

ABSTRAK

Kelelahan dan distraksi pengemudi merupakan faktor utama penyebab kecelakaan lalu lintas. Untuk mengatasi masalah ini, sebuah sistem pemantauan keselamatan berkendara real-time bernama Autodash dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem yang efektif dan berbiaya rendah untuk mendeteksi tanda-tanda kantuk dan gangguan perhatian pada pengemudi, serta memberikan peringatan secara tepat waktu. Sistem ini menggunakan pendekatan citra komputer yang diimplementasikan pada Raspberry Pi 5 sebagai unit pemrosesan utama dan Raspberry Pi 3 Night Vision Camera sebagai sensor citra. Metode yang digunakan adalah deteksi berbasis landmark wajah menggunakan pustaka Mediapipe untuk mengekstrak fitur-fitur penting secara real-time, seperti Eye Aspect Ratio (EAR), Mouth Aspect Ratio (MAR), dan pose kepala. Fitur-fitur ini kemudian dianalisis menggunakan model klasifikasi XGBoost (Extreme Gradient Boosting) yang telah dilatih untuk mengidentifikasi kondisi kantuk pengemudi. Selain itu, sistem ini juga mengintegrasikan Mediapipe Object Detector untuk mengenali objek distraksi seperti penggunaan ponsel, merokok, dan penggunaan make-up. Jika kondisi berbahaya terdeteksi, maka sistem akan memberikan peringatan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem Autodash berfungsi dengan sangat baik di berbagai kondisi. Kamera mampu mendeteksi wajah secara andal dalam kondisi pencahayaan terang hingga gelap total (0 lux). Pengujian fungsionalitas menunjukkan akurasi dan F1-score yang tinggi dalam mendeteksi kantuk dan berbagai aktivitas distraksi. Uji stabilitas selama 10 jam menunjukkan bahwa sistem beroperasi secara efisien dengan suhu yang terkendali dan waktu inferensi rata-rata yang rendah (0,07-0,08 detik), membuktikan kelayakan untuk penggunaan jangka panjang di dalam kendaraan. Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe sistem pemantauan keselamatan pengemudi yang fungsionalitas, stabil, dan efektif. Autodash memiliki potensi besar untuk diterapkan secara luas guna meningkatkan keselamatan berkendara.

Kata kunci: kelelahan, distraksi, mediapipe, ear, mar, object detection

ABSTRACT

Driver fatigue and distraction are major factors causing traffic accidents. To address these issues, a real-time driving safety monitoring system called Autodash was developed. This research aims to design and implement an effective and low-cost system to detect signs of drowsiness and distraction in drivers, and provide timely warnings. The system uses a computer image approach implemented on a Raspberry Pi 5 as the main processing unit and a Raspberry Pi 3 Night Vision Camera as the image sensor. The method used is facial landmark-based detection using the Mediapipe library to extract important features in real-time, such as Eye Aspect Ratio (EAR), Mouth Aspect Ratio (MAR), and head pose. These features are then analyzed using a pre-trained XGBoost (Extreme Gradient Boosting) classification model to identify driver drowsiness. In addition, the system also integrates the Mediapipe Object Detector to recognize distraction objects such as mobile phone use, smoking, and make-up application. If dangerous conditions are detected, the system will provide a warning. Test results show that the Autodash system functions very well in various conditions. The camera was able to reliably detect faces in bright lighting conditions to total darkness (0 lux). Functionality testing showed high accuracy and F1-score in detecting drowsiness and various distraction activities. A 10-hour stability test showed that the system operated efficiently with controlled temperature and low average inference time (0.07-0.08 seconds), proving the feasibility for long-term in-vehicle use. This research successfully developed a prototype driver safety monitoring system that is functional, stable, and effective. Autodash has great potential to be widely applied to improve driving safety.

Key Words: fatigue, distraction, mediapipe, ear, mar, object detection

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, tugas akhir yang berjudul “Driving Safety Monitoring System Using Distraction and Drowsiness Detection” ini dapat kami selesaikan dengan baik. Kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses penyusunan tugas akhir ini, terutama kepada kedua orang tua kami atas doa dan motivasi yang tak henti-hentinya, dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan arahan, serta rekan-rekan yang turut berkontribusi dalam pengembangan dan penyempurnaan sistem.

Latar belakang pengembangan tugas akhir ini didasari oleh keprihatinan terhadap tingginya angka kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh faktor kelelahan dan kurangnya konsentrasi pengemudi. Dengan memanfaatkan teknologi computer vision dan sensor kamera, kami berupaya untuk merancang sistem monitoring keselamatan berkendara yang dapat mendeteksi kondisi distraksi dan kantuk secara real-time sebagai solusi preventif dalam meningkatkan keselamatan pengguna jalan. Besar harapan kami, semoga buku tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca, serta menjadi referensi dalam pengembangan teknologi keselamatan berkendara di masa depan.

Kami menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan, baik dari segi penyusunan maupun teknis, yang mungkin disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan, alat, dan pengalaman kami. Oleh karena itu, dengan rendah hati kami memohon maaf atas segala kekurangan tersebut dan terbuka terhadap masukan yang membangun demi perbaikan di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmatnya kami dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Driving Safety Monitoring System Using Distraction And Drowsiness Detection". Penulisan tugas akhir ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.

Kami menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak akan sulit bagi kami untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kepada Allah SWT yang selalu memberikan rahmat serta karunianya memberikan kemudahan, dan kelancaran bagi kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
2. Kedua Orang Tua dan Keluarga kami yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, dan semangat serta motivasi dalam hidup kami, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Dr. Surya Michrandi Nasution, S.T., M.T., dan Ibu Anggunmeka Luhur Prasasti, S.T., M.T., selaku pembimbing kami yang selalu memberikan masukan dan mengarahkan kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Purba Daru selaku Dosen Wali TK-45-04;
5. Seluruh Dosen Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom Bandung yang telah memberikan ilmu dan pengalaman sebagai pengetahuan baru untuk kami;
6. Teman-teman dan *support system* kami selalu memberikan semangat, motivasi, dan dukungan dalam perkuliahan hingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini;
7. Semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya yang telah membantu dalam Tugas Akhir ini. Kami berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat kepada kita semua, khususnya bagi Program Studi Teknik Komputer.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN BUKU CAPSTONE DESIGN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
UCAPAN TERIMA KASIH	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
BAB I USULAN GAGASAN	1
1.1. Deskripsi Umum Masalah dan Kebutuhan	1
1.2. Analisa Masalah.....	2
1.2.1. Aspek Teknis	2
1.2.2. Aspek Keselamatan.....	2
1.2.3. Aspek Sosial.....	3
1.2.4. Aspek Ekonomi.....	3
1.2.5. Aspek Hukum dan Regulasi.....	4
1.3. Analisa Solusi yang Ada	4
1.4. Kesimpulan CD 1	5
BAB II DESAIN KONSEP SOLUSI.....	6
2.1. Dasar Penentuan Spesifikasi.....	6
2.1.1. Aturan Pemerintahan	6
2.1.2. Spesifikasi Solusi yang Sudah Ada.....	6
2.2. Batasan dan Spesifikasi.....	9
2.2.1. Batasan	9
2.2.2. Kebutuhan	10
2.2.3. Perbandingan metode.....	11
2.2.4. Perbandingan Perangkat Keras	17

2.3. Pengukuran/verifikasi spesifikasi.....	24
2.4. Kesimpulan CD 2	26
BAB III DESAIN RANCANGAN SOLUSI.....	28
3.1. Alternatif Usulan Solusi	28
3.1.1. Perbandingan Model	28
3.1.2. Perbandingan Sistem Perangkat Keras	43
3.2. Analisis dan Pemilihan Solusi.....	47
3.2.1. Metode yang digunakan	47
3.2.2. Perbandingan Sistem.....	50
3.3. Desain Solusi Terpilih.....	51
3.3.1. Arsitektur Sistem	51
3.3.2. Flowchart	52
3.3.3. Activity Diagram	54
3.3.4. Blok Diagram.....	55
3.3.5. Arsitektur Model.....	56
3.3.6. Ilustrasi Alat.....	57
3.4. Jadwal dan Anggaran.....	57
3.4.1. Jadwal	58
3.4.2. Anggaran.....	59
BAB 4 IMPLEMENTASI	60
4.1. Deskripsi Umum Implementasi	60
4.2. Komponen Sistem	61
4.3. Detil Implementasi.....	67
4.3.1. Sistem Perangkat Keras	68
4.3.2. Sistem Perangkat Lunak	74
4.4. Prosedur Pengoperasian	89
BAB 5 PENGUJIAN SISTEM.....	91
5.1. Skenario Umum Pengujian	91
5.1.1. Skenario Pengujian Kamera (<i>Night Vision & Daylight</i>).....	91
5.1.2. Skenario Pengujian Mediapipe (<i>Face Landmarker & Object Detection</i>)	91
5.1.3. Skenario Pengujian Kestabilan Sistem (<i>Stress Test: RAM, Suhu, FPS</i>)	92
5.2. Detail Pengujian.....	92
5.2.1. Pengujian Kamera (<i>Night Vision & Daylight</i>).....	92
5.2.2. Pengujian Mediapipe (<i>Face Landmarker</i>).....	93

5.2.3.	Pengujian Mediapipe (<i>Object Detection</i>).....	96
5.2.4.	Pengujian Kestabilan Sistem (Stress Test: RAM, Suhu, FPS)	99
5.2.5.	Beta Testing	101
5.3.	Analisa Hasil Pengujian	105
5.3.1.	Analisa Hasil Pengujian Kamera	105
5.3.2.	Analisa Hasil Pengujian Media Pipe (Face Landmarker).....	106
5.3.3.	Analisa Hasil Pengujian Media Pipe (Object Detection).....	106
5.3.4.	Analisa Hasil Pengujian Kestabilan Sistem	106
5.3.5.	Analisa Beta Testing	107
5.4.	Kesimpulan.....	108
	References.....	110
	LAMPIRAN CD-1	116
	LAMPIRAN CD-2	118
	LAMPIRAN CD-3	120
	LAMPIRAN CD-4	122
	LAMPIRAN CD-5	124

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Nvida Jetson Nano	17
Gambar 2. 2 Raspberry Pi 4	18
Gambar 2. 3 Raspberry Pi 5	19
Gambar 2. 4 Raspberry Pi Camera Module	21
Gambar 2. 5 Raspberry Pi Camera Module 2	22
Gambar 2. 6 Arducam B0198 Stereo Camera	22
Gambar 3. 1 Landmarks	28
Gambar 3. 2 Arsitektur SSD	29
Gambar 3. 3 Landmarks Eyes Points	29
Gambar 3. 4 Landmarks Mouth Point	31
Gambar 3. 5 MOE Ketika Menguap	31
Gambar 3. 6 MOE Keadaan Normal	32
Gambar 3. 7 Contoh Dataset dengan Label Mengantuk dan Tidak	32
Gambar 3. 8 Arsitektur YOLOv9	42
Gambar 3. 9 Arsitektur YOLOv10	42
Gambar 3. 10 Arsitektur YOLOv11	43
Gambar 3. 11 Mockup Sistem 1	43
Gambar 3. 12 Mockup Sistem 2	45
Gambar 3. 13 Mockup Sistem 3	46
Gambar 3. 14 Arsitektur Sistem	52
Gambar 3. 15 Diagram Flowchart	52
Gambar 3. 16 Activity Diagram Sistem	54
Gambar 3. 17 Blok Diagram	55
Gambar 3. 18 Arsitektur Model	56
Gambar 3. 19 Ilustrasi Alat	57
Gambar 4. 1 Logo Autodash	60
Gambar 4. 2 Raspberry Pi 3 Night Vision	62
Gambar 4. 3 Raspberry Pi 5	62
Gambar 4. 4 Speaker Mini 3 Watt	63
Gambar 4. 5 Modul Amplifier PAM8403	63
Gambar 4. 6 Infrared LED Modul	64
Gambar 4. 7 Audio Jack	64
Gambar 4. 8 Filament PLA	65
Gambar 4. 9 Skematik Sistem	68
Gambar 4. 10 Kamera dan LED	69
Gambar 4. 11 Rangkaian Sistem Audio	69
Gambar 4. 12 Camera Case	70
Gambar 4. 13 Lid of Camera Case	71
Gambar 4. 14 Mounting Holder	72
Gambar 4. 15 Unit Processing Case	73
Gambar 4. 16 Lid of Unit Processing Case	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Solusi yang sudah ada.....	7
Tabel 2. 2 Batasan.....	9
Tabel 2. 3 Kebutuhan Sistem dan Perangkat Keras	10
Tabel 2. 4 Image Based Measures	12
Tabel 2. 5 Perbandingan Metode menggunakan Biological Based Measure.....	15
Tabel 2. 6 Perbandingan antara Nvidia Jetson Nano, Raspberry Pi 4, dan Raspberry Pi 5.....	20
Tabel 2. 7 Perbandingan antara Modul Kamera	23
Tabel 2. 8 Pengukuran Verifikasi dan Spesifikasi	24
Tabel 3. 1 Perbandingan Model YOLOv9, YOLOv10, dan YOLOv11	47
Tabel 3. 2 Perbandingan Model KNN, Random Forest, XGBoost, SVM, Logistic Regression, Decision Tree , LSTM, CNN, dan RNN.....	48
Tabel 3. 3 Perbandingan Sistem 1, Sistem 2, dan Sistem 3	50
Tabel 3. 4 Jadwal Pengerjaan.....	58
Tabel 3. 5 Rancangan Anggaran Biaya	59
Tabel 4. 1 Perangkat Keras	61
Tabel 4. 2 Hyperparameter XGBoost	67
Tabel 5. 1 Pengujian Kamera.....	93
Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Mediapipe (Face Landmarker)	93
Tabel 5. 3 Hasil Confusion Matrix Masing-masing Skenario Pengujian Mediapipe (Face Landmarker).....	94
Tabel 5. 4 Classification Report Hasil Pengujian Mediapipe (Face Landmarker)	95
Tabel 5. 5 Hasil Confusion Matrix Masing-masing Skenario Pengujian Mediapipe (Object Detection).....	96
Tabel 5. 6 Classification Report Deteksi Gadget.....	97
Tabel 5. 7 Classification Report Deteksi Rokok.....	98
Tabel 5. 8 Classification Report Deteksi MakeUp	98
Tabel 5. 9 Hasil Pengujian Kestabilan Sistem (Stress Test: RAM, Suhu, FPS).....	99
Tabel 5. 10 Grafik Rata-Rata Hasil Pengujian Kestabilan Sistem.....	100
Tabel 5. 11 Hasil Beta Testing.....	101

DAFTAR SINGKATAN

AI	:	Artificial Intelligence
CNN	:	Convolutional Neural Network
DFD	:	Data Flow Diagram
DBMS	:	Driver Behavior Monitoring System
DMS	:	Driver Monitoring System
EAR	:	Eye Aspect Ratio
EOG	:	Electrooculography
EEG	:	Electroencephalography
EMG	:	Electromyography
ESDM	:	Energi dan Sumber Daya Mineral
FPS	:	Frame per Second
GPIO	:	General Purpose Input/Output
HRV	:	Heart Rate Variability
IC	:	Integrated Circuit
IoT	:	Internet of Things
I/O	:	Input/Output
JDK	:	Java Development Kit
MAR	:	Mouth Aspect Ratio
MOE	:	Mouth Opening Extent
PERCLOS	:	Percentage of Eye Closure Over Time
Pi	:	Raspberry Pi
SVM	:	Support Vector Machine
XGBoost	:	Extreme Gradient Boosting
3D CNN	:	Three-Dimensional Convolutional Neural Network

BAB I

USULAN GAGASAN

1.1. Deskripsi Umum Masalah dan Kebutuhan

Kondisi pengemudi merupakan salah satu aspek yang penting dalam keselamatan berkendara [1]. Salah satu faktor utama penyebab kecelakaan lalu lintas adalah ketika pengemudi tidak dalam kefokusannya yang optimal, ketidakfokusan tersebut bisa disebabkan oleh distraksi dan kantuk [2]. Distraksi dan kantuk pada pengemudi berpotensi menyebabkan kecelakaan yang fatal [3]. Distraksi pada pengemudi dapat terjadi dalam berbagai bentuk, seperti penggunaan ponsel, makan atau minum dengan gerakan berlebihan saat mengemudi, serta interaksi berlebihan lainnya [4]. Selain distraksi, kantuk juga menjadi salah satu penyebab pengemudi mengalami ketidakfokusan dalam mengemudikan kendaraannya. Kantuk merupakan kondisi dimana seseorang merasa ingin tidur [5]. Kedua kondisi ini sangat berbahaya untuk pengemudi karena dapat menyebabkan pengemudi kehilangan fokus dan kendali atas kendaraan dalam waktu yang singkat [6].

Dalam mengatasi permasalahan yang ada, diperlukan sebuah sistem pemantauan keselamatan berkendara yang dapat mendeteksi dan memberikan peringatan dini terhadap tanda-tanda distraksi dan kantuk pada pengemudi [7]. Sistem ini harus mampu memantau perilaku pengemudi secara *real-time*, menganalisis kondisi mata, ekspresi wajah, dan kondisi pengemudi untuk mengidentifikasi indikasi gangguan perhatian atau kantuk [8]. Kebutuhan akan sistem semacam ini semakin mendesak seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan di jalan raya [9]. Implementasi teknologi pemantauan keselamatan berkendara diharapkan dapat secara signifikan mengurangi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh faktor pengemudi, sehingga meningkatkan keselamatan tidak hanya bagi pengemudi, tetapi juga bagi seluruh pengguna jalan [10].

Pengembangan ‘*Driving Safety Monitoring System using Distraction and Drowsiness Detection*’ bertujuan untuk memanfaatkan teknologi *computer vision*, sensor, dan kecerdasan buatan (AI) untuk menciptakan solusi yang efektif dan dapat diandalkan dalam meningkatkan keselamatan berkendara [11]. Teknologi *computer vision* memungkinkan sistem untuk mendeteksi dan menganalisis perilaku pengemudi secara *real-time*, seperti pergerakan mata, ekspresi wajah, dan arah pandangan, yang berguna untuk mengidentifikasi tanda-tanda gangguan atau kantuk [12]. Selain itu, dengan memanfaatkan sensor *infrared* dan algoritma berbasis AI, sistem ini dapat mendeteksi *microsleep* yang sulit dikenali secara kasat mata,

sehingga memungkinkan sistem untuk memberikan peringatan dini sebelum kecelakaan terjadi [13].

1.2. Analisa Masalah

Dalam pengembangan sistem pemantuan keselamatan berkendara menggunakan deteksi gangguan dan kantuk, diperlukan penganalisaan pada beberapa aspek yang berkaitan dengan pengembangan yang akan dilakukan. Berikut merupakan analisa masalah yang mencakup aspek teknis, sosial, ekonomi, serta hukum dan regulasi.

1.2.1. Aspek Teknis

Dalam pengembangan sistem ini, tantangan teknis utama terletak pada keandalan teknologi *computer vision* dan kecerdasan buatan (AI) yang digunakan untuk mendeteksi distraksi dan kantuk pada pengemudi secara *real-time*. Sistem harus beroperasi dengan presisi, meskipun dalam berbagai kondisi lingkungan yang menantang, seperti pencahayaan rendah, cuaca buruk, atau kecepatan kendaraan yang tinggi. Salah satu solusi yang diimplementasikan adalah kombinasi Arducam Stereo Camera dengan YOLOv11 pada Raspberry Pi. Kombinasi ini memungkinkan deteksi *real-time* dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi, di mana Arducam Stereo Camera akan memberikan kemampuan pemetaan kedalaman dan deteksi gerakan, dan YOLO akan mendeteksi objek yang cepat dan efisien. Meskipun demikian, keterbatasan komputasi pada Raspberry Pi menimbulkan tantangan dalam hal performa. Untuk menjaga deteksi tetap cepat dan tepat, diperlukan optimasi algoritma, baik dalam hal pengurangan ukuran model, penggunaan teknik *pruning*, maupun *quantization*.

Selain itu, penerapan *Convolutional Neural Network* (CNN) juga menjadi salah satu pendekatan utama dalam pemrosesan visual. CNN efektif untuk mendeteksi tanda-tanda kelelahan atau gangguan pada pengemudi, seperti perubahan ekspresi wajah dan gerakan mata, terutama dalam kondisi pencahayaan rendah. CNN mampu mengekstraksi fitur penting dari gambar secara otomatis, sehingga membuat sistem lebih efisien dalam mendeteksi perilaku pengemudi [14]. Implementasi CNN ini, dengan optimasi yang tepat, dapat lebih lanjut meningkatkan akurasi dan keandalan sistem secara keseluruhan.

1.2.2. Aspek Keselamatan

Distraksi dan kantuk adalah dua faktor kritis yang secara signifikan mempengaruhi keselamatan pengemudi. Distraksi dapat muncul dari berbagai sumber, seperti penggunaan ponsel atau terlibat dalam percakapan saat mengemudi, yang menyebabkan hilangnya fokus pada jalan. Selain itu kantuk dapat menjadi sangat berbahaya karena pengemudi mungkin

akan mengalami *microsleep* yaitu tidak menyadari bahwa mereka tertidur sejenak, sehingga tidak ada waktu untuk bereaksi [15]. 60% dari kecelakaan lalu lintas yang terjadi disebabkan oleh faktor manusia itu sendiri, terutama dalam permasalahan *Distraction* dan *microsleep* [16].

Sistem pemantauan pengemudi yang efektif harus dapat mendeteksi tanda-tanda awal dari gangguan ini melalui analisis sinyal seperti gerakan mata, posisi kepala, atau bahkan detak jantung. Dengan menggunakan teknologi ini, sistem dapat memberikan peringatan *real-time* yang memungkinkan pengemudi mengambil tindakan korektif sebelum kecelakaan terjadi. Optimalisasi teknologi pemantauan ini sangat penting dalam upaya meningkatkan keselamatan berkendara.

1.2.3. Aspek Sosial

Dari sudut pandang sosial, penerapan sistem ini akan membawa perubahan pada cara pengemudi berperilaku di jalan raya. Sistem peringatan dini yang diberikan ketika pengemudi mengalami kelelahan atau terdistraksi dapat meningkatkan kesadaran keselamatan. Hal ini sangat relevan mengingat data kecelakaan lalu lintas di Indonesia periode 2019–2021 menunjukkan bahwa jumlah korban meninggal dunia masih signifikan.

Pada tahun 2019, tercatat 25.671 korban meninggal dunia, yang kemudian menurun menjadi 23.529 korban pada tahun 2020. Penurunan ini mungkin dipengaruhi oleh berkurangnya aktivitas di masa pandemi. Namun, pada tahun 2021, jumlah korban meninggal kembali meningkat menjadi 25.266 orang, hampir setara dengan angka pada tahun 2019 [17]. Meskipun teknologi ini dapat membantu mengurangi jumlah korban, penerapannya mungkin menimbulkan resistensi di kalangan masyarakat, terutama pengemudi yang merasa bahwa sistem tersebut terlalu mengganggu atau mengurangi kenyamanan saat berkendara.

1.2.4. Aspek Ekonomi

Pengembangan dan implementasi sistem pemantauan keselamatan ini menuntut biaya yang cukup tinggi, terutama dalam hal pengadaan perangkat keras, seperti kamera, serta pengembangan perangkat lunak yang memadai. Selain itu, penerapan teknologi ini secara luas pada kendaraan pribadi dan komersial akan memerlukan biaya tambahan bagi pengguna kendaraan. Meskipun biaya awal pengembangan dan pemasangan sistem mungkin tinggi, hal ini perlu dipertimbangkan mengingat kerugian materi akibat kecelakaan lalu lintas pada tahun 2019 mencapai 254.779 juta rupiah, pada tahun 2020 sebesar 198.456 juta rupiah, dan kembali meningkat menjadi 246.653 juta rupiah pada tahun 2021 [17].

Meskipun investasi awal untuk pengembangan dan implementasi sistem pemantauan keselamatan cukup besar, hal ini dapat dilihat sebagai upaya preventif untuk mengurangi kerugian ekonomi yang jauh lebih signifikan akibat kecelakaan lalu lintas di masa mendatang. Dengan menurunnya angka kecelakaan, biaya terkait seperti perbaikan kendaraan, perawatan medis, dan hilangnya produktivitas dapat ditekan, sehingga memberikan dampak positif terhadap stabilitas ekonomi. Penghematan yang dihasilkan dari berkurangnya insiden kecelakaan juga dapat mengalihkan dana untuk investasi lain yang mendukung pertumbuhan ekonomi serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan.

1.2.5. Aspek Hukum dan Regulasi

Penerapan teknologi pemantauan keselamatan ini harus sejalan dengan regulasi yang ada, seperti “Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan” [18]. Didalam regulasi ini disebutkan bahwa pengemudi kendaraan bermotor harus menjaga tingkat konsentrasi mereka serta menghindari mengemudikan kendaraan secara tidak wajar dan melakukan sesuatu yang mempengaruhi tingkat konsentrasi dalam mengemudi. Teknologi ini dapat berperan sebagai alat bantu untuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi ini, sekaligus memberikan bukti yang kuat bagi penegakan hukum jika terjadi pelanggaran.

Dalam perspektif privasi, pengumpulan data yang mencakup perilaku dan kondisi pengemudi harus mengikuti ketentuan "Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi." [19]. Data yang diperoleh harus dikelola dengan cermat untuk memastikan bahwa privasi individu tetap terlindungi. Pemanfaatan, penyimpanan, dan pengolahan data tersebut harus selaras dengan prinsip-prinsip perlindungan data pribadi, seperti transparansi, tujuan yang spesifik, persetujuan eksplisit dari pemilik data, serta hak mereka untuk mengakses dan menghapus data yang telah diserahkan. Integrasi teknologi ini diharapkan dapat membantu penegakan hukum secara efektif dan meningkatkan keselamatan di jalan raya, sesuai dengan kerangka hukum Indonesia, tanpa mengorbankan privasi pemilik data.

1.3. Analisa Solusi yang Ada

Solusi teknis untuk mengatasi distraksi dan kantuk pada pengemudi dapat diwujudkan melalui penggunaan teknologi *computer vision* yang mampu memantau pergerakan mata dan ekspresi wajah secara *real-time* [20]. Teknologi ini memungkinkan pendeteksian tanda-tanda kelelahan dan gangguan perhatian pada pengemudi, dengan bantuan algoritma *deep learning*

untuk mengenali pola berbahaya secara cepat dan akurat [20]. Teknologi tersebut sudah digunakan oleh beberapa produsen mobil, hal tersebut dilakukan agar pengemudi dapat perlindungan yang lebih dengan cara pencegahan hal-hal yang tidak diinginkan [21].

Solusi tersebut merupakan salah satu solusi yang efektif bagi sebagian kelompok orang, namun solusi tersebut hanya bisa kita dapati ketika seseorang mampu membeli alat transportasi yang canggih. Dalam kata lain, hanya seseorang dengan penghasilan menengah keatas yang dapat memiliki fasilitas tersebut. Solusi tersebut menjadi masalah ketika ekonomi seseorang belum mencapai titik dimana ia dapat membeli mobil dengan teknologi yang canggih. Dengan adanya permasalahan tersebut, dibutuhkan suatu teknologi dengan harga yang lebih terjangkau namun tetap memiliki kualitas yang sepadan dengan teknologi yang sudah ada.

1.4. Kesimpulan CD 1

Keselamatan berkendara merupakan isu yang sangat krusial dan memerlukan perhatian yang serius, mengingat angka kecelakaan yang disebabkan distraksi dan kantuk pada pengemudi. Aplikasi teknologi *computer vision* dan algoritma machine learning membuka solusi inovatif yang bisa digunakan untuk mendeteksi aspek-aspek kelelahan dan juga gangguan perhatian. Meskipun masalah dalam pengembangan dan juga implementasi sistem sangatlah banyak, tetapi potensi manfaat yang dihasilkan sangatlah besar, terutama dalam aspek biaya akibat kecelakaan yang terjadi serta keselamatan di jalan raya

Untuk memastikan keberhasilan adopsi teknologi ini, diperlukan upaya edukasi publik yang memadai agar masyarakat memahami pentingnya sistem pemantauan keselamatan berkendara. Kesadaran yang tinggi mengenai risiko distraksi dan kantuk, serta penerimaan terhadap teknologi yang dapat membantu mencegah kecelakaan, akan menjadi kunci dalam menciptakan lingkungan berkendara yang lebih aman. Dengan demikian, langkah-langkah ini diharapkan dapat meningkatkan keselamatan bagi semua pengguna jalan dan menurunkan angka kecelakaan di masa mendatang.

BAB II

DESAIN KONSEP SOLUSI

2.1. Dasar Penentuan Spesifikasi

Sebelum melakukan spesifikasi pada pengembangan Driving Safety Monitoring System Using *Distraction* and *Drowsiness* Detection, terdapat beberapa hal yang menjadi poin perhatian. Dengan mempertimbangkan beberapa aspek terkait pengembangan tersebut, spesifikasi diharapkan dapat memenuhi kebutuhan serta tujuan yang telah dipertimbangkan. Berikut merupakan beberapa aspek yang akan disajikan sebagai dasar penentuan spesifikasi dalam proses pengembangannya.

2.1.1. Aturan Pemerintahan

Penetapan spesifikasi didasarkan pada peraturan pemerintah mengenai keselamatan berkendara yang terdapat dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, yang mengatur aspek keselamatan dan keamanan dalam berkendara [18]. Berdasarkan acuan penetapan spesifikasi pertama yaitu Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009, pengemudi diwajibkan untuk berkonsentrasi penuh saat mengemudikan kendaraan di jalan raya dengan menghindari aktivitas yang dapat mengganggu konsentrasi seperti menggunakan *handphone*, menonton video, atau aktivitas lain yang mengganggu [18]. Hal ini berkaitan langsung dengan *driver distraction monitoring system* yang dikembangkan [22].

Mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 55 tahun 2012, kendaraan bermotor yang beroperasi di jalan harus memenuhi persyaratan teknis dan layak jalan, termasuk sistem keselamatan aktif dan pasif. *microsleep monitoring detection system* yang dikembangkan merupakan bagian dari sistem keselamatan aktif yang dapat membantu mencegah kecelakaan akibat *microsleep* [23]. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 77 Tahun 2020 tentang Penyelenggaraan Sistem *Monitoring* Keselamatan Angkutan Umum juga menjadi acuan dalam pengembangan sistem, dimana pemantauan kondisi pengemudi menjadi salah satu aspek penting dalam menjamin keselamatan berkendara [24]. Sistem yang dikembangkan sejalan dengan peraturan ini dalam upaya meningkatkan keselamatan berkendara melalui pemantauan secara *real-time* kondisi pengemudi.

2.1.2. Spesifikasi Solusi yang Sudah Ada

Dalam pengembangan suatu sistem, terutama yang berkaitan dengan teknologi, sangat penting untuk menyelaraskan pendekatan dengan solusi yang telah ada sebelumnya. Tujuan