

PERANCANGAN SISTEM PEMBACA QR CODE DAN SISTEM DETEKSI PLAT NOMOR KENDARAAN MENGGUNAKAN YOLOV8 DALAM PROTOTYPE SMART PARKING SYSTEM

Muhammad Sehatian Tawa'qi^{*)}, Shafa Aulia Adha, Irfan Agus Wardhana, Munawar Agus Riyadi,
dan Iwan Setiawan

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} E-mail: sehatian16@gmail.com

Abstrak

Peningkatan populasi dan jumlah kendaraan bermotor menimbulkan tantangan baru dalam pengelolaan area parkir, sehingga diperlukan pengawasan yang berkelanjutan dan pendataan yang cermat dalam manajemen lingkungan parkir menjadi sangat penting. Sebagai respons terhadap tantangan ini, dibuatlah prototipe *smart parking system* di Teknik Elektro Universitas Diponegoro untuk meningkatkan efisiensi pengaturan akses masuk dan keluar area parkir. Sistem ini mengintegrasikan sistem pembaca QR Code dan sistem deteksi plat nomor kendaraan menggunakan YOLOv8. Teknologi QR Code diadopsi sebagai metode utama untuk akses masuk dan keluar bagi pengguna, sementara plat nomor berfungsi sebagai akses untuk kendaraan. Dalam sistem ini Mini PC bertindak sebagai sentral sistem untuk menjalankan keseluruhan sistem. Pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca QR code sekitar satu detik dengan jangkauan 10-30 cm, sistem mampu mengidentifikasi plat nomor dengan tingkat akurasi yang tinggi sebesar 91%, dan hasil pembacaan plat nomor kendaraan menggunakan PaddleOCR juga menunjukkan kualitas yang cukup memuaskan sebesar 75%. Secara keseluruhan, integrasi ini memberikan solusi yang efisien untuk mengatasi masalah pengelolaan area parkir.

Kata kunci: *Smart parking system*, *QR code*, plat nomor kendaraan, YOLOv8, PaddleOCR

Abstract

The increase in population and number of vehicles creates new challenges in parking lot management, so continuous monitoring and careful data collection in parking environment management are very important. In response to this challenge, a prototype of a smart parking system was created at Diponegoro University Electrical Engineering to increase the efficiency of managing access to and from the parking area. This system integrates a QR code reader system and a vehicle registration plate detection system using YOLOv8. QR Code technology is adopted as the main method for entry and exit access for users, while registration plates function as access for vehicles. In this system, the Mini PC acts as the central system to run the entire system. Testing shows that the system is able to read QR codes for approximately one second with a range of 10–30 cm. The system can identify number plates with a high level of accuracy of 90%, and the results of reading vehicle registration plates using PaddleOCR also show a quite satisfactory quality of 75%. Overall, this integration provides an efficient solution to overcome parking lot management problems.

Keywords: *Smart parking system*, *QR code*, *vehicle registration plate*, YOLOv8, PaddleOCR

1. Pendahuluan

Dalam era modern yang semakin maju, pertumbuhan populasi kendaraan bermotor telah menjadi tantangan serius bagi manajemen parkir. Peningkatan populasi penduduk akan menambah peningkatan jumlah kendaraan bermotor. Data berikut menunjukkan jumlah kepemilikan

kendaraan bermotor di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2020 sebesar 18.141.696 dan pada tahun 2021 sebesar 20.320.743 berdasarkan data DITLANTAS POLDA JATENG [1]. Jumlah kendaraan yang meningkat tiap tahunnya membuat pengelolaan area parkir semakin sulit. Apabila area parkir tidak dikelola dengan baik dapat

menimbulkan masalah. Oleh karena itu, pengelolaan area parkir yang baik sangat dibutuhkan.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di area parkir Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro masih terdapat kelemahan dari segi pengelolaan parkir. Setiap tahunnya jumlah mahasiswa di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro semakin meningkat. Sebagian besar mahasiswa menggunakan kendaraan roda dua sebagai moda transportasi menuju kampus. Hal tersebut menyebabkan kebutuhan akan area parkir semakin meningkat. Penumpukan kendaraan sering kali terjadi di area parkir pada jam sibuk.

Pada penelitian yang sebelumnya, masih menggunakan sistem yang sama berupa sistem terbuka yang dikombinasikan dengan kartu tanda mahasiswa yang sudah memiliki QR Code di dalamnya untuk akses masuk-keluar kendaraan serta aplikasi berbasis website untuk monitoring ketersediaan area parkir [2]. Namun, fitur yang ada tidak dapat dilihat secara *realtime* dan fitur keamanan tambahan untuk mengenali plat nomor kendaraan masih belum dapat direalisasikan.

Penelitian ini didasarkan menggunakan QR Code sebagai akses pengguna dan plat nomor kendaraan sebagai akses kendaraan. Melalui kombinasi teknologi pembaca QR Code dan sistem deteksi plat bertujuan untuk menciptakan sistem parkir cerdas yang memanfaatkan konektivitas dan otomatisasi untuk mengoptimalkan pengelolaan parkir. Selain itu, membahas sistem pembaca QR Code dan sistem deteksi plat nomor kendaraan sebagai akses masuk-keluar area parkir.

2. Metode Penelitian

2.1. Deteksi Objek

Deteksi objek adalah teknik dalam visi komputer yang digunakan untuk menemukan dan mengenali objek dalam gambar atau video. Algoritma deteksi objek biasanya memanfaatkan pembelajaran mesin atau pembelajaran mendalam untuk menghasilkan hasil yang akurat. Saat manusia melihat gambar atau video, mereka dapat dengan cepat mengenali dan menemukan objek. Sementara komputer memerlukan proses komputasi yang lebih kompleks [3].

2.2. Deep Learning

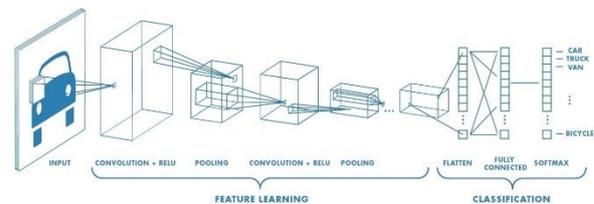
Deep Learning adalah teknik dalam Neural Network yang menggunakan teknik tertentu seperti *Restricted Boltzmann Machine* (RBM) untuk mempercepat proses pembelajaran dengan menggunakan lapisan yang banyak atau lebih dari 7 lapisan.

Dengan adanya *deep learning*, waktu yang dibutuhkan untuk *training* akan semakin sedikit karena masalah

hilangnya gradien pada propagasi balik akan semakin rendah. Beberapa jenis *deep learning* antara lain *Deep Auto Encoder*, *Deep Belief Nets*, *Convolutional NN*, dan lain-lain [3]. Dengan menggunakan arsitektur yang lebih kompleks dan jumlah *layer* yang lebih banyak digunakan, model diharapkan mampu menangani permasalahan yang lebih rumit dengan lebih banyak data [4].

2.3. Convolutional Neural Networks (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN/ConvNet) adalah salah satu algoritma dari *deep learning* berupa pengembangan dari *Multi Layer Perceptron* (MLP) yang dirancang untuk mengolah data dalam bentuk dua dimensi, seperti gambar atau suara. CNN digunakan untuk mengklasifikasi data yang terlabel dengan menggunakan metode *supervised learning*. Arsitektur *Convolutional Neural Network* ditunjukkan pada Gambar 1

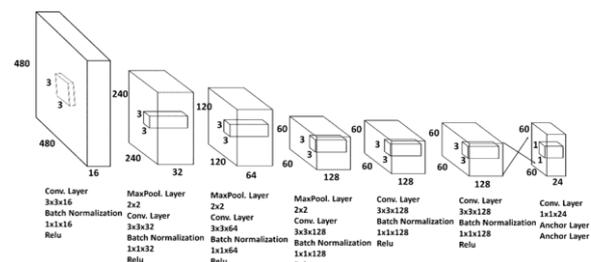


Gambar 1 Arsitektur *Convolutional Neural Network*

Lapisan-lapisan CNN memiliki susunan neuron 3 dimensi (lebar, tinggi, dan kedalaman). Lebar dan tinggi merupakan ukuran lapisan, sedangkan kedalaman mengacu pada jumlah lapisan. Sebuah CNN dapat memiliki puluhan hingga ratusan lapisan yang masing-masing belajar mendeteksi berbagai gambar [5].

2.4. Ultralytics YOLOv8

Algoritma YOLO (*You Only Look Once*) adalah metode yang digunakan dalam pendekatan deteksi objek dalam pengenalan gambar dan penglihatan komputer. Algoritma YOLO membagi gambar menjadi *grid* dan setiap *grid* bertanggung jawab untuk memprediksi kotak pembatas (*bounding box*) serta kelas objek yang ada di dalamnya. Proses deteksi objek dilakukan dalam satu tahap, dimana jaringan saraf memproses seluruh gambar [6]. Arsitektur YOLO ditunjukkan pada Gambar 2



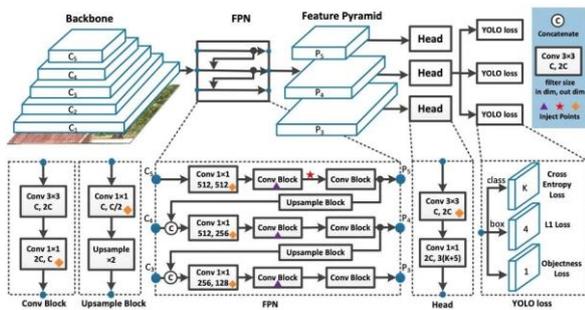
Gambar 2 Arsitektur YOLO

Metode YOLO sangat baik untuk diterapkan pada kasus yang bersifat *realtime* seperti pada video. Seiring

kebutuhan akan algoritma deteksi objek yang lebih baik, YOLO dikembangkan menjadi YOLOv2 dan terus berkembang hingga saat ini. Perbedaan dari setiap versi YOLO terletak dari peningkatan akurasi dan kecepatan pendeteksian [7].

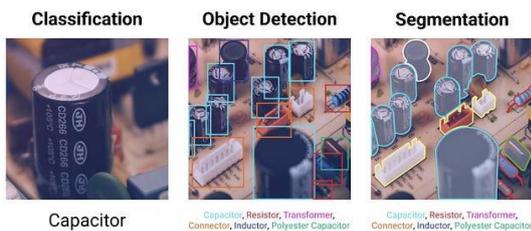
YOLOv8 dirilis pada Januari 2023 oleh Ultralytics, perusahaan yang mengembangkan YOLOv5. YOLOv8 menggunakan arsitektur yang mirip dengan YOLOv5 dengan beberapa lainnya perubahan pada CSP Layer. YOLOv8 menggunakan model *Anchor-free* dengan kepala terpisah untuk memproses objek, klasifikasi, dan secara independen. Desain ini memungkinkan setiap cabang untuk fokus pada tugasnya dan meningkatkan akurasi model secara keseluruhan. Di lapisan keluaran YOLOv8, mereka menggunakan fungsi *sigmoid* sebagai fungsi aktivasi untuk skor objektivitas, yang mewakili probabilitas bahwa kotak pembatas berisi suatu objek. [8].

Arsitektur YOLOv8 ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 3 Arsitektur YOLOv8

YOLOv8 adalah kerangka kerja yang mendukung tugas berbagai komputer. *Framework* tersebut dapat digunakan untuk melakukan deteksi, segmentasi, objek berorientasi, klasifikasi, dan estimasi pose. Masing-masing tugas ini memiliki tujuan dan kasus penggunaan yang berbeda. Hasil Model Deteksi YOLOv8 ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4 Hasil Model Deteksi YOLOv8

Kelebihan YOLOv8 memiliki akurasi yang lebih baik dibandingkan model YOLO sebelumnya. Implementasi YOLOv8 hadir dengan banyak fitur baru, terutama *repository CLI (Command Line Interface)* dan *GitHub* yang mudah digunakan. Pelatihan YOLOv8 mungkin akan lebih cepat dibandingkan model deteksi objek dua tahap lainnya. Hanya saja saat ini YOLOv8 tidak mendukung model yang dilatih dalam resolusi 1280 (dalam piksel), jadi dalam menjalankan inferensi pada resolusi tinggi, tidak disarankan untuk menggunakan YOLOv8 [9].

2.5. Quick Response Code (QR Code)

Contoh Quick Response Code ditunjukkan pada Gambar 5



Gambar 5 Contoh Quick Response Code

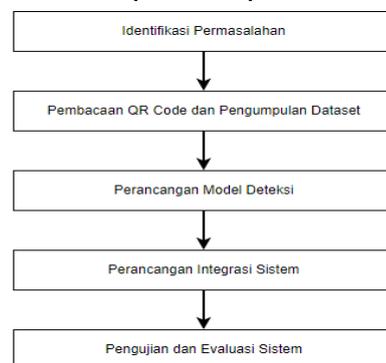
QR Code adalah gambar berupa matriks dua dimensi yang memiliki kemampuan untuk menyimpan data di dalamnya. QR Code merupakan pengembangan dari kode batang (*barcode*). Karena QR Code merupakan matriks dua dimensi, maka penyimpanan data dilakukan secara vertikal dan horisontal [10].

2.6. Optical Character Recognition

Optical Character Recognition (OCR) adalah sebuah aplikasi komputer yang digunakan untuk mengidentifikasi citra huruf maupun angka untuk dikonversi ke dalam bentuk tulisan. Sistem pengenalan huruf ini dapat meningkatkan fleksibilitas atau kemampuan dan kecerdasan sistem komputer [11].

2.7. Tahapan Perancangan Sistem Pembaca QR Code dan Sistem Deteksi Plat Nomor Kendaraan

Perancangan integrasi sistem kode QR dan sistem deteksi plat dilakukan dengan beberapa tahapan untuk mendapatkan perancangan yang efisien. Tahapan perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6 Blok Diagram Tahapan Perancangan Sistem Pembaca dan Sistem Deteksi Plat nomor Kendaraan

Perancangan integrasi kode QR dan deteksi plat pada subsistem ini nantinya akan diterapkan pada rancangan

sistem parkir cerdas. Tahapan perancangan ini akan dijelaskan secara rinci sebagai berikut.

2.8. Arsitektur Sistem Pembaca QR Code dan Sistem Deteksi Plat Nomor Kendaraan

Sistem pembaca dirancang untuk mengatur masuk dan keluar dari area parkir menggunakan teknologi kode QR sebagai metode akses utama. Hanya kode QR yang terdaftar di dalam *database* yang diperbolehkan untuk memasuki area parkir tersebut. Pengemudi yang tidak memiliki kode QR yang sesuai atau tidak memiliki kode QR sama sekali akan ditolak untuk masuk ke dalam area parkir. Hal ini diimplementasikan karena menjadi salah satu aspek krusial dalam menjaga keamanan area parkir.

Perancangan sistem pembaca kode QR dan sistem deteksi plat menggunakan komponen perangkat yang berperan dalam pengambilan gambar, pemrosesan, dan transmisi data. *Webcam* digunakan untuk mengambil gambar Kamera ini harus memiliki resolusi yang cukup tinggi dan kemampuan untuk menangkap gambar dengan kualitas yang baik dalam berbagai kondisi pencahayaan.

Pada perancangan sistem membutuhkan perangkat lunak yang dapat memproses citra digital. Oleh karena itu dibutuhkan *computer vision* dengan *library* OpenCV dalam menjalankan setiap program yang berhubungan erat dengan sistem. *Computer vision* adalah fitur yang secara otomatis mengekstrak informasi dari gambar. Informasi dapat berarti apa saja mulai dari model 3D, posisi kamera, deteksi, pengenalan objek, pengelompokan, dan pencarian konten gambar [12]. Sementara, OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*) adalah perpustakaan perangkat lunak untuk pemrosesan gambar waktu nyata yang dinamis [13].

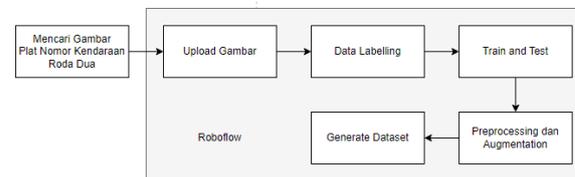
Pada perancangan purwarupa ini mini pc bekerja sebagai sentral sistem. Mini PC ini akan menjalankan pembaca kode QR, algoritma deteksi, dan pengenalan plat nomor, serta melakukan pengolahan gambar secara *real time*. Hasil dari pemindaian kode QR dan pengenalan plat akan dikirimkan ke *database* untuk di validasi. Setelah proses validasi selesai, mikrokontroler akan mendapat *feedback* untuk diperbolehkan masuk dan tidak diperbolehkan masuk. Selain itu, mini PC juga bertanggung jawab untuk menyimpan dan mengelola data yang diterima dari kamera dan hasil pengenalan plat nomor.

2.9. Pembuatan Dataset

Pembuatan *dataset* ini merupakan langkah penting dalam pelatihan model deteksi plat nomor untuk meningkatkan akurasi model deteksi. *Dataset* ini terdiri dari sekumpulan gambar yang berisi plat nomor kendaraan yang beragam dalam berbagai kondisi pencahayaan, sudut pandang, dan

variasi lainnya. Langkah pertama dalam pembuatan dataset adalah mengumpulkan gambar-gambar plat nomor kendaraan dari berbagai sumber. Pengambilan gambar secara langsung dari lingkungan nyata, dan penggunaan sumber gambar *online*. Selanjutnya, setiap gambar dalam dataset harus dianotasi atau dilabel dengan tepat. Anotasi ini mencakup penandaan (*labeling*) lokasi plat nomor pada gambar.

Dengan cara ini, model deteksi dapat belajar untuk mengidentifikasi lokasi plat nomor dalam gambar. Setelah *dataset* terkumpul dan dianotasi, langkah terakhir adalah membagi dataset menjadi subset pelatihan dan pengujian. Subset pelatihan digunakan untuk melatih model deteksi, sementara subset pengujian digunakan untuk mengevaluasi kinerja model setelah pelatihan selesai. Alur Pembuatan *Dataset* Melalui Roboflow ditunjukkan pada Gambar 7



Gambar 7 Alur Pembuatan *Dataset* Melalui Roboflow

Dengan melakukan pembuatan *dataset* dengan jumlah yang besar, diikuti dengan pelatihan model deteksi plat nomor menggunakan *dataset* tersebut dapat menghasilkan model yang dapat mendeteksi plat nomor dengan akurasi tinggi dalam berbagai kondisi penggunaan yang sesungguhnya. Penulis membuat *dataset* pada Makalah dengan menggunakan *web tools* Roboflow, dimana proses pembuatan *dataset* dapat dengan efektif dilaksanakan dan dataset yang telah jadi dapat dipanggil langsung dengan api yang disediakan oleh Roboflow saat proses pembuatan model. Langkah-langkah dalam pembuatan dataset pada roboflow. yaitu:

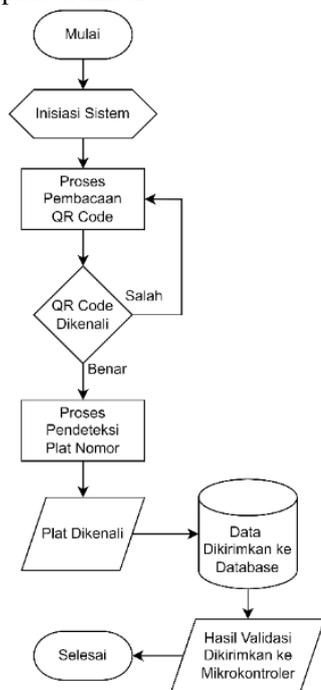
1. Pengumpulan gambar: Data berupa gambar yang nantinya akan diproses lebih lanjut pada roboflow. Total gambar yang dikumpulkan sebanyak 1000 gambar.
2. *Data annotation*: Proses menambahkan label pada tiap data. Makalah ini menetapkan label "license" pada dataset
3. *Train/Test Split*: proses pembagian gambar yang telah dianotasi ke dalam set pelatihan, pengujian, dan *test* yang terpisah. Data dibagikan menjadi 699 gambar *train set*, 200 gambar *valid set* dan 101 gambar sebagai *test set*.
4. *Preprocessing dan Augmentation*: Merupakan proses untuk mengubah ukuran seluruh gambar pada dataset dan melakukan augmentasi gambar. *Preprocessing* yang dilakukan pada *dataset* Makalah yaitu *Auto-orient* dan *Resize to 640x640*. Sedangkan augmentasi

yang dilakukan dengan variasi *Rotate*, *Brightness*, *Blur*, dan *Noise*.

5. *Generate dan Export Dataset*: Proses akhir dalam membuat *dataset* pada roboflow dengan melakukan *generate* pada *dataset*. *Dataset* yang telah di-*generate* akan di-*export* dalam bentuk format YOLOv8.

2.10. Integrasi Sistem Pembaca QR Code dan Sistem Deteksi Plat Nomor Kendaraan

Integrasi keseluruhan sistem yang dirancang akan menggabungkan dua aspek utama, yaitu sistem pembaca QR code dan sistem deteksi plat nomor kendaraan, menjadi satu program yang berjalan secara berurutan. Sistem ini terbagi menjadi dua bagian, yang masing-masing memiliki fungsi untuk memfasilitasi proses masuk dan keluar dari lingkungan parkir. Diagram proses sistem akan diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Diagram Proses Integrasi *Smart Parking System*

Diawali dari sistem pembaca kode QR. Ketika pengendara memasuki area parkir, pengendara harus melakukan *scan* kode QR yang dimiliki dan akan dibaca menggunakan *webcam* dengan bantuan *OpenCV* dengan bantuan *library Pyzbar*. Hasil pembacaan kode QR akan dikirimkan dalam bentuk data *string* dan diverifikasi melalui *database* untuk memastikan kepemilikan dari kode QR yang dimiliki pengendara. Jika kode QR valid, pengendara akan diberikan akses masuk, dan informasi tersebut akan direkam dalam sistem.

Selanjutnya, sistem deteksi plat nomor kendaraan akan berjalan secara berurutan setelah proses pembacaan kode QR selesai. Sistem ini akan menggunakan teknologi

deteksi dengan model YOLOv8 dan pengenalan plat nomor dengan OCR yang telah diprogram dalam python. Ketika kendaraan memasuki area parkir, plat nomornya akan dideteksi dan diidentifikasi oleh sistem. Informasi plat nomor ini kemudian akan direkam dalam bentuk gambar dan hasil pengenalan karakter pada plat akan direkam dalam bentuk data *string*.

Dengan integrasi ini, setiap kendaraan yang memasuki area parkir akan mengalami dua tahap verifikasi yang berurutan. Pertama, melalui pembacaan kode QR, dan kedua melalui deteksi plat nomor kendaraan. Sistem ini memungkinkan pengelola parkir untuk memiliki kontrol yang lebih ketat terhadap akses masuk dan keluar dari lingkungan parkir, serta memastikan akurasi data yang tercatat dalam *database*. Dengan demikian, keseluruhan proses pengelolaan parkir akan menjadi lebih terstruktur.

3. Pengujian dan Analisis

3.1 Pengujian Sistem Pembaca QR Code

Pengujian ini bertujuan untuk menguji kemampuan sistem dalam membaca berbagai jenis kode QR dengan variasi jarak pembacaan. Kode QR yang diuji merupakan kode QR yang sudah dicetak berukuran 4x4 cm menggunakan kertas dan dilakukan dengan pencahayaan yang baik. Contoh Kode QR yang Digunakan dalam Pengujian ditunjukkan pada bar 9, Hasil dari pengujian sistem pembaca kode QR dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.



Gambar 9 Contoh Kode QR yang Digunakan dalam Pengujian

Tabel 1 Pengujian Variasi Jarak pada Sistem Pembaca QR Code di Pos Masuk

Jarak (cm)	Rata – Rata Kecepatan Pembacaan (s)	Hasil Pembacaan (%)
10	0.948	100%
20	0.858	100%
30	0.878	100%
40	1.437	100%
50	4.386	100%

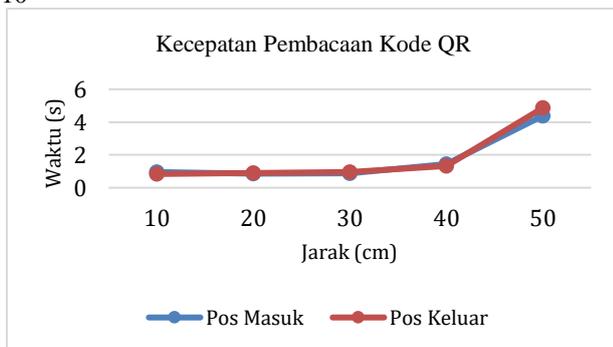
Berdasarkan Tabel 1 di atas, dilakukan pengujian sistem pembaca kode QR di pos masuk. Hasil menunjukkan bahwa semua pembacaan pada setiap jarak pengujian dapat terbaca 100%, menandakan bahwa sistem pembaca yang digunakan sangat andal dalam mendeteksi kode QR di berbagai jarak. Pada jarak 10 cm, kecepatan pembacaan tercatat sebesar 0.948 detik. Jarak ini cukup dekat, dan meskipun kecepatan pembacaan relatif cepat, sedikit lebih lambat dibandingkan jarak 20 cm dan 30 cm. Pada jarak 20 cm, kecepatan pembacaan meningkat menjadi 0.858 detik,

dan pada jarak 30 cm kecepatan pembacaan menjadi 0.878 detik. Namun, pada jarak 40 cm, waktu pembacaan mulai meningkat signifikan menjadi 1.437 detik. Peningkatan ini disebabkan oleh kesulitan kamera untuk fokus pada gambar yang diterima oleh sistem pembaca kode QR. Pada jarak terjauh yang diuji, yaitu 50 cm, kecepatan pembacaan naik drastis menjadi 4.386 detik. Meskipun pembacaan masih berhasil 100%, waktu yang dibutuhkan jauh lebih lama, menunjukkan bahwa jarak ini kurang efisien untuk pembacaan. Pengujian Variasi Jarak pada Sistem Pembacaan QR Code di Pos Keluar ditunjukkan Tabel 2

Tabel 2 Pengujian Variasi Jarak pada Sistem Pembacaan QR Code di Pos Keluar

Jarak (cm)	Rata – Rata Kecepatan Pembacaan (s)	Hasil Pembacaan (%)
10	0.837	100%
20	0.904	100%
30	0.964	100%
40	1.333	100%
50	4.866	100%

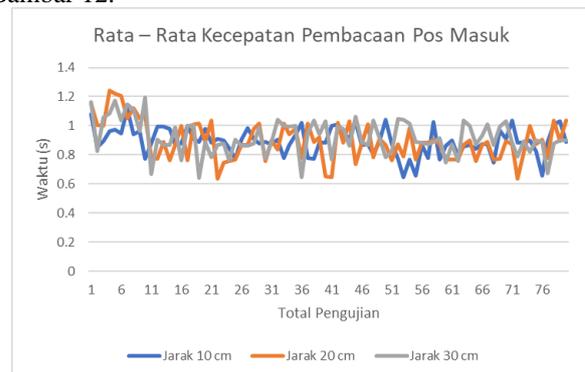
Berdasarkan Tabel 2, dilakukan pengujian sistem pembaca kode QR di pos keluar. Hasil menunjukkan bahwa semua pembacaan pada setiap jarak pengujian dapat terbaca 100%, menandakan bahwa sistem pembaca yang digunakan sangat handal dalam mendeteksi kode QR di berbagai jarak. Pada jarak 10 cm, kecepatan pembacaan tercatat sebesar 0.837 detik. Jarak ini sangat dekat dan memberikan hasil pemindaian yang cepat. Pada jarak 20 cm, kecepatan pemindaian sedikit menurun menjadi 0.904 detik, dan pada jarak 30 cm, waktu pembacaan menurun lagi menjadi 0.964 detik. Namun, pada jarak 40 cm, kecepatan pembacaan menurun lebih signifikan menjadi 1.333 detik. Peningkatan waktu ini mengindikasikan kamera kesulitan fokus pada jarak ini, meskipun semua pembacaan tetap berhasil. Jarak 50 cm menunjukkan waktu pembacaan yang menurun drastis, mencapai 4.866 detik. Waktu pembacaan yang jauh lebih lama ini menunjukkan bahwa pada jarak tersebut, sistem mengalami kesulitan dalam memfokuskan dan membaca kode QR. Grafik Kecepatan Sistem Pembaca Kode QR dengan Variasi Jarak 10-50 cm ditunjukkan pada Gambar 10



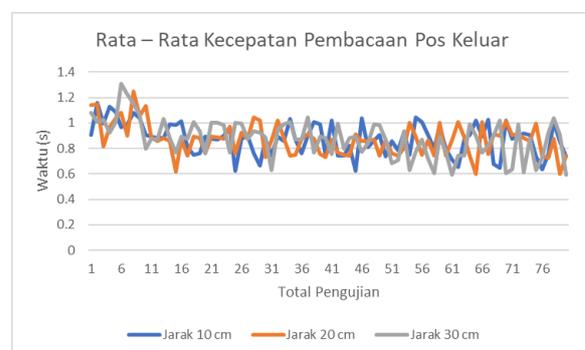
Gambar 10 Grafik Kecepatan Sistem Pembaca Kode QR dengan Variasi Jarak 10-50 cm

Berdasarkan Gambar 10 ditemukan bahwa jarak optimal untuk pemindaian kode QR adalah antara 10 cm hingga 30 cm. Pada jarak ini, waktu pemindaian rata-rata 1 detik, menunjukkan efisiensi sistem yang baik dalam menemukan dan membaca kode QR. Percobaan yang dilakukan pada berbagai jarak, yaitu 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm, menunjukkan bahwa pada jarak yang lebih dekat, seperti 10 cm hingga 30 cm, sistem pembacaan bekerja dengan kecepatan optimal. Sebaliknya, pada jarak 40 cm dan 50 cm, kecepatan pembacaan menurun secara signifikan, dengan waktu pembacaan meningkat drastis, terutama pada jarak 50 cm. Oleh karena itu, semakin jauh jarak kode QR terhadap kamera, semakin sulit bagi kamera untuk membacanya. Cahaya juga memainkan peran penting dalam kemampuan kamera untuk membaca kode QR.

Hasil dari pengujian sebelumnya ditemukan jarak optimal dalam memindai kode QR. Dalam rangka memastikan keandalan dan konsistensi sistem, jarak 10 cm hingga 30 cm pada sistem pembacaan kode QR akan diuji kembali dengan 80 kode QR yang berbeda. Setiap kode QR akan diuji untuk mendapatkan kecepatan rata-rata pembacaan. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11 Grafik Rata-Rata Kecepatan Sistem Pembaca Kode QR di Pos Masuk



Gambar 12 Grafik Rata-Rata Kecepatan Sistem Pembaca Kode QR di Pos Keluar

Berdasarkan Gambar 11 dan Gambar 12 pengujian kode QR diatas menunjukkan variasi kecepatan yang signifikan. Pada jarak 10 cm, memiliki rata-rata waktu pembacaan di pos masuk sebesar 0.893 detik dan di pos keluar sebesar

0.877 detik. Pada jarak 20 cm, memiliki rata-rata waktu pembacaan di pos masuk sebesar 0.895 detik dan di pos keluar sebesar 0.871 detik. Pada jarak 30 cm, memiliki rata-rata waktu pembacaan di pos masuk sebesar 0.920 detik dan di pos keluar sebesar 0.877 detik

Hasilnya menunjukkan bahwa jarak 10 cm hingga 30 cm dengan perangkat keras saat ini merupakan jarak yang efisien untuk pembacaan kode QR, dengan waktu pembacaan rata-rata dibawah satu detik yang berarti pembacaan cepat dan konsisten. Analisis ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat variasi kecepatan pada masing-masing jarak, sistem pembaca tetap mampu membaca kode QR dengan cepat.

3.2 Evaluasi Performa Model Deteksi Plat Nomor Kendaraan

Evaluasi dari hasil *training* akan otomatis didapatkan setelah *training* pada model deteksi menggunakan 2398 gambar dan 200 data *validation* selesai. Berikut adalah hasil evaluasi yang disediakan YOLOv8 Ultralytic. Tampilan Hasil Evaluasi dengan Data Validasi ditunjukkan pada Gambar 13

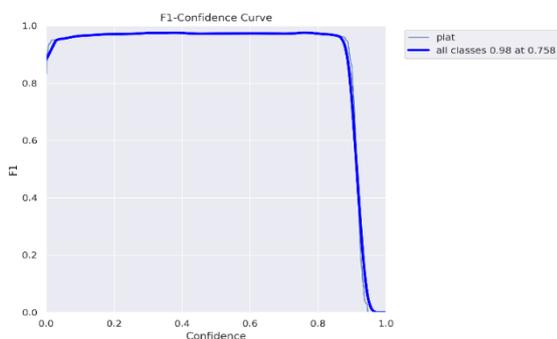
```

100 epochs completed in 2.019 hours.
optimizer stripped from runs/detect/train/weights/last.pt, 0.298
optimizer stripped from runs/detect/train/weights/best.pt, 0.298

validating runs/detect/train/weights/best.pt...
Ultralytics YOLOv8 8.2.0 Python 3.10.12 torch 2.1.0rc2 CUDA0 (Tesla T4, 15362MB)
Model Summary (YOLO): 114 layers, 585643 parameters, 0 gradients, 4.1 GFLOPs
Class      Images  Instances  Box(P)      R      mAP50  mAP50-95: 100% 2/7 [00:06:00:00, 1.141t/s]
all         200      210       0.974      0.977  0.99   0.839
Speed: 0.3ms pre-process, 2.6ms inference, 0.4ms loss, 0.1ms post-process per image
Results saved to runs/detect/train
    
```

Gambar 13 Tampilan Hasil Evaluasi dengan Data Validasi

Berdasarkan Gambar 13 menunjukkan evaluasi dari hasil *training custom model* terbaik yang diujikan dengan data *validation* sebanyak 200 gambar. Hasil menunjukkan nilai mAP rata-rata sebesar 0,99 untuk label plat nomor kendaraan yang diberi nama “license”. Nilai dari hasil *training* model deteksi menunjukkan bahwa model tersebut memiliki kinerja yang sangat baik. Grafik F1-Confidence pada Hasil Training Model Deteksi ditunjukkan pada Gambar 14



Gambar 14 Grafik F1-Confidence pada Hasil Training Model Deteksi

Nilai F1-score sebesar 0.98 pada *confidence* 0.758 menunjukkan bahwa, rata-rata, model memiliki presisi

98% pada ambang batas *confidence* 0.758 untuk kelas “license”. Hal ini menunjukkan bahwa model sangat efektif dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan objek dengan tingkat presisi yang tinggi sebesar 98% pada data validasi.

3.3 Pengujian Performa Model Deteksi Plat Nomor Kendaraan Secara Realtime

Pengujian deteksi plat kendaraan dilakukan secara *realtime* di pos penjaga keamanan Teknik Elektro Universitas Diponegoro sebelum memasuki area parkir motor. Pengujian ini dilakukan selama satu hari pada jam sibuk yaitu jam 14:00 hingga 17:00 dengan melibatkan 250 sampel kendaraan yang masuk dan keluar area parkir. Fokus utama pengujian ini untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi plat kendaraan secara akurat ketika objek bergerak. Contoh Hasil Deteksi Plat Nomor Kendaraan ditunjukkan pada Gambar 15. Data Pengujian Hasil Deteksi Plat Nomor Kendaraan ditunjukkan pada Tabel 3



Gambar 15 Contoh Hasil Deteksi Plat Nomor Kendaraan

Tabel 3 Data Pengujian Hasil Deteksi Plat Nomor Kendaraan

Jumlah Data : 250		Nilai Prediksi	
		Positif	Negatif
Nilai Aktual	Positif	201	10
	Negatif	11	28

Berdasarkan Tabel 3, hasil dari *confusion matrix* tersebut memberikan nilai berupa FN, FP, TN, dan TP. Nilai tersebut memiliki arti FN yang merupakan banyak data “Memiliki plat namun tidak terdeteksi” bernilai 11, FP merupakan banyak data “Tidak memiliki plat dan terdeteksi” bernilai 10, TN merupakan banyak data “Tidak memiliki plat dan tidak terdeteksi” bernilai 28, dan TP yang merupakan data “Memiliki plat dan terdeteksi” bernilai 201. Data tersebut digunakan untuk menghitung *confusion matrix* pada Tabel 3. *Confusion matrix* sangat penting dalam evaluasi kinerja model klasifikasi karena menyediakan gambaran menyeluruh tentang jenis kesalahan yang dilakukan oleh model dan seberapa efektif model dalam membedakan berbagai kelas [14]. Sehingga dari hasil pengujian ini dapat dihitung tingkat *accuracy*, *precision*, *recall*, dan F1-score dari sistem yang telah dibuat yaitu sebagai berikut:

- Accuracy*

$$A = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} = \frac{201 + 28}{201 + 28 + 10 + 11} = 91.6 \%$$

b. Precision

$$P = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{201}{201 + 10} = 95.3 \%$$

c. Recall

$$R = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{201}{201 + 11} = 94.8 \%$$

d. F1-score

$$F1 = 2 * \frac{P * R}{P + R} = 2 * \frac{0.953 * 0.948}{0.953 + 0.948} = 95 \%$$

Hasil dari perhitungan pengujian ini menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dengan akurasi sebesar 91.6%, presisi sebesar 95.3%, recall sebesar 94.8%, F1-score sebesar 95% dengan kesalahan deteksi yang minimal. Beberapa eror lainnya disebabkan kualitas pencahayaan, kualitas visual plat nomor kendaraan, dan hardware yang digunakan untuk menjalankan sistem. Semakin baik ketiga parameter tersebut, maka kinerja sistem menjadi lebih baik.

3.4 Pengujian Sistem Pembaca Plat Nomor Kendaraan

Dalam pengujian ini, akan dilakukan evaluasi terhadap plat nomor kendaraan yang dipilih secara acak. Skor deteksi mencerminkan seberapa yakin sistem dalam mendeteksi plat nomor yang terdeteksi. Berikut adalah hasil pengujian pada Tabel 4.

Tabel 4 Pengujian Sistem Pembaca Plat Nomor Kendaraan

Hasil Deteksi	Hasil OCR	Total Kesalahan OCR	Nilai Error OCR
B4109BAI	B4109BAI	0	0
B4607UAP	B4607UAP	0	0
B6833WZS	B6833WZS	0	0
DB2343LA	DB2343LA	0	0
D2461JU	02461JU	1	0.14
BK6380RAY	BK6380RAY	0	0
B3669PFZ	B3669PFZ	0	0
B4508KHT	B4508KHT	0	0
H6627IH	H6627IH	0	0
B6920VKO	8	6290VK0	2

Pada Tabel 4 dilakukan pengujian sistem deteksi plat dan pengenalan karakter menggunakan OCR. Pengujian ini memperlihatkan kemampuan OCR untuk mengenali karakter dengan berbagai pengaruh terutama pada visual, cahaya, dan kondisi plat nomor. Berikut cara menghitung nilai error OCR :

$$\text{Nilai Error} = \frac{\text{Total Kesalahan OCR}}{\text{Total Karakter Plat}} \quad (3.1)$$

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa dari 10 data yang diuji, terdapat 2 data di mana plat nomor terbaca tidak sesuai dengan sebenarnya atau salah. Analisis terhadap data yang salah tersebut menunjukkan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi kesalahan pembacaan. Data "D2461JU" memiliki visualisasi plat yang miring saat dideteksi, cahaya yang terang, dan kondisi plat yang buruk. Kombinasi dari ketiga faktor ini dapat menyebabkan kesalahan dalam pembacaan plat nomor karena distorsi visual. Data "B6920VKO" menunjukkan bahwa meskipun visualisasi plat lurus dan kondisi plat bagus, cahaya yang gelap juga dapat menyebabkan kesalahan deteksi, menunjukkan bahwa kondisi pencahayaan yang tidak memadai dapat berdampak signifikan pada akurasi sistem.

Dapat disimpulkan bahwa akurasi dari pengenalan plat didapati sebesar 80% dari 10 sampel percobaan dengan 2 akurasi yang rendah. Kesalahan dalam pembacaan plat nomor pada pengujian ini sebagian besar disebabkan oleh kondisi fisik plat yang buruk dan pencahayaan yang tidak optimal. Visualisasi plat yang miring juga berkontribusi pada kesalahan, terutama jika dikombinasikan dengan kondisi plat yang buruk. Dalam meningkatkan akurasi deteksi, penting untuk memastikan kondisi fisik plat yang baik dan pencahayaan yang optimal serta mempertimbangkan algoritma yang lebih robust terhadap variasi posisi plat.

3.5 Pengujian Performa Sistem Pembaca QR Code dan Sistem Deteksi Plat Nomor Kendaraan

Pengujian sistem pembaca QR code dan sistem deteksi plat nomor kendaraan dilakukan secara realtime untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi pencahayaan di siang hari. Pengujian ini menggunakan data QR code (dengan kode identifikasi 'LulHrznHJy') dan plat nomor kendaraan (dengan nomor identifikasi 'B4508KHT'). Proses pengujian dilakukan di area parkir dengan pencahayaan alami untuk mensimulasikan kondisi lingkungan nyata. Pengujian Performa Sistem Pembaca QR Code dan Sistem Deteksi Plat Nomor Kendaraan di Pos Masuk ditunjukkan pada Tabel 5

Tabel 5 Pengujian Performa Sistem Pembaca QR Code dan Sistem Deteksi Plat Nomor Kendaraan di Pos Masuk

Pembaca Kode QR	Waktu (s)		Keterangan
	Pengenalan Plat		
2.575	7.888		Berhasil
1.968	4.372		Berhasil
1.967	7.293		Berhasil
2.002	4.277		Berhasil
1.929	4.247		Berhasil
2.389	4.196		Berhasil
1.093	4.245		Berhasil
1.276	4.272		Berhasil
1.316	4.248		Berhasil
1.475	6.654		Akurasi plat kurang
1.799	5.169		Rata - Rata

Berdasarkan Tabel 5, didapatkan beberapa data waktu yang menunjukkan performa sistem. Rata-rata waktu yang diperlukan untuk membaca kode QR adalah 1.799 detik. Proses mendeteksi dan pengenalan plat nomor kendaraan membutuhkan waktu rata-rata 5.169 detik, sedangkan total waktu hingga proses selesai dan gerbang terbuka adalah 9.256 detik. Meskipun waktu pemrosesan ini dapat dianggap efisien, terdapat masalah pada akurasi sistem. Terutama pada proses OCR (*Optical Character Recognition*) yang tidak selalu membaca plat nomor dengan sempurna. Pengujian Performa Sistem Pembaca QR Code dan Sistem Deteksi Plat Nomor Kendaraan di Pos Keluar ditunjukkan pada Tabel 6

Tabel 6 Pengujian Performa Sistem Pembaca QR Code dan Sistem Deteksi Plat Nomor Kendaraan di Pos Keluar

Pembaca Kode QR	Waktu (s)		Keterangan
	Pengenalan Plat		
3.082	4.241		Berhasil
4.651	4.450		Berhasil
1.863	4.164		Berhasil
2.274	4.241		Berhasil
1.508	4.230		Berhasil
1.796	4.256		Berhasil
1.197	5.083		Berhasil
1.446	4.295		Berhasil
1.021	4.242		Berhasil
1.779	4.263		Akurasi plat kurang
2.062	4.347		Rata - Rata

Berdasarkan Tabel 6, didapatkan beberapa data waktu yang menunjukkan kinerja sistem. Rata-rata waktu yang diperlukan untuk membaca kode QR adalah 2.062 detik. Proses mendeteksi dan pengenalan plat nomor kendaraan membutuhkan waktu rata-rata 4.347 detik, sedangkan total waktu hingga proses selesai dan gerbang terbuka adalah 9.404 detik. Meskipun waktu pemrosesan ini dapat dianggap efisien, terdapat masalah pada akurasi sistem. Terutama pada proses OCR (*Optical Character*

Recognition) yang tidak selalu membaca plat nomor dengan sempurna.

Berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6, dapat disimpulkan bahwa meskipun rata-rata waktu pemrosesan sistem relatif efisien, terdapat masalah yang signifikan pada akurasi proses OCR (*Optical Character Recognition*) untuk membaca plat nomor kendaraan. Akurasi yang rendah ini mengindikasikan bahwa sistem gagal mengenali karakter plat nomor dengan tepat, yang disebabkan oleh berbagai faktor seperti kualitas gambar, kondisi pencahayaan, atau kondisi plat yang buruk. Penelitian Penulis menggunakan YOLOv8 sebagai model deteksi objek dengan hasil akurasi 91.6%, presisi 95.3%, recall 94.8%, dan F1-score 95%. Dengan menggunakan PaddleOCR didapatkan akurasi sebesar 75%.

Sebagai perbandingan, penelitian Tirtana E, Gunadi K, Sugiarto I menggunakan YOLOv3 dengan model deteksi yang menunjukkan akurasi 77.18%. Dalam hal OCR, peneliti ini menggunakan TesseractOCR dengan akurasi 71.46% [15]. Dibandingkan dengan YOLOv8, YOLOv3 dalam penelitian ini menunjukkan performa deteksi yang lebih rendah, dengan selisih akurasi sekitar 14.42%. Selain itu, PaddleOCR dalam penelitian Penulis juga menunjukkan performa yang sedikit lebih baik dibandingkan TesseractOCR dengan selisih akurasi 3.54%.

Penelitian Satya L, Septian M, Sarjono MW, dkk menggunakan YOLOv8 sebagai model deteksi, namun hasil yang diperoleh sedikit berbeda. Model deteksi menunjukkan precision sebesar 87.1% dan recall 85%. Meskipun model deteksi juga menggunakan YOLOv8, hasil precision dan recall lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Penulis, yang memiliki precision 95.3% dan recall 94.8%. Penelitian juga menggunakan PaddleOCR untuk mengenali karakter pada plat nomor. Pada penelitian tidak memberikan metrik spesifik seperti akurasi, deskripsi kualitatif ini menunjukkan performa yang memadai untuk tugas pengenalan karakter [16]. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi dan parameter pelatihan yang digunakan dalam penelitian Penulis mungkin lebih optimal.

Secara keseluruhan, penelitian Penulis menunjukkan hasil yang lebih unggul dalam aspek deteksi objek dibandingkan dengan kedua peneliti lain. Penggunaan YOLOv8 dengan parameter pelatihan yang dioptimalkan menghasilkan accuracy, precision, recall, dan F1-score yang lebih tinggi. Dalam hal OCR, PaddleOCR dalam penelitian Penulis menunjukkan performa yang kompetitif dibandingkan dengan metode OCR lainnya, meskipun ada ruang untuk peningkatan lebih lanjut dalam hal akurasi.

4. Kesimpulan

Sebuah prototipe smart parking system telah berhasil dibuat dengan menggabungkan teknologi pembaca kode QR dan deteksi plat nomor kendaraan. Kedua sistem ini memiliki peran yang signifikan dalam pengaturan akses masuk dan keluar area parkir, dengan kode QR menjadi metode utama untuk akses tersebut.

Jarak antara sistem pembaca dan kode QR mempengaruhi kinerja sistem pembaca secara signifikan. Jarak optimal untuk pembacaan kode QR adalah sekitar 10-30 cm dengan waktu rata-rata berkisar 1 (satu) detik. Semakin jauh jaraknya, semakin lambat dan sulit untuk sistem membaca kode QR.

Confusion matrix menunjukkan hasil dengan nilai *accuracy* 91.6%, *precision* 95.3%, *recall* 94.8%, dan *F1-score* 95%, menunjukkan kinerja sistem yang baik dengan kesalahan deteksi minimal. Secara keseluruhan, pengujian menunjukkan bahwa sistem deteksi plat nomor kendaraan memiliki akurasi sebesar 91% dan pembacaan plat menggunakan OCR memiliki tingkat akurasi sebesar 80%.

Referensi

- [1] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, "Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Kendaraan di Provinsi Jawa Tengah (Unit), 2019-2021." Accessed: Mar. 18, 2024. [Online]. Available: <https://jateng.bps.go.id/indicator/17/1006/1/jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-kendaraan-di-provinsi-jawa-tengah.html>
- [2] S. Farizy and G. Andrianto, "Rancang Bangun Smart Parking Pada Area Kampus Berbasis Arduino Menggunakan QR Code," *SAINSTECH*, vol. 32, no. 2, 2022, doi: 10.37277/stch.v32i2.
- [3] A. Ahmad, "Mengenal Artificial Intelligence, Machine Learning, Neural Network, dan Deep Learning," 2017. [Online]. Available: www.teknoindonesia.com
- [4] N. Giarsyani, A. F. Hidayatullah, and R. Rahmadi, "KOMPARASI ALGORITMA MACHINE LEARNING DAN DEEP LEARNING UNTUK NAMED ENTITY RECOGNITION : STUDI KASUS DATA KEBENCANAAN," *JIRE (Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika)*, vol. 3, no. 1, pp. 48–57, 2020.
- [5] S. Ilahiyah and A. Nilogiri, "Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network," *JUSTINDO (Jurnal Sistem & Teknologi Informasi Indonesia)*, vol. 3, no. 2, pp. 49–56, 2018.
- [6] R. Affandi and B. Hartono, "Quadcopter v8: Kaji Pengolahan Citra untuk Misi Terbang Pendeteksian Keberadaan Manusia," 2023. doi: 10.35313/irwns.v14i1.5448.
- [7] R. Gelar Guntara, "Pemanfaatan Google Colab Untuk Aplikasi Pendeteksian Masker Wajah Menggunakan Algoritma Deep Learning YOLOv7," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 55–60, Feb. 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i1.750.
- [8] J. Terven and D. Cordova-Esparza, "A Comprehensive Review of YOLO Architectures in Computer Vision: From YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-NAS," *MAKE (Machine Learning & Knowledge Extraction)*, vol. 5, no. 4, pp. 1680–1716, Apr. 2023, doi: 10.3390/make5040083.
- [9] Ultralytics, "Ultralytics YOLOv8 Docs." Accessed: Mar. 18, 2024. [Online]. Available: <https://docs.ultralytics.com/tasks/?h=yolov8>
- [10] R. Prathivi, "ANALISA SISTEM QR CODE UNTUK IDENTIFIKASI BUKU PERPUSTAKAAN," 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.26623/jprt.v14i2.1225>.
- [11] S. Hartanto, A. Sugiharto, D. Sukmawati, and N. Endah, "OPTICAL CHARACTER RECOGNITION MENGGUNAKAN ALGORITMA TEMPLATE MATCHING CORRELATION," 2012. doi: 10.14710/jmasif.5.9.8435.
- [12] S. A. Zai *et al.*, "Sistem Pendeteksi Kecepatan Kendaraan dengan Menggunakan Metode Deep Learning," *Jurnal Ilmiah Dan Karya Mahasiswa*, vol. 1, no. 6, pp. 397–406, 2023, doi: 10.54066/jikma.v1i6.1163.
- [13] F. Indaryanto, A. Nugroho, and dan Alfa Faridh Suni, "Aplikasi Penghitung Jarak dan Jumlah Orang Berbasis YOLO Sebagai Protokol Kesehatan Covid-19," 2021. doi: 10.15294/edukomputika.v8i1.47837.
- [14] M. Hossin and M. N. Sulaiman, "A Review on Evaluation Metrics for Data Classification Evaluations," *International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process*, vol. 5, no. 2, pp. 01–11, Mar. 2015, doi: 10.5121/ijdkp.2015.5201.
- [15] E. Tirtana, K. Gunadi, and I. Sugiarto, "Penerapan Metode YOLO dan Tesseract-OCR untuk Pendataan Plat Nomor Kendaraan Bermotor Umum di Indonesia Menggunakan Raspberry Pi," 2021. Accessed: May 29, 2024. [Online]. Available: <https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-informatika/article/view/11454>
- [16] L. Satya, M. R. D. Septian, M. W. Sarjono, M. Cahyanti, and E. R. Swedia, "Sistem Pendeteksi Plat Nomor Polisi Kendaraan dengan Arsitektur Yolov8," *Sebatik*, vol. 27, no. 2, p. 27, 2023, doi: 10.46984/sebatik.v27i2.2374.