BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecelakaan lalu lintas masih menjadi salah satu persoalan keselamatan publik paling serius di Indonesia. Data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024 mencatat terdapat 150.906 kejadian kecelakaan lalu lintas dengan 26.839 korban meninggal dunia, angka yang menunjukkan bahwa kecelakaan jalan masih menjadi ancaman serius terhadap keselamatan masyarakat (Badan Pusat Statistik 2024). Temuan ini diperkuat oleh data pada Pusiknas (Pusat Informasi Kriminal Nasional) Polri, pada periode 1 Januari sampai 30 Juni 2025 terdapat 181.451 pengemudi kendaraan roda empat ke atas yang terlibat dalam kecelakaan lalu lintas di Indonesia (Statistik Laka Lantas | Pusiknas Bareskrim Polri, 2025). Angka tersebut menunjukkan bahwa kecelakaan tidak hanya didominasi oleh kendaraan roda dua, tetapi juga melibatkan kendaraan mobil dan kendaraan berukuran lebih besar dalam jumlah yang signifikan. Tingginya angka kecelakaan di Indonesia tidak terlepas dari pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor, kepadatan mobilitas, serta masih rendahnya kepatuhan terhadap aturan berlalu lintas. Kondisi ini memperlihatkan bahwa isu keselamatan lalu lintas di Indonesia tidak hanya berkaitan dengan infrastruktur, tetapi juga dengan perilaku pengguna jalan dan sistem pengawasan yang perlu diperkuat secara berkelanjutan.

Berbagai faktor penyebab kecelakaan lalu lintas seperti kecepatan berlebih, pelanggaran aturan, pengaruh alkohol, dan kondisi jalan, kantuk pengemudi (*drowsy driving*) merupakan salah satu faktor yang paling berbahaya karena sering terjadi tanpa disadari oleh pengemudi. Berbagai laporan keselamatan lalu lintas menunjukkan bahwa kontribusi kantuk terhadap kecelakaan tergolong tinggi sekitar 21% kecelakaan fatal berkaitan dengan kantuk pengemudi (*Drowsy-Driving-Survey*, 2024). Hal ini memperlihatkan bahwa kantuk memiliki tingkat risiko yang sangat tinggi karena tidak selalu didahului tanda yang jelas dan dapat muncul secara tiba-tiba dalam bentuk *microsleep* selama 2–10 detik, waktu yang cukup untuk menyebabkan kendaraan keluar jalur atau menabrak objek di depan.

Kantuk menyebabkan penurunan signifikan pada fungsi kognitif dan psikomotor pengemudi yang sangat penting dalam aktivitas mengemudi. Ketika rasa kantuk meningkat, waktu reaksi menjadi lebih lambat, sehingga pengemudi terlambat merespons selama berkendara. Selain itu, terjadi penurunan konsentrasi dan kewaspadaan yang membuat kemampuan mempertahankan fokus semakin menurun. Pada kondisi yang lebih berat, pengemudi dapat mengalami *microsleep*, yaitu hilangnya kesadaran sesaat selama beberapa detik akibat otak memasuki fase tidur singkat tanpa disadari, yang sangat berisiko menyebabkan kendaraan keluar jalur atau kehilangan kendali. Indikator yang paling umum terlihat adalah perubahan pada mata dan mulut, seperti meningkatnya frekuensi kedipan, durasi mata tertutup yang lebih lama, kelopak mata yang semakin turun, serta frekuensi menguap yang meningkat (Nggiku dkk., 2023).

Berbagai metode deteksi kantuk telah dikembangkan, salah satunya melalui pendekatan berbasis perilaku kendaraan, seperti perpindahan jalur kenderaan (Hasanuddin dkk., 2022). Pendekatan ini tergolong non-intrusif karena tidak memerlukan kontak langsung dengan tubuh pengemudi. Akan tetapi, metode tersebut memiliki keterbatasan karena indikator kantuk umumnya baru terdeteksi ketika performa mengemudi sudah mulai menurun, sehingga respons sistem berpotensi terlambat. Selain itu, tingkat akurasi pendekatan berbasis perilaku kendaraan sangat dipengaruhi oleh kondisi jalan, jenis kendaraan, karakteristik gaya mengemudi, serta faktor lingkungan, seperti permukaan jalan yang tidak rata atau marka jalan yang kurang jelas. Dengan mempertimbangkan keterbatasan tersebut, diperlukan pendekatan deteksi yang lebih adaptif, non-invasif, *real-time*, relatif murah, dan mudah diintegrasikan, salah satunya melalui analisis indikator visual berbasis *computer vision*.

Computer vision dipilih sebagai pendekatan yang lebih praktis, ekonomis, dan non-invasif dalam mendeteksi kantuk pada pengemudi. Melalui analisis citra atau video wajah secara *real-time*, sistem mampu mengenali berbagai perubahan visual yang menjadi indikator awal kelelahan, seperti penutupan mata, peningkatan frekuensi kedipan, arah pandangan, gerakan kepala, hingga aktivitas menguap. Pada aspek mata, kondisi kantuk umumnya diukur menggunakan *Eye Aspect Ratio*

(EAR), yaitu rasio geometris antar titik *facial landmark* mata untuk mengetahui tingkat keterbukaan mata secara *real-time*. Nilai EAR yang terus menurun hingga berada di bawah ambang tertentu dalam beberapa *frame* berturut-turut menjadi indikator kuat bahwa pengemudi mengalami kantuk atau *microsleep*. Sementara itu, indikator pada mulut dapat diukur menggunakan *Mouth Aspect Ratio* (MAR), yang merepresentasikan tingkat bukaan mulut untuk mendeteksi aktivitas menguap sebagai gejala kelelahan. Kombinasi penggunaan EAR dan MAR terbukti efektif karena mampu menangkap dua gejala visual utama kantuk secara simultan. Oleh karea itu, pendekatan berbasis *computer vision* dengan analisis EAR dan MAR menjadi fondasi yang kuat untuk membangun sistem deteksi kantuk yang efisien, akurat, dan aplikatif pada kendaraan modern (Ilmadina dkk., 2022; Maharani dkk., 2024).

YOLOv8 merupakan salah satu algoritma deteksi objek terbaru dari model *You Only Look Once* (YOLO) yang dirancang untuk melakukan proses identifikasi dan lokalisasi objek secara cepat, efisien, serta akurat. Algoritma ini bekerja dengan pendekatan *one-stage detection*, yaitu proses deteksi dilakukan dalam satu tahap tanpa memerlukan mekanisme pemilihan wilayah kandidat objek secara terpisah seperti pada metode *two-stage detection*. Melalui pendekatan tersebut, YOLOv8 mampu memproses citra atau video secara *real-time* sehingga sesuai digunakan pada sistem yang membutuhkan respons cepat, termasuk sistem deteksi wajah, pemantauan objek, dan aplikasi berbasis *computer vision*. Keunggulan ini menjadikan YOLOv8 relevan untuk diterapkan dalam penelitian yang membutuhkan deteksi objek secara langsung dengan tingkat efisiensi komputasi yang baik (Satria dkk., 2026).

Beberapa penelitian terbaru telah mulai memanfaatkan YOLOv8 untuk deteksi kantuk pengemudi. Armin dkk., (2023) berhasil mencapai nilai mAP 0,980 menggunakan YOLOv8 untuk deteksi kondisi mengantuk, namun penelitian tersebut hanya berfokus pada evaluasi performa model tanpa mengimplementasikan sistem peringatan dini secara nyata. Saputri dkk., (2025) menggunakan YOLOv8n untuk deteksi *microsleep* melalui kondisi mata dengan mAP 97,9%, tetapi hanya mendeteksi satu indikator kantuk dan belum

mengintegrasikan perangkat IoT. Pada penelitian lain, mengintegrasikan IoT untuk sistem peringatan kantuk seperti penelitian (Hidayatullah & Widoretno, (2026) masih menggunakan metode *Haar Cascade* yang lebih lemah dibanding *deep learning*. Hal ini membuka peluang penelitian yang lebih aplikatif, yaitu memanfaatkan YOLOv8 untuk mendeteksi mata dan menguap secara simultan sekaligus mengintegrasikannya dengan perangkat IoT untuk peringatan langsung kepada pengemudi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem deteksi kantuk pengemudi mobil secara *real-time* dengan mengintegrasikan analisis kondisi mata dan aktivitas menguap secara simultan menggunakan model YOLOv8. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini memanfaatkan kemampuan YOLOv8 sebagai detektor objek *one-stage* yang ringan, cepat, dan akurat untuk mengenali dua indikator kantuk utama, serta mengintegrasikannya dengan ESP32-CAM sebagai perangkat IoT untuk memberikan peringatan dini kepada pengemudi. Sistem yang dibangun diharapkan mampu memberikan peringatan dini yang responsif, akurat, dan efisien, serta berpotensi untuk diintegrasikan pada kendaraan modern sebagai bagian dari sistem keselamatan berkendara yang lebih komprehensif.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini merumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengimplementasikan model YOLOv8 untuk mendeteksi dua indikator utama kantuk pengemudi secara simultan, yaitu kondisi mata (tertutup atau terbuka) dan mulut menguap dalam waktu nyata?
2. Bagaimana mengintegrasikan rasio aspek mata (*Eye Aspect Ratio*) dan rasio aspek mulut (*Mouth Aspect Ratio*) berbasis deteksi *landmark* dari YOLOv8 guna menentukan indikasi kantuk pengemudi?
3. Bagaimana kinerja model YOLOv8 *Pose* dalam mendeteksi wajah dan *keypoint* berdasarkan nilai *precision*, *recall*, F1-*Score*, dan mAP, serta

hasil implementasinya pada sistem deteksi indikator kantuk secara *real-time*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan model YOLOv8 untuk mendeteksi dua indikator utama kantuk pengemudi secara simultan, yaitu kondisi mata terbuka atau tertutup dan aktivitas mulut menguap secara *real-time*.
2. Mengintegrasikan metode perhitungan *Eye Aspect Ratio* (EAR) dan *Mouth Aspect Ratio* (MAR) berbasis deteksi *landmark* wajah untuk menentukan indikasi kantuk pengemudi secara lebih objektif dan terukur.
3. Mengevaluasi kinerja model YOLOv8 *Pose* dalam mendeteksi wajah dan *keypoint* berdasarkan nilai *precision*, *recall*, F1-*Score*, dan mAP, serta mengevaluasi hasil implementasinya pada sistem deteksi kantuk secara *real-time*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis bagi berbagai pihak, sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi pada pengembangan keilmuan di bidang *computer vision*, khususnya penerapan YOLOv8 untuk deteksi kondisi wajah pengemudi secara *real-time*.
2. Memperkaya literatur mengenai integrasi EAR dan MAR sebagai fitur kuantitatif dalam sistem deteksi kantuk berbasis deep learning.
3. Memberikan referensi solusi *Driver Monitoring System* yang terjangkau dan non-invasif.
4. Berkontribusi pada upaya peningkatan keselamatan lalu lintas melalui pengembangan teknologi deteksi dini kantuk pengemudi.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem deteksi kantuk pengemudi mobil berbasis YOLOv8 dan ESP32-CAM secara *real-time*.
2. Deteksi kantuk dibatasi pada dua indikator visual, yaitu mata dan mulut. Kondisi mata dianalisis menggunakan nilai *Eye Aspect Ratio* (EAR), sedangkan kondisi mulut dianalisis menggunakan nilai *Mouth Aspect Ratio* (MAR) berdasarkan 20 titik *keypoint* yang dihasilkan oleh YOLOv8 *Pose*.
3. Data yang digunakan berjumlah sekitar 680 data, dibagi menjadi 80% data latih, 10% data validasi, dan 10% data uji.
4. Sistem diuji pada kondisi pencahayaan yang cukup dan belum dioptimalkan untuk kondisi gelap ekstrem, silau langsung, atau perubahan pencahayaan yang terlalu dinamis.
5. Pengujian dilakukan menggunakan kamera yang diposisikan secara frontal dengan jarak sekitar 50–70 cm dari wajah pengemudi.
6. Sistem belum dioptimalkan untuk pengemudi yang menggunakan kacamata hitam, masker, atau aksesoris lain yang menutupi area mata dan mulut.
7. Pengujian dilakukan dalam kondisi simulasi terkontrol, bukan pada kendaraan yang sedang bergerak di jalan raya.
8. Pengujian *real test* dilakukan terhadap 5 orang responden dengan skenario mata terbuka normal, mata tertutup, mulut menguap, serta kombinasi mata tertutup dan mulut menguap.
9. Kemampuan generalisasi model dibatasi oleh karakteristik data pelatihan yang digunakan, sehingga hasilnya dapat berbeda apabila diterapkan pada lingkungan yang lebih beragam.