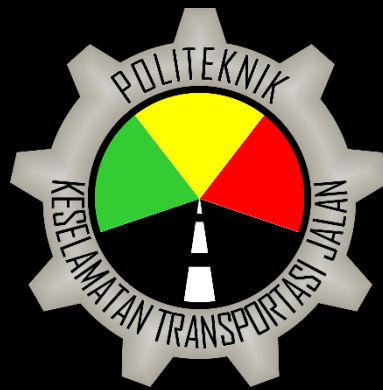


TUGAS AKHIR
RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KANTUK
PENGEMUDI DENGAN METODE *HYBRID MEASURES*

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Terapan



Disusun oleh:

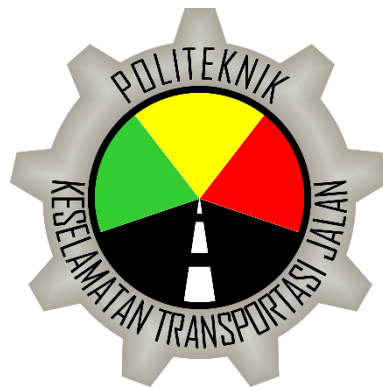
BAGIA PANDU ANANDA

21021007

PROGRAM SARJANA TERAPAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2025

TUGAS AKHIR
RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KANTUK
PENGEMUDI DENGAN METODE *HYBRID MEASURES*

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Terapan



Disusun oleh:

BAGIA PANDU ANANDA

21021007

PROGRAM SARJANA TERAPAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2025

HALAMAN PERSETUJUAN
RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KANTUK PENGEMUDI DENGAN
METODE *HYBRID MEASURES*
DESIGN OF A DRIVER'S DROWSINESS DETECTION DEVICE USING THE HYBRID
MEASURES METHOD

Disusun oleh:

BAGIA PANDU ANANDA

21021007

Telah disetujui oleh:

Pembimbing 1



Raka Pratindy, S.T., M.T
NIP. 198508122019021001

Tanggal, 9 Juli 2025

Pembimbing 2



Helmi Wibowo, S.Pd., M.T
NIP. 199006212019021001

Tanggal, 10 Juli 2025

HALAMAN PENGESAHAN
RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KANTUK PENGEMUDI DENGAN
METODE *HYBRID MEASURES*
DESIGN OF A DRIVER'S DROWSINESS DETECTION DEVICE USING THE HYBRID
MEASURES METHOD

Disusun oleh:

BAGIA PANDU ANANDA

21021007

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal 21 Juli 2025

Ketua Sidang

Tanda Tangan

Muhammad Iman Nur Hakim, M.T
NIP. 199301042019021002



Penguji 1

Tanda Tangan

Ir. Dwi Wahyu Hidayat, M.T.
NIP. 198402292019021001



Penguji 2

Tanda Tangan

Raka Pratindy, S.T., M.T
NIP. 198508122019021001



Mengetahui,

Ketua Program Studi
Teknologi Rekayasa Otomotif



Dr. Ery Muthorig, S.T., M.
NIP.198307042009121004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bagia Pandu Ananda

Notar : 21021007

Program Studi : D-IV Teknologi Rekayasa Otomotif

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa tugas akhir saya yang berjudul "**RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KANTUK PENGEMUDI DENGAN METODE *HYBRID MEASURES***" ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam tugas akhir ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa rancangan penelitian tugas akhir ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Tegal, 7 Juli 2025

Yang Menyatakan,



Bagia Pandu Ananda

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang sudah memberi taufik, hidayah, serta inayahnya sehingga kita semua masih bisa beraktivitas sebagaimana mestinya. Tidak lupa sholawat serta salam senantiasa diberikan untuk junjungan Nabi besar, Nabi Muhammad SAW yang telah memimpin umatnya dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang hingga penulis bisa menyelesaikan penyusunan tugas akhir penelitian ini yang berjudul **"Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kantuk Pengemudi dengan Metode *Hybrid Measures*"**. Sehubungan dengan itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih dan penuh rasa hormat kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, terutama kepada:

1. Bapak Bambang Istiyanto, S.Si.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan Tegal;
2. Bapak Raka Pratindy, S.T., M.T dan Bapak Helmi Wibowo, S.Pd., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak waktu serta dukungan untuk memberikan masukan, arahan, serta motivasi dalam melakukan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Dr. Ery Muthoriq, S.T., M. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif (TRO) Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan Tegal;
4. Bapak dan Ibu Penulis serta seluruh keluarga yang tak henti-hentinya memberikan dukungan;
5. Teman-teman satu angkatan Taruna Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, atas semangat saling mendukung selama ini.
6. Kakak-kakak dan Adik-adik taruna taruni yang ikut serta memberikan dukungan.

Akhir kata semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi banyak pihak yang membacanya. Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang berkenan dengan Tugas Akhir ini, penulis akan dengan senang hati membuka diri untuk penyempurnaan lebih lanjut.

Tegal, 7 Juli 2025

Yang menyatakan,

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized circular mark followed by several horizontal strokes extending to the right.

Bagia Pandu Ananda

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	1
HALAMAN PENGESAHAN	2
HALAMAN PERNYATAAN	3
KATA PENGANTAR.....	4
DAFTAR ISI.....	6
DAFTAR TABEL.....	10
DAFTAR GAMBAR	11
DAFTAR LAMPIRAN	14
INTISARI	15
<i>ABSTRACT</i>.....	16
BAB I PENDAHULUAN.....	17
I.1 Latar Belakang	17
I.2 Identifikasi Masalah	19
I.3 Rumusan Masalah.....	19
I.4 Batasan Masalah	20
I.5 Tujuan Penelitian.....	20
I.6 Manfaat Penelitian	20
I.7 Sistematika Penulisan.....	21
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	23
II.1 Pengemudi.....	23
II.2 Kantuk.....	23
II.3 <i>Hybrid Measures</i>	24
II.4 Detak Jantung	25
II.5 <i>Eye Aspect Ratio</i>	26
II.6 <i>Mouth Aspect Ratio</i>	27
II.7 <i>Internet Of Things (IoT)</i>	27
II.8 Rancang Bangun	28

II.9	Komponen rancang bangun	28
II.9.1	Wemos D1 Mini.....	28
II.9.2	Sensor MAX30102	29
II.9.3	TP4056	30
II.9.4	GPS BN-220.....	31
II.9.5	Speaker.....	32
II.9.6	Logitech C270 HD Webcam	33
II.9.7	Raspberry pi	34
II.9.9	Jenis-jenis Raspberry	35
II.10	<i>Software</i>	39
II.10.1	Phyton	39
II.10.2	Fritzing.....	40
II.10.3	Arduino	41
II.10.4	Telegram.....	41
II.11	Penelitian relevan	42
II.11.1	Penelitian pada Tahun 2024	43
II.11.2	Penelitian pada Tahun 2024	44
II.11.3	Penelitian pada tahun 2023	44
II.11.4	Penelitian pada tahun 2022	45
II.11.5	Penelitian pada tahun 2020	45
BAB III METODE PENELITIAN.....		46
III.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	46
III.1.1	Lokasi Penelitian	46
III.1.2	Waktu Penelitian	46
III.2	Diagram Alir Penelitian	47
III.3	Proses Pengembangan Alat.....	48
III.3.1	Desain konsep Gelang Pendeteksi Kantuk	48

III.3.2	Desain Konsep Kamera Pendeteksi Kantuk.....	51
III.3.3	Analisis Kebutuhan	52
III.3.4	Langkah-langkah proses pengembangan alat	54
III.4	Proses Pembuatan Alat.....	55
III.4.1	Rangkaian Alat denyut jantung	56
III.4.3	Pemrograman Arduino Denyut Jantung.....	59
III.4.4	Rangkaian Alat EAR dan MAR	60
III.4.5	Pemrograman EAR dan MAR.....	63
III.4.6	Diagram Blok Sistem Alat	63
III.4.7	Diagram Alir Cara Kerja Sistem Deteksi Kantuk...	64
III.5	Metode Penelitian	66
III.6	Data Penelitian	68
III.7	Pengumpulan dan Pengambilan Data.....	68
III.8	Teknik Sampling	69
III.8.1	Teknik Sampling.....	69
III.8.2	Pengambilan Sampel	70
III.9	Instrumen Pengumpulan Data.....	71
III.9.1	Pengujian Sensor MAX30102	71
III.9.2	Uji Coba Alat EAR dan MAR	73
III.9.3	Pengujian Sistem Deteksi Kantuk Secara Keseluruhan.....	77
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		78
IV.1	Perakitan Alat.....	78
IV.2	Prinsip Cara Kerja Alat.....	85
IV.3	Pemrograman <i>Software</i>	86
IV.2.1	Pemrograman sistem	86

IV.2.2	Pemrograman Alat Pendeteksi Denyut Jantung, Microsleep dan yawn dengan Metode Hybrid Measures.....	92
IV.3	Pengujian Alat.....	125
IV.3.1	Pengujian Sensor MAX30102	125
IV.3.2	Pengujian Alat EAR dan MAR	127
IV.3.3	Pengujian Sistem Deteksi Kantuk Secara Keseluruhan.....	136
BAB V PENUTUP.....		141
V.1	Kesimpulan	141
V.2	Saran	142
DAFTAR PUSTAKA.....		143
LAMPIRAN		147

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1	<i>Bpm</i> normal berdasarkan usia	25
Tabel II. 2	Spesifikasi Teknis Wemos D1 Mini.....	29
Tabel II. 3	Spesifikasi teknis Sensor MAX30102	30
Tabel II. 4	Spesifikasi teknis TP4056	31
Tabel II. 5	Spesifikasi teknis module GPS BN-220	32
Tabel II. 6	Spesifikasi teknis Arducam fisheye low light USB Camera ...	33
Tabel II. 7	Spesifikasi teknis <i>Raspberry Pi 4B</i>	38
Tabel II. 8	Penelitian Relevan terdahulu	42
Tabel III. 1	Jadwal Penelitian	46
Tabel III. 2	Komponen Pendukung <i>Software</i>	52
Tabel III. 3	Komponen Pendukung <i>Hardware</i>	53
Tabel III. 4	Sintak Penulisan Program Arduino	59
Tabel III. 5	Pengambilan Sampel Penelitian.....	70
Tabel III. 6	Form Uji Perbandingan Sensor MAX30102 dengan <i>Oxymeter</i>	72
Tabel III. 7	Pengujian kalibrasi GPS.....	75
Tabel III. 8	Pengujian Pengaruh Jarak Terhadap Pendeteksian Kamera .	75
Tabel III. 9	Pengujian Sudut <i>Pitch</i>	76
Tabel III. 10	Pengujian Sudut <i>Roll</i>	76
Tabel III. 11	Pengujian Sudut <i>Yawn</i>	76
Tabel III. 12	Pengujian Intensitas Cahaya.....	77
Tabel III. 13	Pengujian Sistem Deteksi Kantuk Secara Keseluruhan	77
Tabel IV. 1	Tabel Hasil Uji Kalibrasi GPS BN-220.....	128
Tabel IV. 2	Hasil Uji Pengaruh Jarak dalam Pendeteksian	130
Tabel IV. 3	Hasil Uji Sudut <i>Pitch</i>	132
Tabel IV. 4	Hasil Uji Sudut <i>Roll</i>	133
Tabel IV. 5	Hasil Uji Sudut <i>Yawn</i>	134
Tabel IV. 6	Hasil Uji Pengaruh Intensitas Cahaya.....	135
Tabel IV. 7	Hasil Pengujian Alat Secara Keseluruhan.....	137

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1	Koordinat <i>Eye Aspect Ratio</i>	26
Gambar II. 2	Koordinat <i>Mouth Aspect Ratio</i>	27
Gambar II. 3	Wemos D1 mini	29
Gambar II. 4	Sensor MAX30102	30
Gambar II. 5	TP4056	31
Gambar II. 6	GPS BN-220.....	32
Gambar II. 7	<i>speaker</i>	33
Gambar II. 8	Logitech C270 HD Webcam	33
Gambar II. 9	<i>Raspberry pi</i>	34
Gambar II. 10	<i>Raspberry pi A+</i>	35
Gambar II. 11	<i>Raspberry pi B dan B+</i>	36
Gambar II. 12	<i>Raspberry pi 2</i>	36
Gambar II. 13	<i>Raspberry pi 3</i>	37
Gambar II. 14	<i>Raspberry Pi 4B</i>	38
Gambar II. 15	<i>Python</i>	40
Gambar II. 16	<i>Fritzing</i>	40
Gambar II. 17	<i>Arduino</i>	41
Gambar II. 19	Telegram.....	41
Gambar III. 1	Diagram Alir Penelitian	47
Gambar III. 2	Letak Penerapan alat denyut jantung.....	48
Gambar III. 3	Desain 3D Alat denyut jantung.....	49
Gambar III. 4	Desain Tampak Depan	50
Gambar III. 5	Desain Tampak Samping	50
Gambar III. 6	Desain Tampak Atas	50
Gambar III. 7	Desain Tampak Belakang	51
Gambar III. 8	Desain Tampak Bawah	51
Gambar III. 9	Letak peletakan alat pendeteksi kantuk dengan kamera	51
Gambar III. 10	Langkah-langkah proses pengembangan alat	54
Gambar III. 11	<i>Line schematic</i> komponen denyut jantung.....	56
Gambar III. 12	<i>Breadboard circuit</i> komponen denyut jantung.....	57

Gambar III. 13	Tampilan UI Arduino IDE.....	59
Gambar III. 14	<i>Line schematic</i> komponen EAR dan MAR.....	60
Gambar III. 15	<i>Breadboard circuit</i> komponen EAR dan MAR.....	61
Gambar III. 16	Tampilan UI Thony Phyton Sumber : Peneliti.....	63
Gambar III. 17	Diagram Block Sistem Alat Keseluruhan	64
Gambar III. 18	Diagram Alir Sistem Pendeteksi Kantuk dengan Metode <i>Hybrid Measures</i>	65
Gambar III. 19	Langkah-langkah metode <i>Research and Development</i>	67
Gambar IV. 1	Perakitan Komponen.....	78
Gambar IV. 2	Peletakan alat dalam <i>Casing</i>	81
Gambar IV. 3	Hasil Akhir Gelang Denyut Jantung.....	82
Gambar IV. 4	Perakitan Komponen.....	83
Gambar IV. 5	Hasil akhir alat EAR dan MAR.....	85
Gambar IV. 6	<i>Website Arduino</i>	87
Gambar IV. 7	Tahap Awal <i>Instal Arduino</i>	87
Gambar IV. 8	Tampilan UI Arduino IDE.....	88
Gambar IV. 9	<i>Website Python</i>	88
Gambar IV. 10	Tampilan Awal <i>Install Python</i>	89
Gambar IV. 11	Proses <i>Install Python</i>	89
Gambar IV. 12	<i>Instal Python</i> Selesai.....	89
Gambar IV. 13	Pengecekan <i>python</i> pada <i>CMD</i>	90
Gambar IV. 14	Pembuatan Akun Telegram.....	90
Gambar IV. 15	Langkah Membuat Bot Telegram.....	91
Gambar IV. 16	<i>Coding Declair Library</i> Utama.....	92
Gambar IV. 17	<i>Coding</i> Variabel Wi-Fi dan Telegram	93
Gambar IV. 18	<i>Coding</i> Variabel Sensor dan Pengukuran BPM.....	94
Gambar IV. 19	Variabel Pin dan OLED	95
Gambar IV. 20	Fungsi <i>Setup</i> -Inisialisasi Serial dan Pin.....	95
Gambar IV. 21	Fungsi <i>Setup</i> -Inisialisasi Oled.....	96
Gambar IV. 22	Fungsi <i>Setup</i> dan koneksi.....	97
Gambar IV. 23	Fungsi <i>Setup</i> dan Web JSON.....	98
Gambar IV. 24	Fungsi <i>Setup</i> -Inisialisasi Sensor MAX30102	98
Gambar IV. 25	Fungsi <i>Setup</i> -Notifikasi Awal Telegram	99
Gambar IV. 26	Fungsi Loop-Pembacaan IR dan Deteksi Detak	100

Gambar IV. 27	Fungsi Loop-Perhitungan dan Tampilan BPM	101
Gambar IV. 28	Fungsi Loop-Kondisi Tidak Terdeteksi Jari	101
Gambar IV. 29	Fungsi <i>Loop-Debugging</i> ke Serial Monitor.....	102
Gambar IV. 30	<i>Library Python</i> yang Digunakan.....	103
Gambar IV. 31	Codingan Bot Token Telegram	103
Gambar IV. 32	Fungsi Get Heart Rate.....	104
Gambar IV. 33	Fungsi <i>Get Dynamic IP</i>	104
Gambar IV. 34	Fungsi Init Dalam Kelas HeartApp	105
Gambar IV. 35	Fungsi <i>Quit App</i>	106
Gambar IV. 36	Fungsi <i>Draw Wafefrom</i>	106
Gambar IV. 37	Fungsi <i>Update Animation</i> dan <i>Update Heart Rate</i>	107
Gambar IV. 38	Fungsi <i>Play Sound</i> dan <i>Send Telegram</i>	108
Gambar IV. 39	Konfigurasi <i>MediaPipe FaceMesh</i>	110
Gambar IV. 40	Indeks Landmark dan Threeshold.....	111
Gambar IV. 41	Fungsi Bantu Geometri.....	112
Gambar IV. 42	Konfigurasi dan Utilitas Bot Telegram	113
Gambar IV. 43	Pemutaran Suara <i>Non-Blocing</i>	114
Gambar IV. 44	<i>Capture Video</i>	115
Gambar IV. 45	Fungsi Mendapatkan Lokasi dari GPS.....	115
Gambar IV. 46	Fungsi Utilitas UI	116
Gambar IV. 47	<i>Coding</i> Pengiriman Foto dan Pesan Telegram di Thread	117
Gambar IV. 48	<i>Coding</i> Perhitungan EAR dan MAR Serta Visualisasi Landmark Wajah.....	118
Gambar IV. 49	<i>Coding</i> Durasi <i>Close Eyes</i> and <i>Open Mouth</i>	119
Gambar IV. 50	<i>Coding</i> Fungsi <i>Handle Microsleep Detection</i>	120
Gambar IV. 51	<i>Coding</i> Fungsi <i>Handle Yaw Detection</i>	121
Gambar IV. 52	Gambar <i>Coding</i> Peringatan <i>Microsleep</i> dan <i>Yawn</i>	122
Gambar IV. 53	<i>Coding</i> Menampilkan Kondisi Pengemudi pada <i>Frame</i>	123
Gambar IV. 54	<i>Coding</i> Menampilkan Informasi Lokasi Pada <i>Frame</i> ...	124
Gambar IV.55	Fungsi Menampilkan Status Pengiriman dan Menutup Program.....	125
Gambar IV. 56	Grafik Nilai Perbandingan dan Error Pengujian Sensor MAX30102.....	126

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Coding Konfigurasi Sensor MAX30102 untuk Pembacaan Denyut Jantung.....	147
Lampiran 2	Coding Perancangan Antarmuka Pemantauan Detak Jantung Berbasis GUI	152
Lampiran 3	Coding Implementasi Deteksi <i>Microsleep</i> dan <i>Yawn</i> Berbasis Kamera dengan Notifikasi Lokasi Real-Time melalui Telegram	157
Lampiran 4	Pengujian Gelang Denyut Jantung	169
Lampiran 5	Pengujian Kalibrasi GPS BN-220 dengan Pembanding Google Maps	172
Lampiran 6	Pengujian Pengaruh Jarak	172
Lampiran 7	Pengujian Pengaruh Sudut.....	174
Lampiran 8	Pengujian Intensitas Cahaya	177
Lampiran 9	Pengujian secara keseluruhan	178

INTISARI

Kelelahan dan *microsleep* merupakan dua faktor signifikan yang sering menjadi penyebab utama kecelakaan lalu lintas, terutama pada pengemudi yang berkendara dalam durasi panjang tanpa istirahat yang memadai. Berdasarkan data Kementerian Perhubungan, sebesar 61% kecelakaan lalu lintas disebabkan oleh kelalaian pengemudi, dan sekitar 36% di antaranya berkaitan langsung dengan kelelahan. Sementara itu, data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2023 mencatat 148571 kasus kecelakaan di Indonesia. Angka tersebut menunjukkan perlunya sistem peringatan dini yang mampu mendeteksi gejala kelelahan dan *microsleep* secara otomatis dan real time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat pendeteksi kelelahan pengemudi berbasis pendekatan hybrid measures, yaitu menggabungkan pemantauan denyut jantung dan analisis ekspresi wajah, guna mendukung upaya peningkatan keselamatan dalam berkendara.

Sistem yang dikembangkan terdiri atas dua unit utama. Unit pertama adalah Wemos D1 Mini yang terhubung dengan sensor denyut jantung MAX30102 dan layar OLED sebagai indikator status, serta bertugas mengirimkan data BPM ke Raspberry Pi. Unit kedua adalah Raspberry Pi 4 yang berperan sebagai pusat pemrosesan untuk aktivasi kamera saat BPM di bawah 60, analisis visual menggunakan parameter EAR dan MAR, serta pengelolaan data lokasi dari modul GPS Beitian BN-220. Ketika terdeteksi kondisi menguap (*yawn*) atau tertidur sesaat (*microsleep*), sistem akan memberikan peringatan suara melalui speaker dan mengirimkan tangkapan wajah beserta koordinat lokasi ke Telegram secara otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat galat pengukuran BPM sebesar 2,40%, akurasi GPS dengan rata-rata selisih 19 meter, dan mampu mencapture wajah hingga jarak 210 cm dengan toleransi sudut *pitch* 40°, *roll* 60°, dan *yawn* 40°. Sistem juga menunjukkan kinerja yang baik dalam berbagai kondisi pencahayaan dan respons yang sesuai saat diterapkan di lapangan, sehingga dapat menjadi solusi yang efektif dalam mencegah kecelakaan akibat kelelahan pengemudi.

Kata Kunci: Kelelahan pengemudi, *microsleep*, Raspberry Pi, sensor denyut jantung, deteksi wajah.

ABSTRACT

Driver fatigue and microsleep are two major contributing factors in traffic accidents, especially among drivers traveling long distances without adequate rest. According to the Ministry of Transportation, 61% of traffic accidents are caused by driver negligence, with approximately 36% directly related to fatigue. Furthermore, data from Statistics Indonesia (BPS) in 2023 recorded 148,571 traffic accidents. These figures highlight the urgent need for an early warning system capable of detecting signs of fatigue and microsleep automatically and in real time. This study aims to design and develop a driver monitoring system using a hybrid measures approach that combines heart rate monitoring and facial expression analysis to enhance driving safety.

The system consists of two main units. The first unit uses a Wemos D1 Mini microcontroller connected to a MAX30102 heart rate sensor and an OLED display to indicate system status, while transmitting BPM data to a Raspberry Pi. The second unit, Raspberry Pi 4, serves as the central processing module for activating the camera when BPM falls below 60, analyzing visual inputs using EAR (Eye Aspect Ratio) and MAR (Mouth Aspect Ratio), and receiving GPS data from the Beitian BN-220 module. When signs of yawning or microsleep are detected, the system issues audible alerts through a speaker and automatically sends facial snapshots and GPS coordinates to Telegram. Test results indicate a low BPM error rate of 2.40%, GPS accuracy with an average deviation of 19 meters, and reliable facial detection at distances up to 210 cm with pitch, roll, and yawn angle tolerances of 40°, 60°, and 40° respectively. The system also performs well under varying lighting conditions and responds appropriately during field trials, making it a promising solution to help prevent accidents caused by driver fatigue.

Keyword: Driver fatigue, microsleep, Raspberry Pi, heart rate sensor, face detection.