

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem pendeteksi kelelahan dan microsleep pada pengemudi menggunakan metode *hybrid measures*, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem Deteksi Fisiologis

Sistem mampu memantau denyut jantung pengemudi secara *real-time* menggunakan sensor MAX30102 yang terintegrasi dengan mikrokontroler Wemos D1 mini. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ini memiliki tingkat akurasi yang baik, dengan rata-rata tingkat error sebesar 2,40% bila dibandingkan dengan alat oksimeter standar. Penurunan denyut jantung berhasil diidentifikasi sebagai indikator awal kelelahan.

2. Sistem Deteksi EAR dan MAR

Sistem kamera yang dikembangkan menggunakan modul Raspberry Pi 4B dan *webcam* Logitech C270 HD dapat mendeteksi perilaku menguap (*yawn*) dan kondisi microsleep secara efektif. Berdasarkan hasil pengujian, sistem dapat mendeteksi wajah pengemudi secara optimal hingga jarak 210 cm. Sistem juga mampu mendeteksi sudut kemiringan kepala: *pitch* maksimal 40°, *roll* maksimal 60°, dan *yawn* maksimal 40°, di mana sudut di atas nilai tersebut menyebabkan penurunan akurasi karena keterbatasan visualisasi wajah.

3. Pengaruh Intensitas Cahaya

Pengujian pada berbagai kondisi pencahayaan (pagi, siang, sore, malam, dan mendung) menunjukkan bahwa sistem bekerja secara optimal pada siang hari dengan intensitas cahaya yang tinggi. Namun demikian, sistem tetap dapat berfungsi pada kondisi cahaya redup, dengan akurasi yang masih dapat diterima.

4. Akurasi Lokasi GPS

Sistem pelacakan lokasi menggunakan modul GPS BN-220 menunjukkan nilai rata-rata kesalahan (haversine) sebesar 19 meter.

Akurasi ini cukup untuk menentukan posisi kendaraan saat peringatan kelelahan dikirimkan melalui platform Telegram.

2. Pengujian Lapangan

Pengujian sistem di lapangan, termasuk pada kendaraan Transjogja, menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan peringatan dini ketika pengemudi mengalami kelelahan atau *microsleep*. Beberapa kasus pengujian menunjukkan bahwa pengemudi berhenti sejenak atau mengambil tindakan setelah menerima peringatan, yang berarti sistem memiliki potensi sebagai alat pencegahan kecelakaan akibat kantuk.

V.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran untuk pengembangan dan penelitian lanjutan:

1. Peningkatan Akurasi Deteksi Wajah

Disarankan untuk menggunakan kamera dengan resolusi lebih tinggi atau menambahkan fitur infrared agar sistem dapat mendeteksi wajah dengan lebih baik pada kondisi pencahayaan minim maupun pada sudut kemiringan yang ekstrem.

2. Integrasi dengan Sistem Kendaraan

Pengembangan selanjutnya dapat diarahkan pada integrasi sistem dengan fitur keselamatan kendaraan seperti sistem pengereman otomatis atau sinyal peringatan kendaraan, guna memberikan respon otomatis saat *microsleep* terdeteksi.

3. Perluas Uji Coba

Uji coba sebaiknya dilakukan pada lebih banyak jenis kendaraan dan variasi kondisi pengemudi (usia, bentuk wajah, jenis kelamin) untuk meningkatkan generalisasi dan keandalan sistem.

4. Evaluasi Penggunaan Jangka Panjang

Disarankan dilakukan evaluasi pemakaian sistem dalam jangka panjang untuk mengetahui aspek kenyamanan, ketahanan perangkat, dan penerimaan pengguna terhadap teknologi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrianto, H. H., Sari, K., & Irmayani, I. (2021). Sistem Monitoring Dan Pengendalian Data Suhu Ruang Navigasi Jarak Jauh Menggunakan WEMOS D1 Mini. *Jurnal Nasional Komputasi Dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, 4(1), 38–49. <https://doi.org/10.32672/jnkti.v4i1.2687>
- Anwar, S., & Abdurrohman, A. (2020). Pemanfaatan Teknologi Internet of Things Untuk Monitoring Tambak Udang Vaname Berbasis Smartphone Android Menggunakan Nodemcu Wemos D1 Mini. *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi Dan Elektronika*, 5(2), 77. <https://doi.org/10.32897/infotronik.2020.5.2.484>
- Babalola, A. D., & Ubochi, &. (2022). *The Performance of the STM32 Microcontroller and MAX30102 for Remote Health Monitoring Device Design*. 10(3), 51–68.
- Bajaj, J. S., Kumar, N., & Kaushal, R. K. (2023). Performance analysis of hybrid model to detect driver drowsiness at early stage. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 20(3). [https://doi.org/10.6703/IJASE.202309_20\(3\).010](https://doi.org/10.6703/IJASE.202309_20(3).010)
- Basari, M. A., Sani, M. I., & Sari, M. I. (2023). Rancang Bangun Sistem Deteksi Kantuk Terhadap Keamanan Pengemudi Mobil Design And Development Of Drowsiness Detection System For Car Driver Safety. *EProceedings of Applied Science*, 9(4), 2181–2192.
- Efendi, Y., Putri, A. N., Rahmadden, & Imardi, S. (2020). Prototype Alarm Deteksi Mata Kantuk Menggunakan. *Journal Of Information System And Informatics Engineering*, 4(2), 77–83.
- Etikan, I. (2016). Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>
- H, R. (2021). Real Time Driver Drowsiness Detection System using OpenCV. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering*

- Technology*, 9(VI), 3254–3260. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.35811>
- Ivory, R. A., Kholis, N., Nurhayati, & Baskoro, F. (2021). Review Penggunaan Sensor Suhu Terhadap Respon Pembacaan Skala Pada Inkubator Bayi. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 185–194.
- Julian, M. B., & Ali, H. (2020). (2020). Faktor-faktor yang mempengaruhi Sistem Informasi Manajemen : Database, Software dan Brainware. *Academia Letter*, 11.
https://www.academia.edu/44624460/Faktor_faktor_yang_mempengaruhi_Sistem_Informasi_Manajemen_Database_Software_dan_Brainware?auto=citations&from=cover_page
- Kondaveeti, H. K., Kumaravelu, N. K., Vanambathina, S. D., Mathe, S. E., & Vappangi, S. (2021). A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. *Computer Science Review*, 40, 100364. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100364>
- Kuwahara, A., Nishikawa, K., Hirakawa, R., Kawano, H., & Nakatoh, Y. (2022). Eye fatigue estimation using blink detection based on Eye Aspect Ratio Mapping(EARM). *Cognitive Robotics*, 2(January), 50–59.
<https://doi.org/10.1016/j.cogr.2022.01.003>
- Marshella, S. N., Hasanah, R., & Habinuddin, E. (2024). Prototype alat pendeteksi kantuk menggunakan sensor MAX30102 dan kamera dengan metode eye aspect ratio. *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, Dan Listrik Tenaga)*, 4(1), 45–56. <https://doi.org/10.35313/jitel.v4.i1.2024.45-56>
- Maxim Integrated. (2021). MAX30102 - High-Sensitivity Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor for Wearable Health. *Maxim Integrated*, 1–32.
<https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors/MAX30102.html>
- Nagpal, A., & Gabrani, G. (2019). Python for Data Analytic. *2019 Amity International Conference on Artificial Intelligence (AICAI)*, 140–145.
- NanJing Top Power. (2019). Tp4056. *Datasheet TP4056*, 3.
<https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>
- Nur, N. K., Rangan, P. R., & Mahyuddin. (2021). Sistem Transportasi. In

Gastronomía ecuatoriana y turismo local. (Vol. 1, Issue 69).

Rahayu, W. D., Pambudi, E. A., Wicaksono, A. P., & Wibowo, F. (2024). 1852-4596-1-Pb. *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 13, 439–450.

Rauf, A., & Prastowo, A. T. (2021). Rancang Bangun Aplikasi Berbasis Web Sistem Informasi Repository Laporan Pkl Siswa (Studi Kasus Smk N 1 Terbanggi Besar). *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi (JTISI)*, 2(3), 26. <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/JTISI>

Richey, R. C., & Klein, J. D. (2005). Developmental research methods: Creating knowledge from instructional design and development practice. *Journal of Computing in Higher Education*, 16(2), 23–38. <https://doi.org/10.1007/BF02961473>

Rifandi, R. (2021). *Raspberry Dengan Aplikasi Telegram Berbasis Internet Of Things*. 8(1).

Sabilla, R. Y., & Yendri, D. (2021). Sistem Monitoring Kondisi dan Posisi Pengemudi Berbasis Internet of things. *Chipset*, 2(01), 1–10. <https://doi.org/10.25077/chipset.2.01.1-10.2021>

Taherdoost, H., Business, H., Sdn, S., Group, C., & Lumpur, K. (2016). Sampling Methods in Research Methodology ; How to Choose a Sampling Technique for. *International Journal of Academic Research in Management (IJARM)*, 5(2), 18–27.

U Nggiku, C. K., & Rabi, A. (2022). Deteksi Kantuk Pada Pengemudi Mobil Menggunakan Eye Aspect Ratio Dengan Metode Facial Landmark. *Seminar Nasional Forte Regional*, 7, 72–78. <https://binaryupdates.com/>

Ummah, M. S. (2019). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1).

Wibisono Darmawan, C., U A Sompie, S. R., & Kambey, F. D. (2020). Implementasi Internet of Things pada Monitoring Kecepatan Kendaraan Bermotor. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 9(2), 91–100.

- Zhu, T., Zhang, C., Wu, T., Ouyang, Z., Li, H., Na, X., Liang, J., & Li, W. (2022). Research on a Real-Time Driver Fatigue Detection Algorithm Based on Facial Video Sequences. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/app12042224>
- Awais, M., Badruddin, N., & Drieberg, M. (2017). A hybrid approach to detect driver drowsiness utilizing physiological signals to improve system performance and wearability. *Sensors*, 17(9), 1991.