

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kantuk adalah kondisi ketika seseorang mengalami kecenderungan untuk tertidur, yang merupakan peralihan dari keadaan terjaga menuju tidur. Kondisi ini berdampak pada penurunan konsentrasi dan performa dalam beraktivitas. Pada aktivitas yang menuntut kewaspadaan tinggi seperti mengemudi, rasa kantuk menjadi faktor yang berisiko tinggi karena dapat menyebabkan kemungkinan terjadinya kecelakaan lalu lintas. Data dari Korps Lalu Lintas Kepolisian Republik Indonesia (Korlantas POLRI) menunjukkan bahwa sepanjang tahun 2024 terjadi sekitar 1.150.000 kasus kecelakaan lalu lintas dengan korban meninggal mencapai 27.000 jiwa [1]. Sementara itu, menurut Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah kecelakaan lalu lintas di Indonesia terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun [2]. Berdasarkan catatan Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), penyebab tertinggi kecelakaan lalu lintas adalah faktor kelelahan atau mengantuk, yang menyumbang hingga 60 persen dari seluruh kasus kecelakaan [3].

Studi yang dilakukan oleh *National Sleep Foundation* (NSF) mengungkap bahwa kesadaran masyarakat mengenai bahaya mengemudi dalam keadaan mengantuk masih tergolong rendah. Survei menunjukkan bahwa hanya 52% responden yang bersedia mengubah rencana untuk menghindari mengemudi dalam keadaan mengantuk, sementara 50% tetap memilih untuk berkendara meskipun hanya tidur selama 3 - 4 jam sebelumnya [4]. Oleh karena itu, pengembangan sistem deteksi kantuk yang akurat dan dapat diimplementasikan menjadi kebutuhan mendesak dalam upaya mitigasi risiko kecelakaan. Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian di bidang ini semakin berkembang dengan mengusulkan berbagai metode deteksi kantuk yang dapat dikategorikan ke dalam empat pendekatan utama, yaitu berbasis citra visual, berbasis sinyal fisiologis, berbasis kendaraan, sinyal audio dan terakhir pendekatan hibrida yang menggabungkan dua atau lebih pendekatan.

Penelitian yang dilakukan oleh Abidi, dkk [5] menggunakan pendekatan berbasis sinyal *Electroencephalography* (EEG) untuk mendeteksi perubahan kondisi kantuk pada pengemudi. Meskipun efektif dalam mengamati gelombang otak, metode ini memiliki kelemahan karena penggunaan perangkat EEG membutuhkan pemasangan elektroda di kepala yang dinilai tidak efisien, kurang nyaman, serta dapat mengganggu konsentrasi, sehingga sulit diterapkan secara langsung pada pengemudi di situasi nyata.

Sebagai alternatif lain dari pendekatan fisiologis, penelitian Kande [6] memanfaatkan perilaku wajah, khususnya gerakan mata dan mulut, untuk

mendeteksi kantuk. Namun, akurasi sistem masih dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan dan variasi posisi kepala pengemudi. Penelitian lain oleh Ghourabi, dkk. [7] menggunakan pendekatan *joint monitoring* dengan tiga indikator utama, yaitu *yawning* (menguap), *blinking* (kedipan mata), dan *nodding* (gerakan mengangguk). Meski lebih komprehensif, penelitian ini menghadapi kendala serupa, seperti penurunan akurasi ketika pengemudi menggunakan kacamata atau berada dalam kondisi pencahayaan rendah. Selain itu, penggunaan metode klasifikasi *Multilayer Perceptron* (MLP) dan *K-Nearest Neighbor* (KNN) menghasilkan akurasi yang relatif rendah, yaitu 72% untuk KNN dan 74% untuk MLP.

Ekstraksi fitur audio menggunakan *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC) merupakan pendekatan yang efektif dan andal dalam mendeteksi kondisi kelelahan. Hal ini diperkuat oleh penelitian Wu dan Sun [8] yang mendeteksi kelelahan berbasis suara pada pengendali lalu lintas udara dengan mengekstraksi fitur *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC) dari percakapan suara. Hasil uji coba pada komunikasi darat dan udara penerbangan sipil mencapai akurasi 98,5%, dengan tingkat kesalahan 1,2% dan tingkat kehilangan deteksi 3,0%. Sementara itu, Hu, dkk. [9] melakukan penelitian deteksi kelelahan (*fatigue detection*) pada *air traffic controllers* dengan menggabungkan fitur visual dan audio. Fitur visual diperoleh dari area mata dan mulut, sedangkan fitur audio diekstraksi menggunakan *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC). Kedua fitur tersebut kemudian digabungkan menggunakan pendekatan *multifeature fusion* untuk mengklasifikasikan kondisi kelelahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggabungan informasi wajah dan suara mampu meningkatkan performa deteksi dengan akurasi mencapai 97%, lebih baik dibandingkan penggunaan satu modalitas saja. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pendekatan multimodal dapat menjadi solusi yang efektif karena perubahan kondisi wajah dan pola suara dapat saling melengkapi dalam mendeteksi kondisi kelelahan.

Artificial Neural Network (ANN) merupakan metode klasifikasi yang efektif dan andal dalam sistem deteksi kantuk pengemudi. Hal ini diperkuat oleh penelitian Inkeaw P, dkk. [9] mengembangkan sistem klasifikasi deteksi kantuk pengemudi otomatis menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) berbasis deskriptor visual wajah. Mereka mengombinasikan berbagai fitur seperti *Eye Aspect Ratio* (EAR), *Mouth Aspect Ratio* (MAR), serta *Face Length* (FL) yang diekstraksi dari citra wajah untuk mengenali tingkat kantuk pengemudi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa klasifikasi menggunakan metode ANN yang mengkombinasikan fitur EAR dan MAR memberikan sensitivitas tertinggi sebesar 70,12%, sedangkan hasil klasifikasi ANN dengan kombinasi fitur EAR, MAR, dan FL menghasilkan akurasi dan spesifisitas tertinggi masing-masing sebesar 60,76% dan 58,71%. Kemudian, setelah

Vesselenyi, dkk [10] juga mengembangkan sistem deteksi kantuk dengan melakukan pengolahan citra wajah menggunakan *autoencoder ANN*). Penelitian

ini menganalisis kondisi pengemudi berdasarkan citra mata yang terbuka, setengah terbuka, dan tertutup untuk membedakan antara keadaan waspada dan mengantuk. Dua arsitektur jaringan yang digunakan adalah ANN satu *hidden layer* dan *autoencoder*, yang menunjukkan performa klasifikasi sangat tinggi pada data yang diuji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jaringan saraf tiruan tersebut mampu mengenali kondisi mata pengemudi secara andal dan efisien, bahkan dengan jumlah neuron yang relatif sedikit pada *hidden layer*.

Penelitian oleh Jacobé de Naurois dkk [11] mengembangkan model *Artificial Neural Network* (ANN) untuk mendeteksi sekaligus memprediksi tingkat kantuk pengemudi dengan memanfaatkan kombinasi indikator perilaku, fisiologis, dan kinerja berkendara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ANN memiliki kinerja yang baik dalam mengestimasi tingkat kantuk pengemudi, yang ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,919 antara output model dan nilai target. Nilai ini mengindikasikan bahwa ANN efektif digunakan dalam memodelkan hubungan nonlinier antar parameter perilaku dan fisiologis untuk mendukung deteksi dan prediksi kantuk pengemudi.

Kemudian kemampuan ANN dalam melakukan klasifikasi dibanding model lain diperkuat oleh penelitian S. Rekha, dkk [12] yang membandingkan performa *Artificial Neural Network* (ANN) dengan *Support Vector Machine* (SVM) untuk pendeteksian kantuk menggunakan pengukuran PERCLOS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ANN memberikan akurasi yang lebih tinggi (87,60%) dibandingkan SVM (76,30%) dalam identifikasi kantuk pengemudi.

Melihat hasil dari penelitian-penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa masing-masing metode memiliki kekuatan dan kelemahan. Metode visual rentan terhadap gangguan cahaya, sedangkan metode audio rentan terhadap *noise*. Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis mengusulkan sistem deteksi kantuk berbasis multimodal yang mengombinasikan indikator visual berupa *Eye Aspect Ratio* (EAR) dan *Mouth Aspect Ratio* (MAR) dengan analisis audio melalui deteksi suara menguap menggunakan *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC). Kombinasi ini dipilih karena EAR dan MAR efektif mendeteksi perubahan perilaku mata dan mulut, sementara suara menguap berfungsi memperkuat deteksi kondisi menguap sehingga dapat membedakan antara suara menguap dengan gerakan mulut biasa. Pendekatan multimodal ini belum banyak dieksplorasi dalam penelitian terdahulu dan secara hipotesis diharapkan mampu meningkatkan akurasi keseluruhan serta ketangguhan sistem terhadap gangguan eksternal dibandingkan penggunaan satu metode saja. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya mengklasifikasikan dua kondisi, yaitu terjaga dan mengantuk, tanpa mempertimbangkan tahap kelelahan sebagai fase transisi. Oleh karena itu, penelitian ini dikembangkan untuk mendeteksi tiga tingkat kewaspadaan pengemudi terjaga, lelah, dan mengantuk dengan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) yang ringan secara komputasi dan untuk pemilihan keputusan akhir digunakan logika fuzzy sehingga diharapkan mampu menghasilkan sistem

deteksi kantuk yang lebih akurat, adaptif, dan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat sistem untuk mendeteksi kantuk pengemudi berbasis gabungan pendekatan visual (mata dan mulut) serta deteksi suara menguap?
2. Bagaimana mengklasifikasikan tingkat kewaspadaan pengemudi menjadi terjaga, lelah, dan mengantuk berdasarkan tiga variabel pengamatan pada mata, mulut, dan suara?
3. Bagaimana performa penggabungan pendekatan visual pada mata dan mulut dengan deteksi suara menguap dalam menentukan kondisi kewaspadaan pengemudi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diajukan, tujuan penelitian tesis ini adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan sistem deteksi kantuk berbasis multimodal dengan mengolah fitur visual berupa *Eye Aspect Ratio* (EAR) dan *Mouth Aspect Ratio* (MAR), serta fitur audio berupa *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC), menggunakan model Artificial Neural Network (ANN) visual dan ANN audio.
2. Menetapkan sistem pengambilan keputusan akhir berbasis logika fuzzy untuk menggabungkan hasil klasifikasi ANN visual dan ANN audio dalam menentukan kondisi kewaspadaan pengemudi menjadi Terjaga, Lelah, atau Mengantuk.
3. Mengevaluasi performa model ANN visual, ANN audio, logika fuzzy, dan sistem multimodal berdasarkan hasil klasifikasi, kesesuaian keputusan akhir, serta waktu komputasi sistem.

1.4 Batasan Masalah

Batasan penelitian ini diajukan untuk menghindari pembahasan di luar ruang lingkup penelitian, sehingga penafsiran lebih fokus dan tujuan tercapai secara maksimal.

1. Deteksi berbasis visual dibatasi pada analisis *Eye Aspect Ratio* (EAR) untuk mata dan *Mouth Aspect Ratio* (MAR) untuk mulut.
2. Deteksi berbasis audio difokuskan pada aktivitas menguap yang mengeluarkan suara dan diolah menggunakan metode *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC).
3. Penelitian hanya membedakan tiga tingkat kondisi pengemudi, yaitu terjaga, lelah, dan mengantuk.

4. Sistem diuji dalam kondisi simulasi dengan penggunaan kamera dan mikrofon standar, bukan menggunakan perangkat khusus atau sensor tambahan.
5. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini belum diimplementasikan secara langsung pada kondisi pengemudi yang berkendara di jalan, melainkan hanya diuji dalam lingkungan simulasi penelitian.
6. Sistem deteksi visual dibatasi pada subjek dengan kondisi mata normal (tidak sipit). Sistem belum dioptimalkan untuk subjek dengan bukaan mata sangat kecil atau kondisi yang menyebabkan landmark mata tidak terbaca secara stabil.
7. Sistem deteksi audio dibatasi pada kondisi lingkungan dengan tingkat kebisingan relatif rendah, tanpa adanya suara dominan lain yang dapat mengganggu atau menutupi karakteristik suara menguap.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bentuk sistem pendeteksi dini kantuk yang berfungsi sebagai alat bantu untuk mengurangi risiko kecelakaan akibat mengemudi dalam kondisi mengantuk. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat mendukung upaya peningkatan keselamatan lalu lintas serta menjadi acuan bagi penelitian lanjutan dalam pengembangan teknologi berbasis kecerdasan buatan untuk bidang transportasi.

1.6 Keterbaruan Penelitian

Kebaharuan dalam penelitian ini terletak pada dua aspek utama, yaitu:

1. Pengembangan pendekatan deteksi kantuk berbasis multimodal visual dan audio.

Penelitian ini menggabungkan informasi visual berupa *Eye Aspect Ratio* (EAR) dan *Mouth Aspect Ratio* (MAR) dengan informasi audio berupa suara menguap manusia yang direpresentasikan menggunakan fitur *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC). Berbeda dengan penelitian multimodal visual-audio sebelumnya yang memanfaatkan karakteristik suara percakapan (speech) untuk mengenali kondisi kelelahan, penelitian ini menggunakan suara menguap sebagai sinyal audio nonverbal untuk memperkuat indikasi aktivitas menguap yang diperoleh dari bukaan mulut. Model ANN visual dan ANN audio dikembangkan secara terpisah, kemudian keluarannya digabungkan menggunakan logika fuzzy untuk menghasilkan keputusan akhir kondisi pengemudi.

2. Pengembangan klasifikasi kondisi pengemudi menjadi tiga kelas yaitu terjaga, lelah, dan mengantuk.

Penambahan kelas Lelah bertujuan merepresentasikan fase transisi dari kondisi Terjaga menuju Mengantuk sehingga perubahan tingkat kewaspadaan dapat ditentukan secara lebih bertahap.

1.7 Sistematika Penulisan

Susunan penulisan dari penelitian ini dilakukan dengan sistematika tertentu yang disesuaikan dengan tata cara penulisan tesis Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas. Adapun sistematika penulisan penelitian ini sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan, berisi permasalahan yang menjadi latar belakang tesis ini, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan laporan tesis.
2. Bab II Landasan Teori, berisi tentang teori dan dasar-dasar ilmu yang menjadi pedoman dalam penyelesaian tesis ini.
3. Bab III Metodologi Penelitian, berisi penjelasan langkah-langkah pelaksanaan dalam pembuatan dan metode evaluasi.
4. Bab IV Hasil Dan Pembahasan, Pada bab ini membahas terkait implementasi dan hasil yang telah diujikan pada saat penelitian.
5. Bab V Penutup, Pada bab ini berisikan tentang penarikan kesimpulan berdasarkan hasil yang sudah didapatkan dan saran yang disampaikan penulis.

