

DETEKSI *MICROSLEEP* PADA PENGENDARA MOBIL MENGGUNAKAN *HAAR CASCADE CLASSIFIER* DAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*

Microsleep Detection in Car Drivers Using Haar Cascade Classifier and Convolutional Neural Network

Raden Satria Yudha Purba Jagad¹⁾, Aryo Nur Utomo²⁾

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi Informasi

Institut Sains dan Teknologi Nasional

Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jakarta Selatan 12640

Telp. (021) 7874647, Fax. (021) 7866955

¹⁾yudhapurbajagad@gmail.com, ²⁾aryo.nurutomo@gmail.com

ABSTRAK

Kecelakaan dapat terjadi dikarenakan beberapa faktor, salah satunya faktor manusia akibat kelelahan dan mengantuk, sehingga terjadinya *microsleep* dalam keadaan berkendara. Penelitian sebelumnya memanfaatkan *Haar Cascade Classifier* untuk mendeteksi wajah secara *real-time* dari *webcam* (Abidin, 2018). Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem deteksi *microsleep* dengan beberapa tahap, termasuk identifikasi mata melalui *Haar Cascade Classifier*, deteksi kondisi mata terbuka/tutup melalui *Convolutional Neural Network*, dan pendeteksian kantuk berdasarkan teori *microsleep*. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa intensitas cahaya terbaik 80-450 Lux (kondisi cahaya normal sampai terang) dengan jarak terbaik ada pada 60 cm.

Kata Kunci: Kecelakaan lalu lintas, *microsleep*, *Haar Cascade Classifier*, *Convolutional Neural Network*

ABSTRACT

Accidents can occur due to several factors, one of which is human factors due to fatigue and drowsiness, resulting in *microsleep* while driving. Previous research utilized the *Haar Cascade Classifier* to detect faces in *real-time* from a *webcam* (Abidin, 2018). This research focuses on developing a *microsleep* detection system with several stages, including eye identification via the *Haar Cascade Classifier*, detection of open/closed eye conditions via a *Convolutional Neural Network*, and drowsiness detection based on *microsleep* theory. From the research results, it was found that the best light intensity was 80-450 Lux (normal to bright light conditions) with the best distance being 60 cm.

Keywords: Traffic accident, *microsleep*, *Haar Cascade Classifier*, *Convolutional Neural Network*

I. PENDAHULUAN

Jumlah kendaraan pribadi di Indonesia terus meningkat, berdasarkan data resmi yang dihimpun dari Korlantas POLRI, tercatat sebanyak 155.916.472 kendaraan yang telah beredar di seluruh wilayah Indonesia per 21 Juni 2023 (Dashboard ERI, 2023). Angka ini meningkat dibandingkan dengan tahun 2021, yaitu dengan jumlah 141.992.573 (Badan Pusat Statistik, 2021).

Peningkatan ini berdampak pada keselamatan berkendara, Badan Pusat Statistik mencatat pada tahun 2022, bahwa ada 103.645 kecelakaan yang berkisar 117.913 luka ringan, 10.553 luka berat, dan 25.266 meninggal dunia

(Badan Pusat Statistik, 2022). Kecelakaan dapat terjadi dikarenakan beberapa faktor, salah satunya faktor manusia akibat kelelahan dan mengantuk, sehingga terjadinya *microsleep* dalam keadaan berkendara. Maka dari itu dibutuhkan teknologi yang dapat memberikan peringatan ketika pengemudi mengalami *microsleep*.

Penelitian ini akan membuat sistem deteksi *microsleep* dengan beberapa tahapan yang dilakukan, yaitu *Region of Interest* (ROI) mata dengan menerapkan metode *Haar Cascade Classifier* dan mendeteksi kondisi mata terbuka dan tertutup menggunakan metode *Convolutional Neural Network*, kemudian langkah terakhir

melakukan deteksi kantuk dengan cara menghitung lamanya mata terpejam dengan mengacu pada teori *microsleep*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bagian ini dipaparkan berbagai informasi yang berhubungan dengan penelitian dan perancangan program

Microsleep

Microsleep merupakan suatu kejadian hilangnya kesadaran atau pengawasan seseorang karena merasakan kelelahan ataupun mengantuk. Peristiwa *microsleep* biasanya akan berjalan sekitar 1 detik hingga 2 menit, akan tetapi durasi tersebut dapat bertambah lebih lama jika pengemudi benar-benar memasuki fase tidur. *Microsleep* sering terjadi ketika seseorang memiliki aktifitas pekerjaan yang monoton, seperti halnya berkendara atau menatap layar pada waktu yang cukup lama (Amirullah, Kusuma, & Tasripan, 2019).

Machine Learning

Machine learning adalah salah satu ilmu dan seni dari pemrograman komputer sehingga komputer tersebut dapat belajar dari data. *Machine learning* berfokus pada penggunaan data dan algoritma untuk meniru cara manusia belajar secara bertahap untuk meningkatkan akurasi (Geron, 2019).

Convolutional Neural Network

Convolutional Neural Network (CNN) adalah sebuah algoritma hasil pengembangan dari *Multi Layer Perceptron* (MLP) yang dibuat khusus untuk menangani masalah klasifikasi citra. Pada kasus klasifikasi citra, MLP kurang sesuai untuk digunakan karena tidak menyimpan informasi spasial dari data citra dan menganggap setiap piksel adalah fitur yang independen sehingga menghasilkan hasil yang kurang baik. Arsitektur CNN dibagi menjadi 3 bagian utama,

yaitu bagian *input*, *feature learning*, dan *classification* (Sena, 2017).

Haar Cascade Classifier

Haar Cascade Classifier merupakan metode yang lazim digunakan dalam pendeteksian objek. Metode ini memiliki kelebihan yaitu komputasinya yang sangat cepat karena pada jumlah piksel dalam persegi bukan setiap nilai piksel dari sebuah *image* (Pratama, 2020).

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada metodologi penelitian ini dilakukan langkah-langkah dalam cara pengumpulan data, analisis kebutuhan dalam pembuatan program dan implementasi program.

Perencanaan

Tahap ini dilakukan analisa kebutuhan yang akan digunakan dalam proses pembuatan klasifikasi mata tertutup dan mata terbuka. Perencanaan tersebut meliputi identifikasi kebutuhan dan pengumpulan citra.

Identifikasi Kebutuhan

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. *Python* 3.10.9
- b. *Anaconda Navigator* 2.4.0
- c. *Jupyter Notebook* 6.5.2
- d. *Keras* 2.10.0
- e. *Google Chrome*
- f. *Visual Studio Code* 1.77.0
- g. *Mac OS Monterey* 12.5

Perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Laptop *Macbook Pro* 2021 dengan spesifikasi *Chip Apple M1 Pro*, *Memory* 16 GB, *Storage* 1 TB

Pengumpulan Data Citra

Data citra yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dengan mengunduh dataset melalui

website

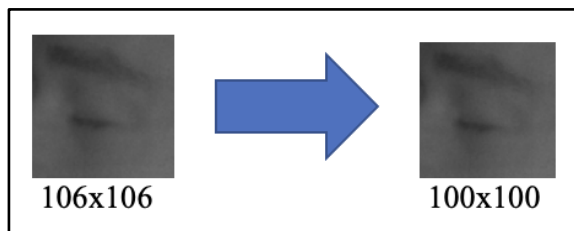
<https://www.kaggle.com/datasets/tauilabelillah/mrl-eye-dataset> pada tanggal 21 Juni 2023. Dari keseluruhan data akan dibagi menjadi data *train* dan data *test* dengan proporsi perbandingan 80% data *train* dan 20% data *test*. Menurut Gholamy, Kreinovich, dan Olga Kosheleva (2018), yang berjudul “*Why 70/30 or 80/20 Relation Between Training and Testing Sets: A Pedagogical Explanation*” didapatkan hasil bahwa proporsi perbandingan 80/20 mendapatkan hasil terbaik, dimana 80% sebagai data *train* dan 20% sebagai data *test*.

Analisis Metode *Convolutional Neural Network*

Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra mata. Sebelum data dapat digunakan pada model *Convolutional Neural Network*, data akan dilakukan pra-pemrosesan agar sesuai dengan arsitektur model yang digunakan. *Preprocessing* data atau Pra-pemrosesan data yang dilakukan meliputi *scaling*, *split* data, dan augmentasi data citra.

Scaling Data

Scaling adalah proses pengubahan ukuran citra menjadi lebih besar atau lebih kecil dari ukuran aslinya (Intani, Hidayat, & Wibowo, 2016). Proses ini dilakukan untuk menyamakan semua citra pada *dataset* dan menyesuaikan ukuran citra agar sesuai dengan model yang akan dibuat.



Gambar Ilustrasi *Scaling* Data

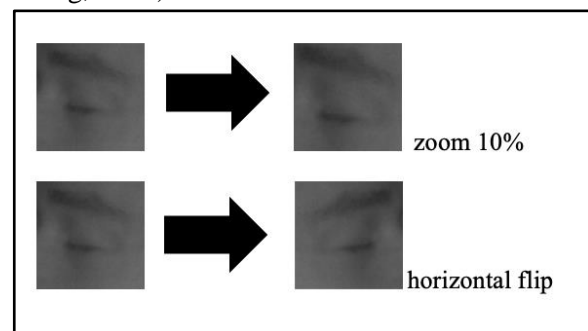
Split Data

Proses *splitting* data dibagi ke dalam data *train* dan data *test*. Data *train* akan mengambil sebesar 80% dari total data, sedangkan 20% dari

total data akan digunakan sebagai data *test* untuk data validasi dari setiap kelas.

Augmentasi Data

Augmentasi data adalah suatu proses dalam pengolahan data gambar, augmentasi merupakan proses mengubah atau memodifikasi gambar sedemikian rupa sehingga komputer akan mendeteksi bahwa gambar yang diubah adalah gambar yang berbeda, namun manusia masih dapat mengetahui bahwa gambar yang diubah tersebut adalah gambar yang sama (Perez & Wang, 2017).



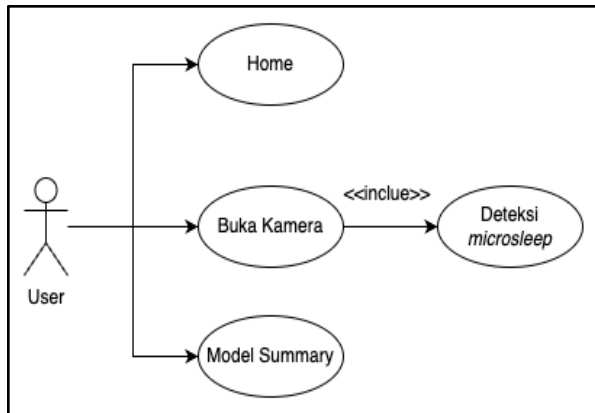
Gambar Ilustrasi Proses Augmentasi

Desain Perancangan Sistem

Pada tahap ini, aplikasi pendeteksi *microsleep* menggunakan desain perancangan sistem *Unified Modeling Language* (UML) yang terdiri dari *use case diagram*, *activity diagram* dan *deployment diagram*.

Use Case Diagram

Use case diagram merupakan gambaran dari interaksi antara komponen-komponen suatu sistem yang dibangun. *Use case diagram* juga dapat mendokumentasikan persyaratan sistem dengan baik.

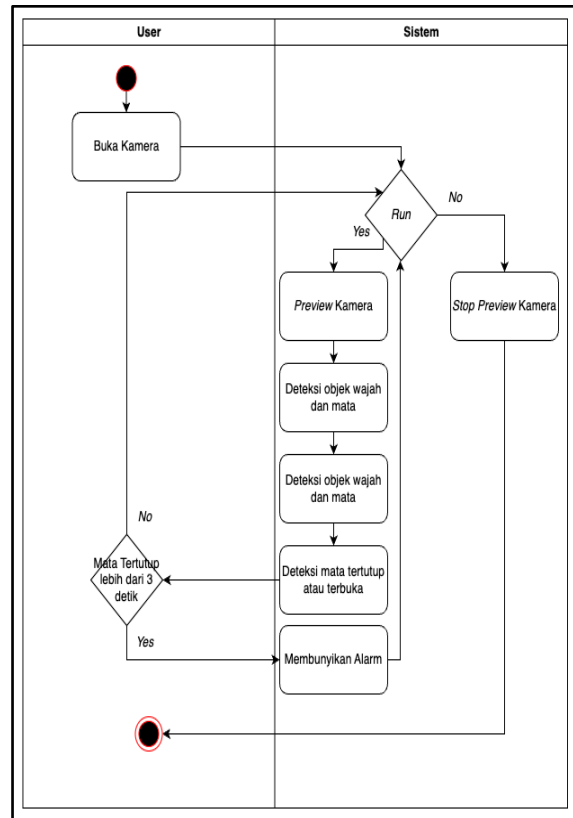


Gambar Use Case Diagram Aplikasi Deteksi *Microsleep*

Pada gambar diatas merupakan *use case diagram* dari aplikasi deteksi *microsleep*. Terdapat 3 fitur utama dalam aplikasi, dimana *user* dapat mengakses *Home* untuk halaman awal, *Model Summary* untuk melihat *summary* dari model yang digunakan, serta *menu* Buka Kamera dimana pada *menu* ini termasuk fitur untuk mendeteksi *microsleep*.

Activity Diagram

Activity diagram memodelkan *workflow* proses bisnis dan urutan aktivitas dalam sebuah proses. Untuk menggambarkan proses kerja dari sistem yang sedang berjalan, maka dibuatlah aktivitas *diagram*.

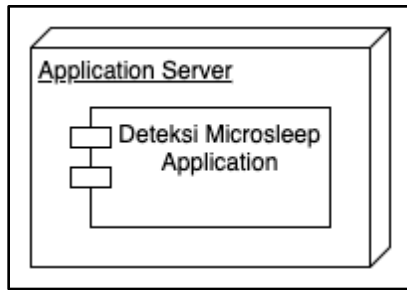


Gambar Activity Diagram Menu Buka Kamera

Pada gambar diatas merupakan *activity diagram* dari *menu* buka kamera aplikasi deteksi *microsleep* yang menjelaskan proses dari *user* membuka *menu*, dan menjalankan proses deteksi. Jika terdeteksi mata tertutup lebih dari 3 detik maka sistem akan membunyikan *alarm*.

Deployment Diagram

Deployment diagram menggambarkan proses-proses yang berbeda pada sistem yang berjalan dan bagaimana relasi di dalamnya. *Deployment diagram* dapat dianggap sebagai ujung spektrum dari kasus penggunaan, menggambarkan bentuk fisik dari sistem yang bertentangan dengan gambar konseptual dari pengguna dan perangkat berinteraksi dengan sistem.



Gambar Deployment Diagram

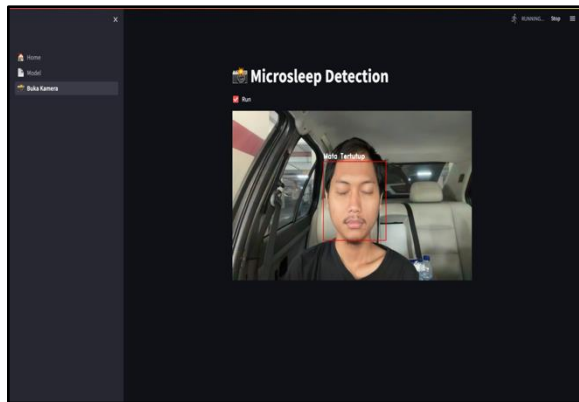
Pada gambar diatas merupakan gambaran deployment diagram pada aplikasi deteksi *microsleep*, aplikasi deteksi *microsleep* berbasis *website* sehingga untuk menjalankan aplikasi diperlukan *application server*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan berikut adalah uraian setiap hasil tampilan aplikasi dan pengujian

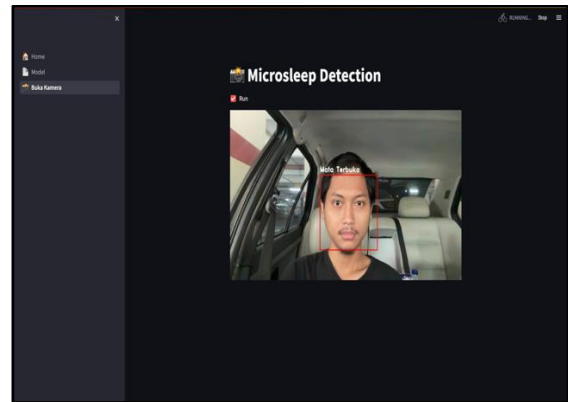
Uji Coba Deteksi *Microsleep* dan Tidak *Microsleep*

Uji coba kondisi *microsleep* dengan cara memejamkan mata dan tidak *microsleep* dengan intensitas cahaya terang (120-450 Lux).



Gambar Uji Coba Keadaan *Microsleep*

Pada diatas merupakan uji coba kondisi *microsleep* dengan memejamkan mata. Model mampu memprediksi bahwa kondisi mata sedang tertutup, dengan *output text* yang berada pada sebelah kiri atas dari kotak merah menunjukkan hasil prediksi sebagai 'Mata Tertutup'. Garis merah menunjukkan *haar cascade* dapat mengenali wajah dengan baik.

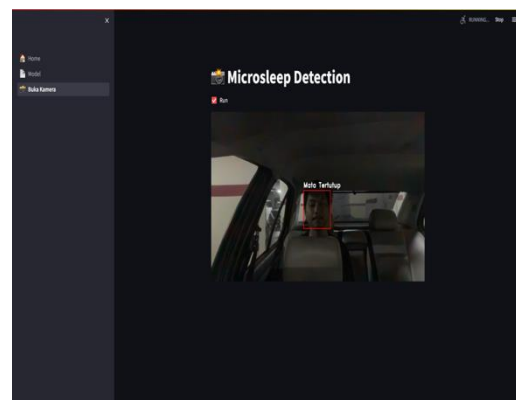


Gambar Uji Coba Keadaan Tidak *Microsleep*

Pada gambar diatas merupakan uji coba kondisi tidak *microsleep* dengan mata terbuka. Model mampu memprediksi bahwa kondisi mata sedang terbuka, dengan *output text* yang berada pada sebelah kiri atas dari kotak merah menunjukkan hasil prediksi sebagai 'Mata Terbuka'. Garis merah menunjukkan *haar cascade* dapat mengenali wajah dengan baik.

Uji Coba Dengan Kondisi Jarak dan Cahaya yang Berbeda

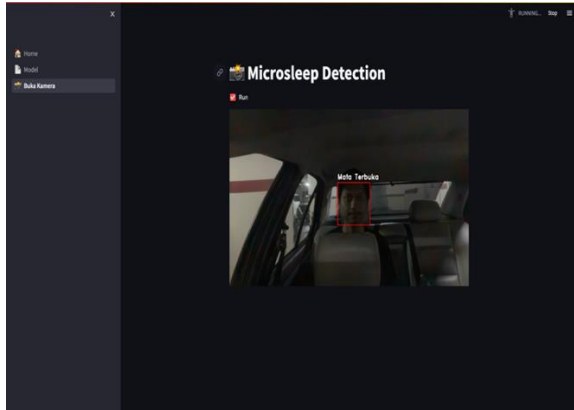
Uji coba ini dilakukan dengan pengujian tiga kondisi cahaya dan jarak berbeda untuk setiap pengujiannya. Jarak yang diuji untuk kondisi ini berjarak 60 cm, 90 cm dan 120 cm.



Gambar Kondisi Pengujian *Microsleep* dengan Jarak 90 cm dan Intensitas Cahaya Redup (10-50 Lux)

Kondisi pengujian pada gambar diatas menggunakan cahaya redup (10-50 Lux) dengan

jarak 90 cm. Model mampu memprediksi bahwa kondisi mata sedang tertutup, dengan *output text* yang berada pada bagian atas dari kotak merah menunjukkan hasil prediksi sebagai ‘Mata Tertutup’.



Gambar Kondisi Pengujian Tidak *Microsleep* Dengan Jarak 90 cm dan Intensitas Cahaya Redup (10-50 Lux)

Kondisi pengujian pada gambar diatas menggunakan cahaya redup (10-50 Lux) dengan jarak 90 cm. Model mampu memprediksi bahwa kondisi mata sedang terbuka, dengan *output text* yang berada pada bagian atas dari kotak merah menunjukkan hasil prediksi sebagai ‘Mata Terbuka’.

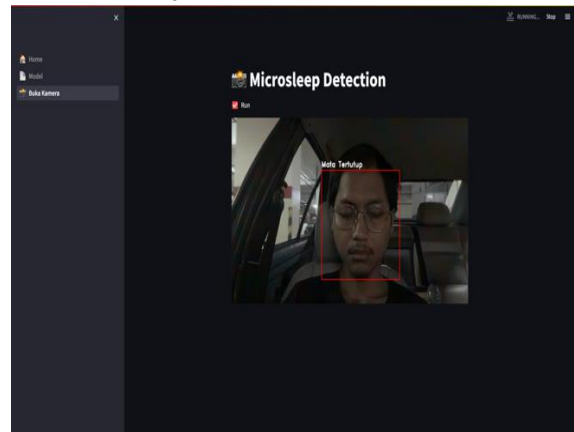
Tabel Pengujian dengan kondisi jarak dan cahaya berbeda

No	Jarak	Kondisi Cahaya			Akurasi
		Redup (10-50 Lux)	Normal (70-120 Lux)	Terang (120-450 Lux)	
1	60 CM	ON	ON	ON	100%
2	90 CM	ON	ON	ON	100%
3	120 CM	OFF	ON	ON	66,7%

Pada pengujian tabel diatas terlihat bahwa pada jarak 120 cm dengan intensitas cahaya redup alarm tidak dapat menyala (*off*) dan sistem hanya mengenali wajah dan tidak dapat mendeteksi area mata. Dari sebanyak 9 kali percobaan didapatkan hasil bahwa ada 8 kali percobaan yang berhasil dan didapatkan hasil persentase dari pengujian sebesar 88,9%.

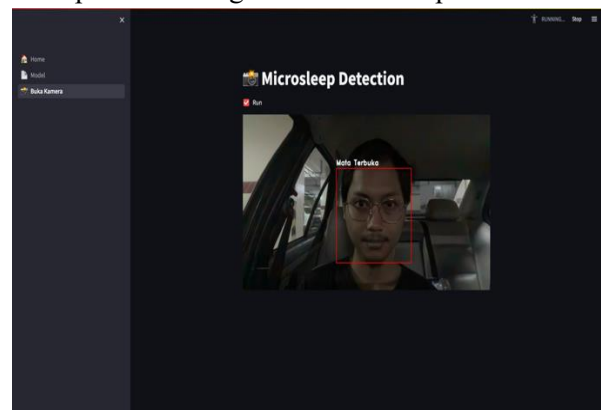
Uji Coba Menggunakan Kacamata

Pada pengujian ini dilakukan menggunakan aksesoris berupa kacamata dengan tiga kondisi cahaya dan jarak berbeda untuk setiap pengujiannya. Jarak yang diuji untuk kondisi ini berjarak 60 cm, 90 cm dan 120 cm.



Gambar Uji Coba *Microsleep* Menggunakan Kacamata dengan Jarak 60 cm dan Intensitas Cahaya Redup (10-50 Lux)

Pada gambar diatas merupakan uji coba kondisi *microsleep* menggunakan aksesoris kacamata dengan memejamkan mata pada intensitas cahaya redup (10-50 Lux). Model mampu memprediksi bahwa kondisi mata sedang tertutup, dengan *output text* yang berada pada sebelah kiri atas dari kotak merah menunjukkan hasil prediksi sebagai ‘Mata Tertutup’.



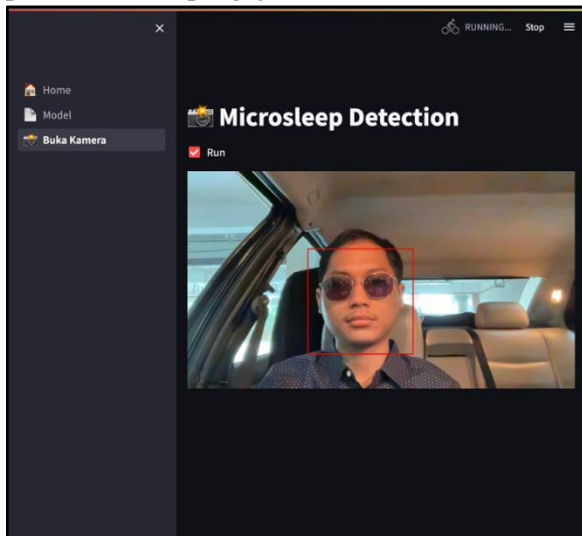
Gambar Uji Coba Tidak *Microsleep* Menggunakan Kacamata dengan Jarak 60 cm dan Intensitas Cahaya Redup (10-50 Lux)

Pada gambar diatas merupakan uji coba kondisi tidak *microsleep* menggunakan aksesoris kacamata dengan mata terbuka pada intensitas cahaya redup (10-50 Lux). Model mampu memprediksi bahwa kondisi mata sedang terbuka, dengan *output text* yang berada pada sebelah kiri atas dari kotak merah menunjukkan hasil prediksi sebagai ‘Mata Terbuka’.

Tabel Uji Coba Menggunakan Kacamata

No	Jarak	Kondisi Cahaya			Akurasi
		Redup (10-50 Lux)	Normal (70-120 Lux)	Terang (120-450 Lux)	
1	60 CM	ON	ON	ON	100%
2	90 CM	OFF	ON	ON	66,7%
3	120 CM	OFF	ON	ON	66,7%

Pada pengujian tabel diatas terlihat bahwa pada jarak 120 cm dan 90 cm dengan intensitas cahaya redup alarm tidak dapat menyala (*off*) dan sistem hanya mengenali wajah dan tidak dapat mendeteksi area mata. Dari sebanyak 9 kali percobaan didapatkan hasil bahwa ada 7 kali percobaan yang berhasil dan didapatkan hasil persentase dari pengujian sebesar 77,8%.



Gambar Uji Coba Menggunakan Sunglasses

Pada gambar diatas merupakan uji coba menggunakan *sunglasses* atau kacamata hitam dengan jarak 50 CM dan intensitas cahaya normal (70-120 Lux). Namun pada uji coba tersebut, *Haar Cascade Classifier* tidak dapat mengenali

objek mata dikarenakan area mata tidak terlihat dengan jelas karena tertutup warna lensa kacamata yang gelap. Untuk melakukan klasifikasi *microsleep* selain faktor lingkungan seperti cahaya yang sangat mempengaruhi, objek mata juga harus terlihat dengan jelas.

Uji Coba Intensitas Kedip Berbeda

Pada pengujian ini dilakukan dengan intensitas kedip yang berbeda dengan intensitas cahaya normal (70-120 Lux).

Tabel Uji Coba Intensitas Kedip Berbeda

No	Jarak	Kondisi Cahaya	Intensitas Kedip			Akurasi
			Cepat	Normal	Lambat	
1	60 CM	Normal (70-120 Lux)	ON	OFF	OFF	66,7%

Pada pengujian tabel diatas terlihat bahwa jika intensitas kedip cepat dengan cahaya normal maka *alarm* akan berbunyi dikarenakan terdeteksi sebagai *microsleep*, dan jika intensitas kedip normal atau lambat maka *alarm* tidak menyala.

Pembahasan

Berdasarkan pada pengujian yang telah dilakukan sebelumnya dengan objek menggunakan aksesoris kaca mata dan tidak menggunakan kaca mata, serta kondisi jarak dan cahaya berbeda, dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel Ringkasan Hasil Pengujian Sistem

No	Aksesoris	Jarak	Kondisi Cahaya			Akurasi
			Redup (10-50 Lux)	Normal (70-120 Lux)	Terang (120-450 Lux)	
1	Tanpa Aksesoris	60 CM	ON	ON	ON	100%
2		90 CM	ON	ON	ON	100%
3		120 CM	OFF	ON	ON	66,7%
4	Kacamata	60 CM	ON	ON	ON	100%
5		90 CM	OFF	ON	ON	66,7%
6		120 CM	OFF	ON	ON	66,7%
7	<i>sunglasses</i>	60 CM	OFF	OFF	OFF	0%

Pada tabel diatas merupakan hasil uji coba sistem dengan beberapa kondisi seperti aksesoris yang digunakan, jarak, serta intensitas cahaya berbeda. *ON* menandakan bahwa *alarm* berbunyi ketika terdeteksi objek memejamkan mata lebih dari 3 detik. *OFF* menandakan bahwa *alarm* tidak berbunyi ketika terdeteksi objek memejamkan mata lebih dari 3 detik.

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan sebanyak 21 percobaan dengan jarak, kondisi cahaya, serta penggunaan aksesoris yang berbeda-beda, didapat 5 percobaan *alarm* tidak berbunyi ketika kondisi *microsleep* dikarenakan kamera tidak dapat menangkap objek mata dengan baik.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi *alarm* tidak berbunyi ketika objek memejamkan mata lebih dari 3 detik, diantaranya:

- Faktor cahaya yang redup atau gelap sehingga kamera tidak dapat menangkap gambar mata dengan jelas.
- Area mata tidak terlihat dengan jelas seperti tertutup dengan *sunglasses*.
- Jarak yang terlalu jauh sehingga kamera tidak dapat mengenali objek mata.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembuatan aplikasi ini, terdapat beberapa kesimpulan dan saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan *Convolutional Neural Network* untuk mendeteksi *microsleep*, dapat disimpulkan bahwa:

- Membuat model yang dapat mengklasifikasikan ‘mata terbuka’ dan ‘mata tertutup’ dengan menggunakan *Convolutional Neural Network* diperlukan sebuah *dataset* yang akan digunakan sebagai data latih (*train*) dan data validasi. *Dataset* yang digunakan merupakan citra mata yang terbagi menjadi dua *class*, yaitu mata terbuka dan mata tertutup. Hasil *training* model akan disimpan untuk melakukan prediksi citra mata tertutup atau mata terbuka.
- Menggunakan *Haar Cascade Classifier* untuk mendeteksi objek mata secara *real-time* dengan menggunakan kamera *webcam*. Jika terdeteksi objek mata maka objek mata tersebut akan dilakukan prediksi dengan menggunakan model *Convolutional Neural Network* yang sudah dibuat.
- Pada proses pengujian mendapatkan hasil sistem hanya dapat mendeteksi dengan maksimum jarak 120 cm pada kondisi cahaya redup (10-50 Lux), dimana melebihi itu *marker* pendeteksi tidak dapat mendeteksi mata lagi dan pada pengujian kondisi cahaya dapat disimpulkan bahwa kondisi cahaya sangat mempengaruhi hasil deteksi. Cahaya terbaik adalah pada kondisi normal dengan intensitas cahaya 70-120 Lux dan cahaya terang 120-450 Lux, karena pada kondisi itu program dapat mendeteksi dengan baik area wajah terutama mata untuk mengklasifikasi *microsleep* dan ketika pengujian dengan

menggunakan kacamata mendapat hasil terbaik pada intensitas cahaya normal 70-120 Lux dan terang 120-140 Lux. Pada kedua pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa intensitas cahaya terbaik 80-450 Lux (kondisi cahaya normal sampai terang) dengan jarak terbaik ada pada 60 cm.

Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, peneliti berharap penelitian ini bisa dikembangkan oleh peneliti-peneliti yang akan datang dengan beberapa saran dari peneliti seperti:

- 1) Menambahkan jumlah *training* untuk mendapat model terbaik.
- 2) Menambahkan jumlah *dataset* dengan lebih banyak lagi.
- 3) Menggunakan kamera dengan resolusi yang lebih baik (1080p) dan memiliki fitur yang lebih canggih seperti fitur *infrared* untuk mendeteksi *microsleep* pada kondisi cahaya redup maupun gelap.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, Suhepy. (2018). *Deteksi Wajah Menggunakan Metode Haar Cascade Classifier Berbasis Webcam Pada Matlab*, Jurnal Teknologi Elekterika, vol. 2, no. 1, pp. 21-27.

Amirullah, Mustofa., Kusuma, Hendra., and Tasripan. (2019). *Sistem Peringatan Dini Menggunakan Deteksi Kemiringan Kepala pada Pengemudi Kendaraan Bermotor yang Mengantuk*, J. Tek. ITS, vol. 7, no. 2, pp. F281-F286.

Badan Pusat Statistik [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/indicator/17/513/1/jumlah-kecelakaan-korban-mati-luka-berat-luka-ringan-dan-kerugian-materi.html>. [Akses 21 Juni 2023].

Badan Pusat Statistik [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/indicator/17/57/1/ju>

[mlah-kendaraan-bermotor.html](#). [Akses 21 Juni 2023].

Dashboard ERI [Online]. Available: <http://rc.korlantas.polri.go.id:8900/eri2017/laprekappolda.php>. [Akses 21 Juni 2023].

Geron, Aurelien. (2019). *Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras & Tensorflow: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. (2nd ed.)*. California: O'Reilly Media, Inc.

Gholamy, Afshin., Kreinovich, Vladik., Olga, Kosheleva. (2018). *Why 70/30 or 80/20 Relation Between Training and Testing Sets: A Pedagogical Explanation*. USA: University of Texas at El Paso.

Intani, Oriza., Hidayat, Bambang., Wibowo, Suryo Adhi. (2016). *Analisis Metode Connected Vertices Clustering and Star Topology Pada Serangan Geometri Terhadap Watermarking Objek 3D*. TEKTRIKA, vol. 1, no. 1.

Perez, Luis., Wang, Jason. (2017). *The effectiveness of data augmentation in image classification using deep learning*. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/1712.04621.pdf>. [Akses: 07 September 2023].

Pratama, Rizky. (2020). *Desain Sistem Deteksi Objek Real Time Dengan Metode Haar Cascade Classifier*. Universitas Telkom.

Sena, S. (2017). *Pengenalan Deep Learning Part 7 : Convolutional Neural Network (CNN)*. Medium. [Online]. Available: <https://medium.com/@samuelsena/pengenalan-deep-learning-part-7-convolutional-neural-network-cnn-b003b477dc94>. [Akses: 21 Juni 2023].