

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI TEKNOLOGI *FACE TRACKING*
DAN *FACIAL LANDMARK* UNTUK DETEKSI
PENGEMUDI MENGANTUK MENGGUNAKAN
*CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

I Putu Agus Wira Kusuma

NIM. 2115354017

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
REKAYASA PERANGKAT LUNAK JURUSAN
TEKNOLOGI INFORMASI
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penerapan teknologi *computer vision* berbasis *deep learning* telah menjadi pendekatan yang efektif dalam meningkatkan keselamatan berkendara, khususnya dalam deteksi dini terhadap kondisi mengantuk pada pengemudi. Mengantuk saat mengemudi merupakan salah satu penyebab utama kecelakaan lalu lintas, sehingga diperlukan sistem yang mampu melakukan deteksi secara *real-time* dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi kantuk pengemudi berbasis mobile dengan memanfaatkan teknologi *face tracking*, *facial landmark detection*, serta *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk mengklasifikasikan kondisi mata dan mulut. Dataset yang digunakan terdiri dari dua bagian utama, yaitu citra mata (terbuka dan tertutup) serta citra mulut (menganga dan tidak menganga), yang digunakan sebagai indikator utama untuk menghitung nilai *Eye Aspect Ratio (EAR)* dan *Mouth Aspect Ratio (MAR)*. Arsitektur CNN yang digunakan dalam penelitian ini adalah *MobileNetV2*, yang telah dilatih sebelumnya pada dataset *ImageNet* untuk mempercepat proses pelatihan dan meningkatkan akurasi. Hasil pelatihan model menunjukkan bahwa model klasifikasi mata mencapai akurasi validasi sebesar 98%, sedangkan model klasifikasi mulut mencapai akurasi sebesar 96%. Sistem ini dikembangkan dalam bentuk aplikasi Android bernama *DrowsyGuard*, yang mampu mendeteksi kondisi mengantuk secara otomatis dan memberikan peringatan suara sebagai tindakan pencegahan. Pengujian sistem menggunakan metode *black box* menunjukkan bahwa seluruh fungsionalitas aplikasi berjalan sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam menciptakan teknologi keselamatan berkendara yang adaptif dan mudah diakses melalui perangkat mobile.

Kata Kunci: Deteksi Kantuk, Face Tracking, Facial Landmark, Convolutional Neural Network, MobileNetV2.

ABSTRACT

The application of computer vision technology based on deep learning has become an effective approach to enhancing driving safety, particularly in the early detection of driver drowsiness. Drowsiness while driving is one of the leading causes of traffic accidents, necessitating a system capable of real-time and accurate detection. This research aims to design and implement a mobile-based driver drowsiness detection system by integrating face tracking, facial landmark detection, and Convolutional Neural Network (CNN) to classify eye and mouth conditions. The dataset used consists of two main parts, namely eye images (open and closed) and mouth images (yawning and not yawning), which serve as key indicators for calculating the Eye Aspect Ratio (EAR) and Mouth Aspect Ratio (MAR). The CNN architecture employed in this study is MobileNetV2, which has been pre-trained on the ImageNet dataset to accelerate the training process and improve accuracy. The model training results show that the eye classification model achieved a validation accuracy of 98%, while the mouth classification model achieved an accuracy of 96%. The system was developed into an Android application called DrowsyGuard, capable of automatically detecting signs of drowsiness and issuing audible warnings as a preventive measure. System testing using the black box method confirmed that all application functionalities operated according to the designed specifications. This study is expected to contribute to the development of accessible and adaptive driving safety technologies through mobile platforms.

Keywords: *Drowsiness Detection, Face Tracking, Facial Landmark, Convolutional Neural Network, MobileNetV2.*

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Sebelumnya	5
2.2. Landasan Teori	6
2.2.1. Deteksi Kantuk	6
2.2.2. Face Tracking dan Facial Landmark.....	8
2.2.3. Deep Learning.....	9
2.2.4. Convolutional Neural Network.....	9
2.2.5. MobileNetV2	10
2.2.6. Dataset	11
2.2.7. Confusion Matrix	11
2.2.8. Classification Report.....	11
2.2.9. Waterfall.....	12
2.2.10. Python	13
2.2.11. Java	14
2.2.12. Flowchart	14
2.2.13. UML (Language Unified Model).....	15
2.2.14. Black-Box Testing	16
BAB III METODE PENELITIAN	17

3.1. Objek dan Metode Penelitian	17
3.1.1. Objek Penelitian.....	17
3.1.2. Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.1.3. Metode Pengumpulan Data.....	18
3.1.4. Dataset Yang Digunakan.....	19
3.1.5. Metode Pengembangan Sistem.....	20
3.2. Analisis Kondisi Eksisting	21
3.2.1. Analisis Sistem Berjalan	21
3.2.2. Analisis Sistem Baru	22
3.3. Rancangan Penelitian	23
3.3.1. Arsitektur Sistem.....	23
3.3.2. Kebutuhan Sistem	24
3.3.3. Desain Proses	25
3.4. Pengujian Penelitian	27
3.5. Hasil Yang Diinginkan	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1. Hasil Implementasi Sistem	30
4.1.1. Dataset Yang Digunakan.....	30
4.1.2. Perancangan Model.....	31
4.1.3. Pelatihan Model CNN.....	32
4.1.4. Klasifikasi Model yang Digunakan	38
4.1.5. Tampilan Aplikasi	39
4.2. Hasil Pengujian Sistem	44
4.2.1. Pengujian Fungsi Sistem.....	44
4.2.2. Pengujian Model CNN – Eye Model.....	45
4.2.3. Pengujian Model CNN – Mouth Model	47
4.2.4. Pengujian pada Kondisi Non-Manusia	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1. Kesimpulan.....	50
5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Struktur Confusion Matrix	11
Tabel 2. 2 Flowchart	14
Tabel 3. 1 Tabel Perangkat Keras.....	24
Tabel 3. 2 Tabel Perangkat Lunak.....	24
Tabel 4. 1 Jumlah Dataset	31
Tabel 4. 2 Pengujian Fungsi Sistem.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi nilai $p1$ hingga $p6$ pada mata terbuka dan tertutup	7
Gambar 2. 2 Ilustrasi nilai $p1$ hingga $p6$ pada mulut.....	8
Gambar 2. 3 Hasil Facial landmark.....	9
Gambar 2. 4 Metode Waterfall	12
Gambar 3. 1 Struktur Dataset	19
Gambar 3. 2 Flowmap Sistem Baru	22
Gambar 3. 3 Arsitektur Sistem	23
Gambar 3. 4 Use Case Diagram	25
Gambar 3. 5 Activity Diagram	26
Gambar 4. 1 Struktur Dataset	30
Gambar 4. 2 Contoh Dataset	31
Gambar 4. 3 Antarmuka Sistem	40
Gambar 4. 4 Deteksi Kantuk Status Normal	41
Gambar 4. 5 Deteksi Kantuk Status Mengantuk!.....	42
Gambar 4. 6 Deteksi Kantuk Status Deteksi Awal Kantuk	43
Gambar 4. 7 Classification Report – Eye Model.....	45
Gambar 4. 8 Confusion Matrix – Eye Model.....	46
Gambar 4. 9 Classification Report – Mouth Model	47
Gambar 4. 10 Confusion Matrix – Mouth Model	48
Gambar 4. 1 Struktur Dataset	30
Gambar 4. 2 Contoh Dataset	31
Gambar 4. 3 Antarmuka Sistem	40
Gambar 4. 4 Deteksi Mengantuk Status Normal.....	41
Gambar 4. 5 Deteksi Mengantuk Status Mengantuk!	42
Gambar 4. 6 Deteksi Mengantuk Status Deteksi Awal Kantuk.....	43
Gambar 4. 7 Classification Report – Eye Model.....	45
Gambar 4. 8 Confusion Matrix – Eye Model.....	46
Gambar 4. 9 Classification Report – Mouth Model	47
Gambar 4. 10 Confusion Matrix – Mouth Model	48
Gambar 4. 11 Pengujian Pada Binatang	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Form Pembimbing 1	54
Lampiran 2 Form Pembimbing 2.....	55
Lampiran 3 Pernyataan Telah Menyelesaikan Bimbingan	56
Lampiran 4 Lembar Perbaikan Komprehensif Penguji 1	57
Lampiran 5 Lembar Perbaikan Komprehensif Penguji 2	58
Lampiran 6 Lembar Perbaikan Komprehensif Penguji 3	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Keselamatan lalu lintas merupakan salah satu permasalahan serius yang dihadapi masyarakat modern. Data dari *World Health Organization (WHO)* mengungkapkan bahwa setiap tahunnya sekitar 1.35 juta jiwa meninggal akibat kecelakaan lalu lintas [1], dengan sekitar 20-30% kasus disebabkan oleh pengemudi yang mengantuk. Kondisi mengantuk saat mengemudi tidak hanya membahayakan pengemudi itu sendiri tetapi juga mengancam keselamatan pengguna jalan lainnya. Studi menunjukkan bahwa mengemudi dalam keadaan mengantuk memiliki tingkat bahaya yang setara dengan mengemudi dalam pengaruh alkohol.

Perkembangan teknologi komputer *vision* dan kecerdasan buatan membuka peluang baru dalam upaya mengatasi permasalahan ini. Teknologi *face tracking* dan *facial landmark detection* telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir, memungkinkan pemantauan kondisi pengemudi secara *real-time* tanpa memerlukan perangkat khusus yang mengganggu. Teknologi ini mampu mendeteksi dan melacak berbagai fitur wajah seperti mata, mulut, dan posisi kepala yang menjadi indikator penting dalam mengenali tanda-tanda kantuk pada pengemudi [2].

Dalam konteks ini, *Convolutional Neural Networks (CNN)* muncul sebagai salah satu pendekatan yang menjanjikan untuk menganalisis data *visual* dari *face tracking* dan *facial landmark*. *CNN* telah terbukti efektif dalam berbagai aplikasi *computer vision*, termasuk pengenalan wajah dan analisis ekspresi. Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa *CNN* mampu mencapai akurasi yang tinggi dalam klasifikasi kondisi kantuk, namun masih menghadapi tantangan dalam hal kecepatan pemrosesan untuk aplikasi *real-time* [3].

Berdasarkan permasalahan dan potensi teknologi yang ada, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi kantuk yang mengintegrasikan teknologi *face tracking* dan *facial landmark detection* menggunakan *CNN*. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan sistem yang tidak hanya akurat tetapi juga efisien dalam penggunaan sumber daya komputasi, sehingga dapat diimplementasikan dalam perangkat mobile [4]. *Integrasi* kedua teknologi ini memungkinkan pemantauan yang lebih komprehensif terhadap kondisi pengemudi, dengan mempertimbangkan berbagai parameter seperti

frekuensi kedipan mata, durasi penutupan mata, pola pergerakan kepala, dan ekspresi wajah yang mengindikasikan kantuk.

Pengembangan sistem ini menjadi semakin relevan mengingat meningkatnya kebutuhan akan solusi keselamatan yang dapat diimplementasikan secara praktis dan efektif. Dengan memanfaatkan kemajuan dalam bidang *computer vision* [5] dan *deep learning*, sistem yang diusulkan diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam upaya mengurangi angka kecelakaan lalu lintas [6] yang disebabkan oleh kondisi mengantuk saat mengemudi.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan beberapa permasalahan penelitian sebagai berikut :

- a) Bagaimana mengimplementasikan teknologi *face tracking* dan *facial landmark detection* secara terintegrasi untuk mendeteksi kondisi mengantuk pada pengemudi?
- b) Bagaimana menguji sistem deteksi mengantuk pada pengemudi berdasarkan data wajah yang diperoleh dari *face tracking* dan *facial landmark* secara *real-time* menggunakan metode *Convolutional Neural Networks (CNN)*, dengan metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*?

1.3. Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian dan memastikan hasil yang optimal, ditentukan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

- a) Sistem deteksi kantuk dikembangkan dan diuji dalam lingkungan terkontrol dengan pencahayaan yang memadai.
- b) Pengujian dilakukan pada subjek dalam posisi duduk yang merepresentasikan posisi mengemudi, dengan jarak antara kamera dan wajah berkisar antara 50-100 cm.
- c) *Dataset* yang digunakan untuk pelatihan model terbatas pada kondisi pengemudi dalam keadaan normal dan mengantuk, tidak termasuk kondisi ekstrem seperti pingsan atau tertidur lelap.
- d) Sistem dikembangkan dengan menggunakan kamera *handphone*, tanpa menggunakan sensor atau perangkat khusus lainnya.

- e) Sistem yang dikembangkan hanya sampai pada tahap pemodelan dan simulasi, termasuk proses praproses citra, pelatihan model, dan evaluasi performa model pada data uji.
- f) Implementasi sistem difokuskan pada deteksi kantuk melalui analisis fitur wajah, tidak mencakup faktor eksternal seperti kondisi jalan atau kendaraan.
- g) Sistem hanya dapat melakukan deteksi kantuk ketika aplikasi sedang aktif dan tampilan kamera terbuka, sehingga belum mendukung proses deteksi di latar belakang (*background*) saat pengguna menjalankan aplikasi lain.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan sebagai berikut :

- a) Mengimplementasikan teknologi *face tracking* dan *facial landmark detection* secara terintegrasi untuk mendeteksi kondisi mengantuk pada pengemudi dalam lingkungan aplikasi *mobile* berbasis *Android*.
- b) Menguji kinerja sistem deteksi kantuk yang dibangun berdasarkan data wajah yang diperoleh melalui *face tracking* dan *facial landmark* secara *real-time*, menggunakan metode *Convolutional Neural Networks (CNN)* dengan evaluasi berdasarkan metrik akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- a) Manfaat Teoritis:
 - a. Memberikan kontribusi pada pengembangan metode deteksi kantuk berbasis *computer vision* dan *deep learning*.
 - b. Menyediakan landasan untuk penelitian lebih lanjut dalam bidang sistem keselamatan berbasis *artificial intelligence*.
 - c. Menghasilkan pengetahuan baru tentang integrasi teknologi *face tracking* dan *facial landmark detection* dalam aplikasi.
- b) Manfaat Praktis:
 - a. Menghasilkan sistem yang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan keselamatan pengemudi.
 - b. Memberikan solusi teknologi yang dapat diterapkan dalam berbagai jenis kendaraan untuk mencegah kecelakaan akibat kantuk.
 - c. Menyediakan *platform* pengembangan untuk sistem keselamatan kendaraan yang lebih komprehensif.

- d. Berkontribusi pada upaya pengurangan angka kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh kondisi mengantuk saat mengemudi.

1.6. Sistematika Penulisan

Terdapat sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini untuk memudahkan pembaca dalam memahami isi dari penelitian ini. Skripsi ini disusun berdasarkan dari beberapa bab yaitu seperti berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan memaparkan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan. Bab ini menjelaskan gambaran awal dari topik dan penelitian yang dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan secara singkat literatur yang digunakan sebagai landasan teori yang berisi pembahasan dari penelitian terdahulu. Di dalam bab ini juga menjelaskan tentang kajian teori dan pustaka-pustaka yang digunakan sebagai pendukung dalam skripsi ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini memaparkan tentang metode penelitian, termasuk objek penelitian, waktu dan tempat penelitian, metode pengumpulan data, metode pengembangan sistem, analisis sistem dan perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan hasil dan pembahasan dari pengimplementasian sistem yang telah dibuat, pengujian model, serta perbandingan hasil yang diperoleh dari penelitian sebelumnya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memaparkan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan sistem yang lebih baik kedepannya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melalui proses perancangan, implementasi, dan pengujian, aplikasi *DrowsyGuard* berhasil dikembangkan sebagai sistem deteksi mengantuk berbasis Android menggunakan Java di lingkungan *Android Studio*, dengan dukungan teknologi *ML Kit* untuk deteksi wajah dan *TensorFlow* untuk inferensi model *CNN*. Aplikasi dirancang untuk memantau kondisi mata dan mulut pengguna secara *real-time* guna mengidentifikasi tanda-tanda mengantuk selama berkendara.

1. Keberhasilan Implementasi Sistem

Aplikasi berhasil diimplementasikan secara fungsional dan stabil pada perangkat Android. Sistem memanfaatkan *ML Kit* untuk mendeteksi wajah dan titik *landmark* utama (mata dan mulut), kemudian menggunakan dua model *CNN* yang dijalankan dengan *TensorFlow Lite* untuk mengklasifikasi kondisi mata (terbuka/tertutup) dan aktivitas mulut (normal/menguap). Hasil inferensi digunakan untuk menentukan status mengantuk pengguna. Seluruh proses berjalan secara offline, *real-time*, dan ringan, sesuai dengan spesifikasi perangkat bergerak.

2. Performa Model Deteksi Kantuk

Model *CNN* untuk klasifikasi mata menunjukkan akurasi yang sangat tinggi, dengan nilai akurasi validasi mencapai 98%, serta *precision* dan *recall* yang seimbang di atas 96%. Sementara itu, model klasifikasi mulut memiliki akurasi 65%, dengan *recall* rendah pada kelas *yawn*. Meskipun performa model mulut masih dapat ditingkatkan, kombinasi kedua model cukup efektif mendeteksi potensi mengantuk secara *real-time*.

3. Efisiensi dan Kelayakan Penggunaan di Dunia Nyata

Seluruh proses deteksi berlangsung di perangkat tanpa perlu koneksi internet, menjadikan aplikasi ini sangat praktis untuk digunakan di kendaraan. Dengan waktu inferensi kurang dari satu detik dan integrasi antarmuka yang sederhana, *DrowsyGuard* layak digunakan sebagai alat bantu keselamatan yang memperingatkan pengguna ketika terindikasi mengantuk. Arsitektur modular memungkinkan pengembangan lebih lanjut tanpa mengganggu kestabilan sistem.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas sistem dan memperluas penerapannya di masa mendatang, berikut beberapa saran pengembangan yang dapat dilakukan:

1. Peningkatan Dataset untuk Model CNN

Performa model deteksi yawn masih dapat ditingkatkan dengan memperbanyak data pelatihan pada kelas menguap, termasuk variasi sudut wajah, pencahayaan, dan ekspresi wajah. Data dengan atribut seperti penggunaan masker, kacamata, atau jenggot juga penting untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model di kondisi nyata.

2. Kalibrasi Kamera dan Kualitas Pencahayaan

Akurasi deteksi sangat bergantung pada pencahayaan dan posisi wajah. Penambahan fitur pendeteksi cahaya atau overlay panduan posisi wajah akan sangat membantu pengguna dalam memastikan kamera menangkap wajah dengan optimal, terutama dalam kondisi pencahayaan rendah.

3. Peningkatan Interaksi dan Notifikasi Pengguna

Antarmuka dapat ditingkatkan dengan indikator visual dan suara yang lebih responsif, seperti status deteksi (“Mengantuk”, “Normal”), progress bar saat proses inferensi, serta peringatan audio ketika pengguna terdeteksi mengantuk. Penambahan statistik riwayat mengantuk juga dapat menjadi fitur tambahan yang berguna bagi pengguna untuk memantau kebiasaan berkendara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. K. Ahmed *dkk.*, “Road traffic accidental injuries and deaths: A neglected global health issue,” *Health Sci Rep*, vol. 6, no. 5, Mei 2023, doi: 10.1002/hsr2.1240.
- [2] S. Sugeng dan T. N. Nizar, “Deteksi Aktivitas Mata, Mulut Dan Kemiringan Kepala Sebagai Fitur Untuk Deteksi Kantuk Pada Pengendara Mobil,” *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, vol. 12, no. 1, hlm. 83–91, Mei 2023, doi: 10.34010/komputika.v12i1.9688.
- [3] H. Akbar, D. Aryani, S. Junaedi, H. Akbar Prodi Magister Ilmu Komputer, dan F. Ilmu Komputer, “Deteksi Kantuk Pengendara Mobil Berbasis Citra Menggunakan Convolutional Neural Networks”.
- [4] S. Peringatan Dini Kantuk pada Pengemudi Malam Hari, I. Komang Yoga Tri Pranata, C. Ramadhani, dan G. Wahyu Wiriasto, “Menggunakan Metoda Facial Landmark Detection Berbasis Raspberry PI 3 Modul B,” vol. 10, no. 2, hlm. 100–111, 2023.
- [5] A. Aqsha Ramadhana Lubis, S. Indah Purnama, M. Aly Afandi, P. S. Studi, T. Telekomunikasi, dan F. Teknik Telekomunikasi dan Elektro, “Sistem Pendeteksi Kantuk Berbasis Metode Haar Cascade Untuk Aplikasi Computer Vision Sleepiness Detection System Based on Haar Cascade Method for Computer Vision Applications.”
- [6] P. Jalan, R. Dalam, M. Kecelakaan, H. Triana, dan U. Enri, “Penerapan Deep Learning Pada Kamera,” 2022.
- [7] C. Kurniawan Umbu Nggiku, A. Rabi, dan S. Subairi, “Deteksi Kantuk Untuk Keamanan Berkendara Berbasis Pengolahan Citra,” *Jurnal JEETech*, vol. 4, no. 1, hlm. 48–56, Sep 2023, doi: 10.32492/jeetech.v4i1.4107.
- [8] Mr. Pradeep V, Namratha, Nisha Tellis, Shravya, dan Vshker Mayengbam, “A Review on Eye Aspect Ratio Technique,” *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, hlm. 98–100, Jan 2023, doi: 10.48175/ijarsct-7843.
- [9] R. G. Suriyan, “Driver’s Drowsiness Detection by Analyzing Yawning and Eye Closure,” *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2022, [Daring]. Tersedia pada: www.irjet.net
- [10] R. R. Hajar *dkk.*, “DETEKSI WAJAH BERBASIS FACIAL LANDMARK MENGGUNAKAN OPENCV DAN DLIB,” *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 2, 2021.
- [11] Purwono, A. Ma’arif, W. Rahmani, H. I. K. Fathurrahman, A. Z. K. Frisky, dan Q. M. U. Haq, “Understanding of Convolutional Neural Network (CNN): A Review,” *International Journal of Robotics and Control Systems*, vol. 2, no. 4, hlm. 739–748, 2022, doi: 10.31763/ijrcs.v2i4.888.

- [12] J. Zophie, H. Himawan Triharminto, D. Elektronika, dan A. Angkatan Udara, “Implementasi Algoritma You Only Look Once (YOLO) menggunakan Web Camera untuk Mendeteksi Objek Statis dan Dinamis Implementation of You Only Look Once (YOLO) Algorithm using Web Camera for Static dan Dynamic Object Detection,” vol. 1, no. 1, 2022.
- [13] D. Krstinić, M. Braović, L. Šerić, dan D. Božić-Štulić, “Multi-label Classifier Performance Evaluation with Confusion Matrix,” Academy and Industry Research Collaboration Center (AIRCC), Jun 2020, hlm. 01–14. doi: 10.5121/csit.2020.100801.
- [14] N. T. Santoso, H. Sifaulloh, A. Prasetyo, dan M. A. Yaqin, “Analisis dan Perancangan Software Penggajian Personil Proyek Menggunakan Metode Waterfall,” *ILKOMNIKA: Journal of Computer Science and Applied Informatics*, vol. 5, no. 3, hlm. 244–253, Des 2023, doi: 10.28926/ilkomnika.v5i3.336.
- [15] Nurhaliza Khesya, “MENGENAL FLOWCHART DAN PSEUDOCODE DALAM ALGORITMA DAN PEMROGRAMAN,” 2021.
- [16] M. Gregoire, “Introduction to UML,” dalam *Professional C++*, Wiley, 2021, hlm. 1213–1217. doi: 10.1002/9781119695547.app4.
- [17] D. Wintana, D. Pribadi, dan M. Y. Nurhadi, “Analisis Perbandingan Efektifitas White-Box Testing dan Black-Box Testing,” 2022. [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/larik>