

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh pengemudi yang mengantuk masih menjadi salah satu penyebab utama kecelakaan fatal di berbagai negara. Kantuk dapat menurunkan konsentrasi, memperlambat waktu reaksi, dan bahkan menyebabkan hilangnya kontrol terhadap kendaraan. *National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)* mencatat bahwa sekitar 100.000 kecelakaan setiap tahun di Amerika Serikat disebabkan oleh kantuk pengemudi[1].

Di Indonesia, Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat bahwa pada tahun 2022 terjadi sebanyak 139.258 kasus kecelakaan lalu lintas, dengan 28.131 korban meninggal dunia[2]. Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) mencatat bahwa kecelakaan disebabkan oleh pengemudi yang mengalami *microsleep* setelah bekerja lebih dari 10 jam tanpa tidur, yang menjadi penyebab kecelakaan fatal[3]. Temuan ini memperkuat bukti bahwa kantuk pengemudi merupakan faktor serius yang berkontribusi terhadap tingginya angka kecelakaan di jalan raya.

Kondisi kantuk menurunkan konsentrasi, memperlambat waktu reaksi, dan meningkatkan risiko kehilangan kontrol terhadap kendaraan[4]. Oleh karena itu, diperlukan sistem deteksi kantuk yang akurat, non-invasif, dan dapat beroperasi untuk mencegah kecelakaan serupa[5].

Pendekatan berbasis visual menjadi solusi yang efektif karena hanya memerlukan kamera sebagai alat perekam dan tidak mengganggu kenyamanan pengemudi. Tanda-tanda visual seperti perubahan pada mata dan mulut dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi gejala kantuk secara dini. Beberapa indikator visual yang terbukti relevan adalah *Eye Aspect Ratio* (EAR), *Mouth Aspect Ratio* (MAR), dan *Blink Rate*. EAR digunakan untuk mengetahui durasi mata tertutup, MAR digunakan untuk mendeteksi aktivitas menguap, dan *Blink Rate* untuk mengetahui frekuensi kedipan mata dalam periode waktu tertentu [6].

Dalam penelitian ini, proses ekstraksi fitur dilakukan secara otomatis menggunakan *MediaPipe Face Mesh Framework* ini secara *real-time* mendeteksi 468 titik *landmark* pada wajah dari citra video pengemudi. Titik-titik tertentu di area mata dan mulut diambil dari output *MediaPipe* dan digunakan untuk menghitung nilai *Eye Aspect Ratio* (EAR) dan *Mouth Aspect Ratio* (MAR) menggunakan rumus geometris. Sementara itu, *Blink Rate* dihitung berdasarkan jumlah perubahan nilai EAR yang melewati ambang batas tertentu dalam interval waktu yang telah ditentukan[7].

Dibandingkan dengan metode berbasis sinyal fisiologis seperti EEG atau EOG, pendekatan visual memiliki keunggulan karena bersifat non-invasif, lebih nyaman bagi pengguna, dan lebih mudah diimplementasikan dalam sistem

kendaraan. Metode fisiologis cenderung intrusif dan memerlukan perangkat tambahan yang dapat mengganggu kenyamanan pengemudi [8].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan pendekatan visual dalam mendeteksi kantuk:

- *Soukupová dan Čech* (2016) menggunakan rasio keterbukaan mata (EAR) untuk mendeteksi kondisi kantuk secara *real-time* berdasarkan durasi mata tertutup[6].
- *Dreissig et al.* (2020) menggabungkan gerakan kepala dan kedipan mata dengan algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN), menghasilkan akurasi deteksi hingga 92%[9].
- *Patel dan Gandhi* (2023) menggunakan pendekatan berbasis aturan untuk mengidentifikasi tanda kantuk melalui aktivitas menguap dan mata tertutup.
- *Rupani et al.* (2024) dan *Wu* (2024) membuktikan efektivitas fitur visual seperti *Eye Aspect Ratio* (EAR) dan *Mouth Aspect Ratio* (MAR) dalam mendeteksi kantuk secara efisien dan non-invasif[10-11].
- *Yuen et al.* (2023) menekankan pentingnya penyesuaian ambang batas EAR berdasarkan faktor usia, karena perbedaan fisiologis pada setiap kelompok umur dapat memengaruhi akurasi deteksi[12].

Penelitian-penelitian tersebut menjadi dasar dalam pengembangan sistem deteksi kantuk berbasis visual pada penelitian ini.

Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya melakukan klasifikasi kondisi kantuk pengemudi ke dalam dua kelas, yaitu waspada dan mengantuk. Pendekatan dua kelas tersebut dinilai belum cukup merepresentasikan kondisi fisiologis pengemudi secara menyeluruh, karena tidak mempertimbangkan fase transisi antara keadaan waspada dan benar-benar mengantuk. Padahal, dalam konteks keselamatan berkendara, mengenali kondisi lelah sebagai tahap awal sebelum mengantuk sangat penting untuk memberikan peringatan dini secara lebih akurat. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan klasifikasi menjadi tiga kelas, yaitu normal, lelah, dan mengantuk, dan mengantuk ekstrem dengan memanfaatkan algoritma *Random Forest* berdasarkan fitur visual EAR, MAR, dan *Blink Rate*.

Dalam penelitian ini, proses ekstraksi fitur dilakukan secara otomatis menggunakan *MediaPipe Face Mesh Framework* ini secara *real-time* mendeteksi 468 titik *Landmark* pada wajah dari citra video pengemudi. Titik-titik tertentu di area mata dan mulut diambil dari output *MediaPipe* dan digunakan untuk menghitung nilai *Eye Aspect Ratio* (EAR) dan *Mouth Aspect Ratio* (MAR) menggunakan rumus geometris. Sementara itu, *Blink Rate* dihitung berdasarkan jumlah perubahan nilai EAR yang melewati ambang batas tertentu dalam interval waktu yang telah ditentukan[7].

Untuk mengklasifikasikan tingkat kantuk, digunakan algoritma *Random Forest* karena kemampuannya dalam menangani data numerik secara efisien dan menghasilkan klasifikasi yang akurat serta tahan terhadap *overfitting*[13-14].

Random Forest juga mampu menunjukkan kontribusi relatif dari masing-masing fitur dalam pengambilan keputusan.

Dengan sistem ini, pengemudi dapat diklasifikasikan ke dalam empat kategori kondisi, yaitu normal, lelah, mengantuk dan mengantuk ekstrem. Sistem ini diharapkan dapat mendukung peningkatan keselamatan berkendara berdasarkan analisis citra wajah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan, maka penulis merumuskan permasalahan, yaitu:

1. Bagaimana cara mengekstraksi fitur visual seperti *Eye Aspect Ratio* (EAR), *Mouth Aspect Ratio* (MAR), dan *blink ratio* dari wajah pengemudi.
2. Bagaimana algoritma *Random Forest* dapat digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi kantuk berdasarkan fitur EAR, MAR, dan *blink ratio*.
3. Sejauh mana tingkat akurasi sistem dalam mendeteksi kondisi kantuk pengemudi menggunakan metode algoritma *Random Forest*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah ini, maka tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Merancang dan membangun sistem deteksi kantuk pengemudi berbasis visual menggunakan kamera dan pemrosesan citra.
2. Mengekstraksi fitur EAR, MAR, dan *blink ratio* dari wajah pengemudi sebagai indikator tingkat kantuk.
3. Mengimplementasikan algoritma *Random Forest* untuk mengklasifikasikan kondisi kantuk pengemudi berdasarkan fitur yang telah diekstraksi.
4. Menganalisis performa sistem dalam mendeteksi kantuk, khususnya dari segi akurasi dan kecepatan pemrosesan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan solusi non-invasif dalam mendeteksi kondisi kantuk pada pengemudi tanpa perlu menggunakan sensor biologis seperti EEG atau EOG, sehingga lebih nyaman dan praktis untuk diterapkan. Sistem yang dikembangkan juga berpotensi menjadi alternatif teknologi keselamatan tambahan bagi pengendara dalam upaya pencegahan kecelakaan yang disebabkan oleh kelelahan atau mengantuk. Selain itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan dasar pengembangan lebih lanjut bagi peneliti maupun pengembang dalam menciptakan sistem deteksi kantuk yang lebih komprehensif berbasis machine learning. Penelitian ini juga memperkuat kontribusi ilmiah dalam mengevaluasi efektivitas fitur visual seperti *Eye Aspect Ratio* (EAR), *Mouth Aspect Ratio* (MAR), dan *Blink Rate* dalam mendeteksi kondisi kognitif pengemudi secara lebih akurat.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus, maka dilakukan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Data citra wajah diperoleh dari kamera laptop atau webcam dengan posisi statis dan pencahayaan cukup baik.
2. Penandaan titik-titik pada area mata dan mulut dilakukan secara otomatis menggunakan *framework MediaPipe Face Mesh* pada citra wajah hasil rekaman video.
3. Ekstraksi fitur terbatas pada tiga parameter visual: *Eye Aspect Ratio* (EAR), *Mouth Aspect Ratio* (MAR), dan *Blink Rate*, yang dihitung menggunakan rumus geometris berdasarkan titik output dari *MediaPipe*.
4. Subjek penelitian dibatasi pada individu dengan rentang usia 20–29 tahun, untuk menjaga konsistensi ekspresi dan struktur wajah yang cenderung seragam dalam kelompok usia tersebut.
5. Penelitian hanya dilakukan pada individu dengan kondisi mata normal. Subjek dengan mata sipit ekstrem, ptosis, atau gangguan penglihatan yang memengaruhi keterbukaan mata tidak dilibatkan dalam pengambilan data.
6. Sistem klasifikasi menggunakan algoritma *Random Forest* tanpa dilakukan optimasi lanjutan seperti *tuning hyperparameter*.
7. Penelitian dilakukan dalam lingkungan simulasi yang terkendali di dalam ruangan dan belum diuji pada kondisi nyata di kendaraan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan akhir disusun menjadi beberapa bagian sesuai dengan pedoman tugas akhir Departemen Teknik Elektro, Fakultas Elektro, Fakultas Teknik Universitas Andalas agar lebih mudah dibaca dan dipahami oleh pembaca. Adapun penjabaran sistematika penulisan laporan akhir sebagai berikut:

Tabel 1. 1 Sistematika Penulisan

BAB	PENJELASAN
BAB I	PENDAHULUAN Bab ini berisi terkait uraian latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan penelitian.
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA Bab ini berisi teori dasar yang mendukung penelitian Tugas Akhir.
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN Bab ini memuat tentang prosedur penelitian, metode penelitian, rencana tabel yang akan digunakan pada penelitian, rancangan alat yang akan dibuat, dan flowchart penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas terkait implementasi dan hasil yang telah diujikan pada saat penelitian.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisikan tentang penarikan kesimpulan berdasarkan hasil yang sudah didapatkan dan saran yang disampaikan penulis.

