

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada Penelitian (Maiza et al., 2022) dengan judul *“Implementasi Low Power Pada Sistem Notifikasi Kantuk Pada Pengemudi Menggunakan Finite-State Machine Berbasis Arduino”* Dikembangkan sebuah sistem deteksi kantuk berdaya rendah untuk membantu mengurangi risiko kecelakaan lalu lintas. Sistem menggunakan sensor Infrared FC-51 yang dipasang pada kaca mata untuk mendeteksi kondisi kelopak mata pengemudi dengan parameter threshold yang dapat dikonfigurasi. Sistem juga menerapkan algoritma finite-state machine (FSM) dengan mode Low Power On yang mengaktifkan sleep mode pada modul SIM800L guna menghemat konsumsi daya. Saat kantuk terdeteksi, sistem mengaktifkan *buzzer* dan mengirimkan pesan SMS berisi koordinat lokasi pengemudi. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik dan konsumsi arus berkurang hingga sekitar 30% pada mode Low Power On.

Pada penelitian (Suraya et al., 2021) dengan judul *“Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kantuk Pada Mobil Berbasis IoT Menggunakan Raspberry Pi Dan Kamera”* Sistem deteksi kantuk ini memanfaatkan pengolahan citra menggunakan metode Haar Cascade untuk mendeteksi kondisi mata pengemudi melalui proses *eye detection* dan *blink detection*. Alat dirancang menggunakan Raspberry Pi, *webcam*, dan *buzzer* sebagai peringatan saat kantuk terdeteksi. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi mata pada jarak 30–55 cm dengan tingkat akurasi sekitar 80%, sehingga berpotensi membantu mengurangi risiko kecelakaan akibat kantuk.

Pada Penelitian (Marshella et al., 2024) dengan judul *“Prototype Alat Pendeteksi Kantuk Menggunakan Sensor Max30102 Dan Kamera Dengan Metode Eye aspect ratio”* Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem telah berfungsi dengan baik. Metode *Eye aspect ratio (EAR)* mampu memberikan akurasi yang baik pada kondisi pencahayaan terang maupun redup. Sistem pendeteksi detak jantung memiliki tingkat kesalahan sebesar 3,33% saat pengguna tidak mengantuk dan

3,55% saat mengantuk. Pengujian keseluruhan juga menunjukkan komunikasi serial antara sistem *EAR* dan detak jantung berjalan dengan baik, dengan aktivasi sistem *EAR* ketika detak jantung berada di bawah 81 bpm. Namun, nilai ambang (*threshold*) kantuk masih memerlukan penelitian lebih lanjut.

Pada penelitian (Nawi et al., 2023) dengan judul “*Alat Pencegah Dini Kecelakaan Pada Kendaraan Bermotor Berbasis Internet Of Things (Studi Kasus Jalur Sitinjau Lauik)*” Sistem deteksi kantuk ini menggunakan sensor MPU6050, *pulse hEARt sensor*, *GPS*, *Arduino Uno*, *Wemos D1 Mini*, *buzzer*, dan *Vibration motor*. Deteksi kantuk dilakukan berdasarkan detak jantung di bawah 70 bpm serta perubahan sudut kepala yang diukur oleh sensor MPU6050. Saat kantuk terdeteksi, sistem mengaktifkan *buzzer* dan *Vibration motor*, serta mengirimkan notifikasi melalui *Telegram* yang berisi kondisi pengemudi, detak jantung, dan lokasi dalam bentuk tautan *Google Maps*. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fungsi sistem bekerja dengan baik. Penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan sistem menggunakan *EEG* dan *webcam* untuk meningkatkan akurasi deteksi kantuk.

Pada penelitian (Nawi et al., 2023) dengan judul “*Beware Alat Pendeteksi Kelelahan Berbasis Kecerdasan Buatan Dengan Metode Pengolahan Citra Untuk Mencegah Kecelakaan Berkendara*” *BEWARE* merupakan sistem deteksi kantuk yang memanfaatkan pengolahan citra berbasis kecerdasan buatan untuk memantau gerakan kelopak mata pengemudi. Sistem ini memiliki konsumsi daya rendah sekitar 18 watt dan mampu beroperasi pada kondisi pencahayaan terang maupun gelap. Ketika kantuk terdeteksi, sistem memberikan peringatan melalui sirine, alarm, lampu darurat otomatis, serta mengirimkan notifikasi *real-time* ke aplikasi ponsel yang berisi informasi pengemudi. Kamera dipasang pada dashboard kendaraan dengan jarak deteksi hingga sekitar 1 meter dari wajah pengemudi.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

JUDUL	NAMA	KOMPONEN	HASIL
Implementasi Low Power Pada Sistem Notifikasi Kantuk Pada Pengemudi Menggunakan Finite-State Machine Berbasis Arduino	Muhammad Irvine Fidellio Maiza, Agung Setia Budi, Dahnial Syauqy (2022)	Arduino UNO, Sensor Infrared FC- 51, Modul GPS U-Blox Neo 6M, Modul GPRS SIM 800L, Piezoelectric <i>Speaker</i> .	Dari seluruh pengujian yang sudah dilakukan pada sistem dengan mikrokontroler Arduino UNO dapat disimpulkan bahwa sistem dapat mendeteksi kantuk pada pengemudi dengan memonitoring posisi kelopak mata serta mengirimkan notifikasi berupa <i>Speaker</i> dan pesan SMS yang berisi koordinat pengemudi. Hal ini dibuktikan dari hasil pengujian keseluruhan sistem dengan nilai keberhasilan sebesar 80%.
Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kantuk Pada Mobil Berbasis <i>IoT</i> Menggunakan Raspberry Pi Dan Kamera	Hoppy Suraya, Ibnu Ziad dan Suroso (2021)	Raspberry Pi, Kamera, <i>Speaker</i> ,	Dengan keakuratan program dalam mendeteksi kantuk, program ini dapat secara signifikan mengurangi kejadian kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh kantuk, dan dengan mengeluarkan peringatan tentang bahaya kantuk, membantu pengemudi untuk tetap terjaga saat mengemudi. Jarak antara kamera dan mata akan mempengaruhi pengambilan gambar. Dengan jarak yang terlalu dekat dan terlalu jauh, program sulit untuk mendeteksi mata, sedangkan pada jarak sekitar 30-55 cm, Program dapat mendeteksi mata dengan tingkat akurasi 80% pada jarak tersebut.

JUDUL	NAMA	KOMPONEN	HASIL
Prototype Alat Pendeteksi Kantuk Menggunakan Sensor Max30102 Dan Kamera Dengan Metode <i>Eye aspect rasio</i>	Sri Nur Marshella, Rahmawati Hasanah, Endang Habinuddin (2024)	Arduino Mega, Nodemcu Esp8266, Sensor Max30102, Keypap, LCD Monitor, Sounder	Dalam rangka mencapai tujuan penelitian, penelitian ini telah berhasil membuat prototype sistem pendeteksi kantuk dengan sensor MAX30102 dan kamera dengan metode <i>EAR</i> . Akurasi yang didapatkan dalam penelitian ini sesuai dengan parameter yang diharapkan, nilai akurasi sistem pendeteksi kantuk berdasarkan detak jantung dengan pengujian kepada 8 subjek didapatkan akurasi sebesar 96,7% dengan error sebesar 3,3% ketika pengguna tidak mengantuk, dan akurasi sebesar 96,45% dengan error sebesar 3,55% ketika pengguna mengantuk.
Alat Pencegah Dini Kecelakaan Pada Kendaraan Bermotor Berbasis Internet Of Things (Studi Kasus Jalur Sitinjau Lauik)	Nasrul, Firdaus, Uzma Septima, Suci Ramadhani (2023)	Arduino Uno, Pulse HEART Sensor, MPU 6050, GPS, LCD, <i>Speaker Vibration motor, Telegram</i>	Alat ini telah dianalisa dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan setelah dilakukan pengujian pada setiap komponen dan alat secara keseluruhan. Alat ini dapat memberikan peringatan kepada pengemudi saat dalam kondisi kantuk atau kelelahan. Ketika tanda-tanda kantuk terdeteksi, perangkat akan mengirimkan notifikasi melalui aplikasi <i>Telegram</i> yang berisikan pesan singkat mengenai keadaan pengemudi, denyut jantung, dan lokasi dari pengemudi melalui tautan Google Maps. Selanjutnya perangkat juga mengaktifkan <i>Speaker</i> dan <i>Vibration motor</i> untuk membangunkan pengemudi pada saat dalam keadaan

JUDUL	NAMA	KOMPONEN	HASIL
			mengantuk, serta menampilkan kondisi pengemudi pada layar LCD 16x2.
<i>Beware</i> Alat Pendeteksi Kelelahan Berbasis Kecerdasan Buatan Dengan Metode Pengolahan Citra Untuk Mencegah Kecelakaan Berkendara	Ahmad Muammar Habibi, Muhtar Fariqi, dan Rio Anggriawan (2020)	Kamera Mtek Vision, Mini PC Odroid, Modul Relay, Modul <i>GPS</i> NEO6M, Arduino Promini, <i>Speaker</i> , Modul Wifi ESP8266	Kamera pada <i>BEWARE</i> dapat mendeteksi gejala kelelahan melalui kelopak mata pengemudi dengan baik di segala kondisi pencahayaan dengan jarak maksimum 1 meter dan <i>BEWARE</i> juga dilengkapi keamanan bertingkat mulai dari alarm, sirine sekaligus lampu bahaya otomatis (pada mobil), hingga notifikasi peringatan kepada device orang terdekat serta dapat menonaktifkan mesin mobil secara otomatis (bekerja secara perlahan).

2.2 Landasan Teori

Pada landasan teori ini berisikan tentang referensi atau teori pendukung yang berhubungan pada rancangan alat ini. Landasan teori ini akan digunakan sebagai arahan dalam menyelesaikan dan memecahkan masalah yang ada selama pembuatan rancangan ini.

2.2.1 *Raspberry Pi*

Raspberry Pi merupakan sebuah komputer kecil berukuran seukuran kartu kredit yang terjangkau, yang dapat dihubungkan ke monitor komputer atau televisi dan menggunakan keyboard serta mouse biasa. Perangkat ini memberikan kesempatan bagi individu untuk mengeksplorasi komputer dan mempelajari bahasa pemrograman seperti Scratch dan Python. Selain itu, Anda juga dapat memanfaatkannya untuk menjelajah Internet, menonton video berkualitas tinggi, membuat lembar kerja, menggunakan pengolah kata, dan bermain permainan (U Nggiku & Rabi, 2022).



Gambar 2.1 Raspberry pi 4 Model B

Raspberry Pi 4 Model B merupakan komputer papan tunggal (single-board computer) yang menawarkan peningkatan signifikan dibandingkan generasi sebelumnya, baik dari segi kecepatan prosesor, kapasitas memori, kemampuan multimedia, maupun konektivitas. Perangkat ini juga memiliki konsumsi daya yang relatif rendah sehingga cocok digunakan untuk berbagai aplikasi embedded system dan Internet of Things (*IoT*). Salah satu keunggulan utamanya adalah tersedianya pin General Purpose Input/Output (GPIO) yang dapat diprogram untuk berkomunikasi dengan berbagai sensor, aktuator, dan modul eksternal melalui antarmuka serial maupun digital. Raspberry Pi 4 Model B hadir dengan peningkatan

performa yang jauh lebih tinggi. Perangkat ini menggunakan prosesor quad-core 64-bit berperforma tinggi, mendukung tampilan ganda (dual display) melalui dua port micro-HDMI dengan resolusi hingga 4K, serta mampu melakukan decode video perangkat keras hingga 4K pada 60 fps. Raspberry Pi 4 Model B juga tersedia dalam beberapa pilihan kapasitas RAM, dilengkapi konektivitas Wi-Fi dual-band 2,4 GHz dan 5 GHz, Bluetooth 5.0, Gigabit Ethernet, serta dua port USB 3.0 untuk transfer data berkecepatan tinggi. Selain itu, perangkat ini mendukung fitur Power over Ethernet (PoE) melalui modul tambahan PoE HAT. Sertifikasi modular pada Wi-Fi dan Bluetooth memungkinkan Raspberry Pi 4 Model B diintegrasikan ke dalam berbagai produk akhir dengan proses pengujian dan sertifikasi yang lebih sederhana, sehingga dapat mengurangi biaya serta mempercepat waktu pengembangan produk (Pi, 2022).

2.2.2 Webcam

Webcam atau kamera web adalah perangkat berupa kamera digital yang terhubung ke komputer atau laptop. Seperti halnya kamera pada umumnya, *webcam* mampu menampilkan gambar secara langsung (real-time) dari lokasi tertentu dan membagikannya ke seluruh dunia melalui koneksi internet. Sementara itu, web merupakan sistem layanan informasi berbasis grafis di internet yang memungkinkan pengguna untuk selalu terhubung dan mengakses informasi selama 24 jam (Ndoru et al., 2023).



Gambar 2.2 Webcam

Pada awalnya, webcam banyak dimanfaatkan untuk mengakses gambar melalui *World Wide Web* (WWW), namun saat ini penggunaannya telah berkembang untuk berbagai aplikasi, seperti konferensi video, pembelajaran daring,

komunikasi melalui aplikasi *instant messaging*, hingga sistem pemantauan berbasis komputer.

Webcam umumnya dihubungkan ke komputer atau laptop melalui antarmuka USB, meskipun terdapat pula webcam yang menggunakan koneksi nirkabel maupun jaringan komputer. Perangkat ini bekerja dengan menangkap cahaya menggunakan sensor gambar (*image sensor*), kemudian mengubahnya menjadi data digital yang tersusun atas kumpulan piksel (*pixel*). Data tersebut selanjutnya diproses oleh komputer sehingga menghasilkan citra atau video yang dapat ditampilkan maupun dianalisis oleh berbagai aplikasi pengolahan citra (Ilmiah & Pendidikan, 2022).

2.2.3 *Speaker USB*

Speaker merupakan sebuah perangkat keras output yang fungsinya untuk mengeluarkan hasil dari proses audio maupun suara. *Speaker* juga bisa disebut sebagai alat bantu untuk mengeluarkan suara yang lebih maksimal pada perangkat musik maupun lainnya. *Speaker* mempunyai fungsi sebagai alat yang mengubah gelombang listrik, dari perangkat penguat suara hingga menjadi gelombang getaran yang akan mengeluarkan suara itu sendiri (Dendy Kurniawan, 2018).



Gambar 2.3 *Speaker USB*

Speaker USB merupakan perangkat keluaran (output device) yang berfungsi untuk menghasilkan suara dari sinyal audio yang dikirimkan oleh komputer, laptop, maupun perangkat seperti Raspberry Pi. Speaker ini banyak digunakan sebagai media keluaran suara pada berbagai aplikasi, mulai dari pemutaran musik, suara peringatan (*warning*), hingga notifikasi sistem. Kelebihan speaker USB adalah proses pemasangannya yang mudah, karena hanya memerlukan koneksi melalui

4port USB sebagai sumber daya maupun antarmuka audio, tergantung pada jenis perangkat yang digunakan (Alwy et al., 2021).

2.2.4 *Vibration motor*

Vibration motor adalah komponen yang menghasilkan getaran untuk memberikan stimulasi fisik, yang diartikan sebagai gerakan bolak-balik dari motor secara utuh atau komponen mekanik motor sebagai reaksi dari gaya yang memengaruhinya, baik itu gaya dalam maupun gaya luar (Roza et al., 2020). Dominasi kasus *Vibration motor* sering kali disebabkan oleh gaya eksitasi yang berasal dari motor itu sendiri. Dalam sistem ini, motor diaktifkan oleh sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) yang dikirimkan dari *mikrokontroler*, sehingga memungkinkan pengaturan intensitas getaran sesuai kebutuhan.



Gambar 2.4 *Vibration motor*

Vibration motor adalah komponen elektromekanis yang dirancang untuk menghasilkan getaran dengan mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Getaran tersebut umumnya dihasilkan oleh putaran massa eksentrik (*eccentric rotating mass* atau ERM) maupun melalui mekanisme resonansi pada *linear resonant actuator* (LRA). Komponen ini banyak diaplikasikan pada berbagai perangkat elektronik, seperti telepon pintar, perangkat *wearable*, sistem keamanan, serta peralatan otomotif untuk memberikan umpan balik sentuhan (*haptic feedback*) atau sinyal peringatan kepada pengguna (Zou dkk., 2024).

2.2.5 *Modul GPS Neo-8M*

GPS merupakan sistem satelit navigasi yang dimana dapat digunakan dalam penentuan posisi. Modul *GPS Neo-8M* merupakan perangkat tambahan yang

berfungsi sebagai penerima *GPS* yang berfungsi untuk menerima dan mendeteksi sinyal dari satelit navigasi, penggunaan dari modul ini dapat melingkupi sistem navigasi, akuisisi data dari perangkat yang bergerak, pelacakan lokasi, dan lain sebagainya. Pin yang dimiliki modul *GPS Neo-8M* berjumlah 4 pin yang diantaranya adalah. Pin *GND* yang berfungsi sebagai ground dari tegangan sumber dari modul *GPS Neo-8M*, Pin *VCC* yang berfungsi sebagai port untuk pemberian tegangan sumber pada modul *GPS Neo-8M*, pin *TX(transmitter)* dan pin *RX(Receiver)* yang digunakan dalam komunikasi Serial (Info, 2023)



Gambar 2.5 Modul *GPS Neo-8M*

Menurut (Zikri et al., 2024) perhitungan jarak antara dua titik koordinat pada sistem koordinat geografis yang dinyatakan dalam derajat desimal (*Decimal Degrees* atau DD) dapat dilakukan menggunakan metode Haversine. Metode ini memanfaatkan nilai garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*) dari dua lokasi di permukaan bumi untuk menentukan jarak terpendek di antara keduanya. Rumus Haversine banyak diterapkan pada sistem navigasi dan penentuan lokasi karena memperhitungkan bentuk bumi yang mendekati bulat, sehingga menghasilkan perhitungan jarak yang lebih akurat dibandingkan metode yang mengabaikan kelengkungan bumi. Persamaan Haversine dinyatakan sebagai berikut.

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) + \cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2 \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right) \quad (2.1)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \quad (2.2)$$

$$d = R \cdot c \quad (2.3)$$

Keterangan :

φ = latitude

λ = longitude

R = radius bumi/ rerata radius = 6371 km

2.2.6 Telegram

Telegram adalah aplikasi layanan pengirim pesan *instan multiplatform* berbasis *cloud* yang bersifat *open source* dan tersedia untuk perangkat *smartphone* seperti *Android*, *iOS*, *Windows Phone*, *Ubuntu Touch*, serta sistem perangkat komputer seperti *Windows*, *OS X*, dan *Linux*. *Telegram* dikembangkan oleh *Telegram Messenger LPP* dengan dukungan dari wirausahawan Rusia, Pavel Durov, dan menyediakan pengamanan pengiriman pesan secara *end-to-end* (Sakti et al., n.d.). Sistem notifikasi menggunakan aplikasi *Telegram* memungkinkan pengiriman pesan secara *real-time*, termasuk informasi bahwa pengemudi terdeteksi mengantuk serta tautan lokasi dari *Google Maps*. Sistem ini dirancang menggunakan API Bot *Telegram*, yang memberikan kemudahan integrasi dengan *mikrokontroler*.

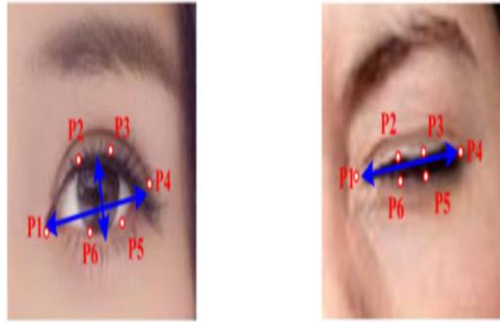


Gambar 2.6 *Telegram*

2.2.7 Eye Aspect Ratio (EAR)

Eye Aspect Ratio (EAR) merupakan parameter yang digunakan dalam bidang visi komputer (*computer vision*) untuk mendeteksi perubahan kondisi mata, seperti kedipan (*blinking*) maupun penutupan mata. Metode ini menjadi salah satu fitur

penting dalam sistem pendeteksi kantuk karena mampu mengidentifikasi tingkat keterbukaan mata melalui analisis citra wajah (Mata et al., n.d.). Nilai EAR diperoleh dari perbandingan antara jarak vertikal dan jarak horizontal pada beberapa titik *landmark* yang mengelilingi mata. Perubahan nilai EAR dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui apakah mata berada dalam kondisi terbuka, berkedip, atau tertutup dalam periode tertentu sehingga dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi tanda-tanda kantuk pada pengemudi.



Gambar 2.7 Metode Eye Aspect Ratio

Gambar 2.7 merupakan posisi perhitungan EAR yang dimana menggunakan enam titik *landmark* yang berada di sekitar mata. Menurut (Sofi et al., 2026) Perhitungan dilakukan dengan membandingkan dua jarak vertikal antara pasangan titik P_2-P_6 dan P_3-P_5 terhadap dua kali jarak horizontal antara titik P_1 dan P_4 . Persamaan EAR dapat dituliskan sebagai berikut:

$$EAR = \frac{||P_2 - P_6|| + ||P_3 - P_5||}{2 \times ||P_1 - P_4||} \quad (2.4)$$

dengan P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 , dan P_6 merupakan titik-titik *landmark* yang mengelilingi area mata. Jarak vertikal antara titik P_2-P_6 dan P_3-P_5 menunjukkan tingkat keterbukaan kelopak mata, sedangkan jarak horizontal antara titik P_1 dan P_4 merepresentasikan lebar mata. Kemudian setelah mengetahui nilai dari titik-titik P dengan koordinat x dan y kedua koordinat tersebut dihitung menggunakan rumus persamaan *euclidean distance*. *Euclidean distance* merupakan rumus untuk mrngukur dua titik dalam satu dimensi (Miftahuddin et al., 2020).

Persamaan *euclidean distance*:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2.5)$$

Dimana :

d = Jarak

x_1 = Koordinat latitude 1

x_2 = Koordinat Latitude 2

y_1 = Koordinat Longitude 1

y_2 = Koordinat Longitude 2