

SISTEM PENGECEMAN PLAT NOMBOR KENDERAAN DAN KLASIFIKASI JENIS KENDERAAN MENGGUNAKAN YOLOV5

¹Naveen Sivakumar, ¹Mohd Zakree Ahmad Nazri

¹Fakulti Teknologi & Sains Maklumat
43600 Universiti Kebangsaan Malaysia

Abstrak

Pengecaman plat nombor kenderaan secara automatik merupakan satu cabaran besar dalam persekitaran dunia sebenar, terutamanya apabila berdepan dengan faktor seperti pencahayaan tidak sekata, keadaan cuaca yang buruk, sudut kamera yang tidak konsisten, dan reka bentuk plat nombor yang tidak mematuhi piawaian. Projek ini membangunkan satu sistem pintar yang menggabungkan model pengesanan objek berasaskan YOLOv5 bagi mengesan plat nombor dan jenis kenderaan, serta menggunakan EasyOCR untuk mengesan aksara yang terdapat pada plat nombor tersebut. Selain itu, sistem ini turut menyediakan papan pemuka berasaskan web yang dibangunkan menggunakan Flask, yang membolehkan pengguna memuat naik imej, menjalankan pengecaman secara automatik, dan menyemak semula sejarah kenderaan yang telah dikesan. Maklumat kenderaan yang diproses akan disimpan dalam pangkalan data MySQL untuk tujuan pengurusan yang sistematik. Pendekatan bersepadu ini mampu meningkatkan kecekapan dan ketepatan dalam pemantauan kenderaan secara masa nyata, sekali gus menyediakan asas kepada sistem pemantauan trafik pintar yang boleh digunakan dalam pelbagai situasi dan persekitaran sebenar.

Kata Kunci: ANPR, YOLOv5, EasyOCR, Papan Pemuka Web

Abstract

Automatic vehicle license plate recognition is a major challenge in real-world environments, especially when faced with factors such as uneven lighting, bad weather conditions, inconsistent camera angles, and non-standard license plate designs. This project develops an intelligent system that combines a YOLOv5-based object detection model to detect license plates and vehicle types, and uses EasyOCR to recognize characters on the license plates. In addition, the system also provides a web-based dashboard developed using Flask, which allows users to upload images, perform automatic recognition, and review the history of detected vehicles. The processed vehicle information will be stored in a MySQL database for

systematic management purposes. This integrated approach can improve the efficiency and accuracy of real time vehicle monitoring, thus providing the basis for an intelligent traffic monitoring system that can be used in various real-world situations and environments.

Keywords: ANPR, YOLOv5, EasyOCR, Web Dashboard

1.0 PENGENALAN

Sistem Pengecaman Plat Nombor Automatik (ANPR) merupakan teknologi yang memainkan peranan penting dalam pelbagai aplikasi dunia sebenar. Dalam konteks sistem pengangkutan pintar (ITS), ANPR digunakan untuk mempertingkatkan pengurusan lalu lintas, keselamatan, pengawasan, serta penguatkuasaan undang-undang. Teknologi ini juga telah diterima pakai dalam pelbagai situasi lain seperti sistem kutipan tol automatik, sistem parkir tanpa tiket, dan pemantauan keselamatan terhadap kenderaan curi atau yang terlibat dalam jenayah.

Kepentingan sistem ANPR semakin ketara khususnya di kawasan awam dan komersial. Sebagai contoh, Sunway Pyramid merupakan antara pusat beli-belah yang telah mengimplementasikan sistem ANPR untuk membolehkan kenderaan masuk dan keluar dari kawasan parkir tanpa menggunakan tiket. Namun begitu, peningkatan jumlah kenderaan dan keperluan pemantauan yang cekap telah menimbulkan cabaran dalam aspek pengecaman dan pengurusan data kenderaan. Tambahan pula, pelbagai faktor seperti pencahayaan tidak sekata, cuaca buruk, sudut kamera yang tidak konsisten, serta kewujudan plat nombor bukan piawai telah menyukarkan sistem ANPR sedia ada untuk beroperasi dengan ketepatan yang tinggi (Nikola Plavac et al. 2024).

Di samping itu, kekurangan sistem yang menyediakan pemantauan masa nyata juga memberi kesan negatif terhadap kecekapan operasi (Staqu 2024). Tanpa papan pemuka interaktif yang mesra pengguna, operator berdepan kesukaran dalam mendapatkan maklumat kenderaan dengan cepat dan tepat, terutama apabila sistem pengecaman gagal atau hasilnya tidak sah. Keadaan ini boleh mengakibatkan kelewatan dalam proses membuat keputusan dan mengurangkan tahap responsif terhadap insiden keselamatan atau keperluan operasi.

Projek ini bertajuk “Sistem Pengecaman Plat Nombor dan Jenis Kenderaan Menggunakan YOLOv5”, dan dibangunkan untuk menangani isu-isu yang dinyatakan melalui pendekatan teknikal yang bersepadu. Sistem ini menggunakan model pengesanan objek masa nyata YOLOv5 untuk mengesan plat nombor serta jenis kenderaan seperti kereta dan motosikal, manakala EasyOCR digunakan untuk mengenal pasti aksara pada plat nombor tersebut. Data yang diekstrak akan dipaparkan dan disimpan melalui papan pemuka interaktif

berasaskan web yang dibangunkan menggunakan Flask, dan maklumat tersebut akan direkodkan dalam pangkalan data MySQL secara sistematik.

Secara keseluruhannya, objektif projek ini ialah untuk membangunkan satu sistem pengecaman plat nombor dan jenis kenderaan yang cekap serta aplikasi papan pemuka yang berkesan yang membolehkan operator memantau maklumat kenderaan.

2.0 KAJIAN LITERATUR

Terdapat pelbagai kajian terdahulu berkaitan dengan pembangunan sistem pengecaman plat nombor dan pengelasan kenderaan. Kajian oleh Prof. Rajendra Sabale et al. (2024) menggunakan model YOLOv8 untuk mengesan plat nombor dan memantau kelajuan kenderaan. Model ini mencapai tahap ketepatan yang tinggi dalam pengecaman aksara dan kelajuan, namun tidak memberikan penekanan kepada pembangunan sistem pengurusan data seperti papan pemuka interaktif. Dalam kajian lain, Dr. Nita M. Thakare et al. (2023) pula menggunakan pendekatan pemprosesan imej tradisional bersama OCR, tetapi menghadapi kelemahan dalam ketepatan segmentasi, terutamanya dalam pencahayaan rendah dan imej berkualiti rendah.

Satu lagi kajian penting oleh V. Gnanaprakash, N. Kanthimathi dan N. Saranya (2021) membangunkan sistem automatik menggunakan CNN dan ImageAI, yang mencapai ketepatan melebihi 97% untuk pengecaman plat dan OCR. Walaupun ketepatannya tinggi, kajian ini tidak menggabungkan sistem pemantauan secara masa nyata atau pengurusan sejarah data kenderaan. Kajian oleh Rajdeep Adak et al. (2022) pula menggunakan gabungan YOLOv3, CNN, dan pelbagai teknik pemprosesan imej. Keputusan menunjukkan ketepatan aksara yang tinggi dalam keadaan optimum, namun menurun dalam keadaan yang mencabar seperti penggunaan fon unik atau plat tidak piawai.

Kajian oleh B. Likith Ram et al. (2020) menggunakan pendekatan klasik seperti Canny Edge Detection dan Tesseract OCR untuk mengekstrak nombor plat daripada imej. Ketepatan pengecaman hanya sekitar 75% dan jelas menunjukkan bahawa pendekatan tradisional ini tidak cukup kuat untuk aplikasi masa nyata yang memerlukan prestasi tinggi dalam keadaan persekitaran sebenar. Sementara itu, Ch. Lavanya Susanna (2023) menjalankan kajian pengelasan jenis kenderaan menggunakan CNN, SVM dan Regresi Linear. Kajian ini berjaya mengklasifikasikan kenderaan berdasarkan jenis, namun gagal menggabungkan pengecaman plat nombor, menjadikan ia tidak lengkap sebagai sistem pemantauan trafik yang holistik.

Dari sudut teknologi semasa, pelbagai penyelesaian telah diperkenalkan di peringkat industri. Contohnya, sistem Snatch Park di Malaysia menggunakan ANPR untuk pengurusan parkir, manakala di India, ANPR diintegrasikan ke dalam sistem kutipan tol MLFF (Multi Lane Free Flow) bagi meningkatkan kelancaran trafik. Hanwha Vision pula memperkenalkan kamera ANPR berkelajuan tinggi yang mampu mengesan kenderaan sehingga 200 km/j, serta mengenal pasti model, jenama dan warna kenderaan melalui analisis video berasaskan AI. Walau bagaimanapun, teknologi ini selalunya mahal dan tidak terbuka untuk penyesuaian secara akademik atau pembangunan pelajar.

Akhir sekali, terdapat beberapa kelemahan yang ketara dalam kajian-kajian terdahulu. Antaranya ialah kekurangan dalam pengendalian plat nombor tidak piawai, ketidakupayaan sistem menangani pelbagai keadaan persekitaran seperti pencahayaan rendah, serta ketiadaan sistem pemantauan berpusat. Kajian juga jarang sekali menggabungkan pengecaman plat nombor dan klasifikasi kenderaan dalam satu sistem menyeluruh. Justeru, projek ini dicadangkan untuk menangani jurang tersebut dengan menggunakan YOLOv5 dan EasyOCR, serta membangunkan papan pemuka interaktif berasaskan Flask dan MySQL untuk pemantauan kenderaan secara masa nyata.

3.0 METODOLOGI

Bahagian ini menerangkan secara terperinci pendekatan dan langkah-langkah pembangunan sistem pengecaman plat nombor dan klasifikasi kenderaan menggunakan model YOLOv5. Metodologi ini merangkumi proses bermula daripada pemerolehan set data, pra-pemprosesan imej, latihan model, pengesanan dan pengecaman, sehinggalah kepada pembangunan papan pemuka untuk visualisasi keputusan. Pendekatan yang sistematik ini bertujuan memastikan sistem yang dibangunkan adalah cekap, tepat, dan sesuai digunakan dalam situasi dunia sebenar.

3.1 Pembangunan Sistem

3.1.1 Pemerolehan Set Data

Untuk projek ini, set data yang akan digunakan akan diambil daripada laman web GitHub, Kaggle Google dan juga daripada gambar yang ditangkap secara masa nyata menggunakan kamera. Sumber data ini akan menyediakan koleksi imej yang pelbagai bagi kegunaan latihan dan ujian sistem pengecaman plat nombor kenderaan dan klasifikasi kenderaan menggunakan YOLOv5. Set data daripada GitHub dan Kaggle sering mengandungi pelbagai imej yang diambil dalam keadaan persekitaran dan pencahayaan yang berbeza, yang menyukarkan pengecaman plat nombor dan jenis kenderaan. Ini termasuk imej kenderaan dengan halangan, cuaca buruk dan variasi dalam reka bentuk plat nombor. Di samping itu, sumber daripada Google dapat digunakan untuk mendapatkan imej kenderaan dan plat nombor yang lebih

beragam, terutamanya yang melibatkan variasi dalam jenis kenderaan seperti kereta dan motosikal serta reka bentuk plat nombor.

Jabatan Pengangkutan Jalan Malaysia (JPJ) dengan jelas menyatakan piawaian plat nombor Malaysia kepada orang ramai. Tujuannya adalah untuk memastikan pengenalan dan penglihatan yang tepat. Walau bagaimanapun, piawaian ini tidak dikuatkuasakan dengan ketat, yang menjadikannya mencabar untuk mengiktiraf plat nombor dalam banyak kes. Dataset yang digunakan dalam projek ini mengandungi sejumlah 600 imej kenderaan yang terdiri daripada dua kategori utama, iaitu motosikal dan kereta. Dataset ini merangkumi pelbagai keadaan pencahayaan, latar belakang, dan sudut pandangan bagi memastikan sistem pengecaman plat nombor dan klasifikasi kenderaan yang dibangunkan dapat berfungsi secara berkesan dalam situasi dunia sebenar.

3.1.2 Pra-pemprosesan Data

Fasa pertama adalah fasa pra-pemprosesan data yang telah diambil dari sumber-sumber yang telah dinyatakan. Langkah pertama adalah untuk anotasi data. Langkah ini bertujuan untuk melabelkan kawasan kedua-dua plat nombor dan jenis kenderaan dalam imej. YOLOv5 memerlukan data berlabel untuk belajar mengenal pasti objek. Oleh itu, anotasi dan kotak sempadan yang tepat membolehkan YOLOv5 memahami tempat dan mempelajari ciri-ciri objek dalam imej. Ini akan dilakukan menggunakan alat percuma dan sumber terbuka 'Roboflow'.

Langkah kedua adalah augmentasi data. Salah satu isu yang mencabar dalam penyelidikan pengecaman plat nombor dan jenis kenderaan adalah kekurangan data yang menunjukkan keadaan yang mencabar seperti pencahayaan yang tidak mencukupi, cuaca buruk dan halangan fizikal. Oleh itu, teknik augmentasi data akan digunakan untuk mengatasi isu ini dengan menambahkan kepelbagaian dalam set data. Antara teknik augmentasi yang digunakan ialah pemalakkan imej, putaran, kecerahan, kabur dan bunyi. Selepas proses augmentasi dijalankan, jumlah keseluruhan imej meningkat kepada 1,487 imej. Daripada jumlah ini, 1332 imej (90%) digunakan untuk set latihan (train), 106 imej (7%) untuk pengesahan (validation), dan 49 imej (3%) untuk pengujian (test). Langkah ketiga adalah pengubahan saiz imej dalam set data kepada saiz yang sama. Semua imej akan diubah saiz kepada "Fit (black edges) in 960x960".

3.1.3 Latihan You Only Look Once Version 5 (YOLOv5)

Seterusnya, latihan untuk YOLOv5 ini dilakukan dari awal tanpa menggunakan pemberat yang telah dilatih. Latihan bermula dengan memuatkan set data khas yang telah dianotasi dalam format YOLOv5 PyTorch. Format ini, yang merangkumi kelas objek dan koordinat

kotak sempadan yang dinormalisasi kepada saiz imej, memastikan keserasian dengan aliran kerja latihan YOLOv5. Semasa latihan, seni bina YOLOv5 akan menganalisis imej berlabel ini untuk mempelajari ciri spatial dan kategori objek. GPU T4 X 2 akan digunakan dalam Kaggle. Fasa latihan ini dimulakan dengan repositori YOLOv5 diklon daripada laman GitHub. Semua kebergantungan (dependencies) yang diperlukan oleh YOLOv5 dipasang melalui fail 'requirements.txt'. Seterusnya, dataset akan dimuat turun daripada Roboflow dan diekstrak ke dalam persekitaran Kaggle. 'curl' digunakan untuk memuat turun fail dataset dalam format '.zip' dari pautan Roboflow. Kemudian, arahan unzip mengekstrak kandungan zip ke dalam direktori '/kaggle/working/yolov5' tanpa memaparkan output (-oq). Seterusnya, fasa latihan YOLOv5 dibuat dengan beberapa arahan. Ia menjalankan skrip 'train.py' dengan beberapa parameter yang penting:

- a. --img 768 menetapkan saiz imej input kepada 768 piksel. 32
- b. --batch 12 menetapkan bilangan imej yang diproses dalam satu batch kepada 12.
- c. --epochs 150 menunjukkan model akan dilatih selama 150 epoch.
- d. --data menunjukkan lokasi fail konfigurasi data.yaml.
- e. --weights yolov5l.pt menetapkan model pra-latih (YOLOv5l) yang akan digunakan sebagai asas.
- f. --name yolov5_bikecar_plate_v7f menetapkan nama folder hasil latihan untuk menyimpan model dan metrik prestasi.

3.1.4 Pengesanan dan Penyetempatan

Fasa pengesanan dan penyetempatan adalah fasa penting dalam projek ini. Pada fasa ini, YOLOv5 digunakan untuk secara efisien mengesan kawasan yang relevan dalam gambar input, khususnya plat nombor dan jenis kenderaan seperti kereta dan motosikal. Dengan menggunakan kemampuan pengesanan objek yang canggih dan pantas, YOLOv5 mampu menjana kotak sempadan yang tepat di sekitar objek yang dikenalpasti, serta memberikan skor keyakinan bagi setiap ramalan. Skor ini menunjukkan tahap keyakinan model terhadap objek yang dikesan. Ini memastikan pengenalan tepat untuk kawasan yang diminati, yang penting untuk fasa pemprosesan berikutnya.

3.1.5 Pembahagian dan Pengecaman Aksara Menggunakan Pengecaman Aksara Optik (OCR)

Selepas mengesan kawasan plat nombor dan kenderaan, fasa seterusnya melibatkan pembahagian dan pengecaman aksara pada plat. Fasa ini dibangunkan dalam Visual Studio Code. Dalam fasa ini, OCR (EasyOCR) digunakan untuk mengesan dan mengekstrak teks plat nombor dan model YOLOv5 yang telah dilatih pada fasa sebelum untuk mengesan plat nombor dan kenderaan dalam imej.

Fasa bermula dengan mengimport pelbagai modul penting termasuk PyTorch, OpenCV, dan EasyOCR. Kemudian, `'sys.path.append(...)'` digunakan untuk menambah laluan ke folder `'yolov5'` ke dalam sistem supaya modul-model YOLOv5 seperti `'DetectMultiBackend'`, `'non_max_suppression'`, dan `'letterbox'` boleh diimport terus ke dalam projek. `easyocr.Reader` dicipta untuk pengecaman aksara dalam bahasa Inggeris. Fail weights merujuk kepada model YOLOv5 terlatih (`best.pt`) dan `'img_path'` ialah lokasi imej yang ingin dianalisis. Model dilatih dijalankan menggunakan `device = 'cpu'`, bermaksud ia akan diproses tanpa GPU.

Fungsi `'preprocess_plate()'` digunakan untuk membersihkan dan memperjelas imej plat nombor sebelum dihantar ke OCR. Imej akan ditukar kepada skala kelabu, dibesarkan, dikaburkan menggunakan Gaussian blur, dan kemudian ditapis menggunakan kaedah thresholding Otsu. Ini membantu meningkatkan ketepatan pengecaman aksara oleh OCR. Fungsi `'clean_ocr()'` digunakan untuk membersihkan hasil teks yang diperoleh daripada OCR. Ia akan menukar semua aksara kepada huruf besar dan membuang sebarang aksara yang bukan huruf atau nombor. Tujuannya adalah untuk memastikan hanya aksara plat nombor yang sah diproses.

Seterusnya, model YOLOv5 dimuatkan menggunakan `'DetectMultiBackend'`, dan maklumat seperti stride, names, serta jenis fail (`pt`) disimpan untuk digunakan semasa inferens. Saiz imej ditetapkan kepada 640 piksel untuk keseragaman. Imej dibaca menggunakan `'cv2.imread()'` dan salinan asal disimpan dalam `'img0'`. Imej diproses menggunakan `'letterbox()'` untuk mengekalkan aspek ratio dan dilaraskan kepada format tensor PyTorch. Proses ini termasuk menukar BGR ke RGB, menukar susunan dimensi, menormalisasikan nilai piksel ke antara 0 dan 1, dan menambah dimensi batch sebelum dihantar ke model.

Setelah imej diproses dan dimasukkan ke dalam model YOLOv5, model akan menghasilkan ramalan kehadiran objek dalam bentuk kotak pengesanan dengan nilai keyakinan. Fungsi `non_max_suppression` digunakan untuk menapis kotak bertindih dan hanya mengekalkan kotak dengan keyakinan tertinggi. Bagi setiap pengesanan yang disahkan, koordinat diselaraskan mengikut saiz imej asal dan label serta nilai keyakinan dipaparkan di terminal. Jika objek yang dikesan ialah `number_plate`, kawasan plat akan dipotong daripada imej, dipraproses melalui penukaran ke grayscale, pembesaran, pengaburan dan pembinaran, kemudian dihantar ke `easyocr` untuk pengecaman teks. Hasil teks yang diperoleh dibersihkan menggunakan fungsi `clean_ocr`, dan keputusan akhir nombor plat akan dipaparkan di terminal. Akhir sekali, keseluruhan imej bersama hasil pengesanan dan label dipaparkan menggunakan `cv2.imshow()`. Program menunggu kekunci ditekan dengan `cv2.waitKey(0)`

sebelum menutup semua tettingkap menggunakan `cv2.destroyAllWindows()`.

3.1.6 Pembangunan Papan Pemuka

Fasa akhir adalah pembangunan papan pemuka. Bahagian belakang papan pemuka dibangunkan menggunakan Flask, iaitu rangka kerja web yang ringan dan fleksibel, manakala bahagian hadapan dibina dengan HTML, CSS dan PHP untuk memastikan reka bentuk yang bersih dan intuitif. Tujuan utama papan pemuka adalah untuk memaparkan hasil yang diproses dalam cara yang teratur dan mesra pengguna. Ini termasuk mempamerkan maklumat penting seperti jenis kenderaan yang dikesan, teks plat nombor yang dijana dan imej kenderaan. Satu folder projek 'dash_board' dicipta untuk fasa ini, dan mengandungi direktori folder 'static' yang menyimpan imej-imej yang dimuatnaik, dan keputusan yang diperoleh daripada sistem, folder 'template' untuk fail HTML, serta fail Python 'app.py' yang berfungsi sebagai pelayan aplikasi web menggunakan rangka kerja Flask.

Fail 'app.py' merupakan skrip utama yang digunakan untuk menjalankan antaramuka sistem secara tempatan. Ia berfungsi untuk menghubungkan model YOLOv5, dan best.pt dengan pengguna, dimana imej boleh dimuat naik dan diproses untuk pengecaman plat nombor dan klasifikasi kenderaan. Skrip ini dibuat menggunakan rangka kerja Flask untuk membina paparan web ringkas, yang membolehkan pengguna berinteraksi dengan sistem.

Dalam pembangunan sistem, terdapat empat halaman HTML utama yang memainkan peranan penting dalam antara muka pengguna. 'login.html' digunakan untuk proses log masuk staf, di mana pengguna perlu memasukkan ID staf dan kata laluan mereka. Reka bentuknya ringkas dan profesional, dengan maklum balas kesalahan dipaparkan sekiranya maklumat log masuk salah.

Seterusnya, 'index.html' merupakan halaman utama selepas log masuk, yang menyambut pengguna dengan paparan ringkas sistem pengurusan parkir KL Mall. Ia juga mengandungi bar navigasi dengan pautan ke halaman pengesanan dan sejarah kenderaan. Seterusnya, 'recognize.html' ialah halaman yang membenarkan pengguna untuk memuat naik atau menangkap gambar kenderaan. Sistem akan mengesan dan memaparkan nombor plat serta jenis kenderaan berdasarkan gambar yang dimuat naik. Ini membantu dalam pengecaman dan klasifikasi kenderaan secara automatik. Akhir sekali, 'history.html' memaparkan sejarah kenderaan yang telah dikesan oleh sistem, termasuk nombor plat, jenis kenderaan, masa masuk dan keluar, serta imej berkaitan.

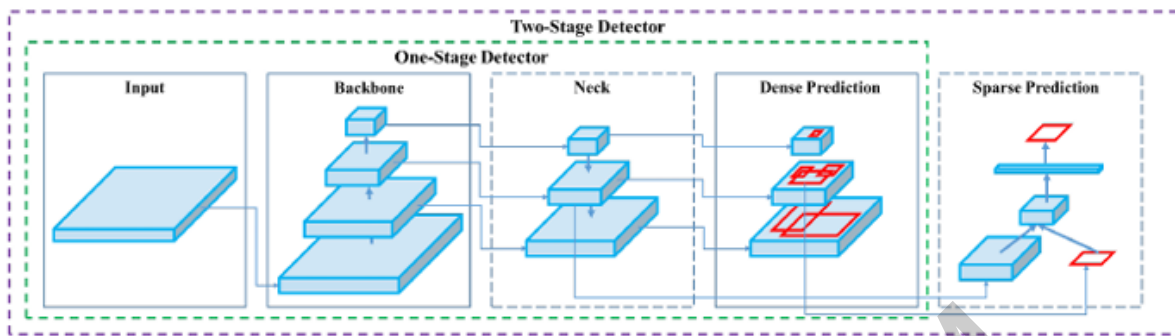
3.2 Seni Bina YOLOv5

You Only Look Once Version 5 (YOLOv5) merupakan model pengesanan objek yang direka

untuk kecekapan tinggi dan kelajuan pengiraan. Berdasarkan rajah 1 seni bina YOLOv5 terdiri daripada beberapa komponen utama: bahagian input, backbone, neck, dan kepala ramalan. Backbone, yang biasanya terdiri daripada rangkaian saraf konvolusi, digunakan untuk mengekod maklumat imej ke dalam peta ciri pada skala yang berbeza-beza. Bahagian neck, yang terdiri daripada siri lapisan yang direka untuk menyepadukan dan memperhalusi perwakilan ciri, akan memproses peta ciri yang diperolehi dari backbone.

Seterusnya, bahagian kepala ramalan dibahagikan kepada ramalan tumpat (dense prediction) dan ramalan jarang (sparse prediction). Ramalan tumpat menumpukan pada menghasilkan kotak sempadan dan keyakinan untuk setiap lokasi grid, yang sesuai untuk pengesanan pantas. Manakala, ramalan jarang digunakan dalam model pengesanan dua peringkat, di mana kotak sempadan diperbaiki melalui proses tambahan untuk ketepatan yang lebih tinggi. Gabungan ini menjadikannya pilihan yang sangat popular untuk pelbagai aplikasi pengesanan objek, termasuk pengesanan plat nombor kenderaan dan klasifikasi jenis kenderaan (Ultralytics 2023).

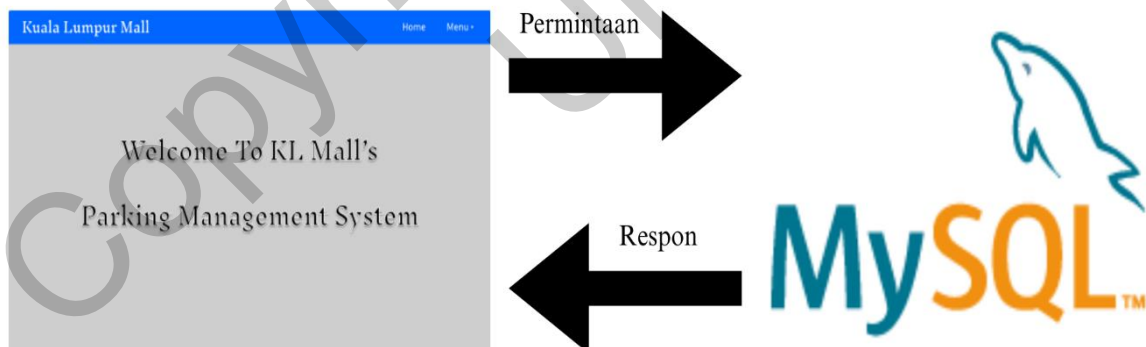
YOLOv5 menonjol sebagai versi unggul keluarga YOLO untuk tugas seperti pengesanan plat nombor automatik (ANPR) kerana keseimbangan ketepatan, kelajuan dan fleksibiliti yang dioptimumkan (Nepal, U. & Eslamiat, H. 2022). YOLOv5 mencapai kecekapan yang mengagumkan, terutamanya dalam aplikasi masa nyata, dengan menawarkan konfigurasi ringan seperti YOLOv5s, bukannya seperti versi lama seperti YOLOv3 dan YOLOv4, yang sering mengutamakan prestasi pada kos kelajuan inferens. Pelaksanaanya dalam PyTorch memastikan penyepaduan yang lebih mudah dengan saluran paip pembelajaran mendalam sedia ada dan memberikan fleksibiliti yang lebih besar untuk penyesuaian membolehkan pembangun memperhalusi model untuk persekitaran dinamik dengan pelbagai keadaan seperti pencahayaan dan sudut. Selain itu, saiz model YOLOv5 yang lebih kecil menjadikannya lebih cekap sumber, yang penting untuk penggunaan pada peranti terbenam. Dengan pengesanan objek kecil yang dipertingkatkan, teknik penambahan data lanjutan seperti pembesaran mozek dan pembangunan dipacu komuniti yang aktif, YOLOv5 lebih sesuai untuk mengendalikan cabaran set data ANPR, seperti keadaan yang mencabar seperti pencahayaan yang kurang mencukupi, cuaca yang buruk, halangan fizikal, dan variasi dalam reka bentuk plat nombor.



Rajah 1: Reka Bentuk Seni YOLOv5

3.3 Reka Bentuk Pangkalan Data

Dalam projek ini, MySQL akan digunakan sebagai pangkalan data untuk menyimpan dan mengurus maklumat berkaitan kenderaan yang dikesan. Pangkalan data ini akan menyimpan maklumat seperti plat nombor kenderaan, jenis kenderaan, waktu masuk dan keluar, serta tahap keyakinan model dalam pengesanan. Data ini akan diakses dan dikemas kini secara automatik oleh sistem apabila kenderaan baru dikesan atau apabila kenderaan yang sama keluar dari premis. Selain itu, pangkalan data juga akan menyokong fungsi carian dan penjejakan kenderaan melalui papan pemuka, membolehkan operator mendapatkan maklumat sejarah pergerakan kenderaan dengan mudah.



Rajah 2: Reka Bentuk Pangkalan Data

3.4 Reka Bentuk Antara Muka

Reka bentuk antara muka pengguna (UI) ialah aspek penting dalam reka bentuk perisian dan peranti digital. Reka bentuk UI yang baik meningkatkan pengalaman pengguna, meningkatkan produktiviti dan membolehkan pengguna berinteraksi dengan teknologi dengan lancar (Adam Thomas 2023). Dalam konteks sistem pengecaman plat nombor kenderaan, papan pemuka yang direka dengan baik membolehkan operator memantau dan mengurus data dengan lebih cekap. Namun, berdasarkan kajian lepas, banyak sistem yang dibangunkan

hanya menumpukan pada algoritma pengecaman tanpa menyediakan papan pemuka yang mesra pengguna untuk visualisasi data dan kawalan sistem. Kekurangan ini boleh menyukarkan pengguna untuk memahami dan menggunakan sistem dengan berkesan. Oleh itu, pembangunan papan pemuka dalam projek ini akan menjadi satu kelebihan penting kerana ia membolehkan paparan maklumat seperti plat nombor yang dikesan, jenis kenderaan, dan sejarah pergerakan dengan cara yang tersusun dan mudah diakses. Prototaip antara muka yang disediakan akan menjadi templat kepada hasil produk akhir yang akan dicipta pada masa kelak. Rajah 3, Rajah 4, dan Rajah 5 menunjukkan draf antara muka yang dihasilkan dengan bantuan Figma.



Rajah 4: Halaman Utama Antara Muka



Rajah 4: Halaman Pengecaman Dan Pengelasan

No.	Number Plate	Number Plate Image	Vehicle Image	Vehicle Type	Entry Time	Exit Time
1.	WXY3017			Car	10.35 a.m.	12.00 p.m.
2.	IM4U555			Car	2.10 p.m.	4.00 p.m.

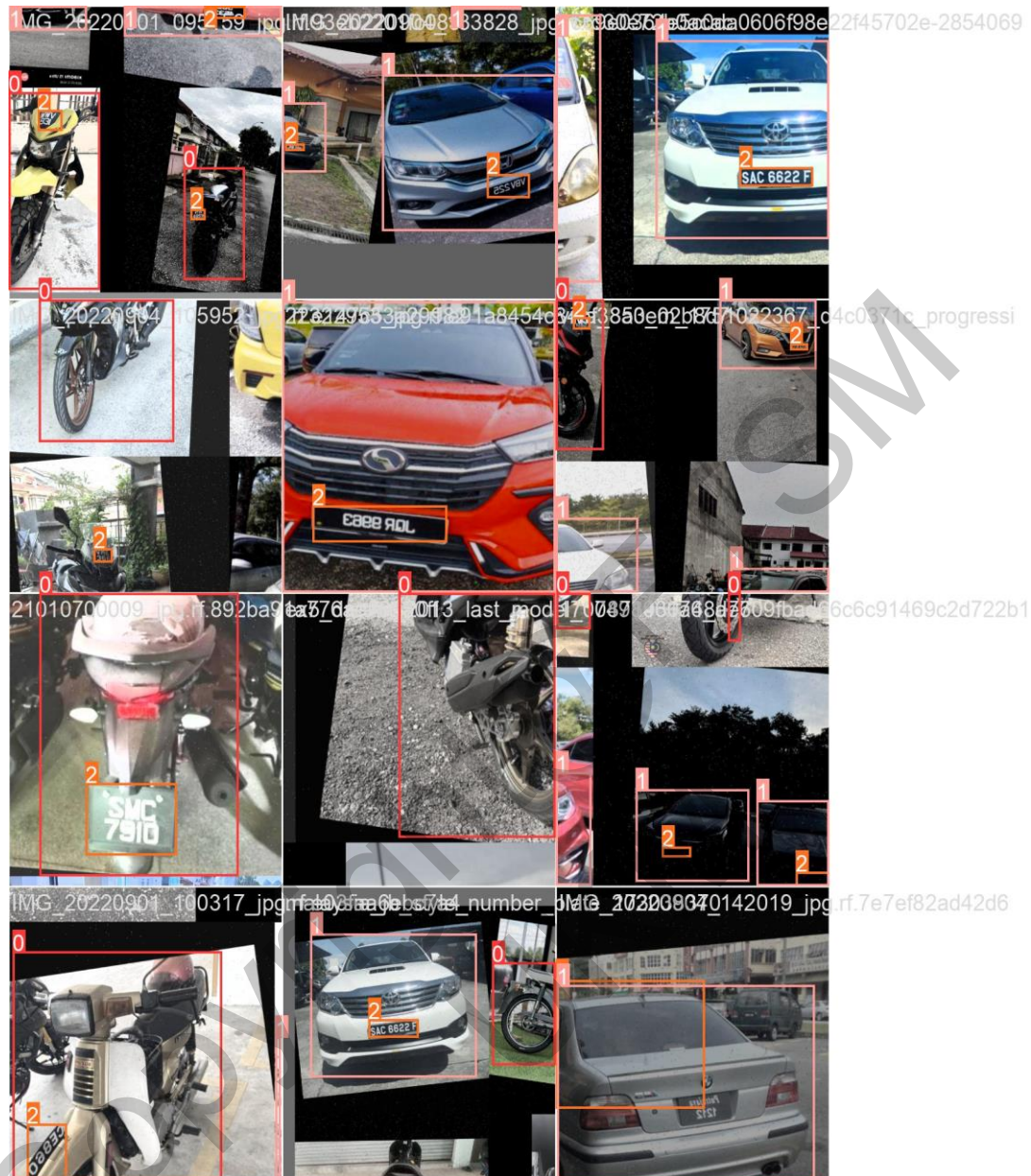
Rajah 5: Halaman Sejarah Kenderaan

4.0 HASIL

Bab ini membentangkan hasil eksperimen dan analisis prestasi sistem pengecaman plat nombor dan klasifikasi kenderaan yang dibangunkan menggunakan model YOLOv5 dan teknik OCR. Ia merangkumi keputusan daripada proses latihan model, ketepatan pengecaman aksara, prestasi masa pemprosesan, serta analisis reka bentuk pangkalan data dan papan pemuka sistem. Setiap hasil dinilai berdasarkan metrik prestasi seperti precision, recall, mAP dan masa tindak balas bagi menilai keberkesanan sistem dalam situasi dunia sebenar.

4.1 Analisis Latihan You Only Look Once Version 5 (YOLOv5)

Latihan model telah dijalankan menggunakan skrip train.py dalam repositori YOLOv5 dengan konfigurasi khas: saiz imej 768×768, batch size sebanyak 12, dan jumlah epoch sebanyak 150. Dataset yang digunakan adalah terdiri daripada imej kenderaan dan plat nombor yang telah dianotasi, dengan 3 kelas berbeza iaitu car, bike, dan number_plate. Model asas yang digunakan ialah yolov5l.pt, iaitu versi besar (large) yang mampu mengesan objek kecil dengan lebih tepat. Latihan mengambil masa sekitar 2 jam dan menghasilkan model akhir dinamakan yolov5_bikecar_plate_v7f.



Rajah 6: Coretan Latihan YOLOv5

4.2 Analisis Prestasi Latihan You Only Look Once Version 5 (YOLOv5)

Berdasarkan rajah 7, hasil latihan menunjukkan model berjaya mencapai Precision keseluruhan sebanyak 71.6%, dengan Recall sebanyak 67.9%, dan $mAP@0.5$ sebanyak 61.5%. Secara individu, kelas number_plate menunjukkan prestasi paling baik, dengan Precision 86.8%, Recall 85.7%, dan $mAP@0.5$ setinggi 85.6%. Kelas car pula mendapat Precision sebanyak 57.4%, Recall sebanyak 53.7% dan $mAP@0.5$ sebanyak 42.8%. Kelas bike pula mendapat Precision sebanyak 70.6%, Recall sebanyak 64.2% dan $mAP@0.5$ sebanyak 56.2%.

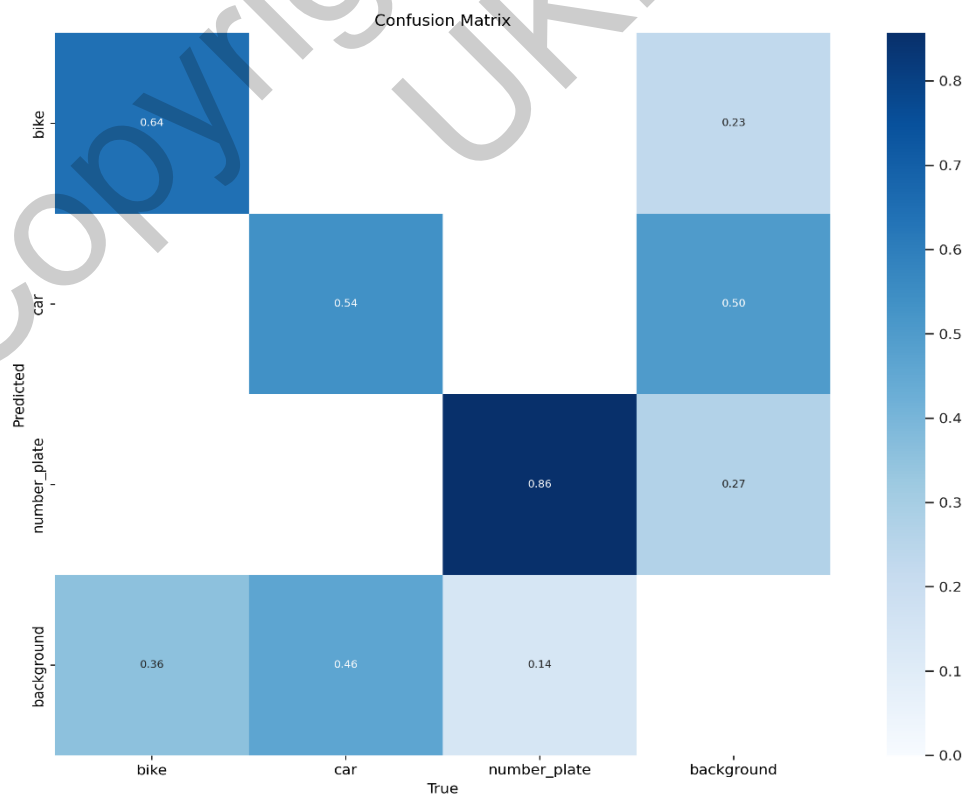
Model summary: 267 layers, 46119048 parameters, 0 gradients, 107.7 GFLOPs

Class	Images	Instances	P	R	mAP50	
all	106	224	0.716	0.679	0.615	0.496
bike	106	45	0.706	0.642	0.562	0.437
car	106	67	0.574	0.537	0.428	0.366
number_plate	106	112	0.868	0.857	0.856	0.685

Rajah 7: Hasil Latihan YOLOv5



Rajah 8: Graf Prestasi Latihan dan Penilaian Model YOLOv5



Rajah 9: Confusion Matrix

4.3 Analisis Pembahagian dan Pengecaman Aksara Menggunakan Pengecaman Aksara Optik (OCR)

Dalam fasa pengecaman teks plat nombor kenderaan ini, proses pengecaman dijalankan selepas plat nombor berjaya dikesan dan dipotong daripada imej asal. Teknik pengecaman aksara optik (OCR) menggunakan EasyOCR telah digunakan untuk mengekstrak aksara daripada plat nombor. Untuk menilai keberkesanan OCR ini, metrik accuracy digunakan, iaitu peratusan imej yang dikenalpasti dengan betul daripada jumlah keseluruhan imej yang diuji. Sebanyak 134 imej plat nombor telah diuji dan daripada jumlah tersebut, 102 imej berjaya dikenalpasti dengan tepat, manakala 32 imej menghasilkan bacaan tidak tepat, termasuk kes seperti susunan aksara terbalik, kekurangan aksara, atau kekeliruan antara aksara contohnya “8” dikenali sebagai “B”, “1” sebagai “I”, dan “0” sebagai “O”. Berdasarkan ini, ketepatan OCR dicatatkan pada 76.12%.

$$Accuracy = \left(\frac{Jumlah\ betul}{Jumlah\ keseluruhan} \right) \times 100\%$$

Dari aspek prestasi masa, sistem telah diuji menggunakan 5 imej rawak untuk menilai kelajuan pengecaman. Masa pemprosesan bagi setiap imej ialah 1.86 saat, 1.84 saat, 1.69 saat, 1.90 saat, dan 1.81 saat. Daripada data ini, purata masa pemprosesan OCR ialah 1.84 saat setiap imej, yang menunjukkan sistem ini berupaya memberi tindak balas secara cepat dan efisien, sesuai digunakan dalam aplikasi masa nyata.

4.4 Analisis Reka Bentuk Pangkalan Data

Dalam projek ini, MySQL akan digunakan sebagai pangkalan data untuk menyimpan dan mengurus maklumat berkaitan kenderaan yang dikesan. Pangkalan data ini akan menyimpan maklumat seperti plat nombor kenderaan, jenis kenderaan, waktu masuk dan keluar. Dua jadual utama telah direka bentuk, iaitu jadual staffs (Rajah 10) dan history (Rajah 11).

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default
1	staff_id	varchar(50)	utf8mb4_general_ci		No	None
2	password	varchar(50)	utf8mb4_general_ci		No	None

Rajah 10: Jadual staffs

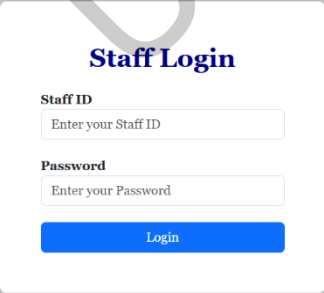
#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra
1	id 	int(10)			No	None		AUTO_INCREMENT
2	plate	varchar(20)	utf8mb4_general_ci		No	None		
3	plate_img	varchar(255)	utf8mb4_general_ci		No	None		
4	full_img	varchar(255)	utf8mb4_general_ci		No	None		
5	vehicle	varchar(20)	utf8mb4_general_ci		No	None		
6	entry_time	datetime			No	current_timestamp()		
7	exit_time	datetime			Yes	NULL		

Rajah 10: Jadual history

4.4 Analisis Reka Bentuk Pangkalan Data

Pembangunan papan pemuka dalam sistem ini bertujuan untuk menyediakan natara muka yang mesra pengguna bagi memantau dan mengurus data hasil pengecaman plat nombor serta jenis kenderran. Papan pemuka ini direka menggunakan Flask sebagai rangka kerja pelayan web dan HTML, CSS serta Bootstrap untuk reka bentuk antara muka pengguna, menjadikan sistem lebih responsif, onteraktif dan mudah diurus oleh pengguna bukan teknikal.

Rajah 11, Rajah 12, Rajah 13, dan Rajah 14 menunjukkan papan pemuka yang dihasilkan dengan Flask.



Rajah 11: Halaman Log Masuk

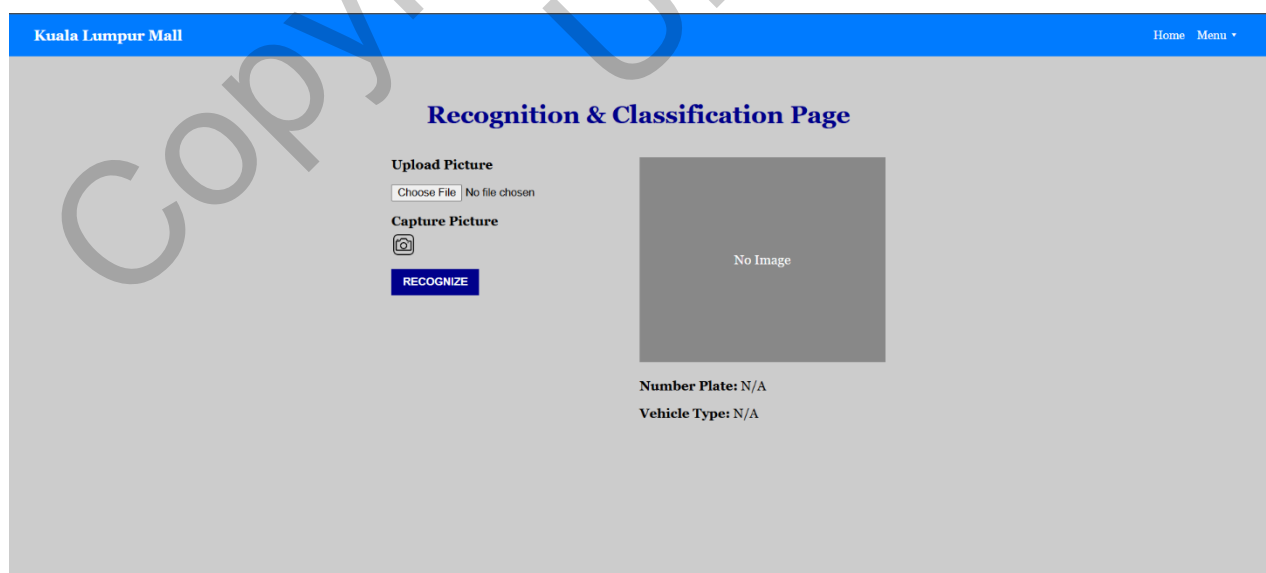
Dalam halaman log masuk, pengguna dapat masuk ke dalam sistem dengan memasukkan “Staff ID” dan “Password” di tempat masing-masing. Butang “Login” diklik, ia akan diarahkan ke ke Rajah 12, iaitu halaman utama.

oka



Rajah 12: Halaman Utama Antara Muka

Dalam halaman muka projek, terdapat ucapan selamat datang, yang dipaparkan dengan padat dan jelas dan nama pengguna yang dipaparkan pada bahagian atas halaman. Selain itu, terdapat juga satu butang menu yang mempunyai dua pilihan, iaitu 'Recognition & Classification Page' dan 'Vehicle History Page'. Butang 'Recognition & Classification Page' diklik, ia akan diarahkan ke Rajah 13 di mana proses pengecaman and pengelasan akan dibuat. Di samping itu, apabila butang 'Vehicle History Page' diklik, ia akan diarahkan ke Rajah 14, di mana operator dapat melihat rekod-rekod kenderaan lepas.



Rajah 13: Halaman Pengecaman Dan Pengelasan

Halaman ini direka untuk mengenal pasti dan mengelaskan plat nombor dan jenis kenderaan berdasarkan gambar yang dimuat naik atau diambil secara langsung. Operator boleh memuat naik atau menangkap gambar kenderaan, kemudian menekan butang

‘RECOGNIZE’ untuk memproses imej. Imej keputusan pengesanan akan dipaparkan berserta kotak sempadan dan skor keyakinan, dan teks plat nombor serta jenis kenderaan dibawah imej tersebut.

Kuala Lumpur Mall					
Home Menu					
Vehicle History					
No.	Plate Text	Full Image	Vehicle Type	Entry Time	Exit Time
454	VEB6489		bike	2025-07-09 17:14:46	2025-07-09 18:31:46
Previous Page 91 of 91 Next					

Rajah 14: Halaman Sejarah Kenderaan

Halaman ini berfungsi untuk merekod dan memaparkan sejarah kemasukan serta keluar kenderaan. Sistem ini membantu dalam pemantauan dan pengurusan parkir dengan lebih efisien, memastikan rekod disimpan dengan teratur.

5.0 KESIMPULAN

Projek ini telah berjaya memenuhi kedua-dua objektif utama yang ditetapkan. Objektif pertama, iaitu membangunkan model yang berkesan untuk pengesanan plat nombor dan klasifikasi kenderaan, telah dicapai melalui penggunaan YOLOv5 dan EasyOCR yang menunjukkan prestasi baik dengan precision pengesanan plat nombor 71.6% dan ketepatan OCR sebanyak 76.12%. Manakala objektif kedua, iaitu pembangunan aplikasi papan pemuka mesra pengguna menggunakan Flask, turut berjaya direalisasikan dengan fungsi pengesanan, penyimpanan data dalam MySQL, dan paparan maklumat yang teratur dan interaktif untuk tujuan pemantauan automatik.

Walaupun sistem yang dibangunkan menunjukkan prestasi yang memuaskan, terdapat beberapa batasan penting yang perlu diberi perhatian. Model YOLOv5 yang digunakan masih menunjukkan kelemahan dalam mengesan dan mengklasifikasikan jenis kenderaan seperti kereta dan motosikal dengan tepat, terutamanya apabila imej berkualiti rendah, mengakibatkan penurunan ketara dalam nilai precision dan recall. Selain itu, modul EasyOCR yang digunakan untuk pengesanan aksara turut menghadapi kesukaran, antaranya susunan

aksara yang terbalik dan kekeliruan antara huruf dan nombor, disebabkan oleh variasi reka bentuk plat dan kualiti imej yang tidak konsisten. Tambahan pula, papan pemuka sistem hanya menyokong operasi asas seperti memuat naik imej dan melihat sejarah, tanpa ciri lanjutan seperti carian, penapisan data, statistik masa nyata atau sistem akses pengguna berbilang tahap, menjadikannya kurang fleksibel dan kurang sesuai untuk kegunaan pengurusan sebenar.

Bagi mengatasi batasan yang dikenal pasti, beberapa penambahbaikan masa depan boleh dilaksanakan untuk meningkatkan kecekapan dan kebolehgunaan sistem. Dari sudut pengesanan dan pengelasan kenderaan, model YOLOv5 boleh dinaik taraf kepada versi yang lebih canggih seperti YOLOv8 atau digabungkan dengan teknik ensemble learning bagi meningkatkan ketepatan pengesanan dalam keadaan pencahayaan rendah, sudut kamera yang kompleks, atau plat yang kabur (Jacob Murel, 2024). Selain itu, menambah kepelbagaian dalam dataset latihan boleh membantu model memahami variasi plat dan kenderaan dengan lebih baik. Dari aspek pengesanan aksara (OCR), EasyOCR boleh digantikan atau digabungkan dengan model lain seperti Tesseract atau Vision Transformer (ViT)-based OCR yang lebih pintar (Tejpal Kumawat, 2023), manakala algoritma pembetulan susunan aksara juga boleh dibangunkan bagi menangani isu teks terbalik, khususnya pada plat dua baris. Tambahan pula, papan pemuka sistem boleh dipertingkatkan dengan ciri lanjutan seperti akses pengguna berbilang tahap, statistik harian/mingguan, fungsi carian berasaskan nombor plat, serta integrasi API dengan sistem keselamatan pihak ketiga, sekali gus menjadikan sistem lebih selamat, fleksibel, dan praktikal untuk digunakan dalam skala sebenar.

Sebagai kesimpulan, projek ini memberikan sumbangan praktikal kepada pengawasan kenderaan melalui pembangunan sistem pintar yang menggabungkan YOLOv5 untuk nombor plat dan pengesanan kenderaan dengan EasyOCR untuk pengesanan teks, semuanya disepadukan ke dalam papan pemuka berasaskan web mesra pengguna menggunakan Flask. Apabila bandar berkembang menjadi persekitaran yang lebih pintar, sistem sedemikian, apabila dipertingkatkan dan digunakan secara beretika, boleh menyokong kedua-dua keselamatan dan pengurusan trafik dalam konteks dunia sebenar yang boleh skala.

6.0 PENGHARGAAN

Segala puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan saya kekuatan untuk menyiapkan kajian ini dalam bentuk sebegini rupa; semoga segala usaha kita diberkati-Nya.

Saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada penyelia saya, Prof. Dr. Mohd Zakree Ahmad Nazri, atas bantuan yang begitu besar,

bimbingan, nasihat, dan sokongan beliau sepanjang proses penyelidikan ini. Dorangan dan tunjuk ajar beliau amat bermakna dalam memastikan projek ini berada pada tahap yang terbaik.

Ucapan terima kasih juga saya tunjukkan kepada Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat dan Universiti Kebangsaan Malaysia atas segala kemudahan, sokongan dan sumber yang disediakan sepanjang tempoh pengajian saya. Sokongan daripada pihak fakulti sangat membantu dalam merealisasikan penyelidikan ini.

Ucapan terima kasih juga kepada semua individu, rakan sejawat, dan keluarga yang memberikan sokongan moral dan motivasi sepanjang perjalanan ini. Setiap perkongsian ilmu dan semangat positif telah memainkan peranan penting dalam kejayaan tesis ini. Segala pengorbanan dan sokongan dari setiap pihak telah membantu saya melepasi cabaran dan mencapai matlamat penyelidikan ini. Terima kasih yang tidak terhingga kepada semua.

7.0 RUJUKAN

Plavac, N., Amirshahi, S.A., Pedersen, M. & Triantaphillidou, S. 2024. Performance of Automatic License Plate Recognition Systems on Distorted Images. *Journal of Imaging Science and Technology* 68(6): 1–16.

Staqu. 2024. Benefits of Integrating ANPR for Smart Parking Solutions - Staqu.
https://www.staqu.com/benefits-of-integrating-anpr-for-smart-parking-solutions/?utm_source=chatgpt.com.

Sabale, Prof.R., Deshmukh, K., Khatale, S., Sanap, N. & Salmuthe, M. 2024. Detection of Vehicle Number Plate and Speed Using Machine Learning. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management* 08(04): 1–5.

Thakare, Dr.Mrs.N.M., Hukare, Y.R., Tagde, S., Borkara, R., Ghotekar, S. & Jogi, S. 2023. Automatic Vehicle Number Plate Detection System. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management* 07(03).

- Gnanaprakash, V., Kanthimathi, N. & Saranya, N. 2021. Automatic Number Plate Recognition Using Deep Learning. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1084(1).
- Adak, R., Kumbhar, A., Pathare, R., Gowda, S. & Somaiya, K. (n.d.). Automatic Number Plate Recognition (ANPR) with YOLOv3-CNN. Department of Electronics and Telecommunication Engineering Semester VI,.
- Ram, B.L., Sai Teja, P.N., Kumar, Y.S.A. & Raj, Ch.S. 2020. License Plate Recognition. International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology 6(3): 500–504.
- Susanna, C.L., Kumar Chowdary, P.V.N.A., Sree Valli, T.K., Priya, P.H. & Kumar, V.S. 2023. Vehicle Pattern Recognition Using Machine Learning and Deep Learning. International Journal of Scientific Research in Engineering and Management 07(03).
- Licence Plate Recognition (LPR) System Malaysia | Car Park ANPR Camera. 2024. <https://www.snatchpark.com/licence-plate-recognition-parkeyes/> [10 November 2024].
- Ultralytics. (n.d.). Preprocessing Annotated https://docs.ultralytics.com/guides/preprocessing_annotated_data/. Data.
- Ultralytics. 2023. Architecture Summary. https://docs.ultralytics.com/yolov5/tutorials/architecture_description/?utm_source=chatgpt.com#1-model-structure.
- What is ANPR (Automatic Number-Plate Recognition)? ANPR Meaning | Isarsoft. 2024. <https://www.isarsoft.com/knowledge-hub/anpr>.
- Tejpal Kumawat. 2023. TrOCR — Transformer-based Optical Recognition Model. <https://medium.com/@tejpal.abhyuday/troc-transformer-based-optical-recognition-model-811f7b3217da> [10 Julai 2025].
- Jacob Murel. 2024. Ensemble learning. <https://www.ibm.com/think/topics/ensemble-learning>.