

## 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

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

|                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2.3. Pengukuran/verifikasi spesifikasi.....</b>                                          | <b>24</b> |
| <b>2.4. Kesimpulan CD 2 .....</b>                                                           | <b>26</b> |
| <b>BAB III DESAIN RANCANGAN SOLUSI.....</b>                                                 | <b>28</b> |
| <b>3.1. Alternatif Usulan Solusi .....</b>                                                  | <b>28</b> |
| 3.1.1. Perbandingan Model .....                                                             | 28        |
| 3.1.2. Perbandingan Sistem Perangkat Keras .....                                            | 43        |
| <b>3.2. Analisis dan Pemilihan Solusi.....</b>                                              | <b>47</b> |
| 3.2.1. Metode yang digunakan .....                                                          | 47        |
| 3.2.2. Perbandingan Sistem.....                                                             | 50        |
| <b>3.3. Desain Solusi Terpilih.....</b>                                                     | <b>51</b> |
| 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        |
| <b>3.4. Jadwal dan Anggaran.....</b>                                                        | <b>57</b> |
| 3.4.1. Jadwal .....                                                                         | 58        |
| 3.4.2. Anggaran.....                                                                        | 59        |
| <b>BAB 4 IMPLEMENTASI .....</b>                                                             | <b>60</b> |
| <b>4.1. Deskripsi Umum Implementasi .....</b>                                               | <b>60</b> |
| <b>4.2. Komponen Sistem .....</b>                                                           | <b>61</b> |
| <b>4.3. Detil Implementasi.....</b>                                                         | <b>67</b> |
| 4.3.1. Sistem Perangkat Keras .....                                                         | 68        |
| 4.3.2. Sistem Perangkat Lunak .....                                                         | 74        |
| <b>4.4. Prosedur Pengoperasian .....</b>                                                    | <b>89</b> |
| <b>BAB 5 PENGUJIAN SISTEM.....</b>                                                          | <b>91</b> |
| <b>5.1. Skenario Umum Pengujian .....</b>                                                   | <b>91</b> |
| 5.1.1. Skenario Pengujian Kamera ( <i>Night Vision &amp; Daylight</i> ).....                | 91        |
| 5.1.2. Skenario Pengujian Mediapipe ( <i>Face Landmarker &amp; Object Detection</i> ) ..... | 91        |
| 5.1.3. Skenario Pengujian Kestabilan Sistem ( <i>Stress Test: RAM, Suhu, FPS</i> ) .....    | 92        |
| <b>5.2. Detail Pengujian.....</b>                                                           | <b>92</b> |
| 5.2.1. Pengujian Kamera ( <i>Night Vision &amp; 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        |
| <b>5.3.</b> | <b>Analisa Hasil Pengujian .....</b>                            | <b>105</b> |
| 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        |
| <b>5.4.</b> | <b>Kesimpulan.....</b>                                          | <b>108</b> |
|             | <b>References.....</b>                                          | <b>110</b> |
|             | <b>LAMPIRAN CD-1 .....</b>                                      | <b>116</b> |
|             | <b>LAMPIRAN CD-2 .....</b>                                      | <b>118</b> |
|             | <b>LAMPIRAN CD-3 .....</b>                                      | <b>120</b> |
|             | <b>LAMPIRAN CD-4 .....</b>                                      | <b>122</b> |
|             | <b>LAMPIRAN CD-5 .....</b>                                      | <b>124</b> |

## 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

utama dibuatnya bagian ini adalah untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan dari setiap metode yang sudah diterapkan pada solusi yang telah ada sebelumnya, sehingga solusi hasil pengembangan nantinya akan menjadi solusi yang terbaik dibanding dengan solusi sebelumnya. Saat ini terdapat beberapa solusi untuk mengatasi deteksi distraksi dan kantuk pada pengemudi diantaranya adalah, pendeteksian menggunakan *Electroencephalograph* (EEG) [25], analisis berbasis kamera pada wajah dan mata [26], serta *Driver Behavior Monitoring System* (DBMS) [27], masing-masing memiliki karakteristik khusus yang dapat menjadi acuan dalam merancang solusi yang optimal.

Berikut tabel yang memperlihatkan perbandingan diantara ketiga solusi yang sudah ada,

Tabel 2. 1 Solusi yang sudah ada

| No | Nama                                         | Spesifikasi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Kelebihan                                                                                                                                                                                               | Kekurangan                                                                                                                                                                                    |
|----|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | <i>Electroencephalograph</i> (EEG)           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan Elektroda untuk mendeteksi gelombang otak</li> <li>• Menggunakan sensor EEG yang langsung terhubung pada perangkat pemrosesan data</li> </ul>                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Akurat dalam mendeteksi <i>microsleep</i></li> <li>• Memberikan peringatan dini</li> <li>• Bekerja baik dalam deteksi kelelahan pengemudi</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya perangkat tinggi.</li> <li>• Sulit dipasang pada kendaraan komersial.</li> <li>• Membutuhkan pelatihan untuk pengguna.</li> </ul>              |
| 2. | Analisis berbasis kamera pada wajah dan mata | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan kamera dengan resolusi tinggi untuk menganalisis gerakan mata dan ekspresi wajah</li> <li>• Menggunakan <i>deep learning</i> dengan model <i>Convolutional Neural Networks</i> (CNN) dan <i>Support Vector Machine</i> (SVM) untuk mendeteksi tanda-tanda <i>microsleep</i></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemantauan non-kontak</li> <li>• Efektif dalam deteksi kelelahan tanpa gangguan pengemudi</li> <li>• Dapat digunakan dalam berbagai kondisi cahaya.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terpengaruh oleh kondisi lingkungan, yaitu cahaya dan cuaca</li> <li>• Kinerja dapat terganggu oleh posisi kamera atau gerakan pengemudi.</li> </ul> |

| No | Nama                                            | Spesifikasi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Kelebihan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Kekurangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. | <i>Driver Behavior Monitoring System (DBMS)</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Akselerometer untuk mengukur percepatan dalam sumbu X, Y, dan Z untuk mendeteksi pengereman, akselerasi, perubahan jalur, dan kondisi kemiringan jalan.</li> <li>• Giroskop untuk menganalisis gerakan rotasi saat mendeteksi manuver pengemudi.</li> <li>• Kamera dan GPS untuk melacak posisi kendaraan, kecepatan, dan pengambilan data visual.</li> <li>• <i>Neural Networks</i> untuk mempelajari pola perilaku pengemudi, seperti manuver mengemudi dan diagnosis gaya berkendara yang tidak teratur.</li> <li>• <i>Fuzzy Logic</i> dan <i>Bayesian Networks</i> untuk menganalisis pengereman darurat, pola akselerasi, dan kondisi jalan</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memiliki akurasi yang tinggi dalam memprediksi manuver dan menganalisis perilaku pengemudi</li> <li>• Model lebih fleksibel karena menggunakan algoritma <i>fuzzy logic</i> dan <i>Bayesian Networks</i> yang mampu membuat keputusan kompleks</li> <li>• Sistem mampu bekerja secara <i>real-time</i> untuk memantau pengemudi secara instan.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya yang tinggi, karena menggunakan perangkat tambahan</li> <li>• Pengujian lebih banyak dilakukan pada simulator, sehingga untuk di jalan raya secara nyata kurang representatif</li> <li>• Pemrosesan data menggunakan <i>Bayesian networks</i> memakan waktu yang lebih lama</li> </ul> |

Berdasarkan Tabel 2.1, dapat disimpulkan bahwa setiap teknologi deteksi memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. *Electroencephalograph* (EEG) sangat akurat dalam mendeteksi kantuk dan memberikan peringatan dini, tetapi harganya tinggi dan sulit dipasang pada kendaraan komersial. Sementara itu, analisis berbasis kamera menawarkan pemantauan non-kontak yang efektif, namun kinerjanya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan posisi kamera. Sedangkan pada *Driver Behavior Monitoring System* (DBMS) memiliki akurasi tinggi dan fleksibilitas, tetapi juga memerlukan biaya yang tinggi dan pengujian yang kurang representatif di jalan raya.

## 2.2. Batasan dan Spesifikasi

Pada pengembangan *Driving Safety Monitoring System Using Distraction And Drowsiness Detection* ini, batasan dan spesifikasi menjadi bagian yang sangat krusial untuk mendefinisikan ruang lingkup serta fitur-fitur yang dapat dijangkau oleh sistem. Batasan ini bertujuan untuk memastikan bahwa solusi yang diimplementasikan tetap efektif dalam mendeteksi distraksi dan kantuk pada pengemudi. Selain itu, spesifikasi yang jelas akan membantu pengembangan yang lebih spesifik dan pengujian sistem, sehingga solusi yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan dan tujuan keselamatan yang diinginkan.

### 2.2.1. Batasan

Dalam proses pengembangan suatu alat, penting untuk menentukan batasan spesifikasi yang menjadi acuan dalam perancangan dan implementasi. Batasan ini berfungsi untuk memastikan alat yang dirancang dapat memenuhi kebutuhan utama pengguna, sekaligus mempertimbangkan keterbatasan teknis, biaya dan target pengguna. Berikut batasan-batasan yang ditentukan,

Tabel 2. 2 Batasan

| Batasan            |                                                                                                                  |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tujuan             | Mengidentifikasi perilaku pengemudi dengan mendeteksi apakah pengemudi terdistraksi atau mengalami gejala kantuk |
| Target Pengguna    | Mobil yang tidak memiliki sistem keamanan berupa <i>Driver Monitoring System</i> (DMS)                           |
| Keterbatasan waktu | Karena keterbatasan waktu, hanya fungsi-fungsi yang krusial untuk memenuhi tujuan saja yang diharuskan selesai   |
| Biaya              | Pembiayaan yang diperlukan adalah pembelian untuk alat-alat yang digunakan                                       |