

Pengembangan Sistem *Starter Interlock* Cerdas Berbasis Deteksi Alkohol dengan Validasi Hembusan Napas dan Pemantauan *IoT Real-Time*

Al Habib Fadhil Mefitra^{1*}, Arief Novianto², Helmi Wibowo², Sugiyarto¹

¹Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Otomotif, Sekolah Vokasi, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Jawa Tengah, Indonesia

²Program Studi D3 Teknologi Otomotif, Sekolah Vokasi, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Jawa Tengah, Indonesia

*Email: mefitraalhabibfadhil@gmail.com

Info Artikel	Abstrak
Kata Kunci : <i>starter interlock</i> kendaraan, Internet of Things, deteksi alkohol, ESP32, keselamatan berkendara Keywords : <i>vehicle safety vehicle starter interlock, Internet of Things, alcohol detection, ESP32, driving safety</i> Tanggal Artikel Dikirim : 24 April 2026 Direvisi : 6 Juli 2026 Diterima : 21 Oktober 2026	Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan sistem <i>starter interlock</i> kendaraan berbasis deteksi alkohol dan pemantauan <i>Internet of Things</i> (IoT) secara <i>real-time</i> untuk mengurangi risiko kecelakaan akibat pengemudi di bawah pengaruh alkohol. Metode yang digunakan adalah <i>Research and Development</i> (R&D) yang meliputi perancangan, pengembangan, dan pengujian sistem. Sistem menggunakan ESP32, sensor MQ-3, sensor DHT22, dan relay yang terintegrasi dengan notifikasi Telegram. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi alkohol mulai dari konsentrasi 10% pada jarak deteksi 5 cm, dengan rata-rata error 2,10% dan waktu respons 10 detik. Pengujian menggunakan sampel alkohol berkonsentrasi 21,6% dan 30% menunjukkan sistem secara konsisten mencegah kendaraan dioperasikan dengan mempertahankan relay pada kondisi OFF. Sistem juga menyediakan autentikasi token sebagai mekanisme alternatif sehingga berpotensi meningkatkan keselamatan berkendara. Abstract <i>This research aims to design and develop a vehicle starter interlock system based on alcohol detection and real-time Internet of Things (IoT) monitoring to reduce the risk of traffic accidents caused by drivers under the influence of alcohol. The research employed the Research and Development (R&D) method, including system design, development, and testing. The system utilizes an ESP32, an MQ-3 sensor, a DHT22 sensor, and a relay integrated with Telegram notifications. Experimental results show that the system detects alcohol starting from a 10% concentration at a detection distance of 5 cm, with an average error of 2.10% and a response time of 10 seconds. Tests using 21.6% and 30% alcohol samples consistently prevented vehicle operation by keeping the relay OFF. The proposed system demonstrates the potential to improve driving safety through early alcohol detection and automatic vehicle interlock.</i>

1. PENDAHULUAN

Alkohol merupakan senyawa kimia bersifat psikoaktif dan adiktif yang mengandung etanol serta dapat memengaruhi sistem saraf pusat manusia [1]. Dalam kadar tertentu, alkohol dapat memberikan efek relaksasi, namun pada kadar yang lebih tinggi dapat menurunkan fungsi otak, termasuk kemampuan kognitif dan pengambilan keputusan [2]. Kondisi ini menjadikan konsumsi alkohol sebagai faktor risiko utama dalam aktivitas yang memerlukan tingkat konsentrasi dan kewaspadaan tinggi, seperti mengemudi. Dalam konteks keselamatan lalu lintas, pengemudi yang berada di bawah pengaruh alkohol cenderung mengalami penurunan kemampuan dalam mengendalikan kendaraan serta keterlambatan dalam merespons kondisi di jalan. Secara global, kecelakaan lalu lintas yang melibatkan alkohol masih menjadi penyumbang signifikan angka fatalitas, dengan ratusan ribu kematian tercatat setiap tahunnya [3]. Di Amerika Serikat, pada tahun 2022 tercatat sebanyak 13.524 korban jiwa meninggal akibat kecelakaan yang melibatkan pengemudi dalam pengaruh alkohol [4]. Di Indonesia, permasalahan ini juga menunjukkan tren peningkatan, di mana jumlah pengemudi yang terlibat kecelakaan akibat alkohol meningkat dari 2.737 kasus pada tahun 2023 menjadi 2.935 kasus pada tahun 2024. Hal ini menunjukkan bahwa pelanggaran terkait konsumsi alkohol saat berkendara masih menjadi ancaman nyata terhadap keselamatan lalu lintas. Meskipun regulasi telah ditetapkan melalui Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 yang mewajibkan pengemudi berkendara secara wajar dan penuh konsentrasi, implementasinya di lapangan masih menghadapi berbagai kendala, terutama rendahnya kesadaran masyarakat dan budaya hukum yang belum optimal [5].

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengkaji pemanfaatan teknologi dalam mendeteksi kadar alkohol pada pengemudi, khususnya menggunakan sensor gas seperti MQ-3 yang terintegrasi dengan mikrokontroler untuk membaca kadar alkohol dalam napas. Selain itu, beberapa penelitian telah mengembangkan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pengiriman data hasil deteksi secara *real-time* ke *platform monitoring* [6]. Penerapan IoT ini didukung oleh kemampuannya dalam melakukan pemantauan *real-time*, pengolahan data, serta komunikasi nirkabel secara terintegrasi, sehingga sistem keselamatan kendaraan dapat bekerja secara lebih responsif dan adaptif [7]. Penelitian lain juga mengimplementasikan sistem pengaman berupa pemutusan arus starter kendaraan secara otomatis ketika kadar alkohol melebihi ambang batas tertentu. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan, seperti belum optimalnya validasi hembusan napas, keterlambatan dalam proses pengiriman dan penerimaan data, serta belum terintegrasinya secara menyeluruh antara sistem deteksi, pengendalian starter, dan monitoring berbasis IoT dalam satu sistem yang terpadu.

Berdasarkan kajian tersebut, kebaruan dalam penelitian ini terletak pada pengembangan sistem starter *interlock* yang mengintegrasikan deteksi kadar alkohol dengan mekanisme validasi hembusan napas menggunakan sensor tambahan untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Selain itu, sistem yang dikembangkan berbasis IoT dengan kemampuan pemantauan secara *real-time* yang lebih responsif, serta dilengkapi dengan mekanisme pengendalian starter kendaraan secara otomatis ketika kadar alkohol terdeteksi melebihi ambang batas. Integrasi ini diharapkan mampu mengatasi keterbatasan penelitian sebelumnya dengan menghadirkan sistem yang lebih komprehensif, akurat, dan aplikatif dalam mendukung keselamatan berkendara.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan sistem starter *interlock* kendaraan berbasis deteksi alkohol yang mampu mencegah kendaraan dioperasikan oleh pengemudi yang berada di bawah pengaruh alkohol. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengintegrasikan sistem dengan teknologi IoT guna memungkinkan pemantauan data secara *real-time*, sehingga dapat meningkatkan efektivitas pengawasan serta memberikan kontribusi dalam upaya pencegahan kecelakaan lalu lintas akibat konsumsi alkohol.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Hardware

Perangkat keras (*hardware*) merupakan komponen fisik dari sistem komputer yang berfungsi untuk menjalankan proses pengolahan data, berbeda dengan perangkat lunak (*software*) yang berperan memberikan instruksi operasional [8]. Dalam beberapa kasus, batas antara keduanya tidak sepenuhnya jelas, seperti pada firmware yang merupakan perangkat lunak yang tertanam secara permanen dalam perangkat keras untuk mengatur fungsi dasar sistem.

Secara umum, perangkat keras memiliki tiga fungsi utama, yaitu sebagai perangkat masukan (*input device*) yang digunakan untuk memasukkan data ke dalam sistem, perangkat pemroses (*processing device*) yang mengolah data menjadi informasi, serta perangkat keluaran (*output device*) yang menampilkan hasil proses dalam bentuk yang dapat diterima oleh pengguna, seperti visual, cetak, maupun audio [9]. Berdasarkan fungsi tersebut, perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

1. ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems dan kompatibel dengan Arduino IDE, serta telah dilengkapi dengan Wi-Fi dan Bluetooth Low Energy untuk mendukung komunikasi nirkabel pada sistem IoT [10]. Selain itu, ESP32 memiliki keunggulan pada jumlah pin, kapasitas memori, dan konsumsi daya yang efisien sehingga cocok untuk pengolahan data dan kontrol sistem [11].
2. Sensor MQ-3 adalah sensor berbasis semikonduktor oksida logam yang digunakan untuk mendeteksi uap alkohol dengan rentang konsentrasi 0,05 mg/L hingga 10 mg/L [12]. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan konduktivitas yang meningkat seiring dengan naiknya kadar alkohol.
3. Sensor DHT22 merupakan sensor digital untuk mengukur suhu dan kelembapan dengan keluaran yang dapat langsung diproses oleh mikrokontroler [13]. Sensor ini memiliki akurasi yang baik dengan kemampuan pengukuran suhu hingga $\pm 0,1$ °C [14].
4. ESP32-CAM adalah modul berbasis ESP32 yang dilengkapi kamera serta konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth untuk pemantauan *real-time* [15]. Modul ini juga mendukung pengambilan gambar dan streaming video sehingga banyak digunakan pada sistem monitoring berbasis IoT [16].
5. Modul GPS BN-220 merupakan perangkat penerima sinyal *Global Positioning System* (GPS) yang digunakan untuk memperoleh informasi koordinat lokasi kendaraan secara *real-time*. Data lokasi tersebut dikirimkan bersamaan dengan hasil deteksi alkohol melalui sistem IoT sehingga memudahkan proses pemantauan posisi kendaraan ketika terjadi pelanggaran atau kondisi darurat.

Relay merupakan saklar elektromagnetik yang digunakan untuk menghubungkan atau memutus arus listrik pada rangkaian [17]. Komponen ini memiliki konfigurasi kontak seperti *normally open* (NO) dan *normally close* (NC) yang menentukan kondisi kerja rangkaian [18].

2.2 Software

Perangkat lunak (*software*) merupakan sekumpulan instruksi atau program yang berfungsi untuk mengatur, mengendalikan, dan mengoordinasikan kerja perangkat keras (*hardware*) agar dapat menjalankan fungsi tertentu sesuai kebutuhan pengguna [9]. Dalam sistem komputer, perangkat lunak umumnya diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu sistem operasi dan program aplikasi.

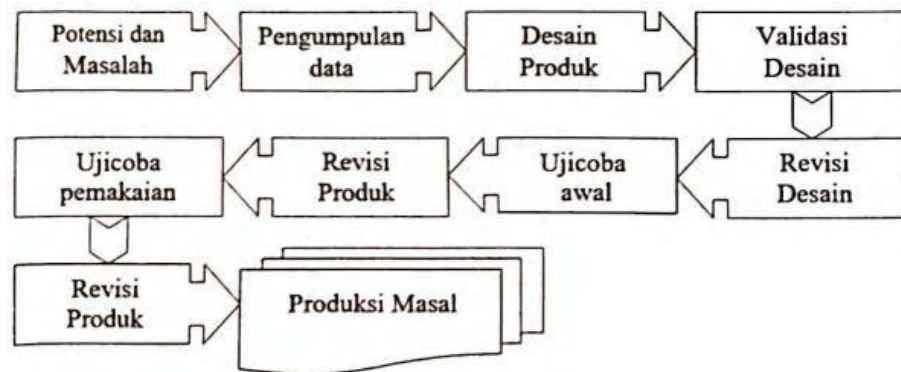
Selain itu, perangkat lunak juga berperan dalam mengelola data, mulai dari proses penyimpanan, verifikasi, manipulasi, hingga menghasilkan keluaran yang dibutuhkan [19]. Dengan demikian, *software* menjadi komponen penting yang menghubungkan data dengan proses pengolahan oleh *hardware*, sehingga sistem komputer dapat beroperasi secara efektif dan efisien. Berdasarkan peran tersebut, perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Arduino IDE digunakan sebagai lingkungan pengembangan untuk menulis, mengedit, mengompilasi, dan mengunggah program ke papan mikrokontroler. Perangkat lunak ini mendukung bahasa pemrograman berbasis C/C++ serta penggunaan berbagai library untuk mengembangkan fungsi sistem.
2. Fritzing digunakan untuk merancang rangkaian elektronik dalam bentuk breadboard, skematik, dan printed circuit board (PCB). Perangkat lunak ini memudahkan proses perancangan dan dokumentasi rangkaian elektronika sebelum proses implementasi.

Telegram digunakan sebagai media notifikasi real-time pada sistem untuk mengirimkan informasi hasil deteksi kepada pengguna. Fitur bot yang tersedia memungkinkan proses pengiriman pesan dilakukan secara otomatis

2.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D), yaitu metode penelitian yang bertujuan untuk merancang, mengembangkan, serta menguji keefektifan suatu produk [20]. Metode ini digunakan untuk menghasilkan solusi berbasis teknologi melalui tahapan sistematis yang meliputi identifikasi potensi dan masalah, perancangan, pengembangan, serta pengujian produk [21]. Dalam penelitian ini, model pengembangan yang digunakan adalah R&D Level 3, yang berfokus pada penyempurnaan produk yang telah ada melalui proses revisi, pengembangan lanjutan, serta evaluasi terhadap tingkat keefektifan produk dalam kondisi penggunaan nyata [20]. Prosedur penelitian dan pengembangan yang digunakan mengacu pada tahapan R&D yang telah disederhanakan menjadi enam langkah utama [22], yang disajikan dalam bentuk narasi sebagai berikut.



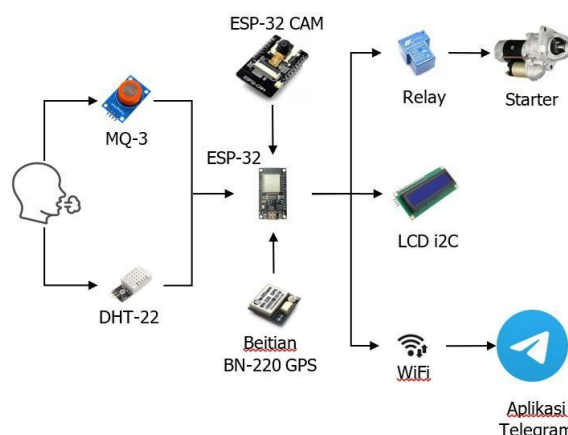
Gambar 1. Metode Research and Development (R&D)

Tahapan penelitian ini mengacu pada prosedur R&D yang disederhanakan menjadi enam langkah utama, yaitu

1. Identifikasi potensi dan masalah dilakukan dengan menganalisis tingginya risiko kecelakaan lalu lintas akibat pengemudi yang berada di bawah pengaruh alkohol serta keterbatasan sistem pengawasan konvensional yang belum mampu mencegah kejadian tersebut secara efektif.
2. Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur terhadap penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan sistem deteksi alkohol, teknologi sensor, serta implementasi *Internet of Things* (IoT) dalam bidang keselamatan kendaraan.
3. Perancangan sistem dilakukan dengan merancang arsitektur alat yang meliputi pemilihan komponen utama seperti mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor MQ-3 sebagai pendeteksi kadar alkohol, sensor DHT22 sebagai validasi hembusan napas, serta modul relay sebagai pengendali sistem starter kendaraan.
4. Pengembangan produk dilakukan dengan merealisasikan rancangan sistem menjadi sebuah sistem yang terintegrasi, termasuk pemrograman mikrokontroler, perakitan rangkaian, serta integrasi sistem IoT untuk pengiriman data secara *real-time*.
5. Melakukan perbaikan terhadap rancangan sistem berdasarkan hasil validasi, sehingga diperoleh desain yang lebih optimal dan siap untuk direalisasikan dalam bentuk sistem.

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja alat dalam mendeteksi kadar alkohol, keakuratan validasi hembusan napas, serta respons sistem dalam mengendalikan starter kendaraan berdasarkan kondisi yang terdeteksi.

2.4 Perancangan Sistem



Gambar 2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini menggunakan diagram blok untuk menggambarkan alur kerja dan hubungan antar komponen secara keseluruhan. Sistem diawali dari proses input, yaitu hembusan napas pengemudi yang dideteksi oleh sensor MQ-3 untuk mengukur kadar alkohol serta sensor DHT22 untuk memvalidasi adanya hembusan napas melalui perubahan suhu dan kelembapan. Data dari kedua sensor tersebut kemudian dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan. ESP32 berfungsi untuk mengolah data kadar alkohol, melakukan validasi kondisi

hembusan napas, serta menentukan status pengemudi berdasarkan ambang batas yang telah ditetapkan. Selain itu, sistem juga terintegrasi dengan modul ESP32-CAM untuk mendukung pemantauan visual serta modul GPS BN-220 untuk memperoleh informasi lokasi kendaraan secara *real-time*.

Hasil pemrosesan selanjutnya diteruskan ke bagian output, yang terdiri dari beberapa komponen. Relay digunakan sebagai aktuator untuk mengendalikan sistem starter kendaraan, di mana relay akan memutuskan atau menghubungkan arus berdasarkan hasil deteksi alkohol. LCD I2C digunakan untuk menampilkan informasi status pengemudi secara langsung. Selain itu, melalui koneksi WiFi, ESP32 mengirimkan data ke aplikasi Telegram sebagai media notifikasi dan monitoring secara *real-time*.

Secara keseluruhan, sistem dirancang untuk mencegah kendaraan dioperasikan apabila terdeteksi kadar alkohol melebihi ambang batas, serta memberikan informasi kondisi pengemudi dan kendaraan secara cepat dan terintegrasi melalui platform IoT

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Potensi dan Masalah

Meningkatnya angka kecelakaan lalu lintas yang melibatkan pengemudi di bawah pengaruh alkohol menunjukkan adanya permasalahan serius dalam keselamatan berkendara. Data Pusiknas Bareskrim Polri menunjukkan bahwa jumlah pengemudi yang terlibat kecelakaan dalam pengaruh alkohol mencapai 2.935 orang pada tahun 2024, meningkat sebesar 7,23% dibandingkan tahun 2023. Selain itu, faktor manusia, termasuk perilaku berkendara yang tidak aman seperti mengemudi dalam kondisi terpengaruh alkohol, menjadi penyebab dominan kecelakaan lalu lintas dengan kontribusi lebih dari 95% . Meskipun telah terdapat regulasi terkait larangan mengemudi di bawah pengaruh alkohol, implementasinya di lapangan masih belum optimal. Oleh karena itu, diperlukan solusi preventif berbasis teknologi berupa sistem yang mampu mendeteksi kadar alkohol pengemudi dan mencegah kendaraan dioperasikan apabila melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

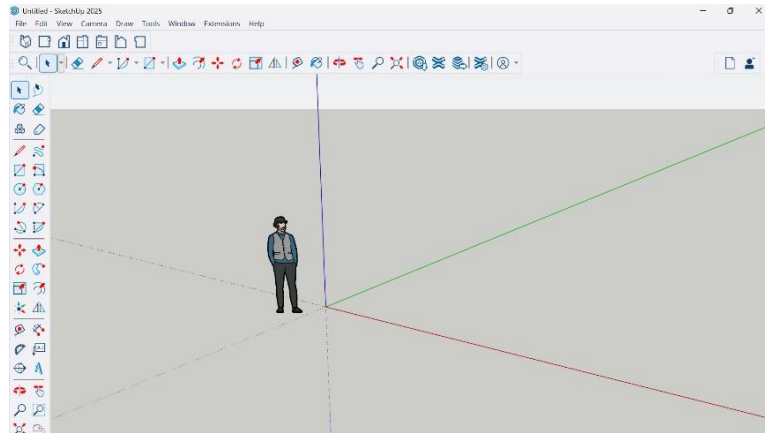
3.2 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, penelitian ini menggunakan metode studi literatur yang dilakukan secara sistematis terhadap berbagai sumber ilmiah, seperti jurnal, buku, dan dokumen teknis yang relevan. Studi ini bertujuan untuk memperoleh dasar teori dan referensi teknis dalam perancangan sistem starter *interlock* berbasis deteksi alkohol dan *Internet of Things* (IoT). Data yang diperoleh kemudian dianalisis sebagai acuan dalam menentukan kebutuhan sistem, pemilihan komponen, serta perancangan mekanisme pengendalian starter kendaraan agar sesuai dengan tujuan penelitian.

3.3 Desain Produk

Perancangan alat dilakukan menggunakan perangkat lunak SketchUp untuk memvisualisasikan bentuk dan tata letak sistem dalam bentuk tiga dimensi. Visualisasi ini bertujuan memberikan gambaran awal mengenai desain fisik alat, penempatan komponen, serta keterkaitan antarbagian sebelum proses perakitan dilakukan. Adapun tahapan perancangan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membuka dan melakukan pengaturan awal pada perangkat lunak SketchUp, meliputi penyesuaian satuan ukuran dan area kerja agar sesuai dengan dimensi alat yang dirancang.



Gambar 2. Membuka Software Sketch Up

2. Membuat desain box alat dengan menggambar bentuk dasar dua dimensi, kemudian mengembangkannya menjadi model tiga dimensi menggunakan fitur extrude (push/pull).



Gambar 3. Box Alat

Menentukan tata letak dan penempatan alat pada dashboard kendaraan dengan mempertimbangkan aspek ergonomi, keamanan, dan kenyamanan pengemudi, sehingga tidak mengganggu pandangan serta tetap stabil saat kendaraan beroperasi.



Gambar 4. Peletakan Alat

3.4 Validasi Desain

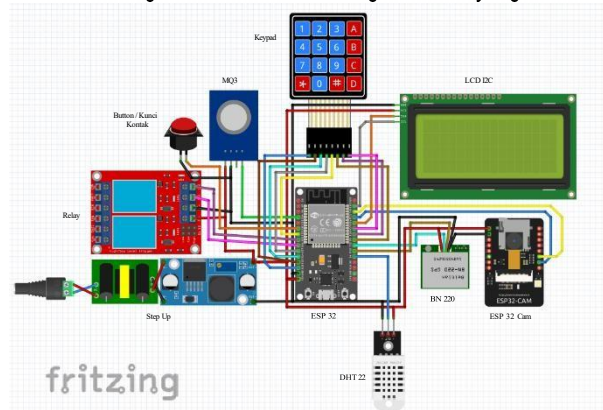
Validasi desain dilakukan untuk memastikan kesesuaian antara rancangan awal dengan hasil realisasi alat. Proses ini dilakukan dengan membandingkan desain yang telah dibuat dengan bentuk fisik sistem setelah perakitan. Hasil validasi menunjukkan bahwa secara umum bentuk, dimensi, dan penempatan komponen utama, seperti sensor MQ-3, sensor DHT22, LCD, dan keypad, telah sesuai dengan desain yang direncanakan.



Gambar 5. Realisasi Alat

3.5 Revisi Desain

Tahap revisi desain dilakukan sebagai tindak lanjut dari hasil validasi untuk menyempurnakan rancangan awal alat. Perbaikan difokuskan pada penyesuaian tata letak komponen serta integrasi perangkat keras agar sistem dapat bekerja lebih optimal. Selain itu, dilakukan penyusunan skema rangkaian elektronik menggunakan perangkat lunak Fritzing untuk memvisualisasikan hubungan antar komponen secara lebih jelas dan sistematis. Dengan adanya skema ini, proses perakitan menjadi lebih terarah, mengurangi kesalahan koneksi, serta memastikan integrasi sistem sesuai dengan desain yang telah direncanakan.



Gambar 6. Rangkaian Alat

3.6 Uji Coba Awal

3.6.1 Pengujian Deteksi Alkohol

Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali menggunakan sampel obat kumur dengan kadar alkohol sebesar 21,6%. Pada setiap percobaan, hasil pembacaan sensor MQ-3 dibandingkan dengan nilai acuan yang diperoleh dari alat breathalyzer. Nilai yang ditampilkan oleh breathalyzer selanjutnya dikonversi menjadi nilai Blood Alcohol Concentration (BAC) dalam satuan persen (%) menggunakan faktor konversi 0,21 yang didasarkan pada rasio konsentrasi alkohol dalam darah terhadap napas sebesar 2100:1 [23], sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (1). Hasil pengujian yang diperoleh selanjutnya disajikan secara sistematis pada Tabel 1.

$$BAC(\%) = \text{Breathalyzer(ppm)} \times 0,21 \quad (1)$$

Tabel 1. Pengujian Deteksi Alkohol

Percobaan	MQ-3 (BAC %)	Breathalyzer (ppm)	Konversi (BAC %)	Selisih	Error (%)
1	0.1343	0.62	0.1302	41	3.15

2	0.1285	0.60	0.1260	25	1.98
3	0.1371	0.65	0.1365	6	0.44
4	0.1449	0.68	0.1428	21	1.47
5	0.1295	0.61	0.1281	14	1.09
6	0.1468	0.71	0.1491	23	1.54
7	0.1309	0.66	0.1386	77	5.56
8	0.1570	0.75	0.1575	5	0.32
9	0.1419	0.67	0.1407	12	0.85
10	0.1695	0.77	0.1617	78	4.60
Rata Rata Error				2.10	

Berdasarkan hasil pengujian, selisih antara pembacaan sensor MQ-3 dan alat breathalyzer tergolong kecil, dengan nilai error tertinggi sebesar 5,56% dan terendah sebesar 0,32%, serta rata-rata error sebesar 2,10%. Nilai error yang relatif rendah ini menunjukkan bahwa sensor MQ-3 memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam mendeteksi kadar alkohol pada kondisi pengujian. Meskipun demikian, perbedaan hasil pengukuran masih dapat terjadi akibat karakteristik sensor MQ-3 yang berbasis semikonduktor oksida logam, yang sensitif terhadap kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, serta keberadaan gas lain di udara. Selain itu, proses kalibrasi sensor dan kestabilan tegangan input juga memengaruhi tingkat presisi pembacaan. Dibandingkan dengan alat breathalyzer sebagai acuan, sensor MQ-3 memiliki keterbatasan dalam selektivitas gas, sehingga potensi deviasi masih mungkin terjadi, terutama pada konsentrasi tertentu. Namun demikian, dengan nilai rata-rata error yang relatif kecil, sistem yang dikembangkan dinilai cukup andal untuk digunakan sebagai sistem deteksi awal dalam mendukung keselamatan berkendara.

3.1.1 Pengujian Hembusan Napas

Pengujian hembusan napas dilakukan dengan mendeteksi perubahan suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT22. Identifikasi dilakukan berdasarkan selisih (delta) antara kondisi sebelum dan sesudah hembusan. Hembusan napas dinyatakan terdeteksi apabila terjadi peningkatan suhu dan kelembapan yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

Tabel 2. Pengujian Hembusan Napas

Percobaan	Suhu T0 (°C)	Suhu T1 (°C)	Kelembapan H0 (%)	Kelembapan H1 (%)	Waktu Respon	Aktivasi MQ 3
1	26.9	28.7	93	100	10	Aktif
2	29.9	31.3	78	100	10	Aktif
3	30.5	33.6	78	100	10	Aktif
4	29.6	32.2	83	100	10	Aktif
5	30.6	32.8	82	100	10	Aktif
6	31.6	33.1	77	93	10	Aktif
7	32.6	33.9	76	93	10	Aktif
8	32.8	33.1	73	91	10	Aktif
9	33.5	34.4	72	91	10	Aktif
10	32.2	32.7	75	100	10	Aktif

Berdasarkan hasil pengujian sebanyak sepuluh kali, terjadi peningkatan suhu dan kelembapan pada setiap percobaan. Suhu setelah hembusan (T1) selalu lebih tinggi dibandingkan suhu awal (T0), dengan selisih berkisar antara 0,3°C hingga 3,1°C. Kelembapan juga meningkat signifikan dari kondisi awal (H0) hingga mencapai nilai di atas 90% setelah hembusan (H1). Waktu respons sistem relatif stabil, yaitu sekitar 10 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 mampu mendeteksi hembusan napas secara konsisten, yang kemudian memicu aktivasi sensor MQ-3 pada setiap percobaan.

3.1.2 Pengujian Alternatif Sistem

Pengujian sistem alternatif dilakukan untuk mengevaluasi kinerja mekanisme cadangan ketika metode utama tidak dapat digunakan atau terjadi kondisi darurat. Pada pengujian ini digunakan token sekali pakai (one-time token) sebagai metode

otentikasi alternatif. Hasil pengujian bertujuan memastikan sistem tetap berfungsi dengan baik, aman, dan terkendali, sehingga keandalan serta kontinuitas operasional tetap terjaga sesuai dengan perancangan.

Tabel 3. Pengujian Alternatif Sistem

Percobaan	Waktu Kirim	Token Terkirim	Token Diinput	Status Token	Relay
1	18	503510	503510	Benar	ON
2	14	563621	222222	Salah	OFF
3	16	725564	841700	Benar	ON
4	15	192181	016712	Benar	ON
5	17	915374	176658	Salah	OFF
6	13	491885	491885	Benar	ON
7	15	979477	579477	Salah	OFF
8	11	098201	098202	Salah	OFF
Percobaan	Waktu Kirim	Token Terkirim	Token Diinput	Status Token	Relay
9	16	000529	000529	Benar	ON
10	14	420192	420192	Benar	ON

Berdasarkan hasil pengujian mekanisme alternatif sistem yang dilakukan sebanyak sepuluh kali percobaan, diperoleh bahwa sistem mampu memvalidasi token dengan baik sesuai dengan input yang diberikan. Pada enam percobaan dengan token yang benar, sistem berhasil mengenali kesesuaian antara token yang dikirim dan diinput, sehingga menghasilkan status “benar” dan mengaktifkan relay (ON). Sebaliknya, pada empat percobaan dengan token yang salah, sistem dapat mendeteksi ketidaksesuaian token, sehingga menghasilkan status “salah” dan relay tetap dalam kondisi tidak aktif (OFF). Waktu pengiriman token pada setiap percobaan berkisar antara 11 hingga 18 detik, yang menunjukkan respons sistem masih dalam rentang yang stabil. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa mekanisme autentikasi menggunakan token sekali pakai mampu bekerja secara efektif dan andal dalam membedakan input yang valid dan tidak valid sesuai dengan perancangan sistem.

3.6.2 Pengujian Semprotan Alkohol

Pengujian semprotan alkohol dilakukan untuk mengamati respons sistem ketika sensor MQ-3 terpapar alkohol dari sumber eksternal. Pengujian ini bertujuan mengevaluasi kemampuan sensor dalam mendeteksi variasi konsentrasi alkohol serta memastikan sistem memberikan respons sesuai dengan kondisi yang terdeteksi. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali menggunakan larutan alkohol dengan konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Larutan alkohol dibuat dengan mengencerkan etanol 100% menggunakan akuades hingga diperoleh konsentrasi yang diinginkan. Pada setiap percobaan, larutan alkohol disemprotkan ke arah sensor MQ-3 dari jarak tetap 10 cm sebanyak 3 kali dengan durasi penyemprotan yang sama untuk menjaga konsistensi kondisi pengujian. Setelah penyemprotan, sistem merekam nilai pembacaan sensor serta respons relay terhadap kadar alkohol yang terdeteksi. Hasil pengujian disajikan secara sistematis pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Semprotan Alkohol

Konsentrasi	Validasi Hembusan	MQ-3 BAC%	Relay
Tanpa Alkohol	Tidak Valid	0.0000	OFF
Alkohol 10%	Tidak Valid	0.0773	OFF
Alkohol 20%	Tidak Valid	0.0830	OFF
Alkohol 30%	Tidak Valid	0.0991	OFF
Alkohol 40%	Tidak Valid	0.1006	OFF
Alkohol 50%	Tidak Valid	0.1143	OFF

Berdasarkan hasil pengujian, sistem tidak menunjukkan respons aktivasi pada kondisi tanpa hembusan napas yang valid, meskipun diberikan variasi konsentrasi alkohol. Hal ini ditunjukkan oleh seluruh status validasi yang bernilai

tidak valid serta kondisi relay yang tetap OFF pada setiap percobaan. Kondisi tersebut terjadi karena sistem mewajibkan adanya hembusan napas yang tervalidasi oleh sensor DHT22 sebelum sensor MQ-3 digunakan untuk mendeteksi kadar alkohol. Oleh karena itu, meskipun pembacaan sensor MQ-3 mengalami sedikit peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi alkohol akibat semprotan, sistem tetap tidak melanjutkan proses deteksi alkohol maupun mengaktifkan relay. Dengan demikian, mekanisme validasi hembusan napas terbukti berfungsi dengan baik sebagai tahap awal (first layer of validation) dalam mencegah aktivasi sistem yang tidak sesuai prosedur serta meminimalkan kemungkinan pemicu akibat paparan alkohol dari sumber eksternal.

3.6.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk memastikan seluruh komponen, seperti sensor MQ-3, sensor DHT22, LCD, relay, dan notifikasi Telegram, dapat bekerja secara terintegrasi sesuai dengan logika yang dirancang. Pengujian ini bertujuan mengevaluasi kinerja sistem secara menyeluruh, meliputi akurasi pembacaan sensor, keberhasilan validasi hembusan napas, serta respons keluaran terhadap kondisi yang terdeteksi. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Sistem Konsentrasi Alkohol 21,6%

Percobaan	Validasi Hembusan	MQ-3 BAC%	Status Pengemudi	Relay
1	Valid	0.1350	Alkohol Tinggi	OFF
2	Valid	0.1329	Alkohol Tinggi	OFF
3	Valid	0.1322	Alkohol Tinggi	OFF
4	Valid	0.1195	Alkohol Tinggi	OFF
5	Valid	0.1215	Alkohol Tinggi	OFF

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan alkohol dengan kadar 21,6%, sistem menunjukkan kinerja yang terintegrasi dengan baik. Validasi hembusan napas pada seluruh percobaan terdeteksi valid, sementara sensor MQ-3 secara konsisten mengidentifikasi kadar alkohol dalam kategori tinggi. Kondisi ini menyebabkan sistem menetapkan status pengemudi sebagai “alkohol tinggi” dan menjaga relay tetap OFF, sehingga kendaraan tidak dapat dioperasikan. Dengan demikian, sistem telah bekerja sesuai dengan logika yang dirancang, yaitu mencegah kendaraan diaktifkan ketika kadar alkohol melebihi batas aman.

Tabel 6. Pengujian Sistem Konsentrasi Alkohol 30%

Percobaan	Validasi Hembusan	MQ-3 BAC%	Status Pengemudi	Relay
1	Valid	0.8709	Alkohol Tinggi	OFF
2	Valid	0.8597	Alkohol Tinggi	OFF
3	Valid	0.8342	Alkohol Tinggi	OFF
4	Valid	0.7266	Alkohol Tinggi	OFF
5	Valid	0.7033	Alkohol Tinggi	OFF

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan alkohol dengan kadar 30%, sistem menunjukkan kinerja yang konsisten sesuai dengan logika yang dirancang. Seluruh percobaan menghasilkan validasi hembusan napas yang bernilai valid, serta pembacaan sensor MQ-3 yang mengindikasikan kadar alkohol dalam kategori tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan seluruh status pengemudi teridentifikasi sebagai “alkohol tinggi”, dengan respons sistem berupa relay yang tetap OFF, sehingga kendaraan tidak dapat dioperasikan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, sistem starter *interlock* kendaraan berbasis deteksi alkohol dan pemantauan IoT *real-time* berhasil dikembangkan melalui tahapan yang terstruktur. Sistem mampu mendeteksi kadar alkohol pada hembusan napas pengemudi serta mengendalikan relay sebagai pengaman kendaraan. Selain itu, sistem telah terintegrasi dengan teknologi IoT sehingga mampu mengirimkan notifikasi secara real-time melalui Telegram.

Cara kerja sistem dimulai dari pembacaan data oleh sensor yang kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan dibandingkan dengan ambang batas sebesar 0,05 g/dL. Ketika kadar alkohol melebihi batas tersebut, sistem akan menampilkan peringatan pada LCD, memutus arus melalui relay, serta mengirimkan notifikasi secara real-time. Sistem juga dilengkapi dengan mekanisme darurat berupa autentikasi token melalui keypad dan Telegram untuk mengaktifkan kembali kendaraan dalam kondisi tertentu.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Sensor MQ-3 memiliki rata-rata error sebesar 2,10%, sedangkan sensor DHT22 mampu mendeteksi hembusan napas secara konsisten dengan waktu respons sekitar 10 detik. Sistem tidak merespons kondisi tanpa hembusan napas yang valid, serta pada pengujian dengan kadar alkohol 21,6% dan 30% mampu secara konsisten mendeteksi kondisi alkohol tinggi dan mencegah kendaraan untuk dioperasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Al Zuhri and F. Dona, "Penggunaan Alkohol untuk Kepentingan Medis Tinjauan Istihsan," *Journal of Law, Society, and Islamic Civilization*, vol. 9, no. 1, p. 40, Aug. 2021, doi: 10.20961/jolsic.v9i1.51849.
- [2] R. R. M. Namotemo, S. Engkeng, and A. Rahman, "Pengetahuan dan Sikap tentang Bahaya Minuman Keras pada Pemuda Kleak Kota Manado," 2022.
- [3] WHO, "Alcohol," https://www-who-int.translate.goog/news-room/fact-sheets/detail/alcohol?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc. Accessed: Oct. 30, 2025. [Online]. Available: https://www-who-int.translate.goog/news-room/fact-sheets/detail/alcohol?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc
- [4] NHTSA, "Drunk Driving ." Accessed: Nov. 08, 2025. [Online]. Available: <https://web.archive.org/web/20241007222913/https://www.nhtsa.gov/risky-driving/drunk-driving>
- [5] M. R. Bagaskoro, "Rekontruksi Regulasi Pertanggungjawaban Pidana Terhadap Pengemudi Dalam Keadaan Mabuk Yang Mengakibatkan Kecelakaan Lalu Lintas Berbasis Nilai Keadilan," 2024.
- [6] Ayu Syahfitri, "Internet of Things (IoT), Sejarah, Teknologi, dan Penerapannya," *Uranus : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, vol. 3, no. 1, pp. 113–120, Jan. 2025, doi: 10.61132/uranus.v3i1.667.
- [7] R. Havinnal, A. B. S, H. M. Karthal, H. B. R, and K. H. D, "IoT Based Smart Vehicle Safety System," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT.ORG)*, Feb. 2026, [Online]. Available: <https://www.ijert.org/>
- [8] N. T. Romadhona and M. Asbari, "Guide about Computer Hardware," *JOURNAL OF INFORMATION SYSTEMS AND MANAGEMENT*, vol. 01, no. 06, 2022, [Online]. Available: <https://jisma.org>
- [9] A. Karim et al., *Pengantar Teknologi Informasi*. Yayasan Labuhanbatu Berbagi Gemilang, 2020. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/348805601>
- [10] E. W. Pratama and A. Kiswantono, "Electrical Analysis Using ESP-32 Module In Realtime," *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, vol. 7, no. 2, pp. 1273–1284, Jan. 2023, doi: 10.54732/jeeecs.v7i2.21.
- [11] I. P. A. W. Widyatmika, N. P. A. W. Indrawati, I. W. W. A. Prastya, I. K. Darminta, I. G. N. Sangka, and A. A. N. G. Saptaka, "Perbandingan Kinerja Arduino Uno dan ESP32 Terhadap Pengukuran Arus dan Tegangan," *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 13, no. 1, pp. 35–47, 2021, doi: 10.5614/joki.2021.13.1.4.
- [12] J. M. Celaya-Padilla et al., "In-Vehicle Alcohol Detection Using Low-Cost Sensors and Genetic Algorithms to Aid in the Drinking and Driving Detection," *Sensors*, vol. 21, no. 22, p. 7752, Nov. 2021, doi: 10.3390/s21227752.
- [13] I. K. Wardani et al., "The Feasibility Study: Accuracy and Precision of DHT 22 in Measuring the Temperature and Humidity in the Greenhouse," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics, 2023. doi: 10.1088/1755-1315/1230/1/012146.
- [14] Y. A. Ahmad, T. Surya Gunawan, H. Mansor, B. A. Hamida, A. Fikri Hishamudin, and F. Arifin, "On the Evaluation of DHT22 Temperature Sensor for IoT Application," in *2021 8th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCCE)*, IEEE, Jun. 2021, pp. 131–134. doi: 10.1109/ICCCCE50029.2021.9467147.
- [15] D. Setiawan, H. Jaya, S. Nurarif, T. Syahputra, and M. Syahril Syafnur, "Implementasi ESP32-CAM dan Blynk pada Wifi Door Lock System Menggunakan Teknik Duplex," 2022. [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [16] F. Aryunita, N. Rasjid, and Muh. F. Mansyur, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Keamanan Kandang

- Ayam Boiler Menggunakan ESP32-CAM Berbasis IOT Dengan Aplikasi Android,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3699.
- [17] Y. Tjandi, “Prototype Alat Kendali Listrik Berbasis Relay Arduino,” *INTEC Journal: Information Technology Education Journal*, vol. 1, no. 2, 2022.
- [18] S. P. Santoso and F. Wijayanto, “Rancang Bangun Akses Pintu Dengan Sensor Suhu Dan Handsanitizer Otomatis Berbasis Arduino,” *JURNAL ILMIAH ELEKTROKRISNA*, vol. 10, 2022.
- [19] M. A. Syam, M. A. Z. Wijaya, L. N. Khalisah, M. A. B. W. Nst, and Yahfizhan, “Macam dan Fungsi Perangkat Lunak yang Perlu Dipahami Anak Muda Masa Kini,” *Nusantara Journal Of Multidisciplinary Science*, 2024.
- [20] Okpatrioka, “Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan,” *Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*, vol. 1, no. 1, pp. 86–100, Mar. 2023, doi: 10.47861/jdan.v1i1.154.
- [21] M. Waruwu, “Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan,” *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, vol. 9, no. 2, pp. 1220–1230, May 2024, doi: 10.29303/jipp.v9i2.2141.
- [22] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. 2023. [Online]. Available: www.cvalfabeta.com
- [23] A. W. Jones, “The Variability of the Blood/Breath Ratio and Its Impact on the Results of Breath-Alcohol Analyses: A Rejoinder,” *J. Chem. Educ.*, vol. 101, no. 3, pp. 715–717, Mar. 2024, doi: 10.1021/acs.jchemed.3c01206.