

Desain dan Implementasi Sistem Deteksi Kecelakaan Berbasis Helm Menggunakan Sensor Gaya G

Adiatma Maulana Wardhana^{1*}, Akbar Sujiwa², Nenni Mona Aruan³

Jurusan Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
e-mail: adiatmamaulana02@gmail.com, akbarsujiwa.ft@upnjatim.ac.id, nenni.mona.ft@upnjatim.ac.id

Abstrak: Studi ini menggabungkan desain dan pengembangan sistem helm pintar untuk mendeteksi tingkat benturan dan memantau lokasi kecelakaan secara real-time. Sistem ini menggunakan sensor MPU6050 untuk mengukur akselerasi tiga sumbu, yang diproses menggunakan metode Signal Vector Magnitude (SVM) untuk menentukan nilai G-Force. Berdasarkan G-Force yang dihitung, benturan diklasifikasikan ke dalam kategori ringan, sedang, dan berat. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan berhasil mengklasifikasikan benturan dengan nilai G-Force rata-rata 1,08 g, 3,26 g, dan 3,92 g untuk benturan ringan, sedang, dan berat, berturut-turut. Lebih lanjut, evaluasi GPS yang dilakukan di lima lokasi luar ruangan menghasilkan kesalahan posisi rata-rata 2,31 m, menunjukkan pelacakan lokasi real-time yang andal untuk aplikasi pemantauan kecelakaan.

Kata Kunci: Helm Pintar, Deteksi Benturan, MPU6050, ESP32, Gaya G, Magnitudo Vektor Sinyal (SVM), GPS Neo-6M, Pemantauan Waktu Nyata, Deteksi Kecelakaan

Abstract: This study presents the design and development of a smart helmet system for detecting impact levels and monitoring accident locations in real time. The system utilizes an MPU6050 sensor to measure three-axis acceleration, which is processed using the Signal Vector Magnitude (SVM) method to determine G-Force values. Based on the calculated G-Force, impacts are classified into light, moderate, and severe categories. Experimental results show that the proposed system successfully classified impacts with average G-Force values of 1.08 g, 3.26 g, and 3.92 g for light, moderate, and severe impacts, respectively. Furthermore, GPS evaluation conducted at five outdoor locations produced an average positioning error of 2.31 m, demonstrating reliable real-time location tracking for accident monitoring applications.

Keywords: Model Ising, Monte Carlo Simulations, Meteropolis Algorithm, Phase Transition Smart Helmet, Impact Detection, MPU6050, ESP32, G-Force, Signal Vector Magnitude (SVM), GPS Neo-6M, Real-Time Monitoring, Accident Detection

Perkembangan teknologi transportasi, khususnya sepeda motor, telah meningkatkan mobilitas masyarakat secara signifikan. Namun, meningkatnya jumlah penggunaan sepeda motor juga berdampak pada meningkatnya risiko kecelakaan lalu lintas. Pengendara sepeda motor merupakan salah satu kelompok pengguna jalan yang paling rentan mengalami cedera karena tidak memiliki perlindungan struktural sebagaimana pada kendaraan roda empat. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi yang tidak hanya memberikan perlindungan fisik, tetapi juga mampu mendukung sistem pendeteksi kecelakaan secara otomatis sehingga dapat mempercepat proses penanganan darurat dan meningkatkan keselamatan pengendara [1].

Helm konvensional pada umumnya hanya berfungsi sebagai alat pelindung pasif dan belum mampu mendeteksi terjadinya kecelakaan. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, teknologi smart helmet mulai banyak dikembangkan dengan mengintegrasikan sensor akselerometer yang mampu mendeteksi perubahan percepatan secara tiba-tiba akibat benturan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis akselerometer dapat mengidentifikasi gerakan abnormal serta mendeteksi kejadian kecelakaan melalui analisis nilai percepatan yang dibandingkan dengan nilai ambang (threshold) yang telah ditentukan [2] [5].

Desain dan Implementasi Sistem Deteksi Kecelakaan Berbasis Helm Menggunakan Sensor Gaya G

Selain itu, integrasi sensor akselerometer dengan modul GPS serta teknologi komunikasi nirkabel memungkinkan informasi kecelakaan dikirimkan bersamaan dengan lokasi pengendara secara real-time. Beberapa penelitian melaporkan bahwa kombinasi sensor akselerometer, GPS, dan komunikasi Bluetooth mampu meningkatkan kinerja sistem pemantauan kecelakaan melalui kemampuan deteksi benturan sekaligus pelacakan lokasi, sehingga proses penanganan darurat dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efektif [6]–[10]. Di sisi lain, teknologi Bluetooth menawarkan solusi komunikasi nirkabel dengan konsumsi daya yang rendah sehingga memungkinkan proses transmisi data dari sistem tertanam (embedded system) menuju smartphone secara real-time tanpa memerlukan media kabel [11] [12].

Meskipun berbagai penelitian telah berhasil menerapkan sensor akselerometer, modul GPS, dan komunikasi nirkabel untuk mendeteksi kecelakaan, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada identifikasi kejadian kecelakaan tanpa memberikan klasifikasi tingkat benturan secara rinci. Selain itu, penelitian yang melakukan evaluasi kuantitatif terhadap karakteristik benturan menggunakan metode Signal Vector Magnitude (SVM) sekaligus menganalisis performa akurasi GPS pada sistem berbasis helm masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan sebuah modul smart helmet yang mengintegrasikan pengukuran G-Force berbasis sensor MPU6050, pengolahan data menggunakan metode Signal Vector Magnitude (SVM), pelacakan lokasi menggunakan GPS, serta komunikasi Bluetooth untuk mendukung pemantauan kecelakaan secara real-time. Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada penerapan klasifikasi tingkat benturan secara kuantitatif berdasarkan nilai rata-rata G-Force yang dipadukan dengan analisis ralat (error) posisi GPS, sehingga menghasilkan evaluasi kinerja sistem pendeteksi kecelakaan yang lebih komprehensif

METODE

Studi ini mengadopsi pendekatan desain teknik yang dikombinasikan dengan analisis kuantitatif, yang melibatkan desain sistem, implementasi, dan pengujian helm pintar untuk deteksi benturan. Penelitian ini terstruktur menjadi beberapa tahapan, termasuk desain sistem, pengolahan data, dan evaluasi kinerja. Sistem ini dikembangkan untuk mendeteksi peristiwa benturan menggunakan data sensor dan mengirimkan hasilnya secara real-time. Selanjutnya, proses evaluasi dilakukan berdasarkan parameter terukur seperti nilai G-Force, waktu respons, lokasi, dan akurasi deteksi untuk menilai efektivitas sistem yang diusulkan.

Tahapan Penelitian

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah modul helm pintar yang dirancang untuk mendeteksi benturan menggunakan sensor MPU6050 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Sensor MPU6050 mengukur percepatan dan kecepatan sudut dalam tiga sumbu (x , y , dan z), yang digunakan untuk mendeteksi perubahan gerakan mendadak yang mengindikasikan tabrakan. ESP32 memproses data sensor dan melakukan perhitungan waktu nyata untuk menentukan besarnya benturan. Lebih lanjut, sistem ini dilengkapi dengan modul GPS, khususnya modul GPS Neo-6M, untuk mendapatkan lokasi pengendara dalam koordinat lintang dan bujur pada saat benturan. Modul GPS terus menerima sinyal satelit dan memberikan data posisi, yang kemudian dikombinasikan dengan hasil deteksi benturan.

Data yang diproses ditransmisikan melalui Bluetooth ke perangkat pemantauan secara waktu nyata. Data yang ditransmisikan mencakup nilai G-Force, klasifikasi benturan, lintang, dan bujur. Format data terstruktur ini memungkinkan pemantauan yang efisien dan dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem berbasis cloud untuk aplikasi IoT yang lebih luas. Modul ini ditempatkan di bagian luar helm untuk memastikan deteksi yang akurat berdasarkan kondisi pengendara.

Sistem Desain

Sistem yang diusulkan adalah modul helm pintar yang dirancang untuk mendeteksi benturan menggunakan sensor MPU6050 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Sensor MPU6050 mengukur percepatan di sepanjang tiga sumbu (x , y , dan z), sementara ESP32 memproses data secara real-time. Sistem perangkat keras terdiri dari sensor MPU6050, ESP32, Neo 6M, Modul Pengisi Daya, Modul Peningkat Tegangan, Sakelar, LED, Baterai LI-Po, Resistor, dan bel. Semua komponen tertanam dalam struktur helm untuk memastikan deteksi peristiwa benturan yang akurat langsung dari posisi kepala pengendara. Desain modul diilustrasikan pada Gambar 1.



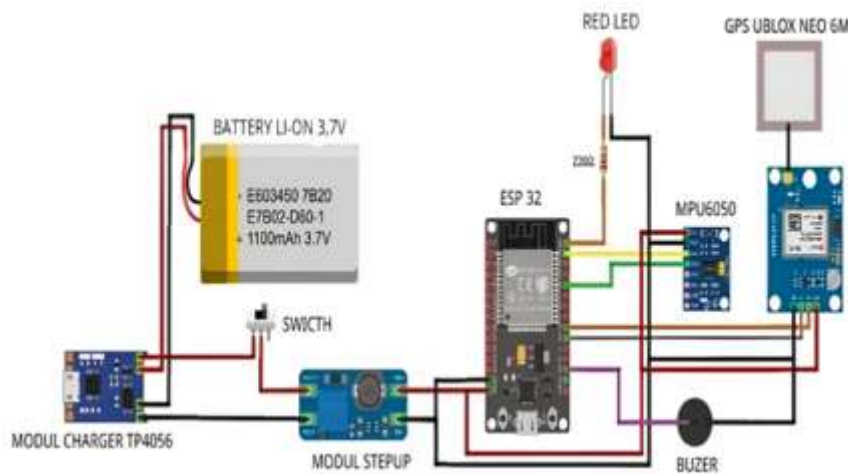
(a)



(b)

Gambar 1.1 (a) Desain Modul dan (b) Posisi penempatan modul di helm

Desain keseluruhan modul helm pintar disajikan untuk mengilustrasikan integrasi fisik dan konfigurasi elektronik sistem. Gambar 1(a) menunjukkan desain modul, menyoroti penempatan komponen utama pada helm untuk memastikan kinerja optimal dan keselamatan pengguna. Sementara itu, Gambar 2 menyajikan diagram pengkabelan sistem, yang merinci interkoneksi antar komponen seperti ESP32, sensor MPU6050, modul GPS, dan catu daya. Konfigurasi pengkabelan ini memastikan akuisisi, pemrosesan, dan komunikasi data yang tepat di dalam sistem. Bersama-sama, gambar-gambar ini memberikan gambaran komprehensif tentang bagaimana desain perangkat keras dan koneksi listrik diintegrasikan untuk mendukung deteksi dan pemantauan kecelakaan secara real-time



Gambar 1. 2 Komponen yang digunakan

Pemrosesan Data dan Klasifikasi Dampak

Sistem ini terus menerus membaca data percepatan dari sensor MPU6050 dan memrosesnya menggunakan ESP32. Percepatan total dihitung menggunakan metode Signal Vector Magnitude (SVM) untuk menentukan nilai G-Force. Sensor MPU6050 mengukur percepatan sepanjang tiga sumbu, yaitu sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Data keluaran dari sensor berupa data digital mentah (nilai integer), yang mewakili sinyal percepatan di setiap sumbu. Data percepatan mentah dikonversi ke satuan gravitasi (g) menggunakan skala sensitivitas sensor, nilai sensitivitasnya adalah 16384 LSB/g. Nilai percepatan mentah dikonversi ke satuan gravitasi (g) menggunakan skala sensitivitas MPU6050 sebagai berikut:

$$a_x = \frac{raw_x}{16384}, a_y = \frac{raw_y}{16384}, a_z = \frac{raw_z}{16384} \dots\dots\dots (1)$$

Di mana raw_x, raw_y, raw_z mewakili nilai percepatan mentah yang diukur oleh sensor MPU6050 sepanjang sumbu x, y, dan z, masing-masing. Nilai konstan 16384 LSB/g adalah faktor skala sensitivitas MPU6050 yang dikonfigurasi dalam rentang pengukuran ± 2 g. Proses konversi mengubah output sensor mentah menjadi nilai percepatan yang dinyatakan dalam satuan gravitasi (g), berdasarkan lembar data MPU6050 [16].

Setelah mengkonversi nilai percepatan ke dalam satuan gravitasi, percepatan resultan dihitung menggunakan metode Signal Vector Magnitude (SVM), metode ini menggabungkan nilai percepatan dari ketiga sumbu menjadi satu nilai skalar tunggal:

$$SVM = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2 + (a_z)^2} \dots\dots\dots (2)$$

di mana a_x, a_y, a_z mewakili nilai percepatan yang dinormalisasi pada sumbu x, y, dan z, masing-masing. Magnitudo Vektor Sinyal (SVM) mewakili percepatan resultan dengan menggabungkan nilai percepatan dari ketiga sumbu menjadi satu nilai skalar terlepas dari arah benturan. Oleh karena itu, nilai SVM yang dihitung digunakan sebagai parameter G-Force untuk klasifikasi benturan.[13]

Nilai SVM yang dihitung kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat benturan berdasarkan ambang batas G-Force yang telah ditentukan. Nilai ambang batas ditentukan melalui pengamatan eksperimental awal dan didukung oleh studi sebelumnya tentang deteksi kecelakaan berbasis akselerometer. Benturan dengan nilai G-Force di bawah 2g umumnya mewakili getaran normal atau benturan ringan yang tidak mungkin menunjukkan kecelakaan. Nilai antara 2 g dan 3,5 g sesuai dengan benturan sedang yang mungkin mewakili peristiwa tabrakan yang memerlukan perhatian lebih lanjut, sedangkan benturan di atas 3,5 g menunjukkan tabrakan parah dengan probabilitas lebih tinggi menyebabkan cedera serius. Ambang batas ini memungkinkan sistem yang diusulkan untuk membedakan berbagai tingkat benturan sekaligus meminimalkan deteksi palsu yang disebabkan oleh kondisi berkendara normal.

Pengujian dan Evaluasi

Sistem dievaluasi melalui pengujian eksperimental dengan mensimulasikan benturan pada ketinggian yang berbeda untuk menghasilkan berbagai tingkat gaya. Skenario pengujian meliputi menjatuhkan helm dari ketinggian 1,5 m, 1,6 m, dan 1,7 m. Setiap pengujian diulang beberapa kali untuk memastikan konsistensi dan keandalan data. Parameter evaluasi meliputi hasil pengukuran G-Force, waktu respons sistem, akurasi klasifikasi benturan, dan akurasi lokasi. Waktu respons diukur dari saat benturan terjadi hingga data berhasil ditransmisikan ke perangkat pemantauan.

Selain itu, sistem mengevaluasi akurasi data lokasi yang diperoleh dari modul GPS, yang menyediakan koordinat lintang dan bujur selama peristiwa benturan. Parameter ini penting untuk memastikan bahwa lokasi kecelakaan yang terdeteksi dapat digunakan secara andal untuk respons darurat. Hasilnya dianalisis untuk menentukan efektivitas, stabilitas, dan keandalan sistem dalam kondisi waktu nyata

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian variasi benturan dilakukan menggunakan variasi benturan 1,5 m, 1,6 m, dan 1,7 m, di mana setiap ketinggian disesuaikan untuk mewakili posisi pengendara di sepeda motor. Pengaturan eksperimental terdiri dari mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor MPU6050 untuk mengukur percepatan dan mendeteksi intensitas benturan, serta modul GPS Neo-6M untuk menangkap data lokasi secara real-time. Seluruh sistem ditenagai oleh baterai polimer litium dan dirakit pada papan sirkuit tercetak, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 1. 3 Hasil jadi modul

Klasifikasi Dampak Berdasarkan Pengukuran Gaya G

Sistem ini mengklasifikasikan tingkat benturan menjadi tiga kategori: ringan, sedang, dan berat berdasarkan ambang batas G-Force, Tabel 1. Tabel 1 menyajikan hasil gabungan klasifikasi benturan berdasarkan pengukuran G-Force.

Tabel 1 Hasil pembacaan benturan

Ketinggian (m)	Kategori	ax	ay	az	G-Force (g)
1.5m	Ringan	1200	-800	15000	1.05
1.5m	Ringan	1300	-850	15100	1.08
1.5m	Ringan	1400	-900	15200	1.10
1.5m	Ringan	1250	-820	15050	1.06
1.5m	Ringan	1350	-870	15150	1.09
1.6m	Sedang	32767	32767	32767	3.46
1.6m	Sedang	32767	-32767	20424	3.09
1.6m	Sedang	32767	32767	32767	3.46
1.6m	Sedang	-12076	-32768	32767	2.92
1.6m	Sedang	-32768	29580	32767	3.36
1.7m	Berat	8000	-3000	12000	3.80
1.7m	Berat	8200	-3200	11800	4.00
1.7m	Berat	8500	-3400	11500	4.20
1.7m	Berat	7800	-2900	12100	3.70
1.7m	Berat	8300	-3100	11900	3.90

Tabel 1 menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan berhasil membedakan tiga tingkat benturan berdasarkan nilai G-Force yang dihitung. Nilai G-Force rata-rata yang diperoleh adalah 1,08 g untuk benturan ringan, 3,26 g untuk benturan sedang, dan 3,92 g untuk benturan berat. Hasil ini menunjukkan peningkatan yang jelas dalam besaran percepatan seiring dengan peningkatan intensitas benturan. Lebih lanjut, nilai yang diukur tetap berada dalam rentang ambang batas yang telah ditentukan, menunjukkan bahwa metode klasifikasi yang diusulkan memberikan kategorisasi benturan yang konsisten.

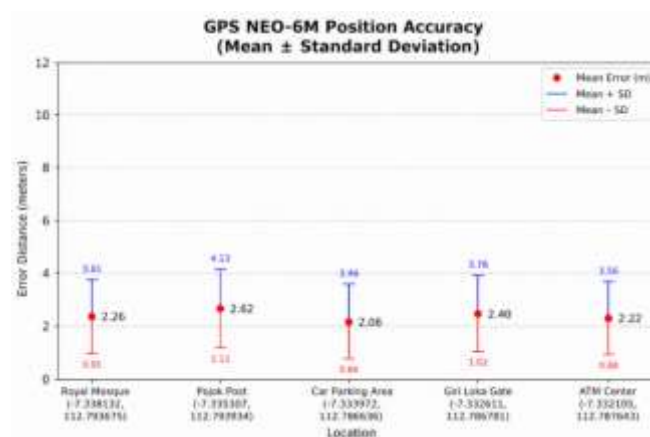
Dibandingkan dengan sistem deteksi kecelakaan berbasis akselerometer sebelumnya, metode yang diusulkan memberikan klasifikasi benturan yang lebih detail dengan memisahkan peristiwa tabrakan menjadi tiga tingkat keparahan, bukan hanya mendeteksi kejadian kecelakaan. Pendekatan ini memungkinkan pemantauan kecelakaan yang lebih informatif karena respons darurat dapat diprioritaskan sesuai dengan tingkat benturan yang terdeteksi.



Gambar 1.4 Pembacaan di bluetooth

Analisis Pelacakan Lokasi

Gambar 4 menyajikan hasil pelacakan lokasi yang diperoleh selama pengujian benturan. Sistem berhasil merekam dan mengirimkan data lokasi dalam bentuk koordinat lintang dan bujur untuk setiap kejadian benturan yang terdeteksi. Semua entri data menunjukkan status "Ter kirim", yang mengindikasikan bahwa komunikasi antara sistem dan perangkat pemantauan beroperasi dengan benar tanpa kegagalan transmisi.



Gambar 1. 5 Grafik lokasi akurasi

Kinerja GPS dievaluasi di lima lokasi luar ruangan yang berbeda. Kesalahan posisi rata-rata yang diperoleh adalah 2,26 m, 2,62 m, 2,06 m, 2,40 m, dan 2,22 m, menghasilkan kesalahan posisi rata-rata keseluruhan sebesar 2,31 m. Variasi yang relatif kecil di antara lokasi pengukuran menunjukkan bahwa modul GPS Neo-6M memberikan kinerja posisi yang stabil dalam kondisi luar ruangan.

Kesalahan posisi terkecil diamati di Area Parkir Mobil (2,06 m), sedangkan kesalahan terbesar terjadi di Pos Pojok (2,62 m). Perbedaan ini terutama dipengaruhi oleh geometri satelit dan kondisi lingkungan sekitarnya. Meskipun demikian, semua pengukuran tetap di bawah 3 m, menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan cukup akurat untuk pelaporan lokasi kecelakaan secara real-time.

Akurasi posisi GPS yang diperoleh sebanding dengan sistem pemantauan kecelakaan berbasis GPS sebelumnya yang dilaporkan dalam literatur, yang umumnya mencapai kesalahan posisi dalam beberapa meter dalam kondisi langit terbuka [9], [10]. Oleh karena itu, sistem yang diusulkan dianggap cocok untuk aplikasi pelacakan lokasi darurat.



Gambar 1.6 Lokasi terjadinya benturan

Secara keseluruhan, hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem helm pintar yang diusulkan mampu mengklasifikasikan tingkat keparahan benturan secara andal berdasarkan pengukuran gaya G sekaligus memberikan informasi lokasi GPS yang akurat. Integrasi deteksi benturan dan pelacakan lokasi meningkatkan efektivitas pemantauan kecelakaan dan mendukung respons darurat yang lebih cepat..

PENUTUP

Studi ini berhasil mengembangkan sistem helm pintar yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan tingkat keparahan benturan menggunakan metode Signal Vector Magnitude (SVM) berdasarkan data akselerasi MPU6050. Hasil eksperimen menunjukkan nilai G-Force rata-rata 1,08 g, 3,26 g, dan 3,92 g untuk benturan ringan, sedang, dan berat, masing-masing. Selain itu, evaluasi GPS di lima lokasi luar ruangan menghasilkan kesalahan posisi rata-rata 2,31 m, menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan mampu memberikan informasi lokasi kecelakaan secara real-time yang andal.

Kontribusi utama penelitian ini adalah integrasi klasifikasi benturan berbasis G-Force, pelacakan lokasi GPS, dan komunikasi Bluetooth ke dalam modul helm pintar yang ringkas untuk pemantauan kecelakaan secara real-time. Dibandingkan dengan sistem deteksi kecelakaan konvensional yang hanya mengidentifikasi peristiwa tabrakan, sistem yang diusulkan memberikan informasi tambahan mengenai tingkat keparahan benturan, yang dapat mendukung respons darurat yang lebih efektif.

Meskipun demikian, studi ini memiliki beberapa keterbatasan. Evaluasi eksperimental dilakukan di bawah skenario benturan terkontrol menggunakan ambang batas G-Force yang telah ditentukan sebelumnya, dan kinerja GPS hanya dievaluasi di lingkungan luar ruangan. Oleh karena itu, pekerjaan selanjutnya akan berfokus pada validasi sistem yang diusulkan dalam kondisi berkendara di dunia nyata, mengimplementasikan algoritma pembelajaran mesin adaptif untuk klasifikasi dampak otomatis, dan mengintegrasikan teknologi komunikasi berbasis cloud untuk meningkatkan keandalan pemantauan dan kinerja respons darurat.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Sneha D. Dhere, Shravani Aher, Revati Agalme, and Mayuri Kachake, "Smart helmet for accident detection and prevention using IoT," *Int. J. Sci. Res. Arch.*, vol. 15, no. 1, pp. 1537–1543, Apr. 2025, doi: 10.30574/ijrsra.2025.15.1.1214.
- [2] A. Kumar and N. Marwaha, "A Review on Accident Detection and Monitoring System," *Int. J. Eng. Res.*, vol. 15, no. 04, 2026.
- [3] M. T. A. Amir and Y. Y. Kerlooza, "Sistem Pendeteksi Kecelakaan Kendaraan Bermotor Menggunakan Arduino Dan Smartphone Android," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali Dan Elektron. Terap.*, vol. 8, no. 2, pp. 105–112, Apr. 2021, doi: 10.34010/telekontran.v8i2.4570.

- [4] K. Amiroh, "Pendeteksian Kecelakaan Real-Time menggunakan Algoritma KNN untuk Mendukung Smart City berbasis IoT," *J. Sist. Dan Teknol. Inf. JustIN*, vol. 10, no. 4, p. 453, Dec. 2022, doi: 10.26418/justin.v10i4.48417.
- [5] G. Gumilar and H. H. Rachmat, "Sistem Pendeteksi Jatuh Wireless Berbasis Sensor Accelerometer," *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi Dan Kontrol*, vol. 4, no. 2, pp. 132–141, Nov. 2018, doi: 10.15575/telka.v4n2.132-141.
- [6] M. T. A. Amir and Y. Y. Kerlooza, "Sistem Pendeteksi Kecelakaan Kendaraan Bermotor Menggunakan Arduino Dan Smartphone Android," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali Dan Elektron. Terap.*, vol. 8, no. 2, pp. 105–112, Apr. 2021, doi: 10.34010/telekontran.v8i2.4570.
- [7] M. J. Finlando, K. A. Nugraha, and L. K. P. Saputra, "Pendeteksi Kecelakaan Lalu Lintas Menggunakan Akselerometer dan GPS Location pada Aplikasi Android," *J. Terap. Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–11, Jul. 2021, doi: 10.21460/jutei.2020.41.189.
- [8] A. Sujiwa and W. Widodo, "Rancang Bangun Drone Pemadam Otonom dengan Mekanisme Water Bombing Berbasis Navigasi Waypoint GPS," *Voteteknika Vocat. Tek. Elektron. Dan Inform.*, vol. 11, no. 4, p. 401, Dec. 2023, doi: 10.24036/voteteknika.v11i4.125961.
- [9] Marcellinus Julian Finlando¹, , Kristian Adi Nugraha², and , Laurentius Kuncoro Probo Saputra³, "Pendeteksi Kecelakaan Lalu Lintas Menggunakan Akselerometer dan GPS Location pada Aplikasi Android".
- [10] A. Sujiwa and I. Santoso, "Automatic Coffee Maker Machine Based on Internet of Things (IoT)," *BEST J. Appl. Electr. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 01, p. 1, Mar. 2022, doi: 10.36456/best.vol4.no01.5343.
- [11] Z. T. Al-Dahan, N. K. Bachache, and L. N. Bachache, "Design and Implementation of Fall Detection System Using MPU6050 Arduino," in *Inclusive Smart Cities and Digital Health*, vol. 9677,
- [12] C. K. Chang, L. Chiari, Y. Cao, H. Jin, M. Mokhtari, and H. Aloulou, Eds., in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 9677. , Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 180–187. doi: 10.1007/978-3-319-39601-9_16.