

Sistem Deteksi Kelelahan Pengemudi Berdasarkan Pengukuran Kedipan Mata Menggunakan Metode *Manhattan Distance*

Wulan Dwi Rahayu¹, Elindra Ambar Pambudi^{2*}, Agung Purwo Wicaksono³, Feri Wibowo⁴
 Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Purwokerto, Indonesia
 *e-mail *Corresponding Author*: elindraambarpambudi@ump.ac.id

Abstract

Fatigue can result in a decrease in the driver's level of alertness and reaction time, threatening the safety of road users. This study focuses on developing a driver fatigue detection system that relies on eye blink measurements using the Manhattan Distance method. The main goal is to improve driving safety by accurately detecting the driver's fatigue level. The proposed system measures eye blinks and uses Manhattan Distance to transmit the difference between normal and drowsiness-affected eye blink patterns. Experiments show that the Manhattan Distance method effectively identifies driver fatigue based on eye blink patterns, achieving a satisfactory accuracy rate of 87.5%. Experimental results show that the Manhattan Distance method is effective in identifying driver fatigue based on eye blink patterns, with a satisfactory level of accuracy. With this success, this system could potentially be implemented in vehicles as part of a safety system, helping to reduce the risk of accidents due to driver fatigue in real-time.

Keywords: *Fatigue; Manhattan; Eye; customer; Camera*

Abstrak

Kelelahan dapat mengakibatkan penurunan tingkat kewaspadaan dan waktu reaksi pengemudi, mengancam keselamatan pengguna jalan. Studi ini berfokus pada pengembangan sistem deteksi kelelahan pengemudi yang mengandalkan pengukuran kedipan mata menggunakan metode *Manhattan Distance*. Tujuan utamanya adalah meningkatkan keselamatan berkendara dengan mendeteksi tingkat kelelahan pengemudi secara akurat. Sistem yang diusulkan mengukur kedipan mata dan menggunakan *Manhattan Distance* untuk mengevaluasi perbedaan antara pola kedipan mata normal dan yang dipengaruhi oleh rasa kantuk. Eksperimen menunjukkan bahwa metode *Manhattan Distance* efektif mengidentifikasi kelelahan pengemudi berdasarkan pola kedipan mata, mencapai tingkat akurasi yang memuaskan sebesar 87,5%. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode *Manhattan Distance* efektif dalam mengidentifikasi kelelahan pengemudi berdasarkan pola kedipan mata, dengan tingkat akurasi yang memuaskan. Dengan keberhasilan ini, sistem ini berpotensi diimplementasikan dalam kendaraan sebagai bagian dari sistem keamanan, membantu mengurangi risiko kecelakaan akibat kelelahan pengemudi secara *real-time*.

Kata kunci: *Kelelahan; Manhattan; Mata; Pengemudi; Kamera*

1. Pendahuluan

Dalam era modern saat ini, kemajuan teknologi dalam perkembangan transportasi membawa dampak positif bagi pemenuhan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Namun, hal ini juga diiringi oleh timbulnya beberapa dampak negatif yang tidak diinginkan, seperti meningkatnya angka kecelakaan lalu lintas. Jumlah kecelakaan di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Berlandaskan data dari Badan Pusat Statistik (2024) pada tahun 2021 jumlah kecelakaan lalu lintas menyentuh angka 103.645 serta jumlah korban meninggal 25.266, salah satu faktor yang menyebabkan kecelakaan, adalah kesalahan pengemudi ataupun human error[1]. Peningkatan jumlah kecelakaan biasanya disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk faktor manusia, faktor kendaraan, dan faktor lingkungan. Faktor manusia merupakan salah satu faktor yang paling sering menyebabkan terjadinya kecelakaan lalu lintas. Pekerjaan monoton dapat menyebabkan munculnya kelelahan serta kantuk yang mana adalah faktor penyulut human error yang dapat menyebabkan risiko kecelakaan[2]. Faktor pengemudi yang

dirujuk yaitu keadaan fisik misalnya kelelahan, mengantuk, mabuk, mencebut. Rasa lelah maupun kantuk kerap menyebabkan pengemudi mobil mengalami *microsleep* ketika berkendara. Anda harus lebih waspada pada keadaan itu sebab bisa membahayakan pengemudi, penumpang, maupun orang lain. Terlebih, hingga sekarang kerap kecelakaan lalu lintas berlangsung dikarenakan pengemudi tengah mengalami *microsleep*[3]. *Microsleep* ini berdurasi sekurang-kurangnya yaitu antara 3 hingga 5 detik, terlebih terdapat juga hingga 10 detik[4].

Dalam konteks lalu lintas yang semakin padat dan meningkatnya mobilitas, keselamatan berlalu lintas menjadi prioritas utama. Kelelahan pengemudi muncul sebagai faktor krusial yang dapat meningkatkan risiko kecelakaan. Meskipun banyak pengemudi mengalami kelelahan saat berkendara, belum ada sistem deteksi kelelahan pengemudi yang sepenuhnya efektif dan terukur. Kondisi saat ini menunjukkan bahwa tanda-tanda kelelahan, seperti kedipan mata yang terlalu sering atau jarang, belum dapat diukur secara akurat untuk memberikan peringatan secara real-time. Dengan demikian, diperlukan suatu sistem deteksi kelelahan pengemudi yang mampu mengukur frekuensi kedipan mata dengan tingkat akurasi tinggi, beroperasi secara *real-time* pada data video, memberikan peringatan saat diperlukan, dan dapat beradaptasi pada berbagai kondisi cahaya. Saat ini, terdapat kesenjangan antara kondisi ideal ini dan kemampuan sistem yang tersedia, menyoroti kebutuhan mendesak akan penelitian seperti Sistem Deteksi Kelelahan Pengemudi Berdasarkan Pengukuran Kedipan Mata Menggunakan Metode Manhattan Distance. Penelitian ini menjadi relevan untuk meningkatkan keselamatan berlalu lintas dan mengurangi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh kelelahan pengemudi.

Metode *Manhattan Distance* dipilih karena sederhana, efisien, dan mudah diimplementasikan. Dalam konteks deteksi kelelahan pengemudi, metode ini mengukur seberapa sering pengemudi mengedipkan mata, yang dapat menjadi indikator kelelahan. Pendekatan ini memungkinkan sistem beradaptasi pada kondisi cahaya yang berbeda dan memperbaiki waktu komputasi, sehingga meningkatkan akurasi deteksi kantuk secara keseluruhan. Metode Manhattan memungkinkan ekstraksi informasi orientasi yang sangat diperlukan untuk memahami posisi dan arah mata pengemudi dengan lebih akurat. Dengan menganalisis garis dan pola geometris pada citra, teknik Manhattan memungkinkan sistem untuk mengenali apakah mata pengemudi terpejam atau tidak, serta menentukan orientasi mata, seperti apakah terarah ke depan, ke kanan, atau ke kiri[5]. Titik-titik ini disebut sebagai 'landmark' atau 'keypoints' yang mencakup bagian-bagian utama pada wajah, seperti mata, hidung, mulut, alis, dan lainnya. Jumlah titik keypoints tergantung pada dataset yang digunakan[6]. Fitur Landmark ini dipilih karena tidak mudah terpengaruh oleh cahaya dan gerak[7]. Selain itu, metode ini memungkinkan adaptasi pada kondisi cahaya yang berbeda, sehingga meningkatkan akurasi deteksi kantuk secara keseluruhan. Dengan menggabungkan kedua metode ini, penelitian dapat menghasilkan sistem deteksi kelelahan pengemudi yang efektif dan praktis, serta meningkatkan keselamatan berlalu lintas.

Penelitian ini bertujuan utama untuk mengembangkan sistem deteksi kelelahan pengemudi berdasarkan pengukuran kedipan mata menggunakan metode *Manhattan Distance*. Tujuan spesifik mencakup peningkatan keselamatan berlalu lintas dengan mengidentifikasi kelelahan pengemudi secara dini, memberikan peringatan untuk mengurangi risiko kecelakaan akibat kantuk atau kurang konsentrasi. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh faktor kelelahan dengan mengukur frekuensi kedipan mata. Keberhasilan penelitian diukur melalui efisiensi dan kemampuan beroperasi real-time pada data video, yang diharapkan dapat memberikan respons cepat dan meminimalkan waktu komputasi. Selain memberikan kontribusi signifikan untuk meningkatkan keselamatan berlalu lintas, penelitian ini juga memiliki potensi untuk mengembangkan teknologi lebih lanjut dalam bidang deteksi kelelahan pengemudi, memberikan manfaat nyata dalam memajukan kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan.

2. Tinjauan Pustaka

Studi yang dilaksanakan oleh Friedrichs dan Yang (2010) memaparkan bahwasanya kedipan bisa dipakai guna menetapkan seseorang itu mengantuk ataupun tidak. Pada studi tersebut, guna pengklasifikasian kantuk dilaksanakan dengan memanfaatkan fitur-fitur kedipan misalnya kecepatan, amplitudo, frekuensi, durasi, maupun lain sebagainya. Pengklasifikasian itu memiliki tujuan guna menetapkan apakah mengantuk ataupun tidak. Taraf keakuratan pengklasifikasi tersebut berpersentase 82,5%, yang berarti angka ini mampu dinyatakan cukup

akurat. Dikarenakan perihal tersebut, kedipan mampu dipakai oleh pendeteksi kantuk sebagai penentu seseorang itu mengantuk maupun tidak[8].

Komang, Cipta, dan Giri pada tahun 2020 menggunakan metode *Facial landmark detection* dapat digunakan untuk mengetahui keadaan mata mengantuk ketika mengemudi. Facial Landmark Detection yang dilakukan implemetasinya ke Raspberry Pi 3 Modul B. Output alat ini berwujud LED sebagai tanda kantuk dan buzzer sebagai tanda alarm kantuk. Sistem yang dirancang dalam studi ini memperlihatkan bahwasanya mampu melakukan deteksi mata kantuk sesuai yang dikehendaki. Tingkat keakuratan tersebut rata rata sebesar 80%. Oleh karenanya dari subjek itu mampu dibuat simpulan bahwasanya hasil dari pengujian sistem alat pendeteksi kantuk memperoleh hasil selayaknya yang dikehendaki [9].

Nurmaleni dan Asminah pada tahun 2023 meneliti tentang Klasifikasi Jenis Alpukat dengan *Image Prossessing* menggunakan metode pendekatan Manhattan. Penelitian ini dilatar belakangi oleh proses pengklasifikasian jenis alpukat kerap dilaksanakan dengan cara konvensional dan belum terkomputerisasi, yakni menetapkan jenis alpukat masih merujuk pada pengalaman, bentuk dan warna alpukat. Hasil pengklasifikasian jenis alpukat akurasi didapat data latih 90%, dan data uji didapat 80%. Dari pengujian persentase kelayakan alpha di dapat sekor 78% yang berarti layak dalam perhitungan *K-Nearest Neighbor* (K-NN). Hasil studi ini yaitu sistem pengklasifikasi Jenis Alpukat dengan Image Processing Memakai Metode K-Nearest Neighbor yang mampu mendukung pekerjaan di Dinas Pertanian Kota Pagar Alam dalam menetapkan jenis alpukat[10].

Nova, Yuita, dan Randy pada tahun 2018 melakukan studi terhadap Pengenalan Emosi Berdasarkan Ekspresi Mikro Menggunakan Metode *Manhattan Distance*. Hasil tindakan uji pada ukuran dimensi citra menunjukkan bahwasanya ukuran dimensi citra yang memberikan hasil akurasi paling baik yakni 200x200 piksel dengan nilai akurasi 63,83%. Hasil pengamatan dengan menggunakan metode pencarian jarak pada klasifikasi K-NN memperlihatkan bahwasanya metode perhitungan jarak Manhattan mampu menaikkan akurasi dalam pengenalan emosi menjadi 70,21%. Akurasi terbesar yang didapat berdasarkan penentuan nilai k pada klasifikasi K-NN yakni saat k= 5, metode perhitungan jarak pada klasifikasi K-NN yakni memakai metode jarak Manhattan, nilai R dan P pada metode LBP yaitu 2 dan 8[11].

Riset yang dikerjakan oleh M. Ahmad Kamran menjelaskan Data statistik pada tabrakan mobil tersedia di jalan raya nasional dan departemen keselamatan lalu lintas di banyak negara menunjukkan angka yang mengkhawatirkan yaitu 1,4 juta kematian dan lebih dari itu 50 juta cedera ringan atau serius. Studi ini merangkum dengan cara komprehensif seluruh bidang dari kondisi kantuk serta dampaknya selama mengemudi, mencakup gejala, penyebab, tindakan yang muncul, statistik kecelakaan mobil, tahap tidur, serta perubahan perilaku, fisiologis, dan aktivasi saraf yang berlangsung selama kewaspadaan dan dalam kondisi kantuk. Studi ini mempertimbangkan data perilaku pengemudi dan metodologi yang sesuai untuk analisisnya, sinyal biomedis dari tubuh manusia (termasuk sinyal saraf dalam bentuk respons elektrik dan hemodinamik), serta penggunaannya untuk deteksi kantuk. Semua metodologi yang ada, kegunaan, serta pro dan kontra, secara komprehensif dirangkum[12].

Farel, Fitri, dan Gibran pada tahun 2023 melakukan studi Pengenalan Wajah dan Deteksi Kantuk menggunakan metode *Haar Cascade*. Studi ini bertujuan untuk menerapkan algoritma pembelajaran mesin dalam sistem pengenalan wajah dan deteksi kantuk. Tahapan-tahapannya yang dilakukan untuk mengembangkan sistem dalam studi ini mencakup dua tahap. Tahap pertama, pengolahan data dan pembuatan model untuk kondisi mata terbuka dan tertutup menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN). Tahap kedua mendeteksi wajah menggunakan *Haar Cascade* menggunakan model yang telah dikembangkan. Diperoleh nilai akurasi untuk koresponden keempat pada jarak 50 cm dengan nilai akurasi 30% dan nilai akurasi tertinggi diperoleh untuk seluruh korespondensi pada jarak 30 cm dengan nilai akurasi 80%[13].

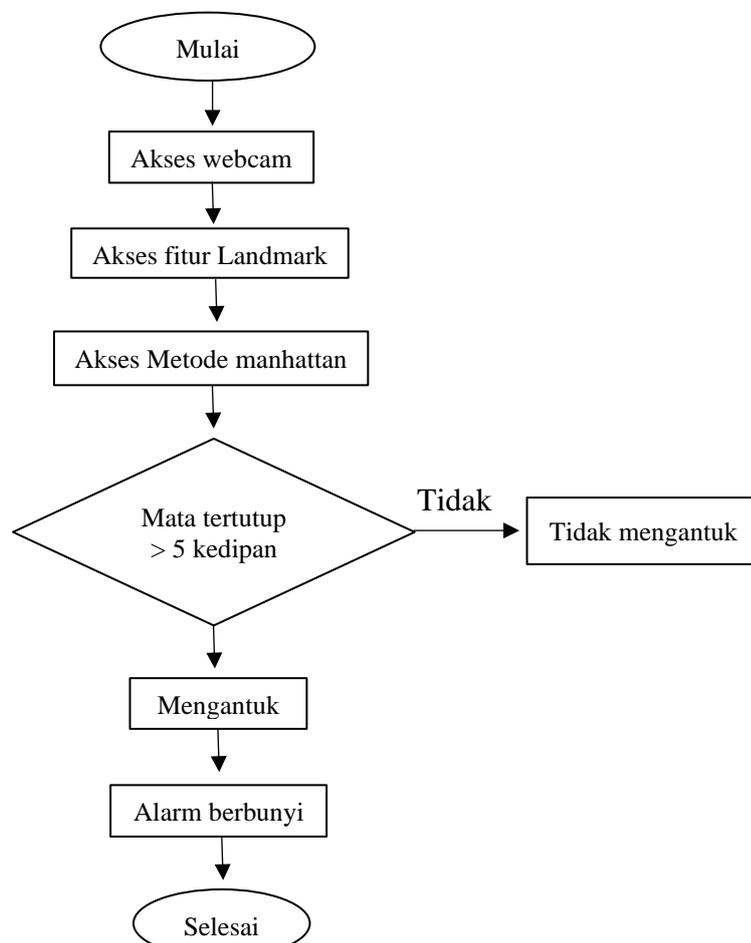
Pada penelitian Sistem Deteksi Kelelahan Pengemudi Berdasarkan Pengukuran Kedipan Mata Menggunakan Metode *Manhattan Distance* menunjukkan perkembangan yang signifikan dalam upaya meningkatkan kehandalan dan akurasi deteksi kelelahan pengemudi. Penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Friedrichs dan Yang (2010) menggunakan fitur-fitur kedipan mata, serta penelitian oleh Komang, Cipta, dan Giri (2020) dengan metode facial landmark detection, telah memberikan dasar pemahaman dan implementasi praktis dalam mendeteksi tanda-tanda kelelahan melalui analisis mata. Selain itu, penelitian oleh Nova, Yuita, dan Randy (2018) mengenai Pengenalan Emosi Berdasarkan Ekspresi Mikro dengan Metode

Manhattan Distance menunjukkan kemungkinan penggunaan metode ini dalam konteks deteksi kelelahan yang lebih luas. Meskipun demikian, tantangan terus muncul, dan penelitian terbaru, seperti yang dilakukan oleh Farel, Fitri, dan Gibran (2023) dengan metode *Haar Cascade*, mengeksplorasi integrasi algoritma pembelajaran mesin untuk meningkatkan akurasi deteksi, terutama dalam konteks pengenalan wajah dan deteksi kantuk

3. Metodologi

3.1 Metode Usulan

Kamera pendeteksi kantuk adalah sistem yang melakukan deteksi kantuk pengemudi dalam pengawasan kamera web real-time serta selanjutnya membunyikan alarm bila pengemudi nampak tengah mengalami kantuk. Sistem ini dirancang untuk memberikan respons secara realtime terhadap tingkat kelelahan pengemudi. Hasil analisis kedipan mata dievaluasi secara terus-menerus, dan jika pola yang mengindikasikan kelelahan terdeteksi, sistem akan memberikan peringatan secara otomatis. Peringatan tersebut dapat berupa notifikasi suara yang diarahkan kepada pengemudi, memberikan kesempatan untuk mengambil langkah pencegahan atau beristirahat lebih lama sebelum melanjutkan perjalanan. Fleksibilitas sistem ini memungkinkan integrasi dengan berbagai jenis kendaraan dan lingkungan berkendara. *Flowchart system* bisa ditinjau dalam Gambar 1.



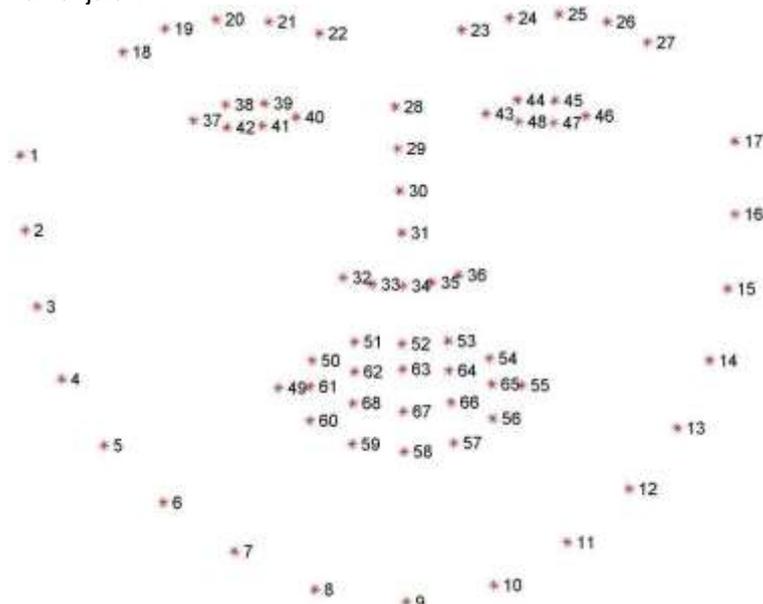
Gambar 1. *Flowchart* Sistem

Saat sistem beroperasi secara otomatis, tampilan webcam muncul untuk memulai proses. *Webcam* kemudian melakukan deteksi wajah, terutama fokus pada area mata, menggunakan fitur landmark atau titik-titik karakteristik pada wajah. Proses ini memungkinkan sistem untuk secara akurat memantau gerakan dan kondisi mata pengemudi. Proses pengambilan citra dilaksanakan dengan cara langsung, yang mana sistem akan senantiasa berjalan guna melakukan proses citra. Citra adalah cerminan objek dua dimensi pada objek tiga

dimensi, yang mana adalah sekumpulan kumpulan piksel-piksel ataupun titik-titik berwarna dua dimensi[14]. Proses manhattan melibatkan ekstraksi garis atau tepi dari citra untuk mengidentifikasi pola-pola geometris yang mewakili orientasi objek. Dalam deteksi kantuk, proses ini dapat membantu sistem untuk mengenali letak dan arah mata pengemudi. Misalnya, dengan menganalisis garis-garis yang terbentuk oleh fitur wajah dan mata, sistem dapat menentukan apakah mata pengemudi terpejam atau tidak. Jika mata pengemudi terdeteksi tertutup selama 5 kedipan, sistem otomatis mengidentifikasi bahwa pengemudi mungkin mengalami kelelahan atau kantuk, dan sebagai tanggapan, alarm otomatis segera berbunyi sebagai peringatan. Namun, ketika pengemudi membuka matanya kembali, sensor otomatis segera menghentikan bunyi alarm, mengindikasikan bahwa pengemudi telah kembali dalam keadaan waspada. Dengan cara ini, sistem tersebut memberikan respons cepat dan efektif untuk mengurangi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh kantuk di jalan.

3.3 Deteksi Wajah

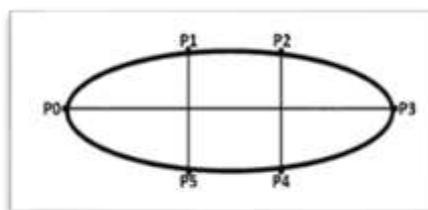
Sistem memulai dengan mendeteksi wajah menggunakan algoritma deteksi wajah dari dlib. Setelah wajah terdeteksi, landmark wajah diekstraksi menggunakan *shape predictor* yang telah dilatih sebelumnya. *Facial landmark detection* merupakan satu diantara berbagai cara yang dipakai guna melakukan prediksi posisi objek-objek esensial pada wajah yang agar nantinya mampu dilakukan analisis[15]. Total banyaknya landmark pada wajah bergantung pada penentuan point wajah berlandaskan dataset yang dipakai merupakan metode 68 *landmarks* atau menggunakan metode CNN guna menetapkan geometri wajah[16]. Dengan cara ini, sistem tersebut memberikan respons cepat dan efektif untuk mengurangi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh kantuk di jalan.



Gambar 2. Facial Landmark

3.4 Deteksi Mata

Dalam implementasi sistem deteksi kelelahan pengemudi dengan basis pengukuran kedipan mata menggunakan metode *Manhattan Distance*, fokus utama tertuju pada deteksi dan analisis mata. Pustaka dlib dan OpenCV digunakan untuk mendeteksi posisi mata dalam setiap frame video secara realtime. Langkah pertama melibatkan deteksi wajah untuk menentukan wilayah mata, dan selanjutnya, landmark wajah diekstraksi untuk mengidentifikasi sudut-sudut mata dan garis kelopak mata. Pemilihan titik-titik kunci ini menjadi kunci dalam memastikan ketelitian dan kestabilan analisis gerakan mata. EAR adalah salah satu metode untuk menghitung jarak antara kelopak mata atas dengan kelopak mata bawah berdasarkan titik geometri wajah pada mata[17]. Guna menetapkan keadaan tersebut persamaan yang bisa dipakai dan yang sangat akurat sekarang yaitu memakai rasio Panjang dan lebar *landmark* mata (EAR), dengan persamaan Gambar 3.



Gambar 3. Eye Aspect Ratio

Rumus *Manhattan*:

$$A = |x_1 - x_5| + |y_1 - y_5| + |x_2 - x_4| + |y_2 - y_4|$$

$$B = |x_0 - x_3| + |y_0 - y_3|$$

$$EAR = \frac{A}{2 \times B}$$

Ket. : EAR = *Eye Aspect Ratio*

- $x_0, y_0 = \text{eye}[0]$ = Titik eksternal kiri mata.
- $x_1, y_1 = \text{eye}[1]$ = Puncak mata atas (atas kiri).
- $x_2, y_2 = \text{eye}[2]$ = Puncak mata atas (atas kanan).
- $x_3, y_3 = \text{eye}[3]$ = Titik eksternal kanan mata.
- $x_4, y_4 = \text{eye}[4]$ = Bawah mata (bawah kanan).
- $x_5, y_5 = \text{eye}[5]$ = Bawah mata (bawah kiri).

Setelah mendeteksi posisi mata, metode *Manhattan Distance* diimplementasikan untuk mengukur kedipan mata secara realtime. Jarak Manhattan dihitung antara pola kedipan mata yang normal dan pola yang terdeteksi pada setiap frame video. Jarak Manhattan atau bisa disebut *City-Block* adalah jarak dari sebuah titik ke titik lainnya dalam suatu sistem koordinat kartesius dengan menyusuri bagian vertical dan horizontal tanpa pernah kembali. Dengan sederhana, perhitungan jarak dilakukan dengan mengambil nilai absolut atau nilai mutlak[18].

Hasil terdeteksi mengantuk atau tidak mengantuk didapatkan berdasarkan jarak terdekat (nilai terkecil) dari citra input dengan seluruh citra yang ada. Misalkan nilai terdekat dari perhitungan diperoleh citra yang diagnosa aslinya merupakan citra mata tertutup selama 5 kedipan, maka citra input terdeteksi mengantuk. Sedangkan jika jarak yang memiliki nilai terdekat diperoleh citra yang diagnosa mata berkedip normal, maka hasil deteksinya adalah tidak mengantuk. Pendekatan ini memberikan solusi yang efisien untuk menganalisis perubahan dalam kedipan mata, dengan jarak Manhattan yang lebih tinggi menunjukkan tingkat kelelahan yang lebih signifikan.

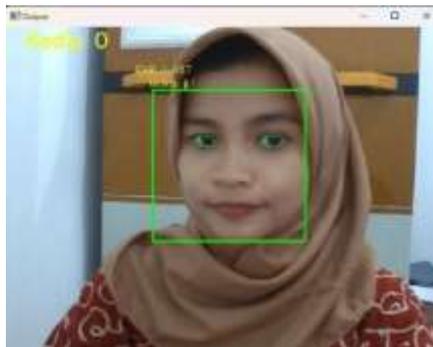
3.5 Deteksi Kelelahan

Keunggulan utama dari sistem ini terletak pada respons cepat dan visualisasi peringatan yang diberikan kepada pengemudi. Jika analisis metode *Manhattan Distance* mengindikasikan mata tertutup selama 5 kedipan, sistem memberikan peringatan secara *realtime*. Peringatan ini dapat berupa bunyi alarm yang menarik perhatian pengemudi pada layar atau peringatan suara yang memberikan sinyal untuk beristirahat. Dengan menyajikan informasi secara jelas dan langsung kepada pengemudi, sistem ini berperan dalam membantu mencegah kelelahan yang dapat menyebabkan kecelakaan di jalan raya. Dengan kata lain, melalui penggabungan deteksi wajah, ekstraksi landmark, dan metode *Manhattan Distance*, sistem ini menjadi solusi yang efektif untuk mendeteksi kelelahan pengemudi secara realtime. Dengan memanfaatkan teknologi ini, keselamatan pengemudi dan penumpang dapat ditingkatkan secara signifikan, menciptakan lingkungan berkendara yang lebih aman dan responsif.

4. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa sampel video realtime yang diambil dari hasil *capture* sebuah *camera webcam*, dengan batasan aspek yaitu jarak wajah terhadap *camera webcam*. Akses *webcam* memainkan peran krusial untuk mengumpulkan data visual yang

diperlukan. Jika program dijalankan makan dengan otomatis *webcam* terbuka seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan awal *webcam* dibuka

Proses selanjutnya adalah mengubah BGR (*Blue, Green, Red*) menjadi *Greyscale*. Konversi dari citra BGR (*Blue, Green, Red*) ke citra *greyscale* melibatkan perhitungan nilai intensitas kecerahan yang tunggal untuk setiap piksel, dengan mengambil rata-rata atau menggunakan formula tertentu. Salah satu metode yang umum digunakan adalah menggunakan rumus rata-rata atau formula bobot tertentu. Rumus rata-rata dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B$$

Di sini, bobot (0.299, 0.587, dan 0.114) mencerminkan kontribusi relatif dari masing-masing komponen warna terhadap kecerahan total. Rumus ini memperhitungkan persepsi visual manusia terhadap warna.

Jika citra sudah diubah maka akan mengases fitur landmark untuk mengidentifikasi titik-titik kunci pada struktur mata, seperti sudut mata dan posisi pupil, yang dapat memberikan informasi berharga terkait tingkat kantuk atau kelelahan. Pengukuran tersebut dilandasi oleh perhitungan jarak vertikal dan horizontal antara dua titik[19] Untuk mendeteksi kedipan mata pada gambar wajah, kita dapat menggunakan metode *Eye Aspect Ratio* (EAR). Metode ini didasarkan pada perbandingan jarak antara landmark wajah pada bagian mata. Pertama, kita perlu mendeteksi landmark wajah menggunakan algoritma seperti *dlib* atau *OpenCV*. *Landmark* ini mencakup berbagai bagian wajah, termasuk mata. Kemudian menghitung Manhattan Distance (juga disebut dengan *city block distance* atau *L1 distance*) untuk mengukur *Eye Aspect Ratio* (EAR). EAR umumnya digunakan dalam deteksi kantuk atau perhatian pada aplikasi visi komputer. Jika nilai *EAR* lebih kecil atau sama dengan 0.7, maka ini dihitung sebagai tanda mata tertutup. Jika nilai *EAR* lebih besar dari 0.7, maka ini dihitung sebagai tanda mata terbuka. Contoh penggunaan rumus:

Kita akan asumsikan beberapa nilai koordinat untuk titik-titik mata:

$$\begin{aligned}(x_0, y_0) &= \text{eye}[0] = (10, 20) \\(x_1, y_1) &= \text{eye}[1] = (15, 10) \\(x_2, y_2) &= \text{eye}[2] = (20, 10) \\(x_3, y_3) &= \text{eye}[3] = (30, 20) \\(x_4, y_4) &= \text{eye}[4] = (25, 25) \\(x_5, y_5) &= \text{eye}[5] = (15, 25)\end{aligned}$$

Kemudian, kita substitusi nilai-nilai ini ke dalam rumus EAR:

EAR =

$$A = |15 - 15| + |10 - 25| + |20 - 25| + |10 - 25|$$

$$B = |10 - 30| + |20 - 20|$$

$$A = 0 + 15 + 5 + 15$$

$$B = 20 + 0$$

$$\text{EAR} = \frac{35}{2 \times 20} = \frac{35}{40} = 0.875$$

Jadi, nilai EAR yang dihitung berdasarkan koordinat titik-titik mata yang diberikan adalah 0.875. Nilai ini memberikan informasi tentang tingkat kepalitan mata berdasarkan rasio aspek yang dihitung dari posisi relatif titik-titik mata. Nilai EAR tersebut lebih besar dari 0,7 maka mata dikategorikan terbuka.

Jika system sudah dijalankan dan mata terdeteksi berkedip maka akan keluar *output* seperti pada Gambar 5.

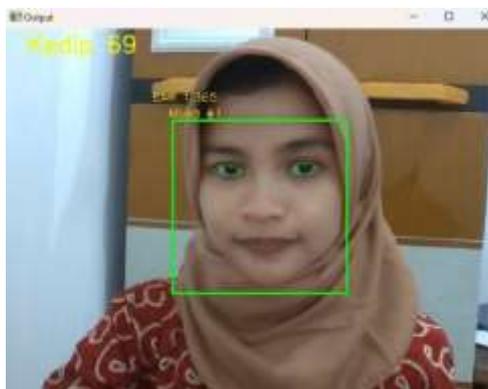


Gambar 5. Tampilan jika mata terdeteksi berkedip

Ketika sensor mata mendeteksi bahwa mata pengemudi telah tertutup selama 5 kedipan secara berkelanjutan, sistem tidak hanya memberikan peringatan visual berupa notifikasi yang muncul dengan pesan tegas "BANGUNNNNNN!!!" di layar seperti Gambar 5, tetapi juga merespons secara auditif dengan memicu bunyi alarm yang berbunyi secara nyaring. Tindakan ini dirancang dengan tujuan utama untuk memberikan peringatan yang sangat jelas dan efektif kepada pengemudi, bertujuan agar mereka segera sadar dan kembali fokus pada perjalanan mereka. Upaya ini untuk signifikan mengurangi risiko kecelakaan yang dapat terjadi akibat kelelahan atau kantuk saat sedang berkendara. Respons cepat dan tegas dari aplikasi ini diharapkan mampu meningkatkan kesadaran pengemudi terhadap kondisi kesehatan mereka selama perjalanan, sekaligus mendukung upaya pencegahan kecelakaan dan memastikan keamanan di jalan raya. Notifikasi dan alarm akan secara otomatis berhenti begitu sensor mata mendeteksi bahwa mata pengemudi telah terbuka kembali seperti pada tampilan Gambar 6, menciptakan pengalaman yang sensitif dan adaptif.



Gambar 6. Tampilan ketika terdeteksi mengantuk



Gambar 7. Tampilan ketika mata sudah kembali terbuka

Kamera ini memiliki tujuan agar menjadi alat yang berguna menangkap citra wajah dari pengemudi serta kamera tersebut memiliki tujuan untuk menjadi pendeteksi mata yang dipakai sebagai indicator inti dalam melakukan deteksi kantuk. Pengujian ini memiliki tujuan guna menegaskan bila perangkat yang kita pakai dalam keadaan bagus dan tidak mengalami kerusakan maupun kekurangan dari alat yang kita pakai. Oleh karenanya di masa depan, alat ini bisa dipakai sebagai perancangan alat pendeteksi kantuk. Maksud dari tindakan uji ini yaitu guna mengetahui kapasitas sistem dalam membaca serta melakukan deteksi citra wajah pengemudi dengan jarak yang beragam antara webcam dengan wajah pengemudi. Jarak kamera dengan wajah akan di mulai dari 30cm – 60 cm. Perbedaan jarak pada tindakan uji ini memiliki tujuan agar dapat diketahui berapa jarak efektif yang mampu dicapai system pada saat bekerja. Dalam percobaan ini peneliti menghadap lurus langsung ke arah kamera sampai diperoleh hasil pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Percobaan Kamera Pendeteksi Kantuk

Percobaan	Jarak dari kamera (cm)	Eye blink	Kondisi muka	Kondisi Alarm	Keterangan
1	30	Terdeteksi	Tidak memakai apa-apa	Terdeteksi	Valid
2	40	Terdeteksi	Tidak memakai apa-apa	Terdeteksi	Valid
3	50	Terdeteksi	Tidak memakai apa-apa	Terdeteksi	Valid
4	60	Terdeteksi	Tidak memakai apa-apa	Terdeteksi	Valid
5	30	Terdeteksi	Memakai kacamata	Terdeteksi	Valid
6	40	Terdeteksi	Memakai kacamata	Terdeteksi	Valid
7	50	Terdeteksi	Memakai kacamata	Terdeteksi	Valid
8	60	Terdeteksi	Memakai kacamata	Terdeteksi	Valid
9	30	Terdeteksi	Memakai masker	Terdeteksi	Valid
10	40	Terdeteksi	Memakai masker	Terdeteksi	Valid
11	50	Terdeteksi	Memakai masker	Terdeteksi	Valid
12	60	Tidak	Memakai masker	Tidak	Valid
13	30	Terdeteksi	Memakai masker dan kacamata	Terdeteksi	Valid
14	40	Terdeteksi	Memakai masker dan kacamata	Terdeteksi	Valid
15	50	Tidak	Memakai masker dan kacamata	Tidak	Tidak Valid
16	60	Tidak	Memakai masker dan kacamata	Tidak	Tidak Valid
17	30	Terdeteksi	Memakai hijab	Terdeteksi	Valid
18	40	Terdeteksi	Memakai hijab	Terdeteksi	Valid
19	50	Terdeteksi	Memakai hijab	Terdeteksi	Valid
20	60	Terdeteksi	Memakai hijab	Terdeteksi	Valid
21	30	Terdeteksi	Memakai kotak lensa	Terdeteksi	Valid
22	40	Terdeteksi	Memakai kotak lensa	Terdeteksi	Valid
23	50	Terdeteksi	Memakai kotak lensa	Terdeteksi	Valid
24	60	Terdeteksi	Memakai kotak lensa	Terdeteksi	Valid

Keterangan:

- Aktif : Alarm menyala dengan sempurna
- Mati : Alarm tidak menyala
- Terdeteksi : Kamera berhasil membaca koordinat wajah
- Tidak : Kamera tidak berhasil membaca koordinat wajah

Akurasi adalah metrik umum yang digunakan untuk mengukur sejauh mana model atau sistem dapat membuat prediksi yang benar. Rumus untuk menghitung akurasi dapat dijelaskan sebagai berikut[20]:

Rumus menghitung akurasi dari alat:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{jumlah benar}}{\text{total percobaan}} \times 100$$

$$\text{Akurasi} = \frac{21}{24} \times 100 = 87,5\%$$

Kamera pendeteksi kantuk yang dikembangkan berhasil mencapai tingkat akurasi sebesar 87,5%. Hasil ini menunjukkan efektivitas sistem dalam mendeteksi gejala kelelahan pengemudi berdasarkan ekspresi wajah atau gerakan mata. Tingkat akurasi yang tinggi ini menunjukkan potensi implementasi yang positif dalam upaya meningkatkan keamanan berkendara, dengan memberikan peringatan dini terhadap kemungkinan kelelahan pengemudi dan mengurangi risiko terjadinya kecelakaan. 12,5% Percobaan yang tidak berhasil dikarenakan Wajah yang *dicapture webcam* terhalangi sebagian oleh objek lain, banyak terpotong dan bergerak. Hal ini dapat membuat deteksi wajah menjadi lebih sulit. Meskipun masih diperlukan peningkatan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi, penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan teknologi deteksi kantuk yang lebih canggih dan dapat diandalkan di masa depan.

5. Simpulan

Berdasarkan penelitian ini, telah dikembangkan sebuah sistem pendeteksi kelelahan pengemudi dengan basis pengukuran kedipan mata menggunakan metode *Manhattan Distance* dengan akurasi 87,5%. Sistem ini menggunakan kamera untuk memantau gerakan mata pengemudi dan menerapkan metode *Manhattan Distance* untuk mengevaluasi pola kedipan mata normal dan yang terpengaruh oleh kelelahan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam mengidentifikasi kelelahan pengemudi dengan tingkat akurasi yang memuaskan. Penelitian ini memiliki tujuan utama untuk meningkatkan keamanan berkendara dengan mendeteksi tingkat kelelahan pengemudi secara efektif. Dengan mengukur kedipan mata dan menerapkan metode perhitungan jarak yang tepat, sistem ini dapat memberikan indikasi tingkat kelelahan pengemudi secara *real-time*. Hasil pengujian memperlihatkan bahwasanya sistem ini mampu bekerja secara baik dalam berbagai kondisi, termasuk pengemudi yang memakai kacamata, masker, hijab, atau kotak lensa.

Melalui integrasi teknologi seperti *NumPy*, *OpenCV*, dan *dlib*, sistem ini dapat bekerja secara efisien dan memberikan respons cepat terhadap kondisi mata pengemudi. Pengujian jarak yang dilakukan memperlihatkan bahwasanya sistem mampu bekerja secara baik dalam jarak antara 30 cm hingga 60 cm, mengindikasikan kemampuannya untuk diimplementasikan dalam lingkungan kendaraan. Dengan demikian, sistem pendeteksi kelelahan pengemudi ini memiliki potensi untuk diimplementasikan dalam kendaraan sebagai bagian dari sistem keamanan, yang dapat mengurangi risiko kecelakaan akibat kelelahan pengemudi. Akurasi dan responsibilitas sistem ini menjadi kunci dalam meningkatkan keselamatan berkendara dan mengurangi angka kecelakaan lalu lintas.

Untuk pengembangan lebih lanjut, saran penelitian lebih lanjut dapat mengintegrasikan faktor-faktor seperti kondisi cuaca, jenis perjalanan, dan variabel demografis pengemudi, seperti usia dan jenis kelamin, untuk mendapatkan pemahaman yang lebih holistik tentang dampak kelelahan pengemudi terhadap keselamatan berkendara. Selain itu, mempertimbangkan faktor-faktor psikologis dan emosional yang mungkin mempengaruhi tingkat kelelahan, seperti stres atau suasana hati, dapat memberikan wawasan lebih mendalam. Penelitian lebih lanjut juga dapat memperluas metode analisis, mencakup penggunaan teknik-teknik *machine learning* untuk

meningkatkan akurasi deteksi dan mendukung pengembangan sistem yang lebih adaptif terhadap kondisi pengemudi yang beragam.

Selain itu, fokus pada integrasi teknologi baru seperti sensor suhu atau deteksi denyut jantung dalam sistem deteksi kelelahan pengemudi dapat menjadi bidang penelitian yang menarik. Pengembangan model yang dapat mengintegrasikan data multi-sensor untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang kondisi pengemudi dapat meningkatkan keakuratan dan respons sistem. Penelitian juga dapat menggali potensi penerapan teknologi otomatisasi lebih lanjut, seperti pengembangan sistem yang dapat memberikan peringatan lebih kontekstual dan solusi preventif, seperti penyesuaian otomatis kursi atau pencahayaan dalam kendaraan. Dengan melibatkan multidisiplin ilmu, penelitian ini dapat memperkuat kontribusi terhadap peningkatan keselamatan lalu lintas dan kesejahteraan pengemudi.

Daftar Referensi

- [1] S.F.E. Mubalus, "Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas Di Kabupaten Sorong Dan Penanggulangannya," *SOSCIED*, vol. 6, no. 1, pp. 182–197, Jul. 2023, doi: <https://doi.org/10.32531/jsocied.v6i1.624>.
- [2] J. Homepage, B. Dwi, H. Puslitbang, T. Jalan, D. Perkeretaapian, and J. Medan, "Pengaruh Mengemudi Malam dan Kondisi Jalan Monoton Terhadap Tingkat Kelelahan Pengemudi dan Implikasinya Pada Kecelakaan," *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, vol. 21, no. 2, pp. 117–124, Nov. 2019, doi: 10.25104/jptd.v21i2.1297.
- [3] C. K. U Nggiku and A. Rabi, "Deteksi Kantuk Pada Pengemudi Mobil Menggunakan Eye Aspect Ratio Dengan Metode Facial Landmark," *Deteksi Kantuk Pada Pengemudi Mobil Menggunakan Eye Aspect Ratio Dengan Metode Facial Landmark*, vol. 5, no. 1, pp. 72–78, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.56795/sinarfe7.v5i1>.
- [4] R. T. Puteri and F. Utaminigrum, "Deteksi Kantuk Menggunakan Kombinasi Haar Cascade dan Convolutional Neural Network," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 3, pp. 816–821, Mar. 2020, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [5] M. Verma, M. Srivastava, N. Chack, A. Kumar Diswar, and N. Gupta, "A Comparative Study of Various Clustering Algorithms in Data Mining," *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, vol. 2, no. 3, pp. 1379–1384, May 2012, [Online]. Available: www.ijera.com
- [6] I. P. A. E. D. Udayana and I. K. D. G. Supartha, "Implementasi Kombinasi Metode Mean Denoising dan Convolutional Neural Network pada Facial Landmark Detection," *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, Apr. 2021, doi: 10.23887/janapati.v10i1.29779.
- [7] R. R. Hajar *et al.*, "Deteksi Wajah Berbasis Facial Landmark Menggunakan Opencv Dan Dlib," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 2, pp. 144–148, Dec. 2021, doi: <https://doi.org/10.36294/jurti.v5i2.2220>.
- [8] Fabian Friedrichs and Bin Yang, "Camera-based Drowsiness Reference for Driver State Classification under Real Driving Conditions," *2010 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 101–106, Jun. 2010, doi: 10.1109/IVS.2010.5548039.
- [9] Komang Yoga Tri Pranata, C. Ramadhani, and G. Wahyu Wiriasto, "Sistem Peringatan Dini Kantuk pada Pengemudi Malam Hari Menggunakan Metoda Facial Landmark Detection Berbasis Raspberry PI 3 Modul B," *Dielektrika – Department of Electrical Engineering University of Mataram*, vol. 10, no. 2, pp. 100–111, Mar. 2023, doi: <https://doi.org/10.29303/dielektrika.v10i2.352>.
- [10] Nurmaleni and Asminah, "Klasifikasi Jenis Alpukat Dengan Image Processing Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (K-NN)," *Jurnal Ilmiah Betrik*, vol. 14, no. 02, pp. 423–435, Aug. 2023.
- [11] N. Arynarto, Y. A. Sari, and R. Cahyawihandika, "Pengenalan Emosi Berdasarkan Ekspresi Mikro Menggunakan Metode Local Binary Pattern," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 10, pp. 3230–3238, Oct. 2018, doi: <https://doi.org/10.54314/jssr.v6i3.1474>.
- [12] M. Ahmad Kamran, M. M. N. Mannan, and M. Y. Jeong, "Drowsiness, Fatigue and Poor Sleep's Causes and Detection: A Comprehensive Study," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 167172–167186, Oct. 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2951028.

- [13] F. Hariesugama, F. Bimantoro, and G. Satya Nugraha, "Pengenalan Wajah Dan Deteksi Kantuk Menggunakan Metode Haar Cascade Dan Convolutional Neural Network," *Universitas Mataram Repository*, 2023, Accessed: Mar. 08, 2024. [Online]. Available: <http://eprints.unram.ac.id/id/eprint/43567>
- [14] R. Jabbar, K. Al-Khalifa, M. Kharbeche, W. Alhajyaseen, M. Jafari, and S. Jiang, "Real-time Driver Drowsiness Detection for Android Application Using Deep Neural Networks Techniques," *Procedia Comput Sci*, vol. 130, pp. 400–407, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.04.060.
- [15] I. Putu *et al.*, "Detection of Student Drowsiness Using Ensemble Regression Trees in Online Learning During a COVID-19 Pandemic Deteksi Kantuk Peserta Didik Menggunakan Ensemble Regression Trees Pada Pembelajaran Daring Dimasa Pandemi COVID-19," *Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi*, vol. 19, no. 2, pp. 229–244, Jun. 2022, doi: 10.31515/telematika.v19i2.7044.
- [16] S. A. Lee, J. Kim, J. M. Lee, Y. J. Hong, I. J. Kim, and J. D. Lee, "Automatic Facial Recognition System Assisted-facial Asymmetry Scale Using Facial Landmarks," *Otology and Neurotology*, vol. 41, no. 8, pp. 1140–1148, Sep. 2020, doi: 10.1097/MAO.0000000000002735.
- [17] G. Pangestu, F. Utaminingrum, and F. A. Bachtiar, "Eye state recognition using multiple methods for applied to control smart wheelchair," *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, vol. 12, no. 1, pp. 232–241, Jun. 2019, doi: 10.22266/IJIES2019.0228.23.
- [18] A. Eviana, Abd. C. Fauzan, H. Harliana, and F. N. Putra, "Komparasi Jarak Euclidean dan Jarak Manhattan Untuk Deteksi Covid-19 Melalui Citra CT-Scan Paru-Paru," *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, vol. 11, no. 2, pp. 121–129, Feb. 2022, doi: 10.34010/komputika.v11i2.5380.
- [19] R. Alya Shafira, Yahfizham, and A. Muliani Harahap, "Menentukan Jarak Terpendek Dalam Pengiriman Barang Dengan Perbandingan Euclidean Distance Dan Manhattan Distance," *Journal of Science and Social Research*, vol. VI, no. 3, pp. 678–685, Oct. 2023, doi: <https://doi.org/10.54314/jssr.v6i3.1474>.
- [20] N. Wahyudiana and S. Budi, "Perbandingan Performa Pre-Trained Classifier dLib dan HAAR Cascade (OpenCV) Untuk Mendeteksi Wajah," *Jurnal Strategi*, vol. 1, no. 2, pp. 374–385, Nov. 2019.