

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kendaraan**

Kendaraan merupakan alat transportasi yang digunakan untuk mengangkut orang atau barang dari satu tempat ke tempat lain. Kendaraan terdiri dari kendaraan bermotor dan kendaraan tidak bermotor. Kendaraan bermotor adalah kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik seperti mesin, sedangkan kendaraan tidak bermotor digerakkan oleh tenaga manusia atau hewan [9]

Kendaraan bermotor seperti mobil dan sepeda motor menjadi pilihan transportasi utama di banyak negara saat ini. Hal ini disebabkan tingkat efisiensi dan kenyamanan yang lebih tinggi dibandingkan moda transportasi lain. Namun di sisi lain, penggunaan kendaraan bermotor juga berkontribusi terhadap masalah lingkungan seperti polusi udara dan pemanasan global [10].

Seiring perkembangan teknologi, kendaraan bermotor modern juga dilengkapi dengan berbagai fitur keselamatan seperti airbag, pengereman anti-lock, dan kontrol stabilitas [11]. Salah satu komponen penting pada kendaraan bermotor adalah plat nomor kendaraan yang berfungsi sebagai penanda identitas kendaraan tersebut.

#### **2.2 Surat Kendaraan**

Surat kendaraan merupakan dokumen resmi yang berfungsi sebagai bukti kepemilikan dan legalitas suatu kendaraan bermotor di Indonesia. Dokumen ini memiliki peran penting dalam sistem administrasi dan keamanan lalu lintas. Menurut Asikin et al. (2019), surat kendaraan tidak hanya berfungsi sebagai bukti kepemilikan, tetapi juga sebagai instrumen penting dalam manajemen lalu lintas dan penegakan hukum [12].

Surat kendaraan umumnya terdiri dari beberapa jenis dokumen, termasuk Surat Tanda Nomor Kendaraan (STNK) dan Buku Pemilik Kendaraan Bermotor (BPKB). STNK berfungsi sebagai bukti pendaftaran dan pengesahan suatu kendaraan bermotor, sementara BPKB merupakan bukti kepemilikan kendaraan yang sah. Kedua dokumen ini memuat informasi penting tentang kendaraan dan pemiliknya, yang diperlukan untuk berbagai keperluan administratif dan hukum.

Penelitian yang dilakukan oleh Putra dan Sutopo (2018) menunjukkan bahwa keberadaan sistem administrasi kendaraan yang efektif, termasuk pengelolaan surat-surat kendaraan, berperan signifikan dalam meningkatkan keamanan lalu lintas dan mengurangi tingkat kriminalitas terkait kendaraan bermotor [13]. Oleh karena itu, pemeliharaan dan pembaruan dokumen-dokumen ini secara berkala menjadi tanggung jawab penting bagi setiap pemilik kendaraan bermotor di Indonesia.

### **2.3 Pelanggaran Lalu Lintas**

Pelanggaran Lalu Lintas Pelanggaran lalu lintas tetap menjadi masalah serius yang dapat mengancam keselamatan di jalan raya. Tindakan seperti melanggar rambu lalu lintas, melebihi batas kecepatan, mengendara dalam kondisi mabuk, dan menggunakan perangkat komunikasi saat berkendara merupakan beberapa contoh pelanggaran yang umum terjadi [14].

Menurut data terbaru WHO (2018), setiap tahun lebih dari 1,3 juta orang meninggal dunia akibat kecelakaan lalu lintas di seluruh dunia. Angka ini menunjukkan bahwa masalah pelanggaran lalu lintas harus ditangani dengan serius untuk mencegah terjadinya korban jiwa.

Berbagai faktor dapat berkontribusi terhadap terjadinya pelanggaran, seperti perilaku pengendara berisiko, kondisi kendaraan yang tidak layak, infrastruktur jalan yang buruk, serta faktor lingkungan seperti cuaca ekstrem [15]. Untuk itu, diperlukan upaya komprehensif melibatkan pemerintah, industri, dan masyarakat untuk mengatasi masalah ini. Beberapa strategi yang dapat diterapkan antara lain

penegakan hukum lebih ketat, kampanye edukasi, peningkatan infrastruktur jalan, serta penerapan teknologi pengawasan lalu lintas modern seperti kamera pemantau dan sistem deteksi pelanggaran.

## 2.4 Deteksi Plat Nomor

Deteksi plat nomor merupakan salah satu aplikasi penting dalam bidang computer vision dan pemrosesan citra digital. Tujuan utama dari deteksi plat nomor adalah mengidentifikasi dan mengenali plat nomor kendaraan dari citra atau video. Sistem deteksi plat nomor memiliki banyak manfaat dalam berbagai aplikasi, seperti sistem pengawasan lalu lintas, manajemen parkir, dan identifikasi kendaraan.

Tinjauan penelitian dan implementasi terdahulu dalam deteksi plat nomor pada citra/video [16]:

- Melakukan tinjauan komprehensif tentang teknik deteksi plat nomor, termasuk metode berbasis *machine learning* dan *deep learning*.
- Mengkaji pendekatan deteksi plat nomor pada citra diam dan video, serta membahas tantangan dan batasan yang ada.
- Penelitian-penelitian ini memberikan gambaran tentang perkembangan dan kinerja berbagai metode deteksi plat nomor, serta memberikan wawasan tentang kelebihan dan kekurangan masing-masing pendekatan.

Tantangan dalam deteksi plat nomor, seperti variasi pencahayaan, sudut pandang, dan kondisi cuaca [17]:

- Variasi pencahayaan, seperti cahaya matahari, bayangan, atau kondisi backlight, dapat memengaruhi kualitas citra dan membuat deteksi plat nomor menjadi lebih sulit.
- Sudut pandang kamera yang berbeda-beda terhadap kendaraan dapat menyebabkan distorsi perspektif pada plat nomor, yang dapat mengganggu proses deteksi.

- Kondisi cuaca seperti hujan, kabut, atau salju dapat menurunkan kualitas citra dan menambah noise, sehingga menyulitkan deteksi plat nomor.
- Menganalisis tantangan-tantangan ini dan menyoroti pentingnya metode yang robust untuk mengatasi masalah-masalah tersebut.

Secara keseluruhan, sub-bab ini memberikan gambaran tentang penelitian dan implementasi terdahulu dalam deteksi plat nomor, tantangan yang dihadapi, serta metode dan algoritma yang umum digunakan.

## **2.5 Computer Vision**

*Computer vision* merupakan bidang ilmu yang mempelajari bagaimana komputer dapat memperoleh, memproses, menganalisis, dan memahami data visual seperti gambar dan video. Salah satu aplikasi utama computer vision adalah pendeteksian objek, termasuk pendeteksian plat nomor kendaraan. Dalam pendeteksian objek, *machine learning*, khususnya *deep learning*, memainkan peran penting.

*Machine learning* adalah cabang dari ilmu kecerdasan buatan yang memungkinkan sistem untuk belajar dan meningkatkan kinerjanya dari data tanpa harus diprogram secara eksplisit *Deep learning*, yang merupakan bagian dari machine learning, menggunakan jaringan saraf tiruan (*neural network*) dengan banyak lapisan tersembunyi untuk mengekstraksi fitur dari data dan melakukan tugas seperti klasifikasi atau deteksi objek [18].

### **2.5.1 Algoritma CNN**

*Convolutional Neural Network (CNN)* Salah satu algoritma *deep learning* yang banyak digunakan untuk pendeteksian objek adalah *Convolutional Neural Network (CNN)*. CNN adalah jenis *neural network* yang dirancang khusus untuk memproses data gambar atau video. CNN terdiri dari beberapa lapisan konvolusi yang dapat mengekstraksi fitur visual seperti tepi, sudut, dan tekstur dari gambar.

Beberapa arsitektur CNN yang populer untuk pendeteksian objek adalah [19]:

1. YOLO (*You Only Look Once*)
2. *Faster R-CNN*
3. SSD (*Single Shot MultiBox Detector*)

Arsitektur-arsitektur ini telah mencapai akurasi yang tinggi dalam mendeteksi objek, termasuk plat nomor kendaraan, dan banyak digunakan dalam aplikasi nyata.

### **2.5.1.1 Algoritma YOLO (*You Only Look Once*)**

*Convolutional Neural Network* (CNN) telah menjadi algoritma deep learning yang populer dan banyak digunakan dalam tugas pendeteksian objek. Salah satu algoritma CNN yang banyak diaplikasikan adalah YOLO (*You Only Look Once*), yang diperkenalkan oleh Redmon. pada tahun 2016.

YOLO adalah algoritma pendeteksian objek real-time yang menggunakan pendekatan regresi untuk memprediksi *bounding box* dan probabilitas kelas dari objek secara serentak [20]. Berbeda dengan metode pendeteksian objek tradisional seperti *sliding window* dan *proposal generation*, YOLO memandang prediksi objek sebagai masalah regresi untuk meningkatkan kecepatan dan akurasi.

Arsitektur YOLO terdiri dari beberapa lapisan konvolusi dan lapisan *fully-connected* yang memprediksi *bounding box* dan probabilitas kelas secara bersamaan. Masukan dari YOLO adalah citra yang dibagi menjadi beberapa grid sel. Setiap sel memprediksi *bounding box* dan skor kepercayaan untuk objek yang terdapat dalam sel tersebut. Skor kepercayaan merupakan hasil perkalian antara probabilitas ada objek dan probabilitas kelas objek tersebut.

Salah satu keunggulan utama YOLO adalah kecepatannya yang tinggi dalam melakukan deteksi objek secara *real-time*. Hal ini dikarenakan YOLO hanya perlu melakukan satu evaluasi per citra, berbeda dengan metode lain yang memerlukan evaluasi per wilayah (*region proposal*). Selain itu, YOLO juga dapat memprediksi beberapa objek sekaligus dalam satu citra [21].

Sejak diperkenalkan, YOLO telah mengalami beberapa perbaikan dan modifikasi. Versi terbaru YOLO, yaitu YOLOv4, memiliki akurasi yang lebih baik dan dapat mendeteksi objek dengan lebih cepat dibandingkan versi sebelumnya [22].

## 2.6 Android

Android adalah sistem operasi seluler terbuka yang dikembangkan oleh Google dan banyak digunakan pada perangkat seluler seperti smartphone dan tablet. Dalam konteks deteksi plat nomor berbasis Android, pembahasan tentang platform Android menjadi sangat penting karena aplikasi akan dijalankan pada perangkat Android.

Android memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya menjadi platform yang cocok untuk pengembangan aplikasi deteksi plat nomor, antara lain [23]:

1. **Arsitektur Terbuka:** Android dibangun di atas kernel Linux dan menggunakan lisensi open-source, yang memungkinkan pengembang untuk memodifikasi dan menyesuaikan sistem sesuai kebutuhan
2. **Ekosistem Pengembangan yang Kaya:** Android menyediakan berbagai alat pengembangan, seperti Android Studio, dan didukung oleh komunitas pengembang yang besar serta sumber daya pembelajaran yang melimpah.
3. **Dukungan untuk Berbagai Perangkat:** Android dapat berjalan pada berbagai perangkat dengan spesifikasi dan ukuran layar yang berbeda-beda, sehingga aplikasi deteksi plat nomor dapat digunakan pada berbagai jenis perangkat Android
4. **Kemampuan Multitasking:** Sistem operasi Android mendukung multitasking, yang memungkinkan aplikasi untuk berjalan dalam latar belakang dan menjalankan tugas-tugas seperti deteksi plat nomor secara real-time
5. **Integrasi dengan Kamera dan Sensor:** Android menyediakan API (Application Programming Interface) untuk mengakses kamera dan sensor pada perangkat, yang sangat penting dalam aplikasi deteksi plat nomor yang memerlukan input dari kamera [24].

Dalam pengembangan aplikasi deteksi plat nomor berbasis Android, pengembang perlu memahami arsitektur Android, siklus hidup aplikasi, manajemen sumber daya, dan cara mengintegrasikan library atau framework untuk pengolahan citra dan *machine learning*, seperti OpenCV atau TensorFlow Lite [25].

### 2.6.1 Android Studio

Android Studio merupakan Integrated Development Environment (IDE) resmi serta satu-satunya yang mendapat dukungan resmi dari Google untuk mengembangkan aplikasi Android. Android Studio menyediakan lingkungan pengembangan yang komprehensif dan terintegrasi untuk pembuatan, pengujian, dan debugging aplikasi Android.

IDE ini menyediakan alat bantu dan fitur yang diperlukan untuk membangun, menguji, dan mendebug aplikasi Android [26]:

- Android Studio menyediakan editor kode yang kuat dengan fitur seperti penyelesaian kode otomatis, inspeksi kode, dan refaktorisasi.
- IDE ini juga menyediakan alat bantu untuk merancang antarmuka pengguna (UI) secara visual dengan drag-and-drop.
- Untuk menguji aplikasi, Android Studio menyediakan emulator Android yang dapat mensimulasikan berbagai perangkat dan versi Android.
- Untuk mendebug aplikasi, Android Studio memiliki fitur debugger yang kuat untuk melacak dan memperbaiki masalah dalam kode.

Android Studio mendukung bahasa pemrograman Java dan Kotlin, serta menyediakan emulator untuk menguji aplikasi sebelum dijalankan pada perangkat sebenarnya [27]:

- Bahasa pemrograman utama yang didukung oleh Android Studio adalah Java dan Kotlin.
- Pengembang dapat memilih salah satu bahasa ini untuk mengembangkan aplikasi Android.

- Android Studio juga menyediakan emulator Android yang dapat digunakan untuk menguji aplikasi sebelum dijalankan pada perangkat sebenarnya.
- Emulator ini memungkinkan pengembang untuk mensimulasikan berbagai perangkat dan versi Android, sehingga aplikasi dapat diuji dengan berbagai konfigurasi sebelum dirilis.

Dengan fitur-fitur yang lengkap dan terintegrasi, Android Studio menjadi alat yang sangat penting dalam pengembangan aplikasi Android, termasuk aplikasi deteksi plat nomor. IDE ini memberikan kemudahan dalam proses pengembangan, pengujian, dan pendebugan aplikasi, sehingga pengembang dapat fokus pada fungsionalitas dan kinerja aplikasi.

### **2.6.2 Kotlin**

Kotlin adalah sebuah bahasa pemrograman yang relatif baru, dikembangkan oleh perusahaan bernama JetBrains. Bahasa ini dirilis secara resmi pada tahun 2011 dan dirancang untuk menjadi lebih aman, ringkas, serta ekspresif dibandingkan dengan bahasa pemrograman Java. Salah satu fitur utama yang membedakan Kotlin dari Java adalah adanya null safety. Fitur ini membantu mencegah terjadinya NullPointerException, yang merupakan salah satu kesalahan umum dalam pengembangan aplikasi Java. [28]. Selain itu, Kotlin juga mendukung konsep pemrograman fungsional seperti lambda expressions dan fungsi penyatu (higher-order functions), serta operasi fungsional pada koleksi data. Fitur-fitur ini memungkinkan pengembang untuk menulis kode yang lebih ringkas dan mudah dibaca. Meskipun memiliki perbedaan dengan Java, Kotlin tetap memiliki interoperabilitas dengan bahasa pemrograman tersebut [29].

### **2.6.3 CameraX**

Framework CameraX adalah serangkaian pustaka yang bertujuan untuk menyederhanakan penggunaan kamera pada perangkat Android. Pengembangan aplikasi yang memanfaatkan kamera sering kali menantang, namun aplikasi ini biasanya sangat interaktif bagi pengguna. CameraX menyediakan API yang kompatibel dengan mayoritas perangkat Android, termasuk dukungan untuk versi

lama hingga Android 5.0 (API Level 21) [30]. CameraX menawarkan abstraksi tingkat tinggi untuk tugas-tugas umum seperti mengambil gambar, merekam video, menganalisis gambar, serta menerapkan efek kamera dalam waktu nyata. Pustaka ini juga mendukung fitur-fitur modern seperti penanganan kasus penggunaan kamera multi-kamera, kontrol eksposur, fokus otomatis, dan stabilisasi gambar.

## 2.7 Roboflow

Roboflow telah muncul sebagai platform yang signifikan dalam pengembangan model computer vision, menawarkan solusi terintegrasi untuk manajemen dataset, anotasi, dan pelatihan model. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sharma et al, Roboflow menyediakan alat yang komprehensif untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi dalam pengembangan model deteksi objek [31]. Platform ini memungkinkan peneliti dan pengembang untuk fokus pada aspek-aspek kunci dari desain model tanpa terbebani oleh kompleksitas manajemen data.

Salah satu keunggulan utama Roboflow adalah kemampuannya dalam menyederhanakan proses pra-pemrosesan data. Studi Efendi et al, menunjukkan bahwa penggunaan Roboflow dapat mengurangi waktu persiapan dataset hingga 40% dibandingkan dengan metode manual [32]. Efisiensi ini sangat berharga dalam konteks pengembangan sistem deteksi plat nomor, di mana keragaman dan volume dataset yang besar seringkali diperlukan untuk mencapai akurasi yang tinggi.

Lebih lanjut, Roboflow menawarkan fitur augmentasi data yang canggih. Menurut penelitian oleh Liu et al, teknik augmentasi yang disediakan oleh Roboflow, seperti rotasi, flipping, dan penyesuaian kecerahan, secara signifikan meningkatkan ketahanan model terhadap variasi dalam kondisi nyata [33]. Dalam konteks deteksi plat nomor, ini berarti model yang dilatih menggunakan Roboflow cenderung lebih baik dalam menangani berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pengambilan gambar.

### 2.7.1 Roboflow API

Sebagai komponen integral dari ekosistem Roboflow, Roboflow API menawarkan fleksibilitas dan kemudahan dalam mengintegrasikan model terlatih ke dalam berbagai aplikasi. Penelitian oleh Kumar dan Patel (2023) mendemonstrasikan bagaimana Roboflow API dapat digunakan untuk mengimplementasikan model deteksi plat nomor dalam aplikasi mobile dengan latency yang rendah [34]. Mereka mencatat peningkatan kecepatan inferensi sebesar 30% dibandingkan dengan implementasi tradisional.

Dalam konteks pengembangan aplikasi Android untuk deteksi plat nomor, Roboflow API menawarkan beberapa keunggulan signifikan. Zhao et al. (2022) mengidentifikasi bahwa penggunaan Roboflow API memungkinkan pembaruan model secara dinamis tanpa perlu merilis versi aplikasi baru [35]. Fitur ini sangat berharga untuk penyempurnaan berkelanjutan sistem deteksi plat nomor, memungkinkan adaptasi cepat terhadap perubahan dalam desain plat atau kondisi lingkungan.

Studi oleh Hernandez dan Kim (2023) lebih lanjut mengeksplorasi skalabilitas Roboflow API dalam konteks sistem deteksi plat nomor skala besar [36]. Mereka menemukan bahwa API ini mampu menangani beban kerja tinggi dengan baik, memungkinkan pemrosesan simultan dari multiple stream video tanpa penurunan kinerja yang signifikan.

Meskipun demikian, penggunaan Roboflow API juga memiliki beberapa tantangan. Rivera dan Garcia (2023) menekankan bahwa meskipun API ini menyederhanakan proses deployment, masih diperlukan pemahaman mendalam tentang arsitektur model dan parameter inferensi untuk mencapai hasil optimal [37]. Mereka menyoroti pentingnya keseimbangan antara kemudahan penggunaan yang ditawarkan Roboflow API dengan kebutuhan untuk kontrol yang lebih granular dalam beberapa skenario kompleks.

## **2.8 ML Kit API**

ML Kit API adalah platform machine learning untuk aplikasi mobile yang menyediakan berbagai API untuk tugas-tugas seperti pengenalan teks, deteksi wajah, dan pemindaian barcode. Platform ini dapat berjalan secara on-device untuk meningkatkan privasi dan mengurangi ketergantungan pada internet, atau cloud-based untuk akurasi yang lebih tinggi pada tugas-tugas kompleks [38].

Dalam konteks deteksi plat nomor kendaraan, ML Kit menawarkan API pengenalan teks dan deteksi objek yang relevan. Penggunaan ML Kit dalam pengembangan Android memiliki keuntungan berupa model machine learning yang dioptimalkan untuk perangkat mobile dan integrasi yang baik dengan ekosistem Android. Hal ini memudahkan pengembang untuk mengimplementasikan fitur machine learning tanpa keahlian mendalam di bidang ini [39].

## **2.9 Basis Data**

Dalam konteks aplikasi deteksi plat nomor berbasis Android yang bertujuan untuk menggantikan surat tilang atau manajemen data kendaraan, pengelolaan data menjadi sangat penting. Oleh karena itu, pembahasan tentang database dalam tinjauan pustaka ini menjadi relevan. Untuk menyimpan dan mengelola data ini secara efisien dan terpusat, diperlukan sistem database yang andal [40]. Dengan adanya basis data, data dapat disimpan, diakses, diperbarui, dan dihapus dengan mudah sesuai kebutuhan aplikasi.

Selain itu, penggunaan basis data juga memungkinkan aplikasi untuk melakukan pencarian, penyaringan, dan analisis data secara efisien. Misalnya, petugas dapat dengan cepat mencari informasi kendaraan berdasarkan plat nomor atau mencari data pelanggaran berdasarkan lokasi dan waktu tertentu [41].

## **2.10 Unified Modelling Language (UML)**

UML merupakan bahasa pemodelan baku yang digunakan untuk membuat visualisasi, menentukan spesifikasi, membangun, serta mendokumentasikan berbagai artefak dari sistem perangkat lunak. UML menyediakan serangkaian

diagram dan notasi yang memungkinkan para pengembang untuk memodelkan kebutuhan, arsitektur, dan desain sistem secara visual [42].

### **2.10.1 Usecase Diagram**

Use Case Diagram digunakan untuk merepresentasikan fungsionalitas sistem dari sudut pandang pengguna. Diagram ini terdiri dari aktor (pengguna atau sistem luar) dan use case (fungsi atau tindakan yang dapat dilakukan oleh sistem). Use Case Diagram membantu dalam mengidentifikasi persyaratan fungsional sistem serta interaksi antara aktor dengan sistem. Use Case Diagram mengilustrasikan fungsionalitas sistem dari perspektif pengguna dan tersusun atas aktor dan use case [43].

### **2.10.2 Activity Diagram**

Activity Diagram digunakan untuk memodelkan aliran kontrol dari proses bisnis atau alur kerja suatu sistem. Diagram ini menampilkan urutan aktivitas, pengambilan keputusan, dan aliran paralel yang terjadi di dalam sistem. Activity Diagram membantu dalam memahami logika bisnis dan proses-proses yang terlibat dalam sistem, serta memvisualisasikan bagaimana sistem merespons berbagai peristiwa. Activity Diagram memodelkan aliran kontrol dari proses bisnis atau alur kerja sistem dan menunjukkan urutan aktivitas, keputusan, dan aliran paralel yang terjadi [44].

### **2.10.3 Class Diagram**

Class Diagram digunakan untuk menunjukkan struktur suatu sistem dengan menampilkan kelas-kelas, atribut, operasi, serta hubungan di antara kelas-kelas tersebut. Diagram ini memodelkan konsep-konsep domain dan relasi di antaranya. Class Diagram membantu dalam mengidentifikasi entitas-entitas utama dalam sistem dan bagaimana entitas-entitas tersebut saling terkait. Class Diagram merepresentasikan struktur sistem dengan menampilkan kelas, atribut, operasi, dan hubungan antar kelas [45].

#### 2.10.4 Sequence Diagram

Sequence Diagram menggambarkan interaksi antar objek di dalam sistem secara berurutan. Diagram ini menunjukkan bagaimana objek-objek saling bertukar pesan dalam urutan waktu tertentu untuk mencapai tujuan tertentu. Sequence Diagram membantu dalam memahami skenario penggunaan khusus dan bagaimana objek-objek berinteraksi untuk memenuhi persyaratan fungsional. Sequence Diagram merepresentasikan interaksi antar objek dalam sistem secara berurutan dan menunjukkan bagaimana objek-objek saling bertukar pesan dalam urutan waktu tertentu [46].

#### 2.11 Pengujian

Pengujian merupakan tahapan kritis dalam siklus pengembangan perangkat lunak untuk memastikan kualitas, fungsionalitas, dan keandalan sistem yang dibangun [47]. Dalam konteks pengembangan aplikasi Android untuk mendeteksi plat nomor kendaraan menggunakan computer vision, pengujian melibatkan beberapa aspek utama yang perlu dipertimbangkan.

Dalam pengembangan aplikasi Android untuk mendeteksi plat nomor kendaraan menggunakan computer vision, pengujian yang komprehensif sangat penting untuk mengevaluasi performa sistem dan memastikan kualitas hasil deteksi. Beberapa metode pengujian yang umum digunakan dalam penelitian serupa meliputi:

- **Pengujian Fungsionalitas menggunakan BlackBox**, Pengujian dilakukan dengan pendekatan BlackBox, di mana sistem diuji berdasarkan bagaimana ia berfungsi dan memenuhi spesifikasi fungsionalnya tanpa mempertimbangkan implementasi internal. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa semua fitur dan fungsi sistem deteksi plat nomor bekerja seperti yang diharapkan dalam berbagai skenario penggunaan [48].
- **Pengujian Jarak Deteksi**, salah satu faktor penting dalam deteksi plat nomor kendaraan adalah jarak pengambilan gambar atau video. Pengujian dapat dilakukan dengan menggunakan jarak yang bervariasi, mulai dari

jarak dekat hingga jarak jauh, untuk mengevaluasi performa sistem dalam kondisi yang berbeda [49].

- **Pengujian Acceptance**, Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem memenuhi semua persyaratan dan standar yang telah ditetapkan oleh pengguna atau pemangku kepentingan. Ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah sistem deteksi plat nomor siap untuk diterima dan digunakan dalam lingkungan produksi sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan

Dengan melakukan pengujian yang komprehensif, peneliti dapat mengevaluasi kinerja aplikasi secara objektif dan mengidentifikasi area-area yang perlu diperbaiki atau ditingkatkan. Hasil pengujian juga dapat digunakan sebagai dasar untuk membandingkan performa aplikasi dengan metode atau sistem lain yang serupa.