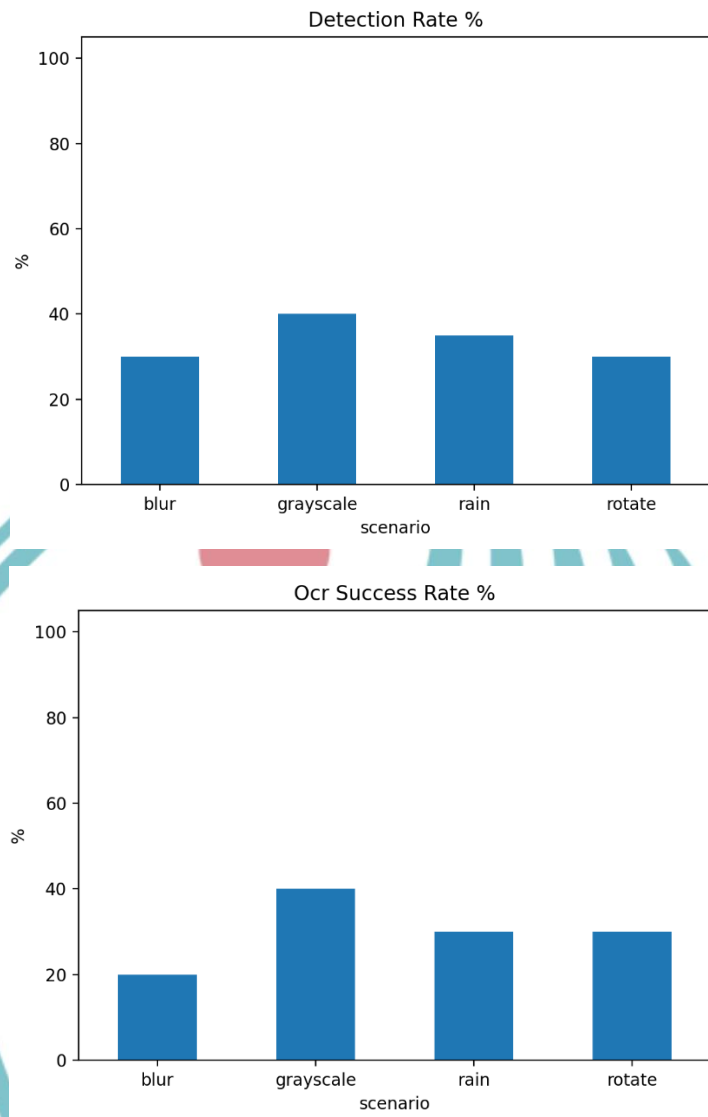
Sementara itu, skenario *blur* menghasilkan performa terendah dengan *Detection Rate* sebesar 30% dan *OCR Success Rate* sebesar 20%. Dari total 20 citra yang diuji, hanya 4 citra yang berhasil menghasilkan keluaran teks OCR, sedangkan 14 citra termasuk kategori *No Detection*. Hasil ini menunjukkan bahwa penurunan kualitas citra akibat kehilangan fokus atau efek gerakan memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kemampuan sistem dalam mendeteksi pelat nomor.

Pada skenario *rotate*, sistem memperoleh *Detection Rate* sebesar 30% dan *OCR Success Rate* sebesar 30%. Meskipun tingkat deteksi masih relatif rendah, tidak ditemukan kasus *Empty Text* pada skenario ini. Hal tersebut menunjukkan bahwa apabila pelat nomor berhasil dideteksi, PaddleOCR masih mampu mengenali karakter dengan baik meskipun citra mengalami perubahan sudut pengambilan gambar.



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 mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 49 Grafik *Detection Rate* dan *OCR Success Rate*

Perbandingan nilai *Detection Rate* dan *OCR Success Rate* pada setiap skenario augmentasi ditunjukkan pada Gambar 4.49. Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa skenario *grayscale* memberikan performa terbaik pada kedua metrik evaluasi. Sebaliknya, skenario *blur* menghasilkan nilai *OCR Success Rate* terendah dibandingkan skenario lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas visual citra memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap kemampuan deteksi SSD MobileNetV3 maupun proses rekognisi karakter oleh PaddleOCR.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem masih mampu melakukan deteksi dan rekognisi pelat nomor pada berbagai kondisi citra yang berbeda dari data pelatihan. Meskipun nilai *Detection Rate* dan *OCR Success Rate*



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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

mengalami penurunan pada beberapa skenario augmentasi, sistem tetap menunjukkan kemampuan generalisasi yang baik dengan menghasilkan keluaran yang memiliki tingkat keyakinan tinggi ketika proses deteksi dan rekognisi berhasil dilakukan.

E. Pengujian Pengaruh Jarak dan Sudut terhadap Deteksi Pelat Nomor Berwarna Putih

Table 4. 16 Ringkasan Hasil Pengujian Pelat Nomor Berwarna Putih pada Berbagai Jarak dan Sudut Pengambilan Citra

Metrik	Nilai
Jumlah Gambar Uji	14
Deteksi Berhasil	2
Deteksi Gagal	12
<i>Success Rate</i>	14,29%
<i>Failure Rate</i>	85,71%

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 4.16, model SSD MobileNetV3 berhasil mendeteksi 2 dari 14 citra yang diuji sehingga diperoleh *success rate* sebesar 14,29%, sedangkan 12 citra lainnya gagal dideteksi dengan *failure rate* sebesar 85,71%. Pengujian dilakukan menggunakan citra kendaraan dengan pelat nomor berwarna putih pada berbagai variasi jarak dan sudut pengambilan gambar menggunakan nilai *threshold* sebesar 0,8.

Table 4. 17 Rekapitulasi Hasil Deteksi Berdasarkan Variasi Jarak Pengambilan Citra

Jarak	Total Citra	<i>True</i>	<i>False</i>	<i>Success Rate</i>
1 m	3	2	1	66,67%
2 m	3	0	3	0%
5 m	2	0	2	0%
10 m	2	0	2	0%
15 m	2	0	2	0%
20 m	2	0	2	0%



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Jika ditinjau berdasarkan jarak pengambilan citra, keberhasilan deteksi hanya diperoleh pada jarak 1 meter dengan *success rate* sebesar 66,67%. Sementara itu, seluruh citra yang diambil pada jarak 2 meter, 5 meter, 10 meter, 15 meter, dan 20 meter tidak berhasil dideteksi oleh model. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jarak pengambilan citra memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa deteksi pelat nomor. Semakin jauh jarak antara kamera dan kendaraan, ukuran pelat nomor yang terekam pada citra menjadi semakin kecil sehingga informasi visual yang diterima model berkurang. Kondisi tersebut menyebabkan model mengalami kesulitan dalam mengenali objek pelat nomor dan menghasilkan nilai *confidence score* yang lebih rendah.

Table 4. 18 Rekapitulasi Hasil Deteksi Berdasarkan Variasi Sudut Pengambilan Citra

<i>Angle / View</i>	Total Citra	<i>True</i>	<i>False</i>	<i>Success Rate</i>
<i>Front</i>	6	1	5	16,67%
<i>Right</i>	6	1	5	16,67%
<i>Left</i>	2	0	2	0%

Selain dipengaruhi oleh jarak, kemampuan deteksi model juga dipengaruhi oleh sudut pengambilan gambar. Berdasarkan hasil pengujian, sudut *front* dan *right* masing-masing menghasilkan *success rate* sebesar 16,67%, sedangkan pada sudut *left* tidak ditemukan citra yang berhasil dideteksi. Hasil ini menunjukkan bahwa perubahan perspektif akibat sudut pengambilan gambar dapat memengaruhi bentuk dan proporsi pelat nomor yang diterima oleh model. Semakin besar perubahan perspektif yang terjadi, semakin sulit model mengenali karakteristik objek yang telah dipelajari selama proses pelatihan.

Hasil pengujian ini juga menunjukkan bahwa model masih mampu mendeteksi pelat nomor kendaraan berwarna putih meskipun tingkat keberhasilannya relatif rendah. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa model tidak hanya memanfaatkan informasi warna pelat nomor dalam proses deteksi, tetapi juga mempelajari karakteristik bentuk dan posisi objek pelat nomor pada kendaraan. Namun demikian, performa deteksi pada pelat nomor berwarna putih masih dipengaruhi oleh kondisi pengambilan citra, terutama jarak dan sudut pengambilan gambar.



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 mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Untuk memperoleh pemahaman lebih lanjut mengenai kegagalan deteksi yang terjadi, dilakukan pengujian tambahan dengan menurunkan nilai *threshold* dari 0,8 menjadi 0,1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa citra pada jarak 2 meter yang sebelumnya tidak berhasil dideteksi dapat dikenali oleh model setelah nilai *threshold* diturunkan. Hal ini menunjukkan bahwa objek pelat nomor sebenarnya masih berhasil ditemukan oleh model, namun memiliki nilai *confidence score* yang berada di bawah batas *threshold* 0,8 sehingga tidak ditampilkan sebagai hasil deteksi. Dengan demikian, nilai *threshold* memiliki pengaruh terhadap sensitivitas sistem dalam mendeteksi pelat nomor kendaraan.

Berdasarkan seluruh hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model SSD MobileNetV3 masih mampu mendeteksi pelat nomor kendaraan berwarna putih. Akan tetapi, performa deteksi cenderung menurun seiring bertambahnya jarak pengambilan citra dan perubahan sudut pengambilan gambar. Selain itu, nilai *threshold* yang digunakan juga berpengaruh terhadap jumlah objek yang berhasil dideteksi oleh sistem.

4.4.3.2 Pengujian Website

Pengujian website dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur yang telah diimplementasikan dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan sistem serta mampu berintegrasi dengan model SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR. Pengujian meliputi pengujian fungsionalitas menggunakan metode Black Box Testing dan pengujian integrasi model dengan website. Hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi kemampuan website dalam menerima masukan citra kendaraan, menjalankan proses deteksi dan rekognisi pelat nomor, serta menampilkan hasil prediksi kepada pengguna secara tepat dan sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat.

A. Pengujian Fungsionalitas Menggunakan Black Box Testing

Hasil pengujian fungsionalitas menggunakan metode Black Box Testing ditunjukkan pada Tabel 4.19. Pengujian dilakukan terhadap seluruh fitur utama yang tersedia pada website, meliputi halaman utama (*Home*), navigasi menuju halaman prediksi, unggah citra kendaraan, akses kamera, pengambilan gambar, analisis citra menggunakan SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR, penampikan hasil prediksi, riwayat prediksi, serta detail hasil prediksi. Berdasarkan hasil pengujian



yang dilakukan, seluruh skenario pengujian memperoleh status sesuai, yang menunjukkan bahwa fungsi-fungsi pada website telah berjalan sesuai dengan kebutuhan sistem yang telah dirancang.

Secara keseluruhan, website mampu menerima masukan berupa citra kendaraan melalui fitur *Upload Media* maupun *Open Camera*, memproses citra menggunakan model SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR, serta menampilkan hasil deteksi dan rekognisi pelat nomor kepada pengguna. Selain itu, fitur *Prediction History* dan *Detail Prediction* juga dapat berfungsi dengan baik dalam menampilkan informasi hasil prediksi yang telah dilakukan sebelumnya. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa website telah berhasil diimplementasikan dan mampu mendukung proses pengenalan pelat nomor kendaraan secara otomatis sesuai dengan tujuan penelitian.

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan fungsionalitas website, hasil Black Box Testing dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah skenario pengujian yang berhasil dijalankan sesuai harapan dengan jumlah seluruh skenario pengujian yang dilakukan. Persentase keberhasilan pengujian dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah Skenario Berhasil}}{\text{Jumlah Seluruh Skenario}} \times 100\% \quad (3)$$

Table 4. 19 Hasil Pengujian Black Box Testing Website

Kode	Fitur	Skenario	Harapan	Hasil Aktual	Status
BB-1-1	Home	Pengguna membuka halaman utama website	Sistem menampilkan halaman utama website dengan seluruh komponen antarmuka yang sesuai.	Sistem menampilkan halaman utama website dengan seluruh komponen antarmuka yang sesuai.	Sesuai
BB-1-2		Pengguna menekan	Sistem mengarahkan pengguna ke	Sistem mengarahkan pengguna ke	Sesuai

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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Kode	Fitur	Skenario	Harapan	Hasil Aktual	Status
		tombol <i>Predict Now</i>	halaman <i>dashboard</i> analisis.	halaman <i>dashboard</i> analisis.	
BB-2-1	<i>Upload Media</i>	Pengguna menekan tombol <i>Upload Media</i>	Sistem menampilkan jendela pemilihan <i>file</i> gambar.	Sistem menampilkan jendela pemilihan <i>file</i> gambar.	Sesuai
BB-2-2		Pengguna memilih <i>file</i> gambar kendaraan yang valid	Sistem mengunggah dan memproses gambar menggunakan model ANPR.	Sistem mengunggah dan memproses gambar menggunakan model ANPR.	Sesuai
BB-2-3		Pengguna Memilih <i>file</i> selain gambar	Sistem menampilkan pesan kesalahan atau menolak <i>file</i> yang tidak sesuai.	Sistem menampilkan pesan kesalahan atau menolak <i>file</i> yang tidak sesuai.	Sesuai
BB-3-1	<i>Open Camera</i>	Pengguna menekan tombol <i>Open Camera</i>	Sistem membuka jendela kamera.	Sistem membuka jendela kamera.	Sesuai
BB-3-2		Pengguna memberikan izin akses kamera	Sistem menampilkan tampilan kamera secara langsung.	Sistem menampilkan tampilan kamera secara langsung.	Sesuai
BB-3-3		Pengguna menolak izin akses kamera	Sistem menampilkan pesan bahwa kamera tidak dapat diakses.	Sistem menampilkan pesan bahwa kamera tidak dapat diakses.	Sesuai
BB-3-4		Pengguna menutup jendela kamera	Sistem kembali ke halaman <i>dashboard</i> .	Sistem kembali ke halaman <i>dashboard</i> .	Sesuai
BB-4-1	<i>Capture Frame</i>	Pengguna menekan tombol <i>capture</i>	Sistem mengambil gambar dari kamera dan memprosesnya	Sistem mengambil gambar dari kamera dan memprosesnya	Sesuai



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Kode	Fitur	Skenario	Harapan	Hasil Aktual	Status
			menggunakan model ANPR.	menggunakan model ANPR.	
BB-4-2		Pengguna menekan tombol <i>Retake</i>	Sistem kembali ke mode kamera dan memungkinkan pengguna mengambil gambar ulang.	Sistem kembali ke mode kamera dan memungkinkan pengguna mengambil gambar ulang.	Sesuai
BB-4-3		Pengguna menekan tombol <i>Analyze</i>	Sistem mengirim gambar ke <i>backend</i> untuk diproses oleh SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR.	Sistem mengirim gambar ke <i>backend</i> untuk diproses oleh SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR.	Sesuai
BB-5-1	Prediksi Pelat Nomor	Sistem menerima gambar kendaraan yang memiliki pelat nomor yang dapat dideteksi	Sistem menampilkan hasil deteksi pelat nomor dan hasil OCR.	Sistem menampilkan hasil deteksi pelat nomor dan hasil OCR.	Sesuai
BB-5-2		Sistem menerima gambar tanpa pelat nomor yang dapat dideteksi	Sistem menampilkan pesan bahwa pelat nomor tidak ditemukan.	Sistem menampilkan pesan bahwa pelat nomor tidak ditemukan.	Sesuai
BB-6-1	Hasil Prediksi	Proses deteksi dan OCR berhasil dilakukan	Sistem menampilkan <i>bounding box</i> hasil deteksi dan teks pelat nomor hasil rekognisi.	Sistem menampilkan <i>bounding box</i> hasil deteksi dan teks pelat nomor hasil rekognisi.	Sesuai
BB-6-2		Pengguna melihat	Sistem menampilkan	Sistem menampilkan	Sesuai



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Kode	Fitur	Skenario	Harapan	Hasil Aktual	Status
		detail hasil prediksi	<i>confidence score</i> , <i>bounding box</i> , <i>timestamp</i> , dan informasi model.	<i>confidence score</i> , <i>bounding box</i> , <i>timestamp</i> , dan informasi model.	
BB-7-1	<i>Prediction History</i>	Pengguna berhasil melakukan prediksi	Sistem menyimpan hasil prediksi pada bagian <i>Prediction History</i> .	Sistem menyimpan hasil prediksi pada bagian <i>Prediction History</i> .	Sesuai
BB-7-2		Pengguna membuka halaman <i>dashboard</i> setelah beberapa kali prediksi	Sistem menampilkan seluruh Riwayat prediksi yang tersimpan.	Sistem menampilkan seluruh Riwayat prediksi yang tersimpan.	Sesuai
BB-8-1	<i>Detail Prediction</i>	Pengguna menekan salah satu Riwayat prediksi pada <i>Prediction History</i>	Sistem menampilkan halaman detail hasil prediksi.	Sistem menampilkan halaman detail hasil prediksi.	Sesuai
BB-8-2		Pengguna menutup halaman detail prediksi	Sistem kembali ke halaman <i>dashboard</i> .	Sistem kembali ke halaman <i>dashboard</i> .	Sesuai

Berdasarkan hasil Black Box Testing pada Tabel 4.19, seluruh skenario pengujian yang dilakukan memperoleh status "Sesuai". Dari total 20 skenario pengujian yang mencakup fitur *Home*, *Upload Media*, *Open Camera*, *Capture Frame*, *Prediksi Pelat Nomor*, *Hasil Prediksi*, *Prediction History*, dan *Detail Prediction*, seluruhnya berhasil dijalankan sesuai dengan hasil yang diharapkan. Dengan demikian, persentase keberhasilan pengujian dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh fitur website telah berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang dirancang. Pengguna dapat melakukan proses unggah gambar, pengambilan gambar menggunakan kamera, deteksi dan rekognisi pelat nomor, melihat riwayat prediksi, serta mengakses detail hasil prediksi tanpa ditemukan kesalahan fungsional selama proses pengujian.

B. Pengujian Integrasi Model dengan Website

Pengujian integrasi model dengan website dilakukan untuk memastikan bahwa model SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR dapat berjalan dengan baik setelah diimplementasikan ke dalam sistem website. Pengujian dilakukan dengan menguji alur proses secara menyeluruh, mulai dari penerimaan citra kendaraan melalui fitur *Upload Media* maupun *Open Camera*, pengiriman citra ke *backend*, proses deteksi pelat nomor menggunakan SSD MobileNetV3, proses rekognisi karakter menggunakan PaddleOCR, hingga penampilan hasil prediksi pada antarmuka website.

Table 4. 20 Hasil Pengujian Integrasi Model dengan Website

No.	Skenario	Harapan	Hasil Aktual	Status
1.	<i>Upload Media</i> dengan citra kendaraan	Sistem menampilkan hasil deteksi dan OCR.	Sistem menampilkan hasil deteksi dan OCR.	Sesuai
2.	<i>Open Camera</i> → <i>Take Picture</i> → <i>Analyze</i>	Sistem menampilkan hasil deteksi dan OCR.	Sistem menampilkan hasil deteksi dan OCR.	Sesuai

Hasil pengujian integrasi model dengan website ditunjukkan pada Tabel 4.20. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh skenario memperoleh status sesuai. Sistem berhasil menerima citra dari pengguna, menjalankan proses deteksi pelat nomor menggunakan SSD MobileNetV3, melakukan rekognisi karakter menggunakan



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

PaddleOCR, serta menampilkan hasil prediksi pada website. Selain itu, hasil prediksi juga berhasil disimpan dan ditampilkan pada fitur *Prediction History*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses integrasi antara *frontend*, *backend*, SSD MobileNetV3, dan PaddleOCR telah berjalan dengan baik sehingga sistem dapat digunakan sebagai media implementasi pengenalan pelat nomor kendaraan secara otomatis.



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) berbasis website menggunakan SSD MobileNetV3 dan PaddleOCR berhasil dikembangkan dan diimplementasikan. Model SSD MobileNetV3 mampu mendeteksi area pelat nomor kendaraan dengan baik yang ditunjukkan oleh nilai $mAP@50$ sebesar 96,74%, sedangkan PaddleOCR berhasil digunakan untuk melakukan rekognisi karakter pada area pelat nomor yang terdeteksi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *threshold* 0,8 memberikan performa terbaik untuk proses deteksi dan rekognisi pelat nomor. Pengujian tambahan menunjukkan bahwa kemampuan deteksi model dipengaruhi oleh jarak dan sudut pengambilan citra, di mana performa deteksi cenderung menurun seiring bertambahnya jarak dan perubahan perspektif objek. Selain itu, pengujian website menggunakan metode *Black Box Testing* menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dirancang dengan tingkat keberhasilan sebesar 100%. Secara keseluruhan, sistem telah mampu mengintegrasikan proses deteksi pelat nomor, rekognisi karakter, dan penyajian hasil prediksi ke dalam aplikasi web.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada penambahan jumlah dan variasi dataset pelat nomor kendaraan Indonesia untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model, serta pengembangan sistem agar mampu memproses video secara *real-time* dan terintegrasi dengan basis data sehingga lebih siap untuk diterapkan pada lingkungan operasional yang sebenarnya.



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Aboyomi, D.D., Daniel, C., 2023. A Comparative Analysis of Modern Object Detection Algorithms: YOLO vs. SSD vs. Faster R-CNN. ITEJ (Information Technology Engineering Journals) 8, 96–106. <https://doi.org/10.24235/ITEJ.V8I2.123>
- Aloufi, N., Alnori, A., Thayananthan, V., Basuhail, A., 2023. Object Detection Performance Evaluation for Autonomous Vehicles in Sandy Weather Environments. Applied Sciences (Switzerland) 13. <https://doi.org/10.3390/APP131810249>
- Anggraini, N., Ramadhani, S.H., Wardhani, L.K., Hakiem, N., Shofi, I.M., Rosyadi, M.T., 2022. Development of Face Mask Detection using SSDLite MobilenetV3 Small on Raspberry Pi 4. 2022 5th International Conference on Computer and Informatics Engineering, IC2IE 2022 209–214. <https://doi.org/10.1109/IC2IE56416.2022.9970078>
- Ayuningtyas, P., Ayuningtyas, P.K., WP, D.A., Rachmadi, P., 2023. Performance And Functional Testing With The Black Box Testing Method. International Journal of Progressive Sciences and Technologies 39, 212–218. <https://doi.org/10.52155/ijpsat.v39.2.5471>
- Dani, H., 2022. Review on Frameworks Used for Deployment of Machine Learning Model. Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol. 10, 211–215. <https://doi.org/10.22214/IJRASET.2022.40222>
- Jalan Tol Beroperasi | Open Data PUPR [WWW Document], n.d. URL <https://data.pu.go.id/dataset/jalan-tol-beroperasi> (accessed 1.20.25).
- Kamal, I.A., Putra, A.P., Lasidi, M., Priharti, W., Cahyadi, W.A., 2024. Implementasi Sistem Gerbang Otomatis dengan Perpaduan Teknologi Pengenalan Pelat Nomor Kendaraan dan Pengenalan Wajah. jse.serambimekkah.idIA Kamal, FAP Putra, FM Lasidi, W Priharti, WA CahyadiJurnal Serambi Engineering, 2024•jse.serambimekkah.id IX.
- Kashyap, A., Suresh, B., Patil, A.H., Sharma, S., Jaiswal, A., 2024. Automatic Number Plate Recognition. American Journal of Electronics & Communication 4. <https://doi.org/10.15864/AJEC.4304>



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Kiruthuka, D.C., Blessy, M.P., Premalatha, M., Pooja, S., 2024. Single Shot Detector Based MobileNet for Automatic Detection and Recognition of License Plates. 2024 International Conference on Advances in Modern Age Technologies for Health and Engineering Science, AMATHE 2024. <https://doi.org/10.1109/AMATHE61652.2024.10582122>

Listyoningrum, K.I., Fenida, D.Y., Hamidi, N., 2023. Inovasi Berkelanjutan dalam Bisnis: Manfaatkan Flowchart untuk Mengoptimalkan Nilai Limbah Perusahaan. Jurnal Informasi Pengabdian Masyarakat 1, 100–112. <https://doi.org/10.47861/jipm-nalanda.v1i4.552>

Lowe, M., Prusa, J.D., Leevy, J.L., Khoshgoftaar, T.M., n.d. Advancing machine learning with OCR2SEQ: an innovative approach to multi-modal data augmentation. <https://doi.org/10.1186/s40537-024-00927-4>

Lubna, Mufti, N., Shah, S.A.A., 2021. Automatic Number Plate Recognition:A Detailed Survey of Relevant Algorithms. Sensors (Basel) 21. <https://doi.org/10.3390/S21093028>

Maruthi, S., Pande, Dr.S., Gauri, 2020. Recognition of Vehicle by Number Plate by Automatic Number Plate Recognition System.

Mengenal Cara Kerja MLFF hingga Titik Uji Coba di Indonesia [WWW Document], 2023. URL https://www.cnnindonesia.com.cdn.ampproject.org/v/s/www.cnnindonesia.com/otomotif/20231201204522-579-1031827/mengenal-cara-kerja-mlff-hingga-titik-uji-coba-di-indonesia/amp?amp_gsa=1&_js_v=a9&usqp=mq331AQIUAKwASCAAgM%3D#amp_tf=Dari%20%251%24s&aoh=17408645778403&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com&share=https%3A%2F%2Fwww.cnnindonesia.com%2Fotomotif%2F20231201204522-579-1031827%2Fmengenal-cara-kerja-mlff-hingga-titik-uji-coba-di-indonesia (accessed 3.5.25).

Momen Alshamaa, Z., Saleem, N.N., 2025. Black Box Software Testing Techniques: a Literature Review. Passer Journal of Basic and Applied Sciences Passer 7, 1001–1011. <https://doi.org/10.24271/PSR.2025.508216.1963>



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

- Mustafa, T., Karabatak, M., 2024. Real Time Car Model and Plate Detection System by Using Deep Learning Architectures. *IEEE Access* 12, 107616–107630. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3430857>
- Mustafa, T., Karabatak, M., 2023. Deep Learning Model for Automatic Number/License Plate Detection and Recognition System in Campus Gates. *ISDFS 2023 - 11th International Symposium on Digital Forensics and Security*. <https://doi.org/10.1109/ISDFS58141.2023.10131758>
- pradhan, A., Saini, S., Shrivastav, R., 2023. AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION SYSTEM. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. <https://doi.org/10.56726/IRJMETS36336>
- Puri, P.S., Bartakke, P.P., 2023. SSD Based Vehicle Number Plate Detection and Recognition. *2023 International Conference on Network, Multimedia and Information Technology, NMITCON 2023*. <https://doi.org/10.1109/NMITCON58196.2023.10276329>
- Rai, V., Kamthania, D., 2021. Automatic Number Plate Recognition. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3879574>
- Sarkar, O., Sinha, S., Jena, A.K., Parida, A.K., Parida, N., Parida, R.K., 2024. Automatic Number Plate Character Recognition using Paddle-OCR. *2024 International Conference on Innovations and Challenges in Emerging Technologies, ICICET 2024*. <https://doi.org/10.1109/ICICET59348.2024.10616305>
- Setiawan, A., geni, B.Y., Putra, R.L.S., 2024. PERANCANGAN SISTEM INFORMASI BERBASIS WEBSITE DESA CIBADAK MENGGUNAKAN METODE WATERFALL. *Jurnal Multimedia dan Teknologi Informasi (Jatilima)* 6, 14–23. <https://doi.org/10.54209/JATILIMA.V6I01.431>
- Taylor, E., Létourneau, D., 2023. Analysis of Optical Character Recognition using EasyOCR under Image Degradation. *J. Phys.: Conf. Ser* 2641, 12001. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2641/1/012001>
- Tian, J., Jin, Q., Wang, Y., Yang, J., Zhang, S., Sun, D., n.d. Performance analysis of deep learning-based object detection algorithms on COCO benchmark: a comparative study. <https://doi.org/10.1186/s44147-024-00411-z>



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Tuggener, L., Emberger, R., Ghosh, A., Sager, P., Putra Satyawan Javier Montoya Simon Goldschagg Florian Seibold, Y., 2024. Real World Music Object Recognition. Transactions of the International Society for Music Information Retrieval 7, 1–14. <https://doi.org/10.5334/tismir.157>

Wang, S., Wang, Y., Zheng, B., Cheng, J., Su, Y., Dai, Y., 2024. Intrusion Detection System for Vehicular Networks Based on MobileNetV3. IEEE Access 12, 106285–106302. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3437416>





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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Chaesa Adella Rahma

Lahir di Bengkulu pada 10 November 2003. Anak kedua dari tiga bersaudara. Lulus dari SDIT IQRA' 1 pada tahun 2015, SMPIT IQRA' pada tahun 2018, dan SMAIT IQRA' pada tahun 2021. Saat ini sedang menempuh Pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Teknik Informatika di Politeknik Negeri Jakarta. Tertarik pada bidang *machine learning*.

