

Sistem Pendeteksi Kantuk Berbasis Metode *Haar Cascade* Untuk Aplikasi *Computer Vision*

Sleepiness Detection System Based on Haar Cascade Method for Computer Vision Applications

Andi Aqsha Ramadhana Lubis¹, Sevia Indah Purnama^{2*}, Mas Aly Afandi³
Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro^{1,3}
Program Studi S1 Teknik Biomedis, Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro²
Institut Teknologi Telkom Purwokerto
E-mail: *sevia@ittelkom-pwt.ac.id
*Penulis Korespondensi

Abstrak

Setiap orang memerlukan istirahat yang cukup agar dapat menjalankan aktivitas sehari-hari dengan optimal. Istirahat yang tidak cukup memicu kondisi kantuk seseorang. Rasa kantuk dapat mengganggu aktivitas karena adanya penurunan konsentrasi. Kondisi yang berbahaya terjadi ketika pengemudi mengantuk saat mengemudi. Kondisi tersebut dapat dihindari dengan membuat sistem alarm berbasis *computer vision*. Penelitian ini memanfaatkan kamera dan kecerdasan buatan untuk mendeteksi apakah pengemudi dalam keadaan mengantuk atau tidak. Penelitian ini melakukan perancangan sistem untuk mendeteksi kantuk melalui kondisi mata pada citra wajah berbasis metode *Haar Cascade*. Sistem dibangun menggunakan total 1.600 dataset citra dan 200 kali pengujian. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat *accuracy* sebesar 92,5%, tingkat *precision* sebesar 89,71%, dan tingkat *recall* sebesar 96%. Penelitian ini membuktikan bahwa metode *haar cascade* dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi mata kantuk berdasarkan masukan gambar dari kamera.

Kata kunci: Kantuk, Kondisi Mata, *Computer Vision*, *Haar Cascade*

Abstract

Each person requires enough sleep to perform at their most efficient during the day. People become drowsy when they don't get enough sleep. Due to a loss of focus, sleepiness can cause disruptions in activities. Driving while drowsy is a risky circumstance for the driver. By developing an alarm system based on computer vision, this problem can be prevented. This study uses artificial intelligence and cameras to determine if someone driving is sleepy or not. The Haar Cascade approach is used in the research to create a system for recognizing drowsiness based on the state of the eyes in facial photographs. A total of 1,600 image datasets were used to construct the system, which was 200 times tested. The test results showed that the system has an accuracy rate of 92.5%, a precision rate of 89.71%, and 96% recall rate. This study establishes that drowsy eye states can be identified using the Haar Cascade approach and input photos from a camera.

Keywords: *Drowsiness, Eye Condition, Computer Vision, Haar Cascade*

1. PENDAHULUAN

Semua orang pasti pernah merasakan rasa kantuk dan kelelahan saat melakukan berbagai aktivitas. Pada kondisi tertentu, rasa kantuk bisa menjadi berbahaya dan merugikan. Salah satu contoh aktivitas yang sangat berisiko dilakukan saat merasa kantuk adalah mengemudi atau mengendarai kendaraan [1]. Ada beberapa aspek yang bisa menyebabkan rasa kantuk yang berat, yaitu kurang tidur, kelelahan, dan pengaruh obat-obatan [2]. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Kementerian Perhubungan yang merujuk pada data dari Korlantas Polri, kecelakaan lalu

lintas adalah jenis kejadian yang terjadi di jalan besar Indonesia. Pada tahun 2020, jumlah kecelakaan lalu lintas di Indonesia mencapai 100.028 kasus, sedangkan pada tahun 2021, jumlahnya meningkat menjadi 103.645 kasus. Salah satu faktor penyebabnya adalah faktor dari dalam diri sendiri seperti merasa kantuk, kurang konsentrasi, dan faktor-faktor lainnya [3]. Faktor utama terjadinya kecelakaan di jalan adalah kesalahan pengemudi dengan persentase sebesar 66,89%. Dalam faktor manusia, kurangnya antisipasi terhadap kondisi jalan dan lingkungan menjadi penyebab utama kecelakaan sebanyak 1.688 kasus, diikuti oleh keadaan mengantuk sebanyak 1.568 kasus [4]. Hal ini didukung dengan data pada tahun 2020 yang menyatakan terjadinya penurunan arus lalu lintas kendaraan akibat adanya pembatasan sosial.

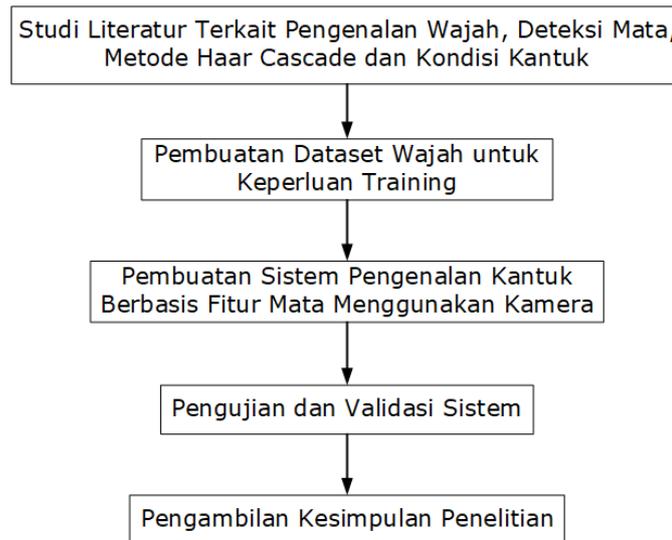
Salah satunya teknologi yang dimanfaatkan untuk menghindari kecelakaan akibat pengemudi mengantuk adalah teknologi *computer vision* melalui kamera. *Computer Vision* adalah suatu fungsi komputer yang dirancang untuk melihat objek dan mengumpulkan informasi secara visual. Tujuan utama *computer vision* adalah bagaimana komputer dapat meniru atau bahkan melampaui kemampuan perseptual mata manusia [5]. Aplikasi dari *computer vision* banyak ditemukan di sektor agrikultur [6][7][8], sektor bioinformatika [9], dan sektor keuangan [10]. Parameter ini dapat digunakan untuk membangun sistem pendeteksi kantuk yang sangat baik [11]. Beberapa contoh kesalahan manusia yang dapat menyebabkan kecelakaan meliputi kesalahan dalam mengidentifikasi objek, kesalahan dalam mengambil keputusan, dan kesalahan dalam Tindakan [12]. Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan penelitian terhadap sistem pendeteksi kantuk. Salah satu penelitian memanfaatkan *classifier multi-level* yang dapat mengidentifikasi fitur wajah dengan akurat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada jarak dekat, program dapat mengidentifikasi mata dengan akurasi tinggi [13]. Pengenalan wajah dan mengenali pola wajah merupakan langkah awal dari deteksi kantuk. Penelitian mengenai pengenalan wajah dan fitur wajah seperti fitur persegi, fitur tiga persegi, dan fitur empat persegi digunakan untuk mengenali wajah berdasarkan nilai fitur tunggal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi wajah manusia secara akurat dalam waktu kurang yang cepat dalam kondisi garis lurus. Sistem juga dapat mendeteksi wajah manusia dengan gradien dan dapat mendeteksi beberapa wajah dalam satu citra [14]. Metode *Haar Cascade* sendiri telah banyak digunakan untuk aplikasi pengenalan wajah. Salah satu pemanfaatan metode *Haar Cascade* adalah deteksi masker. Dalam penelitian pendeteksian masker menggunakan *Haar Cascade* dilakukan beberapa tes terhadap metode tersebut. Test yang dilakukan antara lain kondisi pencahayaan, jarak dan sudut, data gambar, aplikasi, dan lain-lain. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode *Haar Cascade* dapat diaplikasikan pada deteksi masker dengan melakukan training data untuk pertama kali. Intensitas cahaya dan jarak objek memainkan peran penting dalam mendeteksi objek, di mana cahaya yang cukup dan jarak yang tepat akan memberikan hasil deteksi yang optimal [15].

Penelitian ini mengeksplorasi pengujian *Haar Cascade* lebih detail dalam mengenali kondisi mata mengantuk. Penelitian ini menggunakan skenario yang berimbang dengan 4 kondisi yang berbeda dengan banyaknya citra pengujian yang sama. Keseimbangan pengujian akan menurunkan bias sehingga mampu meningkatkan kinerja sistem. Perbedaan dengan penelitian [16] terdapat pada objek yang diteliti. Metode yang digunakan sama *Haar Cascade* namun bertujuan untuk mendeteksi masker sedangkan fokus pada penelitian ini adalah deteksi kantuk. Penelitian [17] mengeksplorasi dengan deteksi kantuk dengan metode PCA dan SVM. Sedangkan untuk penelitian [18] memiliki objek yang sama dan metode yang sama. Perbedaan terdapat pada eksplorasi kondisi mata. Penelitian sebelumnya hanya mendefinisikan kondisi mata terbuka dan tertutup sedangkan penelitian ini mengeksplorasi kondisi mata lebih banyak.

2. METODE PENELITIAN

Penarikan kesimpulan dan hasil penelitian dilakukan berdasarkan metode eksperimen dengan mengembangkan sistem pendeteksi kantuk memanfaatkan kamera. Sistem dibangun memanfaatkan kamera sebagai pengambil data wajah yang akan diekstrak untuk mendapatkan data kondisi mata. Sistem dapat digunakan di dalam kendaraan seperti mobil untuk mendeteksi

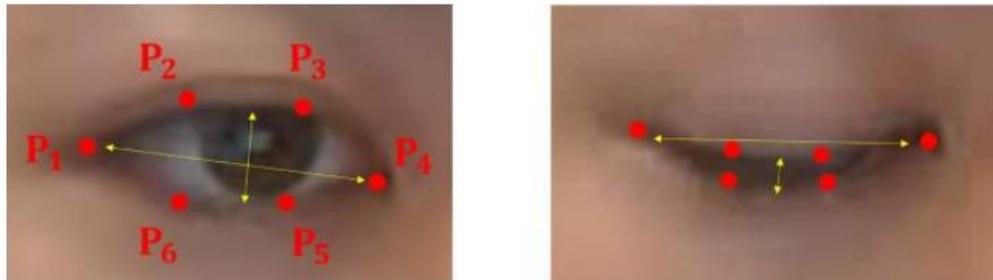
kondisi mata dari pengemudi. Penelitian untuk mengembangkan sistem memanfaatkan metode *Haar Cascade* untuk ekstraksi wajah dari keseluruhan citra yang ditangkap oleh kamera. Penentuan kondisi apakah gambar yang tertangkap memiliki penciri mata kantuk dilakukan melalui perhitungan titik-titik di sekitar mata. Titik-titik tersebut akan digunakan sebagai penciri utama kondisi mata mengantuk yang didapatkan dari citra wajah pengemudi. Eksperimen digunakan untuk mengetahui pengaruh kondisi mata sebagai dasar penentuan kondisi kantuk seseorang. Kantuk didefinisikan sebagai kondisi menurunnya kesadaran yang dicirikan dengan mata tertutup. Penelitian diharap dapat membuktikan bahwa sistem yang dibangun dapat digunakan untuk mendeteksi penciri mata kantuk.



Gambar 1. Blok Diagram Penelitian

Gambar 1 menunjukkan blok diagram pelaksanaan penelitian yang dilakukan. Langkah awal penelitian adalah melakukan studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan data mengenai pengenalan wajah, deteksi mata, dan deteksi kondisi kantuk dari masukan citra wajah. Hasil dari studi literatur yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem deteksi kantuk berdasarkan pengenalan wajah dan deteksi mata dapat dibangun menggunakan *computer vision*. Dari hasil studi literatur, didapatkan bahwa metode *Haar Cascade* adalah salah satu metode yang terbaik untuk dapat mendeteksi wajah dan mata dari citra kamera secara waktu nyata. Langkah kedua adalah pembuatan dataset berdasarkan masukan dari kamera. Proses pengambilan citra dilakukan secara langsung, dimana sistem akan terus berjalan untuk memproses citra. Citra merupakan representasi objek dua dimensi untuk objek tiga dimensi, yang juga merupakan kumpulan piksel-piksel atau titik-titik berwarna dua dimensi [19]. Pengolahan citra digital adalah suatu bidang ilmu yang fokus pada metode dan teknik untuk membentuk, mengolah, dan menganalisis citra dengan tujuan menghasilkan informasi yang dapat dipahami manusia dan komputer. Citra tersebut dapat berupa foto atau gambar bergerak (video). RGB (*Red-Green-Blue*) adalah tiga warna dasar (*primary colors*) yang secara umum dijadikan acuan warna. Seperti yang kita ketahui, RGB atau *Red, Green, Blue* adalah sistem pengkodean warna yang digunakan dalam tampilan digital. Untuk mendapatkan hasil yang optimal, jarak antara wajah dengan kamera atau *webcam* sekitar 30 hingga 40 cm. Data wajah yang akan diambil sebanyak 1.600 gambar dengan beberapa parameter. Langkah selanjutnya membuat sistem deteksi kantuk berbasis fitur mata. Sistem dibangun menggunakan bahasa pemrograman *Python* yang dapat digunakan di *embedded system*. Sistem akan mengakses kamera yang terpasang, kemudian mengangkat citra wajah, dan fokus terhadap posisi mata dari wajah. Apabila mata tertutup, maka sistem akan memberikan luaran pengemudi mengantuk. Hasil dari sistem yang dibangun akan diuji dengan berbagai skenario sehingga dapat diambil kesimpulan hasil dari penelitian yang dilakukan.

Salah satu cara yang digunakan untuk mengenali wajah dari tangkapan kamera adalah fitur pada mata. Fitur mata yang digunakan pada penelitian ini adalah fitur *eye aspect ratio* (EAR). *Eye Aspect Ratio* adalah fitur yang dapat digunakan untuk melihat kondisi dari mata setelah wajah dikenali oleh sistem. Perhitungan EAR dilakukan menggunakan koordinat piksel pada titik-titik *facial landmark* wajah yang berhubungan dengan bagian mata. Hasil dari titik-titik piksel tersebut digunakan sebagai dasar untuk menentukan kondisi mata.

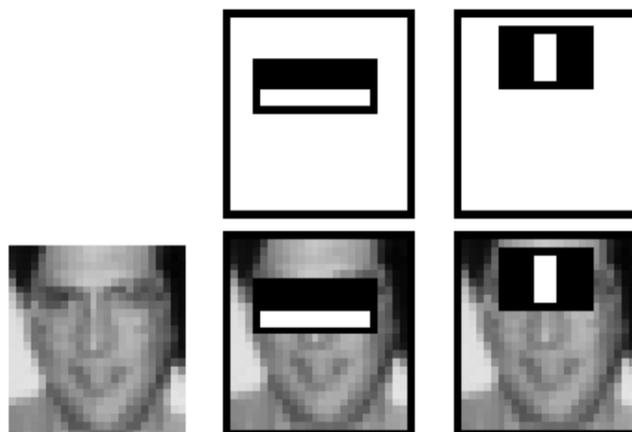


Gambar 2. Titik EAR pada citra mata

Titik-titik pada EAR digunakan untuk menentukan apakah kondisi mata dari citra yang diberikan adalah mata yang menutup atau terbuka. Titik-titik EAR akan dihitung jarak antar titiknya menggunakan persamaan. Mata yang terbuka akan menghasilkan EAR yang tinggi karena jarak antar titik-titik mata menjauh. Kondisi ini digunakan untuk mengidentifikasi kondisi tidak mengantuk dari pengemudi. Mata yang tertutup akan menghasilkan nilai EAR yang mendekati 0. Kondisi ini digunakan untuk mengidentifikasi kondisi mengantuk dari input citra yang ditangkap oleh kamera.

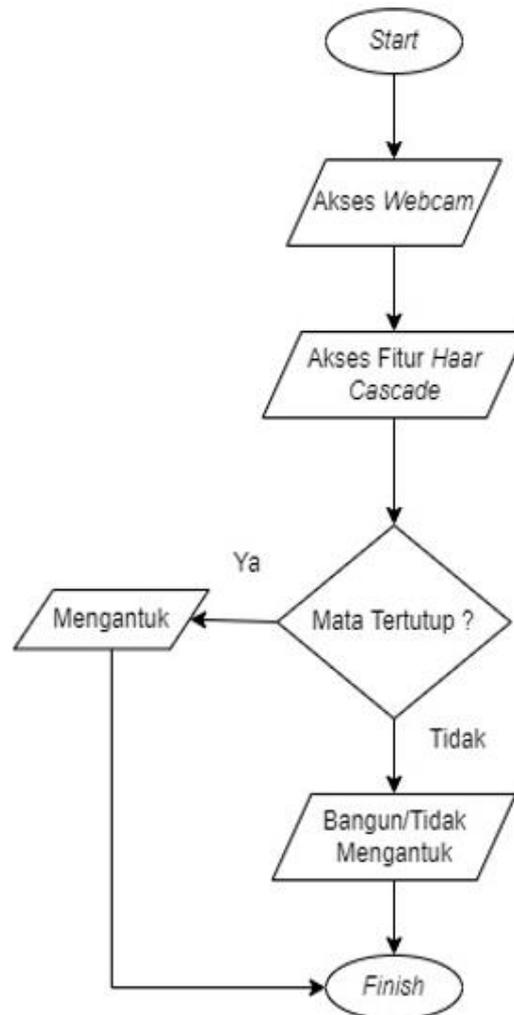
$$EAR = \frac{||p2 - p6|| + ||p3 - p5||}{2||p1 - p4||} \quad (1)$$

Persamaan tersebut merujuk pada Gambar 2 untuk mendapatkan nilai dari lokasi piksel untuk titik-titik mata pada Gambar 2. Nilai jarak antar lokasi piksel pada titik mata EAR akan mendekati 0 apabila kondisi mata tertutup. Kondisi mata tertutup merupakan penciri dari seseorang sedang dalam kondisi mengantuk. Titik-titik EAR ini terdapat pada penggunaan fitur *Haar Cascade* sehingga untuk mendapatkan nilai dari EAR maka perlu menjalankan metode *Haar Cascade*. Metode ini memanfaatkan filter-filter yang terdapat pada wajah untuk menentukan lokasi dari wajah, mata, dan mulut pada citra.



Gambar 4. Filter *Haar Cascade* [19]

Gambar 4 menunjukkan berbagai filter yang digunakan pada metode *Haar Cascade*. Metode *Haar Cascade* akan membentuk kumpulan filter persegi yang digunakan untuk mengidentifikasi wajah dari citra yang ditangkap oleh kamera. Di dalam citra wajah hasil dari *Haar Cascade* terdapat lokasi dari mata dan mulut.



Gambar 5. Diagram Alir Pembuatan Sistem

Gambar 4 menunjukkan bagaimana filter *Haar Cascade* dilakukan pada citra wajah. Citra wajah yang ditangkap akan dilakukan filtering menggunakan filter persegi yang terdiri dari filter hitam dan putih. Penelitian ini berfokus pada penentuan kondisi mata sehingga filter yang diberikan akan merujuk pada lokasi mata berdasarkan lokasi di dahi. Hasil dari filter akan memberikan nilai dari p_1, p_2, p_3, p_4, p_5 , dan p_6 dari filter *Haar Cascade*. Nilai tersebut akan digunakan menggunakan Persamaan (1). Apabila hasil dari Persamaan (1) mendekati 0, maka dapat dikatakan bahwa kondisi mata sedang tertutup. Cara kerja sistem dijelaskan pada Gambar 5. Sistem akan menangkap citra wajah menggunakan webcam camera. Hasil dari kamera webcam akan dilakukan filtering menggunakan metode *Haar Cascade* untuk mengekstrak informasi dari mata. Apabila citra mata mengantuk ditandai dengan nilai EAR yang mendekati 0, maka sistem akan memberikan notifikasi pada bounding box. Apabila nilai citra mata tidak mengantuk yang ditandai dengan nilai EAR menjauhi nilai 0, maka sistem akan memberikan notifikasi tidak mengantuk.

Validasi dari sistem akan diuji menggunakan *confusion matrix*. *Confusion matrix* adalah metode pengukuran untuk mengevaluasi kinerja dan tingkat keakuratan suatu proses klasifikasi.

Confusion matrix berisi tabel yang menyajikan informasi jumlah data, kondisi aktual dan kondisi prediksi hasil dari sistem. Data positif adalah data untuk kondisi mata tidak mengantuk sedangkan data untuk kondisi negative untuk kondisi mata mengantuk. Validasi dilakukan untuk proses analisis apakah sistem yang dibangun dapat digunakan untuk identifikasi kondisi mengantuk dari citra yang ditangkap oleh kamera.

		AKTUAL	
		Positif	Negatif
PREDIKSI	Positif	<i>True Positive (TP)</i>	<i>False Positive (FP)</i>
	Negatif	<i>False Negative (FN)</i>	<i>True Negative (TN)</i>

Gambar 6. Confusion Matrix

Gambar 6 merupakan confusion matrix yang digunakan. Perbandingan kondisi aktual dan kondisi prediksi akan mendapatkan nilai *True Positive (TP)* jika kondisi aktual bernilai positif dan kondisi prediksi pada sistem juga positif yang dalam sistem ini kondisi wajah tidak mengantuk dideteksi tidak mengantuk oleh sistem. Perbandingan kondisi aktual dan prediksi akan mendapatkan nilai *False Negative (FN)* jika kondisi aktual positif dan kondisi prediksi negatif yang dalam sistem ini kondisi wajah tidak mengantuk dideteksi mengantuk oleh sistem. Perbandingan kondisi aktual dan prediksi akan mendapatkan nilai *False positive (FP)* jika kondisi aktual negatif dan kondisi prediksi positif yang dalam sistem ini kondisi wajah mengantuk dideteksi sebagai wajah tidak mengantuk oleh sistem. Perbandingan kondisi aktual dan prediksi akan bernilai *True Negative (TN)* jika kondisi aktual negatif dan kondisi prediksi juga negatif yang dalam sistem ini berarti wajah yang mengantuk dideteksi mengantuk oleh sistem.

Hasil dari nilai TP, TN, FP, dan FN dari *confusion matrix* akan digunakan untuk menghitung performa sistem. Performa sistem ditinjau dari nilai *accuracy*, *precision*, dan *recall* yang termasuk dalam *performance matrix*. *Performance Matrix* adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur kinerja dari sistem. *Accuracy* adalah bagian dari *performance matrix* yang menjelaskan seberapa akurat sistem untuk mendeteksi kondisi mata mengantuk dan tidak mengantuk. Nilai *accuracy*, *precision* dan *recall* dapat dihitung menggunakan persamaan.

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

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \quad (3)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% \quad (4)$$

Sistem yang baik diharapkan memiliki nilai akurasi yang tinggi. *Accuracy* yang tinggi mengidentifikasi ketepatan dalam pengenalan kondisi mata hasil dari citra yang ditangkap oleh kamera. *Performance matrix precision* dan *recall* digunakan untuk mengidentifikasi berapa banyak kondisi tidak mengantuk sebagai data positif dibandingkan dengan hasil prediksi dari data positif dan data negative. Hal ini mengindikasikan kecenderungan dari sistem. Sistem yang baik akan memiliki nilai *precision* dan *recall* yang tinggi sehingga dikatakan bahwa sistem tidak memiliki kecenderungan terhadap data positif atau data negatif.

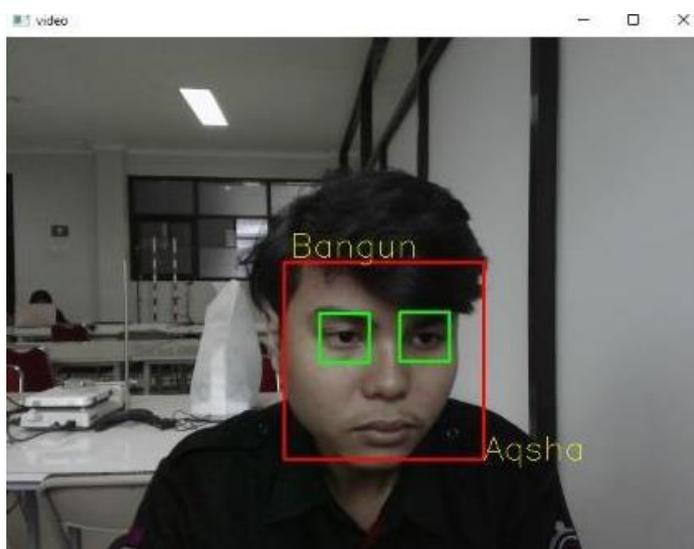
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa metode *Haar Cascade* yang digunakan untuk mengenali wajah berjalan dengan baik. Metode *Haar Cascade* mampu mengenali wajah dan melingkupi citra wajah dengan baik. Hasil penerapan metode *Haar Cascade* ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Penerapan Metode *Haar Cascade* dari Tangkapan Kamera *Realtime*

Gambar 7 menunjukkan hasil dari penggunaan metode *Haar Cascade* untuk menangkap citra wajah dari tangkapan kamera. Wajah yang didapatkan kemudian akan dilingkupi dengan kotak persegi agar fokus terhadap area di dalam wajah. Hasil dari tangkapan pengenalan wajah kemudian diambil penanda dari fitur-fitur mata yang terdapat pada kamera.



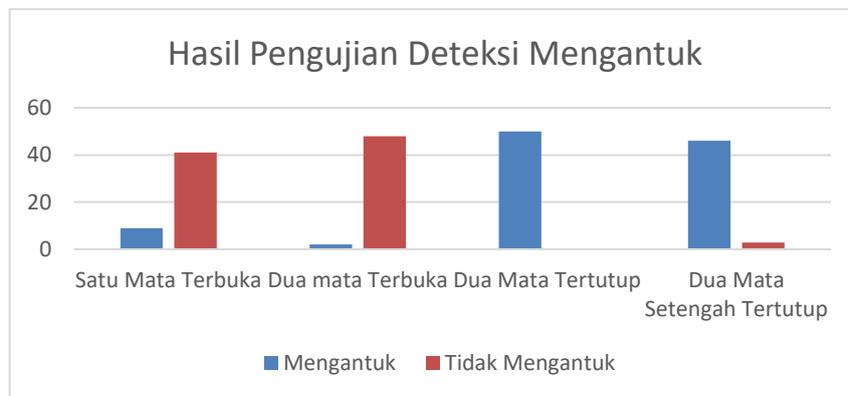
Gambar 8. Ekstraksi Fitur Mata dalam Citra Wajah

Langkah selanjutnya adalah menandai lokasi dari mata di dalam wajah yang terdapat di dalam kontak wajah. Hasil penangkapan lokasi mata ditunjukkan pada Gambar 8. Terlihat pada Gambar 8 kedua mata hasil dari tangkapan kamera ditandai dengan kotak berwarna hijau tempat lokasi mata berada. Langkah selanjutnya adalah memberikan titik-titik pada mata untuk memperoleh EAR guna mengidentifikasi apakah kondisi mata sedang mengantuk atau tidak. Percobaan perhitungan EAR untuk deteksi kantuk akan dilakukan sebanyak 200 kali dengan berbagai kondisi mata. Data positif diambil dari kondisi tidak mengantuk yang ditandai dengan kedua mata terbuka dan satu mata terbuka. Pengujian pada kondisi kedua mata terbuka dilakukan

sebanyak 50 kali tangkapan sedangkan untuk kondisi satu mata terbuka dilakukan dengan 50 kali tangkapan. Data negatif atau kondisi mengantuk diuji menggunakan kondisi kedua mata tertutup dan kedua mata setengah tertutup. Kondisi kedua mata tertutup diuji sebanyak 50 kali tangkapan sedangkan kondisi kedua mata setengah tertutup diuji sebanyak 50 kali tangkapan.

Tabel 1. Parameter Kondisi Mata

No.	Kondisi Wajah	Pengujian	Hasil	
			Mengantuk	Tidak Mengantuk
1.	Satu Mata Tertutup	50	9	41
2.	Dua Mata Terbuka	50	2	48
3.	Dua Mata Tertutup	50	50	0
4.	Dua Mata Setengah Tertutup	50	46	4



Gambar 9. Grafik hasil deteksi kantung

Hasil dari penelitian ditunjukkan pada Tabel 1. dan Gambar 9. Data positif adalah kondisi tidak mengantuk yang ditandai dengan kedua mata terbuka dan 1 mata tertutup. Setelah total 100 kali pengujian, didapatkan hasil bahwa prediksi sistem benar dalam mendeteksi kondisi tidak mengantuk adalah 89 kali dan 11 kali sistem salah dalam memprediksi kondisi tidak mengantuk. Nilai TP pada pengujian ini adalah adalah 89 sedangkan nilai FN pada pengujian ini adalah 11. Pengujian untuk kondisi negatif atau mengantuk terdapat pada kondisi kedua mata tertutup dan kedua mata setengah tertutup. Kondisi ini diuji sebanyak 100 kali percobaan. Didapatkan hasil bahwa sistem benar dalam mendeteksi kondisi mengantuk sebanyak 96 kali sedangkan sistem salah sebanyak 4 kali. Hal ini menunjukkan bahwa nilai TN pada pengujian ini adalah 96 sedangkan nilai FP adalah 4. Perhitungan nilai *accuracy*, *precision*, dan *recall* pada penelitian ini adalah.

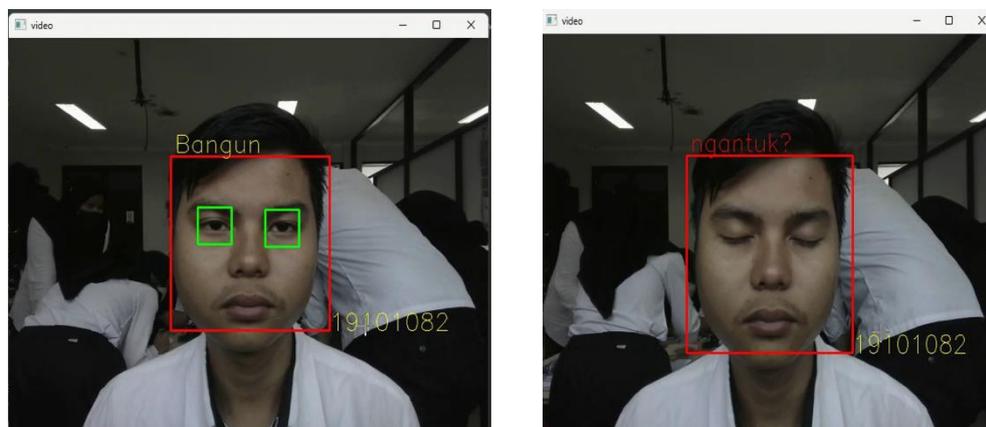
$$Accuracy = \frac{96 + 89}{96 + 89 + 11 + 4} \times 100 \% = 92,5\%$$

$$Precision = \frac{96}{96 + 11} \times 100 \% = 89,71\%$$

$$Recall = \frac{96}{96 + 4} \times 100\% = 96\%$$

Perhitungan performa sistem menunjukkan bahwa nilai *accuracy*, *precision*, dan *recall* yang didapatkan adalah 92,5%, 89,71%, dan 96%. Performa ini menunjukkan bahwa sistem yang dibuat mampu mendeteksi kondisi mengantuk dan tidak mengantuk hasil dari tangkapan kamera

dengan baik. Setelah dilakukan pembuatan sistem secara menyeluruh, hasil dari implementasi sistem dapat diamati pada Gambar 10.



Gambar 10. Deteksi Mengantuk dan Tidak Mengantuk

Hasil dari pengujian sistem menunjukkan bahwa sistem telah siap untuk diimplementasikan pada kondisi sebenarnya. Sistem dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi mata pengemudi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan, dapat bahwa sistem pendeteksi kantuk dapat digunakan dan memiliki performa yang baik. Beberapa faktor yang mempengaruhi sistem adalah cahaya. Untuk mendapatkan hasil deteksi yang optimal, maka jarak antara wajah dan kamera yaitu 30 hingga 40 cm agar sistem dapat mendeteksi wajah dan mata. Hardware dan software yang digunakan mempunyai peran penting dalam sistem pendeteksi mengantuk. Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapat hasil tingkat *accuracy*, *precision*, dan *recall* dari sistem dalam mendeteksi kantuk adalah 92,5%, 89,71%, dan 96%. Hasil dari penelitian dapat disimpulkan bahwa sistem bekerja dengan baik dan dapat digunakan untuk mendeteksi kantuk. Penelitian deteksi kantuk dapat dilakukan eksplorasi lebih dengan memanfaatkan sistem tertanam pada mobil. Peningkatan akurasi juga dapat dilakukan dengan menggunakan data latih yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Guritnaningsih, T. Tjahjono, and D. Maulina, "Kelalaian Manusia (Human Error) dalam Kecelakaan Lalu Lintas: Analisis Berdasarkan Pemrosesan Informasi," *J. Indones. Road Saf.*, vol. 1, no. 1, p. 30, Apr. 2018, doi: 10.19184/korlantas-jirs.v1i1.14772.
- [2] E. Buchari, D. D. A. Putranto, D. Asmoro, and L. D. Saribu, "Analisis Perubahan Kecepatan Terhadap Risiko Kecelakaan Lalu Lintas," *J. Indones. Road Saf.*, vol. 2, no. 2, p. 76, Aug. 2019, doi: 10.19184/korlantas-jirs.v2i2.15027.
- [3] P. Hardini, N. Hidayati, and E. W. I, "Studi Komparasi Pemilihan Angka Kecepatan Kendaraan di Purwokerto dan Semarang," *J. Indones. Road Saf.*, vol. 2, no. 2, p. 87, Aug. 2019, doi: 10.19184/korlantas-jirs.v2i2.15038.
- [4] F. P. Makalew, B. Widodo, and M. I. Ramli, "Pengaruh Perilaku Pengemudi Terhadap Kecelakaan Pejalan Kaki-Sepeda Motor," *J. Indones. Road Saf.*, vol. 2, no. 1, p. 32, Apr. 2019, doi: 10.19184/korlantas-jirs.v2i1.15028.
- [5] T. C. A.-S. Zulkhaidi, E. Maria, and Y. Yulianto, "Pengenalan Pola Bentuk Wajah dengan

- OpenCV,” *J. Rekayasa Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 2, p. 181, Jun. 2020, doi: 10.30872/jurti.v3i2.4033.
- [6] Lukman Priyambodo *et al.*, “Klasifikasi Kematangan Tanaman Hidroponik Pakcoy Menggunakan Metode SVM,” *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 6, no. 1, pp. 153–160, Feb. 2022, doi: 10.29207/resti.v6i1.3828.
- [7] M. A. Afandi, I. Hikmah, and C. Agustinah, “Microcontroller-based Artificial Lighting to Help Growth the Seedling Pakcoy,” *J. Nas. Tek. ELEKTRO*, vol. 10, no. 3, Nov. 2021, doi: 10.25077/jnte.v10n3.943.2021.
- [8] M. Jannah, “Tomato Maturity Detection System Using Color Histogram Method and Nearest Neighbor,” *JAICT*, vol. 7, no. 1, p. 63, Mar. 2022, doi: 10.32497/jaict.v7i1.3074.
- [9] M. A. Afandi, S. I. Purnama, and R. F. Crisianti, “Implementasi Metode Deteksi Tepi Laplacian dan Jarak Euclidean untuk Identifikasi Tanda Tangan,” *J. Nas. Tek. ELEKTRO*, vol. 9, no. 1, p. 34, Mar. 2020, doi: 10.25077/jnte.v9n1.756.2020.
- [10] Octavian Ery Pamungkas *et al.*, “Classification of Rupiah to Help Blind with The Convolutional Neural Network Method,” *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 6, no. 2, pp. 259–268, Apr. 2022, doi: 10.29207/resti.v6i2.3852.
- [11] J. Jumadi, Y. Yupianti, and D. Sartika, “Pengolahan Citra Digital untuk Identifikasi Objek Menggunakan Metode Hierarchical Agglomerative Clustering,” *JST (Jurnal Sains dan Teknol.)*, vol. 10, no. 2, pp. 148–156, Nov. 2021, doi: 10.23887/jstundiksha.v10i2.33636.
- [12] F. Zaini aryatama, “Analisis Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas di Jalan Empunala Kota Mojokerto,” *J. Tek. Sipil Ranc. Bangun*, vol. 8, no. 2, pp. 150–155, Oct. 2022, doi: 10.33506/rb.v8i2.1805.
- [13] L. A. Septiandi, E. M. Yuniarno, and A. Zaini, “Deteksi Kedipan dengan Metode CNN dan Percentage of Eyelid Closure (PERCLOS),” *J. Tek. ITS*, vol. 10, no. 1, Aug. 2021, doi: 10.12962/j23373539.v10i1.61174.
- [14] M. Zulfikri, K. A. Latif, H. Hairani, A. Ahmad, R. Hammad, and M. Syahrir, “Deteksi dan Estimasi Kecepatan Kendaraan dalam Sistem Pengawasan Lalu Lintas Menggunakan Pengolahan Citra,” *Techno.Com*, vol. 20, no. 3, pp. 455–467, Aug. 2021, doi: 10.33633/tc.v20i3.4588.
- [15] R. P. H. Sejati and R. Mardhiyyah, “Deteksi Wajah Berbasis Facial Landmark Menggunakan OpenCV Dan Dlib,” *J. Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, pp. 144–148, Dec. 2021, doi: 10.36294/jurti.v5i2.2220.
- [16] C. Aj. Saputra, D. Erwanto, and P. N. Rahayu, “Deteksi Kantuk Pengendara Roda Empat Menggunakan Haar Cascade Classifier Dan Convolutional Neural Network,” *JEECOM J. Electr. Eng. Comput.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, Apr. 2021, doi: 10.33650/jeecom.v3i1.1510.
- [17] N. Ramadhani, S. Aulia, E. Suhartono, and S. Hadiyoso, “Deteksi Kantuk pada Pengemudi Berdasarkan Penginderaan Wajah Menggunakan PCA dan SVM,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 17, no. 2, Jun. 2021, doi: 10.17529/jre.v17i2.19884.
- [18] G. Aprilian Anarki, K. Auliasari, and M. Orisa, “PENERAPAN METODE HAAR CASCADE PADA APLIKASI DETEKSI MASKER,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 5, no. 1, pp. 179–186, Feb. 2021, doi: 10.36040/jati.v5i1.3214.
- [19] T. Susim and C. Darujati, “Pengolahan Citra untuk Pengenalan Wajah (Face Recognition) Menggunakan OpenCV,” *J. Heal. Sains*, vol. 2, no. 3, pp. 534–545, Mar. 2021, doi: 10.46799/jsa.v2i3.202.