

Deteksi Kelelahan Pada Pengendara Sepeda Motor Berbasis *Internet of Things* (IoT)

1st Liza Kirani Lubis
Teknik Telekomunikasi
Purwokerto, Indonesia

lizakiranilubis@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Mas Aly Afandi, S.ST., M.T.
Teknik Telekomunikasi
Purwokerto, Indonesia

alyafandi@telkomuniversity.ac.id

3rd Sevia Indah Purnama, S.ST., M.T.
Teknik Telekomunikasi
Purwokerto, Indonesia

alyafandi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Kecelakaan lalu lintas di Indonesia, terutama pada pengendara sepeda motor, adalah masalah yang terus meningkat setiap tahunnya. Hal ini terjadi karena faktor *human error* yaitu kelelahan dan kantuk pada saat berkendara. Meminta bantuan teman untuk memastikan kondisi pengendara bahwa mereka dalam keadaan tetap sadar dan tidak mengantuk adalah solusi umum untuk mencegah pengendara mengantuk. Namun, solusi ini tidak selalu efektif karena ada kemungkinan bahwa pengendara menghadapi situasi yang mengharuskan mereka berkendara sendiri. Pada penelitian akan dibuat perancangan alat berbasis *Internet of Things* (IoT) yang bertujuan untuk mendeteksi kelelahan pada pengendara sepeda motor secara *real-time* dengan menggunakan sensor MAX30102, sensor *flex* dan ESP32 sebagai pusat kendalinya. Hasil penelitian menunjukkan, sensor MAX30102 berhasil mendeteksi denyut jantung dan saturasi oksigen (SpO₂), serta sensor *flex* berhasil mendeteksi perubahan sudut kepala pengendara. Kemudian, Sistem ini efektif memberikan peringatan dini jika terdeteksi kondisi tertentu menggunakan notifikasi suara melalui *speaker*, *buzzer*, dan menampilkan data pada aplikasi *blynk*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MAX30102 dan *flex* sensor memiliki akurasi yang tinggi, dengan akurasi 98,73% untuk pengukuran denyut jantung, 99,28% untuk saturasi oksigen, dan 99,95% untuk deteksi sudut kepala

Kata kunci— *Blynk*, *Flex Sensor*, MAX30102, NodeMCU ESP32

I. PENDAHULUAN

Kecelakaan lalu lintas di Indonesia, terutama yang melibatkan pengendara sepeda motor, merupakan masalah yang terus meningkat setiap tahunnya. Salah satu penyebab utama dari kecelakaan ini adalah *human error*, khususnya kelelahan dan kantuk saat berkendara. Meskipun meminta bantuan teman untuk memantau kondisi pengendara dapat menjadi solusi, metode ini tidak selalu efektif karena sering kali pengendara harus berkendara sendiri.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat mendeteksi kelelahan pengendara sepeda motor secara *real-time*. Sistem ini menggunakan sensor MAX30102 untuk mengukur denyut jantung dan saturasi oksigen, serta *flex* sensor untuk mendeteksi sudut kepala pengendara. Dengan menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali, data yang diperoleh akan ditampilkan melalui aplikasi *Blynk*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor MAX30102 mampu mendeteksi denyut jantung dengan akurasi 98,73% dan saturasi oksigen dengan akurasi 99,28%. Sementara itu, *flex* sensor menunjukkan akurasi 99,95% dalam mendeteksi perubahan sudut kepala. Sistem ini dirancang untuk memberikan peringatan dini kepada pengendara dengan mendeteksi kondisi lelah dan mengantuk berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat membantu meminimalisir kecelakaan akibat kelelahan dan meningkatkan keselamatan dalam berkendara.

II. KAJIAN TEORI

A. Kelelahan

Kelelahan adalah kondisi yang umum terjadi dan ditandai dengan penurunan tenaga untuk melakukan aktivitas. Kelelahan bukan hanya perasaan lelah, tetapi juga melibatkan berbagai gejala yang mempengaruhi efisiensi dan kapasitas kerja. Kelelahan sering kali terkait dengan pola tidur yang tidak memadai dan tingkat stres yang tinggi, serta dapat menyebabkan hilangnya perhatian sementara dan penurunan respons psikomotor. Kondisi ini berpotensi mengurangi kemampuan individu dalam menjalankan aktivitas fisik dan mental, sehingga penting untuk mendeteksi kelelahan secara dini, terutama dalam konteks berkendara, untuk mencegah kecelakaan [1].

B. Denyut Nadi

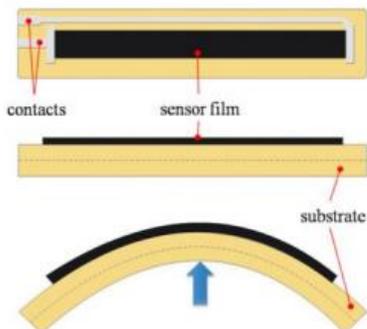
Denyut nadi adalah berapa kali arteri mengembang dan mengempis dalam satu menit sebagai respon terhadap detak jantung. Jumlah denyut nadi serupa dengan denyut jantung. Sementara itu, melambatnya denyut jantung menyebabkan rasa kantuk, dikarenakan saat tubuh lebih banyak diam maka otak cenderung mengirimkan sinyal pada jantung untuk memperlambat denyut jantung sampai dengan 60 bpm yang disebut denyut jantung fase istirahat. Suplai oksigen ke otak berkurang seiring denyut jantung melambat. Denyut jantung normal untuk orang dewasa adalah antara 60-100 kali per menit. Seorang pengemudi dapat dipastikan mengantuk atau kelelahan jika kecepatan jantungnya <60 detik per menit [2].

C. Saturasi Oksigen (SpO₂)

Presentasi hemoglobin yang terikat dengan oksigen dalam arteri disebut saturasi oksigen. Kekurangan atau kelebihan oksigen dalam darah akan menimbulkan penyakit dan gangguan kerja tubuh. Pada tingkat tertentu, penyakit tersebut dapat menimbulkan resiko kematian. Saturasi oksigen dalam keadaan normal biasanya berkisar antara 95 hingga 100% saat diukur dengan oksimeter nadi. Jika nilai saturasi berada <95%, itu menandakan bahwa jaringan tidak terpenuhi kebutuhan oksigen dengan cukup [3].

D. Sensor *Flex*

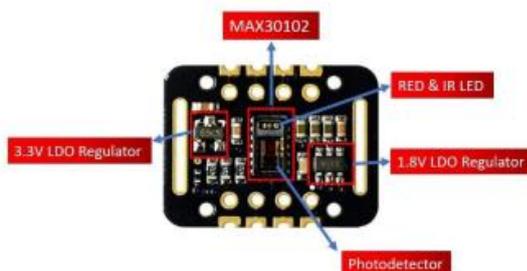
Sensor *flex* yang dikenal juga sebagai sensor fleksibilitas dimanfaatkan untuk membaca lekukan dari sensor. Sistem kerja ini serupa dengan potensio, di mana sensor akan memberikan nilai saat sensor mendeteksi pergerakan. Sensor ini mengubah perubahan pembengkokan menjadi variasi resistansi listri. Sensor ini terbuat dari bahan konduktif secara elektrik, yang dirancang berupa tinta yang berlapiskan substrat yang fleksibel mengandung partikel karbon yang mampu menahan pembengkokan, getaran, dan regangan, tanpa khawatir tentang gangguan elektromagnetik atau penyumbatan sensor [4]. Ilustrasi bahan dari sensor *flex* dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Flex* Sensor [4]

E. Sensor MAX30102

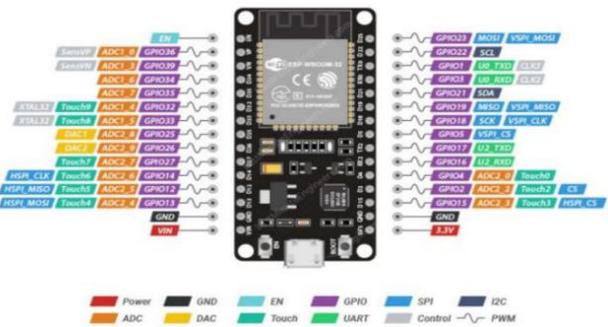
MAX30102 adalah sensor yang menggabungkan fungsi pemantauan kadar oksigen dalam darah dan detak jantung. Sensor ini dilengkapi dengan dua LED, yaitu LED (infrared dan red), serta sebuah photodetector. Cara kerja sensor ini yaitu tangan akan disinari satu LED pada waktu yang bersamaan dalam mendeteksi jumlah cahaya yang bersinar kembali ke detector, serta dapat mengukur saturasi oksigen (SpO₂) dan denyut jantung [5]. Gambar Sensor MAX30102 dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Sensor MAX30102 [5]

F. *NodeMCU* ESP32

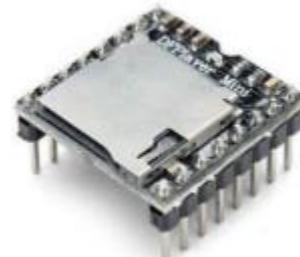
Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor yang menggabungkan berbagai komponen, seperti CPU, *Read Only Memory* (ROM), *Random Access Memory* (RAM), antarmuka input-output (I/O interface), clock, dan elemen-elemen lainnya, yang telah terintegrasi dan disusun oleh produsen mikrokontroler. Mikrokontroler ESP32, yang dikembangkan oleh perusahaan *Espressif Systems*, merupakan pengembangan lanjutan dari mikrokontroler ESP8266. Salah satu keunggulan utama ESP32 adanya fitur Wi-Fi dan *bluetooth* bawaan, yang mempermudah pembuatan sistem IoT. Paada gambar 2.3 merupakan gambaran pin-out dari ESP32 [6].



Gambar 2.3 Mikrokontroler *NodeMCU* ESP32 [6]

G. *DFPlayer Mini*

DFPlayer Mini sebuah komponen atau modul pemutar audio musik yang memiliki ukuran kecil terdapat sebuah mini *Sdcard* yang akan diisi file-file suara atau audio sebagai output suara atau audio yang diputar oleh *DFPlayer Mini*. Modul *DFPlayer Mini* pada gambar 2.4 sudah dilengkapi dengan builtin amplifier mini dan sudah bisa menjalankan mini *speaker* sebagai output [7].



Gambar 2.4 *DFPlayer Mini* [7]

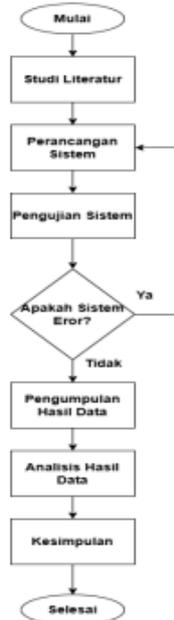
H. *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep di mana objek memiliki kemampuan untuk mengirim data melalui jaringan tanpa memerlukan campur tangan manusia, baik ke manusia maupun ke komputer. “A Things” pada *Internet of Things* dapat dijelaskan sebagai benda yang bukan berupa perangkat komputer atau *smartphone*. Penelitian yang terfokus pada penggunaan sistem deteksi melalui IoT dan pemantauan server berbasis IoT membahas beragam aspek seperti platform IoT yang diterapkan desain serta konfigurasi detektor perangkat keras, proses pendeteksi, pemantauan, dan pengiriman notifikasi ke layer LCD atau ponsel pintar [8].

III. METODE

A. Tahap Perancangan

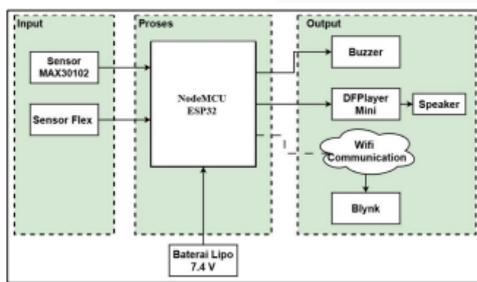
Proses perancangan pada penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan perancangan deteksi kelelahan pada pengendara sepeda motor berbasis IoT dapat berjalan sesuai yang telah direncanakan seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahap Perancangan

Gambar 3.1 merupakan tahap perancangan yang meliputi studi literatur dengan melakukan pencarian literatur terkait perancangan sebelumnya, kemudian perencanaan sistem dengan menentukan serta merancang alat yang akan digunakan dalam penelitian, selanjutnya pengujian sistem untuk memastikan komponen yang dirancang sesuai dengan desain yang telah ditentukan sebelumnya dan berlanjut mengumpulkan data serta analisis hasil data hingga kesimpulan yang diperoleh.

B. Blok Diagram Sistem



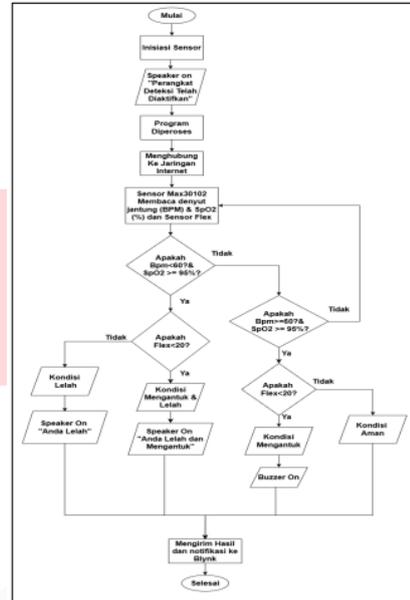
Gambar 3.2 Blok Diagram

Pada gambar 3.2 menunjukkan blok diagram perencanaan sistem dengan menggunakan 2 buah sensor sebagai input yaitu MAX30102 untuk membaca detak jantung dan saturasi oksigen pada pengendara, sensor flex mendeteksi perubahan posisi kepala pengendara. Setelah itu sensor dihubungkan dengan mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang berfungsi sebagai pusat kendali. Data yang sudah di proses oleh mikrokontroler akan mengeluarkan output berupa bunyi sebagai alarm melalui buzzer dan DFPlayer mini yang

dihubung ke speaker. Kemudian mikrokontroler juga dihubungkan dengan platform IoT yaitu blynk melalui jaringan WiFi untuk pengiriman hasil data pada sensor yang diterima. Blynk berfungsi sebagai platform untuk melihat hasil sensor.

C. Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem deteksi kelelahan pada pengendara sepeda motor berbasis IoT dapat dilihat pada gambar 3.3.

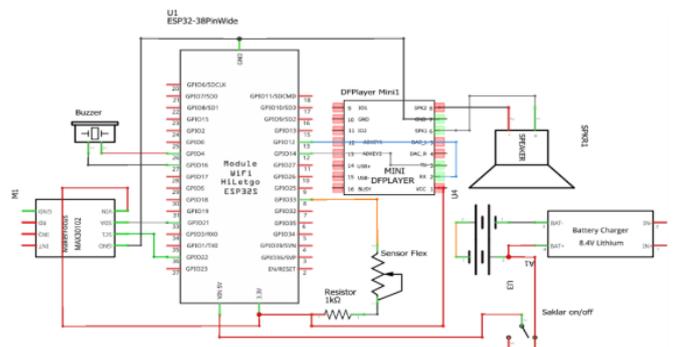


Gambar 3.3 Alur Kerja Sistem

Gambar 3.3 menunjukkan proses alur kerja alat deteksi kelelahan pada pengendara sepeda motor, yang dimana proses diatas dimulai dengan langkah pertama yaitu inisiasi sensor, alat deteksi aktif dan program diproses, selanjutnya menghubungkan ke jaringan internet, dan jika sudah terhubung maka membaca sensor MAX30102 dan sensor flex jika $bpm < 60$, $SpO2 \leq 95$, $flex > 20^\circ$ menunjukkan kondisi pengendara lelah, dan jika $(bpm > 60, SpO2 \leq 95, flex < 20^\circ)$ menunjukkan pengendara terdeteksi mengantuk, kemudian jika $(bpm < 60, SpO2 \leq 95, flex < 20^\circ)$ pengendara terdeteksi mengantuk dan juga lelah. Selanjutnya langkah terakhir adalah mengirimkan hasil dan notifikasi ke blynk.

D. Perancangan Skematik Rangkaian

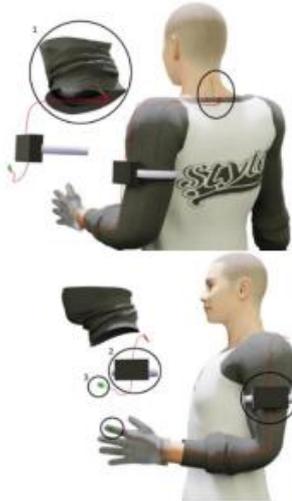
Pada tahapan ini menjelaskan mengenai skematik rangkaian yang dapat dilihat pada gambar 3.4, merupakan jalur atau pin yang digunakan pada deteksi kelelahan pada pengendara sepeda motor berbasis IoT.



Gambar 3.4 Skematik Rangkaian

E. Perancangan Desain Alat

Pada tahapan ini menjelaskan mengenai desain alat pendeteksi kelelahan pada pengendara yang dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Desain Penggunaan Alat

Gambar 3.5 merupakan desain penggunaan alat deteksi kelelahan pada pengendara sepeda motor berbasis IoT. Berikut penjelasan dari desain yang dibuat:

1. Pada lingkaran 1 merupakan sensor *flex* yang ada didalam *buff* masker pengendara untuk mendeteksi perubahan sudut kelengkungan kepala pengendara.
2. Pada lingkaran 2 merupakan sebuah box yang berisi beberapa komponen yaitu *NodeMCU ESP32*, *DFPlayer Mini*, *Speaker*, dan *Buzzer* yang akan dipasang pada lengan pengendara.
3. Pada lingkaran 3 merupakan sensor *MAX30102* yang berada di jari telunjuk pada sarung tangan pengendara berfungsi sebagai pendeteksi kelelahan melalui denyut nadi dan saturasi oksigen pada pengendara.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Sistem

Pada penelitian ini dirancang sebuah alat deteksi kelelahan pada pengendara sepeda motor berbasis IoT. Perancangan dari alat deteksi kelelahan pada pengendara sepeda motor dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil Perancangan Alat Deteksi Kelelahan Pada Pengendara Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Pada gambar 4.1 merupakan beberapa komponen yang digunakan untuk membuat perancangan sistem.

1. Sensor *MAX30102* digunakan sebagai deteksi denyut jantung dan saturasi oksigen.
2. Sensor *flex* digunakan sebagai pendeteksi kemiringan pada kepala pengendara.
3. *NodeMCU ESP32* digunakan sebagai mikrokontroler.
4. *Buzzer* digunakan sebagai alarm jika terdeteksi pengendara kantuk.
5. Baterai *LiPo 7,4V* digunakan sebagai catu daya.
6. *Speaker* digunakan sebagai sumber *output* berupa suara jika pengendara terdeteksi dalam kondisi kelelahan atau mengantuk dan lelah.
7. *DFPlayer Mini* digunakan sebagai modul pemutar audio untuk kondisi pengendara.
8. Modul *charger type C* digunakan sebagai modul *charger*.

Sistem yang telah dirancang memiliki tugas dalam mendeteksi kelelahan menggunakan sensor *MAX30102* dan *flex* sensor dengan menghitung detak jantung dan saturasi oksigen pada pengendara, serta mendeteksi perubahan sudut kepala pengendara, yang kemudian akan diproses pada *ESP32*. Kemudian, data yang telah terdeteksi akan menjadi *output* sebagai *alarm* pengingat dini pengendara yaitu berupa *buzzer* dan *speaker*. Selanjutnya data yang dihasilkan dari pembacaan sensor akan dikirim dan ditampilkan melalui *blynk*.

B. Hasil Pengujian Sistem

1. Pengujian Sensor *MAX30102*

Pada pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari perangkat sensor *MAX30102* agar berfungsi dengan baik. Pengujian sensor *MAX30102* dilakukan sebanyak 15 kali untuk pengujian denyut jantung dan saturasi oksigen dilakukan sebanyak 10 kali pengujian, dengan cara membandingkan hasil dari sensor *MAX30102* dengan alat pembanding yaitu *pulse oximeter*. Tabel pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1 Pengujian Sensor *MAX30102* (bpm) dengan *pulse oximeter*

No	Denyut Jantung (Bpm)		Selisih	%Error	%Akurasi
	Sensor <i>MAX30102</i>	<i>Pulse Oximeter</i>			
1	70	72	2	2.77	97.23
2	69	68	1	1.47	98.53
3	71	71	0	0	100
4	73	72	1	1.38	98.62
5	74	74	0	0	100
6	75	72	3	4.16	95.84
7	76	76	0	0	100
8	81	80	1	1.25	98.75
9	67	68	1	1.47	98.53
10	63	55	2	3.07	96.93
11	54	54	0	0	100
12	56	57	1	1.75	98.25
13	60	60	0	0	100
14	59	58	1	1.72	98.28
15	55	55	0	0	100
Total				19.04	1480.96
Rata-rata				1.27	98.73

Pada tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian sensor MAX30102 dengan alat pembanding yaitu *pulse oximeter* dapat kita lihat bahwa tingkat akurasi pembacaan data denyut jantung dilakukan sebanyak 15 kali yang ditunjukkan pada tabel diatas sangat tinggi dan baik. Hasil persentase akurasi dari 15 percobaan denyut jantung dalam satuan bpm adalah sebesar 98.73%. Sementara untuk persentase nilai *error* yang kecil yaitu 1.27%. Dan untuk selisih nilai terbesar antara sensor MAX30102 dengan alat pembanding hanya berbeda 3bpm. Berdasarkan hasil dari percobaan yang dilakukan sensor MAX30102 berhasil mendeteksi kelelahan melalui denyut jantung pada pengendara dengan akurasi kerja sensor yang tinggi.

Tabel 4.2 Pengujian Sensor MAX30102 (SpO2) dengan *pulse oximeter*

No	Denyut Jantung (SpO2)		Selisih	%Error	%Akurasi
	Sensor MAX30102	<i>Pulse Oximeter</i>			
1	98	98	0	0	100
2	96	98	2	2.04	97.96
3	97	98	1	1.02	98.98
4	99	98	1	1.02	98.98
5	98	98	0	0	100
6	99	98	1	1.02	98.98
7	98	98	0	0	100
8	99	99	0	0	100
9	97	99	2	2.02	97.98
10	99	99	0	0	100
Total				7.12	992.88
Rata-rata				0.71	99.28

Pada tabel 4.2 merupakan tabel pengujian sensor MAX30102 dalam pengujian saturasi oksigen (SpO2) dengan alat pembanding yaitu *pulse oximeter* dapat kita lihat bahwa berdasarkan 10 kali percobaan tingkat akurasi pembacaan data saturasi oksigen sangat tinggi dan tidak memiliki perbedaan nilai yang signifikan. Selisih nilai terbesar hanya 2% dari nilai sensor dengan alat pembanding. Hasil persentase akurasi dari 10 percobaan sebesar 99.28%. hampir mendekati nilai sempurna yaitu 100%. Sementara untuk persentase nilai *error* yang sangat kecil yaitu 0.71%. Berdasarkan hasil dari percobaan yang dilakukan sensor MAX30102 berhasil mendeteksi kelelahan dengan saturasi oksigen pada pengendara dengan akurasi kerja sensor yang tinggi.

2. Pengujian *Flex* Sensor

Pada pengujian ini, dilakukan perbandingan pengujian sensor *flex* berupa derajat dengan nilai pengukuran pada busur. Hal ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana sensor dapat mendeteksi perubahan sudut kemiringan kepala dengan akurat dibawah 20° jika terdeteksi mengantuk. Pengujian dilakukan sebanyak lima percobaan berturut-turut, dengan pengukuran sudut kemiringan kepala, yaitu 0°, 10°, 20°, 30°, dan 40° kemudian dibandingkan dengan sudut yang terdapat pada busur agar mengetahui apakah sensor sudah akurat atau belum. Untuk pengujian dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengujian Sensor *Flex*

No	Sudut Kepala Pengendara		Selisih	%Error	%Akurasi
	Sensor <i>Flex</i> (°)	Nilai Busur (°)			
1	0	0	0	0	100
2	13	10	3	0.3	99.97
3	20	20	0	0	100
4	35	30	5	0.16	99.84
5	42	40	2	0.05	99.95
Total				0.51	499.76
Rata-rata				0.10	99.95

Pada tabel 4.3 merupakan pengujian sensor *flex* untuk mendeteksi kemiringan kepala pengendara menunjukkan bahwa sensor ini memiliki kemampuan yang baik dengan tingkat akurasi yang tinggi. Berdasarkan data yang diperoleh, rata-rata akurasi sensor mencapai 99.95%, sementara rata-rata *error* hanya 0.10%, yang menandakan bahwa kesalahan pengukuran sangat kecil. Selisih nilai yang terbaca oleh sensor *flex* dan nilai busur juga sangat kecil, dengan beberapa pengujian menghasilkan selisih 0°. Dan selisih perbedaan terbesar yaitu 5°. Secara keseluruhan, sensor *flex* memberikan hasil yang sangat akurat dengan nilai %akurasi hampir mencapai 100 di semua pengujian. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor *flex* dapat digunakan untuk melakukan pengukuran sudut dengan presisi tinggi, seperti pada sistem deteksi kelelahan pada pengendara.

3. Pengujian Keseluruhan Alat

Pada tahap ini, dilakukan pengujian menyeluruh terhadap alat yang bertujuan untuk apakah alat berhasil memberikan peringatan dini berupa *alarm* kepada pengendara jika terdeteksi kondisi tertentu. Pengujian ini melibatkan 10 naracoba untuk menguji kinerja dari alat yang dirancang yaitu sensor MAX30102 dan sensor *flex*. Alat ini mendeteksi data yang dihasilkan dari kedua sensor, kemudian memberikan respon notifikasi untuk peringatan dini berupa suara dari *speaker*, *alarm* dari *buzzer*, dan tampilan kondisi melalui aplikasi *blinky*. Salah satu contoh penggunaan alat pendeteksi kelelahan dalam kondisi aman dan posisi kepala yang terdeteksi mengantuk dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Contoh Penggunaan Alat Pendeteksi Kelelahan Pada Pengendara

Gambar 4.2 merupakan contoh alat pendeteksi kelelahan pada pengendara sepeda motor berbasis IoT dalam kondisi aman dan posisi pengendara saat mengantuk. Pada bagian leher pengendara dipasangkan *buff* masker yang didalamnya terdapat *flex* sensor, lengan pengendara dipasang box berisi beberapa komponen seperti mikrokontroler ESP32, *speaker*, *buzzer*, dan baterai. Kemudian, pada bagian tangan pengendara dipasangkan sarung tangan yang dimana pada jari telunjuk di dalam sarung tangan sudah dipasang sensor MAX30102. Berikut pengujian yang dilakukan pada 10 naracoba dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengujian Keseluruhan Alat

Nara Cob a	Sensor MAX30102& Flex			Notifikasi			Kondisi
	Bp m	SpO ₂ (%)	Flex (°)	Sp e a ker	Bu z zer	Bl y nk	
1	57	98	54	✓	-	✓	Lelah
2	58	98	11	✓	-	✓	Mengantu k & Lelah
3	57	98	50	✓	-	✓	Lelah
4	56	98	13	✓	-	✓	Mengantu k & Lelah
5	66	98	32	-	-	✓	Aman
6	66	97	17	-	✓	✓	Mengantu k
7	67	97	42	-	-	✓	Aman
8	56	98	23	✓	-	✓	Lelah
9	65	97	20	-	-	✓	Aman
10	60	98	12	-	✓	✓	Mengantu k

Pada tabel 4.4 merupakan tabel pengujian keseluruhan alat yang bertujuan untuk apakah alat berhasil memberikan peringatan dini berupa *alarm* kepada pengendara jika terdeteksi kondisi tertentu. Berdasarkan data dari tabel, hasil pengukuran menunjukkan bahwa pengambilan data berasal dari kombinasi beberapa parameter, seperti denyut jantung (bpm), kadar oksigen dalam darah (SpO₂), dan sudut kemiringan posisi kepala (*flex*). Selain itu, sistem memberikan *alarm* dini bagi pengendara melalui notifikasi yang diberikan oleh *speaker*, *buzzer*, dan *platform blynk* yang disesuaikan dengan kondisi yang terdeteksi pada pengendara. Jika bpm<60, SpO₂≤95, flex>20°) menunjukkan kondisi pengendara lelah maka notifikasi berupa *speaker* dan *blynk*, dan jika (bpm>60, SpO₂≤95, flex<20°) menunjukkan pengendara terdeteksi mengantuk maka notifikasi berupa *buzzer*, kemudian jika (bpm<60, SpO₂≤95, flex<20°) pengendara terdetesi mengantuk dan juga lelah notifikasi berupa *speake* dan *blynk*. Dan jika (bpm>60, SpO₂≤95, flex>20°) maka kondisi ini dikatakan kondisi aman berkendara notifikasi yang muncul hanya berupa tampilan data pada *blynk*. Secara keseluruhan alat yang dirancang sudah berhasil memberikan notifikasi kepada pengendara sesuai dengan kondisi yang terdeteksi pada pengendara pada saat berkendara.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan berdasarkan tujuan dari penelitian yaitu sistem deteksi kelelahan pada pengendara sepeda motor dirancang 100% berhasil dan bekerja dengan efektif. Hasil pengujian sistem yang dirancang menunjukkan bahwa kedua sensor yang digunakan yaitu sensor MAX30102 dan sensr *flex* memiliki tingkat akurasi yang tinggi, untuk sensor MAX30102 dalam deteksi denyut jantung rata-rata akurasi mencaai 98.73%, sememntara untuk pengukuran saturasi oksigen rata-rata akurasi mencapai 99.28%. Kemudian, rata-rata akurasi sensor *flex* sebesar 99.95%. Selain itu sistem deteksi kelelahan pada pengendara sepeda motor ini juga berhasil memberikan notifikasi peringatan dini kepada pengendara jika terdeteksi dalam kondisi lelah, mengantuk, hingga kondisi keduanya yaitu lelah seta mengantuk.

REFERENSI

- [1] E. Purwanto, H. Hidayat, and E. Pranoto, "Tingkat Kelelahan Pada Pengemudi Bus Rapid Transit Semarang dan Jateng," *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*, pp. 53–64, 2018.
- [2] M. M. Wasfy Meagan, "Sleep and Heart Health," Mass General Brigham. Accessed: Jan. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.massgeneralbrigham.org/en/about/newsroom/articles/sleep-and-heart-health-in-adults>
- [3] C. P. M. P. Davis, "What is hypoxia and hypoxemia (low blood oxygen)?," *MedicineNet*. Accessed: Jan. 19, 2025. [Online]. Available: https://www.medicinenet.com/bio/charles_patrick_davis_md_phd
- [4] G. Saggio, F. Riillo, L. Sberini, and L. R. Quitadamo, "Resistive flex sensors: A survey," Dec. 02, 2015, *Institute of Physics Publishing*. doi: 10.1088/0964-1726/25/1/013001.
- [5] F. D. Fajduani, D. N. Ramadan, and I. D. Irawati, "Perancangan Sistem Monitoring Kadar Oksigen, Denyut Jantung, dan Suhu Tubuh Berbasis IoT," *e-Proceeding of Aplied Science*, vol. 9, no. 5, pp. 2460–2466, Oct. 2023.
- [6] M. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, "Mikrokontroler ESP32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, 2022.
- [7] F. R. Hidayat, I. K. P Dewi, and T. Akbar, "Rancang Bangun Alat Bantu Tunanetra Berbasis Mikrokontroler dengan Output Suara," *Pengembangan Rekayasa Informatika Dan Komputer*, vol. 2, no. 1, pp. 83–95, Jun. 2023.
- [8] D. Hanggara and D. E. P. Putra, "Purwarupa Perangkat Deteksi Dini Banjir Berbasis Internet of Things," *Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika*, vol. 4, no. 1, pp. 87–94, 2021, [Online]. Available: <http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jireISSN.2620-6900>

