

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Tingginya angka kecelakaan lalu lintas di jalan raya masih menjadi persoalan serius di Indonesia dan merupakan salah satu kontributor utama angka kematian. Berdasarkan data *Integrated Road Safety Management System* (IRSMS) yang tercantum dalam Laporan Kinerja Instansi Pemerintah Korps Lalu Lintas Kepolisian Negara Republik Indonesia Tahun 2023, pada tahun 2023 terjadi 152.008 kejadian kecelakaan lalu lintas di Indonesia, dengan 27.895 korban meninggal dunia, 15.154 korban luka berat, dan 180.920 korban luka ringan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kesalahan manusia (*human error*) menjadi faktor dominan penyebab kecelakaan. Data tersebut menunjukkan bahwa kecelakaan lalu lintas masih menjadi permasalahan keselamatan transportasi yang memerlukan berbagai upaya pencegahan.

Kecelakaan lalu lintas tidak hanya menimbulkan kerugian materi, tetapi juga berdampak besar terhadap keselamatan jiwa manusia dan sebagian besar disebabkan oleh faktor manusia, seperti kelalaian, kelelahan, serta kondisi fisik yang tidak layak untuk berkendara. Salah satu faktor yang turut berkontribusi adalah pengemudi yang berada di bawah pengaruh alkohol (Abdullah & Sudiro, 2025).

Konsumsi alkohol dapat memengaruhi sistem saraf pusat yang berdampak pada penurunan kesadaran, gangguan koordinasi tubuh, serta memperlambat waktu reaksi saat berkendara. Hal tersebut menyebabkan pengemudi tidak mampu merespons situasi di jalan secara cepat dan tepat, sehingga meningkatkan risiko kecelakaan. Penelitian yang dilakukan oleh Wiraagni *et al.* (2024) menunjukkan bahwa alkohol menjadi salah satu faktor utama dalam kasus kecelakaan lalu lintas karena dapat mengganggu kemampuan pengemudi dalam mengambil keputusan.

Urgensi pemanfaatan teknologi pada *breath analyzer* atau sistem pendeteksi alkohol sangat penting karena berkaitan langsung dengan upaya pencegahan

kecelakaan lalu lintas akibat pengemudi yang berada di bawah pengaruh alkohol. Dengan adanya pemanfaatan teknologi berbasis sensor dan mikrokontroler, proses deteksi alkohol dapat dilakukan lebih cepat, otomatis, dan hasil pengukuran secara langsung sebelum pengemudi menjalankan kendaraan.

Suhu tubuh yang tidak normal merupakan salah satu indikator kondisi fisiologis awal yang dapat menyertai penurunan fokus dan kewaspadaan pengemudi, namun tidak secara langsung menunjukkan bahwa pengemudi tidak layak untuk berkendara. Salah satu indikator fisiologis yang dapat digunakan adalah detak jantung. Detak jantung yang tidak normal dapat mengindikasikan kondisi kelelahan, stres, maupun gangguan kesehatan lainnya. Sementara itu, suhu tubuh yang meningkat dapat menjadi tanda adanya penyakit atau kondisi fisik yang tidak optimal.

Secara fisiologis, detak jantung normal pada orang dewasa berada pada kisaran 60–100 denyut per menit (Reza & Suryana, 2022). (*Beat Per Minute/BPM*). Penelitian tersebut menjelaskan bahwa denyut jantung manusia dapat berubah sesuai dengan kondisi tubuh, aktivitas fisik, dan tingkat kelelahan seseorang. Apabila denyut jantung berada di bawah 60 BPM maka kondisi tersebut disebut *bradikardia*, sedangkan denyut jantung di atas 100 BPM disebut *takikardia*. Kondisi denyut jantung yang tidak normal dapat memengaruhi kondisi fisiologis tubuh dan berpotensi menurunkan tingkat konsentrasi seseorang saat beraktivitas.

Namun penggunaan sensor MAX30102 dalam penelitian dibatasi hanya untuk pengukuran detak jantung dan tidak digunakan untuk pengukuran saturasi oksigen (SpO_2). Hal tersebut disebabkan karena parameter detak jantung cenderung lebih responsif terhadap perubahan kondisi secara cepat, dibandingkan dengan saturasi oksigen yang perubahannya relatif lambat. Selain itu, pengukuran SpO_2 memiliki keterbatasan akurasi akibat pengaruh gerakan dan interferensi cahaya.

Penggunaan mikrokontroler seperti Arduino memungkinkan integrasi berbagai sensor dalam satu sistem yang mampu memproses data secara langsung dan memberikan respon secara cepat. Penelitian oleh Archana (2023) menunjukkan bahwa sistem berbasis Arduino yang mengintegrasikan sensor

alkohol dan sensor lainnya mampu memberikan peringatan dini melalui buzzer dan indikator visual secara efektif.

Berdasarkan penelitian relevan yang dikaji, sistem deteksi kondisi pengemudi yang telah dikembangkan umumnya masih berfokus pada satu parameter, seperti deteksi alkohol atau kelelahan. Padahal, kondisi berbahaya pada pengemudi sering kali disebabkan oleh kombinasi beberapa faktor. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu mengintegrasikan beberapa parameter fisiologis.

Beberapa penelitian terbaru telah mengembangkan sistem berbasis sensor untuk memantau kondisi pengemudi, namun umumnya baru mengintegrasikan dua parameter sekaligus. Yusuf dan Franklyn (2025) merancang sistem pemantauan alkohol dan suhu tubuh pengemudi menggunakan sensor MQ-3 dan sensor suhu inframerah tanpa kontak berbasis mikrokontroler, tetapi belum melibatkan parameter detak jantung. Muiz dkk. (2025) mengembangkan sistem peringatan berbasis IoT yang memadukan sensor alkohol MQ-3 dengan sensor inframerah untuk memantau kantuk melalui gerakan mata, namun tidak menyertakan pengukuran suhu tubuh maupun detak jantung sebagai parameter fisiologis. Sementara itu, Zubaidah dan Sriani (2025) mengintegrasikan sensor MAX30102 dan MLX90614 berbasis Arduino untuk mengklasifikasikan kondisi kesehatan berdasarkan detak jantung dan suhu tubuh menggunakan logika fuzzy, tetapi penelitian tersebut tidak menyertakan parameter alkohol dan tidak ditujukan untuk konteks keselamatan berkendara. Ketiga penelitian tersebut menunjukkan bahwa integrasi tiga parameter sekaligus, yaitu konsentrasi alkohol pada napas, detak jantung, dan suhu tubuh, dalam satu prototipe portabel berbasis Arduino Uno yang digunakan sebelum pengemudi berkendara, masih menjadi kesenjangan yang perlu diisi. Kebaruan penelitian terletak pada penggabungan tiga sensor sekaligus, yaitu MQ-3, MAX30102, dan MLX90614, dalam satu prototipe lokal berbasis Arduino Uno yang digunakan sebelum pengemudi menjalankan kendaraan, Prototipe alat yang dikembangkan pada penelitian mampu mengintegrasikan beberapa parameter penting dalam satu sistem.

Pemilihan ketiga sensor didasarkan pada kesesuaiannya dengan parameter yang diukur serta kemudahan integrasinya dengan mikrokontroler Arduino Uno.

Sensor MQ-3 dipilih karena mampu mendeteksi konsentrasi alkohol pada napas dalam rentang ukur yang memadai untuk skrining awal dan mudah diintegrasikan secara analog, meskipun memerlukan waktu pemanasan dan tidak setara dengan *breathalyzer* tersertifikasi. Dalam penelitian, sensor MQ-3 digunakan sebagai sensor gas untuk mendeteksi respon terhadap uap alkohol yang dihasilkan dari sampel pengujian. Hasil pembacaan sensor dimanfaatkan sebagai indikator keberadaan uap alkohol, sedangkan kemampuan sensor MQ-3 untuk mengukur *Breath Alcohol Concentration* (BrAC) secara langsung belum menjadi fokus dan belum dibuktikan dalam penelitian. Sensor MAX30102 dipilih karena mampu mengukur detak jantung melalui metode *photoplethysmography* secara *non-invasif* dan berkomunikasi melalui protokol I2C yang sederhana, meskipun pembacaannya dapat terpengaruh oleh pergerakan jari dan intensitas cahaya sekitar. Sensor MLX90614 dipilih karena mampu mengukur suhu tubuh tanpa kontak langsung melalui teknologi inframerah dengan resolusi yang memadai, meskipun akurasinya dapat dipengaruhi oleh jarak dan sudut pengukuran.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi dini kondisi pengemudi berbasis Arduino dengan memanfaatkan sensor MQ-3, MAX30102, dan MLX90614. Sistem diharapkan mampu mendeteksi kondisi berdasarkan parameter alkohol, detak jantung, dan suhu tubuh dengan menampilkan hasil pengukuran secara langsung setelah proses pembacaan sensor. Selain itu, sistem juga dilengkapi indikator LED, buzzer, dan LCD sebagai media informasi dan peringatan dini apabila terdeteksi terdapat parameter hasil pengukuran yang berada di luar rentang. Alat yang dikembangkan hanya berfungsi sebagai skrining awal berdasarkan tiga parameter yang diukur, yaitu konsentrasi alkohol pada napas, detak jantung, dan suhu tubuh, serta tidak dimaksudkan untuk menegakkan diagnosis kesehatan maupun menentukan kelayakan medis seseorang dalam mengemudi. Sehingga kebaruan penelitian terletak pada integrasi perangkat, bukan pada penemuan metode diagnosis kondisi pengemudi.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

Belum optimalnya pemantauan kondisi fisiologis pengemudi sebelum berkendara yang meliputi respon terhadap uap alkohol, detak jantung, dan suhu permukaan tubuh sebagai indikator awal kondisi pengemudi.

Berdasarkan penelitian relevan yang dikaji, belum ditemukan sistem yang mengintegrasikan sensor MQ-3, MAX30102, dan MLX90614 dalam satu prototipe berbasis Arduino Uno untuk mendeteksi respons terhadap uap alkohol, detak jantung, dan suhu permukaan tubuh serta memberikan peringatan berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditentukan.

1.3. Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dan identifikasi masalah yang telah diuraikan, agar penelitian lebih terarah dan tidak meluas, maka peneliti perlu membatasi permasalahan pada topik bahasan penelitian. Batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut :

1. Sistem yang dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat pengolahan data, sensor MQ-3 untuk mendeteksi konsentrasi alkohol pada napas pengemudi, sensor MAX30102 untuk mendeteksi parameter detak jantung dan sensor *Infrared* MLX90614 untuk pengukuran suhu permukaan tubuh non-kontak.
2. Sistem hanya digunakan untuk mendeteksi kondisi pengemudi secara lokal (tidak terhubung dengan internet atau IoT).
3. Subjek penelitian berjumlah tiga orang dengan rentang usia 40–50 tahun yang berada dalam kondisi sehat. Keikutsertaan subjek dilakukan secara sukarela setelah peneliti menjelaskan tujuan dan prosedur pengujian.
4. Pengujian MQ 3 menggunakan sampel uap larutan dan bukan napas partisipan yang mengandung alkohol.
5. Alat merupakan prototipe portabel yang digunakan oleh pengemudi sebelum berkendara, bukan alat yang dipasang atau ditanam secara permanen pada kendaraan.
6. Alat tidak mengendalikan starter, mesin, rem, maupun sistem kelistrikan kendaraan.
7. Pengukuran detak jantung hanya difokuskan pada nilai BPM (*Beat Per Minute*), tidak termasuk pengukuran saturasi oksigen (SpO2).

8. Hasil pengukuran sensor MQ-3 merupakan respons relatif terhadap uap alkohol, bukan kadar alkohol dalam darah (*Blood Alcohol Content/BAC*), sehingga tidak dapat disamakan dengan hasil alat medis atau *breathalyzer* tersertifikasi.
9. Output sistem berupa LCD 2004 dengan modul I2C sebagai media tampilan, buzzer sebagai alarm peringatan, LED sebagai indikator visual kondisi pengemudi.
10. Sebagai pembandingan hasil pengukuran, digunakan *breathalyzer* untuk sensor MQ-3, *pulse oximeter* untuk sensor MAX30102, dan *termometer digital* untuk sensor MLX90614.
11. Pengujian dilakukan dengan kondisi yang telah ditetapkan, yaitu pengukuran suhu permukaan tubuh menggunakan sensor MLX90614 pada jarak sekitar 2–5 cm, pengukuran detak jantung menggunakan sensor MAX30102 dengan posisi jari tetap hingga pembacaan stabil, serta pengukuran konsentrasi alkohol pada napas menggunakan sensor MQ-3 selama sekitar 20–30 detik dengan jarak mulut sekitar 2–3 cm dari sensor. Setiap pengujian dilakukan sebanyak lima kali pada masing-masing subjek.
12. Rancang bangun alat terbatas hanya membahas respon terhadap uap alkohol, suhu permukaan tubuh, BPM (*Beat Per Minute*) atau denyut nadi dan memberikan status berdasarkan kesesuaian hasil pengukuran terhadap nilai ambang yang ditetapkan.

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan pembatasan masalah yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian adalah “Bagaimana cara mengembangkan, merancang dan menguji alat pendeteksi kondisi pengemudi untuk keselamatan berkendara berdasarkan parameter respon uap alkohol, detak jantung, dan suhu tubuh berbasis Arduino?”

1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengembangkan dan merancang alat pendeteksi kondisi pengemudi untuk keselamatan berkendara berdasarkan parameter alkohol, detak jantung, dan suhu tubuh berbasis Arduino.
2. Menguji kinerja masing-masing sensor (MQ-3, MAX30102, dan MLX90614) serta kinerja sistem secara terintegrasi dalam satu prototipe.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dan manfaat bagi berbagai pihak, antara lain:

1. Manfaat Teoritis
 - a) Penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang sistem mikrokontroler dan sistem multisensor, khususnya dalam penerapan integrasi sensor MQ-3, MAX30102, dan MLX90614 untuk memperoleh informasi hasil pengukuran tiga parameter sebelum berkendara.
 - b) Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan dalam mengembangkan sistem pendeteksi kondisi pengemudi dengan peningkatan metode pengukuran, penambahan sensor, maupun pengembangan algoritma pengolahan data sehingga menghasilkan sistem yang lebih akurat dan andal.
2. Manfaat Praktis
 - a) Penelitian menghasilkan sebuah prototipe yang diharapkan dapat memberikan informasi awal mengenai kondisi pengemudi berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi alkohol pada napas, detak jantung, dan suhu tubuh sebelum berkendara.
 - b) Prototipe yang dikembangkan diharapkan dapat memberikan peringatan berdasarkan kesesuaian hasil pengukuran terhadap nilai ambang yang telah ditetapkan sehingga dapat digunakan sebagai media skrining awal sebelum seseorang mengoperasikan kendaraan.

- c) Penelitian diharapkan dapat menjadi media pembelajaran bagi mahasiswa maupun praktisi dalam memahami perancangan dan implementasi sistem berbasis mikrokontroler menggunakan Arduino Uno serta integrasi beberapa sensor dalam satu sistem.
- d) Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan bagi pengembang maupun peneliti dalam mengembangkan prototipe sistem multisensor yang memiliki fungsi lebih luas dengan memperhatikan aspek akurasi, keandalan, dan kemudahan penggunaan.

