

## Facial Expression Detector While Driving

Indah Dara Wefa<sup>1\*</sup>, Riki Mukhaiyar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departmen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Kota Padang, Indonesia

\*Corresponding Author, email : indahdarawefa@gmail.com

Received 2023-12-13; Revised 2024-01-23; Accepted 2024-02-20

### Abstract

Facial expression when a person is sleepy can be seen from eye behavior and facial behavior. To detect the driver's drowsiness, facial expression is a form of non-verbal communication that results from one or more facial muscle movements that can indicate a person's emotional state. This detector works automatically when the system runs without external control. The system is controlled only via the desktop using the Convolutional Neural Network (CNN) method. The working principle of this tool is to start by connecting the power when the system and the Desktop are turned on, then activate the Open CV software created on the desktop and continue testing to recognize the driver's face. If the detected face has a sleepy expression, the device will show the driver's drowsiness through the speaker and warn the driver to be careful when driving. The test results show that the system can detect drowsiness optimally. With the existence of this tool, it is hoped that it can reduce the death rate due to traffic accidents by preventing the driver from experiencing the sleep phase while driving.

**Keywords:** Drowsiness; Detection; Desktop; Convolutional Neural Network (CNN).

### 1. Introduction

Ekspresi wajah merupakan kondisi berubahnya wajah seseorang yang dapat diartikan sebagai reaksinya terhadap emosi internal, niat, atau interaksi sosial. Pengenalan Ekspresi Wajah dapat dimanfaatkan sebagai pelengkap komunikasi lisan atau non verbal yang dapat menyampaikan seluruh pikiran dengan mandiri dengan persentase wajah berperan sebesar 55% dalam penyampaian pesan, bahasa sebesar 7%, dan suara menyumbang 38% [1].

Mengantuk merupakan keadaan yang sulit bahkan tidak dapat dihindari dan semua orang dapat mengalami hal tersebut. Mengantuk merupakan kondisi yang sangat wajar, akan tetapi dapat membahayakan jika dialami oleh pengemudi [2]. Pengemudi seringkali mengabaikan rasa kantuk ketika berkemudi sehingga pada kondisi terburuknya dapat menyebabkan kecelakaan. Peristiwa yang dialami pengemudi tersebut dinamakan *microsleep*, yaitu keadaan mengantuk dan tertidur dalam waktu beberapa detik, antara 3 hingga 5 detik, tetapi pada beberapa individu bahkan mengalami *microsleep* hingga 10 detik. Faktor yang menyebabkan terjadinya *microsleep* adalah pengemudi yang mengalami lelah fisik pada saat mengemudi [3].

Kecelakaan lalu lintas sebesar 69,7% disebabkan oleh *human error*. *Human error* yang terjadi pada umumnya adalah kondisi pengemudi yang mengantuk. Rasa kantuk yaitu perubahan antara keadaan sadar dan tidur yang mengakibatkan fungsi semua indra menurun [4]. Jacobé de Nauroius menyatakan bahwa salah satu penyebab utama kematian di Indonesia adalah kecelakaan lalu lintas dan 25% dari seluruh kecelakaan lalu lintas disebabkan oleh pengemudi yang mengantuk dan 60% dari insiden tersebut mengakibatkan kematian atau cedera serius [5]. Dari tahun ke tahun semakin banyak

manusia yang kehilangan nyawanya akibat kecelakaan lalu lintas. Sebagai negara dengan penduduk terpadat nomor empat di dunia, rata-rata penyebab kematian di Indonesia adalah akibat kecelakaan lalu lintas [6].

Pola perilaku pengemudi yang mengantuk dapat dilihat dari beberapa ciri-ciri, yaitu intensitas kedipan mata yang tinggi, mulut yang lebih sering menguap, dan gerakan kepala yang tiba-tiba jatuh. Tingkat rasa kantuk dapat dilihat dari pergerakan mata, antara lain adanya gerakan pupil, frekuensi berkedip yang lebih sedikit, dan mulut yang menguap [4][7].

Untuk dapat mengenali kondisi mengantuk pada pengemudi, dapat dimanfaatkan teknologi yang bernama *computer vision*. *Computer vision* merupakan suatu teknologi yang dapat menjadikan komputer menjadi alat yang memiliki kemampuan untuk melihat dan mengenali bentuk mata dan otak manusia. Pada saat *computer vision* dipadukan dengan *machine learning* maka dapat digunakan untuk memahami dan menirukan sifat manusia dengan baik [8]. Deteksi sistem pengenalan wajah merupakan sebuah teknologi *computer vision* dan *artificial intelligence* yang didasarkan pada pengaturan suatu fitur tanpa mengabaikan fitur lainnya [9].

Berdasarkan permasalahan di atas, untuk menekan angka kecelakaan yang terjadi dapat diwujudkan dengan memasang alat pendeteksi rasa kantuk pengemudi di mobil. Caranya adalah dengan memasang kamera yang dihubungkan dengan laptop yang sudah diprogram, kemudian ketika program sudah mulai dijalankan, ketika pengemudi terdeteksi mengantuk maka alarm akan berbunyi agar pengemudi mendapatkan kesadarannya kembali.

## 2. Material and methods

### Biometrik

Biometrik merupakan pengenalan seorang individu yang didasarkan pada karakteristik biologis atau tingkah laku mereka. Informasi yang diperoleh dari biometrik dapat digunakan untuk mengidentifikasi seorang individu secara akurat dengan menggunakan sidik jari, suara, wajah, iris mata, tulisan tangan, atau geometri tangan dan sebagainya [10]. Biometrika berarti mengukur karakteristik pembeda (*distinguishing traits*) pada badan atau perilaku seseorang yang digunakan untuk melakukan pengenalan secara otomatis terhadap identitas orang tersebut, dengan membandingkannya dengan karakteristik yang sebelumnya sudah disimpan dalam *database* [11]. Sistem biometrik pada dasarnya merupakan sistem pengenalan pola yang mengenali seseorang dengan menentukan keaslian fisiologis khusus atau karakteristik yang dimiliki oleh seseorang [12].

### Pengenalan dan Pendeteksian Wajah

Wajah merupakan bagian tubuh yang sangat unik. Hal ini karena bentuk wajah antara manusia yang satu dengan lainnya berbeda, walaupun anak kembar. Anak kembar memanglah memiliki wajah yang sama, akan tetapi fitur dan pola wajahnya tidak akan sama persis. Maka dari itu, pengenalan wajah dapat dilakukan dengan mengenali pola wajah seseorang. Pengenalan wajah merupakan teknologi pada bidang pengolahan citra yang berfungsi untuk pengidentifikasian identitas ataupun informasi mengenai seorang individu. Pengenalan wajah terdiri atas dua bagian, yaitu dikenali atau tidak dikenali, sesuai dengan pola yang telah dibandingkan yang telah disimpan pada *database* [13][14]. Suatu metode agar wajah tersebut dapat di deteksi agar dapat dikenali dengan cara melakukan langkah-langkah salah satunya ekstraksi wajah disebut pendeteksian wajah [15].

### Ekspresi Mengantuk

Mengantuk (*drowsiness*) merupakan keadaan seorang individu antara sadar dan tidur. Mengantuk biasanya disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya yaitu kelelahan, kerja *shift*, kurangnya waktu tidur, dll. Pola perilaku pengemudi yang mengantuk, yaitu misalnya mata akan berkedip lebih cepat, mata yang tertutup lebih lama, gerakan pandangan yang lambat kelopak mata mulai berat, mulut sering menguap, bahkan kepala tiba-tiba jatuh dan tidak seimbang akibat menahan kantuk [4][16].

Status fungsional pengemudi dapat dinilai dengan melakukan pengukuran yang dicatat dengan mudah, non-invasif, dan handal. Hal ini dapat dilakukan berdasarkan pergerakan mata dan kelopak mata. PERCLOS (*Percentage of Eye Closure*), yaitu persentase mata tertutup yang nilainya lebih dari 80% yang terjadi selama satu menit agar mendapatkan rata-rata lamanya mata tertutup [17][18].

Parameter kantuk yang umum terjadi adalah *microsleep* yang merupakan suatu fenomena dimana seorang individu kehilangan kesadarannya akibat kelelahan atau mengantuk. *Microsleep* terjadi berkisar antara 1 detik hingga 2 menit, namun durasinya dapat bertambah lama jika pengemudi benar-benar telah memasuki fase tidur. *Microsleep* biasanya terjadi jika seorang individu melakukan aktivitas yang monoton, seperti berkendara [19].

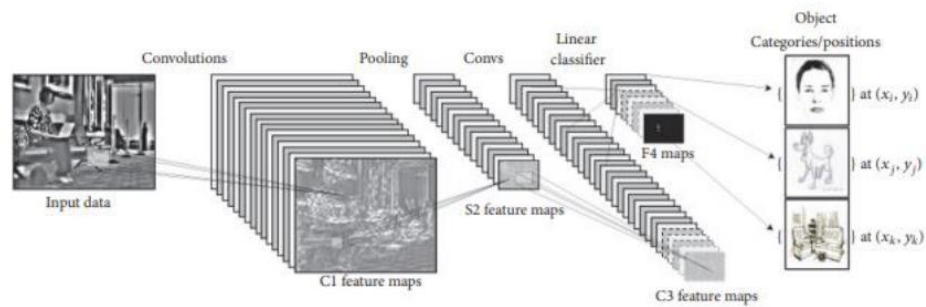
### Pengolahan Citra Digital

Citra ialah gambar pada bidang dua dimensi yang merupakan fungsi yang terjadi secara terus-menerus dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Citra dibagi atas dua, yaitu citra diam dan citra bergerak. Citra digital merupakan fungsi dua dimensi (2D),  $f(x,y)$  yang juga merupakan perwujudan fungsi intensitas cahaya, dimana nilai  $x$  dan  $y$  menunjukkan tingkat keabuan citra. Matriks pada citra digital memiliki baris dan kolom yang menyatakan suatu titik pada citra dan elemen matriksnya (elemen gambar atau *pixel*). Matriks citra digital berukuran  $N \times M$  (tinggi  $x$  lebar) [20][21].

Pengolahan citra digital merupakan suatu proses pembentukan informasi, dimana citra sebagai inputnya dan outputnya juga berupa citra atau bagian dari citra. Tujuan pengolahan citra ialah agar kualitas gambar lebih baik sehingga lebih mudah diinterpretasi oleh manusia maupun komputer [13].

### Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) ialah salah satu pengembangan dari *Artificial Neural Network* (ANN) atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang terinspirasi dari jaringan syaraf manusia dan dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengenali sebuah objek pada suatu citra. CNN bekerja dengan dua metode, yaitu *feedforward* (klasifikasi) dan *backpropagation* (tahap pembelajaran). Proses kerja CNN yaitu dengan mendeteksi adanya kesamaan dengan *Multi Layer Perceptron* (MLP), namun tidak seperti MLP yang neuronnya memiliki ukuran satu dimensi, pada CNN neuronnya berukuran dua dimensi.



**Gambar 1: Arsitektur CNN Untuk Computer Vision**

Tiga jenis lapisan dari CNN, yaitu *convolutional*, *pooling*, dan *fully connected*. Lapisan *convolutional* memiliki beberapa kernel filter yang dapat beradaptasi dengan semua jenis input gambar dan menghasilkan berbagai jenis *feature map*. *Feature map* adalah salah satu jenis *output* yang dihasilkan oleh proses *convolutional*. Lapisan berikutnya, *pooling*, akan bekerja dengan lapisan konvolusi untuk mengurangi ukuran *feature map* spasial dan mengaburkannya pada komputer jaringan. Dua strategi *downsampling* nonlinier yang paling umum digunakan untuk identifikasi invarian adalah *average pooling* dan *maximum pooling*. *Layer fully connected* sering digunakan untuk memastikan bahwa setiap neuron di layer tersebut, sejauh mungkin, terhubung dengan aktivasi layer sebelum layer tersebut mengaktifkan *feature map* ganda yang akan digabungkan ke dalam *feature map* tunggal [19].

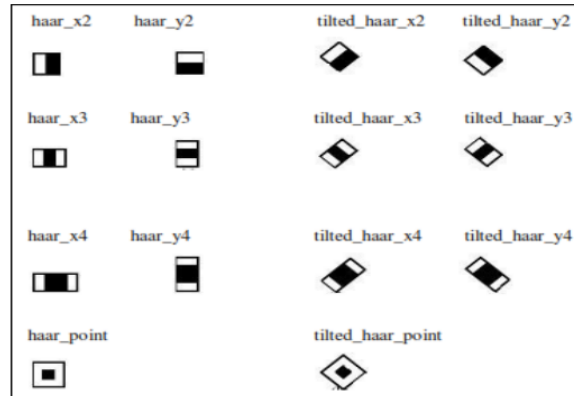
#### Metode Haar Cascade Classifier

Citra mata pada sebuah gambar dapat di proses pada *Open Cv* menggunakan teknik yang dipublikasikan pada tahun 2001 oleh Paul Viola dan Michael Jones. Biasanya disebut sebagai metode "*haar classifier*". Metode ini adalah metode berbasis model statistik (pengklasifikasi). Dengan menggunakan metode ini, sebuah objek dapat dianalisis kecocokannya dengan cara menganalisis *pixel* di setiap kotak. Setiap kotak memiliki beberapa *pixel*. Selanjutnya, setiap kotak akan naik dan akhirnya turun karena perbedaan nilai ambang batas yang sesuai dengan daerah gelap dan terang. Nilai tersebut disebut sebagai dasar pemrosesan citra.

$$F(Haar) = \sum F_{white} - \sum F_{black} \quad (1)$$

Metode untuk mendeteksi objek dalam gambar mengikuti empat prinsip dasar berikut ini [16].

1. *Training data*
2. Fitur *Haar* (persegiempat).
3. *Integral image* agar pendeteksian fitur lebih cepat.
4. Pengklasifikasian *Cascade Classifier* agar semua fitur terhubung.



**Gambar 2: Macam-macam Variasi *Feature Haar***

### **Open CV**

*Open CV (Open Source Computer Vision Library)* merupakan suatu alat untuk proses pengambilan gambar secara *real time*. *Open CV* dijalankan dengan bahasa pemrograman, seperti, bahasa C, C++, Java, Python, dan Android dan tersedia di platform, seperti *Windows, Linux, OS X, Android, dan iOS*. *Open CV* memiliki banyak fitur, antara lain pengenalan wajah, pelacakan wajah, deteksi wajah, *kalman filtering*, dan bermacam jenis metode AI (*Artificial Intellegence*) dan tersedia berbagai algoritma sederhana yang berkaitan dengan *computer vision* untuk *low level*.

*Open CV* menerapkan metode *Computer Vision*, dimana komputer dapat melihat objek sama seperti manusia sehingga dapat mengambil keputusan dan melakukan aksi berdasarkan objek yang dideteksi. *Open CV* dapat dijalankan pada multi-platform sehingga dapat digunakan secara luas pada gambar atau video seperti, *face recognition, face detection, object tracking, road tracking*, dll [13].

### **Python**

*Python* dikenal sebagai bahasa pemrograman yang paling populer. Keunggulan dari *python* adalah sederhana dan serbaguna sehingga dapat digunakan pada tugas-tugas kompleks sekalipun. *Python* dapat digunakan dalam pemrograman pemrosesan gambar dan fitur pengenalan. *Python* juga memiliki pustaka untuk mendeteksi gerakan dan pengenalan wajah [13].

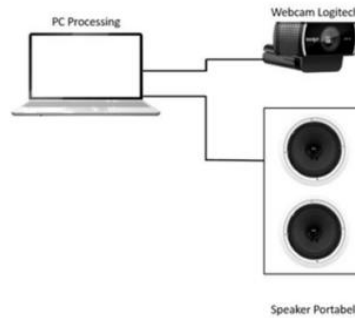
### **Prinsip Kerja**

Konsep dari alat yang akan dibuat adalah alat pendeteksi ekspresi wajah pada pengendara berbasis *image processing*. Pada perancangan pembuatan alat ini dimana alat ini berkerja secara otomatis, dimana sistem bekerja tanpa adanya kontrol dari luar sistem. Kendali sistem dikendalikan hanya melalui *Desktop* dengan metode *Convolution Netral Network (CNN)*. Prinsip kerja dari alat ini yaitu, dimulai dari menghubungkan catu daya, setelah sistem aktif dan *Desktop* menyala, maka pada *Desktop* aktifkan *software Open CV* yang telah dibuat, dan dilanjutkan dengan percobaan pendeteksian wajah pengendara, jika wajah yang dideteksi berekspresi mengantuk maka alat akan menunjukkan bahwa pengendara sedang mengantuk melalui speaker dan memberi peringatan ke pengendara untuk berhati-hati dalam berkendara. Tetapi jika wajah yang terdeteksi tidak mengeluarkan mengantuk maka alat tidak akan merespon apapun.

### **Perancangan Hardware dan Software**

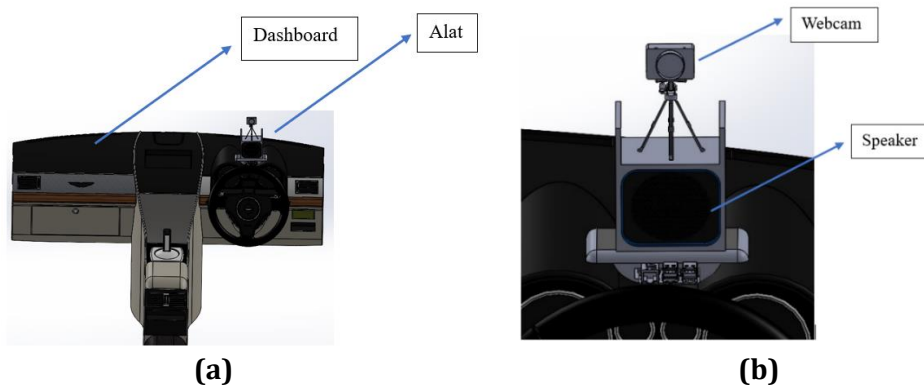
Perancangan *hardware* adalah proses pembuatan perangkat keras. Perancangan yang diterapkan bertujuan untuk menyederhanakan proses pembuatan perangkat keras dan mengurangi resiko kesalahan agar dapat mencapai hasil akhir yang optimal. Perancangan

hardware tugas akhir ini meliputi perancangan alat pendeteksi ekspresi wajah pada pengendara berbasis *image processing* dan perancangan rangkaian elektroniknya.



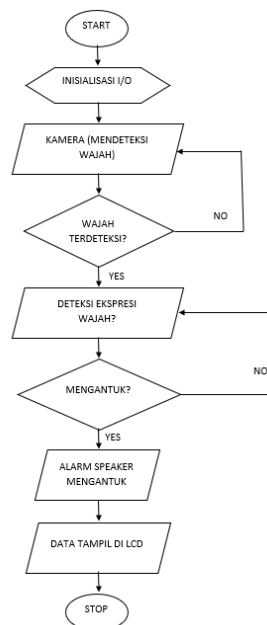
**Gambar 3: Skematik Rangkaian**

Perancangan mekanik alat dibuat agar mendapatkan gambaran nyata atas bentuk fisik dari alat yang akan dirancang dan juga agar mengetahui dimana harus meletakkan komponen penyusun alat. Perancangan mekanik ini dibuat dalam bentuk 3D untuk mempermudah proses perakitan alat.



**Gambar 4: Desain 3D (a) Tampak Keseluruhan, (b) Tampak lebih dekat**

Berikut ini diagram alir dari alat pendeteksi ekspresi wajah mengantuk pada saat berkendara.



**Gambar 5: Flowchart Alat Pendeteksi Wajah Mengantuk Pada Saat Berkendara**

### 3. Results and discussion

Pengujian merupakan langkah penting yang harus dilakukan untuk memastikan perangkat dan program yang dibuat dapat berfungsi dengan baik sesuai rencana. Suatu perangkat atau program dapat dikatakan berfungsi dengan baik apabila telah diuji sesuai dengan kemampuan operasional perangkat tersebut. Pengujian dilakukan untuk memperbaiki rangkaian jika terdapat kesalahan pada saat pengujian atau untuk mengevaluasi kinerja dari sistem yang dibuat agar memperoleh kinerja yang lebih baik. Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh data hasil akhir dan bukti yang membuktikan bahwa perangkat keras yang diproduksi dapat berfungsi dengan baik dan juga dapat digabungkan dengan perangkat lunak.



Gambar 6: Alat Pendeteksi Ekspresi Mengantuk

Pengujian yang akan dilakukan pertama kali adalah pengujian pengenalan wajah. Pengujian yang dilakukan dimaksudkan untuk menguji apakah alat dapat mendeteksi wajah dan mendeteksi rasa kantuk pada seorang individu. Berikut adalah tabel pengujian pendeteksian ekspresi mengantuk.

**Table 1: Pengujian Ekspresi Mengantuk**

Percobaan Ke	Keadaan	Cahaya	Keterangan	Waktu Deteksi (S)
1	Mengantuk	Terang	Terdeteksi	0.5
2	Mengantuk	Terang	Tidak Terdeteksi	-
3	Mengantuk	Gelap	Terdeteksi	0.8
4	Mengantuk	Gelap	Terdeteksi	0.7
5	Mengantuk	Terang	Terdeteksi	0.7
6	Tidak Mengantuk	Gelap	Terdeteksi	0.1
7	Tidak Mengantuk	Terang	Terdeteksi	0.1
8	Tidak Mengantuk	Gelap	Terdeteksi	0.1
9	Tidak Mengantuk	Gelap	Terdeteksi	0.1
10	Tidak Mengantuk	Terang	Terdeteksi	0.1

Sistem yang dirancang diharapkan dapat berjalan dengan baik, yaitu ketika sistem dihidupkan, maka kamera akan mulai mendeteksi ekspresi wajah pengemudi mobil, jika ekspresi wajah mengantuk terdeteksi maka sistem akan mengidentifikasi ekspresi wajah tersebut, jika ekspresi wajah dikenali dan cocok dengan *database* maka speaker akan mengeluarkan bunyi “beep” agar pengemudi mendapatkan kesadarannya kembali. Berikut tabel pengujian alat secara keseluruhan.

**Table 2: Pengujian Alat Secara Keseluruhan**

Percobaan Ke	Keadaan	Speaker Berbunyi	Waktu Deteksi (S)	Waktu Speaker (S)	Output Speaker
1	Mengantuk	Ya	0.5	3	Beep
2	Mengantuk	Tidak	-	-	-
3	Mengantuk	Ya	0.8	4	Beep
4	Mengantuk	Ya	0.7	3.5	Beep
5	Mengantuk	Tidak	0.7	3	Beep

#### 4. Conclusion

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa alat pendeteksi ekspresi mengantuk dapat berjalan dengan baik. Alat dapat mendeteksi keadaan atau ekspresi mengantuk dan tidak mengantuk pada pengemudi. Ketika ekspresi mengantuk terdeteksi maka speaker akan mengeluarkan bunyi “beep”. Proses pendeteksian ekspresi terjadi di detik 0,5 hingga 0,8 detik. Untuk ekspresi tidak mengantuk terdeteksi, speaker tidak akan mengeluarkan bunyi apapun. Untuk waktu pendeteksian pun berada di titik konstan yaitu 0,1 detik.

#### References

- [1] S. A. De Wibowo A, “Pengenalan Ekspresi Wajah Menggunakan Teknik Filter Wavelet Gabor,” *Fidelity : Jurnal Teknik Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 1–4, 2021.
- [2] J. Dedy Irawan and E. Adriantantri, “Pendeteksi Mengantuk Menggunakan Library Python,” 2019.
- [3] C. Jacobé de Naurois, C. Bourdin, A. Stratulat, E. Diaz, and J. L. Vercher, “Detection and prediction of driver drowsiness using artificial neural network models,” *Accid Anal Prev*, vol. 126, pp. 95–104, May 2019, doi: 10.1016/j.aap.2017.11.038.
- [4] K. H. T. Amirullah Mustofa, “Sistem Peringatan Dini Menggunakan Deteksi Kemiringan Kepala pada Pengemudi Kendaraan Bermotor yang Mengantuk,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 7, no. 2, pp. F281–F286, 2018.
- [5] C. Jacobé de Naurois, C. Bourdin, C. Bougard, and J. L. Vercher, “Adapting artificial neural networks to a specific driver enhances detection and prediction of drowsiness,” *Accid Anal Prev*, vol. 121, pp. 118–128, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.aap.2018.08.017.
- [6] Y. Albadawi, M. Takruri, and M. Awad, “A Review of Recent Developments in Driver Drowsiness Detection Systems,” *Sensors*, vol. 22, no. 5. MDPI, Mar. 01, 2022. doi: 10.3390/s22052069.
- [7] E. Lety Istikhomah Puspita Sari, I. Ketut Agung Enriko, J. Gegerkalong Hilir No, J. DI Panjaitan No, and J. Tengah, “Sistem Peringatan Tersemaat untuk Pengemudi Mengantuk Embedded Alert System for Drowsy Drivers,” 2023. [Online]. Available: <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE>



- [8] T. Cut Al-Saidina Zulkhaidi, E. Maria, P. Studi Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak, and P. Pertanian Negeri Samarinda, "Pengenalan Pola Bentuk Wajah dengan OpenCV," *JURTI*, vol. 3, no. 2, 2019.
- [9] A. Wahyu Wibowo, A. Karima, A. Yobioktabera, S. Fahriah, J. Teknik Elektro, and P. Negeri Semarang, "Pendeteksian dan Pengenalan Wajah Pada Foto Secara Real Time Dengan Haar Cascade dan Local Binary Pattern Histogram."
- [10] F. Suthar, "Fingerprint Recognition In Biometric Security Systems," vol. 01, no. 02, pp. 44–49, 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.11683.17441.
- [11] Sumijan, P. A. W. Purnama, and S. Arlis, *Teknologi Biometrik: Implementasi pada Bidang Medis Menggunakan Matlabs*. Insan Cendekia Mandiri, 2021.
- [12] M. S. Purba, "Perancangan Sistem Identifikasi Biometrik Iris Mata Menggunakan Metode Transformasi Hough," 2020.
- [13] T. Susim, C. Darujati, and I. Artikel, "Pengolahan Citra Untuk Pengenalan Wajah (Face Recognition) Menggunakan Opencv," *Jurnal Syntax Admiration*, vol. 2, no. 3, 2021.
- [14] I. Gusman and R. Mukhaiyar, "Sistem Buka Tutup Pintu Otomatis Berbasis Sensor Wajah," vol. 4, no. 2, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.400.
- [15] A. Wahyu Wibowo, A. Karima, A. Yobioktabera, S. Fahriah, J. Teknik Elektro, and P. Negeri Semarang, "Pendeteksian dan Pengenalan Wajah Pada Foto Secara Real Time Dengan Haar Cascade dan Local Binary Pattern Histogram."
- [16] S. Maslikah, R. Alfita, and A. F. Ibadillah, "Sistem Deteksi Kantuk Pada Pengendara Roda Empat Menggunakan Eye Blink Detection".
- [17] J. Wörle, B. Metz, C. Thiele, and G. Weller, "Detecting sleep in drivers during highly automated driving: The potential of physiological parameters," *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 13, no. 8, pp. 1241–1248, Aug. 2019, doi: 10.1049/iet-its.2018.5529.
- [18] Y. Albadawi, M. Takruri, and M. Awad, "A Review of Recent Developments in Driver Drowsiness Detection Systems," *Sensors*, vol. 22, no. 5. MDPI, Mar. 01, 2022. doi: 10.3390/s22052069.
- [19] C. A. Saputra, D. Erwanto, P. N. Rahayu, and I. Kadiri, "Deteksi Kantuk Pengendara Roda Empat Menggunakan Haar Cascade Classifier Dan Convolutional Neural Network," *JEECOM*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [20] F. Denta Sukma and R. Mukhaiyar, "Alat Pendeteksian Ekspresi Wajah pada Pengendara Berbasis Image Processing," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 3, no. 2, 2022, doi: 10.24036/jtein.v3i2.261.
- [21] A. Chairri and R. Mukhaiyar, "Sistem Kontrol Color Sorting Machine dengan Pengolahan Citra Digital," vol. 4, no. 1, pp. 387–396, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i1.393.