

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Ibukota Indonesia yang terletak di Jakarta telah menjadikan kota ini sebagai pusat perekonomian utama dalam negeri. Banyak lembaga pemerintah dan perusahaan swasta yang mayoritas berpusat di wilayah DKI Jakarta. Dengan tingginya aktivitas perekonomian di Jakarta mengakibatkan kota ini sebagai pusat perdagangan maupun jasa yang signifikan. Hal ini menjadi salah satu alasan mengapa banyak pendatang baru yang pindah ke Jakarta, sehingga menyebabkan kota ini menjadi sangat padat. Menurut Badan Pusat Statistik (2022), pada akhir tahun 2022 DKI Jakarta memiliki jumlah populasi sekitar 10.640 juta jiwa.

Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan Jakarta mengalami tingkat polusi udara yang tinggi. Peningkatan polusi udara ini disebabkan oleh pertumbuhan penduduk yang pesat dan urbanisasi yang tinggi, yang meningkatkan mobilitas dan kebutuhan transportasi. Namun, perkembangan infrastruktur jalan tidak sebanding dengan peningkatan jumlah kendaraan bermotor, yang dipicu oleh perilaku masyarakat yang cenderung menggunakan kendaraan pribadi sebagai pilihan utama. Akibatnya, jumlah kendaraan bermotor meningkat secara signifikan, menciptakan kemacetan lalu lintas yang serius. Selain itu, pertumbuhan jumlah kendaraan juga dipengaruhi oleh kualitas buruk pelayanan transportasi umum, seperti ketidakterediaan jadwal yang tepat waktu, kurangnya jumlah transportasi yang tersedia, dan layanan yang tidak memadai dari para kondektur. Masalah-masalah ini menyebabkan banyak orang di Jakarta bergantung pada kendaraan pribadi dalam aktivitas sehari-hari mereka, yang pada akhirnya berdampak buruk pada kualitas udara di kota Jakarta (Ratnaningtyas et al., 2021). Berdasarkan data harian Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) yang dikeluarkan oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada bulan Agustus 2023, rata-rata tingkat polusi di Jakarta, terutama di wilayah Jakarta Timur, mencapai angka 112. Angka ini berada dalam kriteria "Tidak Sehat" yang berpotensi merugikan manusia,

hewan, dan tumbuhan. Sedangkan idealnya, indeks yang baik untuk suatu wilayah berkisar antara 1 hingga 50. Dilansir oleh CNN Indonesia, data yang dilaporkan oleh Sigit Wijatmoko (2023) menunjukkan bahwa transportasi adalah yang menjadi penyebab utama dari tingginya Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU), hingga mencapai 44% dari total emisi di Jakarta.

Hal ini bermula pada abad ke-18 dan ke-19, ketika terjadi periode penting yang mengubah sejarah dunia secara signifikan. Periode ini dikenal sebagai Revolusi Industri, yang mempengaruhi berbagai sektor seperti pertanian, manufaktur, pertambangan, transportasi, dan teknologi. (Savitri, A., 2019). Sejak tahun 1850-an, ketika Revolusi Industri sedang berlangsung, emisi gas rumah kaca global meningkat secara dramatis. Menurut data European Commission yang disampaikan oleh Ahdiat, A (2023), volume emisi gas rumah kaca global dari pembakaran energi dan aktivitas industri global kian bertambah hingga mencapai 53,79 gigaton pada akhir tahun 2022, dan sektor transportasi menyumbang 8,10 gigaton atau sekitar 15,07% dari total emisi. Emisi ini sebagian besar berasal dari kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil, seperti bensin dan solar (Ahdiat, A., 2023).

Hal tersebut akhirnya menjadikan masalah polusi udara hingga kini menjadi permasalahan yang serius. Adanya emisi gas buang berupa asap knalpot muncul karena proses pembakaran yang tidak sempurna, menghasilkan Emisi Senyawa Hidrokarbon (HC), Timah Hitam (Debu Timbal) (Pb), Emisi senyawa NO_x, Oksida Belerang (SO₂), Emisi Karbon Monoksida (CO), dan Karbon Dioksida (CO₂) yang memiliki dampak merusak bagi lingkungan dan kehidupan (Rajagukguk & Pratiwi, 2018). Sebagai salah satu upaya untuk mengurangi emisi gas buang dari kendaraan, standar emisi Euro pertama kali diperkenalkan pada tahun 1993 oleh Uni Eropa (UE) dengan tujuan untuk mengurangi emisi gas buang dari kendaraan, standar ini kemudian diperketat pada tahun 1996 Euro 2 dengan batas emisi yang berbeda untuk mesin bensin dan diesel, kemudian Euro 3 diperkenalkan pada tahun 2000, memisahkan spesifikasi emisi hidrokarbon (HC) dan nitrogen oksida (NO_x) untuk mesin bensin dan mesin diesel., lalu Euro 4 diperkenalkan pada tahun 2005, dengan pengurangan signifikan ambang batas untuk partikulat (PM) dan nitrogen

oksida (NO_x) dalam mesin diesel, sedangkan Euro 5 diperkenalkan pada tahun 2008, dengan memperkenalkan *Diesel particulate filter* (DPF) untuk semua mobil diesel dan batas partikulat juga diperkenalkan untuk mesin bensin direct injection, kemudian Euro 6 diperkenalkan pada tahun 2014, dengan batas emisi yang lebih ketat lagi dibanding standar Euro sebelumnya (Kementerian ESDM RI, 2018).

Di Indonesia sendiri, standar emisi Euro 2 baru mulai diterapkan sejak tahun 2007. Kemudian pada tahun 2018, Indonesia mulai mencoba menerapkan standar emisi Euro 4 (Putra, A. S., 2018), yang kemudian Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan merombak kebijakannya lagi, dengan mengeluarkan Peraturan Nomor 8 Tahun 2023 mengenai unsur yang harus diawasi ketat dalam emisi gas buang kendaraan, yaitu gas karbon monoksida (CO) dan gas hidrokarbon (HC). Karena kedua gas ini merupakan gas yang paling banyak terkandung dalam emisi gas buang kendaraan bermotor (Batara, A. S., 2018).

Namun pada kenyataannya, himbuan pemberlakuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (PERMEN LHK No.8 Tahun 2023) mengenai standar emisi di Indonesia, tepatnya di kota Jakarta masih belum sepenuhnya memperbaiki perubahan pencemaran udara secara signifikan. Maka dari itu kesadaran dan pengetahuan masyarakat akan emisi gas buang kendaraan bermotor pun masih kurang, karena hal tersebut banyak masyarakat DKI Jakarta yang tidak menyadari bahwa kendaraan pribadi yang digunakan menghasilkan emisi yang berbahaya atau tidak. Hal ini akhirnya menimbulkan pencemaran udara yang berpotensi membahayakan manusia dan lingkungan. Menurut Siburian (2020), Paparan Karbon Monoksida (CO) dengan konsentrasi dan durasi yang melebihi nilai-nilai normal ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan, termasuk gangguan pada sistem jantung, darah, saraf, dan pernapasan, sedangkan paparan gas Hidrokarbon (HC) dengan jenis gas metana (CH₄) dalam jangka panjang atau konsentrasi tinggi ini dapat menyebabkan masalah gangguan iritasi mata, hidung, paru-paru, saluran pernapasan, dan bahkan kerusakan organ dalam (Siburian, 2020). Selain potensi bahaya bagi kesehatan manusia, gas CH₄ mempunyai daya

rusak atmosfer 21–23 kali besar dari CO₂ yang dapat mencemari lingkungan dan berkontribusi pada masalah pencemaran udara dan perubahan iklim (Rustiah et al., 2023).

Dengan memperhatikan bahaya pengaruh kadar emisi gas buang kendaraan bermotor yang berlebih bagi kesehatan dan lingkungan, maka dibutuhkan suatu alat deteksi emisi gas buang kendaraan bermotor, untuk mengatur jumlah kendaraan yang layak beroperasi di jalanan. Namun menurut Lutfie (2018) biaya yang cukup tinggi untuk melakukan sekali uji emisi menjadi faktor utama bagi masyarakat enggan melakukan cek uji emisi pada kendaraannya, karena biaya uji emisi ini tetap harus dibayar meskipun hasil pengujiannya tidak lolos. Di bengkel Auto2000 sendiri harganya berkisar Rp. 165.000 dan untuk membuat sertifikatnya pemilik kendaraan perlu mengeluarkan biaya tambahan lagi sebesar Rp. 50.000 (Shafly, N., 2023). Selain itu, faktor yang membuat PERMEN LHK No.8 Tahun 2023 belum sepenuhnya memperbaiki perubahan pencemaran udara secara signifikan dapat terjadi karena kemungkinan teknisi yang mengurus pengujian emisi kendaraan mendapatkan sogokan dari seorang oknum pengendara, karena hasil pengujian masih diinput secara manual ke dalam *database* pemerintah, akibatnya kendaraan yang seharusnya tidak lulus uji bisa saja dinyatakan lulus (Sugantana, G., 2024).

Oleh karena itu, dirancanglah sebuah alat untuk mengukur kadar karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) dalam gas buang kendaraan bermotor berbasis Internet of Things (IoT) yang memiliki kemampuan untuk menyimpan otomatis data pengukuran emisi gas kendaraan dalam sebuah *database* yang dapat diakses oleh internet melalui sebuah *website*. Hal ini diharapkan dapat berfungsi sebagai perangkat pemantauan untuk mengevaluasi kadar emisi gas buang kendaraan dalam suatu wilayah dengan lebih baik lagi.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang juga merancang sebuah alat untuk mengukur kadar karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), oksigen (O₂), dan hidrokarbon (HC) dalam gas buang kendaraan bermotor, adapun diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Supriyono et al., (2020) di Universitas Muhammadiyah Surakarta, dengan judul “*Portable*

machine with android application display for measuring CO and HC of vehicle exhaust gas.” Pada penelitian ini, alat yang dirancang memiliki bobot yang ringan (800 gram) sehingga mudah dibawa dan digunakan oleh pengguna, alat tersebut bekerja dengan menggunakan sensor MQ-2 dan MQ-7 untuk mendeteksi gas hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO) dalam gas buang kendaraan. Sensor-sensor ini terhubung ke mikrokontroler Arduino yang mengolah data yang diterima dari sensor-sensor tersebut. Hasil pengolahan data kemudian dikirim melalui modul komunikasi Bluetooth ke smartphone berbasis Android. Aplikasi di smartphone digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran HC dan CO. Alat Deteksi kadar emisi gas buang kendaraan bermotor hasil rancangan Supriyono, H., Anton, S., Fadlilah, U., & Harismah, K. ini mampu mengukur kadar gas hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO) namun penggunaan modul komunikasi bluetooth pada alat ini mengakibatkan hasil pengujian tidak dapat dipantau dari jarak yang jauh, hal ini dikarenakan modul komunikasi bluetooth memiliki jarak operasional yang terbatas.

Kemudian penelitian oleh Sarungallo et al. (2019) di Universitas Udayana merancang alat dengan menggunakan sensor MQ-7 berbasis Arduino uno R3 untuk mengukur emisi gas karbon monoksida (CO). Alat ini bekerja ketika sensor MQ-7 mendeteksi gas karbon monoksida, data akan diproses oleh Arduino uno R3 dan ditampilkan pada LCD. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan modul ISD 1820 yang akan berbunyi "karbon monoksida melebihi ambang batas" jika gas karbon monoksida melebihi 100 ppm. Alat Deteksi kadar emisi gas buang kendaraan bermotor hasil rancangan Sarungallo, S. K., Putu, G., Agung, R., & Jasa, L. ini hanya mampu mengukur kadar gas karbon monoksida (CO). Sehingga tidak memenuhi peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan republik Indonesia yang harus mengawasi dua unsur wajib dalam gas buang yang harus diukur dalam gas buang kendaraan bermotor, yaitu gas hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO). Selain itu, penelitian ini juga belum mampu menyimpan hasil pengukurannya secara otomatis.

Selanjutnya penelitian oleh Hidayat, Y. A., Supriyadi, S., & Burhanuddin, A. (2020) di Universitas PGRI Semarang, dengan judul “Analisis Efektifitas Alat Uji Emisi Gas Buang Berbasis Mikrokontroler Arduino AT Mega 2560 Dengan Gas Analyzer Tipe Hg-520 Pada Kendaraan.” Pada penelitian ini, alat dirancang untuk membaca gas CO, CO₂, HC, dan O₂ pada variasi putaran mesin sepeda motor, lalu untuk membandingkan efektivitas pembacaan alat berbasis mikrokontroler Arduino AT Mega 2560 maka dilakukan pengujian emisi gas buang pada sepeda motor menggunakan dua alat, yaitu alat gas analyzer HG-520 dan alat uji gas berbasis mikrokontroler. Alat Deteksi kadar emisi gas buang kendaraan bermotor hasil rancangan Hidayat, Y. A., Supriyadi, S., & Burhanuddin, A. ini mampu mengukur kadar gas karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrokarbon (HC), dan oksigen (O₂), namun penelitian tersebut belum mampu menyimpan hasil pengukurannya secara otomatis.

Berdasarkan hal-hal yang telah dijelaskan, dapat disimpulkan bahwa saat ini belum ada perangkat deteksi emisi gas buang kendaraan bermotor yang dapat mengukur gas karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) yang terhubung dengan *internet of things* (IoT). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah alat Deteksi emisi gas buang kendaraan yang menggunakan sensor gas gabungan dan berbasis IoT dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan ESP32. Alat ini memiliki kemampuan untuk menyimpan otomatis data pengukuran emisi gas kendaraan dalam sebuah *database* yang dapat diakses oleh internet melalui sebuah *website*. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan layar OLED SSD1306 untuk tampilan pemantauan secara *real-time*. Pengembangan alat ini bertujuan untuk mendukung dan membantu pengawasan emisi gas buang kendaraan bermotor di Jakarta, sehingga dapat membantu mengatur jumlah kendaraan yang benar-benar layak beroperasi di jalan raya.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang tersebut dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Pencemaran udara di Jakarta masih tergolong tinggi, terbukti dari nilai Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) yang tinggi. Di kecamatan Cipayung, Jakarta Timur, ISPU nya sendiri mencapai indeks rata-rata 112 pada bulan Agustus 2023, yang termasuk dalam kriteria "Tidak Sehat". Sedangkan idealnya, indeks yang dianggap baik untuk suatu wilayah seharusnya berada diantara 1 hingga 50.
2. Peningkatan kebutuhan transportasi yang pesat menjadi penyebab utama dari tingginya Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) hingga mencapai 44% dari total emisi di Jakarta, hal ini dikarenakan oleh pertumbuhan penduduk yang pesat dan urbanisasi yang tinggi di ibukota Indonesia.
3. Pengimplementasian Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2023 yang dibuat untuk mengurangi dampak negatif emisi gas kendaraan bermotor terhadap lingkungan, masih belum sepenuhnya mempengaruhi perubahan pencemaran udara secara signifikan.
4. Sebagian besar perangkat pengukur emisi yang tersedia memiliki biaya operasional yang cukup tinggi.
5. Belum adanya alat uji yang mampu menyimpan nilai hasil pengujian secara otomatis ke dalam *database*.

1.3 Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian Rancang Bangun Alat Deteksi Kadar Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dengan Sensor Gas Gabungan Berbasis *Internet Of Things* (IoT) adalah sebagai berikut:

1. Sistem *monitoring* kadar gas karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) secara *real-time* dan berbasis IoT, dengan menggunakan arduino uno dan ESP32 sebagai pemrosesnya.
2. Perancangan dan realisasi alat Deteksi kadar emisi gas karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) untuk jenis gas metana (CH₄), yang mengukur kendaraan bermotor kategori M (Kendaraan Bermotor roda empat atau lebih

yang digunakan untuk angkutan orang) dan kategori L (Kendaraan Bermotor beroda kurang dari empat) dengan metode uji *Idle* atau dalam kondisi diam.

3. Perancangan dan realisasi alat Deteksi kadar emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dibuat berdasarkan pada Standar uji emisi yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2023.
4. Perancangan dan realisasi alat Deteksi kadar emisi gas buang kendaraan bermotor hanya berfungsi sebagai perangkat pemantauan untuk mengevaluasi kadar emisi gas buang kendaraan, untuk memberikan peringatan awal sebelum menjalani uji emisi bersertifikat.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah, maka perumusan masalah dapat dirumuskan yaitu “Bagaimana cara merancang dan membuat alat Deteksi untuk mengukur kadar emisi gas buang kendaraan bermotor secara *realtime* dan berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan ESP32?”

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini dibedakan menjadi 2 tujuan yaitu, tujuan umum dan tujuan khusus. Bagian tujuan umum dan khusus diuraikan sebagai berikut:

a. Tujuan Umum

Untuk membuat perangkat pemantauan evaluasi kadar emisi gas buang kendaraan, guna membantu pemilik kendaraan memenuhi persyaratan uji emisi sebelum mengikuti uji emisi yang bersertifikat dan berbayar.

b. Tujuan Khusus

Untuk merancang dan membuat alat deteksi untuk mengukur kadar emisi gas buang kendaraan bermotor secara *realtime* dan berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan ESP32.

1.6 Manfaat Penelitian

A. Manfaat Teoritis.

Hasil dari penelitian diharapkan dapat menambah pemahaman mengenai sistem pemantauan, khususnya terkait emisi gas buang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan ESP32 berbasis *Internet of Things*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berfungsi sebagai perangkat pemantauan untuk mengevaluasi kadar emisi gas buang kendaraan.

B. Manfaat Praktis

1. Bagi peneliti, penelitian ini diharapkan menjadi langkah yang berguna dalam menerapkan pengetahuan mengenai pengendalian sistem menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan ESP32.
2. Bagi peneliti selanjutnya, penelitian ini dapat menjadi referensi untuk mengembangkan perangkat uji emisi yang bersertifikat pada kendaraan bermotor dengan memanfaatkan mikrokontroler.
3. Bagi masyarakat, penelitian ini diharapkan dapat membantu pemilik kendaraan untuk memenuhi persyaratan uji emisi sebelum mengikuti uji emisi yang bersertifikat dan berbayar.