

Sistem *monitoring* kantuk dan pengiriman lokasi kecelakaan berbasis GSM pada helm

Fawwaz Muhammad Daffa^{1*}, Sabar Pramono², Endang Sukarna³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 40559

^{1*}fawwaz.muhammad.tele22@polban.ac.id, ²sabar.pramono@polban.ac.id, ³endang_sukarna2000@polban.ac.id

ABSTRAK

Tingginya angka kecelakaan lalu lintas di Indonesia, khususnya yang melibatkan pengendara sepeda motor, menjadi perhatian serius dalam upaya peningkatan keselamatan berkendara. Data dari *Integrated Road Safety Management System* (IRSMS) Korlantas Polri mencatat sebanyak 79.220 kecelakaan pada tahun tertentu, dengan 76% di antaranya melibatkan sepeda motor. Salah satu penyebab utama kecelakaan adalah kelelahan yang mengarah pada kondisi mengantuk saat berkendara. Selain itu, keterlambatan penanganan korban, terutama di lokasi yang jauh dari fasilitas kesehatan, dapat memperparah dampak kecelakaan. Penelitian ini mengembangkan sistem keselamatan tambahan berbasis helm pintar yang mampu mendeteksi kondisi kantuk dan mengirimkan informasi lokasi saat terjadi kecelakaan. Sistem menggunakan sensor inframerah untuk mendeteksi kantuk berdasarkan durasi kedipan mata, serta sensor akselerometer dan giroskop untuk mendeteksi kecelakaan melalui percepatan dan kemiringan. Ketika indikator kantuk terdeteksi, alarm akan menyala untuk meningkatkan kewaspadaan. Jika terjadi kecelakaan, sistem mengirimkan pesan singkat (SMS) berisi koordinat lokasi kepada kontak darurat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi kantuk dengan rata-rata galat 0,348 detik, serta mendeteksi kecelakaan secara otomatis dengan ambang batas percepatan 8 g dan kecepatan sudut 300 derajat per detik. Akurasi lokasi GPS yang dikirimkan memiliki deviasi rata-rata sebesar 0,98 meter dari titik aktual.

Kata kunci: deteksi kantuk, helm pintar, sensor inframerah, akselerometer, giroskop, GPS, notifikasi darurat.

ABSTRACT

The high number of traffic accidents in Indonesia, particularly those involving motorcyclists, highlights the urgent need for improved road safety measures. According to the Integrated Road Safety Management System (IRSMS) of the Indonesian National Police, 79,220 traffic accidents were recorded, with 76% involving motorcycles. One of the leading causes of such accidents is driver fatigue, which often leads to drowsiness while riding. Additionally, delays in emergency response—especially in remote areas—can worsen the victim's condition. This study proposes a helmet-based safety system capable of detecting drowsiness and automatically sending location information in the event of an accident. The system utilizes an infrared sensor to monitor eye-blink duration as an indicator of drowsiness, and accelerometer and gyroscope sensors to detect crashes based on acceleration and angular velocity. When drowsiness is detected, an alarm is activated to alert the rider. If a crash is detected, the system sends an SMS containing GPS coordinates to an emergency contact. Experimental results show that the system can detect drowsiness with an average error of 0.348 seconds and automatically detect crashes based on thresholds of 8 g acceleration and 300 degree per second angular velocity. The transmitted GPS data has an average deviation of 0.98 meters from the actual location.

Keywords: *drowsiness detection, smart helmet, infrared sensor, accelerometer, gyroscope, GPS, emergency notification.*

1. PENDAHULUAN

Keselamatan pengendara sepeda motor masih menjadi persoalan krusial di Indonesia, dengan data dari *Integrated Road Safety Management System* (IRSMS) Korlantas Polri mencatat sebanyak 79.220 kasus kecelakaan lalu lintas pada tahun terakhir, dan 76% di antaranya melibatkan pengendara sepeda motor [1]. Salah satu penyebab dominan kecelakaan adalah kelelahan dan mengantuk saat berkendara, sebagaimana juga dilaporkan oleh *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) yang mencatat sekitar 90.000 kasus kecelakaan terkait kantuk, dengan 736 di antaranya berujung fatal [2]. Selain itu, faktor keterlambatan penanganan korban akibat tidak tersedianya sistem notifikasi lokasi

kejadian secara cepat juga memperparah dampak kecelakaan. Kondisi ini diperburuk oleh keterbatasan akses terhadap layanan darurat, terutama di daerah terpencil. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang mampu memantau kondisi pengemudi serta memberikan notifikasi kecelakaan secara otomatis dan cepat, guna mempercepat penanganan serta meminimalisasi fatalitas.

Beberapa penelitian sebelumnya telah memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem keselamatan kendaraan, baik dalam deteksi kecelakaan maupun pemantauan kondisi pengemudi. Ramdhani et al. [3] mengembangkan sistem monitoring dan notifikasi kecelakaan berbasis kendaraan remote control, menggunakan sensor kemiringan dan getaran untuk mensimulasikan fungsi blackbox serta mengirimkan lokasi kecelakaan melalui SMS. Asman et al. [4] merancang sistem deteksi kecelakaan pada mobil menggunakan sensor akselerometer untuk mengukur getaran dan kecepatan, yang diintegrasikan dengan aplikasi Android guna pelacakan lokasi secara real-time. Di sisi lain, M. Akbar [5] mengembangkan alat deteksi kantuk berbasis pulse sensor yang memantau denyut nadi pengemudi dan memberikan peringatan jika denyut turun di bawah 70 BPM.

Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada satu aspek, seperti hanya mendeteksi kecelakaan atau hanya memantau kondisi kantuk pengemudi, serta belum mengimplementasikan sistem secara langsung pada perangkat wearable seperti helm. Selain itu, beberapa sistem masih mengandalkan jaringan internet berbasis GPRS yang memiliki keterbatasan jangkauan di wilayah tertentu.

Sebagai pembeda, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini mengintegrasikan dua fungsi utama deteksi kantuk dan deteksi kecelakaan dalam satu unit helm pintar. Deteksi kantuk dilakukan melalui pemantauan pola kedipan mata menggunakan sensor infrared, sementara kecelakaan dideteksi melalui analisis percepatan dan sudut kemiringan menggunakan sensor MPU6050. Informasi lokasi kecelakaan dikirimkan secara otomatis menggunakan modul GPS dan GSM, yang mampu bekerja pada wilayah dengan keterbatasan sinyal internet. Tujuan dari pengembangan ini adalah untuk menghadirkan sistem keselamatan terpadu yang mampu meningkatkan kewaspadaan pengemudi melalui peringatan dini saat terdeteksi kantuk, serta memberikan respons cepat melalui pengiriman lokasi kecelakaan secara otomatis kepada pihak keluarga, sehingga diharapkan dapat mengurangi tingkat fatalitas akibat keterlambatan penanganan.

2. METODE PENELITIAN

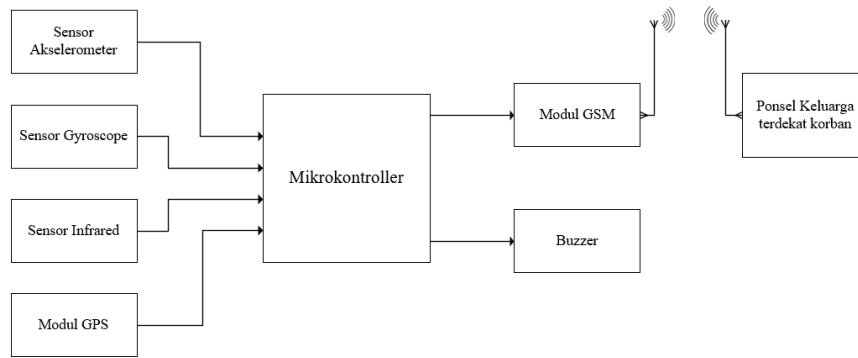
2.1 Gambaran Umum Sistem

Alat yang dibuat adalah sebuah alat keselamatan yang dipasang pada helm menggunakan modul *GPS* dan modul *GSM* untuk memberikan notifikasi lokasi ketika sensor akselerometer dan giroskop mendeteksi adanya kecelakaan kepada keluarga terdekat. Alat ini juga dilengkapi dengan alarm peringatan ketika pengemudi mengantuk melalui *buzzer* yang dipasang di dalam helm yang dideteksi oleh sensor infrared melalui kedipan mata.

2.2 Metode

Gambar 1 menjelaskan diagram blok sistem yang memiliki 4 input dan 2 output. 1 input yaitu sensor infrared digunakan untuk monitoring kondisi kantuk pengemudi melalui kedipan mata. Ketika pengemudi menutup mata lebih dari 4 detik, maka controller akan mengindikasikan bahwa pengemudi mengantuk sehingga akan segera mengirimkan sinyal kepada *buzzer* untuk memberikan peringatan berupa alarm. Alarm akan terus menyala sampai sensor infrared mendeteksi mata dari pengemudi terbuka kembali.

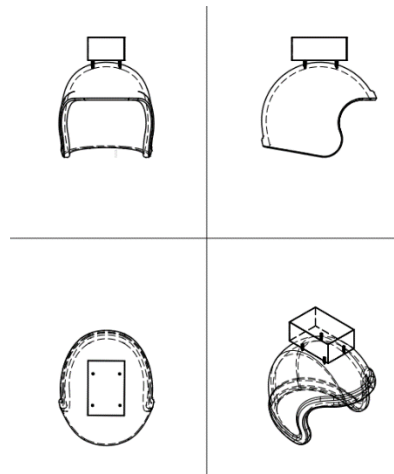
Sedangkan ketiga input lainnya yaitu sensor akselerometer, sensor giroskop dan modul *GPS* digunakan untuk memberikan informasi kecelakaan pada pengemudi. Sensor akselerometer dan sensor giroskop akan mendeteksi percepatan dan kemiringan. Ketika sensor akselerometer mendeteksi adanya percepatan lebih dari *threshold* yang ditentukan atau sensor giroskop mendeteksi kecepatan kemiringan melebihi batas maka kontroler akan mengindikasikan bahwa pengemudi mengalami kecelakaan. Kemudian kontroler akan mengirimkan sinyal ke modul *GSM* untuk memberikan notifikasi berupa SMS ke nomor keluarga terdekat korban yang telah dicantumkan pada sistem.



Gambar 1. Diagram blok sistem keseluruhan

2.3 Perancangan Mekanik

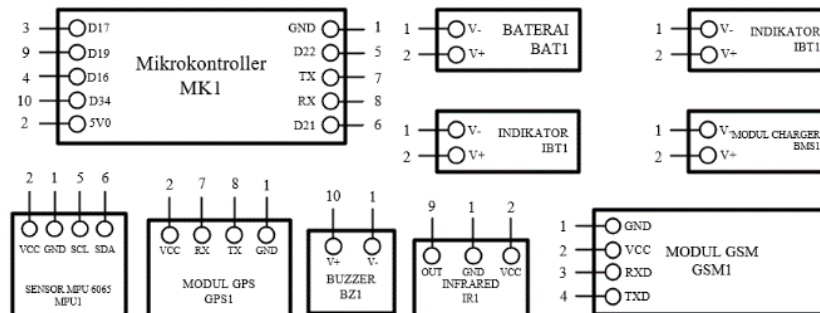
Perangkat keras dari alat ini menggunakan rangka helm standar SNI dilengkapi dengan berbagai penempatan komponen elektronik yang ditempatkan di bagian atas untuk penempatan sensor dan kontroler. Untuk daya menggunakan baterai yang disambungkan melalui kabel. Penambahan perangkat elektronik ini akan menambah bobot dari helm standar sekitar 1.5 kg agar masih nyaman ketika digunakan pengendara. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perancangan mekanik sistem

2.4 Perancangan Elektronik

Gambar 3. merupakan rangkaian elektronik yang terpasang pada sistem yang terdiri dari 4 input dan 2 output. Keempat input terdiri dari sensor infrared, sensor akselerometer, sensor giroskop dan modul GPS. Sedangkan output terdiri dari modul GSM dan Buzzer sebagai alarm.



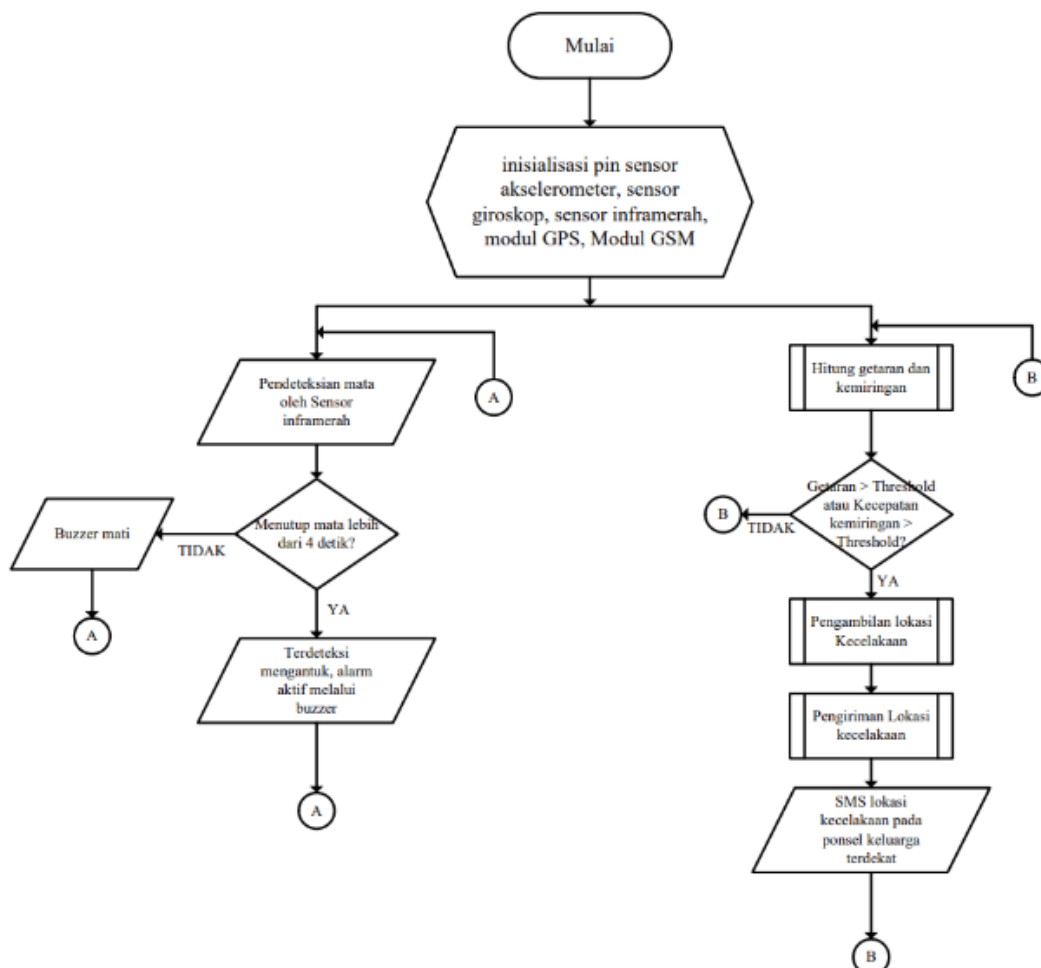
Gambar 3. Perancangan elektronik sistem

Sensor infrared bekerja dengan memantulkan cahaya inframerah yang dipancarkan ke kelopak mata pengguna sehingga pancaran kembali diterima photodiode. Ketika sensor infrared mendeteksi adanya pantulan cahaya selama lebih dari 4 detik maka sensor akan memberikan sinyal ke kontroler untuk membunyikan alarm sebagai peringatan.

Sedangkan untuk bagian deteksi kecelakaan menggunakan sensor akselerometer dan giroskop untuk mendeteksi percepatan dan kecepatan kemiringan. Ketika percepatan melebihi nilai 8g atau kecepatan kemiringan melebihi 300 °/s maka sensor mengirimkan sinyal ke kontroler yang sudah mengambil lokasi yang diberikan modul GPS untuk menghasilkan output berupa SMS melalui modul GSM.

Flowchart pada Gambar 4 menggambarkan alur kerja sistem monitoring kantuk dan deteksi kecelakaan pada helm. Sistem diawali dengan inialisasi seluruh sensor dan modul, seperti sensor inframerah, akselerometer, giroskop, GPS, dan GSM. Setelah aktif, sistem menjalankan dua proses secara paralel, yaitu pemantauan kantuk dan deteksi kecelakaan.

Pada proses pemantauan kantuk, sensor inframerah mendeteksi kondisi mata pengendara. Jika mata tertutup lebih dari 4 detik maka sensor akan memberikan logika *low* ke kontroler. Kemudian kontroler akan memberikan logika *high* ke *buzzer* untuk menyalakan alarm.



Gambar 4. Flowchart sistem

Pada proses pengiriman lokasi kecelakaan, sensor akselerometer akan memberikan sinyal analog ke kontroler berupa percepatan dan kecepatan kemiringan. Kemudian kontroler akan membandingkan hasil yang diterima dengan *threshold* yang sudah diatur yaitu 8g untuk percepatan dan 300 °/s untuk kecepatan kemiringan. Ketika sinyal yang diterima melebihi nilai *threshold*, maka kontroler akan meneruskan informasi lokasi yang diterima dari modul GPS untuk dikirimkan ke SMS melalui modul GSM.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Realisasi Mekanik

Berikut ini adalah realisasi dari perangkat keras yang telah dibuat. Perangkat keras menggunakan helm standar tanpa kaca yang ditambahkan dengan box tempat menyimpan komponen dibagian atas berukuran 9,3 cm x 7,2 cm dengan tinggi 3,5 cm. Hasil realisasi ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Realisasi mekanik sistem

3.2 Realisasi Elektronik

Pengujian aspek elektronik berisi tentang pengetesan komponen yang akan digunakan dalam sistem yang bertujuan untuk mengetahui bahwa semua aspek elektronika yang menunjang sistem yang akan dibuat berjalan dengan baik tanpa kendala.

Pengujian Sensor Infrared

Pengujian sensor infrared dilakukan dengan mengukur jarak objek dengan sensor dengan 3 sensitivitas yang diatur oleh resistor variabel internal modul. Pengukuran jarak dilakukan dengan penggaris. Cara pengukuran dilakukan dengan memberikan tegangan sumber pada modul sensor, mengatur resistor variable internal dan mengukur objek dalam jarak tertentu dengan melihat kondisi LED pada modul sensor. Data pengujian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian sensor infrared

Kondisi Potensiometer sensor	Jarak objek (cm)	Kondisi LED sensor
Kiri Maksimal (3,3 Volt)	0-3	ON
	3-18	OFF
	18-30	OFF
Setengah (1,8 Volt)	0-3	ON
	3-18	ON
	18-30	OFF
Kanan Maksimal (0 Volt)	0-3	ON
	3-18	ON
	18-30	ON

Tabel di atas menunjukkan hasil pengujian sensor infrared terhadap objek pada berbagai jarak dan posisi pengaturan potensiometer internal modul. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa sensitif sensor dalam mendeteksi keberadaan objek, dalam hal ini adalah kelopak mata pada jarak tertentu.

Dari hasil pengujian, diketahui bahwa semakin besar nilai potensiometer (ke arah kanan maksimal), maka jarak deteksi sensor juga semakin luas. Saat potensiometer berada di posisi "Kiri Maksimal" atau 3,3 volt saat diukur menggunakan *voltmeter*, sensor hanya dapat mendeteksi objek dalam jarak sangat

dekat (0–3 cm), ditandai dengan kondisi *LED* menyala. Pada posisi "Setengah" atau 1,8 volt saat diukur menggunakan *voltmeter*, jangkauan sensor meningkat hingga 18 cm, namun mulai kehilangan sensitivitas setelah jarak tersebut. Sedangkan pada posisi "Kanan Maksimal" atau 0 volt saat diukur menggunakan *voltmeter*, sensor mampu mendeteksi objek hingga jarak 30 cm dengan *LED* tetap menyala di seluruh rentang pengujian.

Pengujian Akselerometer dan Girooskop

Pengujian kedua sensor ini dilakukan bersamaan karena keduanya merupakan 1 modular yaitu *MPU6050*. Caranya dengan menghubungkan modul sensor *MPU6050* dengan mikrokontroler untuk membaca nilai x,y dan z untuk kedua sensor. Nilai ini dibaca mikrokontroler dan ditampilkan melalui serial monitor *software Arduino IDE*.

Tabel 2. Pengujian Akselerometer dan Girooskop

Posisi modul	Percepatan	Kemiringan
Normal (datar, sumbu Z ke atas)	X = 0.15, Y = -0.08, Z = 9.75	X = 0.3, Y = -0.5, Z = 0.2
90° ke depan (sumbu Y ke bawah)	X = 0.10, Y = 9.60, Z = 0.25	X = 0.8, Y = -0.2, Z = 0.5
90° ke belakang (sumbu Y ke atas)	X = -0.05, Y = -9.70, Z = 0.30	X = -0.4, Y = 0.3, Z = -0.6
90° ke kiri (sumbu X ke bawah)	X = 9.50, Y = 0.10, Z = 0.40	X = 0.7, Y = 0.1, Z = -0.4
90° ke kanan (sumbu X ke atas)	X = -9.60, Y = -0.15, Z = 0.20	X = -0.6, Y = 0.2, Z = 0.3
Terbalik (sumbu Z ke bawah)	X = 0.12, Y = -0.05, Z = -9.65	X = 0.2, Y = -0.4, Z = 0.1

Tabel 2 diatas menunjukkan nilai bervariasi oleh sensor. Variasi nilai dikarenakan modul sensor dipegang menggunakan tangan. Faktor penyebab antara lain tidak akuratnya posisi modul sehingga nilai tidak selalu sama. Selain itu nilai girooskop tidak selalu nol karena adanya pergerakan pada tangan yang memegang modul sensor.

Pengujian Modul GPS

Pengujian Modul *GPS* ini dilakukan dengan cara menghubungkan dengan mikrokontroler menggunakan komunikasi *UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)*. Modul *GPS* akan mengirimkan data *latitude* dan *longitude* seperti tertera pada Tabel 3 ke mikrokontroler. data tersebut ditampilkan ke *LCD I2C* guna mempermudah pengujian yang dilakukan di luar ruangan.

Tabel 3. Pengujian Modul GPS

Percobaan Ke -	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>
1	-6.8548089	107.5320554
2	-6.8548220	107.5320603
3	-6.8549005	107.5321201

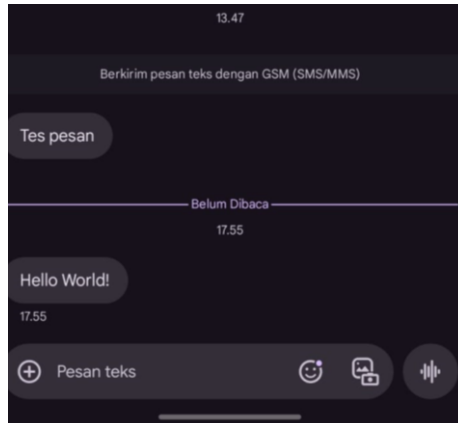
Dari hasil pengambilan lokasi di titik yang sama, terdapat deviasi koordinat meskipun tidak terjadi perpindahan lokasi secara fisik. Berdasarkan perhitungan menggunakan *Website Distance Calculator*, perbedaan antara percobaan pertama dan kedua hanya sekitar 1 meter, sedangkan antara percobaan kedua dan ketiga mencapai 4 meter.

Deviasi ini menunjukkan adanya potensi error yang wajar pada modul *GPS* berbiaya rendah. Dalam penelitian oleh Bujang et al., penggunaan modul *GPS Neo-6M* pada berbagai kondisi lingkungan menghasilkan rata-rata error sebesar 2,46 hingga 9,96 meter saat diam, dan hingga 8,38 meter saat bergerak tergantung kondisi lokasi dan keberadaan penghalang fisik seperti gedung dan pohon [10]. Rata-rata error terbesar terjadi di area yang terhalang bangunan tinggi, sedangkan lokasi terbuka memberikan akurasi yang lebih baik.

Dalam pengujian ini, nilai deviasi rata-rata sebesar 0,98 meter menunjukkan performa yang sangat baik dibandingkan hasil penelitian sebelumnya, yang kemungkinan disebabkan oleh lokasi pengujian yang lebih terbuka dan minim gangguan sinyal

Pengujian Modul GSM

Pada pengujian modul ini digunakan modul *Sim800l*. pengujian dilakukan dengan menghubungkan modul ke mikrokontroller untuk mengirim sebuah pesan ke nomor yang telah diatur pada program. Pesan disampaikan melalui SMS. Modul ini dipasang dengan kartu selular untuk mengirim pesan.



Gambar 6. Pengujian modul GSM

Gambar 6 di atas menunjukkan pesan yang diatur dalam program lalu dikirimkan oleh mikrokontroller melalui modul *GSM*. Dalam 2 kali percobaan dengan 2 pesan yang berbeda, hasil menunjukkan pengiriman pesan berhasil dan dapat diterima oleh nomor pengguna yang telah diatur. Ini menandakan bahwa modul *GSM* dapat berfungsi sebagaimana mestinya yaitu mengirim pesan melalui SMS menggunakan perintah *AT Command*.

3.3 Realisasi Sistem Keseluruhan

Bagian ini menjelaskan tentang pengujian dan analisis dari keseluruhan sistem. Pengujian dilakukan dengan membagi 2 subsistem dari sistem keseluruhan mengingat sistem ini dibagi menjadi 2 subsistem yaitu monitoring kantuk dan pengiriman lokasi saat kecelakaan.

Pengujian Monitoring Kantuk

Pada pengujian ini dilakukan dengan cara pengguna helm memakai helm dan menutup mata sebanyak waktu yang ditentukan kemudian data dicatat dan di analisis. Penghitungan waktu dilakukan dengan *stopwatch digital* pada ponsel. Data dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Pemilihan threshold durasi kedip mengacu pada penelitian yang dilakukan Philipp P. Caffier et. al. dengan meneliti durasi dari penutupan mata mengatakan bahwa pada saat kondisi tidak mengantuk, manusia berkedip dengan durasi 200 ms [6]. Kemudian mengacu juga penelitian yang dilakukan Danisman et. al. yang mengatakan penutupan mata lebih dari 400 ms merupakan kantuk dan lebih dari 800 ms merupakan tertidur [7].

Berdasarkan hasil pengujian sistem yang dikembangkan, ambang batas sebesar 1 detik atau 1000 ms dipilih untuk mendeteksi kantuk. Nilai ini disesuaikan agar sistem tidak terlalu sensitif terhadap variasi kedipan normal maupun gangguan pengukuran sesaat, sehingga dapat mengurangi risiko deteksi palsu (*false positive*) yang dapat terjadi karena noise sensor atau variabilitas individu. Namun demikian, potensi *false positive* masih tetap ada, terutama jika pengendara berkedip lebih lambat dari rata-rata secara alami atau dalam kondisi pencahayaan ekstrem yang mengganggu sensor.

Kemungkinan error dalam sistem ini dapat dibagi menjadi dua jenis utama:

False Positive: yaitu kondisi ketika sistem mendeteksi kantuk padahal pengendara masih dalam keadaan sadar. Hal ini dapat terjadi jika pengendara berkedip lebih lambat dari biasanya karena pencahayaan yang menyilaukan, kelelahan ringan tanpa mengantuk, atau efek dari penggunaan kacamata/sunglasses yang menghambat sensor inframerah.

False Negative: yaitu kondisi ketika sistem gagal mendeteksi kantuk padahal pengemudi sebenarnya mengantuk. Hal ini mungkin terjadi jika sensor tidak mendeteksi penutupan mata dengan benar karena posisi helm yang tidak presisi, sensor tidak menghadap tepat ke mata, atau adanya gangguan sinyal inframerah.

Selain itu, variabilitas individu dalam pola kedipan dan gangguan eksternal seperti getaran kendaraan, kondisi cahaya yang berubah-ubah (misalnya saat memasuki terowongan atau melintasi daerah terang-gelap), serta noise sensor juga dapat menyebabkan deviasi dalam pembacaan durasi kedipan.

Tabel 4. Pengujian *monitoring* kantuk

Pengujian Ke	Durasi Kedipan (Detik)	Durasi Threshold (Detik)	Error (Detik)
1	1,20	1	0,20
2	1,14	1	0,14
3	1,36	1	0,36
4	1,61	1	0,61
5	1,50	1	0,50
6	1,39	1	0,39
7	1,45	1	0,45
8	1,19	1	0,19
9	1,23	1	0,23
10	1,41	1	0,41
Rata – rata Error (detik)			0,348

Pengujian Pengiriman Lokasi Kecelakaan

Dilakukan pengujian mengenai *percepatan* dan kemiringan yang dikirimkan oleh sensor yang diuji di berbagai medan jalan dan juga simulasi terjatuh. Data yang diambil dari pengujian ini adalah mengukur seberapa akurat lokasi yang dikirimkan oleh modul *GPS* dan juga seberapa responsif *trigger* yang dihasilkan oleh sensor percepatan saat terjadi kecelakaan. Pengujian dilakukan beberapa kali untuk mengukur keakuratan *GPS*. Berikut hasil yang tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian simulasi kecelakaan

Kondisi Uji	Percepatan Gravitasi (g)	Kecepatan kemiringan ($^{\circ}/s$)	Kecelakaan
Jalan Rata	1,12	10,5	Tidak
	1,20	12,1	Tidak
	1,15	9,8	Tidak
	1,18	11	Tidak
	1,10	8,5	Tidak
Jalan bergelombang	2,50	50	Tidak
	3,10	65,3	Tidak
	2,80	55,2	Tidak
	2,20	47,8	Tidak
	3,00	60,6	Tidak
Jatuh dari ketinggian 1 meter	5,50	150	Tidak
	6,00	170,3	Tidak
	5,80	160,2	Tidak
	6,50	175	Tidak
	6,20	162,8	Tidak
Jatuh Cepat	9,20	320	Ya
	10,10	350,5	Ya
	9,50	300,8	Ya
	11,00	370,2	Ya
	10,80	360	Ya

Berdasarkan hasil pengujian sistem deteksi kecelakaan, sistem memberikan sinyal ketika percepatan melebihi 8g, khususnya pada kondisi "Jatuh Cepat", sementara pada skenario lain seperti "Jalan bergelombang" dan "Jatuh dari Ketinggian 1 Meter", meskipun percepatan mendekati nilai

tersebut, sistem tidak mengeluarkan sinyal kecelakaan. Ini menunjukkan bahwa nilai 8g menjadi batas minimum untuk klasifikasi kecelakaan pada konfigurasi sistem ini.

Dalam jurnal oleh Md. Syedul Amin et al. disebutkan bahwa *threshold* sebesar 5g digunakan sebagai indikator kecelakaan berat, dan nilai sementara 0.9g juga digunakan untuk simulasi tabrakan ringan, sehingga *threshold* bersifat kontekstual tergantung skenario eksperimen dan konfigurasi sensor [11]. Perbedaan karakteristik perangkat keras, jenis kendaraan, serta kondisi medan turut memengaruhi respons sensor meskipun pendekatannya serupa [8]. Oleh karena itu, penggunaan *threshold* 8g pada sistem ini ditentukan berdasarkan data lapangan dan karakteristik perangkat keras yang digunakan.

Selain itu, *threshold* untuk parameter kecepatan kemiringan sebesar 300°/s ditetapkan berdasarkan referensi dari penelitian M. Irwan et al. [9] yang menunjukkan bahwa aktivitas normal seperti berjalan, duduk, naik tangga, hingga jatuh ringan memiliki nilai di bawah ambang tersebut. Dengan demikian, sistem menggunakan nilai di atas 300°/s untuk membedakan kecelakaan serius dari aktivitas normal yang memiliki pola gerakan serupa.

Pengujian selanjutnya dilakukan untuk menguji akurasi dari sistem keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan cara simulasi jatuh cepat hingga melebihi ambang batas percepatan dan kecepatan kemiringan sehingga sistem mengirimkan pesan lokasi. Lalu pesan lokasi yang diterima dibandingkan dengan lokasi aktual (*GPS* ponsel).

Tabel 6. Pengujian pengiriman lokasi kecelakaan

Pengujian Ke	Lokasi Terkirim (Long,Lat)	Deviasi (meter)
1	-6.854760, 107.532006	0,92
2	-6.854770, 107.531991	1,10
3	-6.854769, 107.532009	1,04
4	-6.854766, 107.531991	1,02
5	-6.854774, 107.532002	1,06
6	-6.854762, 107.531994	0,77
7	-6.854761, 107.532004	0,67
8	-6.854773, 107.531992	1,26
9	-6.854765, 107.531991	1,03
10	-6.854760, 107.532006	0,86

Penelitian pengujian akurasi dilakukan dengan mensimulasikan pengambilan data lokasi oleh modul *GPS u-blox NEO-6M* dalam kondisi statis pada titik koordinat aktual (*Latitude*: -6.854765, *Longitude*: 107.532000), di mana sebanyak 10 data lokasi dihasilkan dan dibandingkan terhadap titik aktual dalam satuan meter. Hasil seperti tertera pada Tabel 6 menunjukkan rata-rata *error* sebesar 0,98 meter dengan nilai tertinggi 1,26 meter dan terendah 0,67 meter.

Sebagai pembanding, menurut penelitian oleh Bujang et al., rata-rata deviasi *GPS NEO-6M* dalam kondisi statis dapat mencapai 2,46 meter di area terbuka dan meningkat hingga lebih dari 6 meter pada lokasi dengan banyak hambatan seperti bangunan dan pepohonan, bahkan hingga 8,38 meter pada skenario bergerak seperti berjalan kaki atau mengemudi [10]. Hal ini menunjukkan bahwa lingkungan sekitar dan pergerakan modul sangat mempengaruhi akurasi *GPS*.

Sementara itu, berdasarkan datasheet resmi *u-blox NEO-6M*, akurasi horizontal posisi dalam kondisi ideal (diam, sinyal kuat) adalah sebesar 2,5 meter *CEP* (*Circular Error Probable*), sehingga hasil pengujian pada proyek ini yang menghasilkan deviasi di bawah 1 meter dapat dikatakan telah sesuai bahkan melampaui spesifikasi teknis dari modul tersebut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring kantuk serta pengiriman lokasi kecelakaan berbasis GSM yang terintegrasi pada helm, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut. Sistem mampu memberikan peringatan dini berupa alarm ketika pengemudi terdeteksi dalam kondisi kantuk berdasarkan durasi penutupan mata selama 1 detik. Dari sepuluh kali pengujian, sistem mencatat rata-rata *error* sebesar 0,348 detik. Selain itu, sistem juga dapat mendeteksi kecelakaan secara otomatis dengan menggunakan parameter percepatan dan kecepatan sudut kemiringan, masing-masing dengan ambang batas sebesar 8g dan 300°/s. Dari dua puluh kali

pengujian yang dilakukan pada dua medan jalan dan dua skenario jatuh, sebanyak lima percobaan berhasil teridentifikasi sebagai kecelakaan oleh sistem. Sistem juga mampu mengirimkan informasi lokasi kejadian melalui SMS dengan deviasi rata-rata sebesar 0,98 meter dari lokasi aktual.

Namun demikian, sistem ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Akurasi GPS dapat menurun pada lingkungan urban yang padat dengan gedung tinggi atau pohon lebat akibat efek multipath dan shadowing. Selain itu, kemungkinan terjadinya deteksi palsu (false positive) pada pemantauan kantuk masih dapat terjadi akibat variasi pola kedipan antar pengguna atau gangguan sesaat pada sensor inframerah.

Sistem ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan modul komunikasi berbasis Internet of Things (IoT) seperti modul Wi-Fi atau LTE agar informasi kecelakaan tidak hanya dikirim melalui SMS, tetapi juga dapat langsung terhubung ke dashboard monitoring berbasis web atau aplikasi mobile yang dapat diakses oleh keluarga atau petugas darurat secara real-time. Selain itu, implementasi fitur penyimpanan data historis pada microSD atau cloud server juga disarankan, guna merekam kejadian kantuk atau kecelakaan secara berkelanjutan sebagai bahan analisis risiko pengendara.

REFERENSI

- [1] Polri, "Kecelakaan lalu lintas di Indonesia didominasi oleh kendaraan roda dua," *Mediahub Polri*, Jan. 8, 2024. [Online]. Available: <https://mediahub.polri.go.id/image/detail/93819-kecelakaan-lalu-lintas-di-indonesia-didominasi-oleh-kendaraan-roda-dua>
- [2] N. Highway Traffic Safety Administration and U. Department of Transportation, "TRAFFIC SAFETY FACTS Crash • Stats," 2017.
- [3] A. Rhamdani and E. Rakhman, "Monitoring dan Notifikasi Kecelakaan Berbasis Remote Control," in *Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan (SENTRA)*, Politeknik Sukabumi, 2021.
- [4] S. Asman, W. Kasoep, and N. P. Novani, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kecelakaan dan Tracking Lokasi Mobil Berbasis Android," *CHIPSET*, vol. 2, no. 2, pp. 47–54, Oct. 2021, doi: 10.25077/chipset.2.02.47-54.2021.
- [5] M. Akbar, "Rancang Bangun Alat Anti Kantuk bagi Pengendara Bermotor," *Skripsi*, Universitas Negeri, 2021.
- [6] P. P. Caffier, U. Erdmann, and P. Ullsperger, "Experimental evaluation of eye-blink parameters as a drowsiness measure," *Eur J Appl Physiol*, vol. 89, no. 3–4, pp. 319–325, 2003, doi: 10.1007/s00421-003-0807-5.
- [7] T. Danisman, I. Bilasco, C. Djeraba, and N. Ihaddadene, *2010 International Conference on Machine and Web Intelligence : proceedings, October 03-05, 2010, Algiers, Algeria*. Lille, France: IEEE, 2010.
- [8] M. S. Amin, M. B. I. Reaz, S. S. Nasir, and M. A. S. Bhuiyan, "Low cost GPS/IMU integrated accident detection and location system," *Indian J Sci Technol*, vol. 9, no. 10, Mar. 2016, doi: 10.17485/ijst/2016/v9i10/80221.
- [9] I. Nari, S. Suprpto, and I. Kusumah, *2016 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD) : November 29-30, 2016, Bandung, Indonesia*. Bandung, Indonesia: IEEE, 2016.
- [10] S. H. Bujang, H. Suhaimi, and P. E. Abas, "Performance of low cost Global Positioning System (GPS) module in location tracking device," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing Ltd, Dec. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/991/1/012137.