

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Microsleep merupakan kondisi tertidur yang sangat singkat yang berlangsung antara 1 hingga 30 detik [1]. Dalam berbagai aktivitas yang menuntut kewaspadaan tinggi seperti mengemudi atau mengoperasikan mesin industri, *microsleep* ditandai dengan tertutupnya kelopak mata tanpa sengaja dan hilangnya respon motorik. Kondisi ini sangat berbahaya dan srelatif sulit dideteksi secara manual karena durasinya yang sangat singkat. Untuk mengidentifikasi kondisi ini secara non-invasif, pendekatan berbasis *computer vision* banyak dikembangkan karena hanya membutuhkan input visual dari kamera untuk menganalisis perilaku wajah, tanpa perlu menempelkan sensor fisik pada tubuh subjek [2].

Secara umum, metode deteksi kantuk saat ini dapat dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu pendekatan berbasis kendaraan (*vehicle-based*), pendekatan berbasis fisiologis (*physiological-based*), dan pendekatan berbasis perilaku (*behavioral-based*). Pendekatan *vehicle-based* memanfaatkan data dari kendaraan seperti penyimpangan lajur atau perubahan kecepatan, sementara pendekatan berbasis fisiologis menggunakan sinyal biologis seperti EEG (Elektroensefalogram), EOG (Elektrookulogram), dan detak jantung [1]. Namun, kedua pendekatan tersebut memiliki kelemahan, termasuk kebutuhan akan sensor tambahan, biaya implementasi yang tinggi, dan karakteristik invasif. Di sisi lain, pendekatan berbasis perilaku, yang menggunakan gambar wajah subjek, dianggap lebih efisien, non-invasif, dan lebih mudah diterapkan hanya dengan menggunakan kamera. Tantangan utama pendekatan ini adalah kondisi nyata di dalam kabin kendaraan, yang meliputi variasi pencahayaan, perubahan posisi kepala, gangguan kualitas gambar, dan penggunaan aksesoris yang menghalangi wajah yang dapat mengurangi akurasi deteksi [2].

Kemajuan dalam teknologi *computer vision* dan *deep learning* telah membuka peluang pengembangan model deteksi berbasis gambar yang *non-invasif*. Algoritma YOLOv5, memberikan kemampuan deteksi objek yang cepat dan efisien untuk pemrosesan. Penggunaan YOLOv5 pada penelitian ini juga disesuaikan

dengan spesifikasi *hardware* yang digunakan. YOLOv5 tetap unggul karena ringan, cepat, stabil menggunakan bahasa python, dan memiliki dokumentasi yang matang sehingga lebih sesuai untuk model deteksi *real-time* menggunakan komputer dengan spesifikasi menengah. Metode *facial landmark* memungkinkan identifikasi titik-titik kunci pada wajah dalam waktu sangat singkat. Salah satu indikator yang sering digunakan adalah *Eye Aspect Ratio* (EAR) sebagai indikator derajat pembukaan mata [3]. Untuk mengatasi tantangan deteksi akibat penggunaan aksesoris yang menghalangi wajah, penelitian ini menerapkan arsitektur pendeteksian secara *hybrid*. Dalam mekanisme ini, apabila algoritma YOLOv5 mengalami kegagalan dalam melokalisasi area wajah secara utuh, algoritma *Facial landmark* tetap mampu bekerja secara independen untuk mengalokasikan ekstraksi pada wajah. Dengan itu, proses perhitungan EAR untuk mendeteksi *microsleep* tetap dapat berjalan dengan andal.

Namun, performa model deteksi berbasis visi seperti YOLOv5 dan *facial landmark* sangat bergantung pada kualitas citra input. Variasi pencahayaan, terutama kondisi minim cahaya atau pencahayaan tidak merata di lapangan, sering menyebabkan kontras gambar rendah dan fitur wajah sulit dikenali. Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan tahapan pra-pemrosesan citra yang mampu menyeimbangkan pencahayaan adaptif sebelum proses deteksi dilakukan. Salah satu metode yang terbukti efektif untuk tujuan tersebut adalah *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE), yang mampu meningkatkan kontras lokal pada citra tanpa memperkuat *noise* secara berlebihan [4], [5]. CLAHE juga dapat diimplementasikan secara *real-time* dalam model pemrosesan gambar digital [6]. Dengan penerapan CLAHE, model diharapkan mampu menghasilkan citra masukan yang lebih seimbang, sehingga memaksimalkan kinerja deteksi *hybrid* pada kondisi pencahayaan yang berubah-ubah.

Masih sedikit penelitian yang secara eksplisit mengintegrasikan model perbaikan citra adaptif (CLAHE) dengan model deteksi *microsleep* berarsitektur *hybrid* berbasis YOLOv5 dan *Facial landmark*. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan dan evaluasi model peningkatan kualitas citra

menggunakan metode CLAHE sebagai tahap pra-pemrosesan untuk mengoptimalkan kinerja model deteksi.

Berdasarkan deskripsi di atas, penelitian ini yang bertujuan untuk melakukan pengembangan model pendeteksi *microsleep* menggunakan YOLO dan *Facial landmark* dengan peningkatan kualitas citra berbasis CLAHE. Model diharapkan mampu mendeteksi kondisi *microsleep* secara *real-time*, adaptif terhadap dinamika pencahayaan, serta tangguh dalam menghadapi hambatan visual.

1.2 Tinjauan Penelitian

Tinjauan Penelitian merupakan bentuk penegasan keaslian karya ilmiah yang dibuat supaya bisa dipertanggungjawabkan sehingga tidak ada tindakan plagiat sebagai bentuk pembajakan terhadap karya orang lain, selain itu agar terciptanya ide-ide baru dalam dunia teknologi yang berkembang sekarang dan menjelaskan perbandingan terhadap riset yang telah dilakukan sebelumnya yang menjadi acuan pembuatan penelitian yang akan dilakukan. Berikut referensi jurnal penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Tinjauan Penelitian

NO	JUDUL	PENELITI	TAHUN
1	<i>Detection of Drivers Drowsiness on Four-Wheeled Vehicles using the Haar Cascade Algorithm and Eye Aspect Ratio</i>	Maukar	2025
2	<i>Detecting Driver Drowsiness Using Hybrid Facial Features and Ensemble Learning</i>	Changbiao Xu, Wenhao Huang, Jiao Liu, Lang Li	2025
3	<i>Time Distributed MobileNetV2 with Auto-CLAHE for Eye Region Drowsiness Detection in Low Light Conditions</i>	Farrikh Alzami, Muhammad Naufal, Harun Al Azies, Sri Winarmo, Moch Arief Soeleman	2024

NO	JUDUL	PENELITI	TAHUN
4	<i>Drowsiness Detection System: Integrating YOLOv5 Object Detection with Arduino Hardware for Real-Time Monitoring</i>	Prof. Balwante S S, Rameshwar Kolhe, Nikhil K Pingale, Dipendra Singh Chandel	2024
5	Sistem Pendeteksi Kantuk Pengemudi berbasis <i>Eye Aspect Ratio</i> dan <i>Mouth Opening Ratio</i> menggunakan Algoritma C-LSTM	Auliya Firdaus, Fitri Utaminigrum, Edita Rosana Widasari	2023

Berdasarkan Tabel 1.1 posisi penelitian akan dianalisis untuk mengidentifikasi posisi penelitian ini dibandingkan dengan studi sebelumnya. Pada Penelitian [7] bertujuan untuk mendeteksi tingkat kantuk pengemudi dengan memanfaatkan algoritma *Haar Cascade* untuk deteksi wajah dan mata, serta menerapkan metode *Eye Aspect Ratio* (EAR) sebagai indikator utama untuk mengukur tingkat penutupan mata. Penelitian ini berhasil menghasilkan sistem berbasis *computer vision* yang mampu mendeteksi kondisi kantuk secara *real-time* dengan akurasi 98,33%, meskipun belum memperhatikan kondisi pencahayaan yang dapat memengaruhi akurasi deteksi [7]. Pada penelitian ini menggunakan metode *Haar Cascade Classifier* dan *Eye Aspect Ratio* (EAR) yang kurang akurat pada pencahayaan rendah dan belum mampu mendeteksi *microsleep* secara efektif, sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan menggunakan YOLOv5, *Facial landmark*, dan CLAHE untuk meningkatkan akurasi serta kemampuan mendeteksi *microsleep* secara *real-time*.

Penelitian [8] melakukan pendekatan *Hybrid Facial Features* yang menggabungkan beberapa fitur wajah seperti posisi mata, mulut, dan kepala, serta memanfaatkan *ensemble learning* untuk meningkatkan akurasi prediksi kantuk. Sistem ini mencapai akurasi 86,52% dan menunjukkan kinerja yang lebih stabil dibandingkan metode tunggal seperti EAR, namun kompleksitas perhitungan dan kebutuhan komputasi yang tinggi menjadi kendala dalam implementasi *real-time*

[8]. Pada penelitian ini menggunakan metode *Hybrid Facial Features* dan *Ensemble Learning* untuk mendeteksi kantuk pengemudi, sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan menggunakan YOLOv5 dengan *Facial landmark* dan CLAHE agar model mampu mendeteksi *microsleep* secara *real-time*, lebih akurat, dan adaptif terhadap berbagai kondisi pencahayaan.

Penelitian [9] berfokus pada peningkatan akurasi deteksi kantuk dalam kondisi pencahayaan rendah. Penelitian ini menggunakan model *MobileNetV2* dengan *Auto-CLAHE* (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*) untuk melakukan koreksi pencahayaan adaptif pada area mata yang mencapai akurasi 93,62% [9]. Pada penelitian ini menggunakan metode *Time Distributed MobileNetV2* dengan *Auto-CLAHE* untuk mendeteksi kantuk pada kondisi pencahayaan rendah, namun masih berfokus pada *drowsiness* umum, membutuhkan komputasi tinggi, dan belum optimal mendeteksi *microsleep*, sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan menggunakan YOLOv5, *Facial landmark*, dan CLAHE yang lebih ringan, cepat, dan akurat untuk mendeteksi *microsleep* secara *real-time* pada berbagai kondisi pencahayaan.

Penelitian [10] yang mengintegrasikan algoritma YOLOv5 untuk deteksi wajah pengemudi dengan Arduino sebagai perangkat keras yang mengontrol sistem peringatan. Penelitian ini berhasil menunjukkan kemampuan sistem untuk beroperasi secara *real-time* dan memberikan peringatan ketika terdeteksi tanda kantuk, meskipun belum mengimplementasikan mekanisme koreksi pencahayaan adaptif yang diperlukan untuk berbagai kondisi lingkungan [10]. Pada penelitian ini menggunakan metode YOLOv5 dengan *Arduino* untuk mendeteksi kantuk secara *real-time*, namun masih berfokus pada *drowsiness* umum tanpa analisis detail area wajah dan peningkatan kualitas citra, sedangkan penelitian yang akan dilakukan berfokus pada pengembangan model perangkat lunak (*software*) menggunakan YOLOv5, *Facial landmark*, dan CLAHE untuk meningkatkan akurasi dan kemampuan mendeteksi *microsleep* pada berbagai kondisi pencahayaan tanpa ketergantungan pada perangkat keras tambahan.

Penelitian [11] yang menggabungkan dua parameter yaitu *Eye Aspect Ratio* (EAR) dan *Mouth Opening Ratio* (MOR) dengan algoritma *Convolutional Long*

Short-Term Memory (C-LSTM) untuk mengidentifikasi pola kantuk secara temporal [11]. Pada penelitian ini menggunakan metode EAR dan MOR dengan algoritma C-LSTM untuk mendeteksi kantuk, sensitif terhadap pencahayaan dan posisi wajah, serta belum mampu mendeteksi *microsleep*, sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan menggunakan YOLOv5, *Facial landmark*, dan CLAHE untuk meningkatkan akurasi dan kemampuan mendeteksi *microsleep* secara *real-time* pada berbagai kondisi pencahayaan.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, pada penelitian tugas akhir ini dilakukan pengembangan dengan judul Pengembangan Model Pendeteksi *Microsleep* Menggunakan YOLO dan *Facial landmark* Dengan Peningkatan Kualitas Citra Berbasis CLAHE. Perbedaan utama dan keunggulan pada penelitian ini terletak pada penerapan arsitektur deteksi secara *hybrid*. Kombinasi algoritma YOLOv5 untuk mendeteksi wajah secara cepat dan akurat dengan metode *Facial landmark* untuk analisis mikroekspresi mata. Arsitektur *hybrid* ini memungkinkan model tetap tangguh dalam mendeteksi *microsleep* meskipun sebagian wajah subjek tertutup oleh hambatan visual seperti masker atau kacamata. Selain itu, penerapan metode CLAHE sebagai tahap pra-pemrosesan ditujukan untuk menyesuaikan kontras pencahayaan secara adaptif. Penelitian ini berfokus pada pengembangan model perangkat lunak yang mampu mendeteksi kejadian *microsleep* secara *real-time*, efisien secara komputasi, dan adaptif terhadap berbagai variasi pencahayaan maupun kondisi lingkungan uji.

1.3 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang sudah diuraikan maka rumusan masalah yang perlu dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan dan proses pengembangan model perangkat lunak pendeteksi *microsleep* menggunakan YOLOv5 dan *Facial landmark* dengan peningkatan kualitas citra berbasis CLAHE?
2. Bagaimana kinerja dan akurasi model perangkat lunak pendeteksi *microsleep*, terutama pada kondisi pencahayaan yang bervariasi serta adanya hambatan visual pada wajah?

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Dari latar belakang dan rumusan masalah maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengembangkan model perangkat lunak pendeteksi *microsleep* menggunakan YOLOv5 dan *Facial landmark* dengan peningkatan kualitas citra berbasis CLAHE.
2. Mengetahui dan menganalisis tingkat akurasi serta kinerja model perangkat lunak pendeteksi *microsleep* tersebut, khususnya saat diuji pada kondisi pencahayaan yang bervariasi serta adanya hambatan visual pada area wajah.

1.4.2 Manfaat

Pada penelitian ini terdapat dua manfaat yang ingin dicapai yaitu:

1. Manfaat Akademis
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi aktif dalam memperkaya pengetahuan ilmiah di bidang Teknik Elektro, khususnya dalam penerapan *Deep Learning* dan pengolahan gambar pada model deteksi. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi penelitian lanjutan mengenai integrasi arsitektur pendeteksian *hybrid* (YOLO dan *Facial landmark*) dengan metode peningkatan kualitas citra adaptif (CLAHE) dalam mengidentifikasi *microsleep*.
2. Manfaat Praktis
Penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan teknis bagi pengembangan perangkat lunak berbasis *Artificial Intelligent* (AI). Model pendeteksi yang dihasilkan berpotensi untuk diimplementasikan lebih lanjut sebagai sistem pemantauan kewaspadaan (*monitoring system*), baik untuk prototipe awal keselamatan berkendara di masa depan ataupun untuk aktivitas lain yang menuntut tingkat kewaspadaan tinggi.

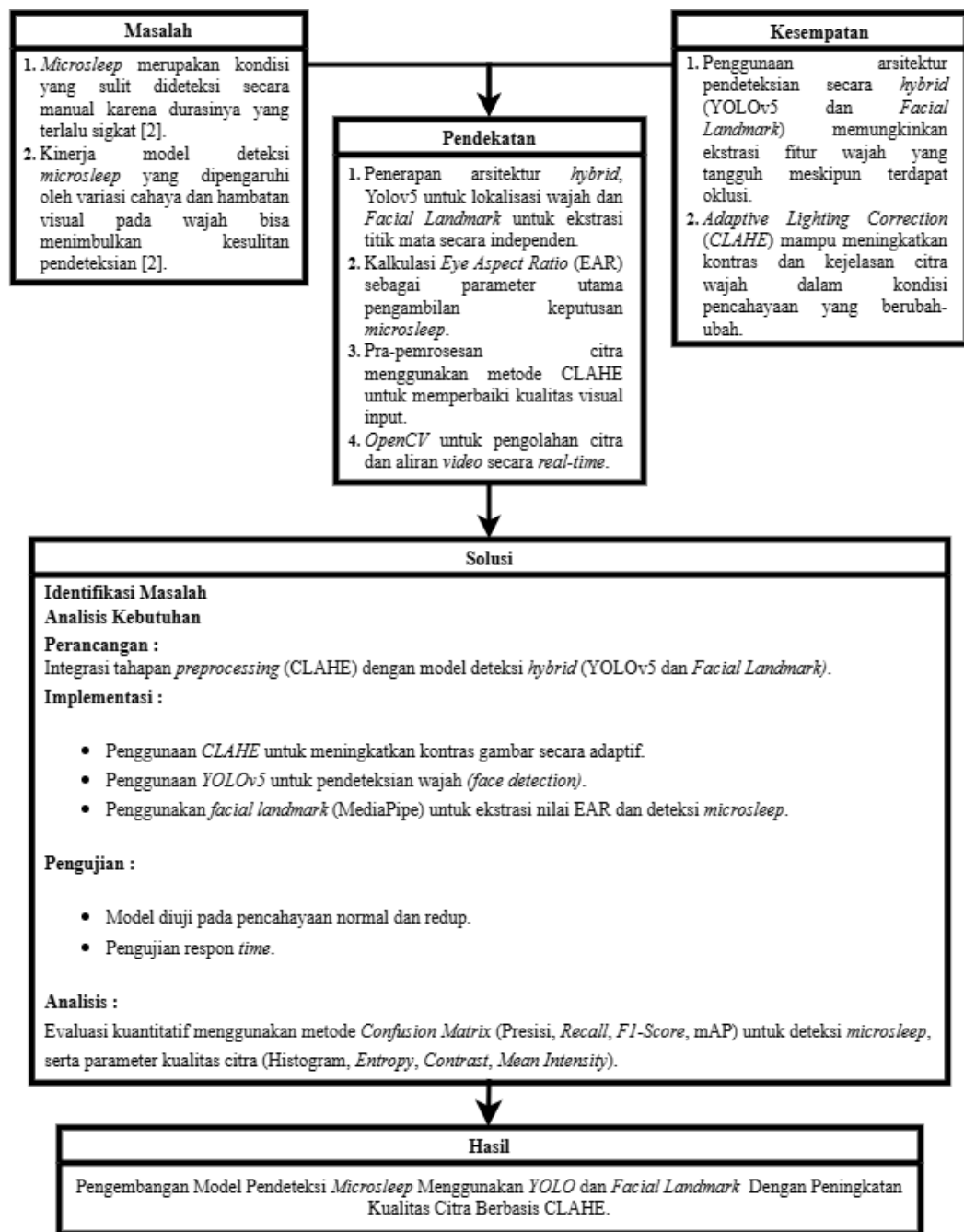
1.5 Batasan Masalah

Batasan yang berhubungan dengan masalah ini sangat luas, maka dari itu perlu adanya batasan masalah dalam penelitian ini, agar hasilnya lebih terfokus dan terarah. Batasan masalah ini berfokus pada:

1. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data latih dan data validasi yang diperoleh melalui *platform* Roboflow yang berisi kumpulan citra wajah dengan berbagai kondisi pencahayaan [12].
2. Model deteksi wajah menggunakan arsitektur YOLOv5 varian *small* (YOLOv5s).
3. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan evaluasi model perangkat lunak (*software*), serta tidak mencakup implementasi perangkat keras (*hardware*).
4. Menggunakan bahasa python sebagai pemrograman utama dalam proses pengembangan model.
5. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini untuk mendeteksi *microsleep* difokuskan pada pergerakan mata atau *eye aspect ratio* (EAR).
6. Metode *Adaptive Lighting Correction* pada model ini menggunakan metode CLAHE.
7. Desain model perangkat lunak dikembangkan menggunakan Python dengan bantuan *OpenCV* untuk pemrosesan gambar dan video, YOLOv5 untuk deteksi objek wajah, *Facial landmark* untuk pelacakan fitur wajah yang akan mendeteksi *microsleep*, dan metode CLAHE untuk meningkatkan kualitas pencahayaan gambar.

1.6 Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir yaitu berisi alur pemikiran yang memuat uraian sistematis tentang hasil perumusan masalah penelitian yang diperkirakan dapat diselesaikan melalui pendekatan yang dibutuhkan untuk pengembangan model pendeteksi *microsleep* menggunakan YOLOv5 dan *Facial landmark* dengan peningkatan kualitas citra berbasis CLAHE. Untuk mengatasi masalah tersebut, kerangka berpikir penelitian dijelaskan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Kerangka berpikir penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari enam bab yang menguraikan permasalahan yang dibahas. Berikut sistematika penulisan tugas akhir ini:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini mencakup latar belakang, tinjauan penelitian sebelumnya, formulasi masalah, tujuan dan manfaat penelitian, Batasan masalah, kerangka konseptual, dan sistem penulisan. Tujuan bab ini adalah untuk memberikan gambaran umum tentang landasan dan arah penelitian yang dilakukan.

BAB II TEORI DASAR

Bab ini menjelaskan teori-teori dasar yang menjadi landasan penelitian, termasuk konsep *microsleep*, pemrosesan gambar digital (*image processing*), metode YOLOv5, *Facial landmark*, dan metode *Adaptive Lighting Correction* (CLAHE). Selain itu, bab ini juga memuat komparasi kegunaan CLAHE dibandingkan metode perbaikan citra lainnya sebagai justifikasi penguatan model.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini mencakup diagram alir dan langkah-langkah proses yang sistematis untuk melakukan penelitian. Metodologi penelitian ini mencakup studi literatur, identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan model, implementasi model, skenario pengujian, dan analisis hasil.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini mencakup skema perancangan dan alur kerja arsitektur model perangkat lunak yang dibangun. Pembahasan mencakup tahapan implementasi pra-pemrosesan citra menggunakan CLAHE, serta integrasi algoritma YOLOv5 dan *Facial landmark* sebagai metode deteksi *hybrid* dalam mengidentifikasi kejadian *microsleep*.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini melakukan serangkaian pengujian dan hasil evaluasi model perangkat lunak. Analisis dilakukan secara kuantitatif berdasarkan *confusion matrix* yang mencakup parameter kualitas citra (sebelum dan sesudah CLAHE), performa komputasi sistem, serta tingkat akurasi model pendeteksian *microsleep* saat menghadapi variasi pencahayaan dan hambatan visual.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan akhir yang ditarik dari hasil analisis dan pengujian untuk menjawab rumusan masalah secara langsung, serta memberikan saran-saran terkait potensi pengembangan model pada penelitian selanjutnya.

