

**PERANCANGAN SISTEM DETEKSI PELANGGARAN MEROKOK
DI RUANGAN *NO SMOKING AREA* MENGGUNAKAN SENSOR
MQ-2 DENGAN PERINGATAN AUDIO INTERAKTIF**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

MUHAMMAD JASIMI

210705033

Mahasiswa Fakultas Sains Dan Teknologi

Program Studi Teknologi Informasi



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH 1447 H/ 2026 M**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERANCANGAN SISTEM DETEKSI PELANGGARAN MEROKOK DI
RUANGAN NO SMOKING AREA MENGGUNAKAN SENSOR MQ-2 DENGAN
PERINGATAN AUDIO INTERAKTIF**

TUGAS AKHIR


Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana
pada Program Studi Teknologi Informasi

Oleh:
MUHAMMAD JASIMI
NIM. 210705033

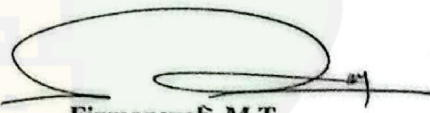
**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknologi Informasi**

Disetujui untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I,


Mulkan Fadhli, M.T.
NIP. 198811282020121006

Pembimbing II,


Firmansyah, M.T.
NIP. 198704212015031002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknologi Informasi


Malahavati, M.T.
NIP. 198301272015032003

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN SISTEM DETEKSI PELANGGARAN MEROKOK DI RUANGAN
NO SMOKING AREA MENGGUNAKAN SENSOR MQ-2 DENGAN PERINGATAN
AUDIO INTERAKTIF**

TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Teknologi Informasi

Pada Hari/Tanggal: Senin, 2 Februari 2026
14 Sya'ban 1447 H

Di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir:

Ketua,

Mulkan Fadhli, M.T.
NIP. 198811282020121006

Sekretaris,

Firmansyah, M.T.
NIP. 198704212015031002

Penguji I,

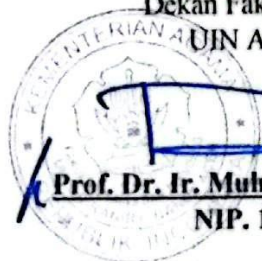
Mursyidin, M.T.
NIP. 198204052023211020

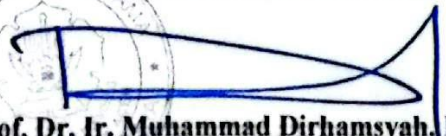
Penguji II,

Khairan Ar, M.Kom.
NIP. 198607042014031001

Mengetahui:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh,




Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Jasimi
NIM : 210705033
Program Studi : Teknologi Informasi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Tugas Akhir : Perancangan Sistem Deteksi Pelanggaran Merokok Di Ruang No Smoking Area Menggunakan Sensor MQ-2 Dengan Peringatan Audio Interaktif

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan.
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah orang lain.
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya.
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenakan sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 02 Februari 2026

Yang Menyatakan




(Muhammad Jasimi)

ABSTRAK

Nama : Muhammad Jasimi
Nim : 210705033
Program Studi : Teknologi Informasi
Judul : Perancangan Sistem Deteksi Pelanggaran Merokok Di Ruang *No Smoking Area* Menggunakan Sensor MQ-2 Dengan Peringatan Audio Interaktif
Jumlah Halaman :43
Pembimbing I : Mulkan Fadhli, M.T
Pembimbing II : Firmansyah, M.T

Aktivitas merokok di dalam ruangan kawasan tanpa rokok (KTR) masih sering terjadi dan berdampak negatif terhadap kesehatan, sehingga diperlukan sistem pengawasan yang efektif dan otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi pelanggaran merokok di ruangan *No Smoking Area* menggunakan sensor MQ-2 dengan peringatan audio interaktif. Sistem ini memanfaatkan sensor MQ-2 sebagai pendeteksi asap rokok, mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data, serta modul DFPlayer Mini sebagai media pemutar suara peringatan. Ketika konsentrasi asap rokok melebihi ambang batas yang ditentukan, sistem secara otomatis memberikan peringatan audio melalui speaker. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan pendekatan *Research and Development (R&D)*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi asap rokok secara real-time dan memberikan peringatan audio dengan respons yang baik pada jarak 1,5 hingga 2 meter di dalam ruangan berukuran 1×2 meter, sehingga sistem ini dinilai efektif dalam membantu menekan pelanggaran merokok di kawasan tanpa rokok.

Kata kunci: Sensor MQ-2, ESP32, Kawasan Tanpa Rokok, Deteksi Asap Rokok, Audio Interaktif.

ABSTRACT

Name : Muhammad Jasimi
Student ID : 210705033
Study Program : Information Technology
Title : Design of a Smoking Violation Detection System in No Smoking Areas Using an MQ-2 Sensor with Interactive Audio Warning
Total Pages : 43
Supervisor I : Mulkan Fadhlī, M.T
Supervisor II : Firmansyah, M.T

Smoking activities in indoor no-smoking areas (NSAs) remain frequent and pose negative impacts on public health, thereby requiring an effective and automated monitoring system. This research aims to design and implement a smoking violation detection system in No Smoking Areas using an MQ-2 sensor with interactive audio warnings. The system utilizes an MQ-2 sensor to detect cigarette smoke, an ESP32 microcontroller as the data processing unit, and a DFPlayer Mini module as the audio warning output. When the detected smoke concentration exceeds the predetermined threshold, the system automatically delivers an audio warning through a speaker. This study employs an experimental method with a Research and Development (R&D) approach. The test results indicate that the system is capable of detecting cigarette smoke in real time and providing responsive audio warnings at a distance of 1.5 to 2 meters within a 1 × 2 meter enclosed room. Therefore, the proposed system is considered effective in helping to reduce smoking violations in no-smoking areas.

Keywords: MQ-2 Sensor, ESP32, No Smoking Area, Cigarette Smoke Detection, Interactive Audio.

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wata'ala atas segala limpahan rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya. Berkat pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Perancangan Sistem Deteksi Pelanggaran Merokok di Ruang No Smoking Area Menggunakan Sensor MQ-2 dengan Peringatan Audio Interaktif.”

Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu ‘Alaihi Wasallam, sang pembawa cahaya peradaban, yang telah menuntun umat manusia dari zaman kegelapan menuju era penuh ilmu pengetahuan dan keimanan.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Lebih dari itu, karya ini merupakan hasil dari proses pembelajaran dan pengembangan ilmu pengetahuan yang telah penulis tempuh selama masa studi, khususnya dalam bidang sistem berbasis sensor dan otomasi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan syukur, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua tercinta, Ayah dan Ine atas cinta, doa, dan dukungan yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan dan tugas akhir ini.
2. Keluarga penulis, atas dukungan moril dan motivasi yang senantiasa diberikan selama proses penyusunan tugas akhir.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

4. Ibu Malahayati, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknologi Informasi, atas arahan, bimbingan, dan motivasi yang diberikan selama masa perkuliahan.
5. Bapak Mulkan Fadhli, M.T., selaku pembimbing I, atas arahan, kesabaran, serta bimbingan yang diberikan selama proses penelitian dan penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak Firmansyah, M.T., selaku pembimbing II, yang telah memberikan masukan, dukungan, dan bimbingan yang sangat berharga dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Ibu Cut Ida Rahmadiana, S.Si., selaku staf administrasi Program Studi Teknologi Informasi, atas bantuan dan pelayanan yang diberikan selama proses akademik.
8. Teman-teman seperjuangan Program Studi Teknologi Informasi, atas kebersamaan, dukungan, dan semangat selama masa perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan penelitian ini di masa yang akan datang. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta menjadi referensi bagi pengembangan penelitian selanjutnya. Kebenaran datangnya dari Allah Subhanahu Wata'ala, dan kesalahan sepenuhnya berasal dari penulis sendiri. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua.

A R - R A N I R Y

Banda Aceh, 2 Februari 2026

Muhammad Jasimi

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Manfaat Penelitian.....	3
I.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
II.1 Relevansi Penelitian.....	5
II.2 Konsep Dasar Merokok dan Dampaknya.....	7
II.3 Kawasan Tanpa Rokok (KTR).....	8
II.3.1 Manfaat dan Tujuan Penetapan Kawasan Tanpa Rokok.....	9
II.5 Sensor MQ-2 sebagai Sensor Deteksi Asap dan Gas.....	10
II.6 ESP32 Sebagai Mikrokontroler.....	11
II.7 DFPlayer Mini.....	11
II.8 Arduino IDE	12
II.9 Desain Peringatan Audio Interaktif.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
III.1 Metode Penelitian.....	14
III.2 Kerangka Pemikiran	14
III.2.1 Alur Kerja Sistem yang Diusulkan.....	14
III.2.2 Diagram Blok Sistem Deteksi Merokok	15
III.3 Hipotesis atau Asumsi Dasar.....	17
III.4 Tahapan Penelitian.....	18
III.5 Alat dan Bahan.....	19

III.6	Perancangan Sistem.....	20
III.7	Perancangan Perangkat Keras	21
III.7.1.	Koneksi ESP32 ke Sensor MQ-2	22
III.7.2.	Koneksi ESP32 ke DFPlayer Mini	23
III.7.3.	Koneksi DFPlayer Mini ke Speaker	24
III.8	System Development (Pengembangan Sistem)	24
III.8.1	Kondisi Awal Sistem (Inisialisasi).....	25
III.8.2	Proses Pembacaan Sensor	25
III.8.3	Proses Pendeteksian Asap.....	26
III.8.4	Kondisi Asap Terdeteksi Pertama Kali.....	26
III.8.5	Kondisi Asap Masih Terdeteksi (Pengulangan Audio).....	27
III.8.6	Kondisi Asap Mulai Menghilang.....	27
III.8.7	Penyelesaian Pemutaran Audio.....	28
III.8.8	Kembali ke Kondisi Normal	28
III.8.9	Siklus Kerja Sistem	28
III.9	Integrasi Perangkat Lunak	29
III.9.1	Board Manager (ESP32 Dev Module).....	29
III.9.2	Library Manager (DFRobotDFPlayerMini)	30
III.9.3	Port Komunikasi (COM7).....	30
III.7	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	30
III.8	Konsep ambang batas sensor	31
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
IV.1.	Hasil Pengujian Sistem Melalui Serial Monitor Arduino IDE	33
IV.2.	Analisis Respons Sistem terhadap Ambang Batas Sensor dan Kondisi Ruang	37
IV.3.	Kendala dan Tantangan Sistem	37
IV.4.	Hasil Efektifitas Sistem	38
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	40
V.1	Kesimpulan	40
V.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	42

DAFTAR TABEL

Tabel III.1. Relevansi Penelitian.....	5
Tabel III.1. Perangkat keras.....	20
Tabel III.1. Perangkat lunak	20
Tabel IV.1. Hasil Pengujian Sensor MQ-2 dan Respon Audio Peringatan.....	34



DAFTAR GAMBAR

Gambar III.1. Alur Kerja Sistem.....	17
Gambar III.2. Tahapan Penelitian.....	19
Gambar III. 3 Skema Rangkaian Keseluruhan Sistem Pendeteksi asap rokok.....	22
Gambar III.3. Koneksi ESP32 ke Sensor MQ-2.....	23
Gambar III. 4. Koneksi ESP32 ke DFPlayer Mini.....	24
Gambar III.5. Koneksi DFPlayer Mini ke Speaker.....	25
Gambar III.6. Kondisi Awal Sistem (Inisialisasi).....	26
Gambar III.7. Proses Pembacaan Sensor.....	27
Gambar III.8. Proses Pendeteksian Asap.....	27
Gambar III.9. Kondisi Asap Terdeteksi Pertama Kali.....	27
Gambar III.10. Kondisi Asap Masih Terdeteksi (Pengulangan Audio).....	28
Gambar III.11. Kondisi Asap Mulai Menghilang.....	28
Gambar III.11. Kondisi Asap Mulai Menghilang.....	28
Gambar III.13. Siklus Kerja Sistem.....	29
Gambar III.12. Grafik Ambang Batas Sitem.....	34
Gambar IV.1. serial Monitor Nilai Ambang Batas Normal.....	35
Gambar IV.2. serial monitor ambang batas di atas nilai yang di tentukan.....	36

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Merokok masih menjadi permasalahan serius yang berdampak luas terhadap kesehatan masyarakat, baik secara langsung maupun tidak langsung. Menurut data dari *World Health Organization* (WHO), merokok menyebabkan lebih dari 8 juta kematian setiap tahunnya di seluruh dunia, dan sekitar 1,2 juta kematian di antaranya terjadi pada perokok pasif yang terpapar asap rokok tanpa merokok secara langsung. Di Indonesia sendiri, berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar (Riskesmas) 2018, angka perokok aktif mencapai lebih dari 33% dari total populasi, dengan tren peningkatan terutama pada usia remaja dan dewasa (Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan RI, 2019). Kondisi ini sangat memprihatinkan, terlebih karena paparan asap rokok juga meningkatkan risiko penyakit jantung, kanker paru, asma, dan berbagai gangguan pernapasan kronis, terutama di ruang tertutup atau ruang publik yang seharusnya bebas asap rokok.

Untuk meminimalkan dampak buruk tersebut, banyak negara, termasuk Indonesia, telah menetapkan kebijakan kawasan tanpa rokok (KTR) atau *No Smoking Area*, khususnya di tempat umum seperti rumah sakit, sekolah, perkantoran, transportasi publik, serta fasilitas umum lainnya. Namun, penerapan kebijakan ini tidak selalu berjalan efektif di lapangan. Pelanggaran terhadap larangan merokok masih sering terjadi karena lemahnya pengawasan serta kurangnya sarana pendeteksi otomatis yang mampu memberikan peringatan secara langsung kepada pelanggar (Nafisah & Intiasari, 2023). Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara regulasi dan implementasi teknis yang harus segera diatasi agar kebijakan kawasan tanpa rokok (KTR) benar-benar efektif melindungi masyarakat dari bahaya asap rokok.

Selama ini, metode yang biasa digunakan untuk menegakkan larangan merokok dalam kawasan tanpa rokok antara lain melalui pemasangan rambu

larangan merokok, spanduk peringatan atau pengawasan oleh petugas keamanan. Namun, metode-metode tersebut memiliki keterbatasan. Rambu dan spanduk bersifat pasif dan tidak memberikan sanksi atau peringatan secara langsung. Pengawasan manual oleh petugas memerlukan kehadiran manusia yang berkelanjutan dan tidak efisien dalam hal waktu dan biaya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dibutuhkan suatu sistem yang bersifat otomatis, efisien, dan interaktif guna mendeteksi pelanggaran merokok di area bebas asap rokok. Salah satu solusi yang potensial adalah dengan merancang sistem deteksi pelanggaran merokok menggunakan sensor asap MQ-2 yang mampu mendeteksi keberadaan asap dan gas-gas berbahaya seperti karbon monoksida, metana, dan LPG yang merupakan komponen utama dalam asap rokok. Sensor ini akan dihubungkan dengan sistem mikroprosesor (seperti ESP32 atau Arduino) dan dikombinasikan dengan fitur peringatan audio interaktif, di mana sistem secara otomatis akan memutar suara peringatan jika terdeteksi adanya aktivitas merokok.

Dalam penelitian ini, penulis akan merancang sistem tersebut mulai dari pemilihan perangkat keras, perakitan rangkaian elektronik, pemrograman perangkat lunak untuk membaca data sensor secara real-time, hingga pengujian sistem di ruang uji coba. Selain bersifat reaktif, sistem ini juga bersifat edukatif dan persuasif, karena memberikan peringatan yang bisa mendorong kesadaran pengguna agar mematuhi aturan kawasan bebas rokok.

Diharapkan, dengan adanya sistem ini, pengawasan terhadap No Smoking Area dapat dilakukan secara lebih efisien, akurat, dan berkelanjutan tanpa ketergantungan besar pada tenaga manusia. Sistem ini dapat diimplementasikan di berbagai ruang publik seperti sekolah, perkantoran, rumah sakit, dan tempat ibadah. Selain itu, penerapan teknologi seperti ini juga mendukung program transformasi digital dalam bidang kesehatan dan keselamatan publik, serta memberikan kontribusi nyata dalam menciptakan lingkungan yang lebih bersih, sehat, dan tertib.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, penelitian ini disusun untuk menjawab permasalahan antara lain :

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem deteksi pelanggaran merokok menggunakan sensor MQ-2 secara real-time di ruangan tanpa asap rokok?
2. Bagaimana efektivitas sistem pendeteksi asap rokok berbasis ESP32 dalam memberikan peringatan otomatis berbasis audio interaktif di kawasan tanpa rokok (KTR)?

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem deteksi pelanggaran merokok menggunakan sensor MQ-2 yang mampu mendeteksi asap rokok secara real-time di kawasan tanpa rokok.
2. Menguji efektivitas sistem yang dirancang dalam membantu menekan angka pelanggaran aktivitas merokok di dalam ruangan Kawasan Tanpa Rokok (KTR) melalui pemberian peringatan otomatis menggunakan Audio interaktif.

I.4 Manfaat Penelitian

Penelitian dengan judul “Perancangan Sistem Deteksi Pelanggaran Merokok di Ruangan No Smoking Area Menggunakan Sensor MQ-2 dengan Peringatan Audio Interaktif” ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan sistem deteksi berbasis sensor dan otomatisasi lingkungan.
2. Memberikan solusi inovatif bagi instansi, sekolah, kantor, atau fasilitas umum dalam upaya pengawasan dan penegakan peraturan larangan merokok di kawasan tanpa rokok.

3. Meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya mematuhi aturan larangan merokok melalui pendekatan teknologi yang interaktif dan edukatif.
4. Mengurangi ketergantungan pada pengawasan manual oleh petugas melalui sistem otomatis yang bekerja secara real-time.

I.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap terarah dan sesuai dengan ruang lingkup yang dapat diselesaikan, maka penelitian dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Sistem deteksi hanya difokuskan pada pendeteksian asap rokok menggunakan sensor MQ-2, tanpa mengidentifikasi jenis rokok atau jumlah perokok.
2. Sistem hanya dirancang untuk penggunaan di dalam ruangan tertutup, seperti ruang kelas, kantor, atau ruang tunggu, dan tidak diuji untuk area luar ruangan.
3. Peringatan yang diberikan oleh sistem berupa output suara/audio otomatis yang diputar ketika terdeteksi adanya asap rokok.
4. Sistem tidak mencatat data identitas pelanggar atau mengintegrasikan pengenalan wajah; fokus penelitian hanya pada deteksi dan respon otomatis berbasis sensor.
5. Penelitian tidak membahas aspek hukum atau sanksi sosial terhadap pelanggaran, melainkan hanya pada aspek teknis pencegahan dan peringatan.

A R - R A N I R Y

BAB II

LANDASAN TEORI

II.1 Relevansi Penelitian

Dalam konteks penelitian yang akan dilakukan, penulis memerlukan sumber referensi atau studi terkait yang sudah dilakukan sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk menghindari plagiarisme atau duplikasi dalam penelitian ini, serta sebagai bahan perbandingan, pembelajaran, dan pedoman dalam penulisan penelitian ini. Selain itu, untuk melihat perbedaan antara penelitian yang penulis lakukan dengan yang terdahulu, hal ini dapat dilihat pada Tabel II.1.

Tabel II.1.Relevansi Penelitian

No	Peneliti/tahun	Judul penelitian	Kesimpulan penelitian
1.	Saputra & Hidayat (2020)	Rancang Bangun Sistem Deteksi Asap Rokok Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Mikrokontroler	MQ-2 dapat mendeteksi asap rokok dengan baik; sistem mampu memberikan peringatan dini secara otomatis.
2.	Wibowo & Lestari (2019)	Pemanfaatan Sensor MQ-2 untuk Sistem Peringatan Dini Kebocoran Gas dan Asap Rokok	Sensor MQ-2 efektif sebagai pendeteksi dini kebocoran gas dan asap rokok, serta dapat diintegrasikan dengan sistem peringatan.

3.	Ramadhan dkk. (2020)	Sistem Deteksi Kebocoran Gas Menggunakan Sensor MQ-2	Sensor menunjukkan perubahan nilai analog sesuai konsentrasi gas sehingga dapat digunakan sebagai sistem peringatan dini
4.	Pratama dkk. (2021)	Sistem Pendeteksi Asap Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Arduino	Sistem mampu mendeteksi asap secara real-time dengan respon yang cukup cepat
5.	Amalia & Suryadi (2020)	Analisis Kinerja Sensor MQ-2 pada Sistem Deteksi Asap Rokok Berbasis Mikrokontroler	Sensor MQ-2 memiliki sensitivitas tinggi terhadap asap rokok dan layak digunakan pada sistem deteksi berbasis mikrokontroler.

Untuk merndapatkan hasil pernelitian yang optimal, dilakukan kajian dari pennelitian - penelitian terdahulu, serhingga bisa dijadikan rerferensi dalam penelitian dengan tujuan agar dirperoleh perbandingan kelebihan pada masing-masing perancang. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem deteksi asap rokok dengan menggunakan sensor gas seperti MQ-2. Penelitian-penelitian ini menunjukkan bahwa sensor tersebut mampu mendeteksi keberadaan asap dalam ruangan tertutup secara cepat dan akurat. Deteksi ini kemudian diintegrasikan dengan sistem notifikasi seperti alarm atau lampu indikator sebagai bentuk peringatan.

Meskipun berbagai penelitian telah mengembangkan sistem deteksi asap dalam pemantauan lingkungan, masih terdapat celah dalam integrasi teknologi-teknologi tersebut untuk konteks kawasan tanpa rokok. Sebagian besar penelitian sebelumnya belum menggabungkan sensor MQ-2, mikrokontroler ESP32, dan sistem audio interaktif dalam satu sistem terpadu.

Selain itu, fitur edukatif yang ditambahkan dalam bentuk audio interaktif juga masih jarang ditemukan pada penelitian terdahulu. Hal ini menjadikan sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini sebagai terobosan baru, karena tidak hanya memberikan peringatan, tetapi juga menyampaikan pesan edukasi untuk meningkatkan kesadaran masyarakat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan merancang sistem yang responsif, efisien, dan mudah diimplementasikan. Sistem ini memanfaatkan konektivitas nirkabel, sensor gas, dan audio peringatan dalam satu rangkaian kerja yang utuh dan berkesinambungan. Dengan inovasi ini, diharapkan sistem deteksi asap rokok dapat mendukung penerapan kawasan tanpa rokok secara lebih efektif, serta berkontribusi terhadap peningkatan kualitas udara dan kesehatan masyarakat.

II.2 Konsep Dasar Merokok dan Dampaknya

Rokok merupakan hasil olahan tembakau yang dikonsumsi dengan cara dibakar pada salah satu ujungnya, kemudian dihisap melalui ujung lainnya. Komponen utama dalam rokok adalah daun tembakau yang dicacah halus,

kemudian dibungkus dengan kertas khusus, dan sering kali dilengkapi dengan filter yang berfungsi untuk menyaring sebagian kandungan zat berbahaya (World Health Organization, 2015). Rokok merupakan salah satu produk tembakau yang paling banyak digunakan di seluruh dunia, baik oleh laki-laki maupun perempuan dari berbagai kalangan usia, terutama remaja dan dewasa muda.

Pada saat dibakar, rokok menghasilkan asap yang merupakan hasil dari pembakaran tidak sempurna bahan-bahan yang terkandung di dalamnya. Asap rokok ini terdiri dari ribuan senyawa kimia, termasuk di antaranya nikotin, tar, karbon monoksida, amonia, arsenik, dan formaldehida. Menurut data dari *World Health Organization* (WHO), terdapat lebih dari 7.000 senyawa kimia dalam asap rokok, di mana sekitar 250 di antaranya bersifat toksik, dan lebih dari 70 senyawa diketahui bersifat karsinogenik (Gamberini, 2017). Hal ini menunjukkan bahwa rokok bukan hanya berbahaya, tetapi juga memiliki potensi mematikan yang tinggi.

Nikotin merupakan senyawa aktif utama dalam rokok yang memiliki sifat adiktif atau menyebabkan ketergantungan. Sementara itu, tar dapat merusak jaringan paru-paru dan menyebabkan pembentukan plak di saluran pernapasan, sedangkan karbon monoksida mengganggu transportasi oksigen dalam darah sehingga berdampak buruk bagi organ vital (World Health Organization, 2015). Kandungan senyawa kimia dalam asap rokok itulah yang menjadikan rokok sebagai salah satu faktor risiko utama dalam berbagai penyakit kronis yang dapat dicegah, seperti kanker, penyakit jantung, dan gangguan pernapasan.

Oleh karena itu, pemahaman mengenai komposisi dan sifat zat yang terdapat dalam rokok menjadi penting sebagai dasar dalam upaya pencegahan bahaya merokok. Edukasi kepada masyarakat, khususnya generasi muda, perlu ditekankan agar dapat mengenali risiko yang ditimbulkan oleh rokok terhadap kesehatan pribadi maupun lingkungan sekitarnya.

II.3 Kawasan Tanpa Rokok (KTR)

Kawasan Tanpa Rokok (KTR) merupakan wilayah tertentu yang ditetapkan oleh pemerintah untuk melarang aktivitas merokok, guna menciptakan lingkungan yang bersih, sehat, dan bebas dari paparan asap rokok (Febrianti & Sembiring,

2019). Konsep ini merupakan bentuk perlindungan terhadap hak masyarakat untuk mendapatkan udara bersih dan sehat, serta sebagai upaya preventif untuk mengurangi dampak buruk asap rokok bagi kesehatan publik. Pelaksanaan KTR juga menjadi bagian dari strategi pengendalian konsumsi tembakau yang semakin meluas di berbagai negara, termasuk Indonesia.

Di Indonesia, pengaturan mengenai KTR pertama kali diatur dalam Undang-Undang No. 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan, yang menegaskan pentingnya pengamanan terhadap zat adiktif, termasuk rokok, demi melindungi generasi masa depan. Ketentuan ini kemudian diperkuat dalam Peraturan Pemerintah No. 109 Tahun 2012 tentang Pengamanan Bahan yang Mengandung Zat Adiktif berupa Produk Tembakau bagi Kesehatan. Dalam peraturan tersebut, pemerintah menetapkan kewajiban untuk menyediakan KTR di sejumlah tempat publik dan institusi (Sutrisno & Djannah, n.d.).

Tempat-tempat yang diwajibkan untuk menjadi KTR meliputi fasilitas pelayanan kesehatan, tempat proses belajar mengajar seperti sekolah dan kampus, tempat anak bermain, tempat ibadah, angkutan umum, serta tempat kerja dan tempat umum lainnya. Penetapan lokasi ini berdasarkan pada risiko tinggi terhadap dampak asap rokok, terutama bagi kelompok rentan seperti anak-anak, ibu hamil, dan orang lanjut usia. Pemerintah daerah juga memiliki wewenang untuk memperluas cakupan KTR sesuai kebutuhan wilayah masing-masing (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2012).

II.3.1 Manfaat dan Tujuan Penetapan Kawasan Tanpa Rokok

Penetapan Kawasan Tanpa Rokok (KTR) membawa berbagai manfaat yang signifikan, terutama dalam aspek kesehatan masyarakat. Salah satu tujuan utamanya adalah melindungi masyarakat dari paparan asap rokok, baik secara langsung maupun tidak langsung (Sutrisno & Djannah, n.d.). Melalui pembatasan area untuk merokok, masyarakat umum—terutama kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia—dapat terhindar dari risiko penyakit akibat asap rokok.

Selain itu, KTR juga berperan dalam mengendalikan konsumsi rokok secara umum. Ketika akses merokok dibatasi di berbagai tempat umum, perilaku merokok

menjadi tidak nyaman dan secara bertahap dapat menurunkan kebiasaan tersebut (Febrianti & Sembiring, 2019). Penurunan angka perokok aktif diharapkan terjadi sebagai dampak dari berkurangnya ruang dan kesempatan untuk merokok. Hal ini selaras dengan misi global untuk mengurangi prevalensi perokok dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

Dalam konteks lingkungan, keberadaan KTR turut berkontribusi pada peningkatan kualitas udara dan kebersihan ruang publik. Asap rokok tidak hanya berdampak pada kesehatan, tetapi juga mencemari udara dan meninggalkan residu seperti abu dan puntung rokok yang mengganggu estetika dan kebersihan lingkungan (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2012). Dengan adanya KTR, ruang publik menjadi lebih nyaman, bersih, dan layak digunakan oleh semua kalangan.

Secara jangka panjang, penerapan KTR memiliki potensi untuk menurunkan beban pembiayaan kesehatan nasional, terutama terkait penyakit-penyakit yang diakibatkan oleh konsumsi rokok. Pemerintah tidak perlu mengeluarkan anggaran besar untuk pengobatan penyakit kronis akibat merokok apabila jumlah perokok dan paparan asap rokok dapat ditekan melalui implementasi KTR secara optimal. Oleh karena itu, manfaat KTR tidak hanya dirasakan secara langsung oleh individu, tetapi juga berimplikasi besar terhadap sistem kesehatan dan perekonomian negara.

II.5 Sensor MQ-2 sebagai Sensor Deteksi Asap dan Gas

Sensor MQ-2 merupakan jenis sensor gas berbasis semikonduktor yang dirancang untuk mendeteksi berbagai gas yang mudah terbakar, termasuk asap rokok. Sensor ini menggunakan material utama berupa timah dioksida (SnO_2), yang memiliki resistansi listrik tinggi ketika berada di udara bersih. Namun, ketika gas seperti LPG, butana, metana, atau asap rokok terdeteksi, resistansi material ini menurun drastis sehingga menghasilkan perubahan tegangan pada output sensor (Saputra & Hidayat, 2020).

Perubahan tegangan tersebut dibaca oleh mikrokontroler sebagai sinyal analog yang merepresentasikan konsentrasi gas di lingkungan sekitar sensor.

Semakin tinggi konsentrasi gas, semakin besar perubahan resistansi yang terjadi, dan semakin tinggi pula tegangan yang dihasilkan. Hal ini memungkinkan sistem untuk mengenali kehadiran gas secara kuantitatif.

Sensor MQ-2 dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan, meskipun tetap memerlukan kalibrasi awal agar dapat berfungsi secara akurat. Selain itu, sensor ini bekerja optimal setelah melalui masa pemanasan (preheating) sekitar 20 detik agar elemen sensornya mencapai suhu kerja ideal. Dalam sistem deteksi merokok, MQ-2 sangat cocok karena mampu merespons asap secara langsung dengan cepat (Wibowo & Lestari, 2019).

II.6. ESP32 Sebagai Mikrokontroler

Dalam sistem deteksi pelanggaran merokok, ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali yang mengatur interaksi antara sensor, modul output, dan server pemantauan (Putra & Arifin, 2020). Fleksibilitas dalam pemrograman menggunakan Arduino IDE menjadikannya sangat populer di kalangan pengembang sistem pintar. Selain itu, bentuknya yang ringkas dan konsumsi daya rendah membuatnya mudah diintegrasikan dalam berbagai aplikasi.

Dalam perancangan sistem, ESP32 menerima input dari sensor MQ-2 yang mendeteksi keberadaan asap rokok. Setelah menerima sinyal dari sensor, ESP32 akan memproses data tersebut dan menjalankan perintah untuk mengaktifkan modul peringatan, seperti DFPlayer Mini.

II.7. DFPlayer Mini

DFPlayer Mini merupakan modul pemutar audio berukuran kecil yang dapat digunakan untuk memutar file MP3 secara mandiri melalui kartu microSD. Modul ini memiliki ukuran yang ringkas dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP32. Dalam proyek sistem deteksi pelanggaran merokok, DFPlayer Mini digunakan sebagai media peringatan interaktif dalam bentuk suara (Topan et al., 2022). Ketika sistem mendeteksi adanya asap rokok, modul ini akan memutar rekaman suara yang telah disiapkan sebelumnya. Hal ini bertujuan untuk memberikan teguran langsung kepada pelanggar agar segera menghentikan aktivitas merokok di area terlarang.

DFPlayer Mini bekerja dengan prinsip sederhana namun efektif. Modul ini hanya memerlukan beberapa koneksi dasar ke mikrokontroler dan speaker untuk dapat berfungsi. File audio disimpan dalam kartu microSD dan dapat diputar secara selektif melalui perintah digital dari mikrokontroler (DFRobot, 2020). Dalam konteks sistem ini, perintah pemutaran akan dikirim oleh ESP32 ketika sensor MQ-2 mendeteksi asap. Keunggulan DFPlayer Mini adalah kemampuannya menghasilkan suara yang cukup jelas dan kuat untuk ruangan kecil, sehingga pesan peringatan dapat tersampaikan dengan baik kepada pelanggan.

Selain memberikan peringatan secara langsung, penggunaan DFPlayer Mini juga meningkatkan nilai interaktif dari sistem yang dirancang. Sistem yang menggunakan media suara dinilai lebih efektif dalam menarik perhatian pengguna dibandingkan indikator visual seperti LED atau tampilan layar. Respon audio mampu memberikan efek psikologis yang lebih kuat sehingga dapat meningkatkan kepatuhan terhadap aturan kawasan tanpa rokok (Topan et al., 2022). Dengan demikian, DFPlayer Mini menjadi komponen penting dalam menyampaikan pesan sistem secara efektif dan efisien.

II.8. Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak pemrograman yang digunakan untuk menulis, mengunggah, dan mengelola kode program pada mikrokontroler berbasis Arduino, termasuk ESP32 (Topan et al., 2022). Dalam perancangan sistem deteksi pelanggaran merokok ini, Arduino IDE digunakan untuk menulis program yang mengatur logika kerja sistem, seperti pembacaan data dari sensor MQ-2, pengolahan data, dan pengaktifan peringatan audio melalui DFPlayer Mini. Arduino IDE menyediakan antarmuka yang sederhana dan mendukung berbagai library untuk mempermudah komunikasi dengan komponen elektronik. Oleh karena itu, software ini sangat penting dalam pengembangan sistem secara efisien dan terstruktur.

Salah satu keunggulan utama dari Arduino IDE adalah kemampuannya untuk mendukung berbagai jenis board mikrokontroler melalui sistem board manager. Dengan menambahkan board ke dalam IDE, pengguna dapat langsung

menulis dan mengunggah kode ke ESP32 tanpa perlu perangkat tambahan. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah turunan dari C/C++, yang cukup mudah dipahami bahkan oleh pemula. Fitur auto-formatting, verifikasi kode, dan serial monitor juga sangat membantu dalam proses pengembangan dan debugging sistem. Hal ini mempercepat proses validasi fungsi setiap komponen secara bertahap selama perakitan sistem.

Dalam sistem deteksi pelanggaran merokok ini, Arduino IDE juga memungkinkan integrasi dengan berbagai library penting seperti MQ2 untuk membaca data dari sensor asap, SoftwareSerial untuk komunikasi dengan DFPlayer Mini, dan WiFi untuk koneksi ke jaringan internet. Dengan adanya pustaka-pustaka ini, proses pengkodean menjadi lebih singkat, efisien, dan minim kesalahan. Arduino IDE juga mendukung update firmware dan memudahkan penyempurnaan program seiring kebutuhan sistem berkembang. Kemampuan untuk melakukan modifikasi dan uji coba kode secara cepat menjadikannya alat penting dalam proses iterasi sistem.

II.9 Desain Peringatan Audio Interaktif

Sistem ini dilengkapi dengan fitur peringatan suara interaktif sebagai bentuk respon otomatis saat terdeteksi adanya asap rokok, di mana materi audio berupa pesan persuasif berbunyi: *“Demi menjaga kesehatan bersama, dan menciptakan lingkungan kerja yang nyaman, merokok di ruangan ini dilarang, mari bersama ciptakan lingkungan kerja yang sehat tanpa asap rokok”*. Konten audio tersebut diproduksi menggunakan teknologi AI Text-to-Speech dengan menginput naskah teks yang kemudian dikonversi oleh kecerdasan buatan menjadi suara manusia natural berformat digital (MP3). File audio hasil olahan AI ini kemudian disimpan ke dalam microSD card pada modul DFPlayer Mini untuk diputar secara otomatis melalui speaker sebagai instruksi peringatan langsung bagi pelanggar di dalam ruangan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Metode eksperimen dipilih karena penelitian berfokus pada pengujian suatu sistem yang dirancang, sehingga diperlukan proses percobaan untuk mengetahui kinerja dan keefektifan sistem secara nyata. Melalui pendekatan kuantitatif, data yang diperoleh dapat diukur secara objektif dalam bentuk angka, seperti tingkat akurasi sensor dalam mendeteksi asap rokok dan respon sistem dalam memberikan peringatan audio interaktif.

Model pengembangan sistem yang digunakan adalah Research and Development (R&D). Model ini sesuai karena penelitian tidak hanya bertujuan untuk menguji, tetapi juga merancang dan mengembangkan sistem baru yang dapat digunakan sebagai solusi. Dalam konteks ini, R&D mencakup tahapan mulai dari identifikasi kebutuhan, perancangan prototipe sistem, implementasi, hingga pengujian di lapangan. Hasil dari tahapan tersebut diharapkan dapat menghasilkan sistem deteksi pelanggaran merokok yang efektif dan aplikatif, khususnya dalam mendukung penerapan Kawasan Tanpa Rokok (KTR).

III.2 Kerangka Pemikiran

III.2.1 Alur Kerja Sistem yang Diusulkan

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi pelanggaran aktivitas merokok secara otomatis di kawasan tanpa rokok (KTR). Sistem ini dibangun dengan menggabungkan sensor gas MQ-2, mikrokontroler ESP32, dan sistem audio interaktif sebagai respons peringatan. Sensor MQ-2 berperan sebagai pendeteksi utama yang mampu mengenali konsentrasi asap rokok dalam lingkungan tertentu. Saat sensor mendeteksi adanya

perubahan kadar gas atau asap, ia akan mengeluarkan sinyal analog yang mencerminkan tingkat konsentrasi tersebut.

Sinyal dari sensor selanjutnya dibaca dan diproses oleh ESP32, yang berfungsi sebagai otak dari sistem. Mikrokontroler ini akan mengolah data dan menentukan apakah nilai yang terdeteksi melampaui ambang batas yang telah ditetapkan. Jika nilai ambang terlampaui, akan mengaktifkan sistem audio interaktif sebagai peringatan langsung di lokasi.

Modul DFPlayer Mini berperan dalam memberikan respons suara berupa peringatan kepada individu yang merokok. Peringatan ini dapat berupa suara manusia yang menyatakan larangan merokok, atau bunyi alarm yang dirancang untuk menarik perhatian secara cepat. Pendekatan ini tidak hanya mencegah pelanggaran secara langsung, tetapi juga berfungsi sebagai sarana edukatif yang memperkuat kesadaran akan pentingnya menjaga kawasan bebas rokok.

Melalui sistem ini, proses pengawasan menjadi lebih efisien karena tidak membutuhkan intervensi manusia secara terus-menerus. Penggunaan teknologi Internet of Things memungkinkan pemantauan dilakukan secara jarak jauh, sementara respons otomatis melalui audio memberikan dampak langsung pada pelaku. Integrasi seluruh komponen ini menciptakan sistem yang adaptif dan mendukung upaya penegakan peraturan kawasan tanpa rokok secara efektif dan berkelanjutan.

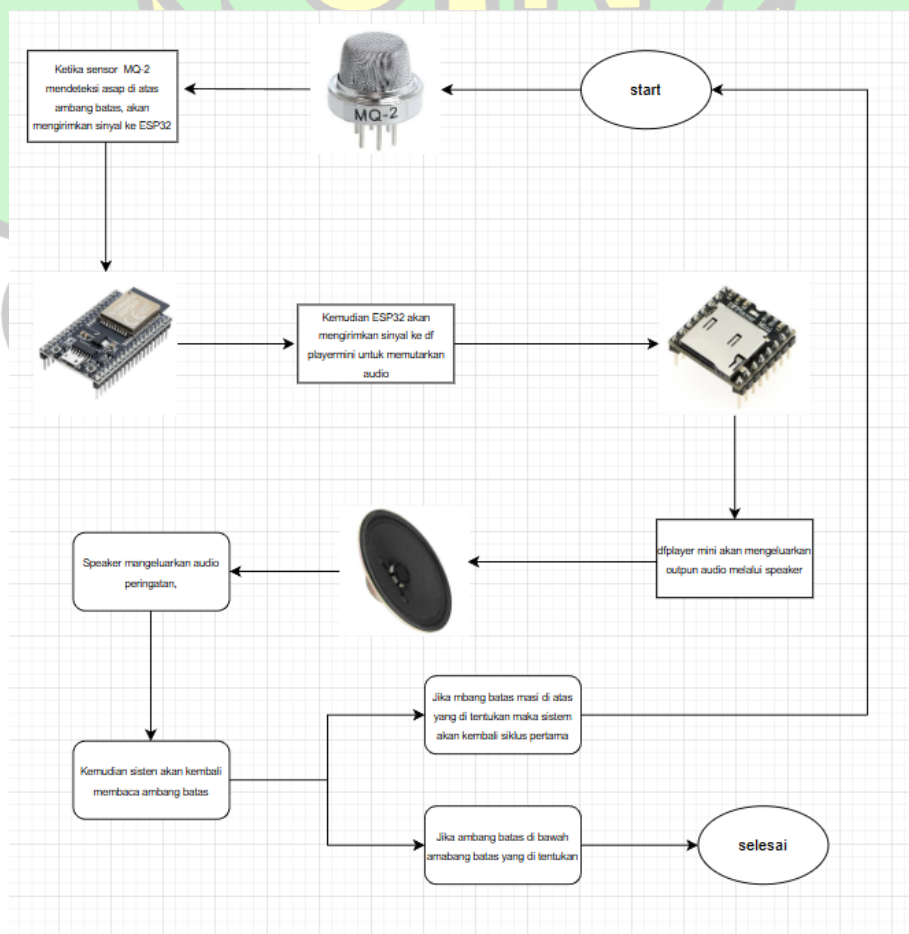
III.2.2 Diagram Blok Sistem Deteksi Merokok

Untuk mempermudah pemahaman mengenai alur kerja sistem yang diusulkan, digunakanlah diagram blok sebagai representasi visual dari hubungan antar komponen dalam sistem. Diagram blok ini terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu sensor MQ-2, ESP32, DFPlayer Mini dan speaker. Setiap blok dalam diagram menggambarkan peran spesifik dari masing-masing komponen dan bagaimana data mengalir di antara mereka.

Sensor MQ-2 terletak di awal alur sistem dan berfungsi untuk mendeteksi adanya asap di lingkungan. Sinyal analog dari sensor ini diteruskan ke ESP32 yang menjadi pusat pemrosesan data. ESP32 kemudian memproses sinyal tersebut dan memutuskan apakah perlu mengaktifkan peringatan. Jika terdeteksi adanya asap rokok, ESP32 akan mengaktifkan modul DFPlayer Mini untuk memutar suara peringatan melalui speaker yang terhubung.

Dengan diagram blok ini, hubungan antar komponen dalam sistem menjadi lebih jelas dan sistematis. Representasi visual ini juga membantu dalam proses implementasi dan pemeliharaan sistem karena memudahkan identifikasi letak masalah jika terjadi kegagalan fungsi. Diagram blok berfungsi sebagai panduan utama dalam pengembangan sistem deteksi pelanggaran merokok secara keseluruhan sebagaimana pada gambar III.1 berikut ini.

Gambar III.1. Alur Kerja Sistem



Penjelasan alur:

1. Start

Proses sistem dimulai.

2. Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 berfungsi untuk mendeteksi keberadaan asap rokok di ruangan. Dari sini ada dua kemungkinan:

- Jika mendeteksi asap, proses diteruskan.
- Jika tidak mendeteksi asap, sistem kembali ke tahap sensor untuk terus memantau kondisi.

3. Mikrokontroler ESP32

Data hasil deteksi sensor MQ-2 kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP32. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolah data untuk menentukan respon sistem.

4. Keluaran ESP32:

DFPlayer Mini → ESP32 juga mengirimkan perintah ke modul DFPlayer Mini agar memutar audio peringatan.

5. Speaker

Audio dari DFPlayer Mini dikeluarkan melalui speaker sebagai bentuk peringatan interaktif agar perokok menghentikan aktivitas merokok di ruangan tersebut.

6. Selesai

Proses selesai, lalu sistem kembali lagi ke tahap awal untuk memantau kondisi berikutnya secara berulang (looping).

III.3 Hipotesis atau Asumsi Dasar

Penelitian ini berangkat dari hipotesis bahwa sistem deteksi pelanggaran merokok dengan menggunakan sensor MQ-2 dan mikrokontroler ESP32 dapat secara efektif mendeteksi asap rokok dan memberikan peringatan secara otomatis melalui sistem audio interaktif. Hipotesis ini didasarkan pada kemampuan sensor MQ-2 dalam merespons perubahan konsentrasi gas di udara, Dengan integrasi ini,

diharapkan sistem mampu bekerja secara akurat dalam lingkungan tertutup yang telah ditetapkan sebagai Kawasan Tanpa Rokok (KTR).

Selain itu, sistem audio interaktif juga diasumsikan dapat berfungsi secara efektif sebagai alat peringatan di lapangan. Output suara yang dihasilkan diharapkan mampu memberikan dampak psikologis kepada pelaku pelanggaran, melalui suara naratif. Dengan asumsi-asumsi tersebut, maka sistem yang dikembangkan tidak hanya bekerja secara teknis, tetapi juga efektif dalam mendukung penerapan regulasi kawasan tanpa rokok. Validitas dari hipotesis ini akan diuji melalui implementasi sistem secara langsung dan pengukuran kinerja deteksi serta responsnya terhadap kondisi nyata di lapangan.

III.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahap, sebagaimana pada tabel III.2

Table III.2. Tahapan Penelitian

No	Tahap Kegiatan	Kegiatan yang Dilakukan	Hasil yang Diharapkan
1	Perancangan Perangkat Keras	Mendesain rangkaian sistem yang meliputi ESP32, sensor MQ-2, DFPlayer Mini, speaker, dan sumber daya	Terciptanya rancangan rangkaian sistem yang sesuai dengan kebutuhan penelitian
2	Perakitan Perangkat Keras	Menghubungkan seluruh komponen sesuai dengan rancangan rangkaian	Seluruh komponen terpasang dengan benar dan siap digunakan
3	Pengujian Awal Sistem	Mengupload program ke ESP32 dan melakukan pengujian awal sistem	Mengetahui apakah sistem dapat berjalan atau terdapat error
4	Perbaikan Program (Debugging)	Memperbaiki kesalahan pada kode program seperti kesalahan sintaks dan logika program	Program dapat berjalan dengan stabil dan sesuai perancangan
5	Pengujian Pembacaan Sensor MQ-2	Menguji kemampuan sensor MQ-2 dalam membaca kondisi udara normal dan udara yang mengandung asap	Sensor mampu mendeteksi perubahan kondisi udara dengan baik
6	Pengujian Modul Audio DFPlayer Mini	Menguji pemutaran suara peringatan melalui speaker	Modul audio dapat memutar suara sesuai perintah sistem
7	Kalibrasi Sensor	Membandingkan nilai pembacaan sensor pada udara bersih dan udara	Mendapatkan nilai threshold yang sesuai

No	Tahap Kegiatan	Kegiatan yang Dilakukan	Hasil yang Diharapkan
		yang mengandung asap rokok untuk menentukan ambang batas	untuk mendeteksi asap rokok
8	Pengujian Integrasi Sistem	Menguji seluruh komponen secara bersamaan dalam satu sistem	Sistem dapat bekerja secara terintegrasi tanpa gangguan
9	Pengujian Respon Sistem	Menguji respon sistem ketika terdeteksi asap rokok	Sistem dapat memberikan peringatan suara secara otomatis
10	Pengujian Jarak Deteksi	Menguji kemampuan sensor dalam mendeteksi asap pada jarak tertentu	Mengetahui jarak efektif pendeteksian asap
11	Evaluasi Sistem	Menganalisis hasil pengujian dan mengevaluasi kinerja sistem	Mengetahui tingkat keberhasilan sistem pendeteksi asap rokok

III.5 Alat dan Bahan

1. Perangkat Keras

Tabel III.1. Perangkat keras

NO	Perangkat Keras
1	Sensor MQ-2
2	ESP32
3	DFPlayer Mini
4	Kabel jumper, breadboard & power supply

2. Perangkat Lunak

Tabel III.2. Perangkat lunak

NO	Perangkat Lunak
1	Arduino IDE

III.6 Perancangan Sistem

1. Diagram Blok Sistem

Sistem terdiri dari sensor MQ-2 sebagai pendeteksi asap, ESP32 sebagai pengendali, DFPlayer Mini sebagai pemutar suara, serta speaker sebagai output. Data dari sensor diteruskan ke ESP32, kemudian diproses untuk menentukan apakah kadar asap melebihi ambang batas.

2. Diagram Alir (Flowchart) Kerja Sistem

- Sensor MQ-2 membaca kondisi udara.
- ESP32 membandingkan nilai pembacaan dengan ambang batas.
- Jika nilai melebihi ambang batas → ESP32 mengaktifkan DFPlayer Mini untuk memutar audio peringatan.

3. Penentuan Ambang Batas Sensor

Ambang batas (threshold) ditentukan melalui uji coba awal, dengan cara membandingkan kondisi udara normal dan kondisi terdapat asap rokok. Nilai yang melebihi ambang batas dianggap sebagai indikasi adanya aktivitas merokok.

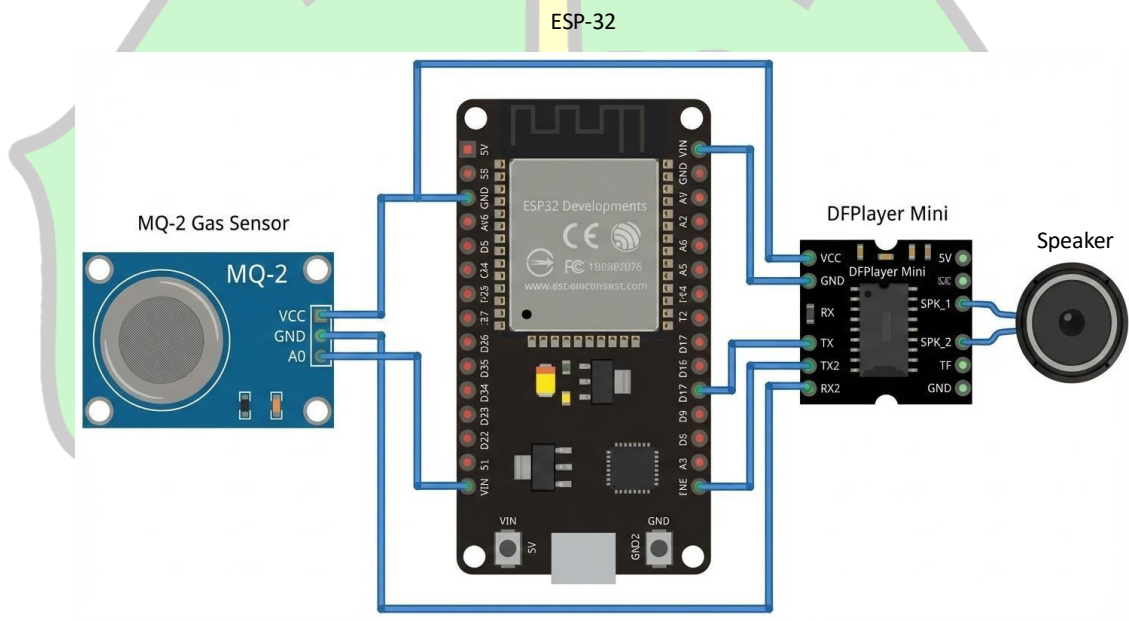
4. Desain Peringatan Audio Interaktif

Peringatan berupa rekaman suara larangan merokok seperti: *“Demi menjaga kesehatan bersama, dan menciptakan lingkungan kerja yang nyaman, merokok di ruangan ini di larang, mari bersama ciptakan*

lingkungan kerja yang sehat tanpa asap rokok.”. Audio diputar secara otomatis melalui speaker ketika sensor mendeteksi adanya asap rokok.

III.7 Perancangan Perangkat Keras

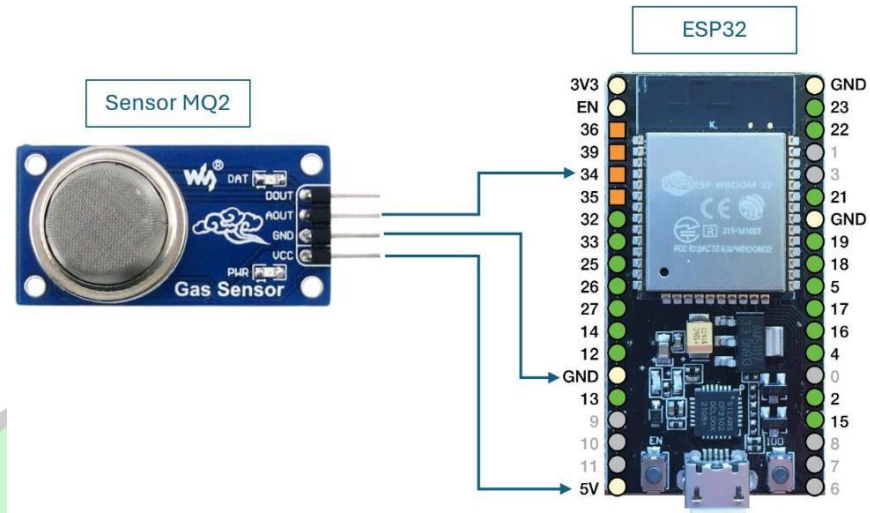
Perancangan perangkat keras pada penelitian ini mengintegrasikan tiga modul utama, yaitu mikrokontroler ESP32, sensor MQ-2, dan modul audio DFPlayer Mini. Skema integrasi komponen-komponen tersebut disajikan pada Gambar III.3 di bawah ini.



Gambar III. 3 Skema Rangkaian Keseluruhan Sistem Pendeteksi asap rokok

Berdasarkan Gambar III.1, konfigurasi pengkabelan sistem dirancang dengan menjadikan ESP32 sebagai unit pemroses pusat (Central Processing Unit). Penjelasan rinci mengenai antarmuka antar komponen adalah sebagai berikut:

III.7.1. Koneksi ESP32 ke Sensor MQ-2

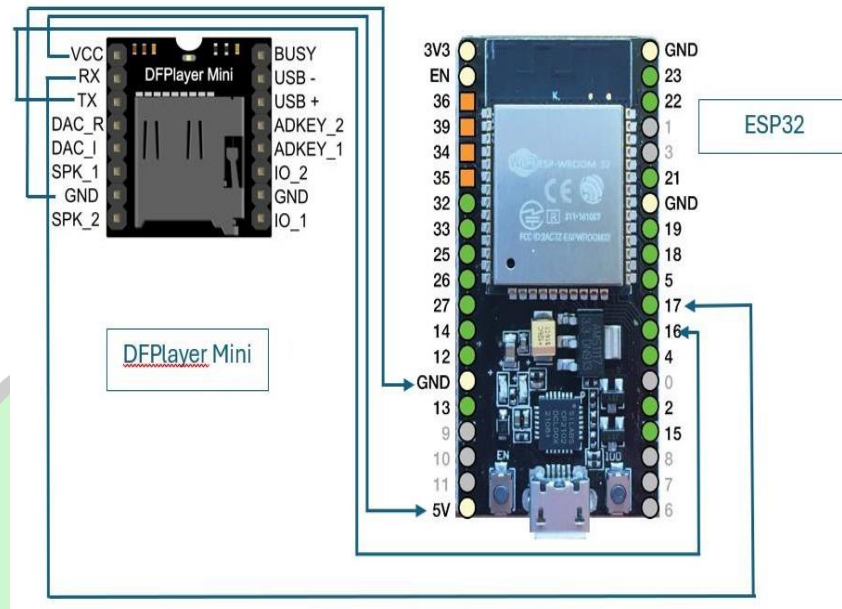


Gambar III.3. Koneksi ESP32 ke Sensor MQ-2

ESP32 dihubungkan dengan sensor MQ-2 untuk mendeteksi keberadaan asap di lingkungan sekitar. Sensor MQ-2 bekerja dengan menghasilkan sinyal analog yang sebanding dengan konsentrasi asap atau gas yang terdeteksi. Pin VCC pada MQ-2 dihubungkan ke pin 5V ESP32 sebagai sumber daya utama sensor, sedangkan pin GND dihubungkan ke GND ESP32 agar memiliki referensi tegangan yang sama. Output analog sensor (AOUT) dihubungkan ke GPIO 34 ESP32 yang berfungsi sebagai pin input analog untuk membaca nilai kadar asap. Data analog yang diterima ESP32 kemudian diolah untuk menentukan apakah konsentrasi asap melebihi nilai ambang batas yang telah ditentukan.

AR - RANIRY

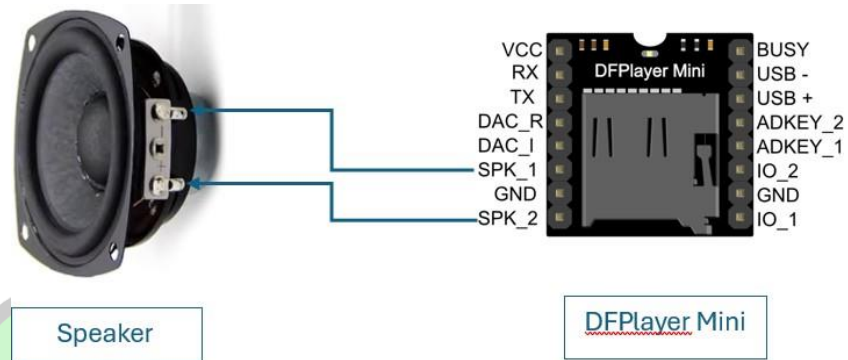
III.7.2. Koneksi ESP32 ke DFPlayer Mini



Gambar III. 4. Koneksi ESP32 ke DFPlayer Mini

ESP32 dihubungkan dengan modul DFPlayer Mini sebagai perangkat keluaran audio untuk memberikan peringatan suara saat asap terdeteksi. Modul DFPlayer Mini mendapatkan suplai tegangan dari pin 5V ESP32 melalui pin VCC, serta dihubungkan ke GND ESP32 sebagai ground sistem. Komunikasi data antara ESP32 dan DFPlayer Mini menggunakan komunikasi serial UART, di mana pin TX DFPlayer Mini dihubungkan ke GPIO 16 ESP32 dan pin RX DFPlayer Mini dihubungkan ke GPIO 17 ESP32. Melalui komunikasi ini, ESP32 dapat mengirimkan perintah untuk memutar atau menghentikan file audio yang tersimpan pada kartu memori DFPlayer Mini.

III.7.3. Koneksi DFPlayer Mini ke Speaker



Gambar III.5. Koneksi DFPlayer Mini ke Speaker

DFPlayer Mini dihubungkan ke speaker sebagai media keluaran suara peringatan. Speaker dihubungkan langsung ke pin **SPK+** dan **SPK-** pada DFPlayer Mini. Ketika ESP32 mendeteksi adanya asap dan mengirimkan perintah pemutaran audio, DFPlayer Mini akan mengeluarkan sinyal suara melalui speaker sebagai peringatan dini bahaya kebakaran.

III.8 System Development (Pengembangan Sistem)

Pengembangan sistem ini berfokus pada pembuatan perangkat lunak berbasis mikrokontroler ESP32 yang berfungsi untuk mendeteksi asap menggunakan sensor MQ-2 dan memberikan peringatan suara melalui modul DFPlayer Mini. Sistem bekerja dengan membaca data analog dari sensor MQ-2, kemudian membandingkannya dengan nilai ambang batas (threshold) yang telah ditentukan. Apabila nilai sensor melebihi threshold, ESP32 akan mengaktifkan DFPlayer Mini untuk memutar suara peringatan. Sebaliknya, ketika kondisi kembali normal, suara peringatan akan dihentikan. Seluruh proses dikendalikan menggunakan bahasa pemrograman Arduino C++

III.8.1 Kondisi Awal Sistem (Inisialisasi)

Pada tahap awal, sistem melakukan inisialisasi terhadap seluruh perangkat yang digunakan, meliputi mikrokontroler ESP32, sensor MQ-2, serta modul DFPlayer Mini. Komunikasi serial diaktifkan untuk keperluan pemantauan sistem. Modul DFPlayer Mini dikonfigurasi agar siap memutar audio peringatan, sedangkan sensor MQ-2 diatur sebagai masukan analog. Pada kondisi awal ini, audio peringatan dipastikan dalam keadaan tidak aktif.

```
void setup() {  
  Serial.begin(115200);  
  Serial.println("Starting...");  
  
  Serial2.begin(9600, SERIAL_8N1, 16, 17);  
  delay(1000);  
  
  if (!myDFPlayer.begin(Serial2, true, false)) {  
    Serial.println("DFPlayer tidak ditemukan!");  
    while (1);  
  }  
  
  Serial.println("DFPlayer siap");  
  
  myDFPlayer.volume(100);  
  
  myDFPlayer.stop();  
  delay(500);  
  
  pinMode(MQ2_PIN, INPUT);  
}
```

Gambar III.6. Kondisi Awal Sistem (Inisialisasi)

III.8.2 Proses Pembacaan Sensor

Setelah proses inisialisasi selesai, sistem memasuki tahap pemantauan. Mikrokontroler ESP32 membaca nilai analog yang dihasilkan oleh sensor MQ-2 secara kontinu. Nilai ini merepresentasikan tingkat konsentrasi asap atau gas di lingkungan sekitar. Selain itu, sistem juga mencatat waktu saat ini untuk keperluan pengaturan durasi pemutaran audio.

```

void loop() {
  int value = analogRead(MQ2_PIN);
  Serial.print("MQ2: ");
  Serial.println(value);
}

```

Gambar III.7. Proses Pembacaan Sensor

III.8.3 Proses Pendeteksian Asap

Nilai hasil pembacaan sensor kemudian dibandingkan dengan nilai ambang batas (threshold) yang telah ditentukan sebelumnya. Apabila nilai sensor melebihi ambang batas tersebut, sistem mengidentifikasi kondisi lingkungan sebagai keadaan terdeteksi asap.

```

// =====
// KONDISI ASAP TINGGI (DI ATAS THRESHOLD)
// =====
if (value > THRESHOLD) {

  // Reset status menunggu berhenti jika asap muncul lagi
  waitingFinish = false;
}

```

Gambar III.8. Proses Pendeteksian Asap

III.8.4 Kondisi Asap Terdeteksi Pertama Kali

Pada saat asap terdeteksi untuk pertama kali, sistem secara otomatis memutar audio peringatan melalui modul DFPlayer Mini. Waktu awal pemutaran audio dicatat sebagai referensi untuk pengelolaan pemutaran selanjutnya. Variabel status digunakan untuk memastikan audio tidak diputar berulang secara bersamaan.

```

if (!smokeDetected) {
  Serial.println("Asap terdeteksi → Memutar audio pertama.");
  myDFPlayer.play(1);
  lastPlayTime = now;
  smokeDetected = true;
}

```

Gambar III.9. Kondisi Asap Terdeteksi Pertama Kali

III.8.5 Kondisi Asap Masih Terdeteksi (Pengulangan Audio)

Apabila kondisi asap masih terdeteksi setelah satu kali pemutaran audio selesai, sistem akan memutar ulang audio peringatan. Pengulangan ini dilakukan berdasarkan durasi audio yang telah ditentukan, sehingga peringatan suara dapat disampaikan secara terus-menerus selama kondisi berbahaya masih berlangsung.

```
// Repeat audio ketika durasi sudah habis
if (now - lastPlayTime >= audioDuration) {
    Serial.println("Mengulang audio...");
    myDFPlayer.play(1);
    lastPlayTime = now;
}
```

Gambar III.10. Kondisi Asap Masih Terdeteksi (Pengulangan Audio)

III.8.6 Kondisi Asap Mulai Menghilang

Ketika nilai sensor menunjukkan hasil pembacaan di bawah ambang batas, sistem mendeteksi bahwa konsentrasi asap telah menurun atau tidak lagi terdeteksi. Namun, sistem tidak langsung menghentikan audio peringatan. Sistem memasuki kondisi menunggu hingga audio yang sedang diputar selesai sepenuhnya.

```
// =====
// KONDISI ASAP RENDAH (DI BAWAH THRESHOLD)
// =====
else {
    if (smokeDetected && !waitingFinish) {
        // Asap hilang → tapi JANGAN stop audio sekarang
        Serial.println("Asap hilang → tunggu audio selesai dulu.");
        waitingFinish = true; // Mulai mode tunggu
    }
}
```

Gambar III.11. Kondisi Asap Mulai Menghilang

III.8.7 Penyelesaian Pemutaran Audio

Dalam kondisi menunggu, sistem memantau durasi pemutaran audio. Setelah audio peringatan menyelesaikan satu putaran penuh, sistem menghentikan pemutaran audio dan mengubah status sistem kembali ke kondisi normal.

```
// Jika sedang menunggu audio selesai (waitingFinish = true)
if (waitingFinish) {
  // Tunggu sampai durasi audio habis
  if (now - lastPlayTime >= audioDuration) {
    Serial.println("Audio selesai → Stop audio.");
    myDFPlayer.stop();
    smokeDetected = false;
    waitingFinish = false;
  }
}
```

Gambar III.12. Penyelesaian Pemutaran Audio

III.8.8 Kembali ke Kondisi Normal

Setelah audio peringatan dihentikan, sistem kembali berada dalam kondisi siaga. Pada kondisi ini, sistem kembali melakukan pemantauan sensor MQ-2 dan siap merespons apabila terjadi pendeteksian asap kembali di lingkungan sekitar.

III.8.9 Siklus Kerja Sistem

Seluruh proses di atas dijalankan secara berulang selama sistem dalam keadaan aktif. Untuk menjaga kestabilan pembacaan sensor dan mengurangi beban kerja mikrokontroler, sistem diberikan jeda waktu pada setiap siklus pemantauan.

III.9 Integrasi Perangkat Lunak

Integrasi perangkat lunak pada penelitian ini merupakan proses penggabungan dan penyelarasan seluruh komponen perangkat lunak yang digunakan agar sistem dapat bekerja secara terpadu dan fungsional. Perangkat lunak utama yang digunakan adalah Arduino IDE sebagai lingkungan pengembangan, yang berperan dalam proses penulisan, pengompilan, dan pengunggahan program ke mikrokontroler ESP32. Di dalam lingkungan ini, berbagai konfigurasi seperti pemilihan board, pengaturan port komunikasi, serta pemanggilan library pendukung dilakukan secara terintegrasi.

Program yang dikembangkan mengombinasikan fungsi pembacaan sensor, pengolahan data, dan pengendalian modul keluaran dalam satu kesatuan sistem. Library DFRobotDFPlayerMini diintegrasikan ke dalam kode program untuk memfasilitasi komunikasi antara ESP32 dan modul DFPlayer Mini, sehingga proses pemutaran audio peringatan dapat dikendalikan secara langsung oleh mikrokontroler. Selain itu, penggunaan fungsi-fungsi bawaan Arduino seperti pembacaan input analog dan pengelolaan waktu memungkinkan sistem merespons perubahan kondisi lingkungan secara real-time.

Melalui integrasi perangkat lunak ini, seluruh modul dapat saling berinteraksi secara sinkron, mulai dari proses pendeteksian asap oleh sensor hingga penyampaian peringatan suara kepada pengguna. Dengan demikian, integrasi perangkat lunak berperan penting dalam memastikan sistem bekerja secara optimal, stabil, dan sesuai dengan tujuan perancangan yang telah ditetapkan.

III.9.1 Board Manager (ESP32 Dev Module)

Pada penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 dengan konfigurasi papan yang dipilih melalui fitur Boards Manager pada Arduino IDE. Board yang digunakan adalah ESP32 Dev Module karena memiliki dukungan komunikasi serial ganda, kemampuan pembacaan input analog, serta kompatibilitas yang baik dengan berbagai modul pendukung. Pemilihan ESP32 Dev Module

dilakukan untuk memastikan sistem pendeteksi asap dapat beroperasi secara stabil dan efisien sesuai dengan kebutuhan perancangan.

III.9.2 Library Manager (DFRobotDFPlayerMini)

Untuk mendukung pengendalian modul pemutar audio, sistem ini menggunakan library DFRobotDFPlayerMini yang diinstal melalui Library Manager pada Arduino IDE. Library ini berfungsi sebagai antarmuka antara mikrokontroler ESP32 dan modul DFPlayer Mini, sehingga memungkinkan pemrograman fungsi pemutaran audio seperti menjalankan, menghentikan, dan mengatur volume suara. Penggunaan library ini mempermudah proses pengembangan sistem dan meningkatkan keandalan komunikasi antara perangkat keras dan perangkat lunak.

III.9.3 Port Komunikasi (COM7)

Proses pengunggahan program dan komunikasi antara Arduino IDE dengan mikrokontroler ESP32 dilakukan melalui port serial yang telah terdeteksi oleh sistem komputer. Pada penelitian ini, port komunikasi yang digunakan adalah COM7, yang dipilih karena sesuai dengan port yang muncul ketika ESP32 dihubungkan ke komputer menggunakan kabel USB. Pemilihan port yang tepat sangat berpengaruh terhadap keberhasilan proses pemrograman dan pengujian sistem.

III.7 Lokasi dan Waktu Penelitian

- Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara simulasi dengan lingkungan yang disesuaikan menyerupai kondisi sebenarnya di kawasan *No Smoking Area*. Simulasi dilakukan untuk menguji dan menganalisis kinerja sistem deteksi pelanggaran merokok sebelum diterapkan di lokasi nyata. Dengan pendekatan simulatif ini, penelitian tetap dapat memberikan gambaran yang representatif terhadap penerapan sistem pada kondisi sesungguhnya.

- Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama kurang lebih 3 bulan, meliputi tahapan studi literatur, perancangan, implementasi, pengujian, dan analisis hasil.

III.8 Konsep ambang batas sensor

Penentuan ambang batas pada sistem pendeteksi asap rokok dilakukan dengan mengacu pada konsep standar kualitas udara yang digunakan secara internasional maupun nasional sebagai parameter untuk menilai tingkat keamanan udara terhadap kesehatan manusia. World Health Organization (WHO) menetapkan pedoman kualitas udara yang menyatakan bahwa konsentrasi partikel halus (PM_{2.5}) yang aman bagi kesehatan adalah sebesar 5 µg/m³ untuk rata-rata tahunan dan 15 µg/m³ untuk paparan harian selama 24 jam (WHO, 2021). Batas tersebut ditentukan berdasarkan berbagai penelitian epidemiologi yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi partikel halus dapat meningkatkan risiko gangguan pernapasan, penyakit jantung, serta berbagai penyakit kronis lainnya (Kompas, 2025).

Pada penelitian ini, sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi keberadaan asap rokok melalui perubahan nilai tegangan analog yang dihasilkan oleh sensor. Sensor MQ-2 tidak secara langsung mengukur konsentrasi partikel dalam satuan µg/m³ seperti alat pengukur kualitas udara profesional, melainkan menghasilkan nilai pembacaan analog berdasarkan konsentrasi gas dan asap yang terdeteksi. Oleh karena itu, diperlukan proses kalibrasi untuk menghubungkan nilai pembacaan sensor dengan kondisi kualitas udara di lingkungan pengujian (Hanwei Electronics, 2018).

Proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan sensor pada kondisi udara normal tanpa asap dan kondisi udara yang mengandung asap rokok. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, diperoleh nilai ambang batas sebesar 900 sebagai parameter untuk membedakan kedua kondisi tersebut. Nilai tersebut dipilih karena mampu menunjukkan perubahan signifikan antara kondisi

udara bersih dan kondisi udara yang telah terkontaminasi asap rokok, sehingga sistem dapat memberikan peringatan secara akurat dan responsif (Wibowo & Lestari, 2019).



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Hasil Pengujian Sistem Melalui Serial Monitor Arduino IDE

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja alat pendeteksi asap berbasis ESP32 yang telah dirancang pada penelitian ini. Pengujian difokuskan pada kemampuan sistem dalam mendeteksi perubahan kondisi udara berdasarkan nilai pembacaan sensor MQ-2 serta respons sistem terhadap perubahan tersebut. Untuk memperoleh hasil yang terkontrol dan konsisten, pengujian dilakukan di dalam ruangan tertutup dengan ukuran 1×2 meter dengan jarak pengujian antara 1,5 hingga 2 meter. Pemilihan ruangan tertutup bertujuan untuk meminimalkan pengaruh sirkulasi udara luar sehingga konsentrasi asap dapat terdeteksi secara lebih stabil oleh sensor.

Metode pengujian dilakukan dengan memanfaatkan Serial Monitor Arduino IDE sebagai media visualisasi data. Serial Monitor menampilkan nilai pembacaan sensor MQ-2 secara real-time dalam bentuk data numerik. Data ini digunakan sebagai indikator utama dalam menentukan kondisi udara di dalam ruangan, baik dalam keadaan normal maupun saat terdeteksi adanya asap.

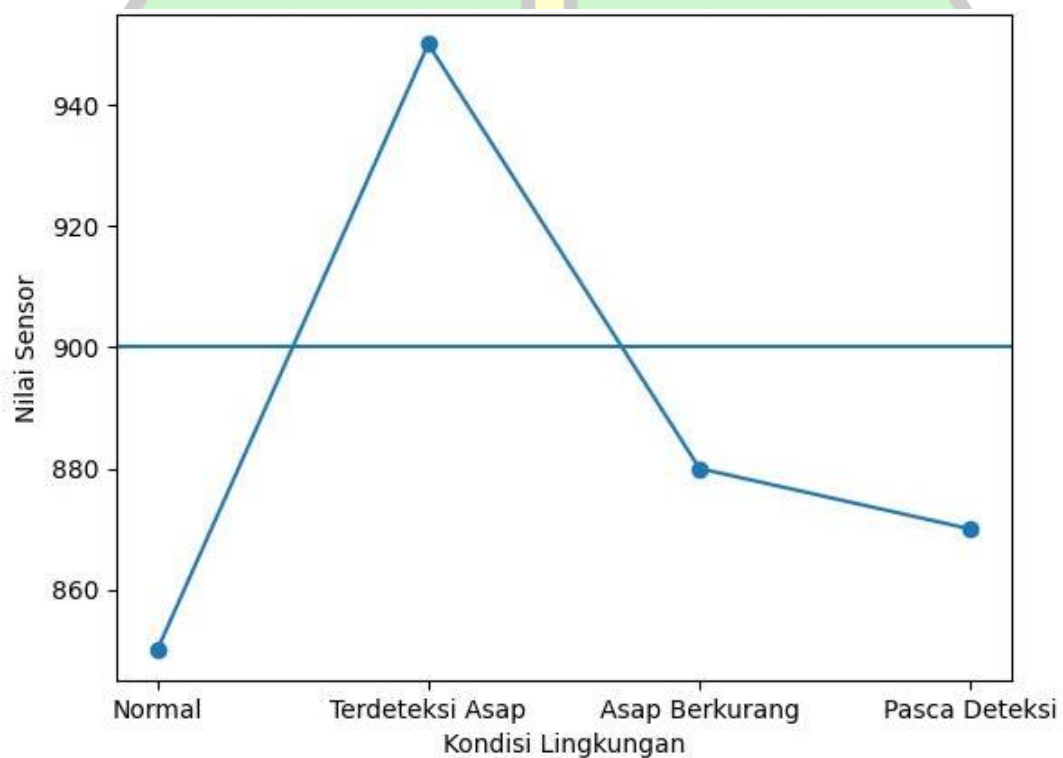
Berdasarkan skenario pengujian yang dilakukan pada ruangan tertutup berukuran 1×2 meter dengan jarak deteksi 1,5 – 2 meter, diperoleh data hasil pengujian sebagaimana tercantum pada Tabel 4.1 berikut:

A R - R A N I R Y

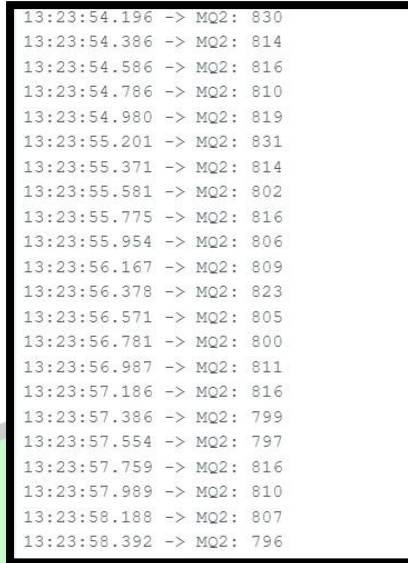
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Sensor MQ-2 dan Respon Audio Peringatan

No	Kondisi Lingkungan	Nilai Sensor (Serial Monitor)	Status Ambang Batas (Thershold > 900)	Respon Modul Audio (DFPlayer Mini)	Status Sistem
1	Normal (Tanpa Asap)	< 900	Di bawah ambang batas	Mati (Silent)	Siaga
2	Terdeteksi Asap	> 900	Melewati ambang batas	Aktif (Memutar Audio)	Bahaya
3	Asap Berkurang	< 900	Di bawah ambang batas	Aktif (Menyelesaikan Siklus)	Menunggu
4	Pasca Deteksi	< 900	Di bawah ambang batas	Mati (Siklus Selesai)	Kembali Siaga

Grafik Pengujian sensor MQ-2 terhadap kondidi udara



Pada kondisi ruangan tertutup tanpa adanya asap, nilai pembacaan sensor MQ-2 berada di bawah ambang batas 900. Nilai ini menunjukkan bahwa kualitas udara di dalam ruangan masih berada dalam kondisi normal. Pada kondisi tersebut, sistem tidak mengaktifkan audio peringatan dan berada dalam keadaan siaga. Visualisasi pada Serial Monitor menunjukkan nilai sensor yang relatif stabil, menandakan tidak adanya gangguan asap di dalam ruangan.



13:23:54.196	-> MQ2: 830
13:23:54.386	-> MQ2: 814
13:23:54.586	-> MQ2: 816
13:23:54.786	-> MQ2: 810
13:23:54.980	-> MQ2: 819
13:23:55.201	-> MQ2: 831
13:23:55.371	-> MQ2: 814
13:23:55.581	-> MQ2: 802
13:23:55.775	-> MQ2: 816
13:23:55.954	-> MQ2: 806
13:23:56.167	-> MQ2: 809
13:23:56.378	-> MQ2: 823
13:23:56.571	-> MQ2: 805
13:23:56.781	-> MQ2: 800
13:23:56.987	-> MQ2: 811
13:23:57.186	-> MQ2: 816
13:23:57.386	-> MQ2: 799
13:23:57.554	-> MQ2: 797
13:23:57.759	-> MQ2: 816
13:23:57.989	-> MQ2: 810
13:23:58.188	-> MQ2: 807
13:23:58.392	-> MQ2: 796

Gambar IV.1. serial Monitor Nilai Ambang Batas Normal

Ketika asap mulai dihasilkan dan dilepaskan ke dalam ruangan tertutup berukuran 1×2 meter dan dengan jarak pengujian antara 1,5 hingga 2 meter, nilai pembacaan sensor pada Serial Monitor menunjukkan peningkatan secara bertahap. Hal ini disebabkan oleh terperangkapnya partikel asap di dalam ruangan sehingga konsentrasi asap meningkat lebih cepat dibandingkan dengan ruang terbuka. Apabila nilai pembacaan sensor telah melewati ambang batas 900, sistem secara otomatis mengidentifikasi kondisi tersebut sebagai keadaan terdeteksi asap.

Pada kondisi ini, sistem menampilkan informasi pendeteksian asap melalui Serial Monitor dan secara bersamaan mengaktifkan modul DFPlayer Mini untuk memutar audio peringatan. Selama pengujian berlangsung, dapat diamati bahwa audio peringatan terus diputar selama nilai pembacaan sensor tetap berada di atas ambang batas. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan status bahaya selama asap masih terdeteksi di dalam ruangan tertutup.

```

13:22:53.554 -> Asap hilang → tunggu audio selesai dulu.
13:22:53.792 -> MQ2: 950
13:22:53.953 -> MQ2: 935
13:22:54.179 -> MQ2: 949
13:22:54.388 -> MQ2: 943
13:22:54.570 -> MQ2: 929
13:22:54.763 -> MQ2: 958
13:22:54.994 -> MQ2: 983
13:22:55.173 -> MQ2: 928
13:22:55.378 -> MQ2: 954
13:22:55.554 -> MQ2: 874
13:22:55.554 -> Asap hilang → tunggu audio selesai dulu.
13:22:55.752 -> MQ2: 957
13:22:55.984 -> MQ2: 933
13:22:56.182 -> MQ2: 962
13:22:56.380 -> MQ2: 946
13:22:56.579 -> MQ2: 926
13:22:56.778 -> MQ2: 918
13:22:56.976 -> MQ2: 927
13:22:57.155 -> MQ2: 887
13:22:57.155 -> Asap hilang → tunggu audio selesai dulu.
13:22:57.384 -> MQ2: 1019
13:22:57.579 -> MQ2: 939
13:22:57.778 -> MQ2: 1005
13:22:57.976 -> MQ2: 893
13:22:57.976 -> Asap hilang → tunggu audio selesai dulu.

```

Gambar IV.2. serial monitor ambang batas di atas nilai yang di tentukan

Selanjutnya, ketika sumber asap dihentikan dan konsentrasi asap di dalam ruangan mulai berkurang, nilai pembacaan sensor pada Serial Monitor secara bertahap menurun hingga kembali berada di bawah ambang batas 900. Penurunan nilai ini menandakan bahwa kualitas udara di dalam ruangan mulai kembali normal. Namun demikian, sistem tidak langsung menghentikan audio peringatan yang sedang diputar.

Berdasarkan hasil pengamatan, sistem memasuki kondisi menunggu ketika nilai sensor telah berada di bawah ambang batas, tetapi audio masih dalam proses pemutaran. Audio peringatan tetap diputar hingga satu kali siklus pemutaran selesai sepenuhnya. Setelah audio selesai diputar, sistem secara otomatis menghentikan audio dan kembali ke kondisi siaga. Mekanisme ini terlihat jelas pada visualisasi Serial Monitor, di mana nilai sensor sudah berada pada kondisi normal sementara status pemutaran audio baru berhenti setelah durasi audio terpenuhi.

IV.2. Analisis Respons Sistem terhadap Ambang Batas Sensor dan Kondisi Ruang

Penetapan nilai ambang batas sebesar 900 pada penelitian ini digunakan sebagai parameter untuk membedakan kondisi udara normal dan kondisi terdeteksi asap. Nilai pembacaan sensor di bawah 900 dikategorikan sebagai udara tanpa asap, sedangkan nilai pembacaan sensor di atas 900 dikategorikan sebagai kondisi terdeteksi asap. Berdasarkan hasil pengujian di ruangan tertutup berukuran 1×2 meter dan dengan jarak pengujian antara 1,5 hingga 2 meter, nilai ambang batas tersebut terbukti mampu mendeteksi keberadaan asap secara efektif.

Penggunaan ruangan tertutup memberikan pengaruh signifikan terhadap proses pendeteksian. Karena keterbatasan sirkulasi udara, asap cenderung bertahan lebih lama di dalam ruangan, sehingga sensor MQ-2 dapat membaca peningkatan konsentrasi asap secara lebih stabil. Hal ini membantu sistem dalam memberikan respons yang konsisten terhadap kondisi asap dan meminimalkan fluktuasi pembacaan sensor.

Respons sistem terhadap perubahan nilai sensor menunjukkan bahwa ESP32 mampu memproses data sensor secara real-time dan mengendalikan modul audio sesuai dengan kondisi lingkungan. Mekanisme penundaan penghentian audio setelah nilai sensor kembali normal juga terbukti efektif dalam memastikan bahwa peringatan suara tidak terputus secara tiba-tiba, khususnya pada lingkungan tertutup.

IV.3. Kendala dan Tantangan Sistem

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem pendeteksi asap berbasis ESP32 ini memiliki beberapa kendala dan tantangan yang perlu diperhatikan. Salah satu keterbatasan utama dari sistem ini adalah cakupan area pendeteksian yang masih terbatas. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan di dalam ruangan tertutup dengan ukuran 1×2 meter, dengan jarak pengujian antara 1,5 hingga 2 meter, sistem mampu mendeteksi asap secara efektif pada skala ruangan tersebut.

Keterbatasan ini disebabkan oleh karakteristik sensor MQ-2 yang memiliki jangkauan pendeteksian terbatas dan sangat dipengaruhi oleh distribusi asap di dalam ruangan. Pada ruangan tertutup dengan ukuran kecil, konsentrasi asap cenderung lebih merata dan bertahan lebih lama, sehingga sensor dapat mendeteksi perubahan kualitas udara dengan lebih akurat. Namun, pada ruangan dengan ukuran yang lebih besar, penyebaran asap menjadi tidak merata dan dapat menyebabkan nilai pembacaan sensor menjadi kurang representatif apabila hanya menggunakan satu sensor.

Selain itu, pada ruangan yang lebih luas, faktor sirkulasi udara, ventilasi, dan pergerakan udara dapat mempercepat penghilangan asap dari area tertentu, sehingga sensor MQ-2 yang hanya ditempatkan pada satu titik tidak mampu mendeteksi asap secara menyeluruh. Kondisi ini berpotensi menurunkan tingkat keandalan sistem dalam mendeteksi keberadaan asap pada skala ruangan yang lebih besar.

Oleh karena itu, apabila sistem ini akan diterapkan pada ruangan dengan ukuran yang lebih luas, diperlukan pengembangan lebih lanjut dengan menambahkan jumlah sensor MQ-2 pada beberapa titik strategis di dalam ruangan. Penambahan sensor bertujuan untuk memperluas cakupan pendeteksian dan meningkatkan akurasi sistem dalam mendeteksi asap pada berbagai area ruangan. Data dari beberapa sensor tersebut kemudian dapat diolah secara terintegrasi oleh mikrokontroler untuk menentukan kondisi lingkungan secara keseluruhan.

Dengan demikian, meskipun sistem yang dirancang telah berfungsi dengan baik pada ruangan tertutup berukuran 1×2 meter dengan jarak pengujian antara 1,5 hingga 2 meter, pengembangan lanjutan masih diperlukan agar sistem dapat diimplementasikan secara optimal pada skala ruangan yang lebih besar. Kendala dan tantangan ini menjadi bahan pertimbangan penting dalam pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya.

IV.4. Hasil Efektifitas Sistem

Berdasarkan seluruh pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pendeteksi asap berbasis ESP32 ini mampu berfungsi dengan baik

pada lingkungan ruangan tertutup. Asap terdeteksi secara efektif ketika konsentrasi asap berada di atas ambang batas 900, sedangkan kondisi udara tanpa asap ditandai dengan nilai sensor di bawah 900. Mekanisme pemutaran dan penghentian audio berjalan sesuai dengan rancangan, sehingga sistem dinilai layak digunakan sebagai alat peringatan dini pada ruang tertutup dengan ukuran terbatas.

Penetapan nilai ambang batas sebesar 900 terbukti efektif dalam membedakan kondisi udara normal dan kondisi terdeteksi asap. Pada kondisi udara tanpa asap, nilai pembacaan sensor berada di bawah ambang batas dan sistem berada dalam keadaan siaga tanpa mengaktifkan audio peringatan. Sebaliknya, ketika nilai pembacaan sensor melebihi ambang batas, sistem secara otomatis mendeteksi keberadaan asap dan mengaktifkan audio peringatan sebagai bentuk notifikasi bahaya. Selama nilai sensor tetap berada di atas ambang batas, audio peringatan akan terus diputar secara berulang sesuai dengan durasi yang telah ditentukan.

Selain itu, sistem menunjukkan mekanisme kerja yang terkontrol dalam menghentikan audio peringatan. Ketika nilai sensor kembali berada di bawah ambang batas, sistem tidak langsung menghentikan audio, melainkan menunggu hingga satu kali siklus pemutaran audio selesai. Mekanisme ini memastikan bahwa pesan peringatan dapat tersampaikan secara utuh tanpa terputus di tengah pemutaran, sehingga meningkatkan kejelasan informasi yang diterima oleh pengguna.

Hasil pengujian yang dilakukan bahwa sistem mampu mendeteksi asap secara stabil dan konsisten pada skala ruangan tersebut. Namun demikian, hasil pembahasan juga menunjukkan bahwa sistem masih memiliki keterbatasan pada cakupan area pendeteksian. Untuk penerapan pada ruangan dengan ukuran yang lebih besar, diperlukan pengembangan lebih lanjut berupa penambahan jumlah sensor MQ-2 agar pendeteksian asap dapat dilakukan secara merata dan akurat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses perancangan, implementasi, serta pengujian sistem deteksi pelanggaran merokok di ruangan No Smoking Area menggunakan sensor MQ-2 dengan peringatan audio interaktif, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem deteksi pelanggaran merokok berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem mampu mendeteksi keberadaan asap rokok di dalam ruangan tertutup dengan memanfaatkan sensor MQ-2 sebagai komponen utama pendeteksi.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MQ-2 mampu merespons perubahan konsentrasi asap rokok secara real-time. Pada kondisi ruangan tertutup berukuran 1×2 meter dan dengan jarak pengujian antara 1,5 hingga 2 meter, nilai ambang batas sebesar 900 terbukti efektif dalam membedakan kondisi udara normal dan kondisi terdeteksi asap.
3. Mikrokontroler ESP32 mampu mengolah data hasil pembacaan sensor dengan baik dan memberikan respons yang sesuai. Ketika nilai sensor melebihi ambang batas, sistem secara otomatis mengaktifkan modul DFPlayer Mini untuk memutar audio peringatan sebagai bentuk teguran langsung di lokasi.
4. Sistem audio interaktif berjalan sesuai dengan perancangan, di mana audio peringatan akan terus diputar selama asap masih terdeteksi dan akan dihentikan setelah kondisi udara kembali normal serta satu siklus pemutaran audio selesai. Mekanisme ini memastikan pesan peringatan dapat tersampaikan secara utuh dan tidak terputus.
5. Sistem yang dirancang bekerja secara mandiri tanpa memerlukan koneksi internet, sehingga lebih sederhana dan mudah diterapkan. Dengan karakteristik tersebut, sistem ini berpotensi digunakan sebagai alat bantu

pengawasan di berbagai ruangan No Smoking Area seperti ruang kelas, kantor, dan fasilitas umum lainnya.

6. Secara keseluruhan, sistem deteksi pelanggaran merokok ini dapat menjadi solusi teknis yang efektif dalam mendukung penerapan kawasan tanpa rokok, sekaligus meningkatkan kesadaran pengguna terhadap pentingnya menjaga lingkungan bebas asap rokok.

V.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, serta mempertimbangkan keterbatasan sistem yang ada, maka beberapa saran yang dapat diajukan untuk pengembangan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Untuk penerapan pada ruangan dengan ukuran yang lebih luas, disarankan agar sistem dikembangkan dengan menambahkan lebih dari satu sensor MQ-2 pada beberapa titik strategis, sehingga pendeteksian asap dapat dilakukan secara lebih merata dan akurat.
2. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan media tampilan visual, seperti LCD atau indikator LED, guna memberikan informasi tambahan mengenai kondisi udara dan status sistem secara langsung.
3. Kalibrasi sensor MQ-2 perlu dilakukan secara berkala agar sensitivitas dan keakuratan pendeteksian tetap terjaga, terutama jika sistem digunakan dalam jangka waktu yang lama atau pada lingkungan dengan kondisi udara yang bervariasi.
4. Pengembangan lanjutan dapat dilakukan dengan menambahkan fitur pencatatan data hasil pendeteksian, sehingga riwayat pelanggaran dapat digunakan sebagai bahan evaluasi dan analisis lebih lanjut.
5. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengombinasikan sensor MQ-2 dengan jenis sensor lain untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam membedakan asap rokok dengan sumber asap atau gas lain yang mungkin terdapat di lingkungan sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan RI. (2019). *Laporan Nasional Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Febrianti, N., & Sembiring, R. (2019). Kawasan Tanpa Rokok (KTR) sebagai upaya pengendalian konsumsi rokok di Indonesia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 15(2), 123–130.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2012). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 109 Tahun 2012 tentang Pengamanan Bahan yang Mengandung Zat Adiktif berupa Produk Tembakau bagi Kesehatan*. Kementerian Kesehatan RI.
- Nafisah, L., & Intiasari, A. D. (2023). Implementasi Kawasan Tanpa Rokok di Sekolah Menengah Atas Swasta Wilayah Perkotaan. *Jurnal Kesehatan*.
- Saputra, A., & Hidayat, R. (2020). Rancang Bangun Sistem Deteksi Asap Rokok Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 8(3), 112–118.
- Topan, P. A., Fardila, D., Rohman, S. A., Bahri, S., Jenal, & Febriansyah, Y. (2022). Pemanfaatan Teknologi Arduino dan DFPlayer Mini untuk Perangkat Pemutar Audio di Masjid Raudhatul Jannah Desa Gontar, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Abdi Insani*, 9(4).
- Wibowo, S., & Lestari, D. (2019). Pemanfaatan Sensor MQ-2 untuk Sistem Peringatan Dini Kebocoran Gas dan Asap Rokok. *Jurnal Informatika Dan Elektronika*, 7(2), 55–62.
- World Health Organization. (2015). *Fact sheet on ingredients in tobacco products*. <https://www.who.int/publications/i/item/fact-sheet-on-ingredients-in-tobacco-products>
- Hanwei Electronics. (2018). MQ-2 Gas Sensor Datasheet. Hanwei Electronics.
- Kompas. (2025). Polusi Indonesia turun tapi masih jauh di atas ambang WHO. <https://lestari.kompas.com/read/2025/03/15/130000086/polusi-indonesia-turun-tapi-masih-jauh-di-atas-ambang-who>
- Wibowo, A., & Lestari, D. (2019). Pemanfaatan sensor MQ-2 untuk sistem peringatan dini kebocoran gas dan asap rokok.
- DFRobot. (2020). *DFPlayer Mini MP3 Player Module Documentation*. DFRobot.
- Topan, A., Prasetyo, B., & Hidayat, R. (2022). Implementasi DFPlayer Mini sebagai media peringatan audio pada sistem deteksi asap berbasis mikrokontroler.

Pratama, A., Nugroho, B., & Santoso, D. (2021). Sistem pendeteksi asap menggunakan sensor MQ-2 berbasis Arduino.

Amalia, R., & Suryadi, T. (2020). Analisis kinerja sensor MQ-2 pada sistem deteksi asap rokok berbasis mikrokontroler.

