

Prototipe Sistem Monitoring Asap Rokok dan Karbon Monoksida Berbasis ESP32 Menggunakan Sensor MQ-2 dan MQ-7

Iqbal Syabudin^{1*}, Andika Mahendra Yudhistira², Gaten Isnaini Abdurrozaq³, Pramono⁴

^{1*}Program Studi Teknik Informatika,
Fakultas Ilmu Komputer,

Universitas Duta Bangsa Surakarta

1*230103104@mhs.udb.ac.id (penulis
korespondensi)

²Program Studi Teknik Informatika,
Fakultas Ilmu Komputer,

Universitas Duta Bangsa Surakarta

230103089@mhs.udb.ac.id

³Program Studi Teknik Informatika,
Fakultas Ilmu Komputer,

Universitas Duta Bangsa Surakarta

3230103104@mhs.udb.ac.id

⁴Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Ilmu Komputer,

Universitas Duta Bangsa Surakarta

4Pramono@udb.ac.id

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji prototipe sistem deteksi pelanggaran merokok dan uap vape berbasis mikrokontroler ESP32 guna mengatasi kendala pengawasan manual. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan merancang prototipe ruang simulasi berbahan triplek yang mengintegrasikan sensor MQ-2 dan MQ-7. Sistem ini dilengkapi dengan otomatisasi sirkulasi udara melalui kipas DC, alarm buzzer, serta fitur kontrol manual menggunakan *push button*. Hasil pengujian sampel menunjukkan efektivitas sistem dalam merespons fluktuasi polutan; pada pengujian pertama, sistem aktif dalam kondisi waspada selama tiga menit saat kadar gas berada di atas 2500 ppm sebelum turun ke kondisi aman pada menit keempat dengan nilai 1861 ppm. Pengujian kedua menunjukkan respons instan pada menit pertama dengan nilai 2844 ppm dan berhasil menetralkan udara hingga 1847 ppm pada menit berikutnya. Data ini membuktikan bahwa integrasi sensor MQ-2 dan MQ-7 responsif dalam memicu aksi sistem secara otomatis. Kesimpulan utama penelitian ini adalah integrasi IoT dan notifikasi *real-time* melalui Blynk serta email telah teruji berfungsi dengan baik pada skala prototipe, dan berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut guna membantu pengawasan lingkungan tertutup.

Kata kunci— ESP32, MQ-2, MQ-7, Blynk IoT, Monitoring Asap Rokok.

Abstract— This research aims to design and test a prototype of a smoking and vaping violation detection system based on the ESP32 microcontroller to address the challenges of manual monitoring. The research method employed is *Research and Development* (R&D), designing a simulation room prototype made of plywood that integrates MQ-2 and MQ-7 sensors. The system is equipped with automated air circulation via a DC fan, a buzzer alarm, and manual control features using a push button. Test results demonstrate the system's effectiveness in responding to pollutant fluctuations; in the first test, the system remained in a warning state for three minutes when gas levels exceeded 2500 ppm, before returning to a safe state at the fourth minute with a value of 1861 ppm. The second test showed an instantaneous response in the first minute at 2844 ppm, successfully neutralizing the air to 1847 ppm by the following minute. These data points prove that the integration of MQ-2 and MQ-7 sensors is responsive in triggering automated system actions. The primary conclusion of this study is that the integration of IoT and real-time notifications via Blynk and email has been tested and functions well on a prototype scale, with the potential for further development to assist in enclosed environment monitoring.

Keywords— ESP32, MQ-2, MQ-7, Blynk IoT, Cigarette Smoke Monitoring.

I. PENDAHULUAN

Lingkungan kampus, khususnya ruang perkuliahan, idealnya menjadi kawasan yang bersih dan sehat untuk mendukung proses belajar mengajar yang optimal. Namun, munculnya tren rokok elektrik atau *vape* menciptakan persepsi keliru di kalangan mahasiswa bahwa uapnya tidak berbahaya, sehingga memicu keberanian untuk

menggunakannya di dalam kelas ber-AC. Akumulasi uap *vape* dan asap rokok di ruang tertutup mengandung zat kimia serta partikel *ultrafine* yang dapat mengendap di perabot kelas dan mengganggu kesehatan pernapasan mahasiswa lain sebagai perokok pasif. Selain dampak kesehatan, pengawasan manual oleh pihak kampus sering kali menghadapi kendala keterbatasan waktu dan jangkauan, terutama

pada jam-jam kosong, sehingga pelanggaran sulit dideteksi secara langsung[1].

Teknologi deteksi polutan udara berbasis *Internet of Things (IoT)* kini menjadi standar dalam monitoring lingkungan cerdas, di mana sensor gas semikonduktor digunakan untuk mengubah konsentrasi kimia di udara menjadi sinyal elektrik. Sensor MQ-2 dan MQ-7 bekerja dengan prinsip perubahan konduktivitas saat terpapar gas target, seperti asap rokok, uap *vape* dan karbon monoksida, yang kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32[2]. Namun, implementasi teknologi ini menghadapi tantangan serius berupa fluktuasi nilai sensor akibat perubahan suhu dan kelembapan ruang kelas yang menggunakan AC, serta risiko *false-positive* yang dipicu oleh partikel lain[3]. Selain itu, menjaga stabilitas koneksi nirkabel di lingkungan universitas yang padat lalu lintas data menjadi faktor krusial agar pengiriman notifikasi dari perangkat ke *server cloud* tidak mengalami *delay* yang signifikan.

Untuk mengatasi kendala pengawasan manual dan kurangnya bukti pelanggaran, diperlukan sebuah sistem otomatis yang mampu bekerja selama 24 jam penuh. Solusi yang diusulkan adalah pengembangan perangkat "*Smart Class Smoke Monitor*" berbasis mikrokontroler ESP32 yang mampu mengidentifikasi polutan udara secara presisi. Sistem ini mengintegrasikan alarm lokal melalui *buzzer* untuk memberikan efek jera seketika, serta sistem sirkulasi udara aktif menggunakan kipas DC 5V untuk menetralkan polusi di dalam ruangan[4]. Melalui integrasi teknologi ini, pemantauan kualitas udara tidak lagi bergantung pada kehadiran fisik pengawas, melainkan melalui sistem yang responsif dan terukur.

Penelitian mengenai deteksi asap telah banyak dikembangkan menggunakan berbagai jenis sensor MQ dan platform notifikasi. Penggunaan sensor MQ-2 terbukti efektif dalam mendeteksi asap di udara dan gas mudah terbakar dengan tingkat respons yang cepat[5][6]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi mikrokontroler

dengan sensor gas dapat memberikan peringatan dini yang akurat dalam ruang tertutup[7][8]. Selain itu, pemanfaatan platform *IoT* seperti *Blynk* telah teruji mampu menyajikan data pemantauan secara *real-time* kepada pengguna melalui perangkat *mobile*[9]. Namun, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada peringatan suara saja tanpa adanya sistem pelaporan riwayat kejadian yang terotomatisasi ke email pengawas serta fitur kendali manual untuk mematikan *buzzer* secara instan guna efisiensi respon di lokasi kejadian.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem deteksi otomatis berbasis ESP32 yang mengombinasikan sensor MQ-2 dan MQ-7 untuk mendeteksi kadar asap, uap *vape*, dan karbon monoksida secara akurat[10][11]. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi fungsionalitas fitur *monitoring real-time* via aplikasi *Blynk* dan kendali manual pemutus *buzzer* di dalam prototipe ruang simulasi. Lebih jauh lagi, sistem ini dirancang menyediakan fitur pelaporan otomatis melalui notifikasi email sebagai bukti permanen pelanggaran, yang nantinya dapat digunakan oleh pihak universitas sebagai bahan evaluasi kebijakan Kawasan Tanpa Rokok (KTR).

Inovasi utama dari penelitian ini adalah integrasi sensor MQ-2 dan MQ-7 dengan platform *Blynk IoT* untuk mengendalikan sistem sirkulasi udara dan notifikasi berlapis secara otomatis. Penelitian ini juga akan mengevaluasi efektivitas sistem dalam kondisi nyata, termasuk akurasi pembacaan data pada platform *Blynk*, kecepatan respon kipas dalam menetralkan udara, serta ketahanan sistem terhadap gangguan sirkulasi udara eksternal. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam perancangan sistem monitoring polusi udara, dan menawarkan solusi praktis skala prototipe untuk menjaga sterilitas ruangan dari polusi asap[12][13]. Penelitian ini juga akan mengkaji potensi pengembangan lebih lanjut, termasuk optimalisasi ambang batas deteksi

dan peningkatan keamanan data laporan yang dikirimkan ke *email* pengawas.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian eksperimental ini menggunakan pendekatan rancang bangun sistem *IoT* untuk mendeteksi polutan udara di ruang kelas. Sistem utama dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32 yang mengintegrasikan sensor MQ-2 dan MQ-7 sebagai pendeteksi asap rokok, uap *vape*, dan karbon monoksida secara *real-time*[2].

Selain otomatisasi kipas, buzzer dan notifikasi *Blynk* melalui *email* pengawas, sistem ini dilengkapi dengan fitur kontrol manual berupa *push button*. Tombol ini berfungsi untuk mematikan *buzzer* secara instan di lokasi tanpa harus menunggu udara kembali bersih. Integrasi ini memastikan sistem tidak hanya bekerja secara otomatis melalui *software*, tetapi juga responsif terhadap intervensi manual di lapangan.

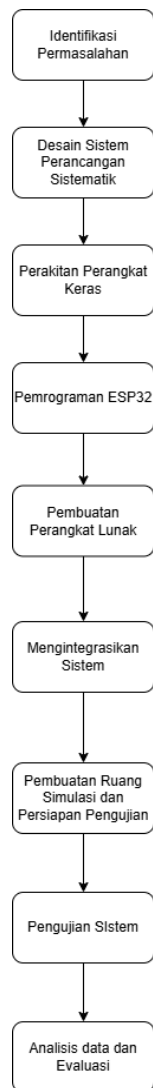
Prosedur pengujian dilakukan secara eksperimental melalui simulasi paparan asap hasil pembakaran kertas sebagai substitusi polutan di dalam prototipe ruang tertutup untuk memvalidasi akurasi pembacaan sensor pada ambang batas yang ditentukan[4]. Pengujian fungsionalitas mencakup otomatisasi sistem, di mana perangkat harus mampu mengaktifkan kipas dan *buzzer* secara instan saat polutan terdeteksi[1][3]. Selain itu, pengujian ini juga memvalidasi perubahan indikator visual berupa pergantian lampu hijau untuk kondisi aman dan lampu kuning untuk kondisi waspada guna memberikan informasi status kualitas udara secara *real-time* di lokasi. Dilakukan pula pengujian interaksi manual pada tombol *push button* yang berfungsi sebagai kendali bagi petugas untuk mematikan alarm secara instan tanpa harus menunggu udara kembali bersih, sehingga meningkatkan efisiensi respon di lapangan. Aspek konektivitas tetap diuji untuk memastikan notifikasi dan *logging* data terkirim ke aplikasi *Blynk* serta *email* pengawas tanpa keterlambatan signifikan.

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan atau *Research and Development (R&D)* yang bertujuan untuk menghasilkan produk berupa sistem pemantau polusi udara cerdas di ruang kelas[3]. Proses pengembangan sistem dilakukan melalui beberapa tahapan terstruktur mulai dari studi literatur hingga pengujian akhir, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

Setelah memahami alur metode penelitian pada Gambar 1, langkah berikutnya adalah menjabarkan secara teknis tahapan perancangan sistem yang akan dibangun. Hal ini dilakukan agar setiap fase pengembangan, mulai dari identifikasi permasalahan hingga analisis data dan evaluasi, dapat berjalan secara terstruktur dan sistematis[4]. Adapun detail tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



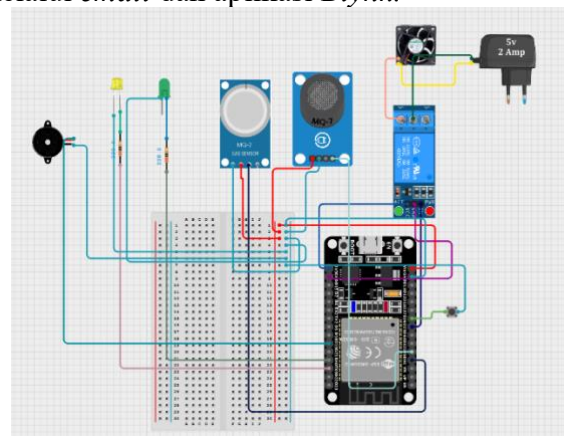
Gambar 2. Tahapan Perancangan Sistem

Tahapan perancangan sistem ini diawali dengan identifikasi permasalahan untuk menentukan fokus penelitian, yang dilanjutkan dengan desain sistem dan perancangan sistematis sebagai landasan kerja[7]. Proses teknis dimulai melalui perakitan perangkat keras dan pemrograman ESP32, serta pembuatan perangkat lunak sebagai antarmuka pemantauan di Aplikasi *Blynk*. Setelah seluruh komponen siap, dilakukan integrasi sistem secara menyeluruh dan pembuatan ruang simulasi persiapan pengujian menggunakan material triplek dengan dimensi lebar 21 cm, panjang 30 cm, dan tinggi 23,5 cm. Seluruh rangkaian ini diakhiri dengan tahap pengujian sistem serta analisis dan evaluasi guna

memastikan fungsionalitas alat telah bekerja secara optimal dan akurat sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan[4][13][12].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil implementasi sistem *Smart Class Smoke Monitor* yang diawali dengan perancangan perangkat keras menggunakan mikrokontroler ESP32, serta pembangunan prototipe fisik berupa ruang simulasi berbahan triplek dengan dimensi 21 cm x 30 cm x 23,5 cm. Integrasi komponen utama meliputi sensor MQ-2 dan MQ-7, buzzer, kipas DC 5V, serta push button sebagai kendali manual, yang seluruh konektivitas antar komponennya dipetakan secara sistematis melalui diagram blok. Alur kerja perangkat dikendalikan oleh program yang disusun berdasarkan flowchart terstruktur dan terhubung langsung dengan antarmuka aplikasi *Blynk* sebagai media monitoring real-time. Berdasarkan hasil data pengujian eksperimental menggunakan simulasi paparan asap, dilakukan analisis mendalam terhadap performa sistem, yang mencakup akurasi pembacaan sensor pada ambang batas tertentu, kecepatan respon otomatisasi kipas, serta efektivitas pengiriman notifikasi berlapis melalui *email* dan aplikasi *Blynk*.



Gambar 3. Perancangan Perangkat Keras

Secara teknis, perancangan perangkat keras ini menggunakan mikrokontroler ESP32 30 pin sebagai pusat kendali utama yang mengintegrasikan sensor gas semikonduktor MQ-2 dan MQ-7 untuk mendeteksi asap, uap

vape, serta karbon monoksida secara *real-time*. Arsitektur perangkat kerasnya melibatkan penggunaan *breadboard* dan kabel *jumper* untuk menghubungkan berbagai modul *output*, termasuk *buzzer* sebagai alarm audio, relay 5V untuk menggerakkan kipas DC, serta lampu LED (hijau dan kuning) yang berfungsi sebagai indikator visual status kualitas udara. Selain itu, terdapat *push button* yang berfungsi sebagai fitur kontrol manual untuk mematikan *buzzer* secara instan di lokasi kejadian demi efisiensi respon. Seluruh sistem ini ditenagai oleh *adapter* 5V guna menjaga stabilitas daya selama perangkat beroperasi secara terus-menerus.



Gambar 4. Prototipe Fisik IoT

Implementasi rancangan tersebut kemudian diwujudkan dalam bentuk prototipe fisik sistem *Smart Class Smoke Monitor* berupa kotak simulasi ruang tertutup berbahan triplek dengan dimensi lebar 21 cm, panjang 30 cm, dan tinggi 23,5 cm. Di dalam prototipe ini, tata letak sensor dan posisi kipas DC dipasang pada sisi dinding tidak diletakkan secara acak, melainkan dirancang spesifik karena letak komponen dan dimensi ruangan terbukti berpengaruh terhadap kecepatan respons deteksi serta efisiensi alat dalam menurunkan kadar partikel polutan. Komponen ini bekerja menetralsir polusi secara otomatis dengan membuang udara kotor keluar ruangan segera

setelah sensor mendeteksi adanya asap yang melebihi ambang batas normal.



Gambar 5. Prototipe Fisik Ruang Tertutup

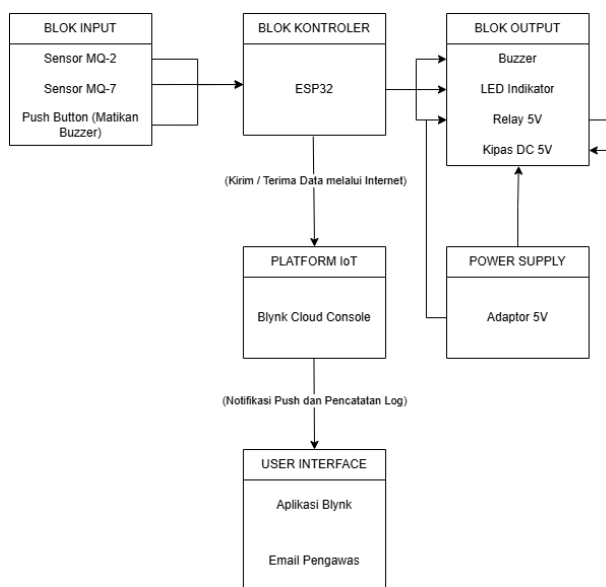
Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian terangkum pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Komponen IoT Pendeteksi Asap

No	Komponen	Jumlah
1.	ESP32 30 pin	1 buah
2.	Relay 5v	1 buah
3.	Kipas DC 5v-12v	1 buah
4.	Adapter 5v	1 buah
5.	Sensor MQ-2	1 buah
6.	Sensor MQ-7	1 buah
7.	Lampu LED (Kuning dan Hijau)	2 buah
8.	Resistor 220 ohm	2 buah
9.	Push Button	1 buah
10.	Buzzer	1 buah
11.	Breadboard + dan -	1 buah
12.	Kabel jumper	Secukupnya

Alur kerja dari prototipe tersebut secara sistematis dipetakan melalui diagram blok yang membagi fungsi perangkat ke dalam beberapa bagian utama. Blok Input terdiri dari sensor MQ-2 dan MQ-7 sebagai pendeteksi polutan, serta sebuah push button untuk intervensi manual mematikan buzzer secara instan. Data dari input tersebut kemudian diproses oleh Blok Kontroler berbasis ESP32, yang selanjutnya menginstruksikan Blok Output untuk mengaktifkan *buzzer* dan LED indikator sebagai peringatan lokal, serta *relay* 5V untuk menggerakkan kipas DC. Selain kontrol fisik di lokasi, ESP32 melakukan

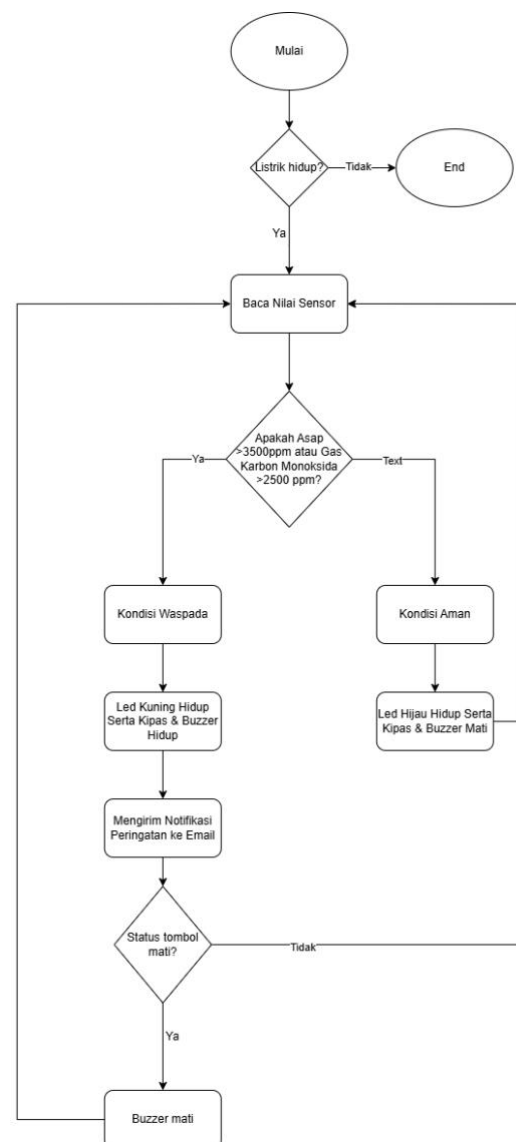
transmisi data melalui jaringan internet ke Platform *IoT* (*Blynk Cloud Console*) yang bertugas mendistribusikan notifikasi push serta pencatatan *log* kejadian ke *User Interface* berupa aplikasi *Blynk* dan *email* pengawas. Seluruh operasional komponen dalam diagram blok ini didukung oleh *Power Supply* dari adaptor 5V guna memastikan kestabilan daya perangkat selama pemantauan berlangsung. Adapun detail diagram blok tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Blok

Logika operasional yang dijalankan oleh kontroler tersebut dijelaskan lebih rinci melalui *flowchart* sistem yang dimulai dengan pengecekan ketersediaan daya listrik. Jika listrik aktif, perangkat akan terus melakukan pembacaan nilai sensor untuk memantau kadar polutan di dalam ruangan secara *real-time*. Apabila konsentrasi asap terdeteksi di atas 3500 ppm atau gas karbon monoksida melebihi 2500 ppm, sistem memasuki "Kondisi Waspada" yang secara otomatis menyalakan LED kuning, mengaktifkan kipas untuk sirkulasi udara, menghidupkan *buzzer* sebagai alarm, serta mengirimkan notifikasi peringatan ke *email* pengawas. Dalam kondisi ini, terdapat fitur intervensi melalui tombol manual, jika tombol ditekan, maka *buzzer* akan mati seketika untuk efisiensi respon di lokasi

tanpa menghentikan proses pembersihan udara. Sebaliknya, jika kadar polutan berada di bawah ambang batas tersebut, sistem tetap pada "Kondisi Aman" dengan indikator LED hijau menyala sementara kipas dan *buzzer* tetap dalam keadaan mati. Perangkat akan terus melakukan pengulangan proses pembacaan sensor untuk memastikan kualitas udara selalu terpantau secara akurat sesuai parameter yang telah ditetapkan. Detail *flowchart* sistem ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Flowchart Sistem

Antarmuka aplikasi *Blynk* menampilkan berbagai indikator pemantauan yang

mencakup parameter kadar asap atau uap serta kadar karbon monoksida dalam bentuk grafik bar yang informatif. Terdapat juga indikator status ruangan yang akan memperlihatkan keterangan "AMAN" dan "Waspada!" yang didukung secara visual oleh LED hijau saat tidak terdeteksi gas dan LED berwarna kuning apabila polutan terdeteksi. Selain itu, terdapat indikator status kipas yang menunjukkan keterangan "NYALA" saat sistem sirkulasi aktif, serta status buzzer dengan keterangan "MUTE" dan "NYALA". Ada juga fitur intervensi manual melalui push button untuk mematikan *buzzer*. Seluruh indikator ini menyajikan informasi *real-time* kepada pengawas melalui perangkat mobile. Adapun untuk visualisasi tampilan sebagai berikut



Gambar 8. Tampilan Blynk

Data pengujian fungsionalitas menunjukkan bahwa seluruh komponen utama sistem telah bekerja sesuai dengan hasil yang diharapkan dengan status keberhasilan 100%. Koneksi mikrokontroler ESP32 terbukti stabil saat terhubung ke *Blynk Cloud* menggunakan *Auth Token*, serta mampu melakukan pembaruan grafik nilai sensor secara *real-time* pada aplikasi saat terpapar asap. Sinkronisasi fitur intervensi melalui *push button* berhasil mematikan *buzzer* secara fisik sekaligus memperbarui status pada dashboard *Blynk* secara instan. Selain itu, sistem pencatatan riwayat (logging) berfungsi dengan baik yang ditandai dengan diterimanya notifikasi email otomatis segera setelah pelanggaran terdeteksi,

sementara indikator visual berupa LED transisi dari hijau ke kuning serta aktivasi kipas DC 5V dan *buzzer* beroperasi tepat waktu saat konsentrasi polutan melewati ambang batas yang ditentukan. Detail pengujian sistem untuk lebih jelasnya dapat dilihat di Tabel 2. dan bukti berhasil mengirim notifikasi ke email dapat dilihat di Gambar 9.

Tabel 2. Uji Komponen

Komponen yang Diuji	Prosedur Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status (Berhasil/Gagal)
Koneksi ESP32	Menyalakan perangkat dan menghubungkan ke WiFi	ESP32 terhubung ke Blynk Cloud menggunakan Auth Token.	Berhasil
Update Grafik	Memberikan paparan asap rokok secara perlahan ke sensor MQ-2 dan MQ-7	Grafik pada aplikasi Blynk di HP menunjukkan kenaikan nilai secara real-time.	Berhasil
Sinkronisasi Tombol	Menekan tombol fisik (Push Button) di alat.	Buzzer mati secara fisik dan status pada dashboard Blynk terupdate.	Berhasil
Riwayat (Logging)	Memeriksa kotak masuk email setelah deteksi terjadi.	Terdapat email masuk berisi pesan bahwa ada pelanggaran.	Berhasil
Indikator Status (LED Hijau & Kuning)	Mengamati perubahan warna LED saat kondisi udara berubah dari bersih ke tercemar.	LED menyala Hijau saat aman sensor MQ-2 mendeteksi asap <3500 atau MQ-7 mendeteksi CO <2500 dan berubah menjadi Kuning saat terdeteksi asap di atas ambang batas.	Berhasil
Aksi Sistem (Kipas DC & Buzzer)	Sensor MQ-2 mendeteksi asap > 3500 atau MQ-7 mendeteksi CO >2500.	Buzzer berbunyi sebagai peringatan suara dan Kipas berputar untuk menarik asap keluar secara bersamaan.	Berhasil



Gambar 9. Notifikasi ke Email

Selanjutnya, hasil pengujian sampel menunjukkan efektivitas sistem dalam merespons fluktuasi kadar polutan di dalam prototipe ruang simulasi. Pada pengujian pertama, sistem berada dalam kondisi waspada (LED kuning, kipas, dan *buzzer* menyala) selama tiga menit awal karena nilai sensor MQ-7 berada di atas ambang batas 2500 ppm, sebelum akhirnya turun ke kondisi aman pada menit keempat dengan nilai 1861 ppm. Pola serupa terlihat pada pengujian kedua, di mana sistem memberikan respons instan pada menit pertama saat sensor MQ-7 mendeteksi nilai 2844 ppm, dan berhasil menetralkan udara hingga mencapai kondisi aman pada menit berikutnya dengan penurunan nilai yang signifikan menjadi 1847 ppm. Data ini membuktikan bahwa integrasi antara sensor MQ-2 dan MQ-7 mampu memberikan pembacaan yang responsif terhadap uap maupun gas karbon monoksida untuk memicu aksi sistem secara otomatis. Untuk detail pengujian ini dapat dilihat di Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Sensor

Nomor Pengujian	Waktu (Menit)	Nilai Sensor MQ-2	Nilai Sensor MQ-7	Status Kipas dan Buzzer	Warna LED
1.	1 menit	1200 ppm	4095 ppm	Nyala	Kuning (waspada)

	2 menit	1148 ppm	3100 ppm	Nyala	Kuning (waspada)
	3 menit	1037 ppm	2500 ppm	Nyala	Kuning (waspada)
	4 menit	944 ppm	1861 ppm	Mati	Hijau (aman)
	5 menit	890 ppm	1535 ppm	Mati	Hijau (aman)
2.	1 menit	1304 ppm	2844 ppm	Nyala	Kuning (waspada)
	2 menit	1097 ppm	1847 ppm	Mati	Hijau (aman)
	3 menit	976 ppm	1648 ppm	Mati	Hijau (aman)
	4 menit	906 ppm	1403 ppm	Mati	Hijau (aman)
	5 menit	847 ppm	1213 ppm	Mati	Hijau (aman)

Berdasarkan data pengujian yang telah dipaparkan, analisis mendalam terhadap performa sistem menunjukkan tingkat efikasi yang tinggi dalam mendeteksi dan menetralkan polutan di ruang tertutup. Sinergi antara sensor MQ-2 dan MQ-7 memberikan cakupan deteksi yang luas, di mana sistem terbukti sangat responsif terhadap lonjakan kadar karbon monoksida (CO) dan asap uap, sebagaimana terlihat dari aktivasi otomatis kipas dan *buzzer* dalam waktu kurang dari satu menit saat ambang batas terlampaui. Kecepatan penurunan nilai partikel pada menit-menit berikutnya menunjukkan bahwa sistem sirkulasi udara aktif menggunakan kipas DC 5V mampu bekerja secara efektif untuk membuang udara kotor keluar dari prototipe ruang simulasi. Selain itu, berdasarkan pengujian simulasi paparan asap pembakaran kertas di dalam prototipe ruang tertutup, integrasi notifikasi berlapis melalui aplikasi Blynk dan email terbukti mampu mendokumentasikan riwayat kejadian secara konsisten setiap kali kadar polutan melewati ambang batas waspada. Hal ini beriringan dengan kinerja sistem sirkulasi udara yang terbukti berhasil menetralkan polutan, ditunjukkan pada pengujian pertama dengan penurunan kadar gas secara bertahap dari 4095 ppm di menit pertama hingga mencapai kondisi aman 1861 ppm pada menit keempat, serta pada pengujian kedua dari 2844 ppm menjadi 1847 ppm hanya dalam waktu satu

menit, sementara fitur intervensi manual melalui *push button* terbukti meningkatkan efisiensi respon tanpa mengganggu proses pembersihan udara yang sedang berjalan. Secara keseluruhan, sistem ini menunjukkan stabilitas konektivitas dan akurasi logika yang optimal untuk diimplementasikan sebagai solusi cerdas dalam menjaga kualitas udara di lingkungan kampus.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa tujuan utama penelitian untuk membangun sistem deteksi polusi udara otomatis berbasis ESP32 telah tercapai dengan sangat baik. Sistem ini berhasil mengintegrasikan sensor MQ-2 dan MQ-7 yang mampu memberikan respons instan terhadap lonjakan kadar asap dan karbon monoksida di atas ambang batas 3500 ppm dan 2500 ppm melalui aktivasi indikator LED kuning, *buzzer*, serta kipas sirkulasi secara otomatis. Implementasi platform *Blynk IoT* dan notifikasi *email* terbukti efektif dalam menyajikan data pemantauan secara *real-time* sekaligus menyediakan bukti laporan pelanggaran yang permanen bagi pihak pengawas. Selain itu, fitur kontrol manual melalui *push button* memberikan fleksibilitas bagi petugas untuk mematikan alarm secara instan, sehingga meningkatkan efisiensi respons di lapangan. Penerapan sistem ini pada prototipe ruang simulasi menunjukkan performa yang stabil dalam menetralkan udara, sehingga sangat potensial untuk dikembangkan lebih lanjut pada skala ruangan yang lebih luas guna mendukung terciptanya lingkungan kampus yang sehat dan bebas polusi asap.

REFERENSI

- [1] G. Sa'id Abdussalam, E. Setiawan, and D. Syaury, "Implementasi Sistem Pendeteksi Polusi Asap Rokok pada Ruangan Tertutup berbasis Arduino Uno dengan Metode K-Nearest Neighbors," 2023. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [2] I. Hidayat Rasmuriadi, I. Komang Somawirata, T. S. Elektro, and I. Malang, "RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI DAN PENETRALISIR ASAP ROKOK DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN METODE

PROPORTIONAL DERIVATIVE BERBASIS ANDROID," 2023.

- [3] M. Masjun Efendi, "ALAT PENDETEKSI ASAP ROKOK BERBASIS INTERNET OF THINGS PADA RUANG GURU MTS MAMBA'UL BAROKAH NW BOROK," 2024.
- [4] A. Kurniawan, A. Frisca, and R. Yudha Pratama, "Rancang Bangun Sistem Deteksi Asap Dalam Ruangan Menggunakan Sensor MQ-2 untuk Keamanan Lingkungan," *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis (SENATIB)*, pp. 594–600, 2025.
- [5] A. A. Fikri and J. Mafakiri, "Pengendalian Risiko dan Biaya Lingkungan melalui Implementasi Sistem Deteksi Asap Rokok di Pondok Pesantren Kedunglo 10," *Manage. Sci.*, vol. 05, no. 1, pp. 23–30, 2026.
- [6] N. Kalbuana and B. Kurnianto, "Desain Sistem Deteksi Asap Berbasis Sensor Mikrokontroler Sebagai Upaya Pencegahan Kebakaran," *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 4, no. 1, pp. 266–272, Jan. 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i1.1158.
- [7] T. Setiadi and N. Syafaat, "Sistem Informasi Pendeteksi Asap Rokok Menggunakan Sensor Mq-2 Pada Klinik Berlian Limpung Berbasis Arduino Uno," 2022. [Online]. Available: <http://ejurnal.provisi.ac.id/index.php/JUII>
- [8] I. Alexander Rombang, L. Bambang Setyawan, G. Dewantoro, and U. Kristen Satya Wacana, "Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor MQ-135 dan MQ-2," 2022.
- [9] J. M. S. Waworundeng, "Desain Sistem Deteksi Asap dan Api Berbasis Sensor, Mikrokontroler dan IoT Design of Smoke and Flame Detection Systems Based on Sensors, Microcontrollers and IoT," *Cogito Smart Journal* |, vol. 6, no. 1, 2020.
- [10] S. X. Soares, A. Frisca, F. I. Is'ad, S. B. Yudanto, and R. Susanto, "Sistem Pendeteksi Asap Menggunakan Sensor MQ-2 Dengan Memanfaatkan Media Bambu," 2023.
- [11] F. A. T. Utami, W. Kasoep, and N. P. Novani, "Prototype Sistem Pendeteksi dan Penetralsir Asap Rokok pada Ruangan dengan Fitur Monitoring Suhu dan Kelembaban," *CHIPSET*, vol. 3, no. 01, pp. 32–44, Apr. 2022, doi: 10.25077/chipset.3.01.32-44.2022.
- [12] B. Pamungkas, Z. Saputra, and P. Manufaktur Negeri Bangka Belitung, "Alat Pendeteksi Asap Rokok dengan Peringatan Suara Menggunakan Sensor Mq-2 dan Mq-135," 2025.
- [13] I. Alexander Rombang, L. Bambang Setyawan, G. Dewantoro, and U. Kristen Satya Wacana, "Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor MQ-135 dan MQ-2," 2022.