
SISTEM AKSES PARKIR KENDARAAN BERMOTOR OTOMATIS

Bonaventura Surya Rama Cesarianto^{1*}, David Valentino Nugroho², Novianto Tejo Kusumo³, Eko Purwanto Aribowo⁴, Alexander Arianto Nugroho⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email: suryasesa56@gmail.com

Abstrak

Penataan parkir secara otomatis kini telah menjadi kebutuhan penyedia lahan parkir yang memiliki area luas. Sistem ini memberikan solusi efisien dan efektif dengan proses parkir yang cepat, mudah, dan akurat yang sebelumnya dilakukan dengan tenaga manusia. Berbagai penelitian terdahulu telah dilakukan untuk mengembangkan sistem parkir otomatis dengan menggunakan metode pengolahan citra dan teknologi AI untuk deteksi dan pengenalan pelat nomor kendaraan. Namun, solusi yang ditawarkan terbatas pada penggunaan jaringan secara lokal yang belum terkoneksi secara online dengan internet. Penelitian ini bertujuan untuk mengkombinasikan sistem pengolahan citra dan pemrosesan data secara online pada sistem pencatatan parkir otomatis. Sistem palang pintu menggunakan pengolahan citra, kemudian terkoneksi dengan database serta antarmuka web. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem deteksi pelat nomor dapat berfungsi dengan baik dengan menerapkan dua kamera beresolusi 4 MP. Dengan kontroler raspberry pi 4 B. Pengujian dilakukan dengan mengumpulkan 96 data uji dimana 48 data yang telah didaftarkan pada basis data dan 48 data yang belum didaftarkan pada basis data. Hasil deteksi kemudian digunakan untuk mengukur performansi sistem dengan menggunakan confusion matrix. Pada pengujian sistem diperoleh nilai akurasi sebesar 78,125% dan nilai F1_score 0,72, mendekati tingkat akurasi 80% yang baik dalam machine learning.

Kata kunci: Parkir Otomatis, Pengolahan Citra, Raspberry Pi, Database

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sistem parkir otomatis telah menjadi solusi yang menarik untuk mengatasi permasalahan penataan kendaraan di area parkir yang ada saat ini. Sistem ini memanfaatkan teknologi canggih seperti pengenalan plat nomor kendaraan, sensor deteksi, dan integrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT) untuk memberikan solusi yang efisien dan efektif. Dengan menggunakan sistem parkir otomatis, proses parkir kendaraan menjadi lebih cepat, mudah, dan akurat. Pengguna dapat dengan mudah menemukan tempat parkir yang tersedia melalui aplikasi atau layar informasi yang terintegrasi dengan sistem. Selain itu, sistem ini juga dapat secara otomatis mengatur posisi parkir kendaraan, menghindari adanya kendaraan yang terparkir secara sembarangan, dan mengoptimalkan penggunaan lahan parkir secara lebih efisien. Hal ini berdampak positif pada mengurangi kemacetan di area parkir dan meningkatkan pengalaman pengguna dalam mencari tempat parkir yang sesuai. Dengan adanya perkembangan sistem parkir otomatis, diharapkan dapat memberikan solusi yang inovatif dalam mengatasi permasalahan penataan kendaraan di area parkir yang ada saat ini.

Pada saat ini, area Politeknik ATMI Surakarta memiliki 2 lahan parkir mahasiswa yang terletak pada kampus Gonzaga dan kampus Arupe. Letak tempat parkir ini berada di

tempat yang terpisah, perihal ini menyebabkan petugas HK kesulitan untuk mengetahui kendaraan siapa saja yang parkir di kedua tempat parkir tersebut. Tugas akhir “Sistem Akses Parkir Kendaraan Bermotor Otomatis” dibuat untuk mengidentifikasi nomor polisi kendaraan yang masuk ke kampus, juga dibuat untuk mendata setiap kendaraan mahasiswa yang masuk dan monitoring kendaraan yang parkir di tempat parkir milik Politeknik ATMI Surakarta. Sehingga orang yang tidak merupakan mahasiswa Politeknik ATMI Surakarta tidak bisa parkir di tempat parkir milik Politeknik ATMI Surakarta.

Telah dilakukan banyak penelitian terdahulu yang berhubungan dengan pengembangan sistem parkir otomatis menggunakan metode pengolahan citra sebagai pendekatan utama. Berikut beberapa penelitian yang berkaitan dengan system parkir otomatis. Pada Karya ilmiah (Rio, 2019) merancang palang parkir otomatis berbasis Raspberry Pi dengan metode pengenalan nomor polisi kendaraan. Meskipun masih ada tantangan dalam akurasi metode OCR, sistem berhasil membuka palang parkir secara otomatis jika nomor polisi terdaftar dalam database, menawarkan solusi dalam mengatasi masalah kekurangan lahan parkir dengan teknologi otomatisasi. Selain itu pada karya ilmiah (Thangam, 2018) mengusulkan sistem parkir pintar berbasis reservasi menggunakan Internet of Things (IoT) dan Raspberry-pi untuk mengatasi masalah kemacetan, meningkatkan efisiensi parkir, dan memantau kemacetan lalu lintas. Sistem ini melibatkan tiga tahap: License Positioning, Character Segmentation, dan Character Recognition menggunakan algoritma KNN. Pengembangan aplikasi seluler untuk pengemudi juga memberikan manfaat sosial dan ekonomi dengan mengurangi polusi, menghemat waktu, dan mengurangi sampah kertas dengan kuitansi elektronik. Ada juga karya ilmiah (Rahmanto, 2021) mengoptimalkan cara kerja palang pintu dengan teknologi RFID dan sensor ultrasonic. Sistem ini menggunakan Arduino dan adaptor 12 volt untuk membaca ID Card, mengontrol akses masuk dan keluar kendaraan, serta menampilkan waktu masuk atau keluar di LCD. Penggunaan teknologi ini meningkatkan efisiensi waktu, sumber daya manusia, dan keamanan parkir kendaraan. Sistem ini juga dilengkapi dengan RFID untuk mendeteksi pelat nomor kendaraan. (Hidayat, 2022) Karya ilmiah ini mengembangkan Smart Parking System (SPS) berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketersediaan tempat parkir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SPS berhasil menampilkan data dengan baik, dan diharapkan dapat mengoptimalkan penggunaan lahan parkir serta memberikan informasi real-time tentang ketersediaan tempat parkir kepada pengguna kendaraan. Pengujian sistem menunjukkan bahwa pendeteksi slot parkir dapat memberikan informasi jika ada kendaraan yang terparkir di tempat parkir, dan tingkat keberhasilan pengiriman data sensor ultrasonik ke Ubidots mencapai 100% tanpa

ada kendala. Pada Karya ilmiah (Mufida, 2020) merancang dan mengimplementasikan alat pengendali palang pintu otomatis berbasis data e-KTP untuk meningkatkan keamanan di apartemen. Alat ini dapat menyimpan data masuk dan keluar kendaraan dalam database terhubung dengan sistem, memudahkan pelacakan kendaraan berkat data e-KTP yang unik dan universal. Hasil pengujian menunjukkan sensor infrared dapat mendeteksi jarak 1 cm hingga 5 cm, dan servo bergerak dengan baik. Pengujian LCD dilakukan menggunakan sensor RFID untuk memastikan pengguna yang melewati palang parkir sudah terdaftar dalam database. Pada penelitian (Wakhidah, 2012) bertujuan meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem perparkiran dengan mengimplementasikan teknologi pengenalan pola dalam sistem identifikasi pelat nomor kendaraan secara otomatis. Metode preprosesing, deteksi tepi dengan operator Sobel, dan penggunaan metode luas area maksimum digunakan untuk memperoleh hasil yang lebih baik dalam pengenalan pelat nomor. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi manajemen tempat parkir, monitoring lalu lintas, pengaturan tiket, dan pembayaran jalan tol dalam kehidupan sehari-hari.

Ada juga penelitian terkait pengolahan citra sebagai se (Harani N. H., 2019) mengembangkan sistem pengenalan pola pelat nomor kendaraan menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dan topologi objek deteksi Faster R-CNN. Sistem ini berhasil mengenali karakter pelat nomor, mengidentifikasi huruf dan angka, serta menentukan posisi mobil dan klasifikasi karakter pelat nomor pada gambar, berpotensi meningkatkan akurasi dan keandalan pengenalan pelat nomor kendaraan dalam berbagai bidang, termasuk sistem parkir dan lalu lintas. (Aprilino, 2022) Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi otomatis pelat nomor kendaraan menggunakan YOLOv3 dan Tesseract OCR. YOLOv3 adalah algoritma deep learning yang menerapkan jaringan syaraf tunggal pada citra keseluruhan untuk deteksi objek. Tesseract OCR digunakan untuk mengkonversi gambar teks menjadi karakter ASCII yang dikenali oleh komputer. Sistem berhasil mendeteksi pelat nomor kendaraan dengan akurasi 100% pada confident threshold 0.5, namun memerlukan tahap pre-processing dan rentan terhadap kemiringan gambar pelat nomor. Adapaun penelitian (Ibnutama, 2019) menerapkan modifikasi metode Template Matching pada Optical Character Recognition (OCR) untuk meningkatkan akurasi deteksi karakter pelat nomor kendaraan dari citra hasil akuisisi. Modifikasi mencakup pengaturan ambang nilai, penghapusan objek tidak diperlukan, dan dilasi karakter. Hasilnya, sistem mencapai peningkatan akurasi deteksi sebesar 4,44% pada citra dengan kualitas akuisisi yang kurang baik, memperkuat potensi keandalan pengenalan pelat nomor kendaraan dalam berbagai situasi. Pada penelitian (Harani N. H., 2020) berhasil membangun sebuah sistem aplikasi pengenalan pola pelat nomor kendaraan Indonesia yang secara umum dapat

mengenali karakter-karakter pada pelat nomor kendaraan menggunakan metode Convolutional Neural Network. Penelitian juga menunjukkan bahwa topologi objek deteksi Faster R-CNN efektif dalam mendapatkan posisi mobil dan melakukan klasifikasi karakter pada gambar pelat nomor, mengakomodasi tujuan penelitian untuk pengenalan pelat nomor kendaraan Indonesia.

Pada penelitian (Rema, 2019) menggunakan metode segmentasi gambar seperti Thresholding dan Edge Detection (Prewitt dan Sobel) untuk mendeteksi pelat kendaraan dalam citra. Kombinasi metode segmentasi ini efektif dalam mempertajam objek utama dan mengubah latar belakang menjadi lebih gelap, terutama dengan Thresholding menggunakan Otsu. Proses pengolahan citra melibatkan konversi RGB menjadi grayscale, pembuatan histogram, dan pendeteksian tepi untuk mengidentifikasi perubahan intensitas warna pada objek. Hasil segmentasi memperjelas objek dengan menggelapkan latar belakang dan mempertajam derajat keabuan citra menggunakan Thresholding dan Otsu. Adapun penelitian (Hindarto, 2021) mengevaluasi empat model Deep Learning (DenseNet121, NASNetLarge, VGG16, dan VGG19) dalam deteksi pelat nomor kendaraan menggunakan teknologi Computer Vision. Hasilnya menunjukkan VGG16 dan VGG19 memberikan hasil yang baik, sementara DenseNet121 dan NASNetLarge kurang memuaskan. Disarankan untuk melakukan uji coba dengan pendekatan yang berbeda pada model DenseNet121 dan NASNetLarge untuk meningkatkan performa deteksi pelat nomor kendaraan. Penelitian (Budianto, 2015) bertujuan mengembangkan sistem deteksi pelat nomor kendaraan di gerbang parkir menggunakan kamera dengan beberapa tahap pengolahan data. Tahap-tahapnya meliputi pengambilan data kamera, rescale citra, konversi menjadi grayscale, deteksi tepi menggunakan metode Sobel dan thresholding, serta segmentasi dengan Filter Morphologi dan Connected Component. Metode SVM digunakan untuk menguji kandidat pelat. Hasil pengujian menunjukkan akurasi deteksi lokasi pelat nomor kendaraan beroda 2 dan beroda 4 mencapai 78%. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa akurasi deteksi tidak berbeda antara kedua jenis kendaraan, kualitas video Full HD memberikan akurasi yang lebih baik dari video HD, dan jarak kamera juga mempengaruhi akurasi deteksi. Selain itu penelitian (Trisnadik, 2013) membandingkan empat metode deteksi tepi (Canny, Prewitt, Sobel, dan Roberts) untuk melakukan segmentasi pada pelat nomor kendaraan dinas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode deteksi tepi Canny lebih akurat dalam melakukan segmentasi karakter pada pelat nomor kendaraan dinas, dibandingkan dengan metode lainnya, baik pada jarak 1 meter maupun 2 meter. Tahap prapengolahan melibatkan pemberian filter grayscale pada gambar dan dilakukan pengujian untuk menghapus objek yang lebih besar dari karakter pelat nomor kendaraan. Selanjutnya, dilakukan proses dilasi

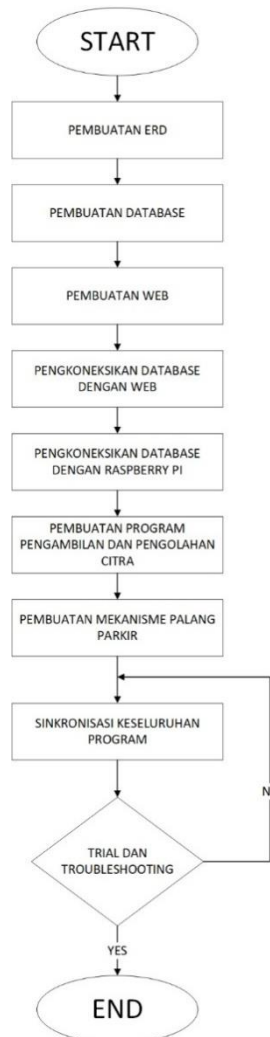
untuk menggabungkan karakter pelat menjadi satu bagian berbentuk kotak sebagai acuan dalam pencarian objek pelat selanjutnya. Proses opening dilakukan untuk menentukan koordinat atas, bawah, kiri, dan kanan pelat. Terakhir, dilakukan pengujian verifikasi posisi pelat untuk menghapus objek dengan luas lebih kecil dari pelat sebenarnya dan dilakukan pengujian data uji. (Saputra, 2022) Penelitian ini membandingkan empat metode deteksi tepi (Canny, Prewitt, Sobel, dan Roberts) dalam segmentasi pelat nomor kendaraan dinas. Tahap Pra Pengolahan Citra Plat Kendaraan Dinas mencakup pelabelan, cropping citra, dan konversi dari citra RGB ke Grayscale. Tahap Deteksi Tepi menggunakan metode Canny, Prewitt, Roberts, dan Sobel bertujuan untuk meningkatkan penampakan garis batas atau daerah pada citra Grayscale. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode deteksi tepi Canny lebih unggul dalam melakukan segmentasi karakter daripada metode Prewitt, Sobel, dan Roberts, baik pada jarak 1 meter maupun 2 meter.

Penelitian (Susanto, 2019) menggunakan operasi morfologi matematika untuk mengekstrak area pelat nomor kendaraan dari citra. Terdapat empat tahap ekstraksi, yaitu pra pengolahan citra, deteksi tepi, pencarian area pelat dengan operasi morfologi, dan tahap pelabelan serta pemotongan area pelat. Hasil pengujian menunjukkan keberhasilan operasi morfologi mencari area pelat nomor dengan akurasi 80%, namun kualitas citra, proses pra pengolahan, deteksi tepi, dan struktur elemen dalam operasi morfologi mempengaruhi keberhasilan tersebut. Selain itu penelitian (Anwariyah, 2020) mengembangkan sistem AI untuk pengenalan tulisan tangan guna mendukung pendidikan inklusif. Pengolahan citra melibatkan Resize, Grayscale, deteksi tepi dengan Prewitt, dilasi, dan segmentasi. Hasil pemisahan objek citra menunjukkan efektivitas model, namun beberapa citra memiliki hasil kurang maksimal. Studi lain menggunakan metode pemetaan warna dan karakteristik huruf pada pelat mobil Cina dengan akurasi mencapai 98%. Adapun karya ilmiah (SANTOSO, 2020) membahas penerapan metode Optical Character Recognition (OCR) dalam sistem deteksi pelat nomor pada sistem perpustakaan. Penelitian ini menggunakan teknik grayscale, thresholding, erosion, dan dilate dalam filtering citra, serta menggunakan library dataset EmguCV untuk metode OCR. Penelitian menunjukkan bahwa sistem deteksi dapat mengidentifikasi sebagian besar pelat nomor kendaraan dengan akurat, namun terdapat kendala seperti kesalahan identifikasi karakter, terutama pada karakter Q dan L, serta masalah dalam proses image processing yang menyebabkan karakter citra terhapus atau mengandung noise. Karya ilmiah (Aprilino, 2022) membahas pengembangan sistem deteksi pelat nomor kendaraan otomatis berbasis YOLO (You Only Look Once) dengan menggunakan library Tesseract Optical Character Recognition (OCR). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mengenali seluruh karakter pada pelat mobil dan motor dengan jumlah

karakter alfanumerik 7-8 karakter. Namun, perlu diperhatikan bahwa kemiringan gambar pelat nomor dapat mempengaruhi akurasi deteksi karakter dalam mode page segmentation Tesseract OCR ke-10. Hal ini perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan akurasi sistem deteksi pelat nomor. Namun penelitian (Amwin, 2021) mengaplikasikan metode YOLOv3 untuk pemantauan lalu lintas kota melalui rekaman CCTV dengan tujuan mengatasi kemacetan. Metode ini menggunakan kecerdasan buatan dan deteksi objek untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan kendaraan secara cepat dan akurat. Selain itu, karya ini menjelaskan proses anotasi objek, pelatihan data, instalasi software, dan deteksi kendaraan menggunakan YOLO. Hasil dari implementasi ini menunjukkan sistem YOLOv3_custom memiliki tingkat presisi 97% dan recall 98%, serta mencapai F1-score sebesar 97%. Pada karya ilmiah (Gallanta, 2023) meneliti tentang deteksi dan ekstraksi pelat nomor kendaraan di Indonesia menggunakan algoritma CNN-YOLOv3 dengan bantuan OCR. Algoritma CNN-YOLOv3 berhasil mendeteksi dan mengenali pola pelat nomor dengan akurasi sekitar 72.5%, sedangkan sistem OCR mencapai akurasi sekitar 70.6% dalam ekstraksi data teks dari pelat nomor. Tetapi karya ilmiah (Fauzan, 2021) menerapkan sistem pendeteksian objek dan teks pada pelat nomor kendaraan dengan menggunakan algoritma YOLOv3 dan Tesseract OCR. Eksperimen menunjukkan keberhasilan pendeteksian objek secara real-time, namun pendeteksian teks memerlukan waktu lebih lama. Proses pelatihan data menggunakan GPU di cloud untuk efisiensi waktu. Sistem ini berhasil dengan baik dalam pendeteksian objek, namun tingkat akurasi OCR perlu ditingkatkan. Pengujian dilakukan dengan Black Box Testing dan menunjukkan bahwa sistem berjalan tanpa kegagalan. Perlu diperhatikan bahwa pendeteksian teks memerlukan waktu lebih lama karena dilakukan secara real-time.

2. METODOLOGI

Sebagai upaya pemecahan permasalahan yang disampaikan pada bagian sebelumnya, maka dalam penelitian ini diterapkan berbagai langkah penelitian sebagai bagian dari metode penelitian. Metode penelitian yang digunakan terdiri dari beberapa tahapan antara lain, tahap pembuatan ERD, pembuatan database, pembuatan desain antarmuka web, pembuatan Front-End, Koneksi database ke MySQL dengan PHP, koneksi Raspberry Pi ke MySQL, pembuatan program pengambilan dan pengolahan citra, pembuatan mekanisme palang parkir, sinkronisasi program, yang ditampilkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Flowchart tahapan

Pembuatan ERD (Entity Relationship Diagram) merupakan tahap pertama dalam metode penelitian ini. Tahap ini dilakukan untuk merancang hubungan antara entitas-entitas dalam sistem. ERD digunakan sebagai panduan dalam perencanaan struktur basis data dengan jelas dan terstruktur. Selanjutnya, dilakukan pembuatan database pada MySQL sebagai repositori untuk menyimpan data yang telah diolah dari Raspberry Pi dan dikirim melalui kabel LAN. Database ini mencatat informasi tentang kendaraan yang masuk atau keluar dari area parkir, termasuk nomor kendaraan dan waktu masuk/keluar.

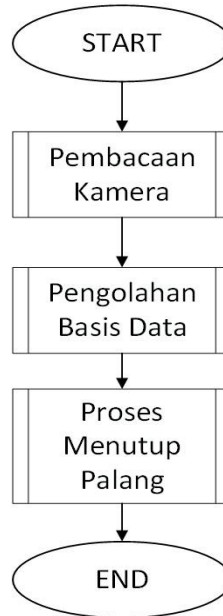
Agar sistem dapat digunakan, maka diperlukan desain antarmuka web. Pembuatan desain antarmuka web menggunakan aplikasi Figma. Desain ini bertujuan untuk memudahkan akses data dan penambahan data, sehingga pengguna dapat dengan mudah memantau status parkir dan mengakses informasi terkait. Setelah desain antarmuka selesai, langkah berikutnya adalah pembuatan front-end web. Front-end ini berfungsi untuk menampilkan antarmuka pengguna yang berisi informasi tentang status parkir, nomor kendaraan, dan waktu masuk/keluar. Namun, sistem tersebut belum dapat digunakan karena

antarmuka web belum terkoneksi dengan database MySQL, agar dapat digunakan maka diperlukan pengkoneksian antarmuka web dengan database MySQL menggunakan bahasa pemrograman PHP. Koneksi ini memungkinkan data dapat diakses melalui web dan disajikan kepada pengguna dengan mudah. Selain itu, dilakukan koneksi database dari Raspberry Pi ke MySQL. Hal ini dilakukan untuk menyimpan data nomor polisi kendaraan yang telah dikenali dan diproses oleh sistem pengambilan dan pengolahan citra.

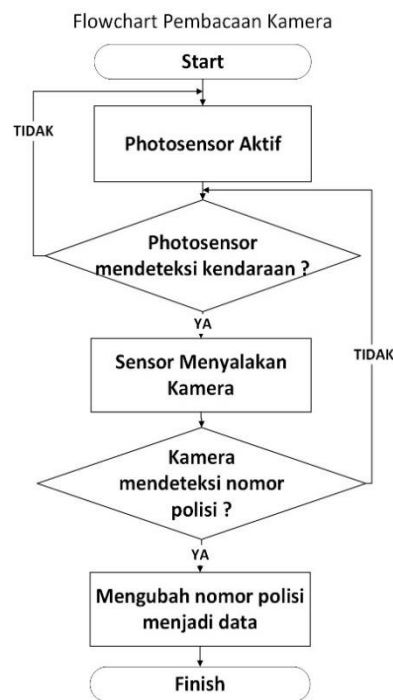
Setelah database dapat berfungsi, maka tahapan selanjutnya adalah membuat program pengolahan citra menggunakan *controller Raspberry Pi 4*. *Raspberry Pi 4* digunakan untuk mengakses kamera menggunakan pustaka OpenCV. Pengolahan citra dilakukan dengan melakukan konversi ke citra grayscale dengan sedikit blur, segmentasi pelat nomor, pendeteksian karakter, dan mengubah karakter menjadi string. Agar pengolahan dan pengambilan citra dapat digunakan maka diperlukan mekanisme palang parkir. pembuatan mekanisme palang parkir yang meliputi pembuatan desain peletakan palang dan komponen, rangkaian pengkabelan, pembuatan program pengaman dengan tombol, dan program indikator lampu.

Tahapan terakhir yaitu program sinkronisasi data. Program ini berfungsi untuk mensinkronisasi data yang diambil dari kamera dengan database yang tersimpan di MySQL. Proses ini memastikan bahwa data pelat nomor kendaraan terintegrasi dengan baik dalam sistem parkir otomatis.

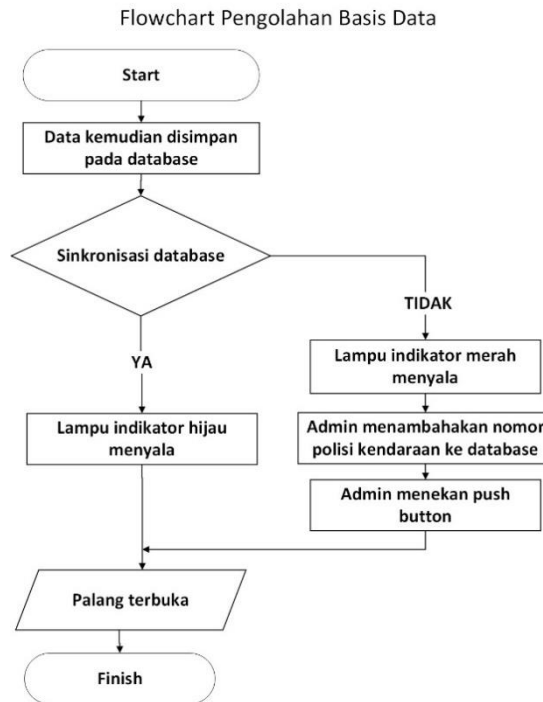
Melalui penggabungan metode-metode tersebut, "Sistem Akses Parkir Kendaraan Bermotor Otomatis" berhasil dikembangkan sebagai solusi yang efisien dan handal dalam mengelola parkir kendaraan bermotor secara otomatis. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan teknologi otomasi dalam pengelolaan parkir kendaraan bermotor di masa depan. Proses kerja sistem ditampilkan pada Gambar 2, dan untuk Gambar 2 A, 2 B, 2 C merupakan keterangan tentang sistem.



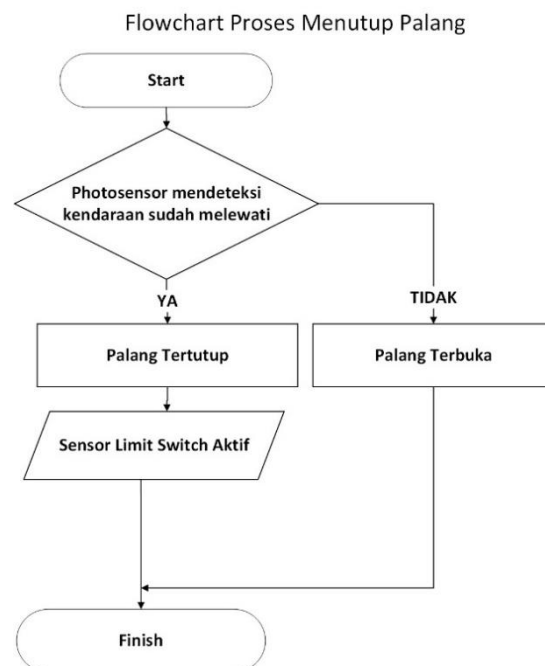
Gambar 2. Flowchart Sistem



Gambar 2 A. Flowchart Pembacaan Kamera



Gambar 2 B. Flowchart Pengolahan Basis Data



Gambar 2 C. Flowchart Proses Penutupan Palang

Flowchart diatas merupakan cara kerja dari tugas akhir yang dimulai dengan Pembacaan kamera, Pengolahan basis data, Proses penutupan palang yang ditampilkan pada Gambar 2. Kemudian pada Gambar 2 A proses kerjanya dimulai dari pendeteksian kendaraan oleh photosensor yang akan memicu kamera untuk mengambil gambar, setelah itu gambar yang telah diambil akan diolah sehingga dapat mendeteksi nomor polisi, kemudian gambar nomor polisi diubah menjadi bentuk string (data). Data dari string kemudian diolah pada

basis data yang ditampilkan pada Gambar 2 B, pengolahan data tersebut berfungsi untuk proses sinkronisasi antara database dengan data nomor polisi dan apabila sinkron maka palang akan terbuka dan indikator akan menyala hijau sebagai penanda bahwa motor sudah diizinkan masuk. Gambar 2 C merupakan proses untuk penutupan palang yaitu saat photosensor kedua mendeteksi kendaraan menggunakan metode program tepian negatif sebagai pengamannya agar tidak membuat palang menutup sebelum kendaraan melewati photosensor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil uji yang dilakukan sebanyak 60 uji coba, didapatkan bahwa kecepatan pemrosesan gambar yang dilakukan dengan menggunakan kamera *Avaro* memiliki kecepatan pendeteksian rata-rata sebesar 14,8 detik untuk pendeteksian nomor polisi kendaraan pada motor bebek, dan kecepatan rata-rata untuk pendeteksian nomor polisi kendaraan pada motor matic adalah 13,4 detik. Sedangkan kecepatan pendeteksian kendaraan yang dilakukan menggunakan kamera *Hikvision* memiliki kecepatan rata-rata pendeteksian nomor polisi kendaraan sebesar 9,0 detik untuk jenis motor bebek dan 9,1 detik untuk kecepatan pendeteksian rata-rata nomor polisi kendaraan jenis motor matic. Data kecepatan pendeteksian dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Data Lama Pendeteksian Kamera Avaro Dan Kamera Hikvision

No	Pendeteksian dengan Kamera AVARO		No	Pendeteksian dengan Kamera HIKVISION	
	AD2566IU bebek	AD4698A0C matic		AD2566IU bebek	AD4698A0C matic
1	18,2 S	12,6 S	1	10,2 S	11 S
2	14,5 S	11,3 S	2	9,7 S	10 S
3	12,6 S	18,5 S	3	10,8 S	10,7 S
4	11,5 S	10,5 S	4	10,5 S	7,1 S
5	14,9 S	4,6 S	5	9,2 S	8 S
6	15,2 S	18,4 S	6	8,1 S	8 S
7	11,2 S	18,4 S	7	9,5 S	9,2 S
8	16,6 S	13,2 S	8	10,1 S	9,1 S
9	12,3 S	18,5 S	9	8,9 S	9,6 S
10	28,3 S	12,1 S	10	10,9 S	7,9 S
11	14,9 S	10,7 S	11	10 S	10,3 S
12	12,6 S	12,9 S	12	8,5 S	9,7 S
13	13,1 S	12,5 S	13	10,5 S	8,9 S

14	13,1 S	12,7 S	14	7,7 S	8,9 S
15	13,3 S	14,2 S	15	10,7 S	8,4 S
rata-rata	14,8 S	13,4 S	rata-rata	9,0 S	9,1 S

Selain itu, dilakukan juga pengambilan data uji sebanyak 96 data uji yang akan digunakan untuk menentukan tingkat kepresisian dari pendeteksian nomor polisi kendaraan. Tahap pertama yang perlu dilakukan adalah dengan cara pengelompokan data-data yang telah diambil. Dari tiap data yang ada akan dikelompokkan menjadi tipe data *True positives*, *True negatives*, *False positives*, *False negatives*. Tipe data *True positives* adalah data yang telah terdaftar pada basis data dan berhasil dideteksi oleh sistem, sehingga dari data tersebut dapat digunakan untuk membuka palang, tipe data yang kedua adalah tipe data *True negatives* yang mana tipe data ini adalah tipe data uji yang tidak didaftarkan pada basis data, sehingga apabila data tersebut berhasil dideteksi data tersebut tidak dapat digunakan untuk membuka palang. Data berikutnya adalah data *False positives*, data ini merupakan data yang tidak terdaftar pada basis data namun dapat digunakan untuk membuka palang karena terjadi kesalahan dalam pengolahan citra. Data yang terakhir adalah data *False negatives* dimana data ini merupakan data yang terdaftar pada basis data namun tidak bisa digunakan untuk membuka palang karena terjadi kesalahan pada saat pengolahan citra. Dari 96 data uji yang telah dikumpulkan pada saat uji coba, terdapat sebanyak 48 data yang telah didaftarkan pada basis data, dan juga terdapat 48 data yang belum didaftarkan pada basis data. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Table 2. Percobaan Dengan Menggunakan Data Pelat Nomor Yang Terdaftar Pada Basis Data

NO	Pelat Nomor	<i>True positives</i>	<i>False positives</i>	NO	Pelat Nomor	<i>True positives</i>	<i>False positives</i>
1	AD2566IU	V	X	25	AD4698AOC	V	X
2	AD2566IU	V	X	26	AD4698AOC	V	X
3	AD2566IU	V	X	27	AD4698AOC	V	X
4	AD2566IU	V	X	28	AD4698AOC	V	X
5	AD2566IU	V	X	29	AD4698AOC	V	X
6	AD2566IU	V	X	30	AD4698AOC	V	X
7	AD2566IU	V	X	31	AD4698AOC	V	X
8	AD2566IU	V	X	32	AD4698AOC	V	X
9	AD2566IU	V	X	33	AD4698AOC	V	X
10	AD2566IU	V	X	34	AD4698AOC	V	X
11	AD2566IU	V	X	35	AD4698AOC	V	X

12	AD2566IU	V	X	36	AD4698AOC	V	X
13	AD2566IU	V	X	37	AD4698AOC	X	V
14	AD2566IU	V	X	38	AD4698AOC	X	V
15	AD2566IU	V	X	39	AD4698AOC	X	V
16	AD2566IU	X	V	40	AD4698AOC	X	V
17	AD2566IU	X	V	41	AD4698AOC	X	V
18	AD2566IU	X	V	42	AD4698AOC	X	V
19	AD2566IU	X	V	43	AD4698AOC	X	V
20	AD2566IU	X	V	44	AD4698AOC	X	V
21	AD2566IU	X	V	45	AD4698AOC	X	V
22	AD2566IU	X	V	46	AD4698AOC	X	V
23	AD2566IU	X	V	47	AD4698AOC	X	V
24	AD2566IU	X	V	48	AD4698AOC	X	V
TOTAL						27	21

Table 3. Percobaan Dengan Menggunakan Data Pelat Nomor Yang Tidak Terdaftar Pada Basis Data

No	Pelat Nomor	True negatives	False negatives	No	Pelat Nomor	True negatives	False negatives
1	E5255BZ	V	X	25	E5255BZ	V	X
2	E5255BZ	V	X	26	E5255BZ	V	X
3	E5255BZ	V	X	27	E5255BZ	V	X
4	E5255BZ	V	X	28	E5255BZ	V	X
5	E5255BZ	V	X	29	E5255BZ	V	X
6	E5255BZ	V	X	30	E5255BZ	V	X
7	E5255BZ	V	X	31	E5255BZ	V	X
8	E5255BZ	V	X	32	E5255BZ	V	X
9	E5255BZ	V	X	33	E5255BZ	V	X
10	E5255BZ	V	X	34	E5255BZ	V	X
11	E5255BZ	V	X	35	E5255BZ	V	X
12	E5255BZ	V	X	36	E5255BZ	V	X
13	E5255BZ	V	X	37	E5255BZ	V	X
14	E5255BZ	V	X	38	E5255BZ	V	X
15	E5255BZ	V	X	39	E5255BZ	V	X
16	E5255BZ	V	X	40	E5255BZ	V	X
17	E5255BZ	V	X	41	E5255BZ	V	X

18	E5255BZ	V	X	42	E5255BZ	V	X
19	E5255BZ	V	X	43	E5255BZ	V	X
20	E5255BZ	V	X	44	E5255BZ	V	X
21	E5255BZ	V	X	45	E5255BZ	V	X
22	E5255BZ	V	X	46	E5255BZ	V	X
23	E5255BZ	V	X	47	E5255BZ	V	X
24	E5255BZ	V	X	48	E5255BZ	V	X
Total						48	0

Berdasarkan dari pengelompokan data yang telah dibuat, dapat dihitung tingkat akurasi pendeteksian nomor polisi kendaraan, tingkat kepresisian serta nilai *recall* dan *F1_Score* dari data yang telah diambil melalui metode *confusion matrix*. Akurasi adalah jumlah perbandingan antara data benar yang berupa data *true positives* dan data *true negatives* dari dari semua data uji yang diambil. Akurasi dihitung dengan rumus.

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{True positives} + \text{True negatives}}{\text{Total data}} \times 100\%$$

Dimana :

Akurasi : nilai akurasi (%).

True positives : nilai data yang benar terdeteksi sebagai data yang terdapat pada database.

True negatives : nilai data yang benar terdeteksi sebagai data yang tidak terdapat pada database.

Total data : nilai keseluruhan data.

Kepresisian didefinisikan sebagai perbandingan antara data *true positives* (TP) dengan banyaknya data yang diprediksi positif yaitu data *true positives* dan *false positives*. Atau bisa juga dituliskan secara matematis:

$$\text{Kepresisian} = \frac{\text{True positives}}{\text{True positives} + \text{False positives}} \times 100\%$$

Dimana :

Kepresisian : nilai kepresisian (%).

True positives : nilai data yang benar terdeteksi sebagai data yang terdapat pada database.

False positive : nilai data yang salah terdeteksi data yang tidak ada dalam basis data namun terdeteksi sebagai data yang terdapat pada database.

Recall adalah pengertian dari banyaknya data *true positives* (TP) dengan banyaknya data yang benar yaitu data *true positives* dan *false negatives*. Atau bisa juga dituliskan secara matematis:

$$\text{Recall} = \frac{\text{True positives}}{\text{True positives} + \text{false negatives}} \times 100\%$$

Dimana :

Recall : nilai recall (%).

True positives : nilai data yang benar terdeteksi sebagai data yang terdapat pada database.

false negatives : nilai data yang salah berupa data yang berada pada basis data namun terdeteksi sebagai data yang tidak terdapat pada database.

F1_Score adalah nilai harmonic mean dari kepresisian dan recall. Atau bisa juga dituliskan secara matematis:

$$\frac{1}{F1_Score} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\text{Kepresisian}} + \frac{1}{\text{Recall}} \right)$$

Dimana :

Recall : nilai recall.

Kepresisian : nilai kepresisian (%).

Recall : nilai recall (%).

- Perhitungan akurasi

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{True positives} + \text{True negatives}}{\text{Total data}} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{27 + 48}{96} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = 78,125 \%$$

- Perhitungan kepresisian

$$\text{Kepresisian} = \frac{\text{True positives}}{\text{True positives} + \text{true negatives}} \times 100\%$$

$$\text{Kepresisian} = \frac{27}{27 + 0} \times 100\%$$

$$\text{Kepresisian} = 100\%$$

- Perhitungan recall

$$\text{Recall} = \frac{\text{True positives}}{\text{True positives} + \text{false negatives}} \times 100\%$$

$$\text{Recall} = \frac{27}{27 + 0} \times 100\%$$

$$\text{Recall} = 56,250\%$$

- Perhitungan F₁ Score

$$\frac{1}{F1_Score} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\text{Kepresisian}} + \frac{1}{\text{Recall}} \right)$$

$$\frac{1}{F1_Score} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{100} + \frac{1}{56,250} \right)$$

$$F1_Score = 0,72$$

Jadi dari perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa nilai akurasi dari pendeteksian nomor polisi kendaraan sebesar 78,125% , nilai kepresisian sebesar 100% dan juga nilai recall sebesar 56,250% serta nilai $F1_Score$ sebesar 72%.

4. KESIMPULAN

Dari hasil uji yang telah dilakukan untuk memperoleh data kecepatan pendeteksian pelat nomor oleh sistem, dapat diketahui bahwa kecepatan pendeteksian yang dilakukan dengan menggunakan kamera hikvision lebih cepat untuk mendeteksi jenis motor bebek dan motor matic yang hanya membutuhkan waktu rata-rata selama 9 detik untuk pendeteksian motor bebek, serta membutuhkan waktu 9,1 detik untuk pendeteksian motor matic. Sedangkan pada pendeteksian nomor polisi kendaraan yang dilakukan dengan menggunakan kamera avaro memiliki rata-rata waktu pendeteksian yang lebih lama yakni selama 14,8 detik untuk pendeteksian motor bebek dan 13,4 detik untuk pendeteksian motor matic. Faktor yang memengaruhi kecepatan pendeteksian dapat berupa posisi dan peletakan kamera, pencahayaan, serta kondisi dari pelat nomor itu sendiri.

Sementara itu, dari hasil uji yang telah didapatkan terkait dengan penentuan tingkat kepresisian melalui metode confusion matrix, diketahui bahwa sistem memiliki tingkat akurasi sebesar 78,125% dan nilai $F1_score$ sebesar 0,72. Dari hasil yang diperoleh ini, diketahui bahwa tingkat akurasi dari sistem telah mendekati tingkat akurasi yang sesuai pada suatu machine learning yaitu sebesar 80% dan juga sudah dikatakan baik dikarenakan nilai F_1 Score 0,72 sudah mendekati nilai 1 yang merupakan batas terbaik dari nilai $F1_Score$.

Dari semua uji coba yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa kecepatan pendeteksian untuk kamera hikvision telah memenuhi target yang telah ditentukan yakni dibawah 10 detik namun untuk penggunaan kamera avaro masih belum bisa memenuhi target yang telah ditentukan karena memiliki waktu pendeteksian berkisar 13,4 detik dan 14,8 detik. Sementara itu untuk akurasi dari pendeteksian nomor polisi kendaraan sendiri telah memenuhi target yang telah ditentukan sebelumnya karena nilai akurasi 78,125% dan nilai $F1_Score$ 0,72 telah diatas 70% dan 0,7 yang menjadi target tingkat akurasi yang ingin dicapai.

DAFTAR PUSTAKA

Amwin, A. (2021). "Deteksi Dan Klasifikasi Kendaraan Berbasis Algoritma You Only Look Once (YOLO)." .

- Anwariyah, K. (2020). "Deteksi Objek Nomor Kendaraan Pada Citra Kendaraan Bermotor.". *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia 1.4* .
- Aprilino, A. (2022). "Implementasi Algoritma Yolo dan Tesseract OCR pada Sistem Deteksi Plat Nomor Otomatis.". *Jurnal Teknoinfo 16.1* .
- Budianto, A. T. (2015). "Deteksi nomor kendaraan dengan metode connected component dan svm.". *Jurnal Teknologi Informasi Magister 1.01* .
- Confusion Matrix - Dijelaskan dengan Jelas.* (n.d.). Retrieved from ICHI.PRO: <https://ichi.pro/id/confusion-matrix-dijelaskan-dengan-jelas-17516543954375>
- Dr. Maria Susan Anggreany, S. M. (2020, January 11). *Confusion Matrix*. Retrieved from Binus University: <https://socs.binus.ac.id/2020/11/01/confusion-matrix/>
- Fauzan, M. R. (2021). "Pendeteksian Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Algoritma You Only Look Once V3 Dan Tesseract.". *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan 8.1* .
- Gallanta, R. A. (2023). "Deteksi Objek Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) Pada Plat Nomor Kendaraan Berbasis YOLO".
- Harani, N. H. (2019). "Deteksi Objek Dan Pengenalan Karakter Plat Nomor Kendaraan Indonesia Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Berbasis Python.". *Jurnal Teknik Informatika 11.3* .
- Harani, N. H. (2020). "Deteksi Objek dan Pengenalan Karakter Plat Nomor Kendaraan Indonesia Berbasis Python." .
- Hidayat, L. E. (2022). "Perancangan Sistem Palang Parkir Otomatis Dan Pendeteksi Slot Parkir Berbasis Iot." .
- Hindarto, D. a. (2021). "Plat Nomor Kendaraan dengan Convolution Neural Network.". *Jurnal Inovasi Informatika Universitas Pradita 6.2* .
- Ibnutama, K. Z. (2019). "Modifikasi Metode Template Matching pada OCR Untuk Meningkatkan Akurasi Deteksi Plat Nomor Kendaraan.". *Jurnal Teknologi Sistem Informasi Dan Sistem Komputer TGD 2.2* .
- Mufida, E. R. (2020). "Rancangan Palang Pintu Otomatis Pada Apartemen Dengan Akses e-KTP Berbasis Arduino." . *Jurnal Khatulistiwa Informatika 1.2* .
- Rahmanto, Y. (2021). "RANCANG BANGUN SISTEM PINTU PARKIR OTOMATIS BERBASIS ARDUINO DAN RFID". *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam 2.2* .
- Rema, Y. O. (2019). "Deteksi Plat Nomor Kendaraan Bermotor dengan Segmentasi Gambar.". *Jurnal Saintek Lahan Kering 2.1* .
- Rio, A. P. (2019). "PERANCANGAN PALANG PARKIR OTOMATIS DENGAN MENDETEKSI NOMOR POLISI MENGGUNAKAN METODA TEMPLATE MATCHING BERBASIS RASPBERRY PI".
- SANTOSO, R. R. (2020). "Prototype Sistem Deteksi Plat Nomor Kendaraan Pada Sistem Perparkiran Berbasis Image Processing Menggunakan Metode Optical Character Recognition (Ocr)".

- Saputra, R. A. (2022). "Segmentasi Pada Plat Kendaraan Dinas dengan Metode Deteksi Tepi Canny, Prewitt, Sobel, & Roberts.". *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)* 6.1.
- Susanto, A. (2019). "Penerapan operasi morfologi matematika citra digital untuk ekstraksi area plat nomor kendaraan bermotor.". *Pseudocode* 6.1 .
- Thangam, E. C. (2018). "Internet of Things (IoT) based smart parking reservation system using raspberry-pi." . *International Journal of Applied Engineering Research* 13.8 .
- Trisnadik, N. A. (2013). "Pendeteksian posisi plat nomor kendaraan menggunakan metode morfologi matematika.". *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 2.1 .
- Wakhidah, N. (2012). "Deteksi Plat Nomor Kendaraan Bermotor Berdasarkan Area pada Image Segmentation." . *Jurnal Transformatika*.