



Implementasi Sensor VOC Digital pada Sistem Monitoring dan Pengendalian Asap Rokok dalam Ruangan Berbasis *Internet of Things*

Muhammad Arif Hidayatullah^{1*}, Abdul Azis^{2*}, Perawati³

¹⁻³ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Palembang, Indonesia

Email: arifyayat028@gmail.com¹, azis@univpgri-palembang.ac.id^{2*},

perawati80@univpgri-palembang.ac.id³

*Penulis Korespondensi: azis@univpgri-palembang.ac.id

Abstract. Cigarette smoke is one of the sources of indoor air pollution that contains various harmful compounds, including Volatile Organic Compounds (VOC), which can reduce indoor air quality and negatively affect human health. This study aims to design and develop an indoor cigarette smoke control system based on the MiCS-5524 VOC sensor and Internet of Things (IoT) technology with monitoring through Telegram on an Android device. The proposed system uses an Arduino Uno as the main controller integrated with an ESP8266 module, MiCS-5524 VOC sensor, L298N motor driver, DC fan, activated carbon filter, buzzer, and 16×2 I2C LCD. The test results show that the MiCS-5524 sensor is capable of detecting changes in VOC concentration caused by cigarette smoke exposure, while the system automatically activates the fan and buzzer according to the detected air quality conditions. The ESP8266 module successfully transmits monitoring data to Telegram Android in real-time with an average transmission time of 2.3 seconds. Furthermore, the activated carbon filter contributes to reducing VOC levels, resulting in improved indoor air quality. The results indicate that the developed system is capable of performing automatic detection, control, and monitoring of indoor air quality.

Keywords: Arduino Uno; Buzzer; Internet of Things; Telegram Bot; Volatile Organic Compounds.

Abstrak. Asap rokok merupakan salah satu sumber pencemar udara dalam ruangan yang mengandung berbagai senyawa berbahaya, termasuk *Volatile Organic Compounds* (VOC), yang dapat menurunkan kualitas udara dan berdampak negatif terhadap kesehatan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pengendali asap rokok dalam ruangan berbasis sensor VOC MiCS-5524 dan *Internet of Things* (IoT) dengan monitoring melalui Telegram pada perangkat Android. Sistem menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama yang terintegrasi dengan modul ESP8266, sensor VOC MiCS-5524, driver motor L298N, kipas DC, filter karbon aktif, buzzer, dan LCD 16×2 I2C. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MiCS-5524 mampu mendeteksi perubahan konsentrasi VOC akibat paparan asap rokok, sedangkan sistem secara otomatis mengaktifkan kipas dan buzzer sesuai kondisi kualitas udara. Modul ESP8266 berhasil mengirimkan data monitoring ke Telegram Android secara real-time dengan waktu pengiriman rata-rata 2,3 detik. Selain itu, filter karbon aktif mampu membantu menurunkan kadar VOC sehingga kualitas udara menjadi lebih baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu melakukan deteksi, pengendalian, dan monitoring kualitas udara dalam ruangan secara otomatis.

Kata kunci: Arduino Uno; Bot Telegram; Buzzer; *Internet of Things*; Senyawa Organik Volatil.

1. LATAR BELAKANG

Kualitas udara dalam ruangan merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kesehatan dan kenyamanan penghuni. Salah satu sumber pencemaran udara di dalam ruangan adalah asap rokok yang mengandung berbagai senyawa berbahaya, seperti karbon monoksida (CO), nikotin, tar, formaldehida, dan *Volatile Organic Compounds* (VOC). Paparan asap rokok pada ruang tertutup dapat meningkatkan risiko gangguan sistem pernapasan maupun kardiovaskular, terutama bagi perokok pasif. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang mampu mendeteksi keberadaan asap rokok secara cepat sekaligus melakukan pengendalian secara otomatis untuk

menjaga kualitas udara tetap berada pada kondisi yang aman (Aminullah et al., 2024; Bahri et al., 2021).

Perkembangan mikrokontroler dan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membuka peluang dalam pengembangan sistem monitoring kualitas udara yang mampu bekerja secara otomatis dan dipantau secara real-time. Integrasi sensor dengan jaringan internet memungkinkan data kualitas udara dikirimkan kepada pengguna sehingga tindakan penanganan dapat dilakukan dengan lebih cepat ketika terjadi penurunan kualitas udara (Abdullah et al., 2021; Paramartha et al., 2021).

Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem pendeteksi asap rokok berbasis sensor gas dan IoT. Ramady et al. (2020) mengembangkan sistem pendeteksi dan pembuangan asap rokok otomatis berbasis mikrokontroler. Rombang et al. (2022) merancang prototipe pendeteksi asap menggunakan sensor MQ-2 dan MQ-135 yang dipadukan dengan air purifier. Hernawati et al. (2024) mengembangkan sistem monitoring, penyaringan, dan pembuangan asap rokok berbasis NodeMCU ESP32. Selain itu, Margana & Pauzan (2024) serta Aminullah et al. (2024) menerapkan teknologi IoT sehingga kondisi kualitas udara dapat dipantau secara real-time. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih menggunakan sensor gas analog yang memerlukan proses kalibrasi relatif kompleks, dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, serta menghasilkan sinyal analog yang memerlukan proses konversi sebelum diolah oleh mikrokontroler.

Sebagai alternatif, penelitian ini mengimplementasikan sensor VOC digital yang memiliki komunikasi berbasis I²C sehingga proses akuisisi data menjadi lebih stabil dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler. Sensor ini juga memiliki konsumsi daya yang relatif rendah serta mampu mendeteksi perubahan konsentrasi VOC akibat keberadaan asap rokok sehingga berpotensi meningkatkan keandalan sistem monitoring kualitas udara (Hernawati et al., 2024; Maniani et al., 2025).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengimplementasikan sensor VOC digital pada sistem monitoring dan pengendalian asap rokok dalam ruangan berbasis Internet of Things. Sistem yang dikembangkan menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama, ESP8266 sebagai modul komunikasi IoT, sensor VOC digital sebagai pendeteksi kualitas udara, kipas DC sebagai aktuator pembuangan asap, serta Telegram Bot yang diakses melalui perangkat Android sebagai media monitoring real-time. Ketika konsentrasi VOC melebihi nilai ambang yang telah ditentukan, sistem secara otomatis mengaktifkan kipas pembuangan dan mengirimkan notifikasi kepada pengguna. Kontribusi penelitian ini terletak pada integrasi

sensor VOC digital dengan teknologi IoT untuk menghasilkan sistem yang mampu melakukan deteksi, monitoring, dan pengendalian asap rokok secara otomatis dan real-time.

2. KAJIAN TEORITIS

Kualitas Udara Dalam Ruangan dan *Volatile Organic Compounds* (VOC)

Kualitas udara dalam ruangan (Indoor Air Quality/IAQ) merupakan kondisi udara pada suatu ruang yang dipengaruhi oleh keberadaan polutan, ventilasi, aktivitas manusia, serta sumber emisi dari lingkungan sekitar. Kualitas udara yang buruk dapat memberikan dampak terhadap kesehatan karena sebagian besar aktivitas manusia dilakukan di dalam ruangan. Sumber pencemar udara dalam ruangan dapat berasal dari asap rokok, proses pembakaran, bahan bangunan, produk pembersih, dan aktivitas penghuni ruangan (Wolkoff, 2018),

Asap rokok merupakan salah satu sumber pencemar utama pada lingkungan dalam ruangan karena mengandung berbagai senyawa berbahaya, seperti karbon monoksida (CO), nikotin, partikulat halus, formaldehida, benzena, dan *Volatile Organic Compounds* (VOC). VOC merupakan kelompok senyawa organik yang mudah menguap pada temperatur ruang dan dapat digunakan sebagai salah satu parameter untuk menunjukkan perubahan kualitas udara akibat adanya sumber pencemar tertentu (Salthammer, 2020).

Paparan VOC dalam konsentrasi tertentu dan dalam waktu yang lama dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, seperti iritasi mata, gangguan saluran pernapasan, sakit kepala, serta meningkatkan risiko gangguan kesehatan kronis. Oleh karena itu, pemantauan konsentrasi VOC menjadi salah satu pendekatan penting dalam sistem monitoring kualitas udara karena mampu memberikan informasi perubahan kondisi lingkungan secara cepat (Mannan & Al-Ghamdi, 2021).

Perkembangan teknologi sensor memungkinkan proses pemantauan kualitas udara dilakukan secara otomatis menggunakan perangkat elektronik. Sistem monitoring berbasis sensor dapat melakukan pengukuran secara kontinu sehingga perubahan kondisi udara dapat diketahui secara real-time dan dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan tindakan pengendalian kualitas udara (Wang et al., 2023).

Sensor VOC Digital untuk Monitoring Kualitas Udara

Sensor VOC merupakan perangkat yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan senyawa organik volatil berdasarkan perubahan karakteristik material sensitif terhadap molekul gas. Perkembangan teknologi sensor telah menghasilkan sensor VOC digital yang mampu melakukan pengolahan sinyal internal sehingga menghasilkan keluaran data digital yang dapat langsung diproses oleh mikrokontroler (Dey, 2018).

Sebagian besar sensor VOC digital menggunakan teknologi Metal Oxide Semiconductor (MOS/MOX) dan Micro Electro Mechanical System (MEMS). Sensor berbasis MOS bekerja berdasarkan perubahan resistansi material semikonduktor akibat interaksi antara permukaan sensor dengan molekul gas target. Sementara itu, teknologi MEMS memungkinkan ukuran sensor menjadi lebih kecil, konsumsi daya lebih rendah, serta meningkatkan kemampuan integrasi pada perangkat elektronik modern (Korotcenkov, 2021).

Berbeda dengan sensor gas analog seperti MQ-2 dan MQ-135 yang membutuhkan rangkaian tambahan untuk proses pengolahan sinyal serta memiliki ketergantungan terhadap kondisi lingkungan, sensor VOC digital telah dilengkapi sistem pengolahan data sehingga menghasilkan pembacaan yang lebih stabil. Selain itu, komunikasi digital memungkinkan sensor lebih mudah diintegrasikan dengan sistem mikrokontroler dan *Internet of Things* (IoT) (Spinelle et al., 2017).

Salah satu protokol komunikasi yang banyak digunakan pada sensor VOC digital adalah Inter-Integrated Circuit (I²C). Komunikasi I²C menggunakan dua jalur utama, yaitu Serial Data (SDA) dan Serial Clock (SCL), sehingga memungkinkan pertukaran data antara sensor dan mikrokontroler dengan jumlah pin yang lebih sedikit. Penggunaan antarmuka digital tersebut mempermudah integrasi sensor VOC dengan sistem monitoring berbasis mikrokontroler dan *Internet of Things* (Taposhree Dutta et al., 2023).

Sensor VOC digital seperti SGP30, SGP40, CCS811, dan BME680 banyak diterapkan pada sistem monitoring kualitas udara karena mampu menyediakan informasi perubahan konsentrasi *Volatile Organic Compounds* (VOC) secara digital dengan konsumsi daya yang rendah dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler. Data hasil pembacaan sensor dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem monitoring maupun pengendalian kualitas udara secara otomatis (Arroyo et al., 202 C.E.; Hong et al., 2023).

***Internet of Things* (IoT) pada Sistem Monitoring Kualitas Udara**

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan perangkat fisik, seperti sensor dan mikrokontroler, saling terhubung melalui jaringan komunikasi untuk melakukan proses pengumpulan, pengiriman, dan pertukaran data secara otomatis. Arsitektur IoT secara umum terdiri dari perangkat akuisisi data (sensing layer), jaringan komunikasi (network layer), serta aplikasi pengguna (application layer) yang berfungsi untuk menampilkan informasi dan melakukan pengendalian terhadap perangkat yang terhubung (Gubbi et al., 2013).

Penerapan teknologi IoT pada sistem monitoring kualitas udara memungkinkan data hasil pengukuran sensor dikirimkan melalui jaringan internet sehingga kondisi lingkungan dapat

dipantau secara jarak jauh dan waktu nyata (real-time). Integrasi antara sensor, unit pemrosesan, dan platform monitoring memberikan kemampuan untuk melakukan pengawasan kualitas udara secara kontinu serta membantu pengguna dalam mengambil tindakan ketika terjadi peningkatan konsentrasi polutan (Al-Fuqaha et al., 2015).

ESP8266 merupakan salah satu modul komunikasi yang banyak digunakan pada sistem berbasis IoT karena memiliki kemampuan konektivitas Wi-Fi dengan ukuran yang kecil, konsumsi daya rendah, serta mudah diintegrasikan dengan berbagai mikrokontroler. Modul ini dapat digunakan sebagai media komunikasi untuk mengirimkan data hasil pembacaan sensor menuju aplikasi monitoring melalui jaringan internet (Babiuch et al., 2019).

Pada sistem monitoring kualitas udara, aplikasi berbasis Android dapat digunakan sebagai media antarmuka pengguna untuk menampilkan informasi hasil pengukuran sensor. Integrasi antara perangkat IoT dengan aplikasi komunikasi seperti Telegram Bot memungkinkan sistem mengirimkan data dan notifikasi secara otomatis ketika kondisi udara mengalami perubahan, sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan tanpa harus berada langsung di lokasi perangkat (Shah & Mishra, 2016).

Sistem Pengendalian Asap Rokok Otomatis

Sistem pengendalian otomatis merupakan sistem yang mampu melakukan tindakan berdasarkan informasi hasil pengukuran sensor tanpa membutuhkan intervensi langsung dari pengguna. Pada sistem pengendalian kualitas udara, sensor berfungsi sebagai perangkat masukan (input) untuk memperoleh kondisi lingkungan, mikrokontroler melakukan proses pengolahan dan pengambilan keputusan, sedangkan aktuator digunakan untuk melakukan tindakan pengendalian (output) berdasarkan kondisi yang telah ditentukan (Al-Fuqaha et al., 2015).

Salah satu metode pengendalian sederhana yang banyak digunakan pada sistem monitoring lingkungan adalah metode threshold control. Metode ini bekerja dengan membandingkan nilai pembacaan sensor terhadap nilai batas tertentu. Apabila nilai sensor melebihi batas yang telah ditentukan, sistem akan mengaktifkan aktuator untuk melakukan proses pengendalian kualitas udara secara otomatis (Wang et al., 2023).

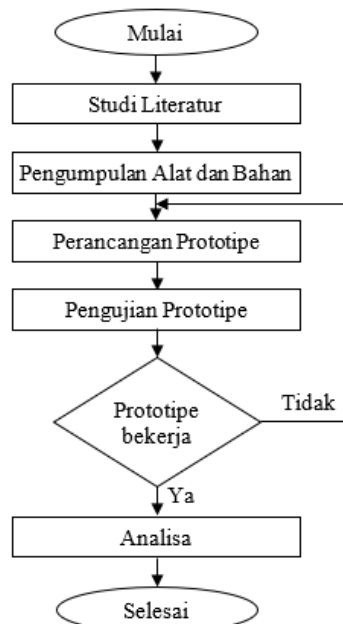
Pada sistem pengendalian asap rokok, aktuator yang umum digunakan adalah kipas DC atau exhaust fan yang berfungsi mengeluarkan udara tercemar dari dalam ruangan. Integrasi antara sensor kualitas udara, mikrokontroler, modul komunikasi IoT, dan aktuator memungkinkan sistem melakukan proses deteksi, pengambilan keputusan, serta pengendalian kualitas udara secara otomatis (Hernawati et al., 2024).

Berdasarkan konsep tersebut, implementasi sensor VOC digital pada sistem monitoring dan pengendalian asap rokok berbasis IoT dapat menjadi solusi untuk meningkatkan efektivitas pemantauan kualitas udara dalam ruangan. Sistem mampu mendeteksi perubahan konsentrasi VOC, memberikan informasi kepada pengguna melalui Android, serta melakukan tindakan pengendalian secara otomatis ketika kondisi udara mengalami penurunan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan pendekatan eksperimen kuantitatif. Metode R&D dipilih karena penelitian berfokus pada proses perancangan, pembuatan, dan pengujian produk teknologi berupa sistem pengendalian asap rokok dalam ruangan berbasis sensor VOC digital dengan monitoring Android. Tahapan penelitian meliputi perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, integrasi sistem, serta pengujian kinerja alat berdasarkan parameter yang telah ditentukan.

Pada penelitian ini dikembangkan sistem monitoring dan pengendalian kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mengintegrasikan sensor VOC digital, mikrokontroler, modul komunikasi, dan aplikasi Android. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan secara nirkabel menuju aplikasi Android sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan kondisi udara dan status kerja sistem secara real-time. Tahapan penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 1.



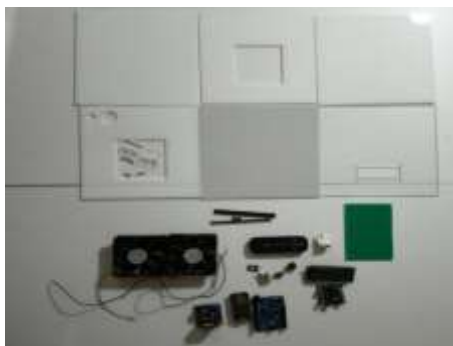
Gambar 1. Diagram alir penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Alat dan Bahan

Tahap pengumpulan alat dan bahan dilakukan untuk menyiapkan seluruh komponen yang diperlukan dalam pembuatan prototipe Sistem Pengendali Asap Rokok Dalam Ruangan Berbasis Sensor VOC Digital dengan Monitoring Android. Komponen yang digunakan terdiri dari perangkat pendukung perancangan dan perakitan, serta komponen utama sistem pengendalian asap rokok. Adapun alat yang digunakan meliputi laptop/komputer, solder, multimeter, obeng, tang potong, glue gun, bor mini, cutter, dan bread board. Sedangkan bahan atau komponen utama yang digunakan terdiri dari Arduino Uno sebagai pusat pengendali sistem, sensor VOC digital sebagai pendeteksi perubahan kualitas udara akibat asap rokok, ESP8266 sebagai modul komunikasi IoT, kipas DC sebagai aktuator pembuangan asap, buzzer sebagai indikator peringatan, LCD 16x2 sebagai media tampilan informasi, driver motor L298N, step down LM2596, kabel jumper, power supply 12VDC, karbon aktif sebagai media penyaring asap, serta akrilik sebagai bahan pembuatan prototipe.

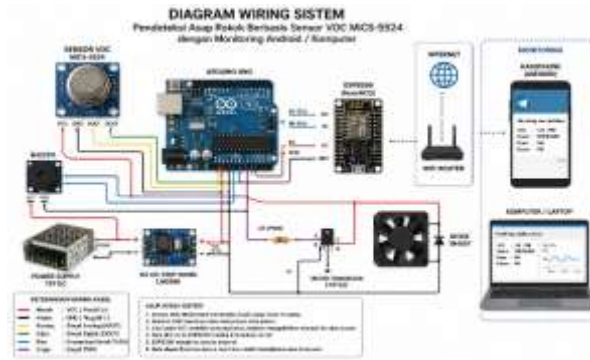
Seluruh komponen tersebut dipersiapkan dan dilakukan pengecekan awal untuk memastikan setiap perangkat dapat berfungsi dengan baik sebelum dilakukan proses perakitan dan integrasi sistem. Dokumentasi alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Alat dan bahan.

Perancangan Prototipe

Perancangan prototipe sistem dilakukan dengan mengintegrasikan seluruh komponen perangkat keras yang digunakan untuk membangun sistem monitoring dan pengendalian asap rokok dalam ruangan berbasis sensor VOC digital dan *Internet of Things* (IoT). Rangkaian sistem terdiri dari sensor VOC sebagai perangkat input, Arduino Uno sebagai pengendali utama, ESP8266 sebagai modul komunikasi IoT, serta perangkat output berupa kipas DC, buzzer, dan LCD sebagai media informasi lokal. Skema rangkaian prototipe ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema rangkaian prototipe .

Pada sistem ini, sensor VOC digunakan untuk mendeteksi perubahan kualitas udara akibat keberadaan asap rokok di dalam ruangan. Data hasil pembacaan sensor VOC dikirimkan menuju Arduino Uno melalui komunikasi digital untuk dilakukan proses pengolahan data. Arduino Uno berfungsi sebagai pusat kendali yang menentukan kondisi udara berdasarkan nilai pembacaan sensor, kemudian memberikan perintah kepada perangkat keluaran apabila nilai VOC telah melewati batas yang telah ditentukan.

Untuk proses pengendalian udara, Arduino Uno terhubung dengan driver motor L298N yang berfungsi sebagai pengendali aktuatur kipas DC. Ketika sistem mendeteksi peningkatan kadar VOC yang menunjukkan adanya pencemaran asap rokok, Arduino Uno akan mengaktifkan driver motor sehingga kipas DC bekerja untuk membuang udara tercemar dari dalam ruangan. Selain itu, buzzer digunakan sebagai indikator peringatan ketika kondisi udara berada pada tingkat yang tidak aman, sedangkan LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan informasi kondisi sistem secara langsung.

Sistem juga dilengkapi dengan modul ESP8266 yang berfungsi sebagai media komunikasi nirkabel berbasis Wi-Fi. Data hasil pembacaan sensor VOC dan status kerja aktuatur dikirimkan melalui jaringan internet menuju aplikasi Telegram pada perangkat Android. Dengan adanya komunikasi IoT tersebut, pengguna dapat melakukan pemantauan kondisi kualitas udara dan mengetahui status sistem secara real-time tanpa harus berada di lokasi prototipe.

Catu daya sistem menggunakan power supply 12 VDC yang kemudian diturunkan menggunakan modul step-down LM2596 untuk menyesuaikan kebutuhan tegangan masing-masing komponen elektronik. Arduino Uno, sensor VOC, ESP8266, LCD, buzzer, dan rangkaian pengendali lainnya dirancang agar dapat bekerja secara terintegrasi dalam satu sistem. Secara keseluruhan, rancangan prototipe ini memungkinkan proses deteksi, pengolahan data, pengendalian asap, dan monitoring jarak jauh dapat dilakukan secara otomatis.

Pengujian Prototipe

Pengujian prototipe dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem pengendali asap rokok dalam ruangan berbasis sensor VOC digital dan *Internet of Things* (IoT). Pengujian dilakukan terhadap beberapa bagian utama sistem, yaitu pengujian sensor VOC MiCS-5524 dalam mendeteksi asap rokok, respon sistem kendali kipas DC dan buzzer, komunikasi data menggunakan ESP8266 menuju Telegram Android, serta pengujian integrasi seluruh komponen sistem.

Pengujian dilakukan dengan memberikan paparan asap rokok pada sensor VOC di dalam ruang pengujian. Parameter yang diamati meliputi perubahan nilai VOC, respon aktuator, waktu pengiriman notifikasi, serta kemampuan sistem dalam melakukan monitoring kualitas udara secara real-time.



Gambar 4. Prototipe Sistem Pengendali Asap Rokok Berbasis IoT.

Pengujian Sensor VOC MiCS-5524

Pengujian sensor VOC MiCS-5524 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi perubahan kualitas udara akibat adanya paparan asap dan senyawa volatil. Pengujian dilakukan pada ruang simulasi dengan memberikan beberapa kondisi paparan, yaitu udara normal, asap rokok, asap vape, dan gas korek. Parameter yang diamati meliputi perubahan nilai VOC yang terbaca oleh sensor serta respon sistem terhadap peningkatan konsentrasi polutan udara.

Proses pengujian dilakukan dengan memberikan paparan secara bertahap pada area sekitar sensor, kemudian nilai pembacaan VOC diamati melalui sistem mikrokontroler. Data hasil pembacaan digunakan sebagai parameter masukan untuk menentukan kondisi kualitas udara dan mengaktifkan sistem pengendalian apabila nilai VOC melewati batas yang telah ditentukan.



Gambar 5. Pengujian Sensor VOC MiCS-5524 terhadap Paparan Asap.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor VOC MiCS-5524 terhadap Berbagai Paparan.

No	Jenis Paparan	Gas Terdeteksi	Kondisi Paparan	Nilai VOC (ppm)	Status Sensor
1	Udara normal	CO, NO ₂	Normal	0	OFF
2	Asap rokok	Etanol (C ₂ H ₅ OH)	Asap tipis	177,6	OFF
3	Asap rokok	Hidrogen (H ₂)	Asap meningkat	285,6	ON
4	Asap rokok	Amonia (NH ₃)	Asap pekat	396,1	ON
5	Asap rokok	Metana (CH ₄)	Asap sangat pekat	1036,9	ON
6	Asap vape	Karbon monoksida (CO)	Asap pekat	972,9	ON
7	Asap vape	Hidrogen (H ₂)	Asap pekat	996,4	ON
8	Asap vape	Etanol (C ₂ H ₅ OH)	Asap meningkat	497,6	ON
9	Gas korek	Metana (CH ₄)	Asap sangat tipis	78,3	OFF
10	Gas korek	Etanol (C ₂ H ₅ OH)	Asap tipis	126,5	OFF

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, sensor VOC MiCS-5524 mampu memberikan respon terhadap perubahan kualitas udara akibat adanya paparan asap. Pada kondisi udara normal, nilai VOC yang terbaca sebesar 0 ppm sehingga sistem berada pada kondisi tidak aktif. Ketika diberikan paparan asap rokok, nilai VOC mengalami peningkatan mulai dari 177,6 ppm pada kondisi asap tipis hingga mencapai 1036,9 ppm pada kondisi asap sangat pekat.

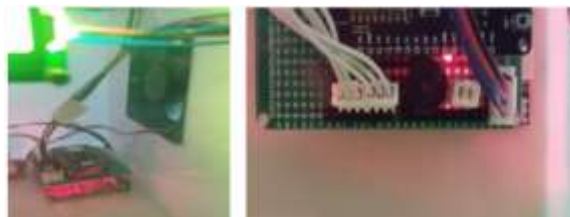
Pengujian terhadap asap vape juga menunjukkan adanya peningkatan nilai VOC dengan nilai maksimum mencapai 996,4 ppm. Hal tersebut menunjukkan bahwa sensor mampu merespons keberadaan senyawa volatil yang berasal dari asap. Sementara itu, pengujian menggunakan gas korek menghasilkan nilai VOC yang lebih rendah dibandingkan asap rokok dan vape, yaitu pada rentang 78,3–126,5 ppm, sehingga sistem belum memberikan aktivasi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor VOC MiCS-5524 dapat digunakan sebagai parameter pendeteksi perubahan kualitas udara pada sistem pengendali asap rokok. Peningkatan nilai VOC yang terbaca sensor selanjutnya digunakan oleh mikrokontroler Arduino Uno sebagai dasar pengambilan keputusan untuk mengaktifkan aktuator berupa kipas DC dan buzzer sesuai dengan kondisi udara yang terdeteksi.

Pengujian Sistem Kendali Kipas dan Alarm

Pengujian sistem kendali dilakukan untuk mengevaluasi respon kipas DC dan buzzer terhadap perubahan nilai VOC yang dideteksi oleh sensor MiCS-5524. Pada sistem yang dirancang, kipas DC berfungsi sebagai aktuator untuk meningkatkan sirkulasi udara, sedangkan buzzer digunakan sebagai indikator peringatan ketika kualitas udara berada pada kondisi yang telah ditentukan.

Pengujian dilakukan dengan memberikan paparan asap rokok secara bertahap di sekitar sensor VOC, kemudian mengamati respon sistem terhadap perubahan nilai VOC yang terbaca. Arduino Uno mengolah data hasil pembacaan sensor untuk mengendalikan driver L298N sehingga putaran kipas dapat menyesuaikan kondisi kualitas udara. Selain itu, buzzer akan aktif secara otomatis ketika nilai VOC melebihi nilai ambang yang telah ditentukan.



Gambar 6. Pengujian Sistem Kendali Kipas DC dan Buzzer.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor VOC MiCS-5524 terhadap Berbagai Paparan.

No	Parameter Pengujian	Hasil
1	Respon kipas terhadap peningkatan nilai VOC	Berfungsi dengan baik
2	Pengendalian putaran kipas melalui driver L298N	Berhasil
3	Aktivasi buzzer saat nilai VOC melewati ambang	Berhasil
4	Respon sistem terhadap perubahan kualitas udara	Sesuai rancangan

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, sistem kendali mampu bekerja sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Kipas DC memberikan respon secara otomatis terhadap peningkatan nilai VOC yang dideteksi oleh sensor, sehingga proses sirkulasi udara dapat berlangsung tanpa intervensi pengguna. Driver L298N juga mampu mengendalikan putaran kipas dengan baik berdasarkan sinyal kendali yang diberikan oleh Arduino Uno.

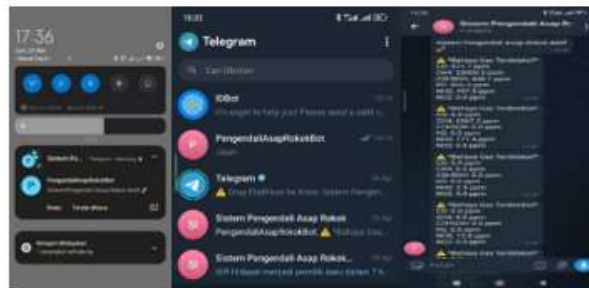
Selain itu, buzzer berhasil memberikan peringatan ketika nilai VOC melebihi batas yang telah ditentukan, sehingga pengguna dapat mengetahui adanya penurunan kualitas udara secara cepat. Integrasi antara sensor VOC, Arduino Uno, driver L298N, kipas DC, dan buzzer menunjukkan bahwa sistem kendali mampu beroperasi secara otomatis serta mendukung proses pengendalian asap rokok dalam ruangan.

Pengujian Monitoring IoT Berbasis Android

Pengujian monitoring IoT dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan modul ESP8266 dalam mengirimkan data hasil pembacaan sensor VOC ke aplikasi Telegram pada perangkat Android. Pengujian meliputi koneksi ESP8266 ke jaringan Wi-Fi, pengiriman data sensor

secara real-time, serta penerimaan notifikasi pada aplikasi Telegram ketika terjadi perubahan kondisi kualitas udara.

Pada pengujian ini, Arduino Uno mengirimkan data hasil pembacaan sensor VOC ke ESP8266 melalui komunikasi serial. Selanjutnya, ESP8266 meneruskan data tersebut melalui jaringan internet menuju Telegram Bot sehingga informasi mengenai kondisi kualitas udara dapat diterima oleh pengguna secara real-time.



Gambar 7. Tampilan Monitoring Sistem melalui Telegram Android.

Tabel 3. Hasil Pengujian Monitoring Telegram Android.

No	Kondisi Sistem	Nilai VOC (ppm)	Status Telegram	Notifikasi
1	Udara normal	80	Terkirim	Aman
2	Asap mulai terdeteksi	130	Terkirim	Waspada
3	Asap sedang	260	Terkirim	Kipas ON
4	Asap pekat	380	Terkirim	Bahaya

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3, ESP8266 berhasil mengirimkan data hasil pembacaan sensor VOC ke Telegram Android pada seluruh kondisi pengujian. Informasi yang diterima pengguna meliputi nilai VOC, status kualitas udara, kondisi kipas, dan notifikasi peringatan sesuai dengan kondisi yang terdeteksi oleh sistem.

Selain itu, notifikasi diterima beberapa detik setelah sensor mendeteksi perubahan kualitas udara, sehingga pengguna dapat memantau kondisi ruangan secara real-time tanpa harus berada di lokasi alat. Hasil ini menunjukkan bahwa komunikasi antara Arduino Uno, ESP8266, dan Telegram Bot berjalan dengan baik serta mendukung implementasi sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT).

Pengujian Integrasi Sistem

Pengujian integrasi sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak dapat bekerja secara terpadu sesuai dengan rancangan sistem. Komponen yang diuji meliputi sensor VOC MiCS-5524, Arduino Uno, ESP8266, LCD 16×2 I2C, driver L298N, kipas DC, buzzer, filter karbon aktif, serta aplikasi Telegram Android sebagai media monitoring.

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan seluruh komponen sesuai dengan diagram rangkaian, kemudian sistem dioperasikan secara keseluruhan. Paparan asap rokok diberikan

pada sensor VOC untuk mengamati respon setiap komponen mulai dari proses pembacaan sensor, pengolahan data oleh mikrokontroler, pengendalian aktuator, hingga pengiriman informasi ke Telegram Android.



Gambar 8. Pengujian Integrasi Sistem.

Tabel 4. Hasil Pengujian Integrasi Sistem.

No	Komponen	Hasil Pengujian	Status
1	Sensor VOC MiCS-5524	Mendeteksi perubahan kualitas udara	Berhasil
2	Arduino Uno	Mengolah data sensor dan mengendalikan sistem	Berhasil
3	ESP8266	Mengirimkan data monitoring ke Telegram	Berhasil
4	LCD 16×2 I2C	Menampilkan nilai VOC dan status sistem	Berhasil
5	Driver L298N dan Kipas DC	Mengendalikan sirkulasi udara secara otomatis	Berhasil
6	Buzzer	Memberikan alarm saat kualitas udara menurun	Berhasil
7	Filter karbon aktif	Mengurangi kadar asap dan bau rokok	Berhasil
8	Telegram Bot	Menampilkan monitoring dan notifikasi secara real-time	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, seluruh komponen sistem berhasil bekerja secara terintegrasi sesuai dengan fungsi masing-masing. Sensor VOC MiCS-5524 mampu mendeteksi perubahan kualitas udara dan mengirimkan data ke Arduino Uno untuk diproses sebagai dasar pengambilan keputusan sistem. Selanjutnya, Arduino Uno mengendalikan driver L298N untuk mengaktifkan kipas DC, mengoperasikan buzzer sebagai indikator peringatan, serta menampilkan informasi pada LCD 16×2 I2C.

Selain itu, ESP8266 berhasil mengirimkan data hasil pemantauan ke Telegram Bot sehingga pengguna dapat memonitor kondisi kualitas udara secara real-time melalui perangkat Android. Filter karbon aktif juga berfungsi mengurangi kadar asap dan bau rokok sehingga kualitas udara menjadi lebih baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak telah berjalan dengan baik, sehingga sistem mampu melakukan deteksi, pengendalian, dan monitoring kualitas udara secara otomatis.

Analisa

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pengendali asap rokok berbasis sensor VOC MiCS-5524 dan *Internet of Things* (IoT) mampu bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Sensor VOC dapat mendeteksi perubahan kualitas udara akibat paparan asap rokok yang

ditunjukkan dengan meningkatnya nilai VOC seiring bertambahnya konsentrasi asap. Nilai tersebut kemudian digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan oleh Arduino Uno untuk mengendalikan aktuator secara otomatis.

Pengujian sistem kendali memperlihatkan bahwa kipas DC dan buzzer memberikan respon sesuai kondisi kualitas udara yang terdeteksi. Ketika nilai VOC meningkat hingga melewati batas yang telah ditentukan, kipas bekerja untuk meningkatkan sirkulasi udara sedangkan buzzer memberikan peringatan kepada pengguna. Setelah udara melewati media filter karbon aktif, nilai VOC mengalami penurunan sehingga kualitas udara menjadi lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi sensor VOC, sistem kendali, dan filter karbon aktif mampu mendukung proses pemurnian udara di dalam ruangan.

Dari sisi komunikasi data, modul ESP8266 berhasil mengirimkan informasi hasil pembacaan sensor menuju aplikasi Telegram Android secara real-time. Berdasarkan hasil pengujian, rata-rata waktu pengiriman notifikasi sebesar 2,3 detik dengan keberhasilan pengiriman pada seluruh skenario pengujian. Informasi yang diterima pengguna meliputi nilai VOC, status kualitas udara, kondisi kipas, dan notifikasi sistem sehingga proses pemantauan dapat dilakukan dari jarak jauh.

Pengujian integrasi menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem, meliputi sensor VOC MiCS-5524, Arduino Uno, ESP8266, LCD 16×2 I2C, driver L298N, kipas DC, buzzer, filter karbon aktif, dan Telegram Bot dapat bekerja secara terpadu tanpa mengalami gangguan selama pengujian. Integrasi tersebut memungkinkan sistem melakukan proses deteksi, pengendalian, penyaringan udara, dan monitoring secara otomatis sehingga tujuan penelitian dapat tercapai.

Meskipun demikian, sistem masih memiliki beberapa keterbatasan. Sensor MiCS-5524 mendeteksi konsentrasi senyawa organik volatil secara umum sehingga belum dapat mengidentifikasi jenis gas secara spesifik. Selain itu, performa monitoring dipengaruhi oleh kualitas koneksi internet yang digunakan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem dengan sensor kualitas udara yang memiliki selektivitas lebih tinggi serta platform IoT yang mendukung penyimpanan data historis dan visualisasi data secara lebih komprehensif.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, prototipe sistem pengendali asap rokok dalam ruangan berbasis sensor VOC MiCS-5524 dan *Internet of Things* (IoT) berhasil bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Sensor VOC mampu mendeteksi perubahan kualitas udara akibat paparan asap rokok, sedangkan Arduino Uno mengendalikan kipas DC dan buzzer secara otomatis berdasarkan nilai VOC yang terdeteksi. Selain itu, ESP8266 berhasil mengirimkan data monitoring ke Telegram Android secara real-time sehingga pengguna dapat memantau kondisi kualitas udara dari jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem dapat bekerja secara terintegrasi sesuai dengan rancangan.

Saran

Penelitian selanjutnya dapat menggunakan sensor kualitas udara dengan akurasi yang lebih tinggi serta mengembangkan sistem monitoring berbasis IoT yang mendukung penyimpanan data historis dan visualisasi hasil pengukuran. Selain itu, pengujian pada berbagai kondisi lingkungan perlu dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem secara lebih komprehensif.

DAFTAR REFERENSI

- Abdullah, A., Cholish, C., & Haq, M. Z. (2021). Pemanfaatan IoT (Internet of Things) Dalam Monitoring Kadar Kepekatan Asap dan Kendali Camera Tracking. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 5(1), 86–92. <https://doi.org/10.22373/crc.v5i1.8497>
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376. <https://doi.org/0.1109/COMST.2015.2444095>
- Aminullah, M. W., Fitria, D., Akbar, I., & Denata, R. (2024). Development of an IoT-Integrated Cigarette Smoke Detection System Using MiCS-5524 Sensor. *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, 4(1), 40–45. <https://doi.org/10.53893/ijrvocas.v4i1.243>
- Arroyo, P., Meléndez, F., Suárez, J. I., Herrero, J. L., Rodríguez, S., & Lozano, J. (202 C.E.). Electronic Nose with Digital Gas Sensors Connected via Bluetooth to a Smartphone for Air Quality Measurements. *Sensors*, 20(3), 786. <https://doi.org/10.3390/s20030786>
- Babiuch, M., Foltýnek, P., & Smutný, P. (2019). Using the ESP32 Microcontroller for Data Processing. *20th International Carpathian Control Conference (ICCC) IEEE*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CarpathianCC.2019.8765944>
- Bahri, B., Raharjo, M., & Suhartono, S. (2021). Dampak Polusi Udara Dalam Ruangan Pada Kejadian Kasus Pneumonia: Sebuah Review. *Link*, 17(2), 99–104. <https://doi.org/10.31983/link.v17i2.6833>

- Dey, A. (2018). Semiconductor metal oxide gas sensors: A review. *Materials Science and Engineering: B*, 229, 206–217. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2017.12.036>
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Hernawati, H., Sayuti, S., & Iswanto, I. (2024). Prototipe Sistem Monitoring, Penyaringan dan Pembuangan Asap Rokok Otomatis dalam Ruangan Berbasis NodeMCU ESP-32. *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, 6(1), 436–447. <https://doi.org/10.47065/josyc.v6i1.6207>
- Hong, G.-H., Le, T.-C., Lin, G.-Y., Cheng, H.-W., Yu, J.-Y., Dejchanchaiwong, R., Tekasakul, P., & Tsai, C.-J. (2023). Long-term field calibration of low-cost metal oxide VOC sensor: Meteorological and interference gas effects. *Atmospheric Environment*, 310, 119955. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.119955>
- Korotcenkov, G. (2021). Electrospun Metal Oxide Nanofibers and Their Conductometric Gas Sensor Application. Part 2: Gas Sensors and Their Advantages and Limitations. *Nanomaterials*, 11(6), 1555. <https://doi.org/10.3390/nano11061555>
- Maniani, B., Sujiwa, A., Wardhani, P. C., Hasan, N., & Timur, F. (2025). Comparative Analysis of CCS811 Sensor Usage in Wearable Studies for Cigarette Smoke Detection: Literature Review. *Faraday: Journal of Fundamental Physics, Research, and Applied Science*, 1(2), 73–83. <https://doi.org/10.33005/faraday.v1i2.16>
- Mannan, M., & Al-Ghamdi, S. G. (2021). Indoor Air Quality in Buildings: A Comprehensive Review on the Factors Influencing Air Pollution in Residential and Commercial Structure. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 3276. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063276>
- Margana, F. K., & Pauzan, M. (2024). PENGEMBANGAN ALAT PENDETEKSI ASAP PADA KAMAR HOTEL BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DI INDRAMAYU. *Elektrika*, 16(1), 62–68. <https://doi.org/10.26623/elektrika.v16i1.8374>
- Paramartha, I. G. N. D., Kurniawan, I. N. H., Subiksa, G. B., & Kartika, A. S. (2021). Arsitektur *Internet of Things (IoT)* Berskala Industri dengan fitur Over The Air Update. *TIERs Information Technology Journal*, 2(2), 31–36. <https://doi.org/10.38043/tiers.v2i2.3311>
- Ramady, G. D., Yusuf, H., Hidayat, R., Mahardika, A. G., & Lestari, N. S. (2020). Rancang Bangun Model Simulasi Sistem Pendeteksi Dan Pembuangan Asap Rokok Otomatis Berbasis Arduino. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, 6(2), 212–218. <https://doi.org/10.31294/jtk.v6i2.8683>
- Rombang, I. A., Setyawan, L. B., & Dewantoro, G. (2022). Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor MQ-135 dan MQ-2. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 2(1), 131–144. <https://doi.org/10.31358/techne.v2i1.312>
- Salthammer, T. (2020). Emerging indoor pollutants. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 224, 113423. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.113423>
- Shah, J., & Mishra, B. (2016). Customized IoT Enabled Wireless Sensing and Monitoring Platform for Smart Buildings. *Procedia Technology*, 23, 256-263. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.03.025>

- Spinelle, L., Gerboles, M., Kok, G., Persijn, S., & Sauerwald, T. (2017). Review of Portable and Low-Cost Sensors for the Ambient Air Monitoring of Benzene and Other Volatile Organic Compounds. *Sensors*, 17(7), 1520. <https://doi.org/10.3390/s17071520>
- Taposhree Dutta, Noushin, T., Tabassum, S., & Mishra, S. K. (2023). Road Map of Semiconductor Metal-Oxide-Based Sensors: A Review. *Sensors*, 23(15), 6849. <https://doi.org/10.3390/s23156849>
- Wang, J., Du, W., Lei, Y., Chen, Y., Wang, Z., Mao, K., Tao, S., & Pan, B. (2023). Quantifying the dynamic characteristics of indoor air pollution using real-time sensors: Current status and future implication. *Environment International*, 175, 107934. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107934>
- Wolkoff, P. (2018). Indoor air humidity, air quality, and health - An overview. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 221(3), 376–390. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.01.015>