



IMPLEMENTASI ALGORITMA SVM UNTUK SISTEM DETEKSI DAN PENGAWASAN KEAMANAN KENDARAAN DI AREA PARKIR MENGGUNAKAN KAMERA

Andi Saenong¹, Rahmat²

¹andi.saenong@undipa.ac.id, ²rahmat2024@undipa.co.id

^{1,2}Universitas Dipa Makassar

Abstrak

Keamanan kendaraan merupakan aspek penting dalam mencegah pencurian dan pengrusakan. Peningkatan tindakan pencurian menyebabkan kerugian besar bagi pemilik kendaraan. Pengawasan di lahan parkir terbuka menggunakan metode tradisional seperti CCTV dan jasa parkir memiliki keterbatasan, seperti harus melihat kembali rekaman video. Pengenalan citra dapat meningkatkan keamanan dengan mengenali fitur kendaraan untuk mencegah pencurian. Penelitian ini mengimplementasikan metode pengolahan citra dan klasifikasi *SVM* (*Support Vector Machine*). Kamera ditempatkan di lahan parkir terbuka dan citra diolah dengan teknik *resize* untuk memudahkan pengolahan fitur. *ROI* (*Region of Interest*) digunakan untuk mengenali area kendaraan di lahan parkir. Berbagai *hyperparameter* digunakan untuk meningkatkan akurasi dalam proses klasifikasi antara kendaraan dan lahan parkir kosong. Hasil pengolahan citra dalam mengenali kendaraan mencapai akurasi 99%, menunjukkan bahwa sebagian besar prediksi sesuai dengan kondisi sebenarnya.

Kata kunci: Deteksi Kendaraan, ROI, SVM, Parkir Cerdas.

Abstract

Vehicle security is crucial in preventing theft and vandalism. The rising incidence of vehicle theft has resulted in significant losses for vehicle owners. Traditional surveillance methods, such as CCTV and parking attendants, have limitations, including the need to review video recordings. Image recognition offers a solution to enhance security in parking lots by identifying vehicle features to prevent theft. This study implements various image processing methods and Support Vector Machine (SVM) classification. A camera is installed in an open parking lot, and image resizing is performed to facilitate feature processing. Region of Interest (ROI) is used to identify the vehicle area in the parking lot. Various hyperparameters are utilized to improve the accuracy of classifying between vehicles and empty parking spaces. The overall image processing results in recognizing vehicles in the parking lot achieved 99% accuracy, indicating that most predictions match the actual conditions.

Keywords: Vehicle Detection, ROI, SVM, Smart Parking.

1. Pendahuluan

Keamanan kendaraan merupakan salah satu aspek penting dalam mencegah pencurian dan kerusakan. Kendaraan yang tidak diawasi dengan baik berisiko tinggi menjadi target pencurian dan vandalisme, yang dapat mengakibatkan kerugian material yang signifikan bagi pemiliknya. Kejadian pencurian kendaraan yang terus meningkat menunjukkan perlunya solusi keamanan yang lebih efektif dan efisien. Tindakan pencurian kendaraan bermotor marak terjadi dengan berbagai motif, mulai dari modus penyewaan mobil [1], pencurian di lahan parkir, hingga perampasan kendaraan saat berkendara. Perkembangan ekonomi mendorong meningkatnya jumlah pengguna kendaraan yang menyebabkan terjadinya kemacetan diberbagai area Kota Makassar [2]. Hal ini juga berdampak pada berbagai lahan kosong dijadikan area parkir. Kondisi mobil yang diparkir pada lahan ruas jalan menjadi sasaran utama tindakan pencurian, seperti pencurian ban dan spion mobil [3]. Pengamanan kendaraan menggunakan kamera pengawas CCTV (*Closed Circuit Television*) masih terdapat kelemahan dimana kita harus tetap mengawasi tindakan pencurian atau vandalisme di balik layar CCTV, tentunya hal ini sangat menyita waktu [4]. Oleh karena itu, sebuah sistem pengawasan otomatis dari kamera diperlukan untuk pengembangan sistem keamanan kendaraan yang lebih canggih dan dapat diandalkan.

Teknologi pemrosesan citra dan pembelajaran mesin menjadi solusi yang menawarkan inovatif untuk meningkatkan keamanan kendaraan di area parkir yang terbuka [5]. Pengawasan kendaraan dengan menggunakan kamera untuk mendeteksi tindakan pencurian menjadi solusi terbaik saat ini. Sebuah kamera akan melakukan pemantauan otomatis terhadap kendaraan pada area parkir terbuka selain waktu juga sistem seperti ini memudahkan dalam pengawasan kendaraan. Setiap bagian kendaraan akan dilakukan pengawasan menggunakan pengenalan objek berbasis citra digital. Salah satu bagian kendaraan yang menjadi ciri dari setiap kendaraan adalah plat kendaraan, sehingga deteksi plat juga menjadi solusi untuk mengamankan kendaraan dari tindakan pencurian [6]. Implementasi sistem ini melibatkan penggunaan kamera untuk menangkap gambar area parkir dan pemrosesan citra untuk menganalisis dan mendeteksi keberadaan kendaraan. Dengan teknologi ini, sistem keamanan dapat memantau area parkir secara *real-time*, memberikan peringatan dini jika terjadi aktivitas mencurigakan, dan membantu dalam pencegahan pencurian kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji sistem keamanan kendaraan berbasis pemrosesan citra dan algoritma SVM (*Support Vector Machine*). Dengan demikian, diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih andal dalam meningkatkan keamanan kendaraan di area parkir terbuka.

Berbagai penelitian terkait mengenai sistem keamanan lahan parkir, seperti penggunaan sensor *infrared* dan *RFID* (*Radio Frequency Identification*) yang terkoneksi ke *Node MCU* digunakan untuk monitoring kendaraan pada lahan parkir sehingga dapat menentukan lahan parkir yang kosong [7][8], Penggunaan sensor sidik (*fingerprint sensor*) dan Modul GPS (*Global Positioning System*) sebagai solusi pengamanan menggunakan titik koordinat [9]. Deteksi lahan parkir menggunakan metode *grayscale*, binari, dan morfologi. Sistem *prototype* yang dibangun dengan skala kecil ini bertujuan untuk mendeteksi mobil dan lahan parkir yang kosong. Dalam implementasinya, objek kendaraan menggunakan mobil-mobilan dan lahan parkir dibuat dengan skala kecil. Pendekatan ini memungkinkan pengujian dan pengembangan teknologi deteksi dalam lingkungan yang terkontrol sebelum diterapkan pada skala yang lebih besar [10]. Pencarian lahan parkir kosong dengan menggunakan kotak pembatas *ROI* (*Region of Interest*), meminimalkan waktu pencarian pada area parkir gedung dan kantor [11]. Melakukan pemetaan lahan parkir kosong menggunakan sensor *ultrasonik* dan kamera untuk deteksi plat [12]. Sistem parkir cerdas dengan memanfaatkan pengolahan citra, sebuah citra digital dideteksi menggunakan algoritma *ORC* dan *Surf* untuk mengenali ciri-ciri dari kendaraan yang diparkir. Teknik pengolahan citra yang digunakan untuk membaca pola jenis bentuk dan warna pada setiap pola kendaraan. Keakuratan algoritma ini mampu mencapai 80% [13].

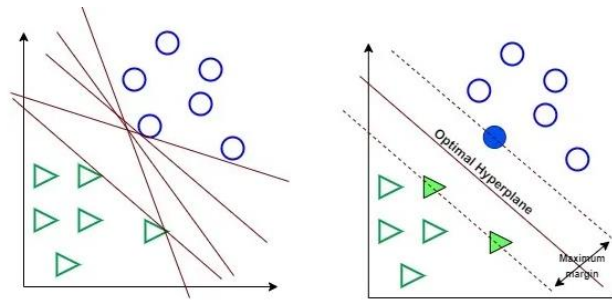
Penelitian pada judul "*Vacant Car Parks Detection Using Digital Image Processing Methods*" Penelitian ini menyajikan dua metode pengolahan citra digital untuk mendeteksi ruang kosong yang terisi pada citra area parkir mobil. Metode deteksi kendaraan dan deteksi tepi. Deteksi kendaraan adalah metode yang digunakan untuk mendeteksi objek pada citra dengan cara mengurangi citra area parkir yang kosong dengan citra yang berisi mobil. Sebaliknya, metode deteksi tepi mendeteksi tepi objek. Hasil dari kedua metode ini kemudian dibandingkan dengan menggunakan fungsi *AND* untuk mendapatkan kondisi kotak kosong atau terisi untuk setiap kotak di tempat parkir. Nilai ambang batas mempengaruhi penentuan tempat parkir. Hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil deteksi terbaik didapatkan dalam mendeteksi ruang parkir yang terisi pada tempat parkir di *Malang Town Square* (Matos), dengan *threshold* 10 dan akurasi sebesar 99.4% [14].

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan untuk keamanan pada lahan parkir menggunakan berbagai macam metode dan perangkat. Pada penelitian ini kami membangun arsitektur sistem keamanan dengan menggunakan perangkat *Raspberry pi* yang terkoneksi ke ip-kamera berbasis wifi kemudian melakukan pengenalan kendaraan menggunakan *ROI* (*Region of Interest*) untuk memberi batasan area deteksi dan algoritma klasifikasi SVM untuk mengenali kendaraan pada lahan parkir yang telah ditentukan. Pengujian sistem dilakukan pada area parkir yang sebenarnya untuk meminimalkan kegagalan saat implementasi, sehingga dapat memberikan solusi yang lebih andal dan efektif dalam mengamankan kendaraan di lahan parkir terbuka.

2. Metode

Dalam penelitian ini, kami mengembangkan sistem deteksi kendaraan pada lahan parkir terbuka menggunakan citra digital dari input kamera. Teknologi pemrosesan citra dan pembelajaran mesin digunakan untuk mendeteksi keberadaan kendaraan serta menerapkan algoritma klasifikasi SVM untuk

analisis dan pengenalan kendaraan dalam gambar. Tujuan dari algoritma SVM adalah untuk menemukan *hyperplane* terbaik dalam ruang berdimensi-N (ruang dengan N-jumlah fitur) yang berfungsi sebagai pemisah yang jelas bagi titik-titik data input Gambar 1.

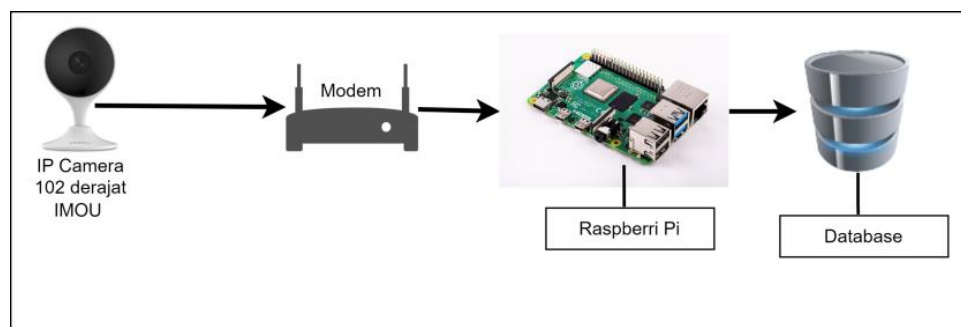


Gambar 1. Support Vector Machine

Gambar 1 di sebelah kiri menunjukkan beberapa kemungkinan bidang (*hyperplane*) untuk memisahkan data lingkaran dan data kotak. Algoritma SVM kemudian mencari *hyperplane* terbaik yang dapat memisahkan kedua kelas secara optimal. Seperti tampak pada Gambar 1 di sebelah kanan, sebuah *hyperplane* optimal berhasil dibuat dan mampu memisahkan kedua kelas sehingga memiliki margin yang maksimal [15]. Metode ini diharapkan dapat mengenali kendaraan untuk meningkatkan keamanan kendaraan dengan memberikan pemantauan yang lebih efektif dan responsif terhadap potensi tindakan kriminal di area parkir.

2.1. Rancangan Sistem

Sistem pengawasan kendaraan pada lahan parkir terbuka ini memanfaatkan berbagai perangkat, seperti kamera, *Raspberry Pi*, *database*, dan tiang penyangga kamera. Masing-masing perangkat memiliki peran penting dan spesifik dalam mendukung keseluruhan proses deteksi dan pemantauan kendaraan yang berlangsung. Desain perancangan sistem ini mencakup penempatan perangkat keras yang strategis serta integrasi perangkat lunak yang efisien, yang secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Sistem

1. Kamera

Kamera berfungsi untuk menangkap gambar pada area parkir secara terus menerus, kamera yang digunakan adalah Ip Kamera Imou H.265 1080 Full HD, 2MP 2.8mm (112°) Lensa tetap, Koneksi Wi-Fi - IEEE802.11b/g/n(2.4GHz), Sudut Pandang Super Lebar (Bidang pandang diagonal 131°, 58° vertical memungkinkan pengawasan seluruh ruangan).

2. Modem WiFi

Perangkat modem memancarkan sinyal untuk menghubungkan antara kamera dan Raspberry Pi sehingga memungkinkan pengolahan citra tanpa terbatas oleh penggunaan kabel. Modem yang digunakan adalah ONT XPON DUALBAND GM630 SUPPORT OMCI OLT ZTE. spesifikasi = lan 4 ge

(gigabit lan), wifi 2.4 ghz & 5ghz, port optik sc upc, support route, bridge, vlan,dhcp,static,pppoe, support multi ssid, support remote web, support omci di olt zte.

3. Raspberry Pi

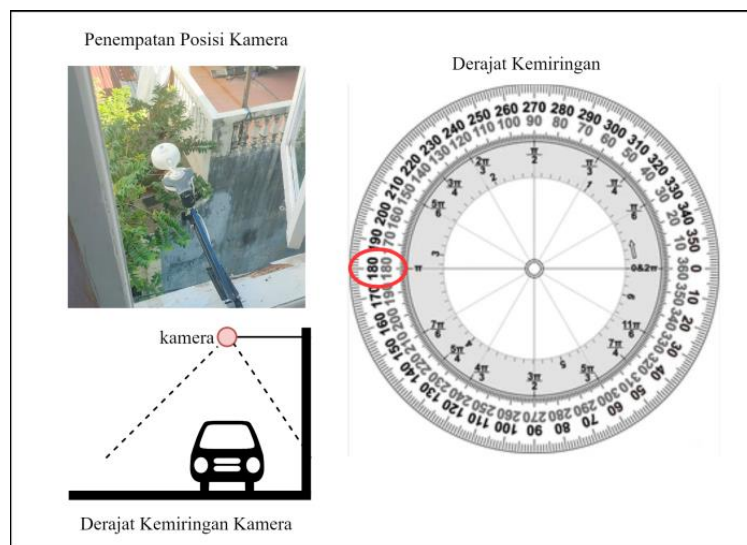
Raspberry Pi adalah komputer kecil seukuran kartu kredit yang dikembangkan oleh Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi dirancang untuk menjadi perangkat komputasi yang terjangkau, mudah diakses, dan dapat digunakan untuk berbagai proyek elektronik dan pendidikan. Berbagai jenis raspberry Pi yang dapat digunakan, pada penelitian ini menggunakan raspberry pi model B Quad Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit CPU, 1GB RAM, BCM43438 wireless LAN and Bluetooth Low Energy (BLE) on board, 100 Base Ethernet, 40-pin extended GPIO, 4 USB 2 ports, 4 Pole stereo output and composite video port, Full size HDMI [16].

4. Database

Kumpulan data video rekaman lahan parkir disimpan dalam database. Data yang tersimpan kemudian dikonversi dari video menjadi gambar untuk mempermudah proses pengenalan kendaraan pada setiap frame gambar. Database ini menyimpan gambar area parkir kosong dan gambar yang berisi kendaraan, yang kemudian dibagi menjadi data pelatihan dan data pengujian.

5. Penempatan Kamera

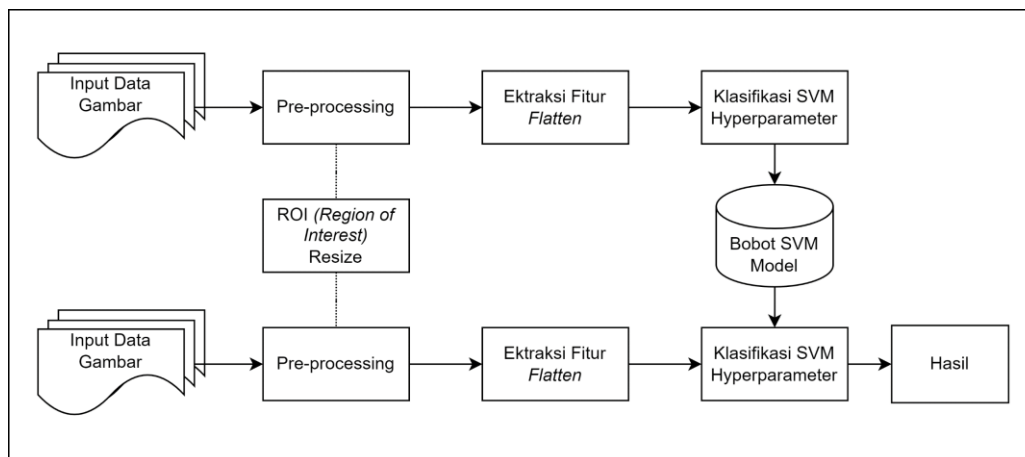
Pengaturan penempatan kamera dapat mempengaruhi kinerja dan deteksi sistem. Oleh karena itu, pada penelitian ini melakukan standar penempatan kamera untuk meminimalkan kesalahan deteksi kendaraan. Skenario pengambilan gambar diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Penempatan Kamera

2.2. Alur Kerja Sistem

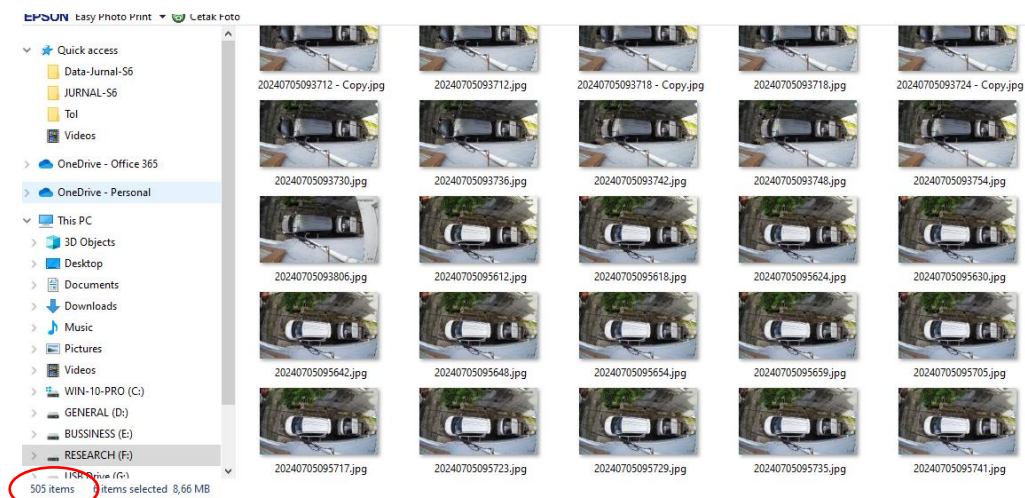
Alur kerja sistem ini mencakup tahapan pengolahan data citra digital dari input kamera untuk pengenalan kendaraan di lahan parkir. Pada tahap ini, dijelaskan bagaimana sistem bekerja menggunakan metode pengolahan citra dan algoritma SVM. Proses deteksi kendaraan di lahan parkir dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur Proses Deteksi Kendaraan

1. Input Data Gambar

Pada penelitian ini, data video dikonversi menjadi bentuk gambar. Data yang digunakan berasal dari input kamera, menghasilkan total 505 gambar. Gambar-gambar ini kemudian dibagi menjadi dua kelompok yaitu data latih dan data uji. Data latih terdiri dari 275 gambar ada-mobil dan 182 gambar mobil-hilang, sedangkan data uji terdiri dari 48 total gambar. Gambar menggunakan format JPEG RGB dengan *resolusi* 1920 x 1080 piksel. Kumpulan dataset disimpan pada sebuah folder seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Dataset

2. Pre-Processing

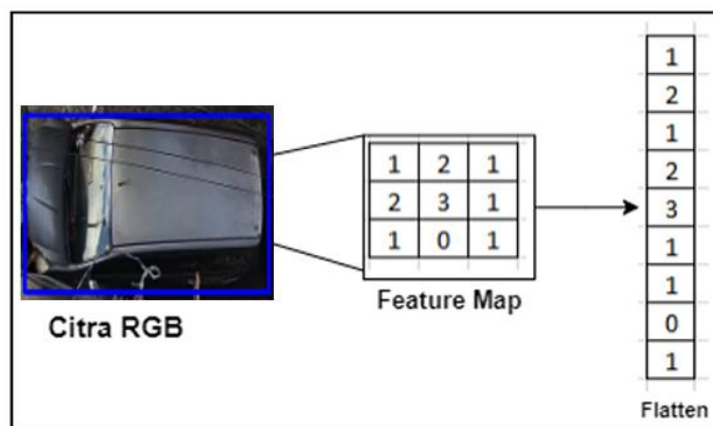
Dalam pengolahan citra *pre-processing* merupakan tahapan awal yang biasa dilakukan untuk mempercepat proses *training* data dan proses pengenalan data *citra* [17]. Tahapan awal dilakukan *resize* ukuran gambar menjadi *width* = 300, *height* = 200. Kemudian dilakukan penentuan ROI [18] area deteksi pada frame pada koordinat (*x*, *y*, *width*, *height* = 70, 80, 180, 100), tahapan ini dilakukan agar mempermudah sistem untuk mengenali posisi kendaraan, sehingga memudahkan mengenali fitur dari kendaraan dan lahan parkir kosong penggunaan *resize* dan ROI (*Region of Interest*) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Resize* dan ROI pada *Citra*

3. Ekstraksi Fitur

Hasil implementasi ROI kemudian dipotong (*crop*) dan dilakukan klasifikasi. Sebelum klasifikasi, dilakukan tahapan ekstraksi fitur. Ekstraksi fitur adalah proses identifikasi dan pengambilan informasi penting atau karakteristik dari citra digital yang akan digunakan untuk pemrosesan citra lebih lanjut. Dalam tahap ini, digunakan metode *flatten*, yang merupakan salah satu teknik sederhana dalam ekstraksi fitur citra. Metode ini mengubah representasi matriks atau tensor citra menjadi vektor satu dimensi yang akan digunakan sebagai input dalam algoritma SVM. *Flatten* adalah teknik untuk mengubah *array multi-dimensi* menjadi satu dimensi, dan hasilnya dimasukkan ke dalam *array NumPy*. Setelah proses iterasi selesai dan *array* telah diubah, data frame dibuat menggunakan *Pandas*. Data frame ini akan berisi piksel-piksel citra yang telah di-*flatten* sebagai kolom-kolomnya, serta sebuah kolom "Target" yang berisi *indeks* kategori citra, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Ekstraksi Fitur

4. SVM (Support Vector Machine)

Dalam proses pelatihan klasifikasi SVM, terdapat beberapa aspek yang dapat disesuaikan untuk meningkatkan kinerja model SVM. Penyetelan parameter (*tuning parameter*) adalah proses mencari kombinasi nilai hiperparameter yang optimal untuk menghasilkan model yang lebih baik dan lebih akurat.

Pada tahap ini, parameter-parameter model disesuaikan. Berikut adalah contoh *grid* parameter yang digunakan : “*parameter_grid = {'C': [0.1, 1, 10, 100], 'gamma': [0.0001, 0.001, 0.1, 1], 'kernel': ['rbf', 'poly']}*”

- a) **C**: Parameter ini mengontrol *trade-off* antara penalti untuk kesalahan klasifikasi dan lebar margin maksimum. Nilai yang lebih tinggi dari C akan memberikan penalti yang lebih tinggi untuk kesalahan klasifikasi dan dapat menghasilkan model yang lebih tepat pada data pelatihan. Sebaliknya, nilai yang lebih rendah dari C akan memberikan penalti yang lebih rendah untuk kesalahan klasifikasi dan dapat menghasilkan model yang lebih toleran terhadap data yang tidak sempurna.
- b) **Gamma**: Parameter ini mengontrol seberapa jauh pengaruh suatu titik data tunggal mencapai. Nilai gamma yang tinggi mengarah pada dampak yang lebih besar dan bisa menghasilkan model yang sangat khusus pada data pelatihan, mungkin menyebabkan *overfitting*. Sementara nilai gamma yang rendah dapat menghasilkan model yang lebih umum.
- c) **Kernel**: Parameter ini menentukan jenis fungsi *kernel* yang digunakan dalam algoritma SVM. Dalam contoh di atas, terdapat dua *kernel* yang ditentukan: 'rbf' (*Radial Basis Function*) dan 'poly' (*Polynomial*).

3. Hasil dan Pembahasan

Tahapan pelatihan menggunakan model SVM dengan parameter grid *{'C': [0.1, 1, 10, 100], 'gamma': [0.0001, 0.001, 0.1, 1], 'kernel': ['rbf', 'poly']}* memakan waktu total 34 menit dan 20,6 detik. Proses pelatihan ini melibatkan eksplorasi berbagai kombinasi nilai hiperparameter dengan tujuan untuk menemukan konfigurasi yang menghasilkan kinerja terbaik. Selama pelatihan, sebanyak 20% dari data pelatihan digunakan untuk pengujian. Dari total data pelatihan, 92 citra disusun dalam tabel pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 1. Dalam tabel ini, kategori "car" menunjukkan adanya mobil (ada-mobil) dan kategori "not" menunjukkan ketiadaan mobil (mobil-hilang). Prediksi adalah hasil yang dihasilkan oleh model, sedangkan aktual adalah kondisi sebenarnya pada lahan parkir. Pengujian ini penting untuk mengevaluasi performa model pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Evaluasi ini membantu dalam menilai akurasi dan keandalan model, memastikan bahwa model dapat menggeneralisasi dengan baik pada data baru.

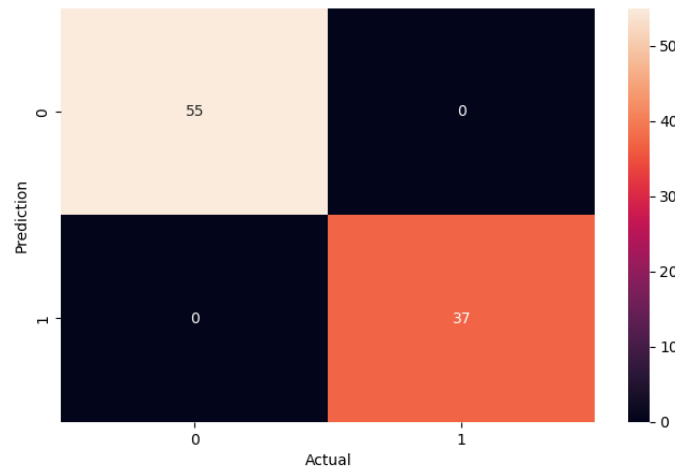
Tabel 1. Prediksi dan Aktual Deteksi

Data Gambar	Prediksi	Aktual	Data Gambar	Prediksi	Aktual
Gambar 1	Car	Car	Gambar 16	Not	Not
Gambar 2	Car	Car	Gambar 17	Not	Not
Gambar 3	Not	Not	Gambar 18	Car	Car
Gambar 3	Not	Not	Gambar 19	Not	Not
Gambar 5	Not	Not	Gambar 20	Not	Not
Gambar 6	Not	Not	Gambar 21	Not	Not
Gambar 7	Not	Not	Gambar 22	Not	Not
Gambar 8	Car	Car	Gambar 23	Not	Not
Gambar 9	Not	Not	Gambar 24	Not	Not
Gambar 10	Not	Not	Gambar 25	Car	Car
Gambar 11	Car	Car	Gambar 26	Car	Car
Gambar 12	Car	Car	Gambar 27	Not	Not
Gambar 13	Car	Car	Gambar 28	Not	Not
Gambar 14	Not	Not	Gambar 29	Not	Not
Gambar 15	Car	Car	Gambar 30	Not	Not

Data Gambar	Prediksi	Aktual	Data Gambar	Prediksi	Aktual
Gambar 31	Not	Not	Gambar 62	Car	Car
Gambar 32	Car	Car	Gambar 63	Not	Not
Gambar 33	Car	Car	Gambar 64	Not	Not
Gambar 34	Not	Not	Gambar 65	Not	Not
Gambar 35	Not	Not	Gambar 66	Not	Not
Gambar 36	Not	Not	Gambar 67	Car	Car
Gambar 37	Not	Not	Gambar 68	Car	Car
Gambar 38	Car	Car	Gambar 69	Car	Car
Gambar 39	Car	Car	Gambar 70	Car	Car
Gambar 40	Car	Car	Gambar 71	Not	Not
Gambar 41	Car	Car	Gambar 72	Not	Not
Gambar 42	Car	Car	Gambar 73	Not	Not
Gambar 43	Car	Car	Gambar 74	Car	Car
Gambar 44	Car	Car	Gambar 75	Not	Not
Gambar 45	Not	Not	Gambar 76	Not	Not
Gambar 46	Not	Not	Gambar 77	Car	Car
Gambar 47	Car	Car	Gambar 78	Car	Car
Gambar 48	Car	Car	Gambar 79	Car	Car
Gambar 49	Not	Not	Gambar 80	Not	Not
Gambar 50	Not	Not	Gambar 81	Not	Not
Gambar 51	Not	Not	Gambar 82	Not	Not
Gambar 52	Not	Not	Gambar 83	Not	Not
Gambar 53	Not	Not	Gambar 84	Not	Not
Gambar 54	Car	Car	Gambar 85	Not	Not
Gambar 55	Not	Not	Gambar 86	Car	Car
Gambar 56	Not	Not	Gambar 87	Not	Not
Gambar 57	Not	Not	Gambar 88	Car	Car
Gambar 58	Not	Not	Gambar 89	Car	Car
Gambar 59	Not	Not	Gambar 90	Not	Not
Gambar 60	Car	Car	Gambar 91	Car	Car
Gambar 61	Car	Car	Gambar 92	Not	Not

Pada tahapan pelatihan *model* untuk mendeteksi kendaraan di lokasi parkir sebagai indikator mobil hilang atau tidak, pelatihan menggunakan SVM mencapai akurasi terbaik pada parameter model terbaik yaitu $\{C: 1, 'gamma': 0.0001, 'kernel': 'rbf'\}$. Hasil ini diperlihatkan pada Tabel 1. Selama pelatihan, model SVM diuji dengan berbagai kombinasi parameter dalam grid untuk menemukan konfigurasi yang menghasilkan kinerja optimal. Proses ini melibatkan evaluasi model pada data pengujian, yang terdiri dari 20% data pelatihan, dengan total 92 citra. Kategori dalam tabel pengujian adalah "car" yang menunjukkan adanya mobil dan "not" yang menunjukkan ketiadaan mobil. Prediksi

adalah hasil yang dihasilkan oleh model, sedangkan aktual adalah kondisi sebenarnya pada lahan parkir. Model mencapai akurasi 99%, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Confusion Matrix

Proses ini menunjukkan bahwa model SVM yang dilatih dengan parameter $C = 1$, $gamma = 0.0001$, dan $kernel = 'rbf'$ memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mendeteksi keberadaan kendaraan di lokasi parkir.

Hasil Evaluasi:

Akurasi: Model mencapai akurasi 99%, menunjukkan bahwa sebagian besar prediksi sesuai dengan kondisi sebenarnya. Presisi: Mengukur seberapa banyak prediksi positif yang benar-benar positif. Recall: Mengukur seberapa banyak data positif yang berhasil dikenali oleh model. *F1-Score*: Menggabungkan presisi dan recall menjadi satu metrik harmonis seperti yang terlihat pada gambar 9.

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	55
1	1.00	1.00	1.00	37
accuracy			1.00	92
macro avg	1.00	1.00	1.00	92
weighted avg	1.00	1.00	1.00	92

Gambar 9. Precision, Recall, F1 Score

4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini berhasil mengembangkan model deteksi kendaraan di lokasi parkir menggunakan *Support Vector Machine (SVM)* dengan parameter *grid* yang melibatkan kombinasi nilai C , $gamma$, dan jenis *kernel*. Model SVM mencapai akurasi terbaik sebesar 99% pada parameter model terbaik yaitu $\{C: 1, 'gamma': 0.0001, 'kernel': 'rbf'\}$. Penggunaan SVM terbukti efektif dalam mendeteksi keberadaan kendaraan di lokasi parkir. Model ini mampu mengklasifikasikan citra dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi, menunjukkan bahwa SVM adalah pilihan yang tepat untuk tugas deteksi ini. Kombinasi parameter terbaik yang ditemukan adalah $C = 1$, $gamma = 0.0001$, dan $kernel = 'rbf'$. Parameter ini memberikan keseimbangan yang optimal antara kompleksitas model dan *generalisasi* yang baik pada data pengujian. Proses konversi video ke gambar dan ekstraksi fitur menggunakan metode *flatten* berhasil menghasilkan data yang cukup representatif untuk pelatihan model. Ekstraksi fitur yang baik sangat penting untuk mencapai akurasi tinggi dalam klasifikasi. Penggunaan 20% data pelatihan untuk pengujian memberikan evaluasi yang jelas tentang kinerja model pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Model

menunjukkan performa yang sangat baik, dengan evaluasi metrik seperti *presisi*, *recall*, dan *F1-score* yang mendukung hasil akurasi yang tinggi.

Penelitian ini menunjukkan potensi besar untuk implementasi dalam sistem parkir pintar. Penggunaan *SVM* dengan parameter yang dioptimalkan dapat diterapkan dalam sistem deteksi kendaraan secara *real-time*. Meskipun hasil yang dicapai sangat baik, penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengeksplorasi metode ekstraksi fitur yang lebih kompleks atau penggunaan teknik *machine learning* lainnya untuk perbandingan kinerja.

Selain itu, evaluasi model pada berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pandang kamera yang berbeda dapat memberikan wawasan tambahan untuk peningkatan robustitas model. Penelitian ini menegaskan bahwa model *SVM* yang dioptimalkan dapat memberikan solusi efektif dan efisien untuk masalah deteksi kendaraan di lokasi parkir, membuka jalan bagi pengembangan lebih lanjut dalam teknologi parkir pintar.

5. Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Terima kasih kepada rekan peneliti dan mahasiswa yang telah berkolaborasi dan berbagi pengetahuan. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat dan memberikan kontribusi positif dalam bidang deteksi kendaraan dan teknologi parkir pintar.

Daftar Pustaka

- [1] Rahmawati, "Sebelum Tewas Dikeroyok di Pati, Bos Rental Mobil Sempat Laporkan Kehilangan Kendaraan ke Polisi." Accessed: Jul. 02, 2024. [Online]. Available: <https://regional.kompas.com/read/2024/06/12/115500278/sebelum-tewas-dikeroyok-di-pati-bos-rental-mobil-sempt-lapor-kehilangan>
- [2] L. basri Said, St. M. H, and Sriwati, "Sriwati," vol. 3, no. 1, pp. 79–86, 2019.
- [3] F. Ramadhan, "Pelaku Tertangkap, Ini 3 Ban Beserta Velg yang Dicuri di ITC Cempaka Mas Kemayoran." Accessed: Jul. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.tribunnews.com/metropolitan/2024/05/20/pelaku-tertangkap-ini-3-ban-beserta-velg-yang-dicuri-di-itc-cempaka-mas-kemayoran>
- [4] E. S. Bata, "Utilization of Cctv Analog Camera on Mobile Web-Based Room Security Monitoring System," *Jurnal Komputer dan Informatika*, vol. 11, no. 1, pp. 29–36, 2023, doi: 10.35508/jicon.v11i1.10033.
- [5] H. S. Ismail Setiawan, Wika dewanta, Hanung Adi Nugroho, "Pengolah Citra Sebagai Solusi Kemacetan Di Kota Besar," *Jurnal Teknologi Komputer dan Sistem Informasi*, no. Vol 2, No 3 (2019): JTKSI, pp. 88–92, 2019, [Online]. Available: <http://ojs.stmikpringsewu.ac.id/index.php/jtksi/article/view/769>
- [6] H. Sunardi, N. Suhandi, J. R. Coyanda, and R. Rachmansyah, "Studi Pendahuluan Sistem Keamanan Parkir Berbasis Opencv Di Kampus Universitas Indo Global Mandiri," *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, vol. 13, no. 3, 2023, doi: 10.36982/jiig.v13i3.2693.
- [7] R. Darpono and M. Aldi, "Sistem Monitoring Parkir Mobil Bertema IOT (Internet Of Things)," *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 47–51, 2020, doi: 10.30591/polektr.v9i2.2012.
- [8] A. Istiqlal, M. T. A. Z. Zaen, and W. W. Pratama, "Prototype Smart Parking Berbasis IoT," *Jurnal Teknik Informatika dan Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 73–86, 2023, doi: 10.55542/jurtie.v5i2.708.
- [9] S. Somantri, G. P. Insany, and R. Ryansyah, "Pengembangan Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Menggunakan Teknologi Fingerprint dengan Metode Prototype Berbasis Internet Of Things," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 8, no. 1, pp. 593–602, 2024, doi: 10.33379/gtech.v8i1.3879.
- [10] A. Abel, S. Aulia, D. N. Ramadhan, and S. Hadiyoso, "A Prototype of Parking Space Information System based on Image Processing," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 17, no. 3, pp. 185–190, 2021, doi: 10.17529/jre.v17i3.21556.
- [11] M. Waqas, U. Iftikhar, M. Safwan, Z. Ul Abidin, and A. Saud, "Smart Vehicle Parking Management System using Image Processing," *IJCSNS International Journal of Computer Science*

-
- and Network Security*, vol. 21, no. 8, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2021.21.8.21>
- [12] N. F. Utomo, B. Budiana, A. Jefiza, and F. Nakul, "5454-Manuscript-18992-4-10-20230626," 2023.
- [13] B. Alit Prasetyo, A. Purno Wahyu, and S. Suhendri, "Optimization Of Image Processing Techniques In Developing Of Smart Parking System," *Journal of Information Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 1–4, 2021, doi: 10.47292/joint.v3i1.47.
- [14] A. R. Syulistyo, M. N. Shoumi, and R. Rismanto, "Vacant Car Parks Detection Using Digital Image Processing Methods," *Lontar Komputer : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, vol. 13, no. 1, p. 11, 2022, doi: 10.24843/lkjiti.2022.v13.i01.p02.
- [15] I. Monika Parapat and M. Tanzil Furqon, "Penerapan Metode Support Vector Machine (SVM) Pada Klasifikasi Penyimpangan Tumbuh Kembang Anak," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 10, pp. 3163–3169, 2018, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [16] M. L. Zulfikri, H. Fitriyah, and W. Kurniawan, "Implementasi Support Vector Machine Berdasarkan Ciri Histogram of Oriented Gradients Untuk Verifikasi Citra Tanda Tangan Berbasis Raspberry Pi," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 3, pp. 3039–3046, 2019.
- [17] A. Priadana, "Analisis Pengaruh Ukuran Citra Hasil Resizing Terhadap Jumlah Keypoint Hasil Ekstraksi Ciri Pada Metode Sift Dan Surf," *Jurnal Teknologi dan Informatika (TEKNOMATIKA)*, vol. 11, no. 1, pp. 9–18, 2018.
- [18] A. Saenong, Z. Zainuddin, and M. Niswar, "Identification of Poultry Reproductive Behavior Using Faster R-CNN with MobileNet V3 Architecture in Traditional Cage Environment," *2023 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications: Leveraging Intelligent Systems to Achieve Sustainable Development Goals, ISITIA 2023 - Proceeding*, pp. 456–461, 2023, doi: 10.1109/ISITIA59021.2023.10221017.