

Analisis Deteksi Mata Kantuk di Wajah Pengemudi Menggunakan *Support Vector Machine (SVM)* Berbasis Citra *Real-Time*

Ullyia Dwi Maharani, Ade Silvia Handayani*, Lindawati Lindawati

Teknik Elektro, Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia

Email: dwik.maharani28@gmail.com, ade_silvia@polsri.ac.id, lindawati@polsri.ac.id

Email Penulis Korespondensi: ade_silvia@polsri.ac.id

Submitted: 27/07/2024; Accepted: 09/09/2024; Published: 09/09/2024

Abstrak—Kecelakaan lalu lintas di Indonesia merupakan masalah serius dengan tingginya jumlah korban jiwa, dan salah satu penyebab utama adalah *microsleep*, yaitu kondisi tertidur sesaat saat mengemudi. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengembangkan sistem deteksi kantuk berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan *Raspberry PI* dan *webcam* yang memanfaatkan algoritma *Support Vector Machine (SVM)*. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi kondisi mata pengemudi dan memberikan peringatan melalui *buzzer* jika mata tertutup lebih dari 3 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model SVM dengan kernel polinomial memiliki akurasi pelatihan sebesar 85,04%, menandakan kemampuannya dalam mengklasifikasikan data mata antara kategori "opened" dan "closed". Evaluasi dengan berbagai jenis kernel SVM, termasuk linear, radial basis function (RBF), dan polinomial, menunjukkan bahwa kernel polinomial memberikan performa terbaik dengan akurasi 85%, *precision* 86%, dan *recall* 85% dalam deteksi mata tertutup. Meskipun sistem ini efektif dalam mendeteksi kantuk pengemudi secara *real-time*, terdapat tantangan pada kondisi pencahayaan dan posisi kamera. Pengujian lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan keandalan dan akurasi sistem dalam berbagai situasi. Dengan kemampuan memberikan peringatan dini kepada pengemudi, sistem ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan keselamatan berkendara dan mencegah kecelakaan akibat kantuk.

Kata Kunci: Support Vector Machine (SVM); Machine Learning; Internet of Things; Raspberry PI; Deteksi kantuk; Kecelakaan lalu lintas

Abstract—Traffic accidents in Indonesia are a serious issue with a high number of fatalities, and one of the main causes is *microsleep*, which is a brief moment of sleep while driving. To address this problem, this research has developed a sleepiness detection system based on the Internet of Things (IoT) using a Raspberry PI and a webcam, utilizing the Support Vector Machine (SVM) algorithm. The system is designed to detect the driver's eye condition and provide a warning through a buzzer if the eyes are closed for more than 3 seconds. The research results indicate that the SVM model with a polynomial kernel has a training accuracy of 85.04%, demonstrating its ability to classify eye data into "opened" and "closed" categories. Evaluation with various SVM kernels, including linear, radial basis function (RBF), and polynomial, shows that the polynomial kernel performs the best with an accuracy of 85%, precision of 86%, and recall of 85% in detecting closed eyes. Although the system is effective in real-time detection of driver sleepiness, challenges remain with lighting conditions and camera positioning. Further testing is needed to improve the reliability and accuracy of the system in various situations. By providing early warnings to drivers, this system has significant potential to enhance road safety and prevent accidents caused by drowsiness.

Keywords Support Vector Machine (SVM); Machine Learning; Internet of Things; Raspberry PI; Drowsiness Detection; Traffic Accidents

1. PENDAHULUAN

Kecelakaan lalu lintas di Indonesia masih menjadi permasalahan serius yang berakibat fatal [1], [2]. Data dari Korlantas Polri menunjukkan bahwa pada tahun 2023, terdapat 7180 kasus kecelakaan lalu lintas dengan 1807 kasus merupakan kecelakaan lalu lintas dari pengguna kendaraan bermotor roda dua dan empat [3]. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Rahmadiyahani dan Widiyanti menunjukkan bahwa sebanyak 32% responden pernah mengalami kecelakaan saat mengemudi dalam keadaan mengantuk [4]. Salah satu penyebab kecelakaan yang disebabkan oleh manusia selain penggunaan telepon genggam, pengaruh obat-obatan, alkohol ataupun narkotika yaitu *microsleep* [5]. *Microsleep* dapat menyebabkan pengemudi kehilangan kesadaran selama beberapa detik, yang dapat berakibat fatal dalam situasi mengemudi [6], [7].

Pada saat ini, berbagai upaya telah banyak dilakukan oleh para peneliti untuk mengurangi tingkat kecelakaan lalu lintas akibat *microsleep* [7]. Di Indonesia sendiri, meskipun telah banyak dilakukan penelitian mengenai alat peringatan dini untuk pengendara, banyak dari alat tersebut masih memiliki kelemahan [5]. Kelemahan tersebut antara lain adalah ukuran alat yang cukup besar, ketidakgunaan sistem peringatan dini berbasis *artificial intelligence*, dan perlunya banyak parameter seperti informasi *biometrik*, kondisi fisiologis, dan perilaku pengemudi untuk meningkatkan akurasi deteksi kantuk [8]. Selain itu, penggunaan alat yang ada juga seringkali tidak praktis karena melibatkan banyak perangkat [9].

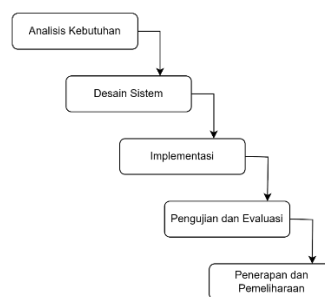
Dalam era perkembangan komputasi saat ini, penanganan terhadap kondisi mengantuk penyebab kecelakaan telah menjadi subjek penelitian yang terus berkembang secara signifikan [10]. Berbagai metode telah banyak dikembangkan untuk deteksi kantuk pada wajah manusia. Melalui penelitian sebelumnya digunakanlah *Support Vector Machine (SVM)* sebagai model untuk deteksi kantuk karena SVM merupakan salah satu metode terbaik yang bisa dipakai dalam permasalahan klasifikasi [11]. Algoritma SVM dapat menghasilkan akurasi yang signifikan dengan daya komputasi yang lebih sedikit [12], [13].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ramadhani, dkk [8] yang melakukan penelitian dengan model SVM untuk mendeteksi kantuk pengemudi berdasarkan penginderaan pada *dataset Yawning Detection Dataset (YawDD)* mendapatkan tingkat akurasi sebesar 89,17% dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis (PCA)*. Selain *machine learning*, banyak alat IoT untuk mendeteksi kantuk telah dikembangkan. Menurut Peneliti [5] merancang alat pendeteksi kantuk berbasis IoT menggunakan *Raspberry PI* dan kamera dengan model SVM. Sistem mendeteksi mata terbuka, tertutup, dan frekuensi kedipan, serta memberi peringatan saat pengemudi mengantuk. Namun, keterbatasan dataset menyebabkan *overfitting* pada model. Pada penelitian [14] juga melakukan perancangan alat berbasis IoT dengan sistem dapat melakukan pembacaan bpm pengendara <60 dan akan mengaktifkan vibrator untuk memberikan peringatan dini pada pengendara. Meskipun alat yang dirancang memiliki tingkat efektivitas yang tinggi, namun masih bergantung pada kondisi helm yang digunakan sehingga mempengaruhi tingkat deteksi alat. Pada penelitian [15] dijelaskan bagaimana peneliti membangun sistem deteksi kantuk melalui pengambilan serta pengolahan citra mata pengendara. Namun terdapat keterbatasan pada penelitian ini yaitu penggunaan metode *bwarea* yang hanya bisa melakukan pengklasifikasian area objek dalam gambar biner sehingga tidak bisa digunakan pengenalan pola yang lebih kompleks.

Dari penelitian sebelumnya yang telah dijabarkan diperlukan sistem deteksi kantuk berbasis IoT untuk memberikan peringatan dini dan mengurangi kecelakaan lalu lintas. Penelitian ini menggunakan model SVM untuk meningkatkan akurasi dan pengambilan keputusan. Data dari *webcam* di *Raspberry PI* dibaca oleh mikrokontroler, dikirim ke *server*, dan diolah oleh model SVM untuk memprediksi kondisi mata dan memberi peringatan suara dari *buzzer*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Tahapan Penelitian

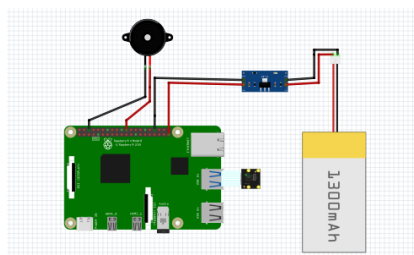


Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pada Gambar 1, terlihat bahwa penelitian ini menggunakan metodologi Waterfall untuk mengembangkan sistem deteksi kantuk pada pengemudi dengan metode Support Vector Machine (SVM). Metodologi ini dimulai dengan tahap analisis kebutuhan, di mana spesifikasi perangkat keras seperti *Raspberry PI*, *webcam*, *buzzer*, *UBEC*, dan baterai *LiPo*, serta kebutuhan fungsional untuk deteksi dan klasifikasi wajah diidentifikasi secara mendetail. Hasil dari tahap ini adalah dokumentasi yang memastikan semua persyaratan teknis dan pengguna telah teridentifikasi dengan baik. Selanjutnya, tahap desain sistem melibatkan perancangan arsitektur dan integrasi perangkat keras, serta pengembangan algoritma SVM yang dioptimalkan untuk mendeteksi kantuk pada wajah pengemudi dengan akurasi tinggi. Diagram alir dan diagram blok sistem dibuat untuk menggambarkan hubungan antar komponen, memastikan integrasi yang efektif dan kinerja sistem yang optimal.

Tahap implementasi dalam penelitian ini mencakup serangkaian kegiatan yang dimulai dengan pembangunan sistem sesuai dengan desain yang telah direncanakan. Pada tahap ini, perangkat keras seperti *Raspberry PI*, *webcam*, *buzzer*, *UBEC*, dan baterai *LiPo* diatur dan diintegrasikan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya. Pengembangan perangkat lunak juga dilakukan untuk memproses gambar yang diambil oleh *webcam*, mendeteksi tanda-tanda kantuk pada wajah pengemudi menggunakan algoritma SVM, dan mengaktifkan *buzzer* sebagai peringatan saat kantuk terdeteksi. Setelah sistem selesai dibangun, dilakukan pengujian dan evaluasi untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi sesuai dengan spesifikasi. Pengujian ini melibatkan uji coba di laboratorium yang dilakukan dalam kondisi terkontrol, serta simulasi kondisi nyata di mana sistem diuji dalam situasi yang menyerupai penggunaan sebenarnya. Data yang dikumpulkan selama pengujian dianalisis untuk mengidentifikasi kelemahan dalam sistem, yang kemudian diperbaiki untuk meningkatkan kinerja dan akurasi. Setelah pengujian dan evaluasi selesai, sistem diterapkan dalam lingkungan nyata untuk penggunaan sehari-hari. Pada tahap ini, pemantauan kinerja dilakukan secara berkelanjutan untuk memastikan sistem tetap berfungsi dengan baik. Selain itu, pemeliharaan dan penyesuaian dilakukan berdasarkan umpan balik dari pengguna, yang memungkinkan peningkatan efektivitas deteksi kantuk. Pemantauan yang terus menerus ini juga penting untuk mendeteksi masalah yang mungkin tidak teridentifikasi selama tahap pengujian, dan umpan balik dari pengguna menjadi sumber informasi penting untuk melakukan perbaikan yang relevan, sehingga memastikan bahwa sistem tetap andal dan efektif dalam jangka panjang.

2.2. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

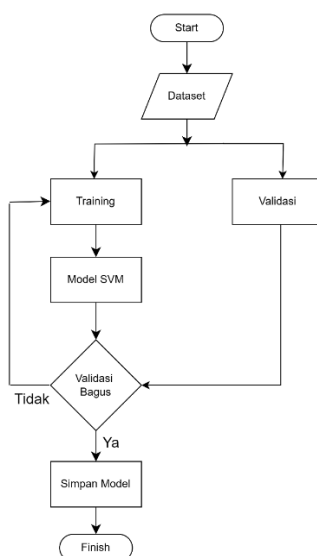


Gambar 2. Blok Diagram Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada gambar 2 memperlihatkan bagaimana perancangan perangkat keras melibatkan pemilihan komponen yang tepat untuk menghindari kerusakan saat pengujian sistem. Komponen utama dalam sistem ini meliputi *Raspberry PI*, *webcam*, *buzzer*, *UBEC*, dan baterai *LiPo*. *Raspberry PI 4*, yang berfungsi sebagai pusat pengendali, mengontrol aliran data [16] dari *webcam*, memproses gambar menggunakan *SVM*, dan mengelola output seperti sinyal ke *buzzer* melalui antarmuka *GPIO*. *Webcam* digunakan untuk menangkap gambar wajah pengemudi yang kemudian diproses oleh *Raspberry PI* [17]. *UBEC 5V 15A* menyediakan daya stabil untuk *Raspberry PI* dan komponen lainnya, memastikan pasokan daya yang cukup dan stabil. *Buzzer* berfungsi sebagai indikator peringatan ketika sistem mendeteksi tanda-tanda kantuk pada pengemudi, memberikan sinyal peringatan [18]. *Breadboard* mini digunakan untuk *prototyping* dan penyambungan sementara komponen elektronik, memudahkan pengujian dan perakitan sebelum pembuatan rangkaian permanen. *Battery LiPo 2s 7.4V 3000mAh* menyediakan sumber daya portabel untuk sistem, memungkinkan operasi mandiri tanpa bergantung pada sumber daya eksternal [19].

2.3. Perancangan Model

Pada gambar 3 merupakan proses pembangunan model deteksi kantuk melibatkan beberapa langkah terstruktur. Pertama, *dataset* yang digunakan, diambil dari situs *Kaggle* dengan nama "*Drowsiness Detection Dataset*," mencakup sekitar 88.500 gambar mata terbuka dan tertutup, yang merupakan data dasar untuk pelatihan dan evaluasi model. *Dataset* ini dibagi menjadi dua subset utama: data *training* dan data validasi. Data *training* digunakan untuk melatih model *Support Vector Machine (SVM)* dalam mengenali pola kantuk dari gambar mata, dengan pengaturan parameter yang optimal untuk meningkatkan akurasi model. Setelah proses pelatihan, model *SVM* diuji menggunakan data validasi untuk mengevaluasi kinerjanya melalui metrik seperti akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Jika hasil validasi menunjukkan performa yang kurang memadai, model akan diperbaiki dan dilatih ulang hingga mencapai kinerja yang diinginkan. Model yang telah divalidasi kemudian diimplementasikan dalam sistem deteksi kantuk, diintegrasikan dengan perangkat keras seperti *Raspberry PI* dan *webcam* untuk analisis gambar secara *real-time*. Hasil deteksi digunakan untuk mengaktifkan *buzzer* sebagai sinyal peringatan, dengan pemantauan dan pemeliharaan sistem dilakukan untuk memastikan bahwa model berfungsi dengan baik dalam kondisi nyata dan memberikan performa yang konsisten. Umpan balik dari implementasi juga digunakan untuk melakukan perbaikan lebih lanjut pada model dan sistem secara keseluruhan.



Gambar 3. Flowchart Perancangan Model

2.4. Prinsip Kerja Alat

Proses deteksi kantuk dimulai dengan inialisasi sistem, termasuk persiapan perangkat keras seperti *Raspberry* PI dan kamera. Setelah sistem siap, langkah pertama adalah mengaktifkan kamera untuk menangkap gambar wajah pengemudi secara *real-time*. Jika mata tidak terdeteksi dalam gambar, sistem akan mencoba kembali dengan melakukan inialisasi ulang pada kamera hingga mata berhasil terdeteksi. Setelah mata terdeteksi, gambar dipotong pada area mata untuk memfokuskan analisis dan mengurangi kompleksitas data, sehingga meningkatkan akurasi prediksi [15].

Gambar mata yang telah dipusatkan kemudian diproses menggunakan model *Support Vector Machine* (SVM) untuk menentukan apakah mata dalam keadaan terbuka atau tertutup. Jika SVM mendeteksi mata tertutup selama lebih dari 3 detik, *buzzer* akan diaktifkan untuk memberikan peringatan kepada pengemudi tentang potensi kantuk. Jika mata tertutup kurang dari 3 detik, *buzzer* akan dimatikan dan proses deteksi selesai. Dengan demikian, sistem ini secara otomatis menilai kondisi kantuk pengemudi dan memberikan respons yang sesuai, memastikan pengemudi mendapatkan peringatan yang diperlukan untuk menjaga kewaspadaan selama berkendara [5].

2.5. Tes Kerja Sistem

Tes kinerja alat merupakan tahap penting dalam evaluasi sistem deteksi kantuk untuk memastikan perangkat berfungsi sesuai tujuan. Proses ini mencakup beberapa aspek untuk menilai efektivitas, akurasi, dan keandalan alat dalam kondisi nyata. Pertama, tes dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi mata pengemudi dengan akurat. Gambar wajah pengemudi diambil dalam berbagai kondisi pencahayaan dan sudut yang berbeda untuk mensimulasikan situasi berkendara yang nyata. Sistem diuji untuk memastikan bahwa kamera dapat menangkap gambar yang jelas dan model *Support Vector Machine* (SVM) dapat dengan tepat mengklasifikasikan mata sebagai terbuka atau tertutup. Akurasi deteksi mata sangat penting, karena kesalahan dalam mendeteksi mata dapat mempengaruhi hasil prediksi dan efektivitas sistem secara keseluruhan. Selanjutnya, tes dilakukan untuk menilai waktu respons sistem dalam mengidentifikasi kondisi mata dan memberikan peringatan. Ini melibatkan pengukuran waktu yang dibutuhkan dari saat mata tertutup terdeteksi hingga *buzzer* aktif, serta waktu yang diperlukan untuk mematikan *buzzer* ketika mata terbuka kembali. Evaluasi waktu respons penting untuk memastikan bahwa sistem dapat memberikan peringatan secara *real-time* tanpa penundaan yang signifikan, sehingga dapat efektif dalam mencegah kecelakaan akibat kantuk. Langkah terakhir adalah tes untuk memastikan integrasi yang baik antara perangkat keras dan perangkat lunak. Ini mencakup verifikasi bahwa semua komponen, seperti *Raspberry* PI, *webcam*, dan *buzzer*, berfungsi dengan baik bersama-sama dan bahwa perangkat lunak dapat mengontrol perangkat keras dengan benar. Keseluruhan tes kinerja alat bertujuan untuk memastikan bahwa sistem deteksi kantuk tidak hanya berfungsi dengan baik dalam lingkungan uji, tetapi juga dapat diandalkan dan efektif saat diterapkan dalam kondisi nyata [5].

Tes kinerja model merupakan tahap kritis dalam menilai efektivitas dan akurasi model *Support Vector Machine* (SVM) yang digunakan dalam deteksi kantuk. Proses ini dimulai dengan evaluasi akurasi model menggunakan data validasi yang dipisahkan dari data *training*, dengan mengukur sejauh mana model dapat mengklasifikasikan gambar mata sebagai terbuka atau tertutup dengan benar dan membandingkan hasil prediksi model dengan label sebenarnya dari data validasi. Selain akurasi, tes juga mengukur *precision*, *recall*, dan *F1-score* untuk mendapatkan gambaran lebih mendalam mengenai performa model; *precision* menilai keakuratan prediksi positif, *recall* mengukur kemampuan model dalam mendeteksi semua kasus mata tertutup yang sebenarnya, dan *F1-score* memberikan ukuran keseimbangan antara keduanya yang penting untuk menilai kinerja model dalam mengidentifikasi kondisi kantuk dengan akurat. Setelah model SVM dilatih dan divalidasi, langkah berikutnya adalah menguji model pada data uji eksternal yang tidak digunakan selama pelatihan atau validasi untuk memastikan bahwa model tidak hanya bekerja dengan baik pada data yang telah dikenal, tetapi juga dapat melakukan generalisasi dengan baik pada data baru dengan variasi berbeda. Selanjutnya, model diuji untuk memastikan kemampuannya dalam mendeteksi mata tertutup selama periode waktu yang tepat, termasuk memeriksa apakah model dapat mendeteksi mata tertutup lebih dari 3 detik sesuai dengan kriteria yang ditetapkan untuk mengaktifkan *buzzer* jika diperlukan [5].

2.6. Evaluasi Model

Tujuan dari pengujian model ini adalah untuk memperoleh hasil klasifikasi sampah dari data uji yang disediakan. Untuk mengevaluasi akurasi, digunakan metrik seperti akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-Score*. Akurasi menunjukkan seberapa efektif model dalam mengidentifikasi kelas yang benar secara keseluruhan. Presisi mengukur ketepatan model dalam mengidentifikasi kelas positif dari semua prediksi positif yang dibuat. *Recall* menunjukkan sejauh mana model dapat mendeteksi semua instance positif dalam dataset, sehingga *recall* mencerminkan proporsi instance positif yang berhasil dideteksi oleh model dibandingkan dengan total instance positif yang ada dalam dataset. *F1-Score* digunakan untuk menyeimbangkan antara presisi dan *recall*, memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang kinerja model. Persamaan 1 hingga 4 digunakan untuk menghitung metrik-metrik tersebut.

Berdasarkan persamaan (1), akurasi dapat dihitung dengan membagi jumlah prediksi positif dan negatif yang benar dengan total jumlah data. Nilai akurasi dapat diperoleh menggunakan rumus berikut [20]:

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \quad (1)$$

Persamaan (2) menyatakan bahwa presisi adalah rasio antara jumlah data positif yang benar-benar diidentifikasi sebagai positif dengan total jumlah prediksi positif. Presisi dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \quad (2)$$

Recall didefinisikan sebagai rasio antara jumlah prediksi positif yang benar dengan total jumlah data positif yang sebenarnya, seperti yang dijelaskan dalam persamaan (3). Nilai recall dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \quad (3)$$

F1-Score adalah rata-rata harmonik dari recall dan presisi, sebagaimana dijelaskan dalam persamaan (4). Rumus berikut digunakan untuk menghitung nilai F1-Score:

$$F1-Score = 2 \left(\frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \right) \times 100 \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Pada gambar 4 merupakan hasil perancangan perangkat keras secara keseluruhan mencakup integrasi berbagai komponen untuk menciptakan sistem yang efektif dalam memantau kondisi mata pengemudi dan memberikan peringatan jika terdeteksi kantuk. Raspberry PI 4 berfungsi sebagai pusat kontrol utama, menangani pengolahan data dari kamera webcam dan menjalankan model SVM untuk analisis deteksi kantuk. Kamera webcam, yang terhubung ke Raspberry PI, mengambil gambar wajah pengemudi secara real-time, yang kemudian dianalisis oleh model SVM untuk mendeteksi kondisi mata. Jika mata pengemudi terdeteksi tertutup lebih dari 3 detik, buzzer aktif memberikan sinyal peringatan sebagai respons terhadap hasil analisis tersebut.

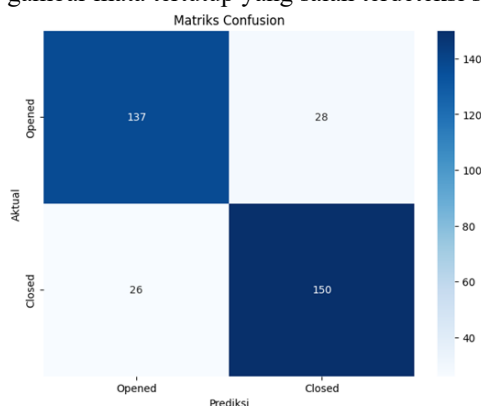
UBEC 5V 15A menyediakan tegangan stabil untuk Raspberry PI dan komponen lainnya, memastikan kestabilan operasi sistem. Baterai LiPo 2s 7.4V 3000mAh menyediakan sumber daya portabel, memungkinkan sistem untuk beroperasi secara independen tanpa bergantung pada sumber daya listrik eksternal. Breadboard mini digunakan untuk menghubungkan dan menguji komponen elektronik sebelum finalisasi desain, memastikan bahwa setiap bagian sistem berfungsi dengan baik dan saling mendukung. Dengan perancangan ini, alat deteksi kantuk diharapkan dapat memantau kondisi mata pengemudi secara akurat dan memberikan peringatan yang efektif jika terdeteksi tanda-tanda kantuk, sehingga meningkatkan keselamatan selama berkendara.



Gambar 4. Perangkat Keras (*Hardware*) Secara Keseluruhan

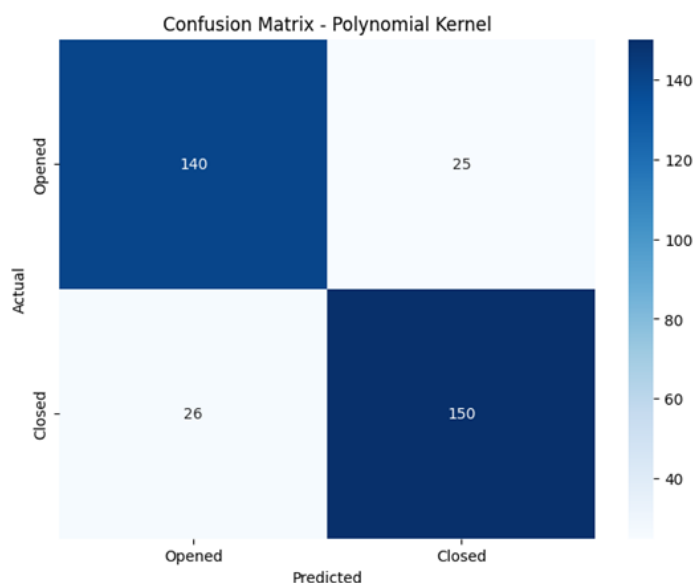
Pada gambar 5 yang merupakan hasil *confusion matrix* dari model SVM dengan *kernel* linear menunjukkan bahwa model ini mampu mengidentifikasi kondisi mata dengan baik. Dari hasil pengujian, terdapat 150 gambar mata tertutup yang benar-benar terdeteksi sebagai tertutup (*True Positive*) dan 137 gambar mata terbuka yang benar-benar terdeteksi sebagai terbuka (*True Negative*). Namun, ada 28 gambar mata terbuka yang salah terdeteksi sebagai

tertutup (*False Positive*) dan 26 gambar mata tertutup yang salah terdeteksi sebagai terbuka (*False Negative*).



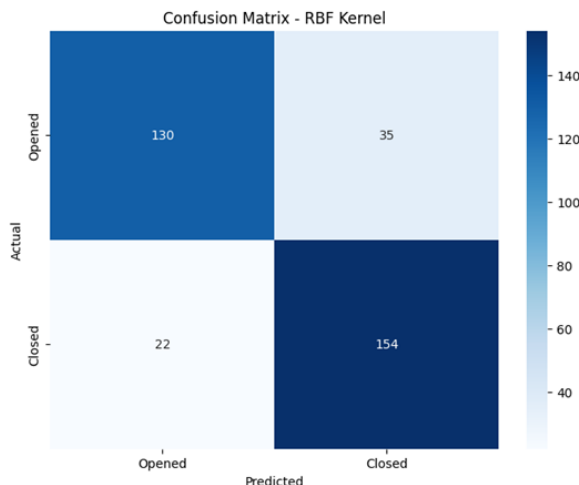
Gambar 5. Hasil *confusion matrix* kernel linear

Pada gambar 6 hasil *confusion matrix* model SVM dengan *kernel polinomial* menunjukkan kemampuan model dalam mengidentifikasi kondisi mata dengan baik. Model ini berhasil mendeteksi 150 gambar mata tertutup yang benar-benar tertutup (*True Positive*) dan 140 gambar mata terbuka yang benar-benar terbuka (*True Negative*). Namun, terdapat 25 gambar mata terbuka yang salah terdeteksi sebagai tertutup (*False Positive*) dan 26 gambar mata tertutup yang salah terdeteksi sebagai terbuka (*False Negative*).



Gambar 6. Hasil *confusion matrix* kernel polinomial

Gambar 7 merupakan hasil uji coba terakhi hasil *confusion matrix* model SVM dengan kernel RBF menunjukkan bahwa model ini memiliki kinerja yang baik dalam mengidentifikasi kondisi mata. Model ini berhasil mendeteksi 154 gambar mata tertutup yang benar-benar tertutup (*True Positive*) dan 130 gambar mata terbuka yang benar-benar terbuka (*True Negative*). Namun, terdapat 35 gambar mata terbuka yang salah terdeteksi sebagai tertutup (*False Positive*) dan 22 gambar mata tertutup yang salah terdeteksi sebagai terbuka (*False Negative*).



Gambar 7. Hasil *confusion matrix* model SVM dengan kernel RBF

Tabel 2 adalah membandingkan akurasi tiga jenis kernel, yaitu *Linear*, *Polynomial*, dan RBF. Dari hasil yang ditunjukkan, kernel *Polynomial* memiliki akurasi tertinggi sebesar 85%, diikuti oleh *Linear* dengan 84% dan RBF dengan 83%

Tabel 1. Hasil akurasi setiap kernel

Kategori	Akurasi
<i>Linear</i>	84%
<i>Polynomial</i>	85%
RBF	83%

Tabel 3 menyajikan metrik kinerja untuk model klasifikasi, mengevaluasi dua kategori: "*Opened*" dan "*Closed*." Metrik yang disertakan meliputi presisi, recall, skor F1, dan akurasi keseluruhan. Untuk kategori "*Opened*," presisi adalah 34%, menunjukkan bahwa hanya 34% dari kasus yang diprediksi sebagai "*Opened*" yang benar. Recall untuk "*Opened*" adalah 85%, menunjukkan tingkat *true positive* yang tinggi, dan *F1-Score* yang menyeimbangkan antara presisi dan *recall*, juga 85%. Sebaliknya, kategori "*Closed*" memiliki presisi sebesar 86%, *recall* 83%, dan skor F1 83%. Akurasi keseluruhan dari model ini adalah 85%, yang berarti 85% dari semua prediksi, baik untuk kategori "*Opened*" maupun "*Closed*," adalah benar. Metrik-metrik ini memberikan gambaran komprehensif tentang kinerja model, menyoroti kekuatan dan area yang perlu ditingkatkan.

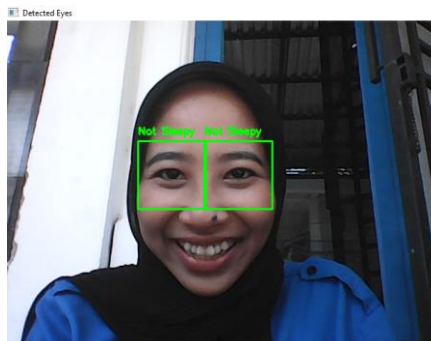
Tabel 2. Hasil Evaluasi Kinerja Model SVM Kernel Polinomial

Kategori	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>	Akurasi
<i>Opened</i>	34%	85%	50%	85%
<i>Closed</i>	86%	83%	85%	

3.2. Implementasi/Pengujian

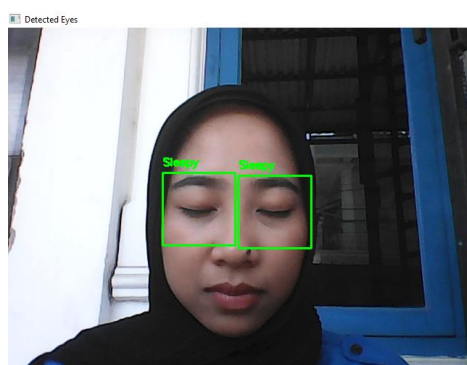
Implementasi model pada alat adalah tahap kunci dalam menerjemahkan hasil penelitian ke dalam aplikasi praktis yang berfungsi dalam kondisi nyata. Pada tahap ini, model SVM yang telah dilatih diterapkan pada sistem deteksi kantuk berbasis *Raspberry PI* dan *webcam*. Model ini diintegrasikan ke dalam sistem untuk memantau mata pengemudi secara real-time. Proses ini dimulai dengan konfigurasi perangkat keras, termasuk pengaturan *Raspberry PI*, pemasangan kamera, dan koneksi ke sistem pemantauan. Model SVM yang terlatih kemudian diimplementasikan di lingkungan eksekusi yang memproses aliran video dari *webcam* untuk mendeteksi kondisi mata pengemudi dan mengklasifikasikan statusnya sebagai '*Opened*' atau '*Closed*'. Selama pengujian *real-time*, sistem memantau secara terus-menerus dan memberikan peringatan melalui *buzzer* ketika mata pengemudi terdeteksi tertutup lebih dari tiga detik. Hasil *real-time* ini mengonfirmasi keberhasilan implementasi model dan memberikan wawasan tentang kinerja sistem dalam situasi nyata, serta memberikan peringatan dini yang penting untuk meningkatkan keselamatan berkendara.

Pada Gambar 5 yang merupakan hasil uji coba menampilkannya dua kotak hijau menandai area di sekitar matanya. Di dalam setiap kotak terdapat teks "*Not Sleepy*" yang menunjukkan bahwa sistem telah mendeteksi kondisi tidak mengantuk berdasarkan posisi matanya yang terbuka.



Gambar 8. Hasil uji coba deteksi “Not Sleepy”

Pada Gambar 6 yang merupakan hasil uji coba menamPILkan dua kotak hijau menandai area di sekitar matanya. Di dalam setiap kotak terdapat teks "Sleepy" yang menunjukkan bahwa sistem telah mendeteksi kondisi sedang mengantuk berdasarkan posisi matanya yang terbuka.



Gambar 9. Hasil uji coba deteksi “Sleepy”

3.3. Pembahasan

Penelitian ini ditunjukkan nilai akurasi pelatihan model SVM pada kernel polinomial sebesar 85,04%. Nilai ini menunjukkan performa keseluruhan model dalam mengklasifikasikan data pelatihan. Dengan akurasi tersebut, model menunjukkan kemampuannya untuk secara efektif membedakan antara kategori "opened" dan "closed" dalam mata. Akurasi ini diperoleh setelah model dilatih dengan data yang telah diproses dan dibagi, di mana SVM menggunakan kernel polinomial untuk klasifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesuksesan yang signifikan dalam mengidentifikasi kondisi mata berdasarkan data pelatihan yang diberikan. Berdasarkan confusion matrix, terlihat bahwa model dapat mengenali data mata terbuka dan tertutup dengan baik. Dari 341 data pengujian, model dapat mengenali 140 data "opened" dan 150 data "closed". Sedangkan data "opened" yang terdeteksi sebagai "closed" sebanyak 25 data dan data "closed" yang terdeteksi sebagai "opened" sebanyak 26 data.

Precision merupakan indikator kemampuan sistem untuk mengidentifikasi dengan tepat sampel-sampel positif dari kelas yang diinginkan, yakni "opened" dan "closed". Penilaian sistem menunjukkan bahwa precision untuk kelas "opened" adalah 84%, menandakan bahwa 84% dari sampel yang diklasifikasikan sebagai "opened" adalah benar-benar "opened". Sementara itu, precision untuk kelas "closed" adalah 86%, artinya 86% dari sampel yang diklasifikasikan sebagai "closed" adalah benar-benar "closed". Recall, juga dikenal sebagai sensitivitas, digunakan untuk mengukur kemampuan sistem untuk mengidentifikasi semua sampel positif dari kelas yang diinginkan. Evaluasi menunjukkan bahwa sistem memiliki recall sebesar 85% untuk kelas "opened", yang berarti sistem mampu mengidentifikasi 85% dari seluruh sampel "opened" yang ada. Sedangkan untuk kelas "closed" memiliki recall sebesar 85%, yang mengartikan bahwa sistem mampu mengidentifikasi 85% dari seluruh sampel "closed" yang ada. F1-score adalah ukuran gabungan yang menggabungkan precision dan recall, yang memberikan gambaran tentang keseimbangan antara keduanya. Hasil evaluasi menunjukkan F1-score sebesar 85% untuk kelas "opened", dan 85% untuk kelas "closed", yang menandakan performa keseluruhan yang cukup baik dalam mengenali kedua kategori.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem deteksi kantuk yang dirancang berhasil mengintegrasikan berbagai komponen perangkat keras dan perangkat lunak untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Alat yang dirancang, yang menggabungkan Raspberry PI, webcam, buzzer, dan model SVM, berhasil mengaktifkan buzzer sebagai respons terhadap deteksi kantuk. Implementasi sistem ini berfungsi secara efektif dengan memberikan peringatan ketika mata pengemudi terdeteksi tertutup lebih dari 3 detik, sesuai dengan desain dan tujuan penelitian. Dalam aspek perancangan model SVM, eksperimen dilakukan dengan menggunakan tiga jenis kernel yang berbeda yaitu kernel linear, polinomial, dan Radial Basis Function (RBF). Setiap kernel diuji untuk menentukan performa terbaik dalam mengklasifikasikan kondisi mata pengemudi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kernel polinomial memberikan akurasi tertinggi dibandingkan dengan kernel linear dan RBF. Kernel polinomial, dengan kemampuannya untuk

menangani batas keputusan yang lebih kompleks dan non-linear, terbukti lebih efektif dalam mendeteksi kondisi mata dengan akurat.

Dengan penggunaan kernel polinomial, model SVM tidak hanya berhasil dalam mengklasifikasikan mata sebagai terbuka atau tertutup tetapi juga memberikan performa yang konsisten dan andal dalam berbagai kondisi wajah. Keberhasilan ini menegaskan bahwa pemilihan kernel yang tepat sangat penting untuk meningkatkan akurasi deteksi dalam aplikasi real-time seperti deteksi kantuk pada pengemudi. Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa model SVM dengan kernel polinomial adalah solusi yang optimal untuk deteksi kantuk, memberikan kontribusi signifikan terhadap keselamatan berkendara melalui peringatan dini yang efektif.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian mengenai analisa alat deteksi kantuk menggunakan model *Support Vector Machine* (SVM) menunjukkan bahwa sistem deteksi kantuk yang dikembangkan telah berhasil menciptakan alat yang efektif dalam memberikan peringatan dini kepada pengemudi yang terindikasi menutup mata lebih dari 3 detik melalui *buzzer*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model SVM dengan *kernel* polinomial paling efektif dengan akurasi sebesar 85,04%, dibandingkan dengan *kernel* linear sebesar 84,16% dan *kernel* RBF sebesar 83,28%. Selain itu, uji coba pada data *real-time* menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi dengan benar sampel data yang digunakan, yang mengindikasikan tingkat keandalan yang tinggi. Alat ini memiliki potensi besar dalam meningkatkan keselamatan berkendara dengan memberikan peringatan dini untuk mencegah kecelakaan yang disebabkan oleh kantuk. Implementasi alat ini dapat dilakukan pada berbagai jenis kendaraan dan dapat diintegrasikan dengan teknologi kendaraan modern lainnya untuk menciptakan lingkungan berkendara yang lebih aman dan responsif. Penelitian ini juga membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dengan menggunakan kombinasi model *machine learning* lainnya dan sensor tambahan untuk meningkatkan akurasi dan keandalan. Secara keseluruhan, sistem deteksi kantuk menggunakan model SVM, terutama dengan *kernel* polinomial, merupakan alat yang efektif dan andal untuk meningkatkan keselamatan berkendara, dengan potensi besar untuk diimplementasikan secara luas dan memberikan kontribusi signifikan dalam mengurangi kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh kantuk.

REFERENCES

- [1] C. Aj. Saputra, D. Erwanto, and P. N. Rahayu, "Deteksi Kantuk Pengendara Roda Empat Menggunakan Haar Cascade Classifier Dan Convolutional Neural Network," *JEECOM Journal of Electrical Engineering and Computer*, vol. 3, no. 1, 2021, doi: 10.33650/jeeecom.v3i1.1510.
- [2] Y. Y. N. Adlina and S. Nurlaela, "Analisis Faktor Kecelakaan Lalu Lintas Surabaya Berdasarkan Perspektif Tata Ruang Melalui Pemodelan Spasial," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 10, no. 1, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v10i1.59782.
- [3] "PMK Bikers Sambut Gerakan Indonesia Tertib dengan Touring Bagi Sembako | Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan." Accessed: Jul. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.kemendikbud.go.id/pmk-bikers-sambut-gerakan-indonesia-tertib-dengan-touring-bagi-sem-bako>
- [4] R. Rahmadiyani and A. widyanti, "Prevalence of drowsy driving and modeling its intention: An Indonesian case study," *Transp Res Interdiscip Perspect*, vol. 19, 2023, doi: 10.1016/j.trip.2023.100824.
- [5] "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kantuk Pada Mobil Berbasis IoT Menggunakan Raspberry Pi Dan Kamera," *Jurnal Ilmiah Komputasi*, vol. 20, no. 3, 2021, doi: 10.32409/jikstik.20.3.2797.
- [6] A. Hertig-Godeschalk, J. Skorucak, A. Malafeev, P. Achermann, J. Mathis, and D. R. Schreier, "Microsleep episodes in the borderland between wakefulness and sleep," *Sleep*, vol. 43, no. 1, 2020, doi: 10.1093/sleep/zsz163.
- [7] J. Skorucak, A. Hertig-Godeschalk, D. R. Schreier, A. Malafeev, J. Mathis, and P. Achermann, "Automatic detection of microsleep episodes with feature-based machine learning," *Sleep*, vol. 43, no. 1, 2020, doi: 10.1093/sleep/zsz225.
- [8] N. Ramadhani, S. Aulia, E. Suhartono, and S. Hadiyoso, "Deteksi Kantuk pada Pengemudi Berdasarkan Penginderaan Wajah Menggunakan PCA dan SVM," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 17, no. 2, 2021, doi: 10.17529/jre.v17i2.19884.
- [9] T. Arakawa, "A review of heartbeat detection systems for automotive applications," 2021. doi: 10.3390/s21186112.
- [10] A. Asvin Mahersatillah Suradi, S. Alam, M. Furqan Rasyid, I. Djafar, U. Dipa Makassar, and J. K. Perintis Kemerdekaan, "Sistem Deteksi Kantuk Pengemudi Mobil Berdasarkan Analisis Rasio Mata Menggunakan Computer Vision," *JUKI : Jurnal Komputer dan Informatika*, vol. 2, 2023.
- [11] M. Awais *et al.*, "A Hybrid DCNN-SVM Model for Classifying Neonatal Sleep and Wake States Based on Facial Expressions in Video," *IEEE J Biomed Health Inform*, vol. 25, no. 5, 2021, doi: 10.1109/JBHI.2021.3073632.
- [12] R. A. Putri and N. Rochmawati, "Penerapan Algoritma Support Vector Machine untuk Klasifikasi Motif Citra Batik Solo Berdasarkan Fitur Multi-Autoencoders," *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, vol. 1, no. 01, 2019, doi: 10.26740/jinacs.v1n01.p56-63.
- [13] J. Li, "IOT security analysis of BDT-SVM multi-classification algorithm," *International Journal of Computers and Applications*, vol. 45, no. 2, 2023, doi: 10.1080/1206212X.2020.1734313.
- [14] P. Madona and A. L. Tobing, "Early Detection of Microsleep in Motorcycle Helmet Based on Pulse Sensor," *Journal of Electronics Technology Exploration*, vol. 1, no. 2, 2023, doi: 10.52465/joetex.v1i2.228.
- [15] T. Taufiq, "Deteksi Rasa Kantuk pada Pengendara Kendaraan Bermotor Berbasis Pengolahan Citra Digital," *Jurnal Teknologi Terapan and Sains 4.0*, vol. 2, no. 1, 2021, doi: 10.29103/tts.v2i1.3850.
- [16] I. Mujahidin and B. F. Hidayatulail, "2.4 GHz SQUARE RING PATCH WITH RING SLOT ANTENNA FOR SELF INJECTION LOCKED RADAR," *JEEMECs (Journal of Electrical Engineering, Mechatronic and Computer Science)*, vol. 2, no. 2, 2019, doi: 10.26905/jeeemecs.v2i2.3253.



- [17] F. Denta Sukma and R. Mukhaiyar, “Alat Pendeteksi Ekspresi Wajah pada Pengendara Berbasis Image Processing,” *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 3, no. 2, 2022.
- [18] C. E. Panjaitan, D. Hagayna, D. Prandi, and R. Wiranto, “Integration Face Recognition and Body Temperature,” *JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING*, vol. 5, no. 1, 2021, doi: 10.31289/jite.v5i1.5315.
- [19] K. Dickson, “Pengertian Baterai dan Jenis-jenisnya,” *teknikelektronika.com*, 2020.
- [20] S. Soim, “Development of Convolutional Neural Network Models to Improve Facial Expression Recognition Accuracy,” *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, vol. 10, no. 2, pp. 279–289, 2024, doi: 10.26555/jiteki.v10i2.28863.