

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wajah merupakan bagian tubuh manusia yang memiliki ciri khas unik, sehingga dapat digunakan untuk membedakan dan mengenali individu secara objektif melalui pengamatan wajah[1]. Pengenalan ekspresi wajah dapat digunakan sebagai pendukung komunikasi, baik lisan maupun nonverbal, karena ekspresi wajah mampu menyampaikan pesan secara mandiri. Dalam proses penyampaian pesan, wajah memiliki peran sebesar 55%, bahasa menyumbang 7%, dan suara berkontribusi sebesar 38%[2]. Oleh karena itu, wajah menjadi salah satu objek yang banyak digunakan dalam penelitian di bidang teknologi computer vision dan pengolahan citra. Penerapan pengolahan citra dan computer vision memiliki tujuan utama untuk menghasilkan keputusan atau informasi mengenai objek fisik nyata yang diperoleh melalui perangkat akuisisi atau sensor[3]. Ekspresi wajah tidak hanya mencerminkan emosi dasar seperti senang atau sedih, tetapi juga keadaan psikologis atau fisiologis tertentu seperti rasa lelah atau kantuk, yang seringkali ditandai dengan gerakan mata dan mulut yang khas.

Kondisi mengantuk pada seseorang dapat dikenali melalui perubahan pada kelopak mata yang mulai terasa berat dan cenderung menutup[4]. Kantuk (drowsiness) merupakan suatu kondisi ketika seseorang merasakan kebutuhan untuk tidur. Keadaan ini dapat terjadi baik pada siang maupun malam hari dan termasuk kondisi yang normal dialami oleh setiap individu. Kondisi mengantuk dapat dipicu oleh berbagai faktor, seperti kelelahan akibat aktivitas kerja dan kurangnya waktu tidur yang memadai. Tingkat kantuk memiliki beberapa kategori, sehingga dapat digunakan untuk menentukan apakah seseorang berada dalam keadaan mengantuk atau tidak[5]. Selain itu, data terkini dari Kepolisian Daerah Sumatera Utara menunjukkan bahwa selama tahun 2025 sebanyak 1.225 orang meninggal dunia akibat kecelakaan lalu lintas di wilayah Sumatera Utara. Jumlah tersebut mengalami penurunan dibandingkan tahun sebelumnya, namun masih mencerminkan besarnya angka fatalitas. Sementara itu, tercatat 1.448 korban mengalami luka berat dan 5.631 orang mengalami luka ringan[6]. Berbagai penelitian mengungkapkan bahwa proporsi kecelakaan yang berkaitan dengan kelelahan dan kantuk tergolong tinggi. Data dari Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) menyebutkan bahwa sekitar 60% kecelakaan kendaraan darat dipicu oleh kelelahan pengemudi, di mana kantuk merupakan gejala fisiologis utama dari kondisi kelelahan tersebut[7].

Oleh karena itu, diperlukan metode yang mampu mendeteksi tanda-tanda kantuk secara akurat melalui pengamatan wajah. Metode terkini untuk mendeteksi area wajah adalah melalui facial landmark detection, yang berfungsi dengan menetapkan sejumlah titik spesifik pada wajah untuk mengidentifikasi dan menentukan struktur biologis atau bentuk wajah manusia[8]. Melalui titik-titik landmark tersebut, berbagai fitur wajah dapat diekstraksi dan dianalisis sebagai indikator fisiologis untuk mendeteksi kondisi kantuk. Oleh karena itu, pendekatan berbasis komputer vision lebih banyak dipilih karena bersifat non-intrusif dan dapat bekerja secara real-time. Salah satu indikator yang paling banyak digunakan ialah PERCLOS (Percentage of Eye Closure), yaitu persentase waktu mata tertutup dalam interval tertentu. Penelitian tinjauan menyebutkan bahwa PERCLOS merupakan prediktor yang stabil dan efektif dalam mengukur tingkat kantuk pada manusia [9]. Selain itu, pengukuran Eye Aspect Ratio (EAR) juga menjadi salah satu metode utama untuk mendeteksi perubahan kondisi mata, termasuk kedipan lambat dan penutupan mata secara bertahap[10]. Menunjukkan bahwa EAR mampu bekerja secara cepat dengan kebutuhan komputasi yang rendah sehingga sesuai untuk implementasi perangkat bergerak. Indikator lain yang relevan adalah Mouth Aspect Ratio (MAR) yang digunakan untuk mendeteksi aktivitas menguap, salah satu ciri fisiologis umum dari keadaan mengantuk. EAR dan MAR mampu menunjukkan tingkat keterbukaan mata dan mulut yang dapat digunakan sebagai indikator kondisi kantuk. Sejumlah penelitian telah menerapkan metode ini dan menunjukkan hasil yang cukup menjanjikan[11].

1.2 Rumus Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan ekstraksi fitur wajah secara akurat menggunakan landmark wajah agar dapat memperoleh nilai PERCLOS, EAR, dan MAR sebagai indikator utama kondisi kantuk?
2. Bagaimana merancang pemodelan multi-metrik berbasis PERCLOS, EAR, dan MAR yang mampu merepresentasikan perubahan kondisi mata dan mulut secara real-time?
3. Bagaimana menerapkan mekanisme pengolahan temporal menggunakan teknik sliding window untuk menstabilkan nilai metrik sehingga hasil deteksi tidak dipengaruhi fluktuasi per frame?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

1. Mengimplementasikan MediaPipe Face Landmarker untuk mengekstraksi koordinat fitur wajah secara akurat sebagai dasar perhitungan nilai PERCLOS, Eye Aspect Ratio (EAR), dan Mouth Aspect Ratio (MAR).
2. Membangun pemodelan multi-metrik yang mengintegrasikan nilai PERCLOS, EAR, dan MAR untuk mendeteksi perubahan kondisi kantuk secara real-time.
3. Menerapkan teknik pengolahan temporal menggunakan sliding window untuk menstabilkan nilai metrik dan mengurangi fluktuasi deteksi antar frame.

1.3.2 Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi teoritis mengenai integrasi multi-metrik wajah ke dalam indeks komposit untuk deteksi kantuk berbasis computer vision.
2. Menambah referensi ilmiah mengenai penggunaan teknik sliding window dalam pengolahan temporal pada sistem pendeteksian kondisi pengguna.
3. Memberikan pemahaman lebih lanjut terkait pemanfaatan teknologi landmark wajah seperti MediaPipe dalam analisis kondisi fisiologis secara real-time.
4. Menghasilkan prototipe aplikasi mobile yang dapat menjadi acuan bagi pengembangan sistem monitoring kondisi pengguna pada berbagai konteks.
5. Menyediakan solusi non-intrusif tanpa sensor tambahan yang dapat diterapkan pada perangkat modern.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal berikut agar ruang lingkup tetap terarah dan sesuai dengan kemampuan serta cakupan penelitian tingkat sarjana:

1. Deteksi kantuk hanya dilakukan berdasarkan analisis wajah, yaitu melalui metrik PERCLOS, Eye Aspect Ratio (EAR), dan Mouth Aspect Ratio (MAR). Faktor lain seperti detak jantung, EEG, atau sensor fisiologis tidak digunakan.
2. Ekstraksi titik wajah menggunakan MediaPipe Face Landmarker, sehingga penelitian tidak mencakup pelatihan model machine learning atau deep learning baru untuk deteksi wajah.

3. Pemodelan deteksi dilakukan menggunakan pendekatan berbasis aturan (rule-based) dengan memanfaatkan perhitungan metrik wajah, pengolahan temporal menggunakan teknik sliding window. Pendekatan berbasis model sekuensial kompleks (seperti LSTM, GRU, atau Transformer) tidak digunakan.

1.5 Keterbaruan

1. Dataset yang digunakan berupa video dan citra wajah untuk mendeteksi kondisi kantuk dengan membandingkan metode YOLO dan Viola-Jones menggunakan klasifikasi berbasis CNN pada jumlah epoch yang sama. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Viola-Jones memiliki performa lebih baik dengan akurasi 0,90, recall 0,88, dan F1-score 0,88, serta waktu pelatihan 13 menit 37 detik. Sebaliknya, YOLO menghasilkan akurasi 0,75, recall 0,75, dan F1-score 0,70 dengan waktu pelatihan sekitar 400 menit[12]. Sementara itu, penelitian ini menggunakan pendekatan multi-metrik berbasis facial landmark dan memanfaatkan data video live.
2. Data yang digunakan berupa citra dan video pengendara yang diambil melalui kamera untuk mendeteksi kantuk. Metode yang diterapkan meliputi BlazeFace untuk deteksi wajah, facial landmark untuk menentukan posisi mata, mulut, dan kepala, serta EAR untuk analisis kedipan. Hasil pengujian menunjukkan akurasi deteksi wajah sebesar 98% dengan kemampuan mendeteksi wajah pada sudut 0° hingga 20° terhadap kamera[13]. Sebagai pembeda, penelitian ini tidak hanya menggunakan EAR, tetapi juga mengintegrasikan MAR dan PERCLOS dalam proses deteksi kantuk.
3. Penelitian terdahulu menggunakan citra wajah dengan kondisi mata terbuka dan tertutup, menerapkan CNN untuk klasifikasi dan Haar Cascade untuk deteksi wajah. Sistem mencapai akurasi 0,97 tanpa overfitting, serta mampu mendeteksi kantuk secara real-time dengan akurasi tertinggi 80% pada jarak 30 cm dan terendah 30% pada jarak 50 cm[14]. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan tidak melibatkan CNN, melainkan menerapkan mekanisme multi-metrik. Selain itu, sistem dirancang untuk dapat digunakan pada jarak pengamatan hingga 1 meter.
4. Studi sebelumnya menggunakan citra wajah pengemudi secara real-time melalui webcam dengan metode HOG dan Linear SVM serta landmark wajah 68 titik untuk perhitungan EAR, dan mencapai akurasi rata-rata 90,4% pada jarak 50 cm[15]. Perbedaan penelitian ini terletak pada cakupan penggunaannya yang tidak terbatas

pada pengemudi saja, serta pemanfaatan facial landmark sebanyak 478 titik untuk menghitung nilai EAR dan MAR.

5. Deteksi dan identifikasi memerlukan pelatihan model dari awal, sehingga memerlukan sumber daya yang tidak sedikit, pelatihan model dari awal juga memerlukan dataset yang cukup banyak untuk menunjang keakuratan sebuah model[16]. Di penelitian kami, kami menggunakan media pipe face landmark yang sudah dilatih dan telah dioptimalkan dari Google, jadi menghemat sumber daya dan tidak perlu melatih model dari awal.
6. Teknologi deteksi wajah semakin banyak dimanfaatkan dalam berbagai sistem, seperti pengenalan biometrik, pencarian, dan pengelolaan basis data citra. Citra digital merupakan salah satu komponen multimedia yang berperan penting sebagai sumber informasi visual, khususnya citra wajah. Wajah memiliki karakteristik yang sangat beragam, baik dari latar belakang maupun atribut fisik seperti jenggot, kumis, penggunaan kacamata, hingga kondisi terhalang objek lain atau berada dalam satu citra dengan banyak orang. Berdasarkan keberagaman tersebut, dikembangkan sebuah sistem untuk mendeteksi citra wajah dengan variasi kondisi yang berbeda. Metode template matching digunakan sebagai teknik pengolahan citra digital untuk menemukan bagian gambar yang sesuai dengan template wajah. Sistem kemudian menguji citra masukan untuk menentukan apakah wajah dapat terdeteksi[17]. Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian kami berfokus pada pendeteksian kantuk yang dapat diterapkan pada berbagai pengguna sebagai upaya mengurangi risiko kecelakaan lalu lintas. Sistem tidak hanya menganalisis wajah secara umum, tetapi juga mengekstraksi atribut mata dan mulut sebagai indikator fisiologis kantuk, dengan menerapkan lebih dari satu algoritma guna memperoleh hasil deteksi yang lebih optimal.