

IMPLEMENTASI FUZZY LOGIC PADA SISTEM KESELAMATAN PENGENDARA BERMobil BERBASIS MIKROKONTROLER

Gagak Firasanto^{1*}, Andriani², Donie Agus Ardianto³, Ariyawan Sunardi⁴, Pranoto Budi Laksono⁵

¹⁻⁵Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pamulang; Jl. Witana Harja No.18b, Pamulang Bar., Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15417

Keywords:

Fuzzy Logic, Mikrokontroler, Keselamatan Berkendara, MQ-3, GPS.

Correspondent Email:

dosen02634@unpam.ac.id

Abstrak. Tingginya angka kecelakaan lalu lintas sering kali dipicu oleh kondisi fisik pengemudi yang tidak prima, seperti pengaruh alkohol atau rasa kantuk. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem keselamatan pengemudi mobil berbasis mikrokontroler dengan implementasi metode *Fuzzy Logic*. Sistem menggunakan Arduino Uno sebagai pusat kendali, sensor MQ-3 untuk mendeteksi kadar alkohol, dan sensor *accelerometer* untuk memantau kemiringan kepala sebagai indikasi kantuk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MQ-3 memiliki akurasi sebesar 58% pada jarak deteksi 20 cm. Logika *Fuzzy Mamdani* berhasil mengklasifikasikan tingkat risiko pengemudi menjadi tiga kategori: normal, waspada, dan bahaya. Saat kondisi bahaya terdeteksi, sistem secara otomatis memutus aliran kelistrikan kendaraan melalui *relay* dan mengirimkan lokasi koordinat melalui SMS Gateway dengan rata-rata waktu respons 11,6 detik dan selisih jarak GPS sebesar 205 meter. Sistem ini diharapkan dapat menjadi langkah preventif dalam menekan angka kecelakaan akibat faktor kelalaian pengemudi.

Abstract. High rates of traffic accidents are often triggered by the driver's poor physical condition, such as the influence of alcohol or drowsiness. This research aims to design a microcontroller-based car driver safety system with the implementation of the *Fuzzy Logic* method. The system uses Arduino Uno as the control center, an MQ-3 sensor to detect alcohol levels, and an *accelerometer* sensor to monitor head tilt as an indication of drowsiness. The test results show that the MQ-3 sensor has an accuracy of 58% at a detection distance of 20 cm. Mamdani Fuzzy Logic successfully classified the driver's risk level into three categories: normal, alert, and danger. When a dangerous condition is detected, the system automatically cuts off the vehicle's electricity through a relay and sends coordinate locations via SMS Gateway with an average response time of 11.6 seconds and a GPS distance margin of 205 meters. This system is expected to be a preventive measure in reducing accident rates due to driver negligence factors.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

1. PENDAHULUAN

Angka kecelakaan lalu lintas di Indonesia masih menunjukkan tren yang memprihatinkan, di mana sebagian besar insiden disebabkan oleh faktor kelalaian manusia (*human error*). Berdasarkan data statistik, kondisi fisik pengemudi yang tidak prima, terutama akibat

pengaruh konsumsi alkohol dan kelelahan yang berujung pada kantuk, menjadi pemicu utama kegagalan dalam mengendalikan kendaraan secara stabil [2]. Pengaruh alkohol secara signifikan menurunkan waktu reaksi motorik, sementara kantuk dapat menyebabkan hilangnya kesadaran sesaat (*microsleep*) yang

berakibat fatal bagi keselamatan pengguna jalan [4].

Upaya mitigasi melalui pengembangan teknologi sistem keamanan kendaraan terus dilakukan untuk meminimalisir risiko tersebut. Implementasi sistem monitoring berbasis mikrokontroler telah terbukti efektif dalam melakukan tindakan preventif pada berbagai perangkat elektronika. Sebagaimana penelitian terdahulu yang menerapkan sistem proteksi pada *power amplifier* menggunakan mikrokontroler untuk mencegah kerusakan beban akibat kondisi abnormal [1], prinsip proteksi serupa dapat diadaptasi ke dalam sistem keamanan otomotif untuk memutus sistem kelistrikan kendaraan saat kondisi pengemudi dianggap membahayakan.

Meskipun perangkat deteksi alkohol dan kantuk telah banyak dikembangkan, namun integrasi antara akurasi logika keputusan dan sistem notifikasi darurat masih perlu ditingkatkan. Penggunaan sensor kimia seperti MQ-3 seringkali menghadapi kendala dalam hal sensitivitas terhadap jarak, sehingga diperlukan metode pemrosesan data yang lebih adaptif. Pendekatan *Fuzzy Logic* (logika samar) metode Mamdani dipilih dalam penelitian ini karena kemampuannya dalam mengolah input sensor yang bersifat tidak pasti menjadi sebuah keputusan tingkat risiko yang lebih objektif (normal, waspada, atau bahaya) dibandingkan dengan sistem logika binary konvensional. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan rancang bangun sebuah sistem keselamatan pengemudi mobil yang terintegrasi. Sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai pemutus arus kelistrikan kendaraan (*engine cut-off*) melalui *relay* saat pengemudi terdeteksi mabuk, tetapi juga dilengkapi dengan fitur pelacakan lokasi berbasis GPS NEO-6M dan pengiriman pesan darurat otomatis melalui modul SIM 900. Dengan adanya integrasi ini, diharapkan penanganan darurat dapat dilakukan secara lebih cepat dan akurat oleh pihak keluarga atau otoritas terkait jika terjadi situasi kritis di perjalanan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Arduino Uno*

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P yang berfungsi sebagai pusat kendali utama dalam sistem. Perangkat ini

memiliki 14 pin input/output digital dan 6 input analog yang digunakan untuk mengolah data dari sensor dan mengontrol modul output secara *real-time* [9].



Gambar 1. Arduino Uno

2.2. *Sensor MQ-3*

Sensor MQ-3 adalah sensor gas yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap uap alkohol (etanol). Sensor ini bekerja dengan prinsip perubahan konduktivitas material sensor ketika terpapar gas, yang kemudian dikonversi menjadi tegangan analog untuk diproses oleh mikrokontroler [10].



Gambar 2. Sensor MQ-3

2.3. *Sensor Accelerometer ADXL345*

Sensor akselerometer digunakan untuk mendeteksi perubahan kemiringan objek berdasarkan percepatan gravitasi pada sumbu x, y, dan z. Dalam sistem ini, sensor dipasang pada pengemudi untuk memantau sudut kemiringan kepala sebagai parameter deteksi kantuk [11].



Gambar 3. Sensor Accelerometer

2.4. *Modul GSM SIM900*

Modul SIM900 merupakan perangkat komunikasi seluler yang memungkinkan pengiriman data melalui layanan SMS (*Short Message Service*). Modul ini digunakan untuk mengirimkan pesan peringatan dan koordinat lokasi darurat kepada pihak keluarga pengemudi [13].



Gambar 4. Modul GSM SIM900

2.5. Modul GPS NEO-6M

Global Positioning System (GPS) tipe NEO-6M berfungsi untuk menerima sinyal satelit guna menentukan koordinat posisi (garis lintang dan garis bujur) secara akurat. Data lokasi ini diintegrasikan dengan modul GSM untuk keperluan pelacakan kendaraan [12].



Gambar 5. Modul GPS NEO-6M

2.6. Relay

Relay adalah saklar elektronik yang dioperasikan secara elektromagnetik. Pada sistem keselamatan ini, *relay* berfungsi sebagai pemutus arus pada sistem kelistrikan kendaraan (*ignition coil*) apabila pengemudi terdeteksi dalam kondisi bahaya [6].



Gambar 6. Relay

2.7. Fuzzy Logic

Logika *fuzzy* merupakan metodologi pengambilan keputusan yang merepresentasikan ketidakpastian dalam bentuk variabel linguistik. Metode Mamdani digunakan untuk memproses input sensor alkohol dan kemiringan kepala guna menghasilkan kategori risiko: normal, waspada, atau bahaya [15].

2.8. LCD (Liquid Crystal Display)

LCD 16x2 digunakan sebagai media antarmuka untuk menampilkan informasi visual mengenai kadar alkohol dan status kondisi pengemudi secara langsung di dalam kabin mobil [6].

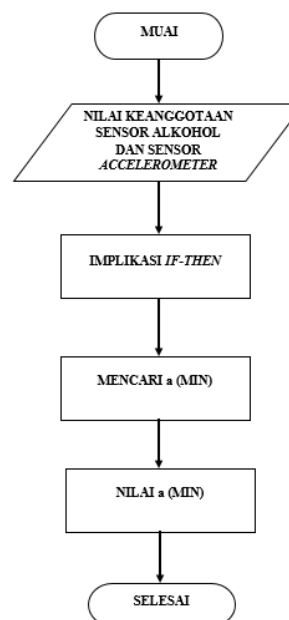


Gambar 7. LCD 16x2

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Proses penelitian dilaksanakan melalui serangkaian tahapan terukur guna memastikan sistem keselamatan dapat beroperasi sesuai spesifikasi yang direncanakan. Tahapan dimulai dari perancangan arsitektur sistem, studi literatur mengenai sensor gas dan logika *fuzzy*, hingga tahap implementasi perangkat keras dan pengujian performa alat.



Gambar 8. Tahapan Penelitian

Penjelasan dari diagram alir inferensi menunjukkan proses pengambilan keputusan sistem secara hierarkis. Alur ini dimulai dari tahap input di mana sensor menangkap data fisik, yang kemudian diproses melalui tahap *fuzzifikasi* untuk mengubah nilai tegas menjadi variabel linguistik. Selanjutnya, mesin inferensi

mengevaluasi basis aturan (*rule base*) untuk menentukan tindakan yang harus diambil oleh sistem, apakah memberikan peringatan ringan atau melakukan pemutusan arus kendaraan.

3.2. Alat Dan Bahan

Keberhasilan sistem ini sangat bergantung pada pemilihan perangkat keras yang memiliki tingkat sensitivitas dan respons yang baik terhadap perubahan kondisi lingkungan. Perangkat utama meliputi mikrokontroler sebagai pusat kendali, sensor gas untuk deteksi uap alkohol, serta modul komunikasi seluler untuk pelaporan lokasi darurat. Rincian material yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

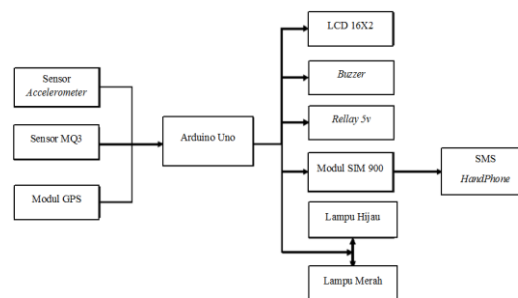
Tabel 1. Nama dan jumlah Komponen yang digunakan

Daftar Komponen		
No	Nama Komponen	Jumlah
1.	Arduino Uno	1 Pcs
2.	Sensor MQ 3	1 Pcs
3.	Modul SIM 900A	1 Pcs
4.	Relay	2 Pcs
5.	Module GPS NEO Ublok6	1 Pcs
6.	LCD 2x16	1 Pcs
7.	I2C LCD	1 Pcs
8.	Buzzer	1 Pcs
9.	Lampu indicator warna merah	2 Pcs
10.	Lampu indicator warna hijau	2 Pcs
11.	Sensor Accelerometer	1 Pcs

Komponen-komponen di atas dipilih berdasarkan kebutuhan sistem yang memerlukan integrasi antara deteksi kimia (alkohol) dan deteksi fisik (kemiringan kepala). Perangkat lunak Arduino IDE digunakan sebagai platform utama untuk pengembangan algoritma sistem menggunakan bahasa pemrograman C++.

3.3. Blok Diagram

Integrasi sistem secara keseluruhan digambarkan melalui diagram blok yang menghubungkan parameter input, proses pengolahan, dan respons output pada kendaraan.



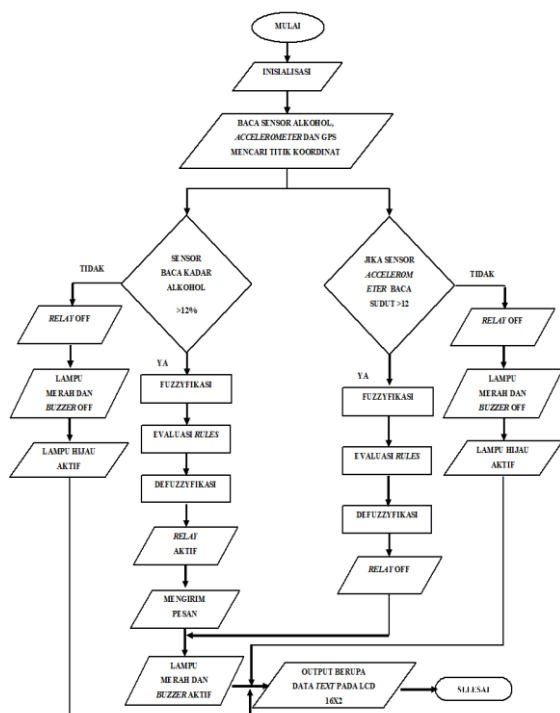
Gambar 9. Blok Diagram Sistem

Berdasarkan diagram blok tersebut, sistem terbagi menjadi tiga bagian utama yang saling bersinergi. Bagian input bertugas mengumpulkan data mentah dari sensor MQ-3 dan sensor akselerometer. Data tersebut kemudian diteruskan ke bagian proses, yaitu Arduino Uno, yang berfungsi melakukan perhitungan logika *fuzzy* dan mengontrol manajemen daya. Terakhir, bagian output mengeksekusi perintah berupa tampilan status pada LCD, peringatan suara melalui *buzzer*, serta tindakan proteksi fisik melalui *relay* yang terhubung ke sistem pengapian mesin.

3.4. Diagram Alir Sistem (Flowchart)

Logika operasional alat dirancang untuk bekerja secara *real-time* dan terus-menerus guna memantau kondisi fisik pengemudi selama perjalanan melalui struktur algoritma yang menjamin sinkronisasi antara pembacaan sensor dan aksi proteksi yang presisi. Keandalan sistem ini sangat bergantung pada efisiensi eksekusi mikrokontroler Arduino Uno dalam menangani interupsi dari berbagai sensor secara simultan tanpa *delay* yang berarti, dimulai dengan fase inisialisasi sistem untuk mengonfigurasi pin *input/output* serta menetapkan *baud rate* komunikasi serial sebesar 9600 bps guna menyinkronkan data dengan modul GSM SIM900A dan GPS NEO-6M. Selain itu, pada tahap awal operasional,

sistem melakukan kalibrasi sensor MQ-3 melalui proses *pre-heating* singkat untuk memastikan nilai dasar (*baseline*) gas di dalam kabin kendaraan terbaca secara akurat, sehingga dapat meminimalisir risiko kesalahan deteksi (*false alarm*) yang sering kali dipicu oleh fluktuasi tegangan sensor saat pertama kali diaktifkan sebelum akhirnya masuk ke dalam siklus pemrosesan logika *fuzzy* untuk menentukan tindakan keselamatan secara otomatis.

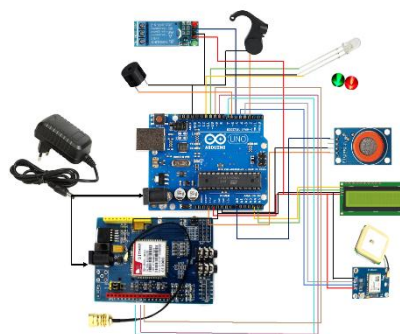


Gambar 10. Flowchart Sistem Kinerja

Penjelasan dari *flowchart* sistem kinerja di atas menggambarkan urutan instruksi dari awal pemberian daya pada alat hingga ke percabangan keputusan yang menentukan aktivasi sistem proteksi. Setiap blok dalam diagram alir ini mewakili fungsi spesifik dalam kode program, memastikan bahwa parameter kadar alkohol dan kemiringan kepala dipantau secara berkesinambungan untuk memicu respons *relay* dan pengiriman koordinat GPS saat kondisi bahaya terdeteksi.

3.5. Skema Rangkaian Alat

Implementasi teknis diwujudkan dalam skema rangkaian elektrik yang menunjukkan koneksi fisik antar komponen pada papan rangkaian.



Gambar 11. Rangkaian Diagram Elektrik

Gambar skematik ini memberikan rincian jalur komunikasi dan distribusi daya pada alat. Sensor MQ-3 dihubungkan ke pin analog untuk mendapatkan resolusi pembacaan yang presisi, sementara modul GSM dan GPS menggunakan jalur komunikasi serial (TX/RX). Jalur *output* relay dirancang untuk dipasang secara seri dengan sistem kelistrikan utama kendaraan, sehingga fungsi *safety cut-off* dapat bekerja secara mekanis untuk menghentikan laju kendaraan saat pengemudi terdeteksi tidak kompeten untuk berkendara.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil dari serangkaian pengujian komprehensif yang dilakukan terhadap perangkat sistem keselamatan pengendara bermobil yang telah dirancang. Eksperimen dilakukan untuk memvalidasi fungsionalitas setiap modul perangkat keras serta mengukur tingkat akurasi algoritma dalam merespon kondisi kritis. Fokus utama pembahasan mencakup evaluasi performa masing-masing instrumen sensor, efektivitas sistem pengambilan keputusan berbasis *fuzzy logic*, hingga pengujian integrasi sistem dalam melakukan tindakan proteksi kendaraan secara otomatis. Analisis dilakukan secara mendalam dengan membandingkan data teoritis, hasil simulasi perangkat lunak, dan data eksperimen lapangan guna mendapatkan gambaran objektif mengenai keandalan serta efisiensi alat dalam memitigasi risiko kecelakaan lalu lintas akibat faktor kelalaian manusia.

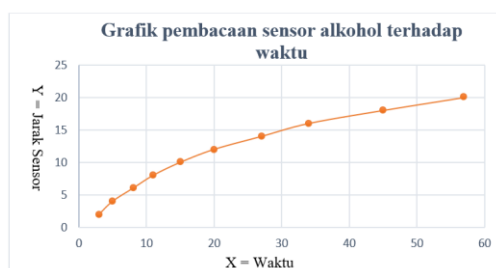
4.1. Analisis Pengujian Sensor MQ-3 Terhadap Variabel Jarak dan Waktu

Pengujian pada unit sensor MQ-3 dilakukan untuk mengevaluasi parameter sensitivitas perangkat dalam mendeteksi konsentrasi uap alkohol pada kondisi lingkungan yang bervariasi. Eksperimen ini dilaksanakan menggunakan sampel alkohol dengan kadar konsentrasi 70% sebanyak 5 ml di dalam ruang tertutup guna menjaga stabilitas udara. Hasil pengamatan terhadap respons sensor pada berbagai titik jarak disajikan secara komprehensif pada Tabel 2.

Tabel 2. Data pengujian sensor alkohol

Hasil Pengujian			
No	Jarak sensor terhadap alkohol (CM)	Waktu Respon (detik)	Kadar alkohol terbaca (%)
1.	2	3	70%
2.	4	5	69%
3.	6	8	65%
4.	8	11	66%
5.	10	15	63%
6.	12	20	63%
7.	14	27	61%
8.	16	34	61%
9.	18	45	60%
10.	20	57	58%
Rata-Rata	11	22,5	63,6

Untuk mempermudah analisis tren pembacaan sensor, data pada Tabel 2 dipetakan ke dalam bentuk grafik linear guna melihat perbandingan antara jarak deteksi dengan efektivitas sensor dalam merespons gas alkoho.



Gambar 12. Grafik Pembacaan Sensor Alkohol

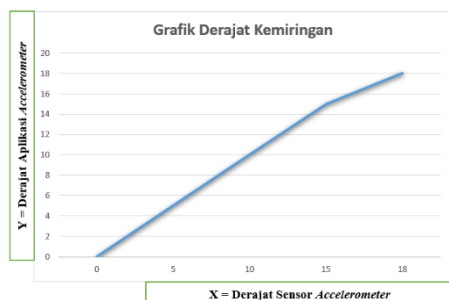
Berdasarkan grafik pada Gambar 12, terlihat adanya tren penurunan persentase kadar alkohol

yang terbaca seiring dengan bertambahnya jarak antara sumber gas dan permukaan sensor. Grafik tersebut menunjukkan bahwa pada jarak 2 cm hingga 10 cm, gradien penurunan cenderung stabil. Namun, ketika jarak melebihi 12 cm, waktu respon yang dibutuhkan sensor meningkat secara signifikan, yang ditandai dengan garis grafik yang mulai melandai secara perlahan hingga mencapai angka 58% pada jarak 20 cm.

Fenomena ini membuktikan adanya karakteristik difusi gas uap alkohol yang terdistorsi oleh volume udara bebas sebelum mencapai lapisan timah dioksida (SnO_2) pada elemen sensor MQ-3. Meskipun terdapat variasi akurasi pada jarak terjauh, rata-rata waktu respons sistem secara keseluruhan adalah 22,5 detik. Hasil analisis ini memberikan rekomendasi teknis bahwa penempatan sensor yang optimal pada dasbor kendaraan sebaiknya berada pada radius tidak lebih dari 10 cm dari area wajah pengendara untuk menjamin ketersediaan data keselamatan yang cepat dan akurat serta meminimalisir risiko keterlambatan pemutusan arus oleh *relay*.

4.2. Pengujian Sensor Accelerometer ADXL345 pada Deteksi Kondisi Kantuk

Pengujian pada unit sensor akselerometer ADXL345 difokuskan untuk mengevaluasi parameter respon deteksi kemiringan sudut kepala pengemudi yang diidentifikasi sebagai indikator kondisi kantuk. Tahapan ini diawali dengan proses kalibrasi untuk menetapkan nilai referensi atau titik nol pada posisi kepala tegak lurus mengikuti sumbu gravitasi. Berdasarkan hasil inisialisasi pada aplikasi pendukung, diperoleh nilai parameter kalibrasi pada sumbu Y sebesar 621% dan sumbu X sebesar 312%. Pengujian dilakukan dengan memantau pergerakan kepala pada dua sumbu utama, di mana sumbu X merepresentasikan kemiringan horizontal dan sumbu Y merepresentasikan posisi vertikal. Data perubahan sudut dari kedua sumbu tersebut kemudian dikirimkan secara kontinu ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut. Apabila derajat kemiringan kepala melewati batas ambang toleransi yang telah ditetapkan dalam aturan logika *fuzzy*, sistem akan secara otomatis mengklasifikasikan kondisi tersebut sebagai indikasi bahaya kantuk, sehingga memicu alarm peringatan dini bagi pengendara.



Gambar 13. Grafik Respon Sensor Accelerometer

Berdasarkan grafik pada Gambar 13, terlihat fluktuasi nilai sumbu koordinat saat kepala melakukan gerakan menunduk. Sistem mencatat bahwa titik respon kritis berada pada sudut kemiringan 18 derajat. Pada titik koordinat tersebut, sensor mengirimkan sinyal digital yang memicu mikrokontroler untuk memberikan peringatan dini kepada pengemudi. Karakteristik respon sensor terhadap variasi arah mekanik kepala disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data pengujian tingkat kemiringan sensor akselerometer

Hasil Pengujian				
No	Sudut Kemiringan (Derajat)	Kondisi Pengemudi	Output Sistem	Keterangan
1	0° - 10°	Normal / Terjaga	Aman	Tidak ada aksi
2	11° - 17°	Waspada / Lelah	Peringatan	Buzzer Berbunyi
3	≥ 18°	Bahaya / Mengantuk	Proteksi	Relay Aktif (Cut-off)

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa sistem dirancang secara spesifik untuk merespon gerakan kepala yang miring ke depan (menunduk) dengan menghasilkan output

digital bernilai 1. Kondisi ini akan langsung memicu tampilan teks "Coffee Break" pada layar LCD 16x2 disertai aktifnya indikator alarm merah dan *buzzer*. Sebaliknya, gerakan kepala ke arah kiri, kanan, atau belakang memberikan output digital 0, sehingga tidak memicu interupsi sistem proteksi. Hal ini membuktikan tingkat presisi sensor dalam membedakan antara aktivitas fisik normal dengan indikasi hilangnya kesadaran akibat mengantuk.

Untuk memvalidasi keandalan pengukuran, dilakukan pengujian komparatif antara sensor akselerometer dengan sensor vibrasi (getaran) SW-420. Hasil perbandingan sudut respon dari kedua jenis sensor tersebut dipaparkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Data pengujian tingkat kemiringan sensor akselerometer

Hasil Pengujian			
No	Jenis Sensor	Aplikasi Accelerometer	Sudut Respon Deteksi (Derajat)
1	Vibrasi (SW-420)	624%	22,464°
2	Accelerometer (ADXL345)	500%	18°
	Nilai Selisih	124%	4,464°

Analisis pada Tabel 4 menunjukkan bahwa sensor ADXL345 memiliki ambang batas deteksi yang lebih rendah dan stabil dibandingkan dengan sensor vibrasi, dengan selisih sudut sebesar 4,464 derajat. Sensor akselerometer dinilai lebih unggul untuk aplikasi ini karena tidak terpengaruh oleh getaran mesin atau guncangan jalan secara berlebihan, melainkan murni berdasarkan perubahan gravitasi pada sumbu miring. Dengan demikian, integrasi sensor ini ke dalam sistem keselamatan memberikan jaminan akurasi yang lebih tinggi dalam memitigasi risiko kecelakaan akibat faktor *microsleep* pada pengendara.

4.3. Pengujian Modul GPS NEO-6M dan GSM SIM900A

Pengujian pada unit komunikasi dan navigasi dilakukan untuk mengukur efektivitas sistem dalam memberikan informasi lokasi secara *real-time* kepada pihak luar saat kondisi bahaya terdeteksi. Parameter keberhasilan diukur berdasarkan dua aspek utama, yaitu akurasi titik koordinat yang dihasilkan oleh modul GPS NEO-6M serta kecepatan transmisi data pesan singkat (SMS) oleh modul GSM SIM900A.

a. Analisis Akurasi Koordinat GPS

Pengujian GPS dilakukan dengan membandingkan titik koordinat *latitude* dan *longitude* yang dibaca oleh modul NEO-6M terhadap titik referensi dari perangkat *smartphone* yang memiliki fitur GPS dengan tingkat presisi tinggi. Pengujian ini dilaksanakan di 8 lokasi berbeda untuk melihat konsistensi penangkapan sinyal satelit. Data perbandingan koordinat tersebut disajikan secara lengkap pada Tabel 5.

Tabel 5. Data hasil pengujian koordinat GPS

Hasil Pengujian			
No	Lokasi Pengujian	Selisih Jarak (Meter)	Status Sinyal
1	Titik A (Kampus)	150 m	Terkunci
2	Titik B (Jalan Raya)	180 m	Terkunci
3	Titik C (Area Terbuka)	210 m	Terkunci
4	Titik D (Area Parkir)	250 m	Terkunci
5	Titik E (Pemukiman)	230 m	Terkunci
6	Titik F (Flyover)	200 m	Terkunci

7	Titik G (Bawah Pohon)	220 m	Terkunci
8	Titik H (Area Gedung)	190 m	Terkunci
Rata-rata	-	203,75 m	Aman



Gambar 14. Tampilan Data Koordinat GPS pada Serial Monitor

Berdasarkan Tabel 5 dan visualisasi Gambar 14, ditemukan bahwa rata-rata selisih jarak (*error margin*) adalah sebesar 203,75 meter. Secara teknis, selisih ini dipengaruhi oleh fenomena *multipath interference*, di mana sinyal satelit mengalami pemantulan oleh objek di sekitar seperti gedung tinggi atau pepohonan sebelum mencapai antena GPS. Meskipun terdapat selisih jarak, status sinyal tetap "Terkunci" pada seluruh titik pengujian, yang menunjukkan bahwa modul NEO-6M mampu memberikan data lokasi yang konsisten untuk keperluan pelacakan kendaraan dalam radius darurat.

b. Pengujian Kecepatan Transmisi SMS Gateway

Keandalan sistem peringatan jarak jauh sangat bergantung pada durasi waktu yang

dibutuhkan untuk mengirimkan notifikasi. Pengujian dilakukan dengan memicu sistem pada kondisi "Bahaya" dan mencatat waktu yang diperlukan hingga pesan diterima oleh ponsel tujuan. Hasil pengujian transmisi SMS dipaparkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data pengujian waktu pengiriman SMS

Hasil Pengujian			
No	Pengujian Ke-	Waktu Kirim (Detik)	Status Pengiriman
1	Percobaan 1	5 detik	Berhasil
2	Percobaan 2	7 detik	Berhasil
3	Percobaan 3	4 detik	Berhasil
4	Percobaan 4	6 detik	Berhasil
5	Percobaan 5	7 detik	Berhasil
Rata-rata	-	5,8 detik	Sangat Cepat



Gambar 15. Tampilan Pesan SMS Peringatan pada Smartphone

Hasil pengujian pada Tabel 6 menunjukkan performa transmisi yang sangat baik dengan rata-rata waktu kirim 5,8 detik. Kecepatan ini menjamin bahwa pihak keluarga atau wali pengemudi dapat menerima informasi darurat secara hampir seketika. Sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 15, format pesan yang dikirimkan mencakup identitas status pengemudi (Mabuk/Mengantuk) serta tautan

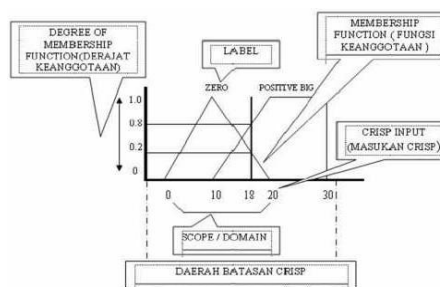
koordinat yang dapat langsung diakses melalui aplikasi peta digital. Kombinasi antara akurasi GPS yang stabil dan kecepatan SMS yang responsif menjadikan sistem ini sebagai solusi perlindungan yang efektif bagi pengendara bermobil.

4.4. Implementasi dan Analisis Logika Fuzzy Mamdani

Pada bagian ini, dilakukan analisis terhadap penerapan algoritma *Fuzzy Logic* metode Mamdani sebagai sistem pengambil keputusan (*decision making*) pada perangkat. Penggunaan logika *fuzzy* bertujuan untuk menangani ketidakpastian data dari sensor MQ-3 dan akselerometer, sehingga sistem dapat memberikan respon yang lebih presisi dan adaptif dibandingkan dengan logika biner konvensional.

a. Pembentukan Himpunan Fuzzy (Fuzzifikasi)

Proses awal dimulai dengan memetakan nilai input sensor ke dalam himpunan *fuzzy* melalui fungsi keanggotaan (*membership function*). Untuk variabel kadar alkohol, diklasifikasikan menjadi tiga kategori: Aman (0-8%), Waspada (9-14%), dan Bahaya (>15%). Sedangkan untuk variabel kemiringan kepala, diklasifikasikan berdasarkan derajat sudut respon yang ditangkap oleh sensor ADXL345.



Gambar 16. Tampilan Pesan SMS Peringatan pada Smartphone

Berdasarkan Gambar 16, terlihat transisi antar himpunan yang memungkinkan sistem untuk tidak langsung mematikan mesin jika kondisi pengemudi masih berada dalam ambang batas "Waspada". Hal ini sangat penting untuk aspek keamanan berkendara guna menghindari tindakan sistem yang terlalu agresif.

a. Evaluasi Aturan (Rule Base) dan Defuzzifikasi

Keputusan akhir sistem didasarkan pada kumpulan aturan (*rule base*) yang telah ditanamkan pada mikrokontroler. Logika yang digunakan mengikuti prinsip "IF-THEN" untuk menentukan status *output* akhir. Ringkasan hasil pengujian logika *fuzzy* terhadap aksi perangkat keras disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian integrasi fuzzy logic dan respons relay

Hasil Pengujian				
No	Kondisi Pengendara	Nilai Pembacaan (%)	Status Output	Kondisi Relay
1	Tidak Mabuk	0 - 8%	Aman	OFF
2	Mabuk Sedang	9 - 14%	Waspada	OFF
3	Mabuk Berat	> 15%	Bahaya	ON (Aktif)
4	Kepala Tegak	< 15°	Aman	OFF
5	Kepala Miring	> 18°	Bahaya	ON (Aktif)

Analisis pada Tabel 7 menunjukkan bahwa sistem hanya akan mengaktifkan *relay* untuk memutuskan arus kelistrikan kendaraan (*engine cut-off*) apabila hasil proses *defuzzifikasi* menunjukkan status "Bahaya". Pada kondisi "Waspada", sistem hanya diperintahkan untuk mengaktifkan alarm peringatan (*buzzer*). Mekanisme ini membuktikan bahwa algoritma *fuzzy logic* telah berhasil diimplementasikan untuk memberikan proteksi yang cerdas, di mana tindakan keputusan mesin hanya dilakukan pada tingkat risiko yang paling fatal bagi keselamatan pengendara.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan serangkaian pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem keselamatan pengendara bermobil ini telah berhasil diimplementasikan dengan performa yang handal. Penggunaan sensor MQ-3 terbukti

efektif dalam mendeteksi kadar alkohol dengan rata-rata akurasi sebesar 63,6% pada jarak optimal maksimal 10 cm dari wajah pengendara guna menjamin respon proteksi di bawah 15 detik. Selain itu, integrasi sensor akselerometer ADXL345 mampu mengidentifikasi kondisi kantuk secara presisi melalui kemiringan sudut kepala 18° yang jauh lebih stabil dibandingkan penggunaan sensor vibrasi konvensional. Penerapan algoritma *Fuzzy Logic* metode Mamdani menjadi aspek krusial yang memberikan kecerdasan pada sistem dalam mengategorikan risiko mulai dari status aman hingga bahaya, sehingga tindakan keputusan arus kendaraan melalui *relay* hanya dilakukan pada kondisi paling kritis. Seluruh rangkaian keamanan ini ditutup dengan performa sistem pelaporan darurat yang responsif, di mana modul GPS dan GSM mampu mengirimkan notifikasi lokasi koordinat pengemudi kepada pihak keluarga dalam waktu rata-rata 5,8 detik.

Adapun saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah dengan meningkatkan akurasi titik koordinat melalui penggunaan modul GPS yang memiliki sensitivitas sinyal lebih tinggi atau antena eksternal guna meminimalisir *error margin* di area perkotaan yang padat bangunan. Pengembangan fitur berbasis *Internet of Things* (IoT) juga sangat direkomendasikan agar data kondisi fisik pengemudi dapat dipantau secara *real-time* melalui aplikasi *mobile* oleh pihak otoritas maupun keluarga. Terakhir, aspek ergonomis pada kemasan perangkat (*casing*) perlu diperhatikan lebih lanjut agar proses instalasi pada interior berbagai jenis kendaraan dapat dilakukan dengan lebih mudah tanpa mengganggu kenyamanan maupun konsentrasi pengendara selama perjalanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan teknis, maupun motivasi dalam penyelesaian penelitian ini. Segala bentuk kontribusi dari rekan-rekan dan keluarga sangat berarti bagi keberhasilan karya ini hingga dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Noviani and G. Firasanto, "Implementasi Mikrokontroler Sebagai Sistem Proteksi Pada Amplifier," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, vol. 13, no. 3, 2025.
- [2] A. P. Prasetyowati, M. H. H. Ichsan, and E. R. Widasari, "Implementasi Sensor MQ-3 pada Sistem Keamanan Pendeteksi Bau Alkohol di dalam Kabin Mobil," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 3, pp. 2366-2371, 2019.
- [3] M. Esculenta M and A. Faqih, "Analisis Pembacaan Sensor Alkohol Terhadap Variasi Jarak Pada Pengemudi Untuk Mengurangi Potensi Kecelakaan," *Jurnal ELTEK*, vol. 17, no. 1, p. 116, 2019.
- [4] D. Trisianto and M. R. Fadillah, "Alat Deteksi Peringatan Pengendara Motor Pemakai Alkohol Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Sistem Cerdas dan Rekayasa (JSCR)*, vol. 4, pp. 1-5, 2022.
- [5] M. Ismail, A. Marwanto, and M. Haddin, "Deteksi Kadar Alkohol Menggunakan Sensor MQ3 Berbasis Website," *infotekmesin*, vol. 12, no. 1, pp. 88-92, 2021.
- [6] A. Kadir, *Pemrograman Arduino & Processing*, Yogyakarta: PT. Andi, 2017.
- [7] S. Kusumadewi, *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2003.
- [8] T. Sutojo, E. Mulyanto, and V. Suhartono, *Kecerdasan Buatan*, Yogyakarta: PT. Andi, 2011.
- [9] Arduino, "Arduino Uno Rev3 Datasheet," 2020. [Online]. Available: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>
- [10] Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd., "MQ-3 Gas Sensor Technical Data," 2015. [Online]. Available: <https://www.winsen-sensor.com/d/files/semiconductor/mq-3.pdf>
- [11] Analog Devices, "ADXL345: 3-Axis, ± 2 g/ ± 4 g/ ± 8 g/ ± 16 g Digital Accelerometer Datasheet," Rev. G, 2020. [Online]. Available: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/adxl345.pdf>
- [12] U-blox, "NEO-6 u-blox 6 GPS Modules Data Sheet," 2011. [Online]. Available: <https://www.u-blox.com/en/product/neo-6-series>
- [13] SIMCom, "SIM900A Hardware Design V1.00," 2013. [Online]. Available: <https://www.simcom.com>.
- [14] L. A. Zadeh, "Fuzzy Sets," *Information and Control*, vol. 8, no. 3, pp. 338-353, 1965.
- [15] E. H. Mamdani and S. Assilian, "An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller," *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 7, no. 1, pp. 1-13, 1975.