

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polusi udara merupakan salah satu ancaman paling serius terhadap kesehatan manusia di tingkat global. Berbagai data menunjukkan bahwa polusi udara menempati posisi sebagai penyebab kematian terbesar kedua di dunia setelah kebiasaan merokok, dengan estimasi mencapai sekitar 7 juta kematian setiap tahunnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa kualitas udara yang buruk tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga memberikan konsekuensi signifikan terhadap kesehatan masyarakat. [1]

Selain berdampak pada kesehatan, polusi udara juga berkontribusi terhadap kerusakan lingkungan, khususnya melalui fenomena efek rumah kaca. Efek ini terjadi akibat meningkatnya konsentrasi karbon dioksida (CO_2) dan gas rumah kaca lainnya di atmosfer. Peningkatan konsentrasi CO_2 terutama disebabkan oleh aktivitas pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, serta bahan organik lainnya yang melampaui kapasitas alami tumbuhan dan lautan dalam menyerap gas tersebut. Akibatnya, radiasi panas yang dipantulkan oleh permukaan bumi semakin banyak terperangkap di atmosfer. Semakin tinggi konsentrasi gas rumah kaca, semakin besar pula panas matahari yang tertahan di permukaan bumi, sehingga memicu peningkatan suhu global. [2]

Gas-gas pencemar di udara umumnya tidak dapat diamati secara langsung oleh indera penglihatan manusia. Oleh karena itu, pemantauan kualitas udara secara real-time menjadi suatu kebutuhan yang sangat penting. Pengukuran berbagai parameter lingkungan seperti karbon dioksida (CO_2), suhu, kelembapan, serta partikulat debu halus ($\text{PM}_{2.5}$) secara terintegrasi mampu memberikan informasi yang lebih komprehensif mengenai kondisi kualitas udara. Informasi tersebut diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat agar lebih peduli terhadap kondisi lingkungan, khususnya kualitas udara di sekitar aktivitas sehari-hari.

Dalam upaya melakukan pengukuran tersebut, penggunaan sensor yang tepat menjadi faktor utama. Sensor MQ-135 dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi gas CO_2 , sementara sensor PMS5003 digunakan untuk mengukur konsentrasi

partikulat debu halus PM2.5. Selain itu, sensor DHT22 berfungsi untuk mengukur parameter suhu dan kelembapan udara. Seluruh sensor tersebut dapat diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 yang memiliki kemampuan komputasi dan konektivitas yang baik. Pemanfaatan ESP32 memungkinkan pengembangan sistem pemantauan kualitas udara yang praktis dan efisien, di mana data dari berbagai sensor dapat diakuisisi secara kontinu dan ditampilkan secara langsung (real-time).

Dalam sistem yang dirancang, data yang diperoleh merupakan hasil pembacaan dari berbagai parameter kualitas udara, meliputi konsentrasi gas karbon dioksida (CO₂), partikulat debu halus (PM2.5), suhu, serta kelembapan udara yang diukur menggunakan sensor-sensor yang telah terpasang. Data tersebut kemudian diproses oleh mikrokontroler sebagai pusat kendali sistem untuk menghasilkan informasi yang terintegrasi dan mudah dipahami.

Selanjutnya, hasil pengukuran akan ditampilkan secara real-time melalui layar LCD 16x2 I2C sebagai media visual utama yang menyajikan nilai parameter lingkungan secara numerik. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan LED WS2812 yang berfungsi sebagai indikator visual berbasis warna untuk menunjukkan tingkat kualitas udara, serta buzzer sebagai indikator peringatan dini (alarm) apabila parameter yang terukur melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Dengan adanya kombinasi tampilan visual dan peringatan suara, sistem ini diharapkan mampu memberikan informasi yang cepat, jelas, dan responsif terhadap kondisi kualitas udara di lingkungan sekitar.

Dengan adanya sistem pemantauan kualitas udara, diharapkan mampu memberikan peringatan dini secara cepat dan akurat terhadap kondisi lingkungan yang berpotensi berbahaya. Hal ini menjadi langkah preventif dalam mengurangi risiko terjadinya berbagai penyakit pernapasan akibat paparan polusi udara. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk mengangkat tugas akhir dengan judul “RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN DINI KUALITAS UDARA PORTABEL BERBASIS ESP32 MENGGUNAKAN SENSOR MQ-135, PMS5003, DAN DHT22”. Melalui penelitian ini, penulis bertujuan untuk merancang dan mengembangkan suatu sistem peringatan dini yang mampu menjadi solusi dalam pemantauan kualitas udara secara berkelanjutan, serta memberikan

informasi yang akurat dan mudah diakses oleh pengguna. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga kualitas udara demi kesehatan dan kelestarian lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem pemantauan kualitas udara portable berbasis ESP32?
2. Bagaimana mengintegrasikan sensor MQ-135, PMS5003, dan DHT22?
3. Bagaimana menentukan ambang batas parameter kualitas udara dan menghasilkan peringatan dini berdasarkan data sensor?
4. Bagaimana sistem menampilkan informasi kualitas udara secara real-time?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan perumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan khusus dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem peringatan dini kualitas udara portable berbasis ESP32.
2. Mengintegrasikan sensor MQ-135, PMS5003, dan DHT22 pada sistem berbasis ESP32 untuk memperoleh data kualitas udara secara real-time, serta mengetahui tingkat kesesuaian pembacaan sensor terhadap alat ukur komersial.
3. Mengimplementasikan ambang batas parameter kualitas udara sebagai acuan sistem peringatan dini berbasis LED WS2812 dan buzzer.
4. Menampilkan dan mengirimkan informasi kualitas udara secara real-time melalui media yang tersedia.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Penulis

Penelitian ini menjadi sarana bagi penulis untuk mengimplementasikan ilmu yang telah diperoleh selama perkuliahan ke dalam bentuk nyata berupa perancangan sistem peringatan dini kualitas udara portabel berbasis ESP32. Selain itu, penulis memperoleh pengalaman dalam mengintegrasikan sensor MQ-135, PMS5003, dan DHT22, serta melakukan proses perancangan, pengujian, dan

analisis sistem secara langsung. Penelitian ini juga dapat meningkatkan kemampuan penulis dalam pemecahan masalah serta penyusunan karya ilmiah.

1.4.2 Bagi Mahasiswa dan Pembaca

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan sumber pembelajaran bagi mahasiswa dan pembaca dalam memahami konsep sistem tertanam (embedded system), khususnya dalam pengembangan alat pemantau kualitas udara berbasis mikrokontroler. Selain itu, penelitian ini memberikan wawasan mengenai cara kerja dan integrasi sensor gas, partikulat, suhu, dan kelembapan dalam satu sistem yang bekerja secara real-time. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan penelitian selanjutnya yang lebih inovatif dan aplikatif.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka ruang lingkup permasalahan dibatasi sebagai berikut:

1. Sistem yang dirancang hanya melakukan pengukuran parameter kualitas udara yang meliputi karbon dioksida (CO_2), suhu, kelembapan, serta partikulat debu halus ($\text{PM}_{2.5}$).
2. Pengolahan data dilakukan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali sistem.
3. Hasil pengukuran ditampilkan secara lokal melalui layar LCD 16x2 I2C tanpa adanya penyimpanan data jangka panjang.
4. Sistem tidak dilengkapi dengan konektivitas internet (non-IoT), sehingga tidak mendukung pemantauan jarak jauh, penyimpanan berbasis cloud, maupun notifikasi melalui web atau aplikasi.
5. Sumber daya listrik sistem hanya menggunakan baterai tipe 403040 tanpa adanya integrasi dengan sumber daya eksternal lainnya.
6. Kalibrasi sensor MQ-135 dilakukan berdasarkan kurva karakteristik datasheet menggunakan metode regresi power, sedangkan sensor PMS5003 dan DHT22 menggunakan pengaturan standar dari masing-masing sensor.
7. Perancangan mekanik hanya difokuskan pada fungsi proteksi perangkat dengan menggunakan casing standar, tanpa analisis desain ergonomis atau ketahanan lingkungan secara mendalam.

8. Pengujian sistem dilakukan pada empat titik lokasi dengan kondisi lingkungan tertentu, dengan durasi pengujian selama 25 menit dan interval pengambilan data setiap 5 menit pada masing-masing lokasi, sehingga diperoleh 5 data pengukuran per lokasi yang masih terbatas untuk mewakili kondisi kualitas udara secara representatif.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini memiliki sistematika penyusunan laporan agar dapat memaksimalkan pembahasan yang disampaikan dan penyusunan Tugas Akhir ini menjadi lebih tersusun, terarah, terstruktur, jelas, dan baik. Sistematika penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

ABSTRAK

ABSTRACT

HALAMAN PERSEMBAHAN

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang perancangan Tugas Akhir, identifikasi serta perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metode penyusunan, serta sistematika penulisan Tugas Akhir.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas tinjauan pustaka serta landasan teori yang digunakan sebagai dasar dan acuan dalam penyusunan Tugas Akhir.

BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR

Bab ini menjelaskan tahapan perancangan sistem yang meliputi diagram blok alat, wiring diagram, prinsip kerja alat, serta flowchart pengoperasian sistem.

BAB IV PEMBUATAN ALAT

Bab ini membahas proses pembuatan alat yang meliputi tahap perakitan perangkat, implementasi sistem, serta integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak hingga alat dapat berfungsi sesuai dengan perancangan yang telah ditetapkan.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

Bab ini membahas parameter-parameter yang diukur beserta nilai hasil pengujian. Selain itu, dijelaskan pula metode dan jenis pengujian yang dilakukan, serta analisis terhadap hasil pengukuran. Analisis tersebut dilakukan dengan membandingkan data hasil pengujian dengan parameter yang telah ditetapkan guna memastikan kinerja alat sesuai dengan tujuan penelitian.

BAB VI PENUTUP

Pada Bab ini menyajikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil simulasi alat serta memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut.