

# PENGEMBANGAN ALAT PENDETEKSI ASAP PADA KAMAR HOTEL BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DI INDRAMAYU

Ferry Kurniawan Margana<sup>1)</sup>, dan Muh. Pauzan<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Jurusan Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Wiralodra,  
Indramayu, Karanganyar, Jawa Barat 5213  
e-mail: ferrymargana<sup>1)</sup>, muhpauzan.ft@unwir.ac.id<sup>2)</sup>

## ABSTRACT

*The development of IoT-based smoke detectors using NodeMcu ESP8266 and smoke sensors has achieved satisfactory results. This tool has succeeded in providing an effective solution as a responsive early detection of fire. The implementation of remote monitoring through the website allows access to smoke detection information from far-flung locations, providing flexibility and affordability in security surveillance. NodeMcu ESP8266 as an IoT platform proved to be the right choice, bringing the ease of connectivity of tools with the internet. The device's quick response to the presence of smoke at various sensor distances confirms its reliability in detecting potential fires. The success of this research highlights the great potential of IoT technology in improving the level of security, especially in detecting fire threats efficiently. With tested and responsive tools, further implementation and development of functionality can be explored. Overall, the development of smoke detectors promises to make a positive contribution to the understanding and application of IoT technology in the context of public security and safety.*

*Keywords: IoT-Based Smoke Detectors, NodeMcu ESP8266, Remote Monitoring, Fire Early Warning Systems, Sensor Technology.*

## ABSTRAK

*Pengembangan alat pendeteksi asap berbasis IoT menggunakan NodeMcu ESP8266 dan sensor asap telah mencapai hasil yang memuaskan. Alat ini berhasil memberikan solusi efektif sebagai pendeteksi dini kebakaran yang responsif. Implementasi monitoring jarak jauh melalui website memungkinkan akses informasi deteksi asap dari lokasi yang berjauhan, memberikan fleksibilitas dan keterjangkauan dalam pengawasan keamanan. NodeMcu ESP8266 sebagai platform IoT terbukti menjadi pilihan yang tepat, menghadirkan kemudahan konektivitas alat dengan internet. Respons cepat alat terhadap keberadaan asap pada berbagai jarak sensor menegaskan kehandalannya dalam mendeteksi potensi kebakaran. Kesuksesan penelitian ini menyoroti potensi besar teknologi IoT dalam meningkatkan tingkat keamanan, khususnya dalam mendeteksi ancaman kebakaran secara efisien. Dengan alat yang tenji dan responsif, implementasi lebih lanjut dan pengembangan fungsionalitas dapat dieksplorasi. Secara keseluruhan, pengembangan alat pendeteksi asap ini menjanjikan kontribusi positif terhadap pemahaman dan penerapan teknologi IoT dalam konteks keamanan dan keselamatan masyarakat.*

*Kata Kunci: Detektor Asap Berbasis IoT, NodeMcu ESP8266, Monitoring Jarak Jauh, Sistem Peringatan Dini Kebakaran, Teknologi Sensor*

## I. PENDAHULUAN

PENGEMBANGAN teknologi telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai sektor kehidupan [1], termasuk industri perhotelan. Seiring dengan perkembangan tersebut, muncul ide untuk merancang dan membangun alat pendeteksi asap. Kamar hotel merupakan salah satu tempat yang rentan terhadap terjadinya kebakaran. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, seperti banyaknya bahan yang mudah terbakar, arus listrik yang tidak stabil, dan aktivitas manusia yang tidak bertanggung jawab. Kebakaran di kamar hotel dapat menimbulkan kerugian yang besar, baik dari segi materi maupun korban jiwa.

Indramayu, sebuah kota yang terletak di Provinsi Jawa Barat, seringkali menghadapi tantangan terkait kebakaran dan masalah polusi udara. Oleh karena itu, hadirnya alat pendeteksi asap ini diharapkan dapat memberikan perlindungan tambahan terhadap para tamu hotel dan menjaga keamanan mereka.

Pada dasarnya, alat ini dirancang untuk memberikan respons cepat terhadap adanya asap yang mungkin timbul akibat kebakaran atau masalah lainnya. Melalui

pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT). IoT telah menjadi pendorong utama revolusi digital, membawa perubahan mendalam dalam cara kita berinteraksi dengan teknologi sehari-hari. Dengan konsep keterhubungan perangkat, IoT memungkinkan pertukaran data yang mulus dan otomatis antara objek yang terhubung, memperluas fungsionalitas dan efisiensi sistem secara keseluruhan. Dari rumah pintar yang dapat diatur melalui perangkat seluler hingga kota pintar yang mengoptimalkan pengelolaan sumber daya, dampak IoT meluas ke berbagai sektor kehidupan. Penggunaan sensor, perangkat pintar, dan konektivitas yang terus berkembang memberikan peluang baru untuk inovasi di bidang kesehatan, manufaktur, transportasi, dan banyak lagi [2]. Namun, seiring dengan potensi positifnya, tantangan keamanan dan privasi juga muncul, mendorong perlunya pendekatan yang bijaksana dalam mengadopsi dan mengelola teknologi ini. Dengan terus berkembangnya IoT, kita menyaksikan evolusi cara dunia terhubung dan berinteraksi dengan lingkungannya, membentuk landscape digital masa depan yang semakin terintegrasi [3, 4]

alat ini dapat terhubung secara langsung ke jaringan internet, memungkinkan pengelola hotel atau petugas keamanan untuk menerima pemberitahuan secara real-time melalui perangkat seluler atau komputer mereka. Salah satu keunggulan utama dari alat ini adalah kemampuannya untuk memonitor kondisi udara di dalam kamar hotel secara kontinu. Sensor-sensor yang tertanam dalam alat ini mampu mendeteksi konsentrasi asap yang melebihi batas aman. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan kemampuan untuk memicu sistem peringatan darurat, seperti pengaktifan alarm kebakaran dan notifikasi ke pihak berwenang setempat.

Penerapan alat pendeteksi asap berbasis IoT ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap standar keamanan dan kenyamanan di industri perhotelan Indramayu. Selain itu, langkah ini juga menciptakan peluang baru dalam pemanfaatan teknologi untuk meningkatkan kualitas hidup dan keselamatan masyarakat setempat.

## II. KAJIAN PUSTAKA

Internet of Things (IoT) adalah sebuah paradigma global yang menghubungkan objek fisik (perangkat, kendaraan, peralatan) dengan jaringan internet melalui sensor, aktuator, dan software [5]. Melalui konektivitas ini, objek dapat mengumpulkan dan berbagi data, serta berinteraksi dan berkolaborasi satu sama lain untuk melakukan tindakan autonomi atau berbasis perintah [6].

Konsep dasar IoT dapat ditelusuri kembali ke tahun 1982 dengan kemunculan internet dan pengembangan sensor murah. Namun, istilah "Internet of Things" baru dipopulerkan pada tahun 1999 oleh Kevin Ashton, seorang konsultan di MIT. Sejak saat itu, teknologi dan infrastruktur yang mendukung IoT berkembang pesat, ditandai dengan [7, 8], (a) Jaringan nirkabel: Standarisasi teknologi komunikasi nirkabel seperti Wi-Fi, Bluetooth, dan LTE-M mendorong konektivitas perangkat IoT yang masif, (b) Miniaturisasi perangkat: Kemajuan dalam miniaturisasi elektronik dan baterai memungkinkan pembuatan sensor dan perangkat IoT yang lebih kecil, murah, dan efisien, (c) Komputasi awan (cloud computing): Platform cloud computing menyediakan infrastruktur penyimpanan dan pemrosesan data yang skalabel untuk mendukung pengelolaan dan analitik data IoT, (d) Kecerdasan buatan (AI): Pemanfaatan AI dan pembelajaran mesin memungkinkan pengolahan data IoT yang lebih cerdas dan pengambilan keputusan otomatis oleh perangkat IoT.

Dampak IoT diprediksi akan signifikan terhadap ekonomi, sosial, dan lingkungan. Beberapa di antaranya adalah [9, 10], (a) Peningkatan produktivitas dan efisiensi: IoT dapat mengoptimalkan proses dan mengurangi biaya operasional di berbagai sektor, (b) Peningkatan kualitas hidup: Aplikasi IoT dapat meningkat-

kan kenyamanan, keamanan, dan kesehatan masyarakat, (c) Pengembangan model bisnis baru: IoT menciptakan peluang bisnis baru di bidang layanan, perangkat, dan infrastruktur, (d) tantangan etis dan privasi: Konektivitas dan pengumpulan data besar yang melekat pada IoT menimbulkan tantangan terkait keamanan, privasi, dan kontrol data.

Internet of Things (IoT) adalah paradigma teknologi yang menghubungkan perangkat fisik ke jaringan internet, memungkinkan pertukaran data dan kontrol yang lebih efisien. Seiring berkembangnya IoT, literatur ilmiah memberikan pemahaman mendalam tentang dampaknya di berbagai bidang. IoT memiliki potensi besar untuk mengoptimalkan proses bisnis dan meningkatkan efisiensi operasional dengan memungkinkan komunikasi antarperangkat secara real-time [11]. menyoroti peran sentral IoT dalam menciptakan lingkungan pintar, di mana sensor dan perangkat terhubung bekerja bersama untuk meningkatkan kualitas hidup [12]. Selain itu, literatur juga menyoroti tantangan keamanan yang terkait dengan adopsi IoT, pentingnya perlindungan data dan privasi dalam ekosistem IoT yang terus berkembang. Sementara itu [13] aplikasi IoT dalam sektor kesehatan, membahas potensi penggunaannya untuk pemantauan kesehatan jarak jauh dan manajemen penyakit kronis. Dengan demikian, literatur ini memberikan landasan teoritis dan pemahaman yang kokoh tentang evolusi, potensi, dan tantangan dalam penerapan IoT, memandu peneliti dan praktisi untuk mengambil langkah-langkah yang bijak dalam mengoptimalkan manfaat teknologi ini [14].

## III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan yaitu dengan metode eksperimental dimana alat langsung diuji coba setelah perancangan sistem. Dengan menggabungkan variabel-variabel yang dibuat dan menghasilkan suatu kesimpulan untuk alat yang dibuat [15, 16]. Sedangkan untuk menganalisa dan merancang sistem dalam mengumpulkan data yaitu: Studi literatur, merupakan pendekatan penelitian yang dilakukan dengan mencari referensi atas landasan teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Analisis dan perancangan sistem, penjelasan mengenai analisis kebutuhan dan perancangan sistem. Analisis kebutuhan merupakan proses yang dilakukan sebelum penelitian ini tentang pemanfaatan IoT sebagai sistem deteksi asap menggunakan sensor MQ-2. Kebutuhan dalam pengerjaan sistem meliputi kebutuhan perangkat lunak maupun perangkat keras

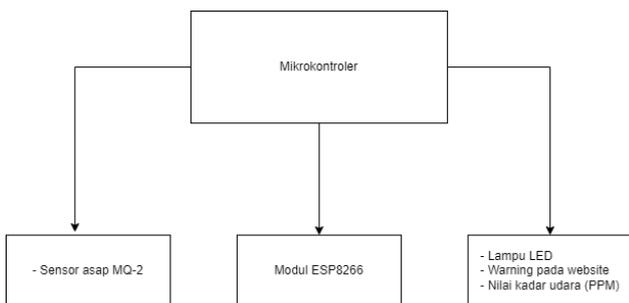
### A. Perancangan Perangkat Keras

Proses ini melibatkan perencanaan dan implementasi komponen fisik suatu sistem, termasuk perangkat keras elektronik dan mekanis. Dalam pengembangan alat pendeteksi asap berbasis IoT, perancangan perangkat keras mencakup pemilihan dan integrasi komponen

kunci seperti NodeMcu ESP8266, sensor asap, dan elemen-elemen pendukung lainnya. Komponen dan alat yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

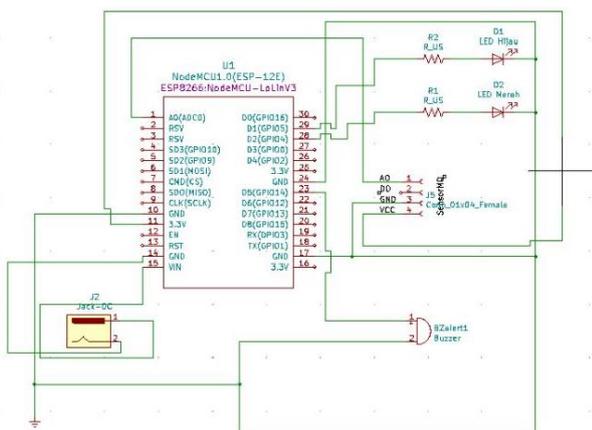
TABEL I  
KOMPONEN DAN ALAT

| No | Komponen        | Jumlah  |
|----|-----------------|---------|
| 1  | Nodemcu ESP8266 | 1 buah  |
| 2  | Sensor MQ-2     | 1 buah  |
| 3  | LED             | 2 buah  |
| 4  | Papan PCB       | 1 buah  |
| 5  | Jack DC         | 1 buah  |
| 6  | Resistor        | 2 buah  |
| 7  | Solder          | 1 buah  |
| 8  | Timah           | 2 Meter |
| 9  | Lem tembak      | 1 buah  |



Gambar 1. Komponen dan Alat

Dari blok diagram diatas sistem tersebut dapat dirangkai suatu sistem IoT sebagai pendeteksi kebakaran dini menggunakan sensor asap berbasis NodeMcu ESP8266. Untuk lebih jelasnya rangkaian sistem dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Skematik Alat

Pada gambar di atas rangkaian dapat dijelaskan dari pin perkomponen pada tabel di bawah ini:

TABEL II  
KONEKSI PIN SENSOR MQ2

| Pin pada ESP8266 | Koneksi MQ-2 |
|------------------|--------------|
| A0               | A0           |
| GND              | D0           |
| 3V               | GND          |

TABEL III  
KONEKSI PIN PADA KOMPONEN

| PIN pada ESP8266 | Koneksi Pada Komponen |
|------------------|-----------------------|
| D1               | LED Hijau             |
| D2               | LED Merah             |
| D5               | buzzer                |

### B. Perancangan Perangkat Lunak

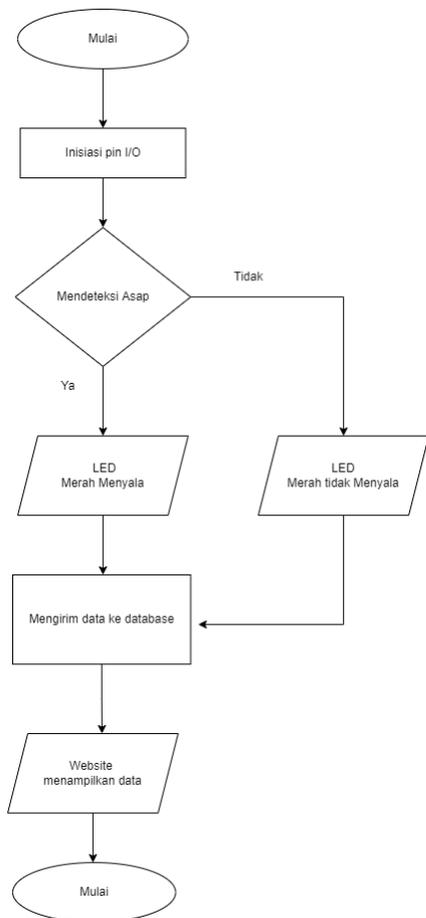
Metode pengembangan sistem yang penulis gunakan yaitu proses model Prototype. Proses model ini cocok dengan penelitian yang penulis buat karena dalam purwarupa ini proses masih bisa dievaluasi agar pengimplementasiannya bisa menjadi lebih baik. Dengan menggunakan model *prototype* ini pengembangan dan penggunaan dapat saling berinteraksi selama proses pembuatan alat.

Kelebihan dari proses ini adalah model ini cukup efektif sebagai paradigma dalam rekayasa perangkat lunak. Dalam model ini pembuat mendapatkan kebutuhan dan aturan yang jelas. Ketika diperlihatkan working version orang yang membutuhkan dapat merasakan seakan itu adalah sistem yang sebenarnya. Untuk kekurangan model ini adalah pelanggan yang melihat working version dari model ini tidak menyadari bahwa mungkin saja rancangan yang tidak tersusun baik dan Prototype dibuat terburu-buru, pengembang kadang-kadang membuat implementasi sembarang karena ini working version cepat selesai, kemudian karena pelanggan sudah melihat prototype-nya, pelanggan menjadi tidak sabar untuk melihat versi jadinya. Selain itu, untuk memodelkan sebuah perangkat lunak dibutuhkan beberapa tahapan di dalam proses pengembangannya. Tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut.



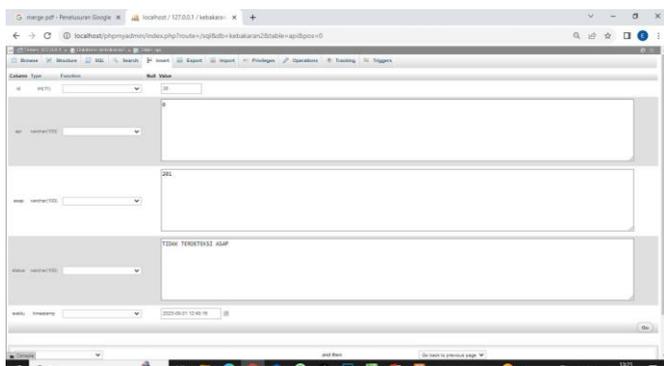
Gambar 3. Alur Pemodelan Prototype Perangkat Lunak

Pada gambar dijelaskan bahwa pada saat dimulai semua perangkat yang terhubung dengan NodeMcu ESP8266 akan aktif. Lalu sistem akan memproses inisiasi pin Input dan Output dan akan menentukan Decision, apakah ada asap yang terdeteksi (Ya) atau tidak ada asap yang terdeteksi (Tidak), jika Ya maka LED merah akan menyala, jika tidak LED merah tidak menyala. Lalu setelah itu sistem akan memproses mengirim data ke database dan menginput nilai untuk ditampilkan pada website monitoring. Berikut adalah *flowchart* sistem.

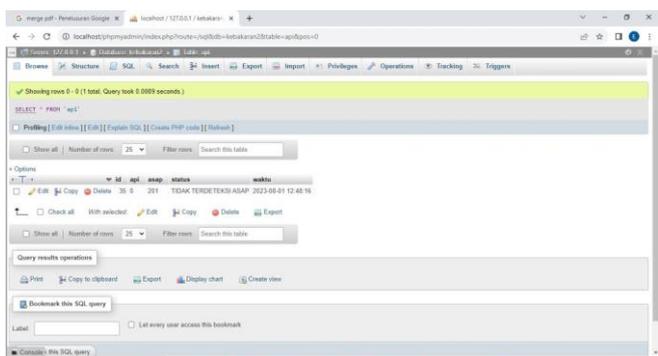


Gambar 4. Flowchart Sistem

Pada sistem yang dibuat terdapat database untuk mengupdate nilai PPM yang akan ditampilkan di website monitoring. Tabel-tabel database yang dibuat seperti pada gambar di bawah ini.

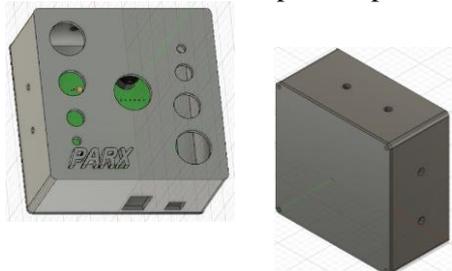


Gambar 5. Database Pengisian Record



Gambar 6 Database Field

Pada pembuatan alat ini, juga membuat casing alat. Casing alat penulis mendesain pada software fusion 360 dengan mengambil komponen dari PCB yang sudah dibuat sebelumnya. Penulis membuat casing produk ini guna untuk melindungi alat dari kerusakan serta percikan air, casing yang dibuat sesuai dengan kebutuhan alat kami dimana terdapat delapan lubang.



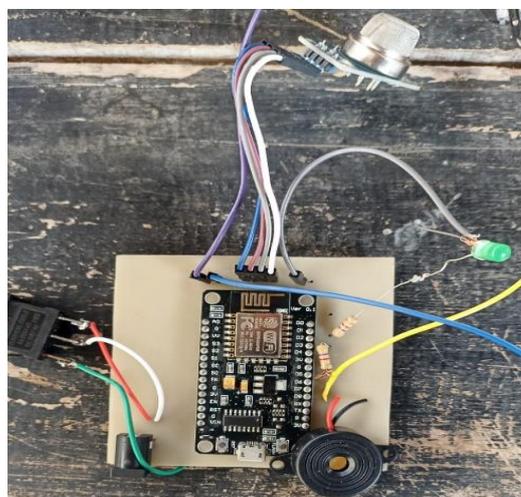
Gambar 7. Casing Alat Tampak Depan

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

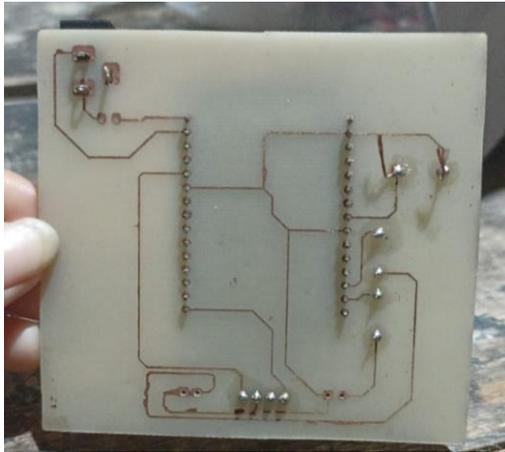
Setelah melakukan analisa dan perancangan, maka sistem dan alat siap diimplementasikan. Tahapan implementasi sistem merupakan suatu tindakan atau pelaksanaan dari sebuah rencana yang sudah disusun secara matang dan terperinci. Kegiatan implementasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak meliputi. Pada sub bagian ini akan menjelaskan tentang tahapan implementasi alat pendeteksi asap berbasis IoT.

##### A. Implementasi Perangkat Keras

Tahapan pertama dalam implementasi perangkat keras dimana penulis menyambungkan semua komponen perangkat keras dengan solder pada pcb yang sudah dicetak dengan jalur yang sudah tercetak pada papan pcb pada gambar di bawah ini. Setelah semua komponen sudah terpasang pada papan pcb, penulis memasukkan semua komponen tersebut pada casing alat yang sudah dibuat.



Gambar 8. Implementasi Perangkat Keras



Gambar 9. Implementasi Perangkat Keras Jalur Pada Papan PCB



Gambar 10. Implementasi Perangkat Keras Alat Setelah Dipasangkan Casing

### B. Implementasi Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui efektivitas sistem yang dibuat. Hasil uji alat dilihat pada tabel di atas. Tabel di atas menunjukkan bahwa sensor asap bekerja saat mendeteksi keberadaan asap pada jarak 1 cm sampai 2 cm dengan selang waktu respon 3 detik dan 2 detik. Sensor asap akan mengirimkan notifikasi pada website monitoring saat asap terdeteksi.

Pengujian dilakukan juga dengan memberikan sumber asap pada jarak tertentu dengan sensor dan menghasilkan nilai yang lalu ditampilkan website monitoring. Nilai PPM yang tertera pada website monitoring mengacu pada gambar yang bersumber dari Indeks standar pencemaran udara (ISPU) Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) Nomor KEP-107/Kabapedal/11/1997 di bawah ini, dimana kadar udara yang tidak sehat adalah sebagai berikut.

| ISPU      | Pencemaran Udara Level | Dampak kesehatan   |
|-----------|------------------------|--|
| 0 - 50    | Baik                   | tidak memberikan dampak bagi kesehatan manusia atau hewan.   |
| 51 - 100  | Sedang                 | tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang peka.   |
| 101 - 199 | Tidak Sehat            | bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang peka atau dapat menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.                    |
| 200 - 299 | Sangat Tidak Sehat     | kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.   |
| 300 - 500 | Berbahaya              | kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi (misalnya iritasi mata, batuk, dahak dan sakit tenggorokan). |

Gambar 11. Indeks Standar Pencemaran Udara Sumber Bapeda

### C. Hasil Pengujian

Berikut adalah tabel hasil pengujian yang telah dilakukan.

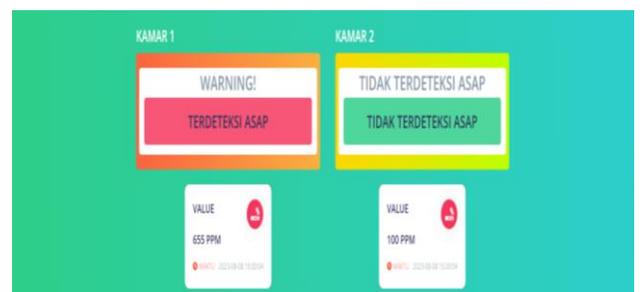
TABEL IV  
HASIL PENGUJIAN

| Jarak Sensor | Waktu Respon Sensor | Sensor Asap | Warning Pada Website | Waktu Respon Website |
|--------------|---------------------|-------------|----------------------|----------------------|
| 5 cm         | -                   | Off         | Tidak ada            | -                    |
| 4 cm         | -                   | Off         | Tidak ada            | -                    |
| 3 cm         | -                   | Off         | Tidak ada            | -                    |
| 2 cm         | 3 detik             | On          | Ada                  | 2 detik              |
| 1 cm         | 2 detik             | On          | Ada                  | 2 detik              |

Hasil eksperimen menunjukkan varian yang signifikan dalam respons sensor pada jarak yang berbeda. Saat sensor ditempatkan pada jarak 5 cm, 4 cm, dan 3 cm dari sumber potensi asap, sensor berada dalam mode nonresponsif atau off, dan tidak ada peringatan yang diberikan pada situs web terkait. Namun, ketika jarak diperpendek menjadi 2 cm dan 1 cm, sensor secara cepat merespons dengan waktu deteksi sekitar 3 detik pada jarak 2 cm dan 2 detik pada jarak 1 cm. Pada saat itu, sensor aktif dan memberikan peringatan pada situs web bahwa adanya asap telah terdeteksi. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin mendekatkan jarak sensor ke sumber potensi asap, waktu respons sensor semakin cepat, dengan kemampuan sensor untuk mendeteksi keberadaan asap dan memberikan peringatan secara efisien. Respons yang cepat ini merupakan elemen kunci dalam memastikan keberhasilan sistem, dan hal ini diperkuat oleh waktu respon yang singkat pada jarak yang lebih dekat. Berikut adalah gambar tampilan website ketika asap terdeteksi dan tidak terdeteksi.



Gambar 12. Tampilan dashboard website Ketika Tidak Ada Asap Terdeteksi



Gambar 13. Tampilan dashboard website Ketika Tidak Ada Asap Terdeteksi

Keberhasilan dalam pengembangan alat pendeteksi asap berbasis IoT menunjukkan potensi besar aplikasi teknologi ini dalam meningkatkan keamanan dan keselamatan. Penggunaan NodeMcu ESP8266 sebagai platform IoT memberikan keunggulan konektivitas, memfasilitasi integrasi alat dengan internet untuk pengawasan jarak jauh. Kombinasi dengan sensor asap efektif dalam mendeteksi keberadaan asap pada berbagai jarak sensor, membuktikan kehandalan alat sebagai pendeteksi dini kebakaran.

Fakta bahwa alat dapat dimonitor secara jarak jauh melalui website menunjukkan evolusi signifikan dalam manajemen keamanan. Ini memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memantau kondisi ruangan dan mendapatkan informasi deteksi asap tanpa harus berada di lokasi fisik. Pengujian yang dilakukan pada ruang tertutup menghasilkan data positif terkait kinerja alat, memvalidasi respons cepat dan akurat terhadap adanya asap.

Dengan kinerja yang teruji dan berhasil dalam pengujian, alat pendeteksi asap ini menjanjikan aplikasi yang luas dalam berbagai konteks, termasuk rumah, gedung perkantoran, atau lingkungan publik lainnya. Keberhasilan ini memberikan landasan yang kuat untuk mempertimbangkan implementasi lebih lanjut dan peningkatan fungsionalitas alat. Dengan demikian, kesimpulan dari penelitian ini menggambarkan potensi besar dalam memanfaatkan teknologi IoT untuk meningkatkan sistem keamanan, terutama dalam mendeteksi ancaman kebakaran secara dini dan efisien [17, 18].

## V. KESIMPULAN

Pengembangan alat pendeteksi asap berbasis IoT dengan menggunakan NodeMcu ESP8266 dan sensor asap telah memberikan hasil yang memuaskan. Alat ini mampu memberikan solusi efektif dalam mendeteksi potensi kebakaran dengan menjadi pendeteksi dini yang responsif. Keberhasilan implementasi monitoring jarak jauh melalui website memberikan keleluasaan untuk mengakses informasi deteksi asap dari lokasi yang berjauhan. Penggunaan NodeMcu ESP8266 sebagai platform IoT membuktikan dirinya sebagai pilihan yang tepat, mempermudah konektivitas alat dengan internet. Respons cepat alat terhadap keberadaan asap pada berbagai jarak sensor menegaskan kehandalan dalam mendeteksi potensi kebakaran.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Megawati, "Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia," *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, vol. 5, no. 1, hal. 19–26, Jun. 2021, doi: 10.26740/jieet.v5n1.p19-26.
- [2] A. Saidi, M. Hadj Kacem, I. Tounsi, dan A. Hadj Kacem, "A formal approach to specify and verify Internet of Things architecture," *Internet of Things*, vol. 24, hal. 100972, Des. 2023, doi: 10.1016/j.iot.2023.100972.
- [3] Q. Gao, Q. Wang, dan C. Wu, "Construction of enterprise digital service and operation platform based on Internet of things technology," *Journal of Innovation & Knowledge*, vol. 8, no. 4, hal. 100433, Okt. 2023, doi: 10.1016/j.jik.2023.100433.
- [4] N. Rezaee, S. M. Zanjirchi, N. Jalilian, dan S. M. H. Bamakan, "Internet of things empowering operations management; A systematic review based on bibliometric and content analysis," *Telematics and Informatics Reports*, vol. 11, hal. 100096, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.teler.2023.100096.
- [5] S. Hidayatulloh, "Internet of Things Bandung Smart City," *Jurnal Informatika*, vol. 3, no. 2, hal. 164–175, 2016.
- [6] D. M. Gumelar, M. Rivai, dan T. Tasripan, "Rancang Bangun Wireless Electronic Nose Berbasis Teknologi Internet of Things," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 2, Okt. 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i2.26039.
- [7] P. Nalajala, K. Gudikandhula, K. Shailaja, A. Tigadi, S. M. Rao, dan D. S. Vijayan, "Adopting internet of things for manufacturing firms business model development," *The Journal of High Technology Management Research*, vol. 34, no. 2, hal. 100456, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.hitech.2023.100456.
- [8] Z. Yin, Z. Li, dan H. Li, "Application of internet of things data processing based on machine learning in community sports detection," *Prev Med (Baltim)*, vol. 173, hal. 107603, Agu. 2023, doi: 10.1016/j.jpmed.2023.107603.
- [9] Y. Shvets dan T. Hanák, "Use of the Internet of Things in the Construction Industry and Facility Management: Usage Examples Overview," *Procedia Comput Sci*, vol. 219, hal. 1670–1677, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.01.460.
- [10] S. Soliman, W. Oudah, dan A. Aljuhani, "Deep learning-based intrusion detection approach for securing industrial Internet of Things," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 81, hal. 371–383, Okt. 2023, doi: 10.1016/j.aej.2023.09.023.
- [11] S. F. Ahmed dkk., "Industrial Internet of Things enabled technologies, challenges, and future directions," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 110, hal. 108847, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.compeleceng.2023.108847.
- [12] J. Heidary Dahooie, A. Mohammadian, A. R. Qorbani, dan T. Daim, "A portfolio selection of internet of things (IoTs) applications for the sustainable urban transportation: A novel hybrid multi criteria decision making approach," *Technol Soc*, vol. 75, hal. 102366, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.techsoc.2023.102366.
- [13] T. H. Moges, D. S. Lakew, N. P. Nguyen, N.-N. Dao, dan S. Cho, "Cellular Internet of Things: Use cases, technologies, and future work," *Internet of Things*, vol. 24, hal. 100910, Des. 2023, doi: 10.1016/j.iot.2023.100910.
- [14] M. Purnomo, E. Maulina, A. R. Wicaksono, dan M. Rizal, "Adopsi Teknologi Internet of Things pada Startup Industri F&B," *Techno.Com*, vol. 20, no. 3, hal. 342–351, Agu. 2021, doi: 10.33633/tc.v20i3.4824.

- [15] A. A. Payadnya, I. P. T. Jayantika, dan I. G. A. Nugraha, Payadnya, I. Putu Ade Adre, Panduan penelitian eksperimen beserta analisis statistik dengan SPSS, Cetakan Pe. CV Budi Utama, 2018.
- [16] S. Anam, H. Hashihin, A. Taufik, Mubarak, H. Sitompul, dan Y. M. manik, Metode Penelitian (Kualitatif, Kuantitatif, Eksperimen, dan R & B), Juli. Padang, Sumatera Barat: PT. Global Eksekutif Teknologi, 2023.
- [17] H. B. Santoso, S. Prajogo, dan S. P. Mursid, "Pengembangan Sistem Pemantauan Konsumsi Energi Rumah Tangga Berbasis Internet of Things (IoT)," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 6, no. 3, p. 357, Okt. 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i3.357.
- [18] A. S. Mustaqim, D. Kurnianto, dan F. T. Syifa, "Implementasi Teknologi Internet of Things Pada Sistem Pemantauan Kebocoran Gas LPG dan Kebakaran Menggunakan Database Pada Google Firebase," *Elektron : Jurnal Ilmiah*, vol. 12, no. 1, hal. 34–40, Mei 2020, doi: 10.30630/eji.12.1.161.