

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Penggunaan mobil jenis penumpang telah menjadi bagian dari aktivitas sehari-hari masyarakat Indonesia, terutama di wilayah perkotaan yang memiliki kepadatan penduduk tinggi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah mobil penumpang di Indonesia pada tahun 2025 mencapai 20.907.972 unit dan mengalami peningkatan dibandingkan tahun sebelumnya. Data tersebut menunjukkan bahwa mobil jenis penumpang masih banyak diminati masyarakat dalam menunjang mobilitas sehari-hari. Aktivitas mobilitas tersebut juga turut membuat sebagian pengguna mobil pribadi menghabiskan waktu yang cukup lama di dalam kabin mobil, terutama pada kondisi tertentu seperti libur panjang, mudik lebaran, maupun saat menghadapi kemacetan di wilayah perkotaan seperti Jabodetabek (Purwanto Sarwo Prasajo et al., 2020). Kabin mobil pada dasarnya adalah semacam ruang tertutup mini dengan sirkulasi udara terbatas yang dapat memengaruhi kualitas udara di dalamnya, dimana penumpang berisiko terpapar zat pencemar yang bersumber dari luar maupun dari dalam kabin itu sendiri. Mengingat paparan zat pencemar tersebut dapat mengancam kesehatan penumpang menjadikan kualitas udara dalam kabin mobil sebagai hal penting yang urgensinya masih kerap terabaikan (Xu et al., 2018).

Salah satu sumber pencemar udara di dalam kabin berasal dari emisi kendaraan bermotor. Emisi kendaraan terdiri atas berbagai polutan primer, yaitu karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), hidrokarbon (HC), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), dan partikulat. Menurut Ratnani (2008), sekitar 60% polutan yang dihasilkan sektor transportasi berupa karbon monoksida (CO), 15% berupa hidrokarbon (HC), sedangkan sisanya merupakan akumulasi nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), dan partikulat. Dominannya proporsi karbon monoksida pada emisi kendaraan menjadikan gas ini sebagai salah satu polutan yang perlu mendapat perhatian dalam pemantauan kualitas udara, terlebih karbon monoksida merupakan salah satu penyebab keracunan gas yang paling sering terjadi pada manusia.

Menurut Alhajeri et al. (2018), karbon monoksida memiliki resiko yang lebih besar pada paparan udara dalam kabin kendaraan karena memiliki ukuran

molekul yang lebih kecil dapat lebih mudah menembus ke celah-celah bodi kendaraan dibanding gas lain. Ketika kadar karbon monoksida di luar kendaraan berubah, kadar di dalam kendaraan menunjukkan konsentrasi karbon monoksida serupa yang menunjukkan adanya pengaruh kuat paparan udara luar terhadap kualitas udara di dalam kabin.

Selain pengaruh gas polutan dari luar, ancaman akumulasi karbon monoksida juga dapat muncul akibat kebocoran sistem pembuangan knalpot kendaraan dan ventilasi yang kurang optimal (Aldino et al., 2024). Pembakaran bensin tidak sempurna pada mesin mobil menghasilkan karbon monoksida yang akan merembes masuk melalui celah-celah bodi mobil. Penyebab lain dari keracunan karbon monoksida yang terjadi akibat penumpang tetap berada di dalam cukup lama dengan mesin kendaraan yang menyala, ruang mobil tertutup rapat, tanpa menyadari adanya kebocoran pada sistem pembuangan knalpot mobil, adanya celah atau lubang pada bodi mobil, serta konsentrasi karbon monoksida diluar kabin yang tinggi dan merembes masuk ke dalam kabin. Kombinasi faktor-faktor ini mempercepat akumulasi karbon monoksida dalam kabin dan meningkatkan risiko gangguan kesehatan serius hingga kematian. Karbon monoksida bersifat tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak terdeteksi langsung oleh indera manusia membuatnya dijuluki pembunuh diam-diam. Saat terhirup secara terus-menerus, karbon monoksida akan mengikat hemoglobin dalam darah dengan afinitas yang jauh lebih kuat daripada oksigen, kemudian membentuk karboksihemoglobin yang membuat suplai oksigen ke jaringan tubuh terhambat secara drastis. Hal ini akan memicu hipoksia yang dapat berujung pada gejala ringan seperti mengantuk, sesak napas, hilang kesadaran, hingga kematian (Yen, 2020).

Gas refrigeran seperti R-134a memiliki karakteristik yang mirip seperti karbon monoksida, yaitu tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak terdeteksi langsung oleh indera manusia. Gas refrigeran jenis R-134a merupakan refrigeran paling umum digunakan dalam sistem pendingin udara (AC) mobil sebagai pengganti R12 (Fajriyah et al., 2023). Kebocoran refrigerant (R-134a) pada sistem pendingin udara (AC) kendaraan umumnya ditandai dengan menurunnya performa pendinginan sehingga udara yang dihasilkan tidak lagi terasa dingin. Namun, kondisi tersebut tidak selalu terjadi pada tahap awal kebocoran. Apabila pada

kondisi tersebut, kebocoran terjadi pada evaporator maka gas refrigeran (R-134a) berpotensi langsung terlepas ke dalam kabin dan terakumulasi dengan udara yang dihirup oleh penumpang. Kondisi ini sering kali tidak disadari karena gas refrigeran (R-134a) tidak berwarna dan sulit dideteksi secara langsung oleh indera manusia, sementara sistem AC masih dapat beroperasi meskipun jumlah refrigeran (R-134a) mulai berkurang. Oleh karena itu, diperlukan sistem deteksi dini untuk mengidentifikasi keberadaan gas refrigerant (R-134a) di dalam kabin sebelum konsentrasinya meningkat hingga berpotensi membahayakan kesehatan penumpang. Paparan terhadap gas refrigeran (R-134a) dalam konsentrasi tinggi atau paparan dalam jangka panjang dapat menimbulkan masalah kesehatan seperti iritasi pada mata, gangguan pernapasan, efek toksik jangka panjang hingga kematian.

Adapun beberapa kasus keracunan gas refrigeran terkait kebocoran gas refrigeran dalam mobil, salah satunya kasus di Gorontalo pada tahun 2022 yang menyebabkan sopir dan seluruh penumpang tiba-tiba merasakan lemas hingga tidak sadarkan diri, sehingga harus mendapatkan perawatan intensif di fasilitas Kesehatan (Tombeg, 2022). Kasus serupa juga terjadi pada tahun 2025 di Tol Transjawa ruas Pejagan-Pemalang yang menyebabkan satu keluarga yang berisi 4 orang tewas karena keracunan gas refrigeran yang bocor dari sistem pendingin udara ke dalam kabin mobil. Dalam laporan kasus tersebut, dijelaskan oleh pakar otomotif dari Institut Teknologi Bandung (ITB) bahwa gas refrigeran yang umum digunakan dalam sistem pendingin udara mobil (antara lain jenis R-134a) dapat menimbulkan gangguan kesehatan bila terhirup dalam jumlah cukup besar di ruang tertutup. Paparan refrigeran dijelaskan dapat menyebabkan iritasi mata, hidung, dan tenggorokan, kesulitan bernapas, rasa berat di dada, sakit kepala, hingga pusing, dan pada kasus yang lebih berat dapat mengakibatkan kerusakan sistem saraf pusat, gangguan jantung, bahkan kematian (Prayoga, 2025). Kebocoran refrigeran umumnya terjadi akibat korosi pada saluran pipa, getaran mesin yang terus-menerus dan kerusakan pada seal kompresor terutama pada kendaraan dengan usia pakai yang sudah lama (Fajriyah et al., 2023).

Mengingat Indonesia merupakan salah satu wilayah tropis, kondisi kualitas udara dalam kabin mobil juga turut diperburuk akibat suhu dan kelembaban yang

tinggi. Suhu yang terlalu tinggi membuat kabin terasa pengap dan tidak nyaman, sedangkan kelembaban yang terlalu tinggi dapat membuat udara terasa lebih berat dan mendukung pertumbuhan jamur atau bau tidak sedap. Sebaliknya, kelembaban yang terlalu rendah dapat membuat udara terasa kering dan kurang nyaman bagi penumpang. Adapun suhu kabin mobil yang melebihi 31°C saat terparkir di bawah sinar matahari selama kurang lebih dua jam akan membuat interior dalam mobil menghasilkan gas-gas senyawa kelompok *Volatile Organic Compounds (VOC)* yang juga turut menciptakan kualitas udara dalam kabin semakin memburuk (Tong & Liu, 2020). Dengan begitu, pemantauan suhu dan kelembaban menjadi nilai dukung yang dibutuhkan sebagai tambahan dalam evaluasi kualitas udara dalam kabin mobil. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem deteksi kualitas udara dan peringatan dini yang mampu mendeteksi karbon monoksida, refrigeran (R-134a), suhu dan kelembaban dalam kabin mobil. serta memberi peringatan dini.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

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

1. Kabin mobil merupakan ruang tertutup dengan sirkulasi udara terbatas yang berpotensi mengalami penurunan kualitas udara akibat akumulasi zat pencemar dari lingkungan luar maupun dari komponen kendaraan itu sendiri.
2. Gas karbon monoksida (CO) yang berasal dari proses pembakaran bahan bakar tidak sempurna, kebocoran sistem pembuangan kendaraan, maupun masuknya polutan dari luar kabin memiliki risiko terhadap kesehatan pengguna karena bersifat tidak berwarna, tidak berbau, dan sulit dideteksi secara langsung oleh indera manusia.
3. Kebocoran gas refrigeran R-134a dari sistem pendingin udara (AC) kendaraan dapat menyebabkan penurunan kualitas udara dalam kabin, terutama karena gas tersebut memiliki karakteristik sulit dideteksi secara langsung dan berpotensi memberikan dampak negatif apabila terhirup dalam konsentrasi tinggi atau dalam waktu lama.
4. Kondisi suhu dan kelembaban yang tidak terkendali pada kabin mobil, khususnya pada lingkungan tropis, dapat menurunkan tingkat kenyamanan

+pengguna serta menjadi salah satu indikator perubahan kondisi kualitas udara dalam ruang tertutup.

5. Sistem pemantauan kualitas udara dalam kabin mobil yang mampu mendeteksi keberadaan gas berbahaya serta memberikan peringatan dini secara langsung masih diperlukan untuk membantu pengguna mengetahui kondisi udara di dalam kendaraan.
6. Diperlukan pengembangan alat deteksi kualitas udara kabin mobil yang mampu mengintegrasikan sensor pendeteksi karbon monoksida (CO), refrigeran R-134a, suhu, dan kelembaban menggunakan mikrokontroler serta memberikan informasi kondisi udara secara *real-time*.

### 1.3 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara merancang sistem deteksi kebocoran karbon monoksida (CO dan kebocoran refrigeran (R-134a) otomotif)?
2. Bagaimana merancang sistem deteksi suhu dan kelembaban?
3. Bagaimana merancang sistem kontrol otomatis yang mampu memberikan peringatan ketika konsentrasi gas melebihi ambang batas aman?

### 1.4 Batasan Prototipe

Adapun batasan masalah yang menjadi fokus pada penelitian Rancang Bangun Alat Deteksi Kualitas Udaras Berbasis Arduino Uno R3 yang meliputi:

1. Perancangan dan realisasi alat deteksi kualitas udara yang ditujukan untuk aplikasi dalam kabin mobil dengan mendeteksi gas karbon monoksida (CO) menggunakan sensor MQ-7, gas refrigeran untuk jenis R-134a menggunakan sensor MQ-139, serta suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT22.
2. Pembuatan alat hanya berbasis pada Arduino Uno R3 yang difokuskan pada penerapan alat di bidang otomotif, khususnya pada lingkungan kabin mobil penumpang.
3. Sistem peringatan pada alat menggunakan nilai ambang batas (*Threshold*) paparan gas dalam udara pada kabin mobil untuk menentukan kondisi normal hingga bahaya berdasarkan hasil pembacaan sensor.

### 1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Merancang dan membuat sistem alat pendeteksi kualitas udara dalam kabin mobil khususnya deteksi gas karbon monoksida (CO), gas refrigeran (R-134a), serta suhu dan kelembaban secara otomatis dan mampu memberikan peringatan dini.
2. Membuat sistem visualisasi data *real-time*, dan peringatan dini jika tingkat gas mencapai batas yang ditentukan.
3. Melakukan pengujian sistem untuk mengetahui kesesuaian antara hasil perancangan dan fungsi alat.

### 1.6 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini mampu memberikan manfaat secara akademik dan praktek dalam pengembangan sistem pemantauan kualitas udara dalam kabin mobil secara otomatis.
2. Rancangan sistem yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi alternatif solusi preventif dalam mendeteksi kebocoran karbon monoksida dan indikasi kebocoran refrigeran secara dini, sehingga meningkatkan aspek keselamatan dan kesadaran terhadap pentingnya kualitas udara dalam kabin mobil.