



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI *MICROSLEEP*
PADA PENGENDARA MOBIL BERBASIS ESP32 – S3 CAM
OV5640 DAN SENSOR MAX30102 DENGAN METODE *EYE***

ASPECT RATIO

TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**Muhamad Hasan
2303321005**

**PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM DETEKSI
MICROSLEEP BERBASIS EYE ASPECT RATIO (EAR)
MENGUNAKAN ESP32-S3 CAM OV5640**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Diploma Tiga

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Muhamad Hasan

2303321005

**PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas akhir ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhamad Hasan

NIM : 2303321005

Tanda Tangan : 

Tanggal : 25 Juni 2026



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Muhamad Hasan
NIM : 2303321005
Program Studi : Elektronika Industri
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Alat Pendeteksi *Microsleep*
Pada Pengendara Mobil Berbasis ESP32-S3
CAM OV5640 dan Sensor MAX30102 dengan
Metode *Eye Aspect Ratio*
Sub Judul Tugas Akhir : Perancangan dan Implementasi Sistem Deteksi
Microsleep Berbasis *Eye Aspect Ratio* (EAR)
Menggunakan ESP32 – S3 CAM OV5640

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Selasa, 30 Juni 2026
dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing : Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng.
NIP. 199302232019032027

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Depok, 10 Juli 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T.

NIP. 197803312003122002

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perancangan dan Implementasi Sistem Deteksi *Microsleep* Berbasis *Eye Aspect Ratio* (EAR) Menggunakan ESP32-S3 CAM OV5640” tepat waktu. Penulisan ini dilakukan sebagai salah satu syarat mencapai gelar Diploma Tiga. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT , Tuhan Yang Maha Kuasa yang senantiasa memberikan kemudahan, kesehatan, serta ketenangan hati untuk penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini dalam pikiran yang jernih;
2. Ibu Dr. Murie Dwiyanti, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Bapak Ihsan Auditia Akhinov, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Elektronika Industri;
3. Ibu Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
4. Abi, Umi dan keluarga yang selalu memberikan dukungan baik berupa material maupun moral serta doa-doa yang menyertai;
5. Haykel Rizki Mafaza selaku rekan tugas akhir dan teman-teman EC – A 23 yang telah memberi semangat dan banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
6. Rekan-rekan karyawan serta pimpinan PT Perusahaan Perdagangan Indonesia, khususnya pada Divisi Pengadaan Luar Negeri, yang telah memberikan dukungan, motivasi, serta kesempatan kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa berkenan membalas segala kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu dan semoga laporan Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi para pembacanya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Perancangan dan Implementasi Sistem Deteksi Microsleep Berbasis Eye Aspect Ratio (EAR) Menggunakan ESP32 – S3 CAM OV5640

ABSTRAK

Microsleep merupakan kondisi tertidurnya seseorang dalam waktu singkat yang dapat menurunkan konsentrasi dan meningkatkan risiko kecelakaan lalu lintas, terutama pada pengemudi. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi microsleep berbasis Eye Aspect Ratio (EAR) menggunakan ESP32-S3 CAM OV5640 yang terintegrasi dengan sensor detak jantung MAX30102. Sistem menangkap citra wajah melalui kamera, lalu mengirimkannya ke server untuk proses deteksi wajah, facial landmark detection, dan perhitungan EAR. Hasil deteksi mengaktifkan LED dan buzzer sebagai indikator peringatan bertahap, sedangkan MAX30102 memantau denyut jantung pengguna. Metode EAR menentukan kondisi mata berdasarkan perbandingan jarak vertikal dan horizontal pada area mata dengan threshold 0,25, microsleep dikonfirmasi ketika EAR berada di bawah ambang selama dua frame berturut ($\pm 1,18$ detik), sementara laju perubahan EAR (gradien) digunakan untuk membedakan microsleep sesungguhnya dari kedipan biasa. Pengujian berbasis gradien dilakukan pada dua kelompok pengemudi, yaitu Pria Muda dan Pria Dewasa, dengan total 52 sampel. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 96,15%, dengan rata-rata waktu respons sekitar 590 ms per frame (sekitar 555–630 ms). Sistem mampu mengenali karakter microsleep yang berbeda antar kelompok mendadak dan tajam pada Pria Muda serta bertahap dan lebih panjang pada Pria Dewasa sementara kegagalan hanya muncul pada nilai EAR di zona transisi sekitar ambang 0,25. Sistem terbukti mendeteksi microsleep secara real-time dan memberikan peringatan dini dengan waktu respons kurang dari satu detik.

Kata kunci: Eye Aspect Ratio (EAR), EAR gradient, ESP32-S3 CAM OV5640, facial landmark detection, MAX30102, Microsleep.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Design and Implementation of an Eye Aspect Ratio (EAR)-Based on Microsleep Detection System Using ESP32 – S3 CAM OV5640

ABSTRACT

Microsleep is a condition in which a person briefly falls asleep, which can reduce concentration and increase the risk of traffic accidents, particularly among drivers. This study aims to design and implement a microsleep detection system based on the Eye Aspect Ratio (EAR) using an ESP32-S3 CAM OV5640 integrated with a MAX30102 heart-rate sensor. The system captures facial images through the camera and sends them to a server for face detection, facial landmark detection, and EAR calculation. The detection result activates an LED and a buzzer as a staged warning indicator, while the MAX30102 monitors the user's heart rate. The EAR method determines the eye condition based on the ratio of vertical to horizontal distances in the eye region, using a threshold of 0.25, microsleep is confirmed when the EAR stays below the threshold for two consecutive frames (± 1.18 seconds), while the EAR rate of change (gradient) is used to distinguish genuine microsleep from ordinary blinking. Gradient-based testing was conducted on two driver groups, Young Adult Male and Adult Male, with a total of 52 samples. The results show a success rate of 96,15%, with an average response time of about 590 ms per frame (range 555–630 ms). The system was able to recognize different microsleep characteristics between groups—sudden and sharp in the young adult and gradual and longer in the adult while failures occurred only for EAR values in the transition zone around the 0.25 threshold. The system proved capable of detecting microsleep in real time and providing early warnings with a response time of less than one second.

Keywords: Eye Aspect Ratio (EAR), EAR gradient, ESP32-S3 CAM OV5640, facial landmark detection, MAX30102, Microsleep.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Luaran.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Microsleep	6
2.2 Pengolahan Citra Digital (<i>Digital Image Processing</i>)	7
2.3 Visi Komputer (<i>Computer Vision</i>)	7
2.4 Facial Landmarks	8
2.5 Eye Aspect Ratio (EAR)	9
2.6 ESP32 – S3 CAM OV5640	10
2.7 Python.....	11
2.7.1 OpenCV	12
2.7.2 Mediapipe	13
2.7.3 Flask.....	14
2.8 Hugging Face Spaces	14
2.9 VSCode	16
2.10 Arduino IDE	17
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	19
3.1 Rancangan Alat	19
3.1.1 Deskripsi Alat	19



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1.2 Cara Kerja Alat	20
3.1.3 Spesifikasi Alat	24
3.1.4 Diagram Blok	30
3.1.5 Design Alat	33
3.1.6 Wiring Diagram	36
3.1.7 Perancangan <i>Eye Aspect Ratio</i> (EAR)	38
3.2 Realisasi Alat	40
3.2.1 Integrasi ESP32 – S3 CAM OV5640	40
3.2.2 Implementasi Server Pengolahan Citra	43
3.2.3 Implementasi Deteksi <i>Eye Aspect Ratio</i> (EAR)	46
3.2.4 Implementasi Sistem Peringatan	48
3.2.5 Realisasi Alat	49
BAB IV PEMBAHASAN	51
4.1 Pengujian Server dengan ESP32 – S3	51
4.1.1 Deskripsi Pengujian	51
4.1.2 Prosedur Pengujian	52
4.1.3 Data Hasil Pengujian	53
4.1.4 Analisis Data	54
4.2 Pengujian Deteksi EAR dan <i>Microsleep</i>	55
4.2.1 Deskripsi Pengujian	55
4.2.2 Prosedur Pengujian	56
4.2.3 Data Hasil Pengujian	57
4.2.4 Analisis Data	58
BAB V PENUTUP	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	69
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	71
LAMPIRAN	72



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kondisi Pengendara <i>Microsleep</i>	6
Gambar 2. 2 Ilustrasi <i>Facial Landmarks</i>	8
Gambar 2. 3 Ilustrasi <i>Eye Aspect Ratio</i>	9
Gambar 2. 4 Perhitungan <i>Eye Aspect Ratio</i>	10
Gambar 2. 5 GPIO ESP32 - S3 CAM OV5640	10
Gambar 2. 6 Logo Python.....	11
Gambar 2. 7 Logo Open CV	12
Gambar 2. 8 Logo MediaPipe	13
Gambar 2. 9 Logo Flask.....	14
Gambar 2. 10 Logo Hugging Face Spaces.....	14
Gambar 2. 11 Alur Kerja Hugging.....	15
Gambar 2. 12 Logo VSCode.....	17
Gambar 2. 13 Logo Arduino IDE	17
Gambar 3. 1 Flowchart Sistem Deteksi <i>Microsleep</i>	21
Gambar 3. 2 Flowchart Alur Pengolahan Citra Wajah	23
Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem	31
Gambar 3. 4 Diagram Blok Sub Sistem	32
Gambar 3. 5 Tampak Depan	33
Gambar 3. 6 Tampak Atas	33
Gambar 3. 7 Desain <i>Wristband</i>	35
Gambar 3. 8 Wiring Diagram	36
Gambar 3. 9 Include Library.....	40
Gambar 3. 10 Kode Konfigurasi WiFi.....	41
Gambar 3. 11 Kode Konfigurasi Server.....	41
Gambar 3. 12 Kode Konfigurasi Komponen Output	42
Gambar 3. 13 Kode Konfigurasi Push Button	42
Gambar 3. 14 Kode Konfigurasi Variabel Gender.....	43
Gambar 3. 15 Kode Konfigurasi Logika <i>Microsleep</i>	43
Gambar 3. 16 Import Library	43
Gambar 3. 17 Kode Implementasi Flask.....	44
Gambar 3. 18 Kode Endpoint Utama.....	45
Gambar 3. 19 Kode Menjalankan Flask.....	46
Gambar 3. 20 Kode Landmark Mata	46
Gambar 3. 21 Kode Perhitungan EAR.....	47
Gambar 3. 22 Kode Threshold EAR.....	47
Gambar 3. 23 Kode Status Mata	48
Gambar 3. 24 Kode Response JSON	49
Gambar 3. 25 Bentuk Alat	49
Gambar 4. 1 Pengujian pada Pria Muda	60
Gambar 4. 2 Pengujian pada Pria Dewasa	61
Gambar 4. 3 Grafik Gabungan.....	62
Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Gabungan.....	63

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat	24
Tabel 3. 2 Spesifikasi Software.....	26
Tabel 3. 3 Spesifikasi Hardware	28
Tabel 4. 1 Pengujian Server	53
Tabel 4. 2 Pengujian 1.....	57
Tabel 4. 3 Pengujian 2.....	58
Tabel 4. 4 Table Perbandingan Sampel.....	63





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Pin GPIO ESP32-S3	72
Lampiran 1. 2 Fitur ESP32 - S3	73
Lampiran 1. 3 Perbandingan Camera OV5640 dengan yang lain nya	73
Lampiran 2. 1 Data Logger Hugging Face	74
Lampiran 2. 2 Uji Kalibrasi Sensor	74
Lampiran 2. 3 Troubleshooting Alat	74
Lampiran 2. 4 Tampilan Display Alat	74
Lampiran 2. 5 Tampak Depan Alat	74
Lampiran 2. 6 Tampak Dalam Alat	74
Lampiran 2. 7 Pengujian Alat di Mobil	75
Lampiran 2. 8 Pengambilan Data	75
Lampiran 3. 1 Poster Alat	76
Lampiran 3. 2 SOP Alat	77



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan salah satu kebutuhan penting dalam kehidupan manusia yang berfungsi untuk membantu mobilitas dari satu tempat ke tempat lain. Seiring berkembangnya teknologi, jumlah pengguna kendaraan bermotor terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan mobilitas tersebut memberikan dampak positif terhadap aktivitas masyarakat, namun di sisi lain juga menyebabkan meningkatnya angka kecelakaan lalu lintas. Salah satu faktor utama penyebab kecelakaan adalah kondisi pengemudi yang mengalami kelelahan dan mengantuk saat berkendara (Samosir et al., 2024).

Kondisi mengantuk saat berkendara menjadi masalah serius karena dapat menurunkan tingkat konsentrasi, kewaspadaan, dan kemampuan pengemudi dalam merespon situasi di jalan (Farouqi Faisal & Putra Kharisma, 2019). Dalam kondisi tertentu, pengemudi dapat mengalami *microsleep*, yaitu kondisi ketika seseorang tertidur dalam waktu sangat singkat tanpa disadari. *Microsleep* biasanya berlangsung selama beberapa detik, namun kondisi ini sangat berbahaya karena pengemudi kehilangan fokus dan kendali terhadap kendaraan yang sedang dikendarai. Kondisi tersebut sering menjadi penyebab kecelakaan lalu lintas, terutama pada perjalanan jarak jauh dan perjalanan malam hari.

Berdasarkan data investigasi Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) periode 2021–2025, faktor manusia merupakan penyebab tertinggi kecelakaan lalu lintas, lebih tinggi dibandingkan faktor sarana, prasarana, dan lingkungan. Dominannya faktor manusia menunjukkan bahwa kondisi pengemudi, seperti kelelahan dan rasa kantuk saat berkendara, masih menjadi salah satu penyebab utama terjadinya kecelakaan lalu lintas. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu mendeteksi kondisi kantuk atau *microsleep* secara dini sehingga dapat memberikan peringatan kepada pengemudi sebelum terjadi kecelakaan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Meskipun teknologi pendeteksi *microsleep* telah banyak dikembangkan seiring dengan kemajuan zaman, implementasinya di lapangan masih menghadapi berbagai tantangan. Sebagian besar sistem yang telah dikembangkan masih bergantung pada perangkat komputasi seperti laptop atau komputer dengan kamera eksternal sehingga kurang praktis untuk diterapkan secara langsung pada kendaraan.

Perkembangan teknologi pengolahan citra (*Image Processing*) dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) memungkinkan terciptanya sistem pendeteksi *microsleep* secara otomatis (Adelia Khairunnisa et al., 2025). Salah satu metode yang banyak digunakan dalam penelitian deteksi kantuk adalah metode *Eye Aspect Ratio* (EAR). Metode EAR bekerja dengan menghitung rasio bukaan mata berdasarkan titik landmark pada mata pengguna. Ketika mata mulai menutup akibat kantuk, nilai EAR akan mengalami penurunan sehingga sistem dapat mendeteksi kondisi mengantuk secara . Metode ini dipilih karena memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dan mampu bekerja secara cepat dalam proses pendeteksian (Pada et al., n.d.).

Penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pendeteksi kantuk dengan memanfaatkan webcam dan laptop untuk memproses EAR. Sistem tersebut mampu mendeteksi kondisi mata tertutup ketika nilai EAR berada di bawah ambang batas tertentu. Selain itu, penelitian lain dari U Nggiku & Rabi, n.d. juga menunjukkan bahwa sistem pendeteksi kantuk berbasis pengolahan citra memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi pada berbagai kondisi pencahayaan dan jarak pengguna terhadap kamera

Selain itu, beberapa sistem memerlukan sumber daya komputasi yang tinggi sehingga berdampak pada konsumsi daya, biaya implementasi, dan fleksibilitas penggunaan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem deteksi *microsleep* yang lebih ringkas, efisien, dan mudah diimplementasikan tanpa mengurangi kemampuan deteksi secara *real-time*.

Pada tugas akhir ini dirancang dan diimplementasikan sistem deteksi *microsleep* yang lebih ringkas menggunakan ESP32-S3 CAM OV5640 dan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Mediapipe berbasis *cloud*, sehingga lebih mudah diimplementasikan pada kendaraan serta mendukung pemrosesan *real-time* dengan perangkat *edge* berbiaya rendah. ESP32-S3 CAM OV5640 dipilih karena memiliki ukuran yang ringkas, mendukung kamera beresolusi tinggi, memiliki kemampuan pemrosesan AI sederhana, serta dilengkapi fitur komunikasi nirkabel yang memungkinkan sistem bekerja secara *real-time*. Sistem ini diharapkan mampu mendeteksi kondisi *microsleep* pengemudi dengan baik dan memberikan peringatan berupa alarm ketika pengemudi mulai kehilangan fokus akibat rasa kantuk.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka tugas akhir ini mengambil judul “Perancangan dan Implementasi Sistem Deteksi *Microsleep* Berbasis Eye Aspect Ratio (EAR) Menggunakan ESP32-S3 CAM OV5640” sebagai upaya untuk membantu meningkatkan keselamatan berkendara melalui sistem pendeteksi kantuk yang lebih efektif dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi *microsleep* berbasis Eye Aspect Ratio (EAR) menggunakan ESP32-S3 CAM OV5640 yang mampu bekerja secara *real-time*?
2. Bagaimana menerapkan metode Eye Aspect Ratio (EAR) untuk mendeteksi kondisi mata terbuka dan mata tertutup sebagai indikator *microsleep* pada pengendara mobil?
3. Bagaimana kinerja sistem deteksi *microsleep* yang dirancang berdasarkan parameter akurasi deteksi dan respons sistem dalam memberikan peringatan ketika kondisi *microsleep* terdeteksi?
4. Bagaimana pengaruh kondisi pengujian, seperti pencahayaan dan posisi pengguna terhadap performa sistem deteksi *microsleep* berbasis Eye Aspect Ratio (EAR)?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Batasan Masalah

1. Sistem yang dirancang dalam alat ini difokuskan untuk mendeteksi kondisi *microsleep* pada pengemudi mobil berdasarkan kondisi mata dan tidak mencakup jenis kendaraan lainnya.
2. Deteksi *microsleep* dilakukan menggunakan metode Eye Aspect Ratio (EAR) yang diperoleh dari hasil pengolahan citra wajah menggunakan kamera ESP32-S3 CAM OV5640, tanpa mempertimbangkan parameter visual lainnya seperti posisi kepala, ekspresi wajah, arah pandangan, bentuk mata, maupun frekuensi menguap.
3. Pengujian sistem dilakukan pada kondisi lingkungan dan pencahayaan terang sesuai skenario pengujian yang telah ditetapkan dengan hanya gender pria sebagai acuan objek pengujian, sehingga belum mencakup seluruh kondisi saat berkendara yang mungkin terjadi di lapangan.
4. Sistem hanya memberikan peringatan dini berupa buzzer dan indikator LED ketika terdeteksi indikasi *microsleep*, serta tidak terintegrasi dengan sistem kendali maupun sistem keselamatan kendaraan.

1.4 Tujuan

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi *microsleep* berbasis Eye Aspect Ratio (EAR) menggunakan ESP32-S3 CAM OV5640 yang mampu bekerja secara real-time.
2. Menerapkan metode Eye Aspect Ratio (EAR) untuk mendeteksi kondisi mata terbuka dan mata tertutup sebagai indikator *microsleep* pada pengemudi mobil.
3. Mengevaluasi kinerja sistem deteksi *microsleep* berdasarkan tingkat akurasi deteksi dan respons sistem dalam memberikan peringatan ketika kondisi *microsleep* terdeteksi.
4. Menganalisis pengaruh kondisi pengujian, seperti pencahayaan dan posisi pengguna, terhadap performa sistem deteksi *microsleep* berbasis Eye Aspect Ratio (EAR).



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.5 Luaran

1. Alat pendeteksi *microsleep* berbasis ESP32 - S3 CAM OV5640 yang sudah terintegrasi dengan sensor MAX30102, dan LED indikator, serta dapat bekerja secara real-time mendeteksi mata pengemudi
2. Laporan Tugas Akhir.
3. Draft Artikel Ilmiah/Jurnal.
4. Video Demonstrasi dan Pengujian Alat.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem deteksi *microsleep* berbasis *Eye Aspect Ratio* (EAR) menggunakan ESP32-S3 CAM OV5640, dapat disimpulkan dengan berikut :

1. Sistem deteksi *microsleep* berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan ESP32-S3 CAM OV5640 sebagai perangkat akuisisi citra, server berbasis Flask dan MediaPipe sebagai pengolah citra serta perhitungan *Eye Aspect Ratio* (EAR), dan sensor MAX30102 yang terpasang pada wristband sebagai pembaca nilai detak jantung (BPM) pengguna.
2. Metode *Eye Aspect Ratio* (EAR) dengan nilai *threshold* sebesar 0,25 berhasil digunakan sebagai parameter utama dalam mendeteksi kondisi *microsleep*, di mana nilai $EAR > 0,25$ diklasifikasikan sebagai kondisi normal, sedangkan nilai $EAR \leq 0,25$ diklasifikasikan sebagai kondisi *microsleep*. Sistem juga mampu memberikan respons secara *real-time* melalui LED hijau, LED merah, dan buzzer sesuai dengan hasil klasifikasi.
3. Hasil pengujian menggunakan metode analisis *gradien* dan konfirmasi dua frame berturut menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan kondisi *microsleep* dengan kedipan mata normal, sehingga dapat mengurangi terjadinya alarm palsu (*false alarm*) dan meningkatkan keandalan proses deteksi.
4. Berdasarkan pengujian terhadap dua kelompok pengemudi, yaitu Pria Muda dan Pria Dewasa dengan total 52 sampel pada kondisi pencahayaan terang, sistem memperoleh tingkat keberhasilan sebesar 96,15%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali karakteristik *microsleep* yang berbeda pada masing-masing kelompok, sedangkan kegagalan deteksi hanya terjadi pada nilai EAR yang berada di sekitar batas *threshold* sebesar 0,25.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. Sistem masih memiliki keterbatasan pada proses komunikasi antara ESP32-S3 CAM dan server karena setiap citra harus dikirim terlebih dahulu untuk dilakukan proses *facial landmark detection* dan perhitungan EAR sebelum hasil dikirim kembali ke perangkat. Proses tersebut menimbulkan delay (*latency*) yang dipengaruhi oleh kualitas koneksi internet, kestabilan jaringan WiFi, dan waktu pemrosesan server. Meskipun demikian, secara keseluruhan sistem tetap mampu menjalankan fungsi deteksi *microsleep* dan memberikan peringatan kepada pengguna dengan baik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut :

1. Sistem masih perlu dikembangkan agar proses deteksi wajah dan perhitungan *Eye Aspect Ratio* (EAR) tetap optimal pada berbagai kondisi penggunaan, seperti variasi jarak, sudut wajah, serta kondisi pencahayaan terang maupun redup, sehingga dapat meningkatkan keberhasilan deteksi *microsleep*.
2. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan parameter pendeteksian selain *Eye Aspect Ratio* (EAR), seperti frekuensi kedipan mata (*blink rate*), tingkat menguap (*yawning*), kemiringan kepala (*head pose*), maupun parameter fisiologis lainnya, sehingga keputusan deteksi *microsleep* menjadi lebih akurat dan tidak hanya bergantung pada satu parameter.
3. Metode deteksi dapat dikembangkan dengan menerapkan teknik *filtering*, *adaptive threshold*, atau algoritma kecerdasan buatan (*Deep Learning*) untuk meningkatkan akurasi sistem, terutama pada nilai EAR yang berada di sekitar batas *threshold* 0,25 sehingga dapat mengurangi kesalahan deteksi dan *false alarm*.
4. Untuk mengurangi delay (*latency*) komunikasi, proses pengolahan citra disarankan tidak hanya bergantung pada server cloud, tetapi dapat dikembangkan menggunakan konsep *edge computing* atau model AI ringan (*TinyML*) yang dijalankan langsung pada perangkat sehingga waktu respons sistem menjadi lebih cepat dan stabil.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. Pengujian sistem perlu diperluas dengan melibatkan lebih banyak objek pengujian yang memiliki karakteristik berbeda, seperti variasi usia, jenis kelamin, penggunaan kacamata, bentuk mata, serta kondisi lingkungan yang lebih beragam. Dengan demikian, performa sistem dapat dievaluasi secara lebih komprehensif dan hasil penelitian menjadi lebih representatif terhadap kondisi penggunaan sebenarnya.





DAFTAR PUSTAKA

- Adelia Khairunnisa, P., Negeri Jember Rachmadani Anggowo Rizky, P., Negeri Jember Moh Ferdi Ardiansyah, P., Negeri Jember Miftahur Rahman, P., Negeri Jember Herlambang Satria Wijaya, P., Negeri Jember Mochammad Rifki Ulil Albaab, P., Negeri Jember Alamat, P., Mastrip Po Box, J., Summersari, K., & Jember, K. (2025). Sistem Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Ekspresi Wajah Secara Real-Time Menggunakan Deep Learning YOLOv5. *Jurnal Ilmiah Research Student*, 2(1), 594–607. <https://doi.org/10.61722/jirs.v2i1.3917>
- Asvin Mahersatillah Suradi, A., Alam, S., Furqan Rasyid, M., Djafar, I., Dipa Makassar, U., & Perintis Kemerdekaan, J. K. (n.d.). *Sistem Deteksi Kantuk Pengemudi Mobil Berdasarkan Analisis Rasio Mata Menggunakan Computer Vision*.
- Bimantoro, E., Hidayattullah, M. F., & Af'idah, D. I. (2024). LEARNING MANAGEMENT SYSTEM (LMS) PADA KURSUS ONLINE BERBASIS DETEKSI KECURANGAN UJIAN MENGGUNAKAN MODEL MEDIAPIPE FACE MESH. *JIKO (Jurnal Informatika Dan Komputer)*, 8(2), 268. <https://doi.org/10.26798/jiko.v8i2.1167>
- Farouqi Faisal, I., & Putra Kharisma, A. (2019). *Pengembangan Aplikasi Pendeteksi Kantuk Pada Pengendara Kendaraan Bermotor Dengan Menggunakan Sensor Detak Jantung Pada Smartwatch* (Vol. 3, Number 10). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Hanum, M., & Artikel, S. (n.d.). *Implementasi Teknik Embossing pada Pengenalan Plat Kendaraan untuk Identifikasi Otomatis Berbasis OpenCV* INFORMASI ARTIKEL ABSTRACT. <https://doi.org/10.46961/jommit.v8i1>
- Hasyim Nur'azizan, A., Riqza Ardiansyah, A., & Fernandis, R. (n.d.). *Implementasi Deteksi Bahasa Isyarat Tangan Menggunakan OpenCV dan MediaPipe* (Vol. 3).
- Junaidi, S., Devegi, M., & Kurniawan, H. (2023). Pelatihan Pengolahan dan Visualisasi Data Penduduk menggunakan Python. *ADMA : Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat*, 4(1), 151–162. <https://doi.org/10.30812/adma.v4i1.2963>
- Muchtar, H., & Apriadi, R. (n.d.). *Implementasi Pengenalan Wajah Pada Sistem Penguncian Rumah dengan Metode Template Matching Menggunakan Open Source Computer Vision Library (OpenCV)*. 2(1).
- Oleh, D., & Rifaldi, R. (2025). *Pengembangan Fitur Speech Recognition pada Aplikasi Notulensi Menggunakan Whisper AI*.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Pada, M. L., Kendaraan, P., Berbasis, B., Citra, P., Samsinar, R., Isyanto, H., Almanda, D., & Amrullah, F. (n.d.). *Sistem Monitoring Mendeteksi*. 7(1).
- Pothiraj, S., Vadlamani, R., & Reddy, B. P. K. (2021). A non-intrusive method for driver drowsiness detection using facial landmarks. *3C Tecnología_Glosas de Innovación Aplicadas a La Pyme*, 71–85. <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2021.specialissue8.71-85>
- Prayudha, L. D., Uray Ristian, & Hirzen Hasfani. (2026). Driver Drowsiness Bracelet Using Heart Rate Sensor and Arduino Uno. *Media of Computer Science*, 2(2), 113–120. <https://doi.org/10.69616/mcs.v2i2.247>
- Putra Adira, A. B., & Trias Utomo, D. (2026). Perancangan Sistem Deteksi Kondisi Microsleep Berbasis Sensor MPU6050 dan Support Vector Machine. *Akiratech*, 3(1), 36–42. <https://doi.org/10.63935/akiratech.v3i1.287>
- Ridwan, M., Am, A. N., Pribadi, A., Sahfitri, L., Informatika, T., Kampar, P., & Kampar, R. (2024). PROTOTYPE DETEKSI LEVEL KANTUK BERDASARKAN EYE ASPECT RATIO MENGGUNAKAN METODE FACIAL LANDMARK BERBASIS ORANGE Pi. In *Jurnal Jaringan Sistem Informasi Robotik (JSR)* (Vol. 8, Number 1). <http://ojsamik.amikmitragama.ac.id>
- Sabbatini Zürich, M. (n.d.). *Hardening IoT Devices: An Analysis of the ESP32 Microcontroller*. Retrieved <http://www.csg.uzh.ch/>
- Samosir, D. M., Setyaji, A. B., Ramdhani, R., & Sukrawan, Y. (2024). RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN KANTUK PADA PENGENDARA SEPEDA MOTOR BERBASIS FUZZY LOGIC. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 9(1), 84–97. <https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v9i1.311>
- Supiyandi Supiyandi, Icha Miranti Irzan, Risma Hidayati, Rosa Prahasti, & Natria Selina. (2024). Facial Landmarks and Face Detection in Python With OpenCv. *Journal Islamic Global Network for Information Technology and Entrepreneurship*, 2(4), 15–27. <https://doi.org/10.59841/ignite.v2i4.2011>
- U Nggiku, C. K., & Rabi, A. (n.d.). Deteksi Kantuk Pada Pengemudi Mobil Menggunakan Eye Aspect Ratio Dengan Metode Facial Landmark. *Seminar Nasional Fortei Regional*, 7. Retrieved <https://binaryupdates.com/>
- Zidny Ilmadina, H., Apriliani, D., & Wibowo, D. S. (2022). *Deteksi Pengendara Mengantuk dengan Kombinasi Haar Cascade Classifier dan Support Vector Machine*. 7(1).
- Zikri, A. (n.d.). *Jurnal Sains Informatika Terapan (JSIT) RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KANTUK UNTUK KEAMANAN BERKENDARA BERBASIS WEBSITE*.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Muhamad Hasan

Anak ke 2 dari 3 bersaudara, lahir di Jakarta, 03 Desember 2004. Lulus dari SDN Pulogadung 01 tahun 2017, SMPN 232 Jakarta Timur tahun 2020, dan SMKN 39 Jakarta Pusat pada tahun 2023. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Elektronika Industri pada tahun 2023. Penulis menyelesaikan studi di Politeknik Negeri Jakarta dengan Tugas Akhir yang berjudul “*Perancangan dan Implementasi Sistem Deteksi Microsleep Berbasis Eye Aspect Ratio (EAR) Menggunakan ESP32 – S3 CAM OV5640*”.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



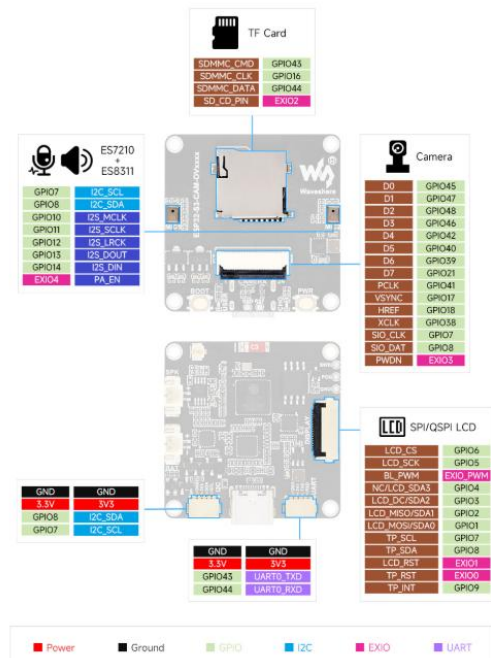
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

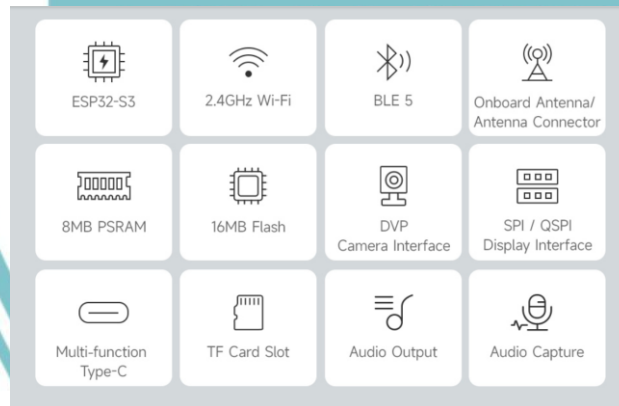
LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesifikasi dan Fitur ESP32- S3 CAM OV5640

Interface Definition



Lampiran 1. 1 Pin GPIO ESP32-S3





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Features #

- Powered by the ESP32-S3R8 high-performance Xtensa 32-bit LX7 dual-core processor, with a main frequency of up to 240 MHz
- Supports 2.4GHz Wi-Fi (802.11 b/g/n) and Bluetooth 5 (LE) with an onboard antenna
- Features 512 KB of internal SRAM and 384 KB of ROM, with 8 MB of stacked PSRAM and an external 16 MB Flash
- Utilizes a Type-C interface, improving user convenience and device compatibility
- Onboard 24PIN DVP camera interface, compatible with multiple camera modules
- Onboard 18PIN screen interface, supporting SPI and QSPI
- Equipped with a dual-microphone array for audio algorithms such as noise reduction and echo cancellation, suitable for accurate speech recognition and near-field/far-field wake-up applications
- Onboard PWR and BOOT side buttons, configurable for custom function development
- Onboard 3.7V GH1.25 lithium battery charge/discharge interface
- Camera Parameter Comparison

Lampiran 1. 2 Fitur ESP32 - S3

Camera Parameter Comparison

MODEL	MAX RESOLUTION	OUTPUT INTERFACE	OUTPUT FORMAT	LENS SIZE	FOCAL LENGTH	APERTURE	FIELD OF VIEW (FOV)
OV5640 CAMERA	2592 × 1944	DVP	RGB565 YUV/YCbCr422	1/4inch	4.1mm	2.8	D: 68° H: 55° V: 42°
OV3660 CAMERA	2048 × 1536	DVP	8/10-bit Raw RGB data JPEG compression YUV/YCbCr422 RGB565	-	3.2mm	2.4	D: 68°
GC2145 CAMERA	1616 × 1232	DVP	RGB565 YCbCr422 8bit Raw RGB data	1/5inch	2.38mm	2.4	D: 68° H: 60° V: 46.8°
GC0308 CAMERA	648 × 488	DVP	Grayscale YCbCr422 RGB565	1/6.5inch	2.5mm	2.4	D: 58° H: 46° V: 35°

Lampiran 1. 3 Perbandingan Camera OV5640 dengan yang lain nya

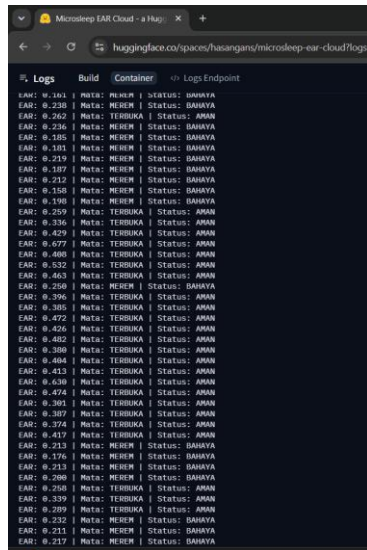
Lampiran 2. Foto dan Pengujian Alat



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

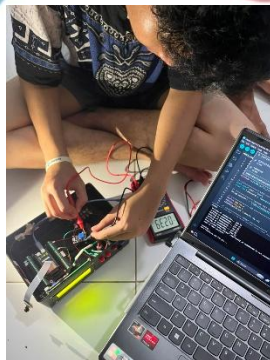
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 2. 1 Data Logger Hugging Face



Lampiran 2. 2 Uji Kalibrasi Sensor



Lampiran 2. 3 Troubleshooting Alat



Lampiran 2. 4 Tampilan Display Alat



Lampiran 2. 5 Tampak Depan Alat



Lampiran 2. 6 Tampak Dalam Alat



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 2. 7 Pengujian Alat di Mobil



Lampiran 2. 8 Pengambilan Data

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



LATAR BELAKANG

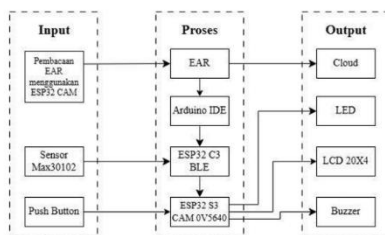
Kecelakaan lalu lintas menjadi permasalahan yang cukup kompleks dan serius di berbagai negara, termasuk di Indonesia. Mengacu pada data Badan Pusat Statistik (BPS), selama periode tahun 2024 tercatat lebih dari 150.000 kasus kecelakaan lalu lintas dengan lebih dari 26.000 korban meninggal dunia. Tingkat kecelakaan tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, dengan faktor terbesar adalah faktor manusia yaitu sebesar 61%, faktor kendaraan 3%, dan faktor lingkungan 30%. Faktor manusia yang dominan yaitu karena kelelahan dan mengantuk dalam perjalanan. Berkendara mobil dalam kondisi mengantuk dapat menyebabkan pengendara mengalami penurunan kewaspadaan hingga tertidur secara singkat tanpa disadari (*microsleep*), sehingga kehilangan kontrol kendaraannya.

Microsleep merupakan kondisi tertidurnya seseorang dalam waktu singkat yang dapat menyebabkan penurunan konsentrasi dan meningkatkan risiko kecelakaan lalu lintas, terutama pada pengemudi. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi microsleep berbasis Eye Aspect Ratio (EAR) menggunakan ESP32-S3 CAM OV5640 yang terintegrasi dengan sensor detak jantung MAX30102.

TUJUAN PENELITIAN

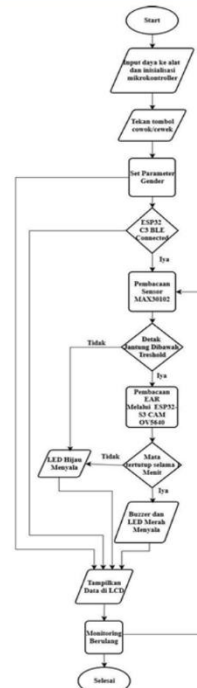
- Merancang dan membangun sistem pendeteksi microsleep berbasis ESP32-S3 CAM OV5640 dengan memanfaatkan sensor MAX30102 dan kamera sebagai pendeteksi kondisi pengemudi.
- Menentukan dan mengimplementasikan batas detak jantung berdasarkan jenis kelamin sebagai parameter awal indikasi microsleep.
- Menerapkan metode Eye Aspect Ratio (EAR) berbasis cloud untuk mendeteksi microsleep melalui kondisi mata serta mengaktifkan buzzer dan LED sebagai sistem peringatan.
- Menganalisis kinerja dan akurasi sistem deteksi microsleep berdasarkan kombinasi parameter detak jantung dan kondisi mata.

DIAGRAM BLOK ALAT



Pada bagian input, sistem menerima data dari ESP32-S3 CAM OV5640 untuk memperoleh nilai Eye Aspect Ratio (EAR), sensor MAX30102 untuk membaca detak jantung dan saturasi oksigen, serta push button untuk memilih gender pengemudi. Data tersebut diproses oleh ESP32-S3 CAM OV5640 sebagai pengendali utama, sedangkan ESP32-C3 BLE berfungsi sebagai media komunikasi nirkabel antarperangkat. Pada bagian output, hasil pemrosesan ditampilkan melalui LCD 20x4, LED sebagai indikator visual, dan buzzer sebagai alarm ketika terdeteksi kondisi microsleep. Selain itu, data juga dikirim ke cloud untuk keperluan penyimpanan dan pemantauan jarak jauh.

ALUR KERJA SISTEM



SPESIFIKASI ALAT

Dimensi dan Berat

Dimensi Box Utama	± 22 cm × 15 cm × 9 cm
Dimensi Modul Sensor	± 2,5 cm × 2 cm
Berat Keseluruhan Alat	± 250 gram
Jenis Catu Daya	Baterai Li-ion Rechargeable

PENYUSUN :

Haykel Rizki Mafaza - 2303321075
Muhamad Hasan - 2303321005

PEMBIMBING :

Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng.

Lampiran 3. 1 Poster Alat



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KOMPONEN YANG DIGUNAKAN

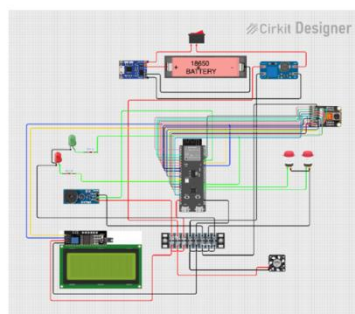
- ESP32 - S3 CAM OV5640
- ESP32 - C3 Mini BLE
- Sensor MAX30102
- Push Button
- LCD 20 x 4
- LED Merah & Hijau
- Buzzer
- Baterai Li-ion Rechargeable



DESAIN ALAT



WIRING DIAGRAM



PENGOPERASIAN ALAT

- Pastikan alat, server, dan jaringan WiFi dalam kondisi aktif serta seluruh komponen telah terhubung dengan baik.
- Nyalakan alat, kemudian tunggu hingga proses inisialisasi dan koneksi ke server selesai.
- Pilih jenis kelamin pengguna menggunakan push button yang tersedia.
- Kenakan wristband pada pergelangan tangan hingga sensor MAX30102 menempel dengan baik pada kulit.
- Posisikan wajah di depan kamera ESP32-S3 CAM OV5640 dengan jarak yang telah ditentukan.
- Pastikan wajah terdeteksi dan informasi sistem ditampilkan pada LCD.
- Gunakan alat dalam kondisi mata terbuka sebagai kondisi normal.
- Amati respons sistem melalui tampilan LCD, LED indikator, dan buzzer.



FITUR ALAT

- Sistem mampu mendeteksi kondisi *microsleep* pada pengemudi mobil secara *real-time* menggunakan metode *Eye Aspect Ratio* (EAR) melalui kamera OV5640.
- Sensor MAX30102 digunakan untuk membaca denyut jantung (BPM) dan kadar oksigen dalam darah (SpO₂) sebagai parameter pendukung deteksi kelelahan pengemudi.
- Menggunakan ESP32-S3 CAM sebagai mikrokontroler utama untuk memproses data sensor dan citra wajah secara *real-time*.
- LED hijau digunakan sebagai indikator kondisi normal, sedangkan LED merah dan buzzer aktif ketika sistem mendeteksi kondisi kantuk atau *microsleep*.
- LCD digunakan untuk menampilkan informasi nilai BPM, status kondisi mata, dan status sistem monitoring secara langsung (*real-time*).

PENYUSUN :

Haykel Rizki Mafaza - 2303321075
Muhamad Hasan - 2303321005

PEMBIMBING :

Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng.

Lampiran 3. 2 SOP Alat



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4. Source Code Serverapp.py

```

from flask import Flask, request, jsonify
import cv2
import numpy as np
import mediapipe as mp
import math
import os

app = Flask(__name__)

mp_face_mesh = mp.solutions.face_mesh

face_mesh = mp_face_mesh.FaceMesh(
    max_num_faces=1,
    refine_landmarks=True,
    min_detection_confidence=0.5,
    min_tracking_confidence=0.5
)

LEFT_EYE = [33, 160, 158, 133, 153, 144]
RIGHT_EYE = [362, 385, 387, 263, 373, 380]

EAR_THRESHOLD = 0.25

def jarak(p1, p2):
    return math.sqrt(
        (p1[0] - p2[0])**2 +
        (p1[1] - p2[1])**2
    )

def hitung_ear(points):
    p1, p2, p3, p4, p5, p6 = points

    vertikal_1 = jarak(p2, p6)
    vertikal_2 = jarak(p3, p5)
    horizontal = jarak(p1, p4)

    if horizontal == 0:
        return 0

    return (vertikal_1 + vertikal_2) / (2.0 * horizontal)

@app.route("/", methods=["GET"])
def home():

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

return "Server EAR Hugging Face aktif"

@app.route("/detect", methods=["POST"])
def detect():
    if "image" not in request.files:
        return jsonify({
            "status": "ERROR",
            "ear": 0,
            "mata": "NO_IMAGE",
            "bahaya": False
        })

    image_bytes = request.files["image"].read()
    np_array = np.frombuffer(image_bytes, np.uint8)
    frame = cv2.imdecode(np_array, cv2.IMREAD_COLOR)

    if frame is None:
        return jsonify({
            "status": "ERROR",
            "ear": 0,
            "mata": "IMAGE_ERROR",
            "bahaya": False
        })

    tinggi, lebar, _ = frame.shape
    rgb = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
    result = face_mesh.process(rgb)

    if not result.multi_face_landmarks:
        return jsonify({
            "status": "WAJAH TIDAK ADA",
            "ear": 0,
            "mata": "UNKNOWN",
            "bahaya": False
        })

    landmarks = result.multi_face_landmarks[0]

    titik_mata_kiri = []
    titik_mata_kanan = []

    for idx in LEFT_EYE:
        lm = landmarks.landmark[idx]
        titik_mata_kiri.append((int(lm.x * lebar), int(lm.y * tinggi)))

    for idx in RIGHT_EYE:

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

lm = landmarks.landmark[idx]
titik_mata_kanan.append((int(lm.x * lebar), int(lm.y * tinggi)))

ear_kiri = hitung_ear(titik_mata_kiri)
ear_kanan = hitung_ear(titik_mata_kanan)
ear = (ear_kiri + ear_kanan) / 2.0

if ear < EAR_THRESHOLD:
    mata = "MEREM"
    status = "BAHAYA"
    bahaya = True
else:
    mata = "TERBUKA"
    status = "AMAN"
    bahaya = False

print(f"EAR: {ear:.3f} | Mata: {mata} | Status: {status}", flush=True)

return jsonify({
    "status": status,
    "ear": round(ear, 3),
    "mata": mata,
    "bahaya": bahaya
})

if __name__ == "__main__":
    port = int(os.environ.get("PORT", 7860))
    app.run(host="0.0.0.0", port=port)

```

Lampiran 5. Dockerfile

```

FROM python:3.11-slim

ENV PYTHONUNBUFFERED=1
ENV PORT=7860

WORKDIR /app

RUN apt-get update && apt-get install -y \
    libgl1 \
    libgl2.0-0 \
    libxcb1 \
    libx11-6 \
    libxext6 \
    libsm6 \
    libxrender1 \

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
ffmpeg \
&& rm -rf /var/lib/apt/lists/*
```

COPY requirements.txt .

```
RUN pip install --no-cache-dir --upgrade pip
RUN pip install --no-cache-dir -r requirements.txt
```

COPY app.py .

EXPOSE 7860

```
CMD ["unicorn", "app:app", "--bind", "0.0.0.0:7860", "--workers", "1", "--threads", "1", "--timeout", "180"]
```

Lampiran 6. Requirements.txt dan README.md

```
flask==3.0.3
opencv-python-headless==4.9.0.80
mediapipe==0.10.14
numpy==1.26.4
gunicorn==22.0.0
```

title: Microsleep EAR Cloud

emoji: 🕶️

colorFrom: blue

colorTo: green

sdk: docker

app_port: 7860

Lampiran 7. Source Code Keseluruhan Alat

```
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <ArduinoJson.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "esp_task_wdt.h"
#include <esp_now.h>
```

```
const char* ssid    = "San";
const char* password = "hasanganteng";
```

```
const String serverUrl = "https://hasangans-microsleep-ear-cloud.hf.space/detect";
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
#define SDA_PIN 40
#define SCL_PIN 41
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

#define LED_HIJAU 45
#define LED_MERAH 46

#define BUZZER 42
#define BUZZER_ON HIGH
#define BUZZER_OFF LOW

#define BTN_PRIYA 47
#define BTN_WANITA 21

#define PWDN_GPIO_NUM -1
#define RESET_GPIO_NUM -1
#define XCLK_GPIO_NUM 15
#define SIOD_GPIO_NUM 4
#define SIOC_GPIO_NUM 5
#define Y9_GPIO_NUM 16
#define Y8_GPIO_NUM 17
#define Y7_GPIO_NUM 18
#define Y6_GPIO_NUM 12
#define Y5_GPIO_NUM 10
#define Y4_GPIO_NUM 8
#define Y3_GPIO_NUM 9
#define Y2_GPIO_NUM 11
#define VSYNC_GPIO_NUM 6
#define HREF_GPIO_NUM 7
#define PCLK_GPIO_NUM 13

#define THRESHOLD_BPM_PRIYA 76
#define THRESHOLD_BPM_WANITA 81
#define EAR_THRESHOLD 0.25
#define FRAME_MICROSLEEP 2

const unsigned long DURASI_BPM_RENDAH = 3000;

String gender = "BELUM";
bool genderDipilih = false;

unsigned long waktuTekanPria = 0;
unsigned long waktuTekanWanita = 0;
unsigned long waktuAwalBahaya = 0;

bool fase2Active = false;

unsigned long waktuBPMRendahMulai = 0;
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

bool      bpmSedangRendah   = false;

int counterFrameMerem   = 0;
bool microsleepTerdeteksi = false;

unsigned long waktuCekBPMTerakhir   = 0;
unsigned long waktuKirimTerakhir    = 0;
const unsigned long INTERVAL_CEK_BPM = 500;
const unsigned long INTERVAL_KIRIM  = 200;

typedef struct {
    float bpm;
    long ir;
} SensorData;

SensorData incomingData;
float      bpmWrist   = 0;
long      irWrist     = 0;

unsigned long lastBPMReceive = 0;

void OnDataRecv(const uint8_t *mac, const uint8_t *incomingBytes, int len) {
    memcpy(&incomingData, incomingBytes, sizeof(incomingData));
    bpmWrist   = incomingData.bpm;
    irWrist    = incomingData.ir;
    lastBPMReceive = millis();
    Serial.printf("[ESP-NOW] BPM=%.1f | IR=%ld\n", bpmWrist, irWrist);
}

bool wristbandTerhubung() {
    if (lastBPMReceive == 0) return false;
    return (millis() - lastBPMReceive) < 15000;
}

int getThresholdBPM() {
    return (gender == "WANITA") ? THRESHOLD_BPM_WANITA :
    THRESHOLD_BPM_PRIYA;
}

void tampilLCD(String a, String b, String c, String d) {
    while (a.length() < 20) a += " ";
    while (b.length() < 20) b += " ";
    while (c.length() < 20) c += " ";
    while (d.length() < 20) d += " ";
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(a);
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(b);
    lcd.setCursor(0, 2); lcd.print(c);
  
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

lcd.setCursor(0, 3); lcd.print(d);
}

void statusAman() {
  digitalWrite(LED_HIJAU, HIGH);
  digitalWrite(LED_MERAH, LOW);
  digitalWrite(BUZZER, BUZZER_OFF); // HIGH = mati
}

void statusWaspada() {
  digitalWrite(LED_HIJAU, LOW);
  digitalWrite(LED_MERAH, HIGH);
  digitalWrite(BUZZER, BUZZER_OFF); // HIGH = mati
}

void statusBahaya() {
  digitalWrite(LED_HIJAU, LOW);
  digitalWrite(LED_MERAH, HIGH);
  digitalWrite(BUZZER, BUZZER_ON); // LOW = bunyi
}

void outputMati() {
  digitalWrite(LED_HIJAU, LOW);
  digitalWrite(LED_MERAH, LOW);
  digitalWrite(BUZZER, BUZZER_OFF);
}

void inisialisasiPin() {
  // Buzzer PERTAMA dan HIGH (mati) sebelum apapun jalan
  pinMode(BUZZER, OUTPUT);
  digitalWrite(BUZZER, BUZZER_OFF); // HIGH = mati

  pinMode(LED_HIJAU, OUTPUT);
  pinMode(LED_MERAH, OUTPUT);
  digitalWrite(LED_HIJAU, LOW);
  digitalWrite(LED_MERAH, LOW);

  pinMode(BTN_PRIYA, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_WANITA, INPUT_PULLUP);
}

void setupWDT() {
  esp_task_wdt_init(60, false);
  esp_task_wdt_add(NULL);
  Serial.println("[WDT] Timeout 60 detik.");
}

void inisialisasiEspNow() {

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

if (esp_now_init() != ESP_OK) {
    Serial.println("[ESP-NOW] Gagal init!");
} else {
    esp_now_register_recv_cb(OnDataRecv);
    Serial.println("[ESP-NOW] Siap menerima data BPM.");
}
}

void inisialisasiWiFi() {
    Serial.println("[WiFi] Memindai jaringan...");
    tampilLCD("Scanning WiFi...", "", "", "");

    WiFi.mode(WIFI_STA);
    WiFi.setSleep(false);
    WiFi.disconnect(false);
    delay(500);

    inisialisasiEspNow();

    int n = WiFi.scanNetworks();
    bool ssidDitemukan = false;
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        Serial.printf(" [%d] %s | Ch:%d | RSSI:%d\n",
            i + 1, WiFi.SSID(i).c_str(),
            WiFi.channel(i), WiFi.RSSI(i));
        if (WiFi.SSID(i) == String(ssid)) {
            ssidDitemukan = true;
            Serial.printf(" >>> Target '%s' ditemukan!\n", ssid);
        }
    }
    WiFi.scanDelete();

    if (!ssidDitemukan) {
        Serial.printf("[WiFi] SSID '%s' tidak ditemukan!\n", ssid);
        tampilLCD("SSID Tidak Ada!", "Cek nama WiFi",
            "Cek hotspot aktif", "Tetap mencoba...");
        delay(2000);
    }

    Serial.printf("[WiFi] Menghubungkan ke: %s\n", ssid);
    tampilLCD("Connecting WiFi...", String(ssid), "", "");
    WiFi.begin(ssid, password);

    int percobaan = 0;
    wl_status_t statusLama = WL_IDLE_STATUS;

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && percobaan < 120) {
        esp_task_wdt_reset();
    }

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

delay(500);
percobaan++;
Serial.print(".");

wl_status_t statusBaru = WiFi.status();
if (statusBaru != statusLama) {
    Serial.println();
    switch (statusBaru) {
        case WL_NO_SSID_AVAIL: Serial.println("[WiFi] SSID tidak
tersedia"); break;
        case WL_CONNECT_FAILED: Serial.println("[WiFi] Password salah?");
break;
        case WL_DISCONNECTED: Serial.println("[WiFi] Terputus");
break;
        default: break;
    }
    statusLama = statusBaru;
}

if (percobaan % 10 == 0) {
    tampilLCD("Connecting WiFi...", String(ssid),
    "Percobaan: " + String(percobaan) + "/" + 120, "Tunggu...");
}

if (percobaan == 60) {
    Serial.println("\n[WiFi] Retry...");
    WiFi.disconnect();
    delay(1000);
    WiFi.begin(ssid, password);
}
}

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    Serial.println("\n[WiFi] TERHUBUNG!");
    Serial.println("[WiFi] IP : " + WiFi.localIP().toString());
    Serial.println("[WiFi] RSSI : " + String(WiFi.RSSI()) + " dBm");
    Serial.println("[WiFi] MAC : " + WiFi.macAddress());
    tampilLCD("WiFi Terhubung!", WiFi.localIP().toString(),
    "RSSI: " + String(WiFi.RSSI()) + " dBm", "");
    delay(1500);
} else {
    Serial.println("\n[WiFi] GAGAL!");
    tampilLCD("WiFi GAGAL!", "Cek SSID/Password", "Restart...", "");
    delay(5000);
    ESP.restart();
}
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
void setupCamera() {
    Serial.println("[CAM] Menginisialisasi kamera OV5640...");

    camera_config_t config;
    config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
    config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
    config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
    config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
    config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
    config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
    config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
    config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
    config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
    config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
    config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
    config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
    config.pin_sccb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
    config.pin_sccb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
    config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
    config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
    config.xclk_freq_hz = 20000000;
    config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;

    if (psramFound()) {
        config.frame_size = FRAMESIZE_QQVGA;
        config.jpeg_quality = 20;
        config.fb_count = 2;
        Serial.println("[CAM] PSRAM ditemukan, QQVGA.");
    } else {
        config.frame_size = FRAMESIZE_QQVGA;
        config.jpeg_quality = 20;
        config.fb_count = 1;
        Serial.println("[CAM] Tanpa PSRAM, QQVGA.");
    }

    esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
    if (err != ESP_OK) {
        Serial.printf("[CAM] GAGAL! Error: 0x%x\n", err);
        tampilLCD("CAMERA ERROR", "Cek wiring", "", "");
        while (true) delay(1000);
    }

    Serial.println("[CAM] Warmup 5 frame...");
    for (int i = 0; i < 5; i++) {
        camera_fb_t *fb = esp_camera_fb_get();
        if (fb) esp_camera_fb_return(fb);
    }
}
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    delay(100);
  }

  sensor_t *s = esp_camera_sensor_get();
  if (s != NULL) {
    s->set_brightness(s, 1);
    s->set_contrast(s, 0);
    s->set_whitebal(s, 1);
    s->set_exposure_ctrl(s, 1);
    s->set_aec2(s, 1);
    s->set_gainceiling(s, (gainceiling_t)6);
    s->set_lenc(s, 1);
    s->set_hmirror(s, 0);
    s->set_vflip(s, 0);
  }

  Serial.println("[CAM] Kamera siap.");
}

void tampilPilihGender() {
  statusAman();
  tampilLCD(
    "=====",
    " PILIH GENDER: ",
    " BTN1:PRIA BTN2:WNT ",
    " Tekan tombol... "
  );
  Serial.println("[MENU] Menunggu pilihan gender...");
}

void bacaTombolGender() {
  bool tombolPria = (digitalRead(BTN_PRIA) == LOW);
  bool tombolWanita = (digitalRead(BTN_WANITA) == LOW);

  if (tombolPria) {
    if (waktuTekanPria == 0) waktuTekanPria = millis();
    if (millis() - waktuTekanPria >= 500) {
      gender = "PRIA";
      genderDipilih = true;
    }
  } else {
    waktuTekanPria = 0;
  }

  if (tombolWanita) {
    if (waktuTekanWanita == 0) waktuTekanWanita = millis();
    if (millis() - waktuTekanWanita >= 500) {
      gender = "WANITA";
    }
  }
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

genderDipilih = true;
}
} else {
    waktuTekanWanita = 0;
}

if (genderDipilih) {
    counterFrameMerem    = 0;
    microsleepTerdeteksi = false;
    fase2Active          = false;
    bpmSedangRendah      = false;
    waktuBPMRendahMulai  = 0;

    lastBPMReceive = millis();

    Serial.println("[MENU] Gender dipilih: " + gender);
    Serial.printf("[MENU] Threshold BPM : %d\n", getThresholdBPM());

    tampilLCD("Gender Dipilih:", gender,
              "Threshold: " + String(getThresholdBPM()) + " BPM",
              "Mulai monitoring...");
    delay(1500);

    tampilLCD("Gender: " + gender, "Menunggu BPM...",
              "BPM : ---", "Status: AMAN");
    statusAman();
}
}

void cekFase1BPM() {

    Serial.print("[DEBUG] Umur data BPM = ");
    Serial.println(millis() - lastBPMReceive);

    if (!wristbandTerhubung()) {
        fase2Active          = false;
        bpmSedangRendah      = false;
        waktuBPMRendahMulai  = 0;
        counterFrameMerem    = 0;
        microsleepTerdeteksi = false;
        statusAman();
        tampilLCD(
            "Gender: " + gender,
            "Wristband: OFFLINE",
            "BPM : ---",
            "Cek koneksi BPM"
        );
    }

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

Serial.println("[FASE1] Wristband tidak terhubung.");
return;
}

int  threshold = getThresholdBPM();
String bpmStr  = String((int)bpmWrist);

Serial.printf("[FASE1] BPM=%.1f | Threshold=%d\n", bpmWrist, threshold);

if (bpmWrist >= threshold) {

    if (bpmSedangRendah) {
        Serial.println("[FASE1] BPM kembali normal, semua state di-reset.");
    }
    fase2Active      = false;
    bpmSedangRendah  = false;
    waktuBPMRendahMulai = 0;
    counterFrameMerem = 0;
    microsleepTerdeteksi = false;
    statusAman();
    tampilLCD(
        "Gender: " + gender,
        "BPM : " + bpmStr + " (Normal)",
        "Threshold: " + String(threshold),
        "Status: AMAN"
    );
} else {

    if (!bpmSedangRendah) {
        bpmSedangRendah = true;
        waktuBPMRendahMulai = millis();
        Serial.printf("[FASE1] BPM rendah (%.1f < %d), timer dimulai.\n",
            bpmWrist, threshold);
    }

    unsigned long durasiRendah = millis() - waktuBPMRendahMulai;

    if (durasiRendah < DURASI_BPM_RENDAH) {

        int sisaDetik = (int)((DURASI_BPM_RENDAH - durasiRendah) / 1000) +
1;
        fase2Active = false;
        statusAman();
        tampilLCD(
            "Gender: " + gender,
            "BPM : " + bpmStr + " (Rendah)",
            "Verifikasi: " + String(sisaDetik) + "s lagi",

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

"Status: AMAN"
);
Serial.printf("[FASE1] Durasi rendah: %lu ms / %lu ms\n",
              durasiRendah, DURASI_BPM_RENDAH);

} else {

    fase2Active = true;
    if (!microsleepTerdeteksi) statusAman();
    tampilLCD(
        "Gender: " + gender,
        "BPM : " + bpmStr + " (RENDAH!)",
        "Threshold: " + String(threshold),
        "Kamera: AKTIF"
    );
    Serial.println("[FASE1] BPM rendah >= 5 detik, Fase 2 aktif.");
}
}

void prosesFase2EAR(String response) {
    Serial.println("[FASE2] JSON: " + response);

    StaticJsonDocument<512> doc;
    DeserializationError err = deserializeJson(doc, response);

    if (err) {
        Serial.println("[FASE2] Gagal parse: " + String(err.c_str()));
        tampilLCD("JSON ERROR", "Response tak", "terbaca", "");
        return;
    }

    String mata = doc["mata"] | "Unknown";
    float ear = doc["ear"] | 0.0f;
    bool bahaya = doc["bahaya"] | false;
    String bpmStr = String((int)bpmWrist);

    Serial.printf("[FASE2] EAR=%.3f | Mata=%s | Bahaya=%s |
    Frame=%d/%d\n",
                  ear, mata.c_str(), bahaya ? "YA" : "TIDAK",
                  counterFrameMerem, FRAME_MICROSLEEP);

    if (!bahaya) {
        counterFrameMerem = 0;
        microsleepTerdeteksi = false;
        waktuAwalBahaya = 0;
        statusWaspada();
        tampilLCD(

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

"BPM:" + bpmStr + " (RENDAH)",
"EAR : " + String(ear, 3),
"Mata: " + mata,
"EAR: AMAN"
);
} else {

  if (counterFrameMerem == 0)
  {
    waktuAwalBahaya = millis();
  }

  counterFrameMerem++;

  if (counterFrameMerem >= FRAME_MICROSLEEP) {
    microsleepTerdeteksi = true;

    unsigned long delayDeteksi =
      millis() - waktuAwalBahaya;

    Serial.printf(
      "[MICROSLEEP] Delay Deteksi = %lu ms\n",
      delayDeteksi
    );

    statusBahaya();
    Serial.printf("[FASE2] Frame merem: %d/%d\n",
      counterFrameMerem, FRAME_MICROSLEEP);
    tampilLCD(
      "BPM:" + bpmStr + " (RENDAH)",
      "Mata: " + mata,
      "EAR : " + String(ear, 3),
      "Frame: " + String(counterFrameMerem) + "/" +
      String(FRAME_MICROSLEEP)
    );
  }
}

void kirimGambarKeServer() {
  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.println("[HTTP] WiFi putus, reconnect...");
    tampilLCD("WiFi Terputus", "Reconnecting...", "", "");
    WiFi.reconnect();
    delay(3000);
    return;
  }
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

}

camera_fb_t *fb = esp_camera_fb_get();
if (!fb) {
    Serial.println("[CAM] Gagal ambil frame!");
    return;
}

if (fb->len < 1500) {
    Serial.printf("[CAM] Frame kecil (%d bytes), dibuang.\n", fb->len);
    esp_camera_fb_return(fb);

    return;
}

Serial.printf("[HTTP] Frame %d bytes → server...\n", fb->len);
esp_task_wdt_reset();

WiFiClientSecure client;
client.setInsecure();
client.setTimeout(10);

HTTPClient http;
http.setTimeout(10000);

if (!http.begin(client, serverUrl)) {
    Serial.println("[HTTP] Gagal begin!");
    esp_camera_fb_return(fb);
    return;
}

String boundary = "----ESP32Boundary7788";
String bodyStart = "--" + boundary + "\r\n";
bodyStart += "Content-Disposition: form-data; name=\"image\"";
filename="\"face.jpg\""\r\n";
bodyStart += "Content-Type: image/jpeg\r\n\r\n";
String bodyEnd = "\r\n--" + boundary + "--\r\n";

size_t totalLen = bodyStart.length() + fb->len + bodyEnd.length();
uint8_t *postData = (uint8_t*) malloc(totalLen);

if (!postData) {
    Serial.println("[HTTP] malloc gagal!");
    tampilLCD("MEMORY ERROR", "malloc gagal", "", "");
    esp_camera_fb_return(fb);
    http.end();
    return;
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

memcpy(postData,                bodyStart.c_str(), bodyStart.length());
memcpy(postData + bodyStart.length(), fb->buf,      fb->len);
memcpy(postData + bodyStart.length() + fb->len, bodyEnd.c_str(),
bodyEnd.length());

http.addHeader("Content-Type", "multipart/form-data; boundary=" +
boundary);
http.addHeader("Connection", "close");

esp_task_wdt_reset();

unsigned long t1 = millis();
int httpCode    = http.POST(postData, totalLen);
unsigned long t2 = millis();

esp_task_wdt_reset();

Serial.printf("[HTTP] Code: %d | Waktu: %lu ms\n", httpCode, t2 - t1);

if (httpCode == 200) {
  prosesFase2EAR(http.getString());
} else if (httpCode < 0) {
  Serial.printf("[HTTP] Error: %s\n", http.errorToString(httpCode).c_str());
  tampilLCD("TIMEOUT!", "HF Space lambat", "Coba lagi...", "");
} else {
  Serial.printf("[HTTP] Server error: %d\n", httpCode);
  tampilLCD("SERVER ERROR", "HTTP: " + String(httpCode), "", "");
}

free(postData);
esp_camera_fb_return(fb);
http.end();
}

void setup() {
  inisialisasiPin(); // PERTAMA: matikan buzzer

  Serial.begin(115200);
  delay(300);
  Serial.println("\n=====");
  Serial.println(" SISTEM DETEKSI MICROSLEEP - ESP32-S3 ");
  Serial.println(" Fase 1: BPM (ESP-NOW) + Fase 2: EAR  ");
  Serial.println("=====");

  setupWDT();

  Wire.begin(SDA_PIN, SCL_PIN);

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.clear();
tampilLCD(" DETEKSI MICROSLEEP", " Memulai sistem... ", "", "");
delay(800);

inisialisasiWiFi();

tampilLCD("Init Kamera...", "", "", "");
setupCamera();
tampilLCD("Kamera OK!", "", "", "");
delay(800);

tampilPilihGender();
}

void loop() {
  esp_task_wdt_reset();

  if (!genderDipilih) {
    bacaTombolGender();
    delay(100);
    return;
  }

  unsigned long sekarang = millis();

  if (sekarang - waktuCekBPMTerakhir >= INTERVAL_CEK_BPM) {
    waktuCekBPMTerakhir = sekarang;
    cekFase1BPM();
  }

  if (fase2Active) {
    if (sekarang - waktuKirimTerakhir >= INTERVAL_KIRIM) {
      waktuKirimTerakhir = sekarang;
      kirimGambarKeServer();
    }
  }
}

```