

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi yang disebut *microsleep* adalah gangguan tidur yang hanya berlangsung beberapa detik tanpa disadari oleh seseorang [1]. Kondisi ini sangat berbahaya, terutama ketika terjadi dalam situasi yang membutuhkan konsentrasi tinggi, seperti mengemudi [2], [3]. Penyebab umum *microsleep* adalah kurang tidur atau kelelahan ekstrem, yang menyebabkan otak "beristirahat" sesaat meskipun tubuh tetap aktif [4]. Pada kondisi mengemudi, fenomena ini dapat berujung pada hilangnya kontrol kendaraan hingga kegagalan merespons perubahan situasi di jalan yang dapat menyebabkan kecelakaan fatal.

World Health Organization (WHO) menyatakan bahwa kecelakaan lalu lintas merupakan salah satu penyebab utama kematian di dunia, dengan lebih dari 1,3 juta kematian per tahun akibat cedera lalu lintas [5]. WHO juga menyoroti bahwa faktor kelelahan pengemudi berkontribusi signifikan terhadap kecelakaan tersebut, salah satunya melalui kejadian *microsleep*. Kondisi *drowsiness* atau rasa kantuk merupakan salah satu tahapan yang mendahului terjadinya *microsleep* [4]. Pada fase ini, pengemudi mulai mengalami penurunan tingkat kewaspadaan yang ditandai dengan munculnya berbagai indikator visual, seperti peningkatan durasi penutupan mata, frekuensi kedipan yang melambat, perubahan ekspresi wajah, serta penurunan posisi kepala. Apabila kondisi tersebut terus berlanjut tanpa adanya respons dari pengemudi, maka dapat berkembang menjadi *microsleep*.

Pengamatan terhadap perubahan visual yang muncul selama fase *drowsiness* menjadi penting karena dapat digunakan sebagai indikator awal dalam mendeteksi gejala *microsleep* sebelum kondisi tersebut benar-benar terjadi. Durasi *microsleep* yang sangat singkat cukup untuk membuat pengemudi kehilangan kemampuan merespons kondisi jalan, terutama pada kecepatan tinggi [6]. Kondisi ini semakin berisiko pada pengemudi yang bekerja dalam *shift* panjang, kurang tidur, menempuh perjalanan jauh, atau mengemudi di lingkungan monoton seperti jalan tol [7], [8], [9].

Kondisi mengantuk saat mengemudi berkontribusi terhadap lebih dari 30% kecelakaan lalu lintas, sementara 50% pengemudi dilaporkan mengalami *sleep deprivation* sebelum berkendara [10], [11]. *Sleep deprivation* merupakan kondisi akibat kurangnya kuantitas atau kualitas tidur, baik karena *sleeplessness* yang terjadi secara sengaja maupun tidak disengaja [11]. Selain itu, sekitar 28% pengemudi pernah mengalami *episode* mengantuk tak terkendali, dan sekitar 5% di antaranya terlibat dalam kecelakaan atau hampir kecelakaan [5]. Temuan ini menegaskan bahwa *microsleep* dan kelelahan merupakan faktor kritis yang harus diantisipasi melalui pengaturan jam tidur, serta edukasi keselamatan berkendara.

Teknologi berbasis deteksi dini dapat membantu mengurangi kemungkinan kecelakaan akibat *microsleep*. Penggunaan sistem berbasis kamera untuk memantau perilaku pengemudi secara *real-time* adalah metode yang semakin populer [12], [13]. Kamera dapat mengumpulkan data visual seperti kedipan mata, arah pandangan, dan durasi penutupan kelopak mata [14]. Data tersebut kemudian diproses untuk mengidentifikasi tanda-tanda *microsleep*, seperti ekspresi wajah yang menunjukkan gejala kelelahan, atau penutupan mata yang lebih lama dari biasanya [15]. Dengan kombinasi algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM), deteksi ini memanfaatkan kemajuan di bidang *deep learning*.

Pemanfaatan kombinasi CNN–LSTM memberikan keunggulan dalam mendeteksi *microsleep* karena kedua algoritma memiliki peran yang saling melengkapi [16], [17]. CNN bekerja untuk mengenali dan mengekstraksi fitur-fitur visual seperti pola kedipan, tingkat keterbukaan mata, dan pergerakan kepala pada setiap frame video [18]. Namun, *microsleep* tidak hanya ditentukan oleh satu frame tunggal, melainkan melalui rangkaian perubahan perilaku yang terjadi secara bertahap. Oleh karena itu, LSTM digunakan untuk memahami hubungan temporal antarframe sehingga pola *microsleep* yang halus dan berlangsung dalam hitungan detik dapat terdeteksi dengan lebih akurat [19], [20].

Kemampuan memproses informasi spasial dan temporal secara bersamaan menjadikan *hybrid* CNN–LSTM lebih sesuai untuk aplikasi deteksi *microsleep*

dalam kondisi nyata. Variasi pencahayaan, perbedaan karakteristik wajah pengemudi, serta dinamika lingkungan berkendara dapat memengaruhi kualitas data visual yang ditangkap kamera [21], [22]. Oleh karena itu, pengembangan model perlu mempertimbangkan berbagai kondisi tersebut untuk memastikan bahwa sistem tetap *robust*, stabil, dan mampu mengidentifikasi tanda-tanda *microsleep* pada beragam skenario [23], [24], [25]. Pengujian pada *dataset* yang variatif menjadi langkah penting agar model dapat belajar mengenali pola *microsleep* tanpa terpengaruh oleh perubahan lingkungan atau subjek.

Dengan pendekatan ini, sistem deteksi *microsleep* berbasis *hybrid* CNN–LSTM memiliki potensi besar untuk diterapkan secara luas pada kendaraan pribadi maupun komersial. Teknologi ini diharapkan mampu memberikan peringatan dini kepada pengemudi sehingga tindakan preventif dapat segera dilakukan sebelum terjadi situasi berbahaya. Selain berperan dalam meningkatkan keselamatan berkendara, sistem ini juga dapat menjadi bagian dari pengembangan kendaraan cerdas dan teknologi keselamatan modern. Secara keseluruhan, penggunaan *hybrid* CNN–LSTM diharapkan dapat menghadirkan solusi yang inovatif dan efektif dalam menekan risiko kecelakaan akibat *microsleep*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini difokuskan untuk menjawab pertanyaan berikut:

1. Bagaimana analisis data visual menggunakan metode *hybrid* CNN-LSTM efektif untuk mendeteksi tanda-tanda *microsleep* pada pengendara mobil?
2. Fitur visual apa saja yang memiliki kontribusi signifikan dalam deteksi *microsleep*?
3. Bagaimana performa metode *hybrid* CNN-LSTM dalam mendeteksi tanda-tanda *microsleep* dengan berbagai kondisi pencahayaan, variasi wajah pengemudi, atau situasi simulasi mengemudi yang berbeda?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya menggunakan data visual yang diperoleh dari kamera yang merekam wajah pengemudi. Data yang dianalisis mencakup kedipan mata, posisi kepala, dan durasi penutupan kelopak mata. Penelitian tidak melibatkan data fisiologis seperti sinyal EEG, EOG, detak jantung, atau data biometrik lainnya.
2. Pengujian model dilakukan pada lingkungan simulasi mengemudi dengan variasi pencahayaan (terang dan redup) dan variasi ekspresi wajah pengemudi menggunakan dataset yang tersedia. Penelitian tidak melakukan pengujian langsung di jalan raya atau dalam kondisi mengemudi sebenarnya.
3. Penelitian ini menggunakan dataset yang belum mencakup variasi atribut wajah seperti penggunaan hijab, kacamata, dan masker. Oleh karena itu, model yang dikembangkan memiliki keterbatasan dalam mendeteksi kondisi *microsleep* pada pengemudi dengan atribut wajah tersebut.
4. Penelitian difokuskan pada perancangan, pelatihan, dan evaluasi model *hybrid CNN–LSTM* untuk deteksi *microsleep*. Penelitian tidak mencakup integrasi sistem dengan perangkat keras kendaraan, sensor tambahan, atau implementasi langsung pada sistem kendaraan nyata.
5. Pemrosesan data dan pelatihan model dilakukan menggunakan perangkat komputer dengan dukungan CPU dan GPU. Penelitian tidak mencakup implementasi pada perangkat *mobile*, *embedded system*, atau *platform* komputasi lain dengan keterbatasan sumber daya.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan mengevaluasi model *hybrid Convolutional Neural Network–Long Short-Term Memory* (CNN–LSTM) yang mampu mendeteksi tanda-tanda *microsleep* pada pengemudi mobil melalui analisis data visual berbasis *computer vision*. Secara rinci, tujuan penelitian ini meliputi:

1. Menganalisis efektivitas model *hybrid* CNN–LSTM dalam mendeteksi tanda-tanda *microsleep* berdasarkan data visual, seperti ekspresi wajah, pola kedipan, dan pergerakan kepala pengendara.
2. Mengidentifikasi fitur-fitur visual yang paling signifikan termasuk pola kedipan mata, durasi penutupan kelopak mata, serta perubahan posisi kepala yang berperan penting dalam proses deteksi *microsleep*.
3. Mengevaluasi performa model *hybrid* CNN–LSTM pada berbagai kondisi, seperti perubahan pencahayaan, variasi karakteristik wajah pengemudi, serta beragam skenario simulasi mengemudi, untuk memastikan akurasi dan *robust-ness* model.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis, khususnya dalam bidang keselamatan berkendara dan pengembangan teknologi berbasis *deep learning*, yaitu:

1. Meningkatkan keselamatan berkendara dengan menyediakan sistem deteksi dini *microsleep* berbasis *hybrid* CNN–LSTM yang mampu mengenali tanda-tanda kelelahan secara lebih akurat dan responsif.
2. Menyediakan model yang dapat diintegrasikan ke dalam sistem keselamatan kendaraan, seperti *driver monitoring system* atau sistem peringatan dini (*early warning system*), sehingga pengemudi dapat segera mengambil tindakan pencegahan sebelum terjadi kondisi berbahaya.
3. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi kendaraan cerdas, termasuk kendaraan semi-otonom maupun otonom, melalui pemanfaatan analisis visual berbasis *deep learning* untuk memantau kondisi pengemudi secara *real-time*.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi yang efektif dalam mencegah kecelakaan akibat *microsleep* serta mendorong implementasi teknologi *computer vision* pada sistem keselamatan transportasi modern.

1.5 Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun dalam tiga bab utama yang saling berkaitan dan berfungsi untuk memberikan alur pembahasan yang terstruktur. Adapun sistematika penulisan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bab I - Pendahuluan mencakup latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab ini memberikan gambaran umum mengenai urgensi penelitian, fokus studi, dan arah penelitian mengenai deteksi *microsleep* pada pengemudi mobil menggunakan metode *hybrid CNN–LSTM* berbasis *computer vision*.
2. Bab II – Landasan Teori memuat uraian teori dan penelitian terdahulu yang menjadi dasar dari penelitian ini. Pembahasan mencakup penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan, pengertian dan faktor penyebab *microsleep*, penggunaan kamera sebagai alat deteksi *microsleep*, teori-teori terkait *computer vision*, penjelasan mengenai algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM), *framework*, serta alat penelitian yang digunakan.
3. Bab III – Metodologi Penelitian berisi penjelasan terkait metode dan langkah-langkah penelitian secara sistematis. Pembahasannya mencakup gambaran umum objek penelitian, metode penelitian yang digunakan, teknik pengumpulan data, variabel penelitian, teknik analisis data, serta proses implementasi algoritma *hybrid CNN–LSTM*, mulai dari pemilihan *dataset*, *preprocessing*, perancangan arsitektur model, hingga evaluasi kinerja menggunakan metrik akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*.
4. Bab IV – Analisis dan Hasil Penelitian berisi pemaparan proses analisis data serta hasil implementasi model dalam penelitian. Pembahasan mencakup tahapan *Business Understanding*, *Data Understanding*, *Data Preparation*, dan *Data Preprocessing*, yang menjelaskan proses pengolahan data sebelum pemodelan. Selanjutnya dijelaskan tahap *Modeling* menggunakan metode *hybrid CNN–LSTM* untuk mendeteksi *microsleep* pada pengemudi mobil berbasis *computer vision*. Kinerja model kemudian dievaluasi pada

tahap *Evaluation* menggunakan metrik akurasi, presisi, *recall*, dan F1-*score*. Bab ini juga menyajikan hasil penelitian serta diskusi mengenai interpretasi dan implikasi dari temuan yang diperoleh.

5. Bab V - Kesimpulan dan Saran merupakan bagian penutup yang berisi rangkuman dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Pada bab ini disajikan kesimpulan yang menjawab rumusan masalah berdasarkan hasil analisis dan evaluasi model yang telah dilakukan. Selain itu, disampaikan pula saran yang dapat menjadi rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

