

Rancang Bangun Sistem Deteksi Kantuk dan Kelelahan Pada Pengemudi Dengan Sensor Biometrik

¹ Rizka Yuliana, ² Ghulam Asrofi Buntoro, ³ rhesma Intan Vidyastari
^{1, 2, 3} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah, Ponorogo
Jl. Budi Utomo No 10, Ponorogo 63471, Jawa Timur, Indonesia
rizkayuliana0804@gmail.com, ghulam@umpo.ac.id, rhesma@umpo.ac.id

Abstract

Driver drowsiness and fatigue are among the major factors that reduce driver alertness and increase the risk of traffic accidents. This study aims to design and develop a biometric-based drowsiness and fatigue detection system using a Pulse Heart Rate Sensor to measure heart rate (*Beat Per Minute/BPM*). The system employs an Arduino Uno as the main controller, a 1.3-inch OLED display for real-time information, a vibration motor as a warning actuator, and a TTP223 touch sensor as the operating switch. The research methodology includes literature review, hardware and software design, system implementation, and performance evaluation. Heart rate data acquired from the sensor are processed by the Arduino Uno to determine the driver's condition based on predefined BPM categories. The measurement results are displayed in real time on the OLED screen, while the vibration motor is activated when signs of drowsiness or fatigue are detected. Experimental results demonstrate that the proposed system is capable of monitoring heart rate in real time, classifying the driver's condition according to BPM values, and providing vibration-based warnings when drowsiness or fatigue is identified. The developed system is expected to serve as an alternative driver assistance device to improve driver alertness and reduce the risk of traffic accidents caused by drowsiness and fatigue.

Keywords—Arduino Uno, biometric sensor, driver fatigue, drowsiness detection, Pulse Sensor.

Abstrak

Kantuk dan kelelahan saat berkendara merupakan salah satu penyebab menurunnya tingkat kewaspadaan pengemudi yang dapat meningkatkan risiko kecelakaan lalu lintas. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem deteksi kantuk dan kelelahan berbasis sensor biometrik menggunakan Pulse Heart Rate Sensor untuk mengukur denyut jantung (*Beat Per Minute/BPM*). Sistem dikendalikan oleh Arduino Uno, dilengkapi layar OLED 1,3 inci sebagai media tampilan, vibration motor sebagai peringatan, serta sensor sentuh TTP223 sebagai saklar pengoperasian. Metode penelitian meliputi studi literatur, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi sistem, serta pengujian kinerja alat. Data denyut jantung yang diperoleh dari sensor diproses oleh Arduino Uno untuk menentukan kondisi pengemudi berdasarkan kategori BPM yang telah ditetapkan. Hasil pengukuran ditampilkan secara real-time pada layar OLED, sedangkan vibration motor akan aktif apabila sistem mendeteksi indikasi kantuk atau kelelahan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memantau denyut jantung secara real-time, mengklasifikasikan kondisi pengemudi berdasarkan nilai BPM, serta memberikan peringatan melalui getaran sesuai kondisi yang terdeteksi. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi alternatif perangkat pendukung untuk meningkatkan kewaspadaan pengemudi dan membantu mengurangi risiko kecelakaan akibat kantuk dan kelelahan.

Kata Kunci—Arduino Uno, deteksi kantuk, kelelahan pengemudi, Pulse Sensor, sensor biometrik.

I. PENDAHULUAN

Kecelakaan lalu lintas masih menjadi permasalahan serius yang mengakibatkan korban jiwa maupun kerugian material. Salah satu penyebab utamanya adalah human error, khususnya menurunnya tingkat kewaspadaan pengemudi akibat kantuk dan kelelahan. Berdasarkan hasil investigasi Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), sekitar 80% kecelakaan dipengaruhi oleh faktor manusia, sedangkan kelelahan menjadi salah satu penyebab dominan

yang meningkatkan risiko kecelakaan selama berkendara [1]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa sistem deteksi kantuk berbasis sinyal fisiologis memiliki tingkat keandalan yang tinggi karena mampu mendeteksi perubahan kondisi tubuh sebelum gejala kantuk tampak secara visual. Pemanfaatan sinyal biometrik, seperti denyut jantung dan electrocardiogram (ECG), menjadi salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan untuk meningkatkan akurasi sistem deteksi kantuk pada pengemudi [2].

Kantuk saat mengemudi umumnya dipicu oleh kurangnya waktu istirahat sehingga menurunkan konsentrasi, memperlambat waktu respons, dan dapat menyebabkan *microsleep*. Kondisi tersebut berpotensi menurunkan kemampuan pengemudi dalam mengendalikan kendaraan sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan. Salah satu indikator fisiologis yang dapat digunakan untuk mengenali kondisi tersebut adalah perubahan denyut jantung (*Beat Per Minute* atau BPM), yang cenderung menurun ketika tubuh memasuki kondisi istirahat atau mengantuk [3].

Pengukuran denyut jantung dapat dilakukan menggunakan Pulse Heart Rate Sensor yang bekerja berdasarkan prinsip Photoplethysmography (PPG), yaitu mendeteksi perubahan intensitas cahaya akibat perubahan volume darah pada pembuluh kapiler. Sensor ini umumnya ditempatkan pada ujung jari, daun telinga, atau pergelangan tangan karena memiliki aliran darah yang mudah dideteksi. Data denyut jantung yang diperoleh selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai dasar untuk mengidentifikasi indikasi kantuk dan kelelahan pengemudi [4].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini merancang sistem deteksi kantuk dan kelelahan berbasis Arduino Uno dan Pulse Heart Rate Sensor. Sistem dilengkapi dengan layar OLED untuk menampilkan informasi denyut jantung secara *real-time* serta vibration motor sebagai peringatan ketika terdeteksi indikasi kantuk atau kelelahan. Diharapkan sistem ini dapat membantu meningkatkan kewaspadaan pengemudi dan mengurangi risiko kecelakaan lalu lintas.

II. METODE PENELITIAN

A. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan di RSUD Dr. Harjono Ponorogo untuk memperoleh acuan dalam menentukan parameter denyut jantung yang digunakan pada sistem deteksi kantuk dan kelelahan. Berdasarkan hasil diskusi dengan tenaga medis, diperoleh klasifikasi denyut jantung, yaitu <60 BPM (rendah), 60–100 BPM (normal), dan >100 BPM (tinggi). Rentang nilai tersebut digunakan sebagai dasar logika pemrograman pada Arduino Uno untuk mengolah data yang dibaca oleh Pulse Heart Rate Sensor, sehingga hasil pengukuran dapat diklasifikasikan dan ditampilkan pada layar OLED sesuai kondisi yang terdeteksi. Informasi yang diperoleh dari studi lapangan menjadi acuan dalam penerapan parameter denyut jantung pada sistem yang dikembangkan.

B. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teori yang mendukung penelitian serta mengkaji hasil penelitian terdahulu yang relevan. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan penelitian mengenai sistem deteksi kantuk dan kelelahan pengemudi, sekaligus menjadi acuan dalam perancangan sistem deteksi kantuk dan kelelahan berbasis sensor biometrik yang dikembangkan pada penelitian ini.

1. Penelitian pertama dilakukan oleh Muhammad Aziz D'coen, Firdaus B, dan Ratna Dewi pada tahun 2026 dengan judul *Rancang Bangun Sistem Deteksi Kantuk Pengemudi pada Kendaraan Berbasis Raspberry Pi dengan Alarm dan Notifikasi*. Penelitian tersebut mengembangkan sistem deteksi kantuk menggunakan Raspberry Pi 4 Model B dengan metode Eye Aspect Ratio (EAR) dan Mouth Aspect Ratio (MAR). Sistem mampu mendeteksi kondisi kantuk melalui mata yang terpejam dalam waktu tertentu serta aktivitas menguap. Alarm suara dapat aktif kurang dari 0,5 detik setelah kondisi kantuk terdeteksi, sedangkan notifikasi melalui email dan Telegram berhasil dikirim dengan rata-rata waktu kurang dari 4 detik. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan peringatan dini kepada pengemudi untuk mengurangi risiko kecelakaan akibat kantuk serta berpotensi dikembangkan melalui integrasi penyimpanan data berbasis cloud dan kamera inframerah agar tetap bekerja pada kondisi minim pencahayaan [5].
2. Penelitian kedua dilakukan oleh Riza Samsinar, Haris Isyanto, Deni Almada, dan Fachri Amrullah pada tahun 2024 dengan judul *Sistem Monitoring Mendeteksi Mata Lelah pada Pengemudi Kendaraan Besar Berbasis*

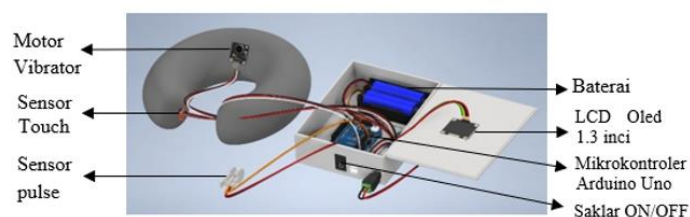
- Pengolahan Citra*. Penelitian tersebut menggunakan metode facial landmark dan Eye Aspect Ratio (EAR) untuk mendeteksi tingkat kelelahan mata pengemudi. Kamera digunakan untuk menangkap citra wajah, kemudian sistem melakukan pendeteksian wajah dan perhitungan nilai EAR. Ketika nilai EAR berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan, sistem akan mengaktifkan speaker sebagai alarm peringatan. Selain itu, penelitian ini juga memanfaatkan sensor PIR dan web service sebagai media pemantauan kondisi pengemudi secara daring [6].
3. Penelitian ketiga dilakukan oleh Nur Adnan Setiadi dan Muhammad Jufari pada tahun 2023 dengan judul *Rancang Bangun Alat Pendeteksi Mengantuk pada Pengendara Mobil*. Penelitian tersebut menghasilkan alat pendeteksi kantuk berbasis Arduino Nano yang memanfaatkan Pulse Sensor sebagai indikator fisiologis denyut jantung. Sistem membaca nilai Beat Per Minute (BPM), kemudian memberikan peringatan melalui buzzer ketika denyut jantung berada di bawah 60 BPM. Apabila kondisi kantuk semakin meningkat, sistem akan mengaktifkan modul kejut sebagai media peringatan tambahan kepada pengemudi [7].
 4. Penelitian keempat dilakukan oleh Ahmad Zikri pada tahun 2025 dengan judul *Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kantuk untuk Keamanan Berkendara Berbasis Website*. Penelitian tersebut memanfaatkan metode Eye Aspect Ratio (EAR) dan Mouth Aspect Ratio (MAR) untuk mendeteksi indikasi kantuk secara real-time melalui citra wajah pengguna. Nilai EAR digunakan untuk mendeteksi kondisi mata tertutup atau setengah tertutup, sedangkan nilai MAR digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas menguap. Kombinasi kedua parameter tersebut terbukti mampu meningkatkan akurasi deteksi dibandingkan apabila hanya menggunakan salah satu parameter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan peringatan dini kepada pengguna ketika terindikasi mengantuk. Selain itu, pemanfaatan teknologi *Computer Vision* memungkinkan sistem bekerja secara praktis hanya dengan menggunakan kamera tanpa memerlukan perangkat tambahan, sehingga berpotensi meningkatkan keselamatan berkendara [8]. Selain metode berbasis pengolahan citra, penelitian terkini juga mengembangkan sistem deteksi kantuk menggunakan sinyal fisiologis, seperti electrocardiogram (ECG) dan electroencephalogram (EEG). Pendekatan tersebut dinilai mampu memberikan hasil yang lebih stabil karena mendeteksi perubahan kondisi fisiologis pengemudi secara langsung, sehingga berpotensi meningkatkan akurasi sistem deteksi kantuk. [9]

C. Perencanaan Alat

Tahap perencanaan alat mencakup gambaran visual dari pembuatan alat yang akan digunakan untuk menyusun perangkat tersebut. Data yang diperoleh dalam tahap ini harus didasarkan pada teori-teori yang relevan. Terdapat empat aspek utama, yaitu perencanaan desain alat, diagram blok, diagram wiring dan *Flowchart* Sistem Deteksi Kantuk dan Kelelahan Pengemudi Berbasis Sensor Biometrik.

1. Perencanaan Desain Alat

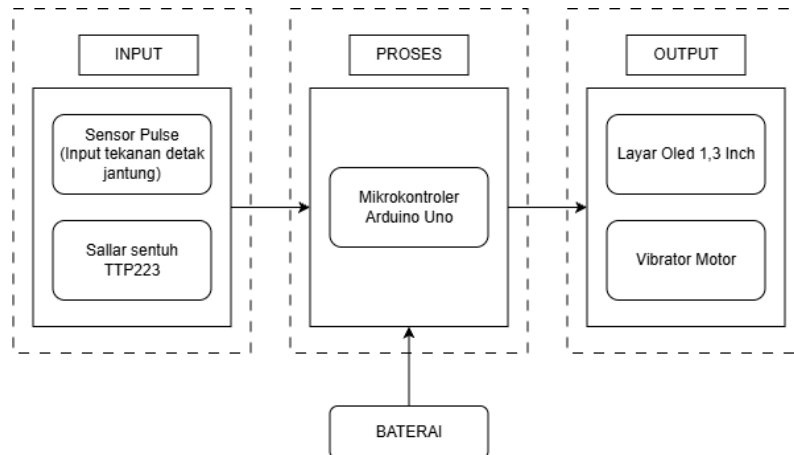
Gambar 1 menunjukkan hasil perancangan fisik sistem deteksi kantuk dan kelelahan yang terdiri atas beberapa komponen utama. Arduino Uno berfungsi sebagai pusat pengendali yang memproses data dari Pulse Heart Rate Sensor untuk memperoleh nilai denyut jantung (*Beat Per Minute/BPM*). Hasil pengukuran ditampilkan pada OLED 1,3 inci sehingga dapat dipantau secara *real-time*. Vibration motor yang dipasang pada bantal leher berperan sebagai aktuator peringatan ketika sistem mendeteksi indikasi kantuk atau kelelahan, sedangkan sensor sentuh digunakan sebagai saklar untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan proses pengukuran. Seluruh rangkaian memperoleh catu daya dari baterai lithium yang dikendalikan melalui saklar ON/OFF, sehingga perangkat dapat dioperasikan secara portabel..



Gambar 1 Perencanaan Desain Alat

2. Diagram Blok Sistem

Diagram blok digunakan untuk menggambarkan hubungan antar komponen dalam sistem serta alur kerja perangkat secara keseluruhan. Sistem yang dirancang terdiri atas tiga blok utama, yaitu blok masukan (*input*), blok proses (*process*), dan blok keluaran (*output*). Masing-masing blok memiliki fungsi yang saling terintegrasi sehingga sistem dapat bekerja sesuai dengan rancangan.



Gambar 2 Diagram Blok Sistem

Berdasarkan gambar 2 diagram blok system dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Blok Input

1. Sensor Pulse Heart Rate

Pulse Heart Rate Sensor berfungsi sebagai sensor utama untuk mengukur denyut jantung pengemudi dalam satuan Beat Per Minute (BPM). Sensor bekerja berdasarkan prinsip *Photoplethysmography* (PPG), yaitu mendeteksi perubahan volume darah melalui pantulan cahaya inframerah pada ujung jari. Data analog yang dihasilkan sensor dikirimkan ke Arduino Uno untuk diproses menjadi nilai BPM yang selanjutnya digunakan sebagai parameter dalam menentukan kondisi pengemudi.

2. Saklar Sentuh Capacitive Touch Sensor TTP223

Sensor sentuh kapasitif TTP223 digunakan sebagai saklar untuk mengaktifkan dan menonaktifkan proses pengukuran. Ketika permukaan sensor disentuh, modul akan mengirimkan sinyal digital ke Arduino Uno sebagai perintah untuk memulai atau menghentikan proses pembacaan denyut jantung. Penggunaan sensor sentuh memberikan kemudahan pengoperasian tanpa memerlukan tombol mekanis.

b. Blok Proses

1. Arduino Uno

Arduino Uno berfungsi sebagai pusat pengendali sekaligus pengolah data pada sistem. Mikrokontroler menerima data denyut jantung dari Pulse Heart Rate Sensor, kemudian menghitung nilai Beat Per Minute (BPM) dan membandingkannya dengan batas kategori denyut jantung yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil tersebut, Arduino Uno menampilkan informasi kondisi pengguna pada layar OLED dan mengaktifkan vibration motor apabila terdeteksi indikasi kantuk atau kelelahan.

c. Blok Output

1. Layar Oled 1,3 inci

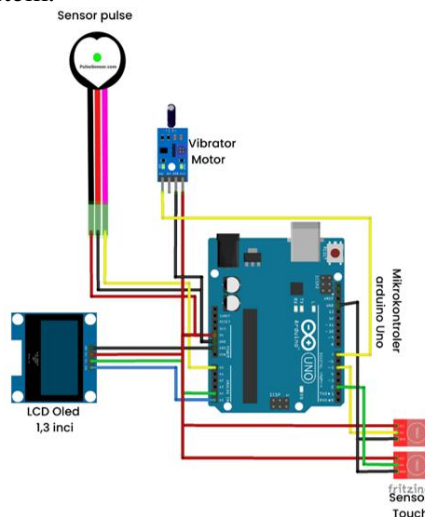
Layar OLED 1,3 inci digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan denyut jantung dalam satuan Beat Per Minute (BPM) beserta informasi kondisi pengguna secara real-time. Tampilan ini memudahkan pengguna dalam memantau hasil pengukuran yang dilakukan oleh sistem.

2. Motor Getar

Vibration motor berfungsi sebagai aktuator peringatan ketika sistem mendeteksi kondisi pengemudi yang mengindikasikan kantuk atau kelelahan. Getaran yang dihasilkan diharapkan mampu memberikan rangsangan sehingga membantu meningkatkan kewaspadaan pengemudi selama berkendara.

3. Diagram Wiring

Diagram wiring digunakan untuk menunjukkan hubungan antar komponen elektronik melalui jalur pengkabelan sehingga memudahkan proses perakitan perangkat. Diagram ini menggambarkan koneksi setiap komponen terhadap Arduino Uno sebagai pusat pengendali sistem.



Gambar 3 Diagram Wiring

Pada gambar 3 penjelasan diagram wiring sebagai berikut :

1. Arduino Uno

Arduino Uno berfungsi sebagai pusat pengendali sistem yang menerima data dari Pulse Heart Rate Sensor dan sensor sentuh TTP223, kemudian mengolah informasi tersebut untuk menentukan kondisi pengemudi. Selain itu, Arduino Uno mengendalikan tampilan pada OLED 1,3 inci serta mengaktifkan vibration motor ketika kondisi kantuk atau kelelahan terdeteksi.

2. Pulse Heart Rate Sensor

Pulse Heart Rate Sensor digunakan untuk mengukur denyut jantung pengguna. Sensor dihubungkan ke pin catu daya (5 V dan GND) pada Arduino Uno, sedangkan pin sinyal dihubungkan ke salah satu pin analog untuk mengirimkan data denyut jantung yang selanjutnya diproses menjadi nilai Beat Per Minute (BPM).

3. OLED 1,3 Inci

Layar OLED berfungsi sebagai media untuk menampilkan nilai BPM dan status kondisi pengguna secara real-time. Modul OLED menggunakan komunikasi I²C, sehingga hanya memerlukan empat jalur koneksi, yaitu VCC, GND, SDA, dan SCL yang terhubung ke Arduino Uno.

4. Vibration Motor

Vibration motor berfungsi sebagai aktuator peringatan ketika sistem mendeteksi indikasi kantuk atau kelelahan. Modul dihubungkan ke pin 5 V, GND, dan salah satu pin digital Arduino Uno sebagai pin kendali untuk mengaktifkan atau menonaktifkan getaran sesuai hasil pemrosesan sistem.

5. Sensor Sentuh TTP223

Sensor sentuh TTP223 digunakan sebagai saklar untuk mengaktifkan dan menghentikan proses pengukuran. Kedua sensor dihubungkan ke 5 V, GND, dan masing-masing ke pin digital Arduino Uno sehingga setiap sentuhan dapat dikenali sebagai masukan bagi sistem.

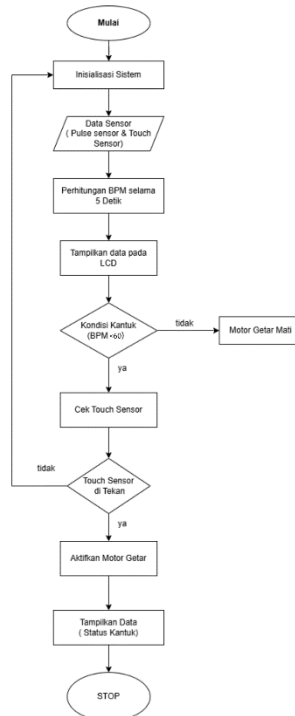
6. Catu Daya

Seluruh rangkaian memperoleh sumber tegangan dari baterai lithium yang terhubung ke Arduino Uno melalui

saklar ON/OFF. Arduino Uno kemudian mendistribusikan catu daya ke setiap komponen sehingga sistem dapat beroperasi secara portabel.

4. Flowchart Sistem Rancang Bangun Sistem Deteksi Kantuk dan Kelelahan Pengemudi Berbasis Sensor Biometrik

Perencanaan perangkat lunak dilakukan dengan menyusun alur kerja sistem dalam bentuk flowchart. Flowchart menggambarkan urutan proses mulai dari inisialisasi komponen, pembacaan data Pulse Heart Rate Sensor, pengolahan nilai Beat Per Minute (BPM), penentuan kondisi pengguna berdasarkan kategori BPM, hingga aktivasi vibration motor sebagai media peringatan apabila terdeteksi indikasi kantuk atau kelelahan.

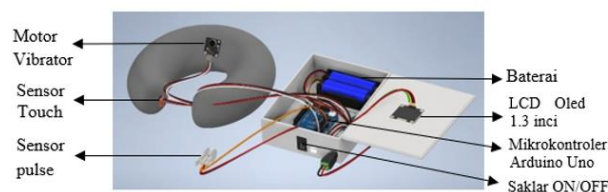


Gambar 4 Flowchart Sistem

Flowchart sistem diawali dengan proses inisialisasi seluruh komponen, kemudian Arduino Uno membaca data dari Pulse Heart Rate Sensor dan sensor sentuh TTP223. Data denyut jantung diproses selama 5 detik untuk memperoleh nilai Beat Per Minute (BPM), selanjutnya hasil pengukuran ditampilkan pada layar OLED. Sistem kemudian membandingkan nilai BPM dengan batas yang telah ditentukan untuk mengidentifikasi kondisi pengemudi. Apabila nilai BPM tidak menunjukkan indikasi kantuk, vibration motor tetap tidak aktif dan sistem kembali melakukan proses pembacaan data. Sebaliknya, jika nilai BPM berada pada kategori kantuk, sistem akan memeriksa status sensor sentuh. Ketika sensor sentuh diaktifkan, vibration motor akan bekerja sebagai peringatan kepada pengemudi, sedangkan informasi mengenai kondisi yang terdeteksi ditampilkan pada layar OLED. Proses ini berlangsung secara berulang sehingga pemantauan denyut jantung dapat dilakukan secara real-time selama sistem beroperasi.

D. Perancangan Alat

1. Proses Perancangan dan Perakitan Casing Alat



Gambar 5 Hasil Desain Alat

Perancangan perangkat keras diawali dengan pembuatan casing sebagai wadah sekaligus pelindung seluruh komponen elektronik agar terhindar dari benturan dan pengaruh lingkungan. Casing dirancang sesuai dengan dimensi Arduino Uno, baterai lithium 18650, layar OLED 1,3 inci, saklar ON/OFF, serta jalur pengkabelan menuju Pulse Heart Rate Sensor, vibration motor, dan sensor sentuh. Seluruh komponen disusun secara terintegrasi untuk memudahkan proses perakitan, pengoperasian, dan perawatan, sedangkan sumber catu daya menggunakan dua baterai lithium 18650 yang mampu mendukung operasional sistem secara portabel.

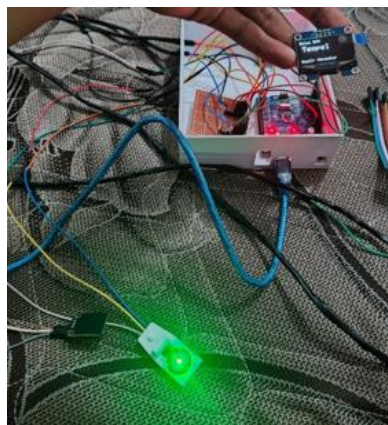
2. Proses Perakitan Sistem Rangkaian Elektronik



Gambar 6 Perakitan Rangkaian Elektronik

Perakitan sistem dilakukan setelah proses pembuatan casing selesai dengan menghubungkan seluruh komponen sesuai diagram *wiring* yang telah dirancang. Arduino Uno berfungsi sebagai pusat pengendali yang memproses data dari Pulse Heart Rate Sensor menjadi nilai Beat Per Minute (BPM) untuk menentukan kondisi pengguna berdasarkan parameter yang telah ditetapkan. Hasil pengukuran ditampilkan secara real-time pada layar OLED 1,3 inci, sedangkan dua sensor sentuh TTP223 digunakan sebagai saklar untuk mengaktifkan sistem. Sebagai media peringatan, vibration motor akan bekerja ketika nilai BPM mengindikasikan kondisi kantuk atau kelelahan. Seluruh rangkaian memperoleh catu daya dari dua baterai lithium 18650 yang dihubungkan melalui saklar ON/OFF, sehingga perangkat dapat dioperasikan secara portabel.

3. Proses Pengujian Fungsi Setiap Komponen



Gambar 7 Pengujian Fungsi Komponen

Pengujian komponen dilakukan untuk memastikan setiap perangkat pada sistem berfungsi sesuai dengan perancangan sebelum dilakukan pengujian secara keseluruhan. Pengujian meliputi Pulse Heart Rate Sensor sebagai pembaca denyut jantung, OLED 1,3 inci sebagai media tampilan nilai BPM dan status sistem, sensor sentuh TTP223 sebagai saklar pengoperasian, vibration motor sebagai media peringatan, serta sistem catu daya yang menggunakan dua baterai lithium 18650. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat beroperasi dengan baik dan saling terintegrasi, sehingga sistem siap digunakan pada tahap pengujian keseluruhan.

4. Proses Perakitan akhir Alat



Gambar 8 Hasil Akhir Alat

Perakitan akhir dilakukan dengan mengintegrasikan seluruh komponen ke dalam casing sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Pada tahap ini, Arduino Uno, baterai lithium, layar OLED, Pulse Heart Rate Sensor, vibration motor, dan sensor sentuh dipasang serta dihubungkan untuk membentuk satu sistem yang utuh. Setelah proses perakitan selesai, dilakukan pengujian menyeluruh untuk memastikan setiap komponen bekerja secara terintegrasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca denyut jantung secara real-time, menampilkan nilai BPM pada layar OLED, serta mengaktifkan vibration motor sebagai peringatan ketika terdeteksi indikasi kantuk atau kelelahan. Dengan demikian, prototipe yang dikembangkan dapat berfungsi sesuai dengan perancangan dan siap digunakan sebagai sistem deteksi kantuk dan kelelahan pengemudi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini menggunakan metode *experimental engineering*, yaitu metode yang menitikberatkan pada proses perancangan, implementasi, serta evaluasi kinerja perangkat yang dikembangkan. Tahapan penelitian meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, integrasi seluruh komponen, serta pengujian fungsi setiap bagian sistem. Pengujian dilakukan terhadap pembacaan nilai Beat Per Minute (BPM) menggunakan Pulse Heart Rate Sensor, tampilan data pada layar OLED, respons sensor sentuh TTP223 sebagai saklar, serta aktivasi vibration motor sebagai media peringatan. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui kesesuaian kinerja sistem dengan rancangan yang telah dibuat.

B. Metode Pengujian

Pengujian sistem dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Menghubungkan Arduino Uno dengan laptop menggunakan kabel USB untuk proses pemrograman dan pengujian awal.
2. Menghidupkan sistem melalui saklar ON/OFF sehingga seluruh komponen memperoleh catu daya dari baterai lithium.
3. Menyentuh sensor sentuh TTP223 untuk mengaktifkan proses pengukuran.

4. Menempelkan Pulse Heart Rate Sensor pada ujung jari hingga sensor memperoleh sinyal denyut jantung secara stabil.
5. Menunggu proses pembacaan selama ± 5 detik hingga sistem memperoleh nilai Beat Per Minute (BPM).
6. Mengamati hasil pengukuran yang ditampilkan pada layar OLED beserta status kondisi pengguna.
7. Memastikan vibration motor bekerja sesuai logika program ketika kondisi pengguna terindikasi kantuk atau kelelahan.

C. Pengujian Alat

Tahap pengujian alat dilakukan setelah seluruh proses perancangan perangkat keras dan perangkat lunak selesai dilaksanakan. Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah setiap komponen yang telah dirancang mampu bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan serta memastikan sistem deteksi kantuk dapat beroperasi secara optimal. Pada tahap ini dilakukan beberapa pengujian yang meliputi pembacaan sensor Pulse Heart Rate, fungsi sensor sentuh TTP223, tampilan layar OLED, aktivasi vibration motor, serta pengujian sistem secara keseluruhan dalam mendeteksi kondisi kantuk berdasarkan nilai denyut jantung (Beat Per Minute/BPM). Hasil dari setiap pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dan memastikan alat layak digunakan sesuai tujuan penelitian.

Tabel 1 Hasil Pengujian Alat

Pengujian	Nilai BPM	Status sistem	Motor getar	Hasil
Pengujian 1	84	Sistem Berfungsi	Aktif	Normal
Pengujian 2	104	Sistem Berfungsi	Aktif	Tinggi
Pengujian 3	105	Sistem Berfungsi	Aktif	Tinggi
Pengujian 4	104	Sistem Berfungsi	Aktif	Tinggi
Pengujian 5	64	Sistem Berfungsi	Aktif	Normal

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, Pulse Heart Rate Sensor mampu membaca nilai denyut jantung pengguna secara real-time dengan baik. Data BPM yang diperoleh diproses oleh Arduino Uno untuk menentukan kondisi pengguna berdasarkan parameter yang telah ditetapkan, yaitu rendah (<60 BPM), normal ($60-100$ BPM), dan tinggi (>100 BPM). Hasil klasifikasi tersebut kemudian ditampilkan pada layar OLED, sedangkan vibration motor akan aktif ketika sistem mendeteksi kondisi yang mengindikasikan kantuk atau kelelahan. Hasil ini menunjukkan bahwa Pulse Heart Rate Sensor memiliki kemampuan yang baik dalam memantau perubahan denyut jantung secara *real-time* sehingga dapat dimanfaatkan sebagai parameter fisiologis untuk mendukung sistem deteksi kantuk pada pengemudi. Temuan ini sejalan dengan penelitian Pugliese dkk. yang menyatakan bahwa pemanfaatan sinyal fisiologis secara *real-time* mampu meningkatkan efektivitas sistem deteksi dini terhadap kondisi kantuk pengemudi [10]. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, diperoleh bahwa sistem mampu membaca nilai denyut jantung pengguna secara real-time serta mengklasifikasikan kondisi pengguna sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem deteksi kantuk dan kelelahan pengemudi berbasis sensor biometrik berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan Pulse Heart Rate Sensor, Arduino Uno, OLED 1,3 inci, sensor sentuh TTP223, dan vibration motor. Sistem mampu membaca denyut jantung secara real-time, mengolah nilai Beat Per Minute (BPM), mengklasifikasikan kondisi pengguna berdasarkan parameter yang telah ditentukan, serta memberikan peringatan melalui vibration motor ketika terdeteksi indikasi kantuk atau kelelahan. Hasil pengujian

menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat bekerja dengan baik dan saling terintegrasi sehingga sistem dapat digunakan sebagai alternatif perangkat pendukung untuk membantu meningkatkan kewaspadaan pengemudi saat berkendara.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lambonan, S., Ferdinandus, A. R. A., & Bumbungan, S. J. (2025). PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI KANTUK UNTUK PENGENDARA MOBIL BERBASIS ARDUINO. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(1), 31–42.
- [2] K. Fujiwara, H. Iwamoto, K. Hori, and M. Kano, "Driver Drowsiness Detection Using R-R Interval of Electrocardiogram and Self-Attention Autoencoder," *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, vol. 9, no. 1, pp. 2956–2965, 2024.
- [3] Nggiku, C. K. (2022). Deteksi Kantuk Pada Pengemudi Mobil Menggunakan Eye Aspect Ratio Dengan Metode Facial Landmark. *SinarFe7*, 5(1), 72-78.
- [4] 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>
- [5] D'coen, M. A., Firdaus, B., & Dewi, R. (2026). RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI KANTUK PENGEMUDI PADA KENDARAAN BERBASIS RASPBERRY PI DENGAN ALARM DAN NOTIFIKASI. *SULIWA: Jurnal Multidisiplin Teknik, Sains, Pendidikan dan Teknologi*, 3(1), 25-31.
- [6] Samsinar, R., Isyanto, H., Almanda, D., & Amrullah, F. (2024). Sistem Monitoring Mendeteksi Mata Lelah Pada Pengemudi Kendaraan Besar Berbasis Pengolahan Citra. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 7(1), 77–84. <https://doi.org/10.24853/resistor.7.1.77-84>
- [7] Setiadi, N. A., & Jufari, M. (2023). *Rancang Bangun Alat Pendeteksi Mengantuk Pada Pengendara Mobil* [Diploma, Politeknik Negeri Ujung Pandang]. <https://repository.poliupg.ac.id/id/eprint/12744/>
- [8] Zikri, A. (2025). Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kantuk Untuk Keamanan Berkendara Berbasis Website. *Jurnal Sains Informatika Terapan*, 4(3), 508–516. <https://doi.org/10.62357/jsit.v4i3.801>
- [9] H.-T. Nguyen, N.-D. Mai, B. G. Lee, and W.-Y. Chung, "Behind-the-Ear EEG-Based Wearable Driver Drowsiness Detection System Using Embedded Tiny Neural Networks," *IEEE Sensors Journal*, vol. 23, no. 19, pp. 23875–23892, 2023.
- [10] L. Pugliese, M. Violante, and S. Groppo, "A Novel Algorithm for Detecting the Drowsiness Onset in Real-Time," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 42601–42606, 2022.