

A. Judul

Penerapan Deteksi Plat Nomor Kendaraan Dengan Menggunakan Metode Object Detection Model YOLO dan Tesseract OCR Untuk Smart Parking.

B. Latar Belakang

Masyarakat menggunakan kendaraan sebagai alat transportasi yang bertujuan sebagai sarana yang menghubungkan dari beberapa daerah atau wilayah dengan cepat dan aman. Dengan adanya sistem transportasi yang efisien, kehidupan menjadi lebih baik karena semua kebutuhan dapat terpenuhi dengan baik (Efendi, 2017). Menurut data yang dikumpulkan oleh Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS) pada tahun 2022 perkembangan jumlah kendaraan bermotor yaitu meningkat menjadi 148.212.865 kendaraan. Jumlah kendaraan pribadi di Indonesia masih didominasi oleh sepeda motor yang telah mencapai 125.267.349. Badan Pusat Statistik (bps.go.id) memperoleh data mengenai kendaraan yang telah dilengkapi dengan plat nomor berlisensi.

Plat nomor merupakan suatu bentuk tanda pengenal untuk macam transportasi seperti sepeda motor ataupun mobil. Tanda pengenal kendaraan berisi komposisi karakter beserta nomor untuk memberikan data mengenai kode wilayah provinsi dan lokasi dimana kendaraan tersebut terdaftar. Setiap negara memiliki model unik untuk plat nomor, termasuk dari segi warna dan susunan karakternya. Oleh karena itu, teknologi pengenalan plat nomor yang diterapkan pada suatu negara belum tentu mampu mengenali plat nomor yang digunakan di Indonesia (Budiman Hasiholan et al., 2022). Ketika kendaraan memasuki area parkir, plat nomor kendaraan menjadi identitas kendaraan berdasarkan sistem parkir yang digunakan.

Parkir menjadi kebutuhan penting bagi setiap pengunjung yang mengunjungi berbagai lokasi umum atau komersil seperti mal, gedung kantor, hotel, bangunan toko, kampus dan lokasi lainnya. Fasilitas parkir merupakan bagian integral dari kehidupan sehari-hari karena digunakan sebagai tempat untuk menitipkan kendaraan selama periode waktu tertentu. Selain mencegah kendaraan yang bersifat sementara dari menjadi penyebab kecelakaan jalur, tempat parkir ini memungkinkan masyarakat untuk menjaga kendaraan

mereka dengan lancar dan aman, serta mencegah kendaraan yang bersifat sementara dari menjadi penyebab kecelakaan jalur (Rahma Adinda et al., 2023). Ada beberapa jenis parkir, diantaranya ialah parkir di pinggir jalan (*on-street parking*) dan parkir di luar jalan (*off-street parking*). Berdasarkan posisi parkirnya, terdapat parkir sejajar sumbu jalan, parkir bersudut, dan parkir tegak lurus sumbu jalan. Selain itu, berdasarkan statusnya, parkir dapat dibagi menjadi parkir umum, parkir khusus, parkir darurat, taman parkir, dan gedung parkir. (Ulfa Anastasia et al., 2017). Di Indonesia, sebagian besar sistem parkir masih dioperasikan secara manual.

Sistem keamanan pada parkir sangat berperan penting dalam pengenalan plat nomor kendaraan. Namun, kebanyakan sistem keamanan parkir saat ini masih bergantung pada pengawasan manusia, sehingga rentan terhadap resiko terjadinya pencurian karena kurangnya pencatatan data dengan baik terkait keluar masuknya kendaraan dan terjadinya kemacetan saat keluar masuk kendaraan bermotor ketika hendak berparkir. Sistem keamanan seperti ini juga terjadi di Universitas Jember khususnya pada gedung Fakultas Ilmu Komputer. Dikarenakan masih menggunakan tenaga manusia maka sistem keamanan parkir dengan cara mengidentifikasi plat nomor kendaraan dengan kamera seperti *Closed Circuit Television* (CCTV) sangat diperlukan. mendeteksi dan mengenali plat nomor kendaraan adalah salah satu aspek penting dalam bidang *Computer Vision*.

Computer Vision merupakan suatu bidang yang mempelajari bagaimana cara komputer atau mesin dapat melihat dan menganalisis informasi seperti yang dilakukan oleh mata dan otak manusia. Bidang ini melibatkan berbagai aspek penelitian termasuk bagaimana mengumpulkan, memproses, menganalisa, serta memahami data visual seperti citra atau video, serta dalam pengambilan keputusan (Szeliski, 2010). Salah satu cabang dalam *computer vision* adalah deteksi objek. Deteksi objek bertugas untuk mengenali dan menentukan posisi objek pada suatu gambar. Bidang deteksi objek memiliki beragam aplikasi yang meliputi keamanan, pengumpulan informasi, pemantauan, peningkatan produktivitas, dan sebagainya.

Object Detection adalah proses yang digunakan untuk menentukan keberadaan apakah suatu objek tertentu ada didalam suatu citra digital. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai macam metode yang umumnya menganalisis fitur-fitur dari

seluruh objek dalam citra *input* (Jalled & Voronkov, 2016). Deteksi objek merupakan salah satu komponen dari *Object Recognition*. Oleh karena itu, dalam melakukan deteksi objek, objek tersebut harus diidentifikasi terlebih dahulu. Terdapat beragam metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi objek. Metode YOLO dianggap sebagai metode yang paling cepat dalam mendeteksi suatu objek. Metode ini menawarkan tingkat kecepatan dan hasil akurasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan metode lain seperti RCNN dan Fast R-CNN, yang dimana kedua metode tersebut populer dalam deteksi suatu objek. (Amanda Putri et al., 2023).

YOLO adalah singkatan dari “*You Only Look Once*”, salah satu pendekatan yang digunakan untuk mendeteksi objek secara *real-time* dengan memanfaatkan *Convolutional Neural Network* (CNN). YOLO menggunakan satu jaringan syaraf tunggal untuk mendeteksi objek dalam sebuah gambar. Jaringan ini dapat secara langsung melakukan prediksi dan probabilitas dengan menggunakan fitur gambar untuk memprediksi setiap *bounding box* (Redmon et al., 2015).

Beberapa penelitian mengenai objek deteksi dengan menggunakan YOLO serta citra plat nomor kendaraan seperti penelitian yang dilakukan oleh (Khotimah et al., 2023) mereka melakukan penelitian terhadap deteksi plat nomor kendaraan dengan memanfaatkan algoritma YOLOv3 menyimpulkan bahwa penelitian ini menggunakan kamera CCTV dan dataset yang digunakan adalah dataset milik Dinas Perhubungan Kabupaten Pasuruan. Penelitian ini menguji dengan menggunakan nilai *precision* sebesar 100%, nilai *recall* sebesar 82%, dan *F1 Score* 90%. Sedangkan hasil deteksi objek, peneliti membagi menjadi 3 jarak yakni, jarak 1 Meter memiliki akurasi 81,8% jarak 1,5 Meter sebesar 81,8%, dan 2 Meter sebesar 72,7%. Penelitian yang dilakukan oleh (Setiyono et al., 2021) adalah melakukan penelitian terhadap deteksi plat nomor kendaraan dengan menggunakan algoritma YOLOv3 dan *Darknet*, menyimpulkan bahwa data yang tanpa melakukan preprocessing memiliki tingkat akurasi yang dihasilkan berada di 80%, sedangkan untuk model plat dan karakter memiliki hasil akurasi di 97,1%. Pada data yang melakukan tahap preprocessing berada di 88% untuk model plat, dan untuk akurasi karakter dari plat tersebut berada di 98,2%. Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh (Amanda Putri et al., 2023) adalah membandingkan kinerja antara algoritma YOLO dan

RCNN dalam mendeteksi plat nomor kendaraan. Peneliti menggunakan dataset dari Kaggle sejumlah 150 citra. Peneliti mengevaluasi kinerja dari kedua algoritma yang digunakan menghasilkan bahwa algoritma YOLOv4 memiliki tingkat akurasi deteksi sebesar 96%, sedangkan RCNN memiliki akurasi sebesar 87,8%. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah bahwa algoritma YOLOv4 lebih cocok digunakan untuk mendeteksi plat nomor kendaraan.

Metode YOLO menjadi salah satu cara untuk mendeteksi objek dengan cepat dan akurat. Karena metode ini hanya menggunakan pendekatan jaringan syaraf tunggal, sehingga dapat melakukan pendeteksian objek hingga dua kali lebih cepat daripada algoritma lain. Peneliti memilih menggunakan metode YOLOv8 untuk penelitian ini, karena metode tersebut menawarkan deteksi objek yang lebih baik dan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan versi sebelumnya. Ketika gambar sudah ditemukan melalui *Object Detection*, tahap berikutnya adalah pengenalan karakter atau *Optical Character Recognition* supaya gambar yang diteliti akan menghasilkan output berupa teks.

Optical Character Recognition (OCR) merupakan sebuah aplikasi yang mengubah gambar karakter (*image character*) menjadi bentuk teks dengan cara membandingkan pola karakter per baris dengan pola yang telah tersimpan dalam database aplikasi. Hasil dari proses OCR berupa teks yang sesuai dengan gambar output, di mana tingkat akurasi karakter tergantung pada kejelasan gambar dan metode yang digunakan (A .Setiawan., 2017). *Tesseract OCR* merupakan *library* yang dapat digunakan untuk mengubah citra biner menjadi teks. *Library* ini dapat digunakan secara langsung, atau melalui API untuk mengekstrak teks yang tercetak dari gambar (Smith, 2007).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai objek deteksi dengan menggunakan *Tesseract OCR* dengan citra plat nomor kendaraan seperti penelitian yang dilakukan oleh (Hanif et al., 2023). Peneliti mendeteksi objek plat nomor kendaraan dengan berbagai macam jarak. Tingkat akurasi yang dihasilkan dari berbagai jarak tersebut sebesar 93,3% untuk jarak 150 cm, pada jarak 200 cm menghasilkan 80%, dan pada jarak 250 cm menghasilkan 46,6%. Dalam penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh (Kusnantoro et al., 2022) dengan menggunakan citra plat nomor kendaraan dan metode *Tesseract OCR* sehingga dapat menghasilkan tingkat akurasi sebesar 95,95%. (Maulana et al., 2022)

melakukan penelitian terhadap identifikasi plat nomor kendaraan dengan menggunakan Metode *Haar Cascade* dan *Optical Character Recognition*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan keamanan tempat parkir serta mempermudah pencatatan kendaraan. Hasil dari penelitian ini berupa sebuah website yang mampu mengidentifikasi plat nomor kendaraan. Tingkat keberhasilan dari penelitian ini berada di 97%.

Metode ekstraksi teks *Tesseract OCR* merupakan salah satu metode yang akurat dalam melakukan penerjemahan gambar menjadi teks. Metode ini dapat menerjemahkan gambar menjadi teks dalam lebih dari 100 bahasa (Smith, 2007). Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode ekstraksi teks *Tesseract OCR* untuk mengubah citra plat nomor berupa gambar menjadi teks, serta mampu menghasilkan nilai akurasi yang lebih tinggi.

Berdasarkan paparan yang telah disampaikan, peneliti akan mengembangkan sistem deteksi plat nomor kendaraan untuk smart parking dengan menggunakan algoritma YOLO dan metode *Tesseract OCR* sebagai ekstraksi teks. Penelitian ini diharapkan dapat membantu seluruh masyarakat terutama di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember untuk tetap menjaga keamanan dan ketertiban dalam berparkiran.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, adapun permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana implementasi model *YOLOv8* dengan ekstraksi teks *Tesseract OCR* sebagai *Object Detection* plat nomor kendaraan?
2. Bagaimana hasil tingkat *accuracy*, *precision*, dan *recall* untuk mendeteksi plat nomor kendaraan dengan menggunakan metode deteksi objek *YOLOv8*?

D. Tujuan

Sesuai dengan rumusan masalah yang ada, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui implementasi metode *Object Detection* dengan algoritma model *YOLOv8* dan menggunakan ekstraksi teks *Tesseract OCR* dalam mendeteksi plat nomor kendaraan.
2. Mengetahui presentase nilai *accuracy*, *precision*, dan *recall* untuk mendeteksi plat nomor kendaraan.

E. Manfaat

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjadikan penelitian ini sebagai acuan untuk kasus deteksi plat nomor kendaraan dengan menggunakan metode algoritma YOLOv8 dan *Tesseract OCR* untuk mengekstraksi teks.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menambahkan pengetahuan dan pemahaman bagi peneliti mengenai deteksi plat nomor kendaraan dengan menggunakan algoritma YOLO dan ekstraksi teks *Tesseract OCR*.
3. Penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat dan mahasiswa untuk menjaga keamanan kendaraan pribadi dengan bantuan dari sistem deteksi plat nomor kendaraan berbasis smart parking.

F. Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah terkait penelitian ini seperti:

1. Penelitian ini menggunakan dataset citra plat nomor kendaraan yang diambil dari parkir fasilkom UNEJ dengan kamera *smartphone* serta melakukan kuesioner melalui *Google Form*.
2. Objek yang diteliti dalam penelitian ini adalah plat nomor kendaraan yang digunakan di Indonesia.

G. Tinjauan Pustaka

G.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh (Setiyono et al., 2021) berjudul “*Number plate recognition on vehicle using YOLO - Darknet*”. Pada penelitian ini, tujuannya adalah mendeteksi plat nomor kendaraan dengan menggunakan algoritma YOLOv3 dan *Darknet* sebagai ekstraksi fitur. Penelitian ini menggunakan dataset dari kamera *smartphone* dan kamera yang diambil langsung. Data penelitian ini berjumlah 170 gambar. Hasil dari penelitian ini memiliki hasil akurasi yang cukup baik yang dimana dalam penelitian ini, hasilnya dibagi menjadi dua bagian, yakni tanpa preprocessing dan dengan menerapkan tahap preprocessing. Hasil akurasi tanpa preprocessing berada di 80% untuk plat nomor dan 97,1% untuk karakter pada plat tersebut, sementara dengan menggunakan tahap preprocessing berada di 88% untuk plat nomor dan 98,2% untuk karakter pada plat tersebut.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh (Khotimah et al., 2023) berjudul “*Pendeteksi plat Nomor Kendaraan Bermotor Berbasis Algoritma YOLO (You Only Look Once) Menggunakan Kamera CCTV*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan seperti sistem parkir, sistem tol, sistem lalu lintas, sebagainya yang saat ini masih dikerjakan secara manual oleh petugas. Peneliti menggunakan algoritma YOLOv3 dan kamera CCTV serta dataset yang digunakan adalah dataset milik Dinas Perhubungan Kabupaten Pasuruan. Peneliti mendapatkan hasil pendeteksian pada plat nomor kendaraan dengan nilai precision 100%, nilai recall 82%, dan F1 *Score* 90%. Peneliti juga melakukan pengujian deteksi di berbagai macam jarak yakni, jarak 1 Meter mendapatkan akurasi sebesar 81,8%, jarak 1,5 Meter sebesar 81,8% , dan jarak 2 Meter sebesar 72,7%.

Peneliti yang dilakukan oleh (Amanda Putri et al., 2023) berjudul “*Perbandingan Kinerja Algoritma YOLO Dan RCNN Pada Deteksi Plat Nomor Kendaraan*”. Penelitian ini, bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja dua algoritma yang umum digunakan untuk mendeteksi objek plat nomor kendaraan, yaitu YOLO dan RCNN (*Regional Neural Network*). Peneliti menggunakan dataset dari Kaggle yang terdiri dari 150 citra dalam penelitian ini. Peneliti melakukan evaluasi dari kinerja kedua algoritma

dengan dataset yang sama untuk membandingkan tingkat akurasi mereka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma YOLOv4 memiliki tingkat akurasi deteksi yang lebih tinggi yaitu sebesar 96%, jika dibandingkan dengan algoritma RCNN yang memperoleh hasil dengan tingkat akurasi 87,8%. Oleh karena itu, penelitian ini dapat disimpulkan bahwa algoritma YOLOv4 sangat sesuai untuk mendeteksi sebuah objek plat nomor kendaraan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Hanif et al., 2023) berjudul “*Deteksi Karakter Plat Nomor Kendaraan Dengan Menggunakan Metode Optical Character Recognition (OCR)*”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempermudah proses deteksi dan pembacaan plat nomor kendaraan bermotor yang diidentifikasi dengan metode OCR. Dalam proses penelitian ini, objek penelitian diambil menggunakan kamera *webcam* dan melibatkan segmentasi, ekstraksi fitur, serta pengenalan karakter Untuk mengenali karakter nomor kendaraan. Peneliti menerapkan metode klasifikasi OCR. Hasil dari penelitian ini menunjukkan tingkat akurasi sebesar 93,3% untuk jarak 150cm, 80% untuk jarak 200cm dan 46,6% untuk jarak 250cm.

Penelitian yang dilakukan oleh (Kusnantoro et al., 2022) berjudul “*Implementasi Metode Tesseract OCR (Optical Character Recognition) untuk Deteksi Plat Nomor Kendaraan Pada Sistem Parkir*”. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sebuah program yang dapat secara otomatis melakukan pendataan kendaraan karyawan dengan mendeteksi plat nomor mereka. Penelitian ini menggunakan Metode *Tesseract OCR* yang berperan dalam mengonversi gambar plat nomor kendaraan menjadi bentuk teks. Peneliti menggunakan data yang telah dimasukkan ke dalam database mereka sendiri untuk penelitian ini. Hasil rata-rata akurasi pada penelitian dengan menggunakan *Tesseract OCR* mencapai 95,95% dengan 30 sampel citra.

Penelitian berjudul “*Pengolahan Citra Untuk Identifikasi Pelat Nomor Kendaraan Mobil Menggunakan Metode Haar Cascade Dan Optical Character Recognition*” dilakukan oleh (Maulana et al., 2022). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan keamanan tempat parkir dan memudahkan pencatatan kendaraan. Peneliti menerapkan metode *Haar Cascade* untuk mendeteksi objek dengan menggunakan pengklasifikasi *cascade* berbasis fitur *haar*. Karena menggunakan statistikal model (*classifier*), keunggulan metode ini terletak pada kecepatan komputasinya yang tinggi karena hanya bergantung pada jumlah piksel persegi daripada nilai piksel setiap gambar.

Peneliti menerapkan metode OCR untuk mengubah gambar huruf menjadi karakter ASCII (*American Standard Code For Information Interchange*) yang dapat dikenali oleh komputer. Peneliti menggunakan dataset yang diperoleh dari PT.Delameta Bilano serta wilayah sekitar kampus sebagai sumber data. Peneliti mendapatkan data *primer* dalam bentuk gambar plat nomor kendaraan mobil secara langsung. Mereka membagi dataset menjadi dua kategori, yaitu positif dan negatif, dengan jumlah masing-masing 200 untuk positif dan 520 untuk negatif. Hasil dari penelitian tersebut mendapat hasil 97% tingkat keberhasilan yang menunjukkan bahwa metode ini dapat mengidentifikasi objek dengan baik.

Berdasarkan kedua penelitan terdahulu tersebut, maka peneliti mengusulkan untuk mengembangkan deteksi plat nomor kendaraan untuk smart parking dengan mengimplementasikan algoritma YOLO dan Metode *Tesseract OCR* sebagai mengekstraksi teks. Kedua metode ini dipilih karena berdasarkan penelitian sebelumnya kedua metode ini memiliki tingkat akurasi yang dihasilkan cukup tinggi.

G.2 Computer Vision

Computer Vision pada dasarnya meniru cara kerja sistem visual manusia berfungsi. Selama proses penglihatan manusia, indra penglihatan manusia, mata memungkinkan dapat melihat objek atau suatu benda. Setelah itu, gambar tersebut akan dikirim ke otak untuk diinterpretasikan, sehingga manusia dapat memahami apa yang mereka lihat. Hasil penafsiran ini kemudian dimanfaatkan dalam proses pengambilan keputusan (Rinaldi Munir, 2004). *Computer vision* menggabungkan kombinasi antara pengolahan citra dan pengenalan pola. Hasil dari proses *computer vision* ini adalah teknologi mesin yang mampu mengidentifikasi suatu objek yang diamati dan menyajikan sebuah gambaran yang jelas tentang objek fisik dari gambar (Le, 2015).

Sistem kinerja dari *computer vision* juga memiliki kekurangan jika kita bandingkan dengan kemampuan manusia. Walaupun sudah banyak peneliti yang menggunakan *computer vision*, tetapi masih banyak keterbatasan dari kinerja *computer vision* (Sigdel et al., 2017). Hal ini dapat terjadi karena kinerja dari *computer vision* masih ada ketergantungan pada desain sistem aplikasi yang secara spesifik seperti alat bantu penglihatan, dan robotik. Pengolahan citra merupakan langkah awal dalam *computer vision* untuk memperbaiki atau mempermudah interpretasi citra, sementara pengenalan pola

adalah proses mengidentifikasi objek dalam citra. Secara umum, proses dalam *computer vision* dapat dibagi menjadi:

1. Proses mengakuisisi citra digital (*Image Acquisition*) adalah suatu proses dimana citra objek akan direkam dan disimpan di dalam komputer;
2. Proses pengolahan citra (*Image Processing*) adalah proses yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas suatu citra, sehingga dapat memudahkan dalam mengenali citra;
3. Proses segmentasi citra (*Image Segmentation*) merupakan suatu proses untuk menyederhanakan penggambaran citra ke dalam bentuk yang lebih mudah dianalisis;
4. Proses Interpretasi citra (*Image Interpretation*) tahap citra yang sudah diolah dan dianalisis akan diinterpretasikan untuk mengambil nilai informasi yang akan diperlukan.

G.3 Plat Nomor Kendaraan

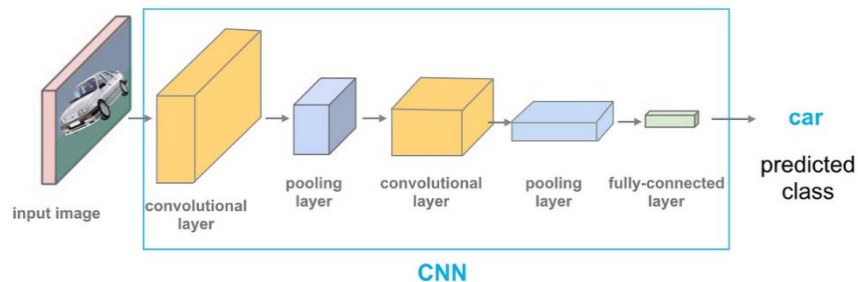
Plat nomor kendaraan berfungsi sebagai identitas untuk kendaraan bermotor, yang juga dikenal sebagai plat registrasi kendaraan. Secara umum, bentukan untuk plat nomor kendaraan sendiri berupa potongan logam plat berwarna hitam, putih, kuning, merah, dan hijau yang dipasang pada posisi depan dan belakang kendaraan bermotor untuk berfungsi sebagai tanda identifikasi resmi. Selain itu, plat nomor kendaraan juga terbagi menjadi dua baris, dimana baris pertama mengandung kode wilayah, nomor polisi, dan kode atau seri akhir wilayah. Baris kedua terdiri dari angka yang menunjukkan tanda masa berlaku plat kendaraan tersebut. Pada umumnya ukuran plat nomor kendaraan bermacam-macam, ukuran standar plat nomor kendaraan roda dua dan tiga adalah 250 x 105 mm, sementara untuk kendaraan roda empat atau lebih besar, ukurannya adalah 395 x 135 mm. bagian kedua dari plat nomor menunjukkan masa berlaku yang mencakup bulan dan tahun, yang harus diperbaharui setiap lima tahun (Budianto et al., 2015).



Gambar 1. Citra plat nomor kendaraan

G.4 *Convolutional Neural Network (CNN)*

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan algoritma *Deep Learning* yang mampu melakukan klasifikasi langsung terhadap berbagai jenis data seperti gambar, video, teks ataupun suara (Saha, 2018). Arsitektur atau cara kerja algoritma CNN dijelaskan sebagaimana terlihat pada gambar berikut:

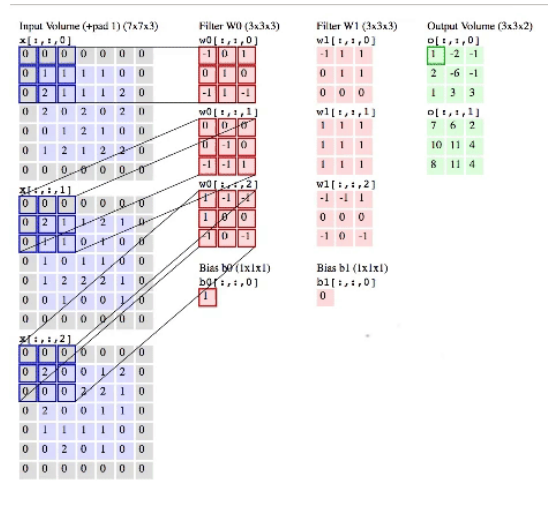


Gambar 2. Arsitektur *Convolutional Neural Network*

Dalam arsitekturnya yang dapat dilatih, CNN terdiri dari beberapa tahapan yang masing – masing berasal dari *input* dan *output* yang dihasilkan dari pengolahan *input* dalam bentuk *array*. *Feature map* atau peta fitur menghasilkan *output* dari tahap *feature map*, yang merupakan hasil dari pemrosesan *input*. Struktur CNN melibatkan empat jenis lapisan, yaitu *Convolution Layer*, *Activation Layer*, *Pooling Layer*, dan *Fully Connected Layer*.

G.4.1 Convolutional Layer

Convolutional Layer merupakan bagian penting dari arsitektur CNN. Pada tahap ini, dilakukan operasi konvolusi pada *output* dari lapisan sebelumnya. Proses ini merupakan inti dari arsitektur CNN. Konvolusi sendiri merupakan sebuah istilah dalam operasi matematis yang menerapkan fungsi pada nilai *output* fungsi lain secara berulang. Operasi konvolusi memiliki dua argumen berupa fungsi dengan nilai nyata. Pada umumnya, *convolutional layer* dijadikan sebagai lapisan utama pada tahap *feature learning* CNN. Jika mengacu pada gambar 3 ukuran *convolutional layer* dengan ukuran $7 \times 7 \times 3$. Dengan panjang piksel 7, tinggi piksel 7, dan tebal *channel* 3.



Gambar 3. Convolutional Layer

Pada titik ini, tiga *filter* akan bergerak keseluruh bagian citra. Setiap terjadinya pergerakan *filter* akan melakukan sebuah operasi yang dikenal sebagai *dot product*. Operasi ini terjadi saat nilai *input* dan *filter* menghasilkan *output* dari peta aktivasi. Pada lapisan awal CNN terdapat sebuah parameter yang disebut dengan “*Stride*”. Apabila *stride* memiliki nilai sebesar satu, maka lapisan tersebut melakukan pergerakan sebesar satu piksel dengan arah *horizontal* dan setelah itu secara *vertical*. Parameter kedua pada lapisan ini adalah *Padding*. *Padding* memutuskan beberapa banyak piksel yang akan ditambahkan di sekitar *input* pada

setiap sisi. Parameter *Padding* memiliki fungsi sebagai pengatur antara dimensi dengan *output* supaya hasil akan stabil dengan dimensi *input* atau tidak berubah dengan signifikan. Perhitungan dimensi dari *feature map* dilakukan secara sistematis sebagai berikut.

$$\text{Output} = \frac{W+N+2P}{S} + 1 \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

W = Panjang/Tinggi Input

N = Panjang/Tinggi Filter

P = Zero Padding

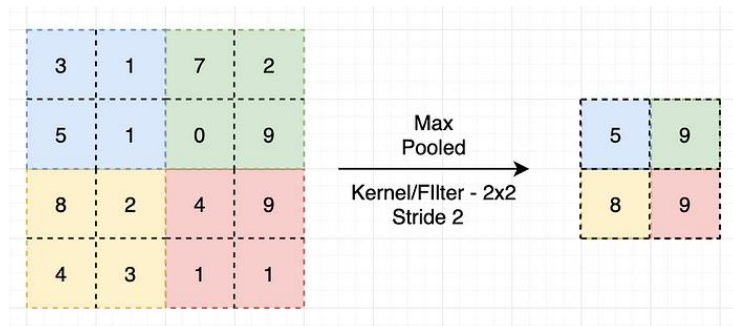
S = Stride

G.4.2 Activation Layer

Fungsi aktivasi diterapkan sebelum proses *pooling layer* dan setelah konvolusi. Pada tahap ini, hasil konvolusi akan dimasukkan ke dalam fungsi aktivasi. Beberapa fungsi aktivasi yang umum digunakan dalam jaringan konvolusi, seperti $\tanh()$ atau ReLU. Penggunaan ReLU dipilih oleh banyak peneliti karena kemampuannya dalam kinerja yang lebih baik. Fungsi ReLU menghasilkan output neuron sebagai 0 jika inputnya negatif, sedangkan jika inputnya positif, outputnya sama dengan inputnya.

G.4.3 Pooling Layer

Setelah tahap *convolutional layer*, dilakukan *Pooling Layer*. Pada tahapan ini, filter dengan ukuran dan stride tertentu digunakan untuk bergerak di atas *activation map*. *Pooling layer* berperan dalam mereduksi nilai *input* secara spasial melalui operasi *down-sampling*. Terdapat dua jenis pooling yang sering digunakan, yaitu *average pooling* dan *max-pooling*.



Gambar 4. *Pooling Layer*

Pada gambar 4 terlihat proses dari *max-pooling*. Hasil dari proses *pooling* ini adalah sebuah matriks dengan dimensi yang lebih kecil dibandingkan dengan dimensi citra awal. Lapisan *pooling* akan beroperasi untuk setiap irisan ke dalam volume *input* secara bergantian.

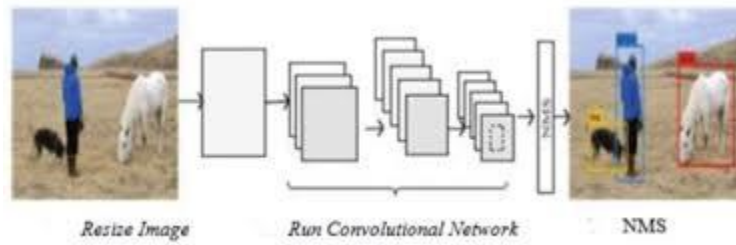
G.4.4 *Fully Connected Layer*

Lapisan *Fully Connected* merupakan lapisan di mana setiap neuron aktivitas dari lapisan sebelumnya terhubung dengan semua neuron di lapisan selanjutnya. Lapisan *fully connected* biasanya digunakan dalam metode multi-lapisan perceptron dengan tujuan untuk mengolah data agar bisa diklasifikasikan. Terdapat perbedaan antara lapisan *Fully Connected Layer* dengan lapisan konvolusi biasa di mana neuron pada lapisan konvolusi hanya terhubung ke daerah tertentu, sementara lapisan *Fully Connected Layer* memiliki neuron yang terhubung secara keseluruhan.

G.5 *You Only Look Once (YOLO)*

You Only Look Once (YOLO) merupakan sebuah sistem deteksi objek yang berbasis CNN. Sistem ini memiliki perbedaan dengan sistem deteksi konvensional yang umumnya melibatkan proses yang kompleks dalam melakukan deteksi. YOLO akan menggantikan seluruh proses tersebut dengan melakukan deteksi objek dengan menggunakan jaringan syaraf tunggal, sehingga dapat melakukan deteksi objek dengan

sangat cepat dan akurat (Redmon et al., 2015) . Pada proses pendeteksian dari YOLO terbagi menjadi tiga langkah utama.



Gambar 5. Sistem Pendeteksian YOLO

Pada gambar 5, ukuran citra diubah menjadi 448 x 448 piksel, kemudian jaringan syaraf tunggal dijalankan pada citra, dan langkah terakhir dilakukan *threshold* pada hasil deteksi berdasarkan *confidence score* yang diperoleh dari model. Nilai *confidence* tersebut akan digunakan untuk menentukan *bounding box*. Sistem dari YOLO akan memprediksi jumlah kelas dari semua objek yang terdapat dalam *bounding box* dan kemungkinannya. *Non-max Suppression* (NMS) akan membantu untuk menghilangkan duplikat pada *bounding box*.

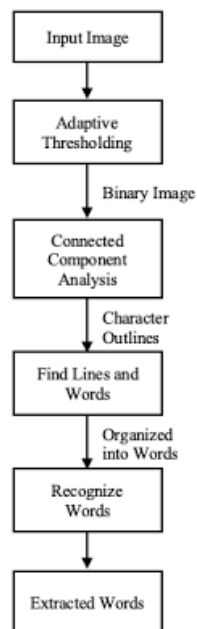
G.6 Optical Character Recognition (OCR)

Optical Character Recognition (OCR) merupakan sebuah sistem komputer yang mampu mengidentifikasi huruf, baik dari dokumen cetak maupun tulisan tangan. Sistem ini mengonversi gambar karakter menjadi teks dengan membandingkan pola karakter per baris dengan database yang tersimpan. Output dari proses OCR berupa teks yang sesuai dengan gambar input, dimana tingkat akurasi karakternya bergantung pada kejelasan gambar dan metode yang digunakan. (Cherietécole et al., 2007).

OCR dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode, metode pertama adalah *Template Matching*, di mana citra input dibandingkan dengan *template* yang ada dalam basis data. Proses ini melibatkan penempatan *template* di pusat citra dan perhitungan jumlah titik yang cocok dengan *template* tersebut. Metode kedua adalah *Feature Extraction*, yang mengenali objek berdasarkan ciri-ciri khususnya.

G.7 Tesseract

Tesseract adalah sebuah *library* (OCR) yang pertama kali dikembangkan oleh *Hewlet Packard* (HP) dari tahun 1985 hingga 1995 (Smith, 2007). *Tesseract* saat ini menjadi salah satu fitur OCR yang paling akurat. *Tesseract* digabungkan dengan *Leptonica Image Processing Library* yang berfungsi untuk membaca berbagai format gambar dan mengonversinya menjadi teks dengan total lebih dari seratus bahasa. Menurut Smith, *Tesseract* menggabungkan dua algoritma yaitu, *matrix matching* dan ekstraksi teks. *Tesseract* hanya memerlukan sedikit data pelatihan dan menggunakan kedua *static classifier* dan *adaptive classifier*, sehingga dapat berlatih sendiri pada dokumen yang akan dianalisa.



Gambar 6. Arsitektur *Tesseract OCR*

Tahap pertama dari *Tesseract OCR* yaitu melakukan *adaptive thresholding* yang mengubah suatu citra ke dalam citra biner. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis komponen terhubung/*Connected Component* (CC) untuk mengekstraksi karakter *outline*. Metode *Connected Component* mampu mengolah OCR pada teks yang memiliki warna

putih dengan latar belakang berwarna hitam. Setelah itu, karakter *outline* akan dikonversi menjadi ”blob” dan kemudian disusun menjadi baris teks. Teks kemudian dianalisis untuk menentukan apakah teks tersebut proposional atau pitch tetap (*fixed pitch*).

G.8 Confusion Matrix

Confusion Matrix merupakan tabel yang mencatat hasil dari proses klasifikasi. Di dalamnya, berisi informasi tentang klasifikasi yang diprediksi oleh sistem klasifikasi. Evaluasi kinerja sistem biasanya dilakukan menggunakan data yang tersedia dalam bentuk matriks. (Santra & Christy, 2012). Melalui *confusion matrix*, dapat diketahui tingkat keakuratan, tingkat kesalahan, ketepatan, dan nilai penarikan. Dengan memahami jumlah data yang diklasifikasi dengan benar, kita dapat mengetahui akurasi prediksi serta jumlah data yang salah diklasifikasi. Dalam pengukuran kinerja *confusion matrix*, terdapat empat istilah yang merepresentasikan hasil proses klasifikasi, yaitu *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN).

		Nilai Aktual	
		Positive	Negative
Nilai Prediksi	Positive	TP	FP
	Negative	FN	TN

Gambar 7. Table *Confusion Matrix*

Keterangan:

- *True Positive*: merupakan data positif yang terdeteksi oleh algoritma menjadi positif;
- *True Negative*: merupakan data negatif yang terdeteksi oleh algoritma menjadi negatif;
- *False Positive*: merupakan data negatif yang terdeteksi oleh algoritma menjadi positif;

- *False Negative*: merupakan data positif yang terdeteksi oleh algoritma menjadi negatif.

Berdasarkan nilai dari *confusion matrix* dapat digunakan untuk menghitung nilai akurasi, presisi, dan *recall* yang merupakan nilai dari *performance metrics* yang secara umum digunakan. Ketiga nilai tersebut akan dihitung untuk mengukur hasil dari klasifikasi data yang dibuat. Nilai akurasi mengindikasikan seberapa tepat sistem dapat mengklasifikasi data secara benar. Untuk mengukur akurasi, perlu dibandingkan jumlah data *True Positive* dan *True Negative*. Persamaan untuk menghitung nilai akurasi ditunjukkan pada rumus.

$$accuracy = \frac{TP+TN}{(TP+FP+FN+TN)} \dots\dots\dots(2)$$

Presisi (*Precision*) merupakan rasio yang menilai tingkat ketepatan antara informasi yang diminta dan informasi yang tersedia oleh sistem. Rumus untuk menghitung nilai presisi ditunjukkan pada persamaan.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \dots\dots\dots (3)$$

Recall merupakan rasio untuk menandakan seberapa baik sistem dalam hal mengidentifikasi kembali dari suatu informasi. Rumus untuk menghitung nilai *recall* ditunjukkan pada persamaan.

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \dots\dots\dots (4)$$

AP (*Average Precision*) merupakan mterik yang memadukan *precision* dan *recall* serta merangkum kurva *Precision-Recall* dengan menghitung rata-rata *precision* di seluruh nilai *recal* dari 0 hingga 1. mAP (*Mean Average Precision*) adalah rata-rata dari *Average Precision*. Jika dataset memiliki N *class categories*, maka mAP adalah rata-rata AP untuk setiap kelas.

$$mAP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n AP_i \dots\dots\dots (5)$$

H. Metodologi Penelitian

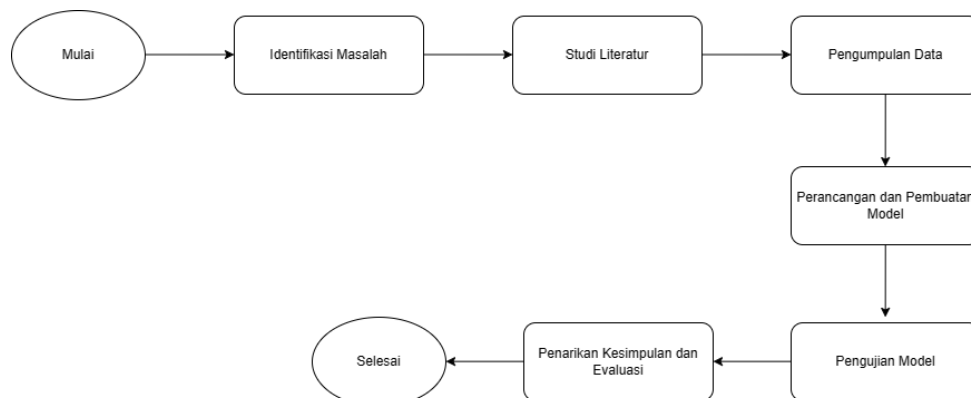
H.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini merupakan penelitian terapan atau *applied research*. Menurut (Trianto, 2010) menyatakan bahwa penelitian terapan atau *applied research* dilakukan dalam konteks situasi praktis, penerapan, dan pengembangan ilmu pengetahuan yang dihasilkan oleh penelitian dasar dalam kehidupan nyata. Penelitian terapan bertujuan untuk menemukan solusi terhadap masalah-masalah konkret. Tujuan utama dari penelitian terapan adalah memecahkan masalah sehingga hasilnya dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia baik secara individu maupun kelompok, serta untuk keperluan industri atau politik dan bukan sebagai tambahan wawasan keilmuan semata.

H.2 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data citra plat nomor kendaraan bermotor yang diambil dengan menggunakan kamera *smartphone* yang berlokasi di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember. Proses pengambilan data citra juga dilakukan melalui *Google Form* yang disebarakan kepada seluruh mahasiswa fakultas tersebut dalam bentuk kuesioner.

H.3 Tahapan Penelitian



Gambar 8. Tahapan Penelitian

H.3.1 Identifikasi Masalah

Langkah awal dalam penelitian adalah mengidentifikasi masalah, dimana peneliti menganalisis berbagai sumber literatur tentang plat nomor kendaraan, perkembangan kendaraan bermotor di Indonesia, jenis-jenis parkir, metode deteksi plat nomor kendaraan, dan masalah-masalah yang muncul di area parkir.

H.3.2 Studi Literatur

Pada tahap ini peneliti melakukan berbagai studi literatur dari beberapa sumber seperti jurnal, dan artikel. Sumber – sumber yang diperoleh dari hasil studi literatur ini merupakan dasar teoritis untuk penelitian, seperti bidang *computer vision*, plat nomor kendaraan, algoritma YOLO, ekstraksi teks *Tesseract OCR*, dan *Confusion Matrix*.

H.3.3 Pengumpulan Data

Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan data yang diperlukan dari berbagai sumber. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan survei kepada mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember dengan menggunakan aplikasi *Google Form* sebagai sarana untuk menampung data dari mahasiswa serta menggunakan *Smartphone* untuk menangkap citra plat nomor kendaraan secara langsung. Data yang digunakan berjumlah 100 buah foto plat nomor kendaraan bermotor berwarna hitam dan putih.



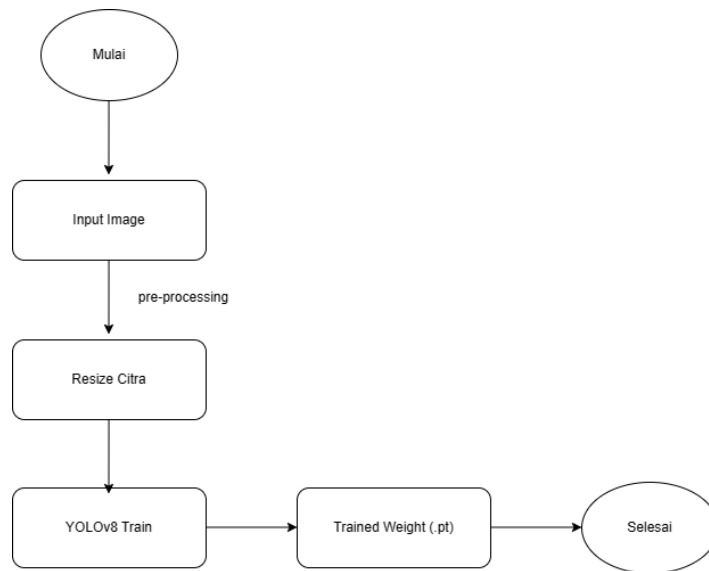
Gambar 9. Contoh Data Penelitian

H.3.4 Perancangan dan Pembuatan Model

Proses pertama yang dilakukan adalah mendeteksi nomor plat nomor kendaraan bermotor Indonesia. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mengidentifikasi posisi atau letak plat nomor Indonesia dalam gambar. Untuk mencapai tujuan tersebut, peneliti perlu membuat dataset. Dataset yang digunakan pada penelitian ini adalah plat nomor kendaraan yang berada di sekitaran lingkungan Universitas Jember.

A. Train Dataset

Pembuatan dataset yang berisikan objek penelitian. Data yang telah terkumpul kemudian akan diberi label atau anotasi berupa *ground-truth bounding box* yang menunjukkan letak posisi objek secara tepat serta kelasnya. Pada langkah *resize* citra, citra akan di *resize* menjadi ukuran 450 x 800 pixels. Hasil *training* yang diperoleh akan menghasilkan bobot (*Weight*) dalam bentuk format .pt, dari data tersebut dan hasil dari bobot tersebut akan digunakan untuk mendeteksi plat nomor kendaraan.



Gambar 10. Proses Training Data

B. Deteksi Object

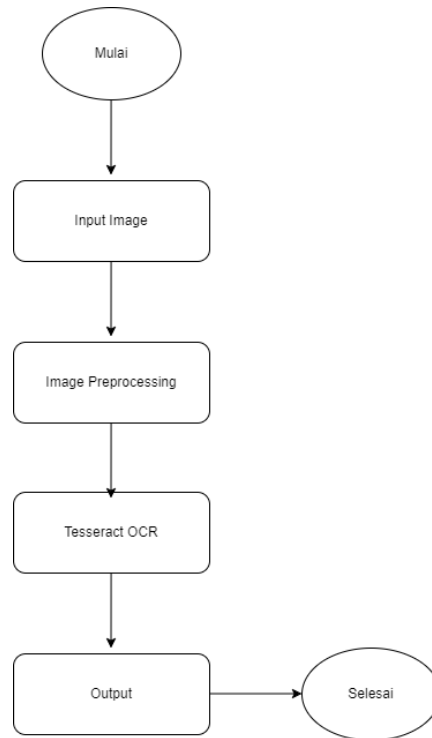
Pada tahap selanjutnya, dataset yang telah diberi label dan di *training* akan membentuk sebuah pola yang hasilnya berupa bobot (*Weight*) dalam bentuk format.pt. Bobot tersebut akan digunakan untuk melakukan identifikasi objek dalam citra. Proses deteksi dilakukan dengan menggunakan algoritma *You Only Look Once* (YOLO) pada versi terbaru. Jika output yang dihasilkan berupa objek yang diteliti yaitu plat nomor kendaraan dalam bentuk *bounding box* maka tahap selanjutnya adalah mengenali karakter yang berada pada objek tersebut dengan menggunakan metode *Tesseract OCR*.



Gambar 11. Contoh Deteksi Object

C. Pengenalan Karakter (OCR)

Pada tahap selanjutnya setelah objek yang diteliti sudah terdeteksi dalam bentuk *bounding box* maka selanjutnya adalah mengenali karakter dalam *bounding box* tersebut dengan menggunakan ekstraksi teks *Tesseract OCR*. Pada tahap ini objek akan melakukan tahap *preprocessing image* yang dimana tujuan dari *preprocessing* adalah untuk menghilangkan *noise* dari objek yang diteliti seperti dengan menggunakan *median blur*. Jika teks pada objek berhasil terbaca tahap selanjutnya adalah mengevaluasi hasil dari *Tesseract OCR* tersebut.



Gambar 12. Proses *Tesseract OCR*

H.3.5 Pengujian Model

Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap plat nomor kendaraan bermotor yang berada di Indonesia. Tahapan awal dalam penelitian ini adalah membuat dataset yang diambil dengan menggunakan *Smartphone* dan di foto secara langsung. Tahap selanjutnya adalah memberi label atau anotasi pada objek yang akan dilakukan proses *training*. Sehingga hasil dari dataset *training* tersebut akan menjadi *weight* dalam output berupa .pt yang akan digunakan sebagai model dalam penelitian. Pada proses pendeteksian objek menggunakan algoritma YOLO, serta untuk pengenalan karakter pada objek menggunakan *Tesseract OCR* sehingga akan menghasilkan output berupa teks yang berasal dari objek yang terdeteksi. Tahap selanjutnya dari hasil deteksi tersebut akan dilakukan proses evaluasi hasil dari deteksi objek dengan menggunakan YOLO dan *Tesseract OCR*. Hasilnya akan

dinyatakan ke dalam *confusion matrix* untuk menilai hasil *accuracy*, *precision*, dan *recall* dan nilai mAP.

H.3.6 Penarikan Kesimpulan dan Evaluasi

Tahapan ini adalah tahapan terakhir dari penelitian ini. Peneliti akan membuat kesimpulan dan menjelaskan secara ringkas dari semua hasil penelitian yang telah dilakukan. Hasil dari penelitian ini akan dimasukkan ke dalam laporan akhir penelitian.

H.4 Luaran yang Diharapkan

Penelitian ini diharapkan menghasilkan luaran yaitu:

1. Dokumen skripsi dengan judul “Penerapan Deteksi Plat Nomor Kendaraan Dengan Menggunakan Metode Object Detection Model YOLO Dan Tesseract OCR Untuk Smart Parking”
2. Jurnal ilmiah yang dipublikasikan.

H.5 Jadwal Penelitian

[illegible]

