

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecelakaan lalu lintas masih menjadi salah satu penyebab utama cedera dan kematian di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS) pada tahun 2022, telah terjadi 139.258 kasus kecelakaan, dengan jumlah korban meninggal dunia mencapai 28.131 jiwa, korban luka berat sebanyak 13.364 jiwa, dan korban luka ringan 160.449 jiwa. Selain itu, kecelakaan tersebut juga mengakibatkan kerugian materi hingga lebih dari 280 miliar rupiah. Angka ini menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan tahun 2021, yang mencatat terjadi 103.645 kasus kecelakaan dengan korban meninggal 25.266 jiwa [1].

Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) mencatat bahwa kecelakaan lalu lintas di jalan raya dipicu oleh berbagai faktor, termasuk faktor manusia, kondisi infrastruktur, dan lingkungan sekitar. Dalam rentang waktu 2019 hingga 2023, KNKT mengidentifikasi 49 faktor penyebab kecelakaan, di mana faktor manusia menjadi penyumbang utama [2]. Temuan tersebut sejalan dengan laporan Kepolisian Republik Indonesia melalui Korlantas 2023, yang mengungkap bahwa sekitar 61% kecelakaan lalu lintas disebabkan oleh kesalahan manusia atau *human error* [3]. Salah satu bentuk kesalahan yang sering terjadi adalah kondisi kantuk yang dialami pengemudi saat berkendara.

Deteksi tingkat kewaspadaan dan kantuk pada pengemudi merupakan aspek penting dalam upaya menjaga keselamatan berkendara. Hal ini disebabkan karena kondisi kantuk memengaruhi kemampuan seseorang dalam berkendara meskipun belum sepenuhnya tertidur [4]. Berbagai metode pendeteksi kantuk telah banyak dikembangkan beberapa tahun terakhir, pada umumnya deteksi kantuk pengemudi dibagi kedalam dua pendekatan utama, yaitu berbasis visual dan sinyal biologis.

Metode berbasis visual memanfaatkan kamera yang dipasang di dalam kendaraan untuk memantau perilaku pengemudi seperti postur tubuh yang menunduk, frekuensi dan durasi kedipan, menguap, arah pandangan, posisi kepala, serta ekspresi wajah. Metode visual ini memiliki kelebihan karena bersifat *non invasif*, namun akurasi dapat terganggu oleh beberapa kondisi seperti, kurangnya pencahayaan, sudut pengambilan gambar yang tidak konsisten, resolusi kamera yang buruk, serta adanya halangan seperti kaca mata [5].

Metode kedua yang umum digunakan dalam pendeteksian kewaspadaan dan kantuk adalah pengukuran sinyal biologis, seperti *electroencephalogram* (EEG), *electrocardiogram* (ECG), *electrooculogram* (EOG) dan *electromyogram* (EMG). Metode ini memiliki keunggulan dari segi akurasi dan keandalan dalam mendeteksi penurunan kewaspadaan. Hal ini disebabkan karena sinyal biologis berhubungan

langsung dengan tingkat kewaspadaan dan kondisi kantuk, tanpa dipengaruhi faktor eksternal seperti pada metode berbasis visual, bahkan sebelum munculnya tanda-tanda fisik seperti perubahan perilaku atau ekspresi wajah [6].

Di antara berbagai jenis sinyal tersebut, EEG berperan penting dalam memantau aktivitas listrik otak dan telah banyak digunakan dalam diagnostik neurofisiologi, seperti pada kasus epilepsi, tumor otak, ensefalopati, serta gangguan tidur [7]. Pengukuran EEG dilakukan dengan merekam perubahan potensial listrik yang dihasilkan oleh neuron otak melalui elektroda yang ditempatkan di kulit kepala. Aktivitas listrik otak yang terekam ini mencerminkan kondisi biologis seseorang, termasuk tingkat kewaspadaan, kelelahan, stres, dan fase tidur [8]. Karakteristik unik dari sinyal EEG memungkinkan pendeteksian pola gelombang otak yang berhubungan langsung dengan perubahan tingkat kewaspadaan, sehingga membuka peluang untuk memprediksi dan mencegah terjadinya kantuk sebelum mencapai kondisi berbahaya. Selain itu, EEG dapat mengidentifikasi berbagai tingkat kewaspadaan berdasarkan variasi frekuensi dan amplitudo gelombang otak yang khas pada setiap kondisi, menjadikannya salah satu metode yang paling banyak digunakan dalam penelitian deteksi kantuk maupun studi tentang tidur.

Deteksi kantuk berbasis sinyal EEG memiliki potensi yang besar untuk diterapkan dalam sistem keselamatan berkendara karena mampu memberikan informasi objektif dan *real time* mengenai tingkat kewaspadaan dan kantuk pengemudi. Integrasi teknologi ini dalam kendaraan telah menunjukkan kemajuan signifikan, didukung oleh sejumlah penelitian yang telah mengembangkan dan menguji sistem prototipe deteksi kantuk berbasis EEG yang diimplementasikan langsung dalam kendaraan [9]. Salah satu implementasi nyata teknologi ini adalah proyek *Brain to Vehicle* (B2V) yang diperkenalkan Nissan pada *Consumer Electronics Show* (CES) 2018. Sistem ini memanfaatkan perangkat sensor *Electroencephalogram* (EEG) nirkabel untuk mendeteksi aktivitas otak pengemudi yang berkaitan dengan niat melakukan aksi mengemudi seperti mengerem, mempercepat, atau membelok sekitar 0,2 hingga 1 detik sebelum gerakan fisik terjadi, dan pemantauan tingkat kewaspadaan pengemudi, sehingga sistem dapat melakukan intervensi preventif sebelum terjadi penurunan kemampuan berkendara. Informasi ini diproses secara *real time* menggunakan algoritma kecerdasan buatan untuk memungkinkan kendaraan melakukan penyesuaian otomatis, seperti mengurangi kecepatan atau mengoreksi arah kemudi, sehingga mengurangi waktu reaksi [10].

Target utama dari penerapan teknologi ini adalah pengemudi truk dan bus antarkota yang seringkali harus mengemudi selama berjam-jam, bahkan di malam hari, serta memiliki pola kerja bergilir yang dapat mengganggu ritme sirkadian tubuh. Selain itu, pengemudi kendaraan pribadi di jalan tol juga termasuk kelompok rentan, mengingat karakteristik perjalanan yang monoton dapat memicu penurunan tingkat kewaspadaan secara perlahan tanpa disadari. Sistem deteksi ini juga relevan untuk pengemudi kendaraan dinas darurat seperti ambulans atau patroli malam,

yang dituntut untuk tetap waspada di luar jam biologis normal. Tak hanya terbatas pada sektor transportasi umum, sistem ini juga dapat digunakan dalam lingkungan industri dan pertambangan, di mana operator kendaraan berat bekerja dalam kondisi fisik dan mental yang menantang serta berisiko tinggi terhadap kelelahan [11].

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan berbagai pendekatan untuk mengatasi masalah dalam mendeteksi tingkat kewaspadaan dan kantuk pengemudi menggunakan sinyal EEG, seperti:

- a. Adib [12] melakukan penelitian dengan judul “DETEKSI KANTUK PENGEMUDI MENGGUNAKAN *MULTILAYER PERCEPTRON* (MLP) BERDASARKAN SINYAL EEG”. Data EEG diklasifikasikan kedalam dua kelas mengantuk dan siaga. Hasil klasifikasi menunjukkan akurasi 86,11%, sensitivitas 86%, dan spesifisitas 87%.
- b. Belakhdar dkk [13] membandingkan kinerja metode klasifikasi ANN dan SVM untuk deteksi kantuk menggunakan sinyal EEG. Sinyal EEG dari 10 subjek yang direkam pada wilayah C3-O1 disegmentasi 30 detik dan diekstraksi fitur dengan *Fast Fourier Transform* (FFT). Evaluasi menggunakan akurasi dan kurva ROC menunjukkan bahwa ANN lebih baik daripada SVM dalam mengklasifikasi sinyal kantuk EEG.

Sebagian besar penelitian yang telah dilakukan sebelumnya untuk mendeteksi kantuk pada pengemudi terbatas pada pengklasifikasian dua kelas yaitu, kantuk dan waspada. Pendekatan ini belum cukup mampu menangkap transisi bertahap penurunan kewaspadaan. Hal ini beresiko menyebabkan kegagalan dalam mendeteksi fase awal penurunan kewaspadaan pengemudi sebelum terjadinya kantuk, yang seharusnya menjadi waktu penting untuk melakukan peringatan dini kepada pengemudi sebelum pengemudi benar benar kehilangan fokus. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian yang akan dilakukan merupakan sistem deteksi kantuk dengan mengklasifikasikan tingkat kantuk dan kewaspadaan menjadi tiga kelas, yaitu waspada, kewaspadaan rendah, dan kantuk. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan sensitivitas sistem dalam mendeteksi perubahan biologis secara lebih baik dan tepat waktu.

Penelitian ini menggunakan metode *Artificial neural network* (ANN), yang memiliki keunggulan dalam mengenali pola *non linier* dan mampu bekerja dengan baik pada data berdimensi tinggi. ANN juga menunjukkan performa yang kompetitif dalam pengolahan sinyal EEG yang telah diekstraksi ke dalam fitur numerik. Dibandingkan dengan metode klasifikasi lain seperti *Support Vector Machine* (SVM) atau *Convolutional Neural Network* (CNN), ANN lebih ringan secara komputasi, tidak memerlukan struktur spasial seperti CNN, serta memiliki struktur arsitektur yang lebih sederhana dan mudah untuk diimplementasikan dalam sistem *real time* [14]. Maka dari itu judul penelitian yang diangkat adalah **“ANALISA DAN KLASIFIKASI TINGKAT KANTUK PENGEMUDI BERDASARKAN SINYAL EEG DENGAN METODE KLASIFIKASI *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* (ANN)”**

1.2 Rumusan Masalah

Kantuk saat berkendara merupakan salah satu faktor utama penyebab kecelakaan lalu lintas yang berakibat fatal. Saat ini, deteksi kantuk yang sudah dikembangkan umumnya hanya mengklasifikasikan dua kondisi yaitu, waspada dan mengantuk. Pendekatan ini belum cukup menggambarkan transisi bertahap penurunan kewaspadaan menuju kondisi kantuk, hal ini beresiko menyebabkan kegagalan dalam mendeteksi fase awal penurunan kewaspadaan pengemudi sebelum terjadinya kantuk. Oleh karena itu, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendeteksi kantuk pengemudi berdasarkan sinyal EEG?
2. Bagaimana membangun model klasifikasi berbasis *Artificial neural network* (ANN) untuk membedakan antara kondisi waspada, kewaspadaan rendah, dan mengantuk?
3. Seberapa akurat model ANN dalam mengklasifikasikan tiga tingkat kewaspadaan pengemudi berdasarkan sinyal EEG?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mendeteksi kantuk pengemudi berdasarkan sinyal EEG.
2. Membangun model klasifikasi berbasis *Artificial neural network* (ANN) untuk membedakan kondisi waspada, kewaspadaan rendah, dan mengantuk.
3. Mengevaluasi akurasi model ANN dalam mengklasifikasikan tiga tingkat kewaspadaan pengemudi berdasarkan sinyal EEG.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini tetap terfokus dan tidak meluas, penulis menetapkan batasan masalah sebagai berikut.:

1. *Dataset* untuk pelatihan dan pengujian pada penelitian ini menggunakan data dari Departemen Teknik Elektro dan Ilmu Komputer Universitas Liège (ULg), Liège, Belgium <http://www.drozy.ulg.ac.be/>
2. Kondisi waspada, kewaspadaan rendah, dan mengantuk ditentukan berdasarkan skor KSS yang sudah tersedia pada *dataset*.
3. Pengujian sistem dilakukan menggunakan *dataset* Drozy dan data sinyal EEG yang didapatkan dari responden.
4. Proses pengembangan sistem, akuisisi data, dan eksperimen dilakukan di lingkungan laboratorium atau ruang terkontrol.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan di atas, manfaat dari penelitian ini adalah menganalisa dan mengklasifikasi keadaan waspada dan kantuk berbasis EEG yang lebih akurat untuk membantu mencegah kecelakaan lalu lintas akibat kantuk, khususnya dengan

kemampuan mengenali fase transisi dari kondisi waspada menuju kantuk. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan teknologi monitoring kewaspadaan pengemudi yang berpotensi diterapkan sebagai sistem peringatan dini. Dari sisi akademis, penelitian ini dapat memperkaya kajian ilmiah di bidang analisis sinyal biologis, khususnya pemanfaatan sinyal EEG dan metode ANN dalam deteksi kondisi kewaspadaan dan kantuk, sekaligus menjadi dasar bagi penelitian lanjutan dalam pengembangan metode klasifikasi atau implementasi di lingkungan nyata.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan proposal tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut:

1. **BAB I PENDAHULUAN**
Memuat permasalahan yang menjadi latar belakang tugas akhir, termasuk perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dari penelitian, manfaat yang diharapkan, serta sistematika penulisan dari laporan tugas akhir.
2. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**
Berisi tentang teori dan dasar-dasar ilmu yang menjadi pedoman dalam penyelesaian tugas akhir yang diantaranya mengenai teori tentang kondisi kantuk, *Karolinska Sleepiness Scale (KSS)*, *Electroencephalogram (EEG)*, *Artificial neural network (ANN)*, dan *Fast Fourier Transform (FFT)*.
3. **BAB III METODE PENELITIAN**
Bagian ini menjelaskan tentang jenis dan metodologi penelitian yang diterapkan dalam penelitian, khususnya yang berkaitan dengan perancangan sistem.
4. **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**
Bagian ini berisi pemaparan dan penjelasan mengenai perancangan sistem, hasil pengujian yang dilakukan, serta analisis terhadap hasil pengujian tersebut.
5. **BAB V PENUTUP**
Bagian ini berisi kesimpulan yang ditarik dari hasil penelitian, serta saran yang disampaikan oleh penulis berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan.