

Deteksi Kebakaran Dalam Ruangan Menggunakan Internet Of Things

Gunawan¹, Genrawan Hoendarto², Sandi Tendean³

Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Widya Dharma Pontianak

¹20421337_Gunawan@widyadharma.ac.id, ²genrawan@widyadharma.ac.id, ³sandi_t@widyadharma.ac.id

Abstract

This research aims to implement Internet of Things (IoT) technology to automatically detect fires indoors. The implementation of an IoT-based fire detection system aims to improve response to fire incidents by providing early warning. This system uses temperature sensors, smoke sensors and communication modules to detect parameters that indicate the potential for fire. Data obtained from sensors is sent in real-time via the IoT network to a monitoring and notification platform, which allows users to obtain information via mobile devices. Research methods involve hardware design, software development, and system testing in a simulation environment. Test results show that the system can detect potential fires quickly and send warnings quickly. The implementation of this technology makes a significant contribution in reducing the risk of fire and material loss, especially in environments that require close supervision. The conclusion shows that IoT technology offers an innovative and efficient solution to support modern technology-based fire detection systems.

Keywords: Internet of Things, Fire Detection, Warning

Abstrak (Bahasa Inggris)

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam mendeteksi kebakaran secara otomatis di dalam ruangan. Penerapan sistem deteksi kebakaran berbasis IoT bertujuan untuk meningkatkan respons terhadap insiden kebakaran dengan memberikan peringatan dini. Sistem ini menggunakan sensor suhu, sensor asap, dan modul komunikasi untuk mendeteksi parameter yang menunjukkan potensi kebakaran. Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan secara real-time melalui jaringan IoT ke platform monitoring dan notifikasi, yang memungkinkan pengguna mendapatkan informasi melalui perangkat seluler. Metode penelitian melibatkan perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, dan pengujian sistem di lingkungan simulasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi potensi kebakaran dengan cepat dan mengirimkan peringatan secara cepat. Implementasi teknologi ini memberikan kontribusi signifikan dalam mengurangi risiko kebakaran dan kerugian material, terutama di lingkungan yang memerlukan pengawasan ketat. Kesimpulan menunjukkan bahwa teknologi IoT menawarkan solusi inovatif dan efisien untuk mendukung sistem deteksi kebakaran berbasis teknologi modern.

Kata kunci: Internet of Things, Deteksi Kebakaran, Peringatan

1. PENDAHULUAN

konsep yang memperkenalkan revolusi besar dalam cara kita menghubungkan dan mengontrol perangkat. IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang terhubung secara terus-menerus^[1]. IoT memungkinkan objek fisik untuk terhubung dan bertukar data melalui internet, menciptakan peluang baru untuk meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan keamanan dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari. Salah satu aplikasi IoT yang sangat relevan adalah sistem deteksi kebakaran dalam sebuah ruangan.

Kebakaran merupakan bencana yang disebabkan oleh api, yang sering kali menimbulkan kerugian besar, baik materi maupun nyawa. Kebakaran seringkali terjadi akibat kelalaian manusia yang disebabkan karena beberapa faktor seperti kebocoran tabung gas *Liquid Petroleum Gas* (LPG) berukuran kecil ataupun besar, akibat puntung rokok yang dibuang sembarangan, dan hubungan pendek arus listrik yang menimbulkan api dan merambat ke bagian lainnya^[2]. Oleh karena itu, kemampuan mendeteksi api secara cepat dan efisien sangat penting untuk mencegah kecelakaan yang merugikan.

Dalam mengatasi tantangan ini, teknologi IoT menawarkan solusi potensial. Penggunaan teknologi IoT dalam sistem deteksi kebakaran dapat meningkatkan responsivitas dalam memberikan peringatan dini terhadap potensi bahaya kebakaran, sehingga mampu meminimalkan risiko dan kerugian. Dengan memanfaatkan sensor-sensor yang terhubung ke jaringan internet, pengguna dapat memantau kondisi ruangan secara *real-time* dan mendeteksi adanya potensi kebakaran, seperti percikan api atau kebocoran gas.

Arduino, sebagai platform pengembangan perangkat keras yang terjangkau dan fleksibel, menjadi pilihan ideal untuk membangun sistem deteksi kebakaran yang cerdas dan terhubung. Dengan dukungan modul NodeMCU ESP8266, sensor-sensor dapat diintegrasikan dengan mudah untuk mendeteksi perubahan yang mencurigakan. NodeMCU ESP8266 juga memungkinkan sistem terhubung ke internet untuk memberikan informasi langsung kepada pengguna melalui aplikasi yang dibuat. Alasan pemilihan NodeMCU ESP8266 adalah karena mudah diprogram, memiliki pin I/O yang memadai, serta mampu mengakses jaringan internet untuk mengirim atau mengambil data melalui koneksi WiFi^[3].

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem deteksi kebakaran berbasis IoT yang telah dibuat. Dalam penelitian sebelumnya, sistem deteksi kebakaran dikembangkan menggunakan sensor yang terhubung ke aplikasi

Telegram untuk memberikan notifikasi. Penelitian ini bertujuan meningkatkan sistem tersebut dengan menciptakan aplikasi Android di smartphone, yang mampu memberikan peringatan real-time langsung kepada pengguna. Dengan pendekatan ini, pengguna tidak hanya dapat memantau kondisi ruangan secara real-time, tetapi juga menerima informasi yang lebih responsif dan terintegrasi.

Sistem ini dirancang tidak hanya untuk mendeteksi potensi kebakaran tetapi juga untuk membantu pengguna mengambil langkah mitigasi, seperti memutuskan aliran listrik, memberikan peringatan dini, dan menginisiasi evakuasi darurat dengan cepat dan tepat. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam respons terhadap kebakaran, mengurangi risiko kerugian, dan meminimalkan dampak negatif, baik terhadap keselamatan pengguna maupun aset. Solusi ini menawarkan inovasi yang canggih dan praktis dalam meningkatkan keamanan di berbagai lingkungan, mulai dari rumah tangga, tempat usaha, hingga industri.

Melalui penelitian ini, diharapkan kontribusi terhadap pengembangan teknologi IoT dalam bidang keamanan dan keselamatan dapat terus ditingkatkan, serta memberikan solusi yang lebih baik dalam menghadapi ancaman kebakaran di berbagai skala lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

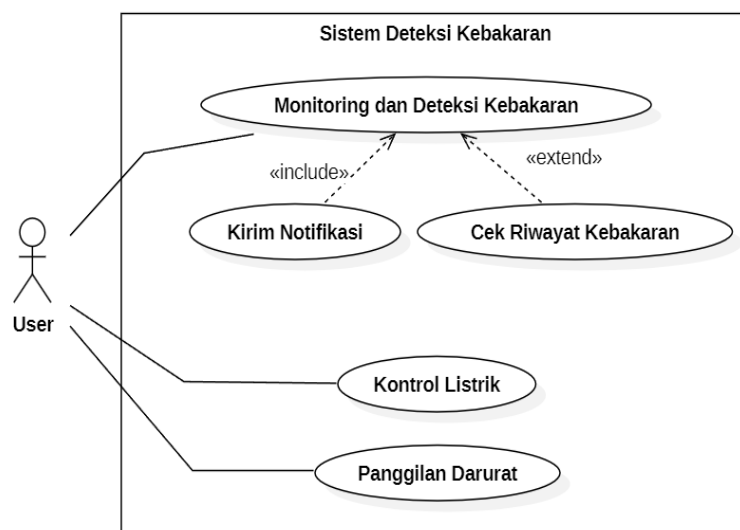
Dalam menyusun jurnal, penulis menggunakan rancangan penelitian deskriptif, dimana pada penelitian ini akan melibatkan analisis tentang bagaimana IoT dapat diterapkan dalam mendeteksi kebakaran dalam sebuah ruangan. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian berikut adalah metode studi kepustakaan yang dimana metode ini melibatkan pencarian terhadap literatur-literatur terkait, seperti: buku, *e-book* dan sumber informasi lainnya yang relevan dengan sistem deteksi kebakaran pada sebuah ruangan dengan memanfaatkan IoT. Dengan mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya, peneliti dapat membangun dasar teoritis dan memahami praktik terbaik dalam perancangan sistem deteksi kebakaran dalam sebuah ruangan dengan memanfaatkan IoT.

Teknik analisa sistem yang digunakan oleh penulis dalam penelitian ini adalah *Unified Modeling Language* (UML). Dengan menggunakan teknik analisis data UML, penulis dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang sistem deteksi kebakaran yang sedang dianalisis dan dapat digunakan sebagai dasar untuk merancang atau mengembangkan sistem deteksi kebakaran dalam sebuah ruangan dengan memanfaatkan IoT. Teknik perancangan sistem yang digunakan penulis dalam membangun sistem deteksi kebakaran dalam sebuah ruangan ini adalah menggunakan bahasa C dengan Arduino IDE, perancangan database dengan Firebase Database, perancangan aplikasi dengan Android Studio menggunakan bahasa pemrograman *java*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

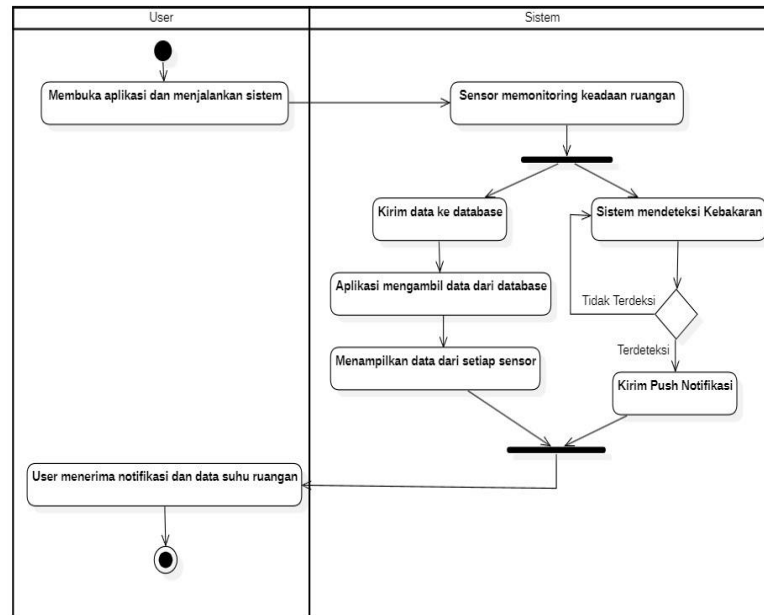
3.1 Sistem Pendeteksi Kebakaran Dalam Ruangan

Sistem pendeteksi kebakaran otomatis bekerja dengan mengumpulkan data dari sensor-sensor yang terpasang di ruangan, seperti sensor suhu, kelembapan, api dan asap. NodeMCU ESP8266, yang berfungsi sebagai otak sistem, menggunakan koneksi Wi-Fi untuk mengirim data ini ke *server* atau *database*. Pengguna dapat mengakses sistem melalui aplikasi di perangkat Android, memungkinkan pengguna untuk melihat kondisi ruangan dan mengontrol aliran listrik. Untuk lebih memperjelas alur proses program yang dilakukan pada sistem ini, maka penjelasan yang lebih lanjut akan ditampilkan pada diagram *Unified Modelling Language* (UML) dalam beberapa jenis diagram yaitu:



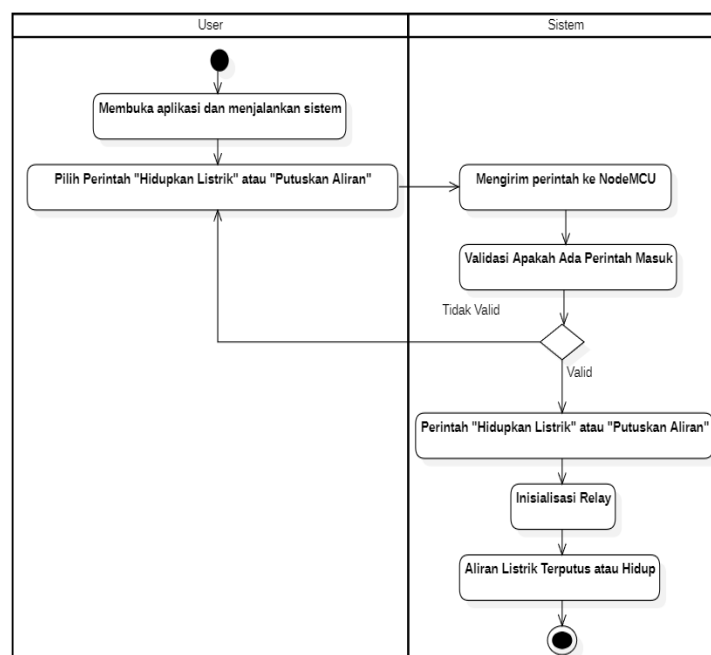
Gambar 1. Diagram Use Case

Diagram diatas adalah diagram *use case* yang sebuah sistem deteksi kebakaran dalam sebuah ruangan dengan memanfaatkan *Internet of Things*. Cara kerja *use case* pada gambar 1 adalah *user* dapat melakukan monitoring dan deteksi kebakaran pada sistem aplikasi, jika terdeteksi adanya kebakaran maka dari aplikasi akan memunculkan *push notification* *user* juga dapat melakukan kontrol terhadap aliran listrik, cek riwayat kebakaran, dan melakukan panggilan darurat.



Gambar 2. Diagram Aktivitas Monitoring dan Deteksi Kebakaran

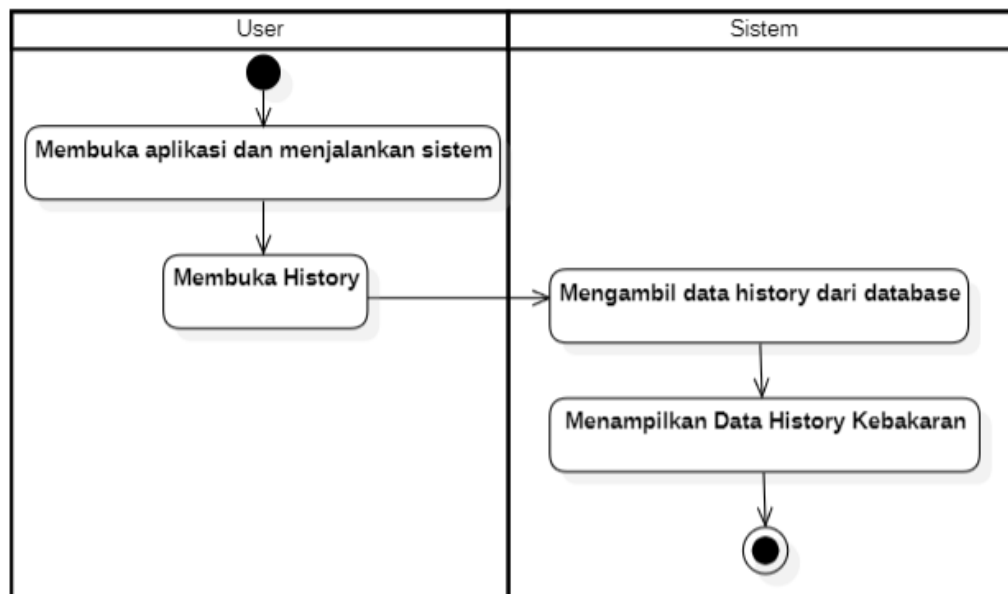
Gambar 2 menggambarkan perancangan diagram aktivitas untuk monitoring dan deteksi kebakaran, yang menjelaskan interaksi antara pengguna dan sistem. Pengguna dapat memantau kondisi ruangan, sementara sistem secara otomatis mendeteksi potensi kebakaran. Proses dimulai ketika pengguna membuka aplikasi dan menjalankan sistem. Selanjutnya, sensor secara otomatis memantau kondisi ruangan. Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan ke database, kemudian diakses oleh aplikasi untuk ditampilkan kepada pengguna dalam bentuk informasi kondisi sensor secara *real-time*. Secara paralel, sistem memeriksa adanya indikasi kebakaran. Jika tidak terdeteksi, alur berlanjut ke proses pemantauan normal. Namun, jika kebakaran terdeteksi, sistem segera mengirimkan notifikasi kepada pengguna sebagai peringatan dini. Setelah itu, proses monitoring dan pemberian notifikasi berakhir dengan pengguna menerima notifikasi serta informasi suhu ruangan melalui aplikasi.



Gambar 3. Diagram Aktivitas Kontrol Listrik

Cara kerja diagram aktivitas kontrol listrik pada gambar 3 adalah dimulai dari pengguna yang membuka aplikasi

serta menjalankan sistem, kemudian *user* memilih perintah untuk "Hidupkan Listrik" atau "Putuskan Aliran". Perintah tersebut dikirimkan ke NodeMCU untuk diproses lebih lanjut oleh sistem. Sistem kemudian memvalidasi apakah perintah yang diterima valid atau tidak. Jika perintah tidak valid maka proses dihentikan, tapi jika perintah valid, sistem meneruskan perintah tersebut untuk menginisialisasi *relay*. *Relay* akan bertindak sesuai perintah, yaitu menghidupkan atau memutuskan aliran listrik, dan perubahan status aliran listrik ini menjadi hasil akhir dari proses yang ditampilkan.



Gambar 4. Diagram Aktivitas Cek Riwayat

Cara kerja diagram aktivitas cek riwayat pada gambar 4 adalah *user* membuka aplikasi dan menjalankan sistem, kemudian *user* memilih menu *history* pada tampilan menu utama kemudian dari sistem akan menampilkan data *history* kebakaran yang di dapat pada *realtime database*.

3.2 Tampilan Antarmuka Pengguna

Gambar 5 menampilkan halaman menu utama, pada halaman menu utama terdapat beberapa komponen yaitu terdapat jam yang menunjukkan *realtime* dan label yang menunjukkan hari dan tanggal. Dibawah jam juga terdapat empat buah *cardview* yang masing-masing menampilkan status suhu, status asap, ada tidaknya api, dan menunjukkan apakah listrik hidup atau tidak. Dibawah dari *cardview* juga terdapat 2 tombol, tombol disebelah kiri (Hidupkan listrik) digunakan untuk menghidupkan dan mematikan jaringan listrik dalam sebuah ruangan serta sebuah tombol yang dikanan (*Emergency Call*) digunakan untuk melakukan *quick access* ke aplikasi bawaan *smartphone* telepon. Adapun ada beberapa tampilan ketika aplikasi berjalan seperti berikut ini :



Gambar 5. Tampilan Halaman Menu Utama

Notifikasi pada gambar 6 menunjukkan bahwa aplikasi sedang berjalan di latar depan untuk memantau sensor secara real-time. Pesan "Sensor Sedang Memantau Lokasi" menandakan bahwa aplikasi aktif menggunakan layanan latar depan (*foreground service*), sehingga tetap bekerja meskipun tidak sedang dibuka. Hal ini penting untuk memastikan pengawasan terhadap kondisi seperti asap, suhu, api, dan listrik tetap berlangsung.



Gambar 6. Tampilan Aplikasi Ketika Berjalan Di Latar

Gambar 7 menunjukkan tampilan aplikasi ketika sistem mendeteksi kebakaran di dalam ruangan. Pada kondisi ini, notifikasi akan dikirimkan secara terus-menerus untuk memastikan pengguna segera mengetahui adanya kebakaran. Mekanisme notifikasi berulang ini dirancang untuk memberikan peringatan yang jelas dan tidak terlewatkan, sehingga dapat meningkatkan kewaspadaan pengguna terhadap bahaya yang terjadi. Notifikasi ini sangat penting karena memungkinkan pengguna untuk mengambil tindakan cepat, seperti menghubungi layanan darurat atau mengevakuasi area yang terdampak



Gambar 7. Tampilan Notifikasi Kebakaran

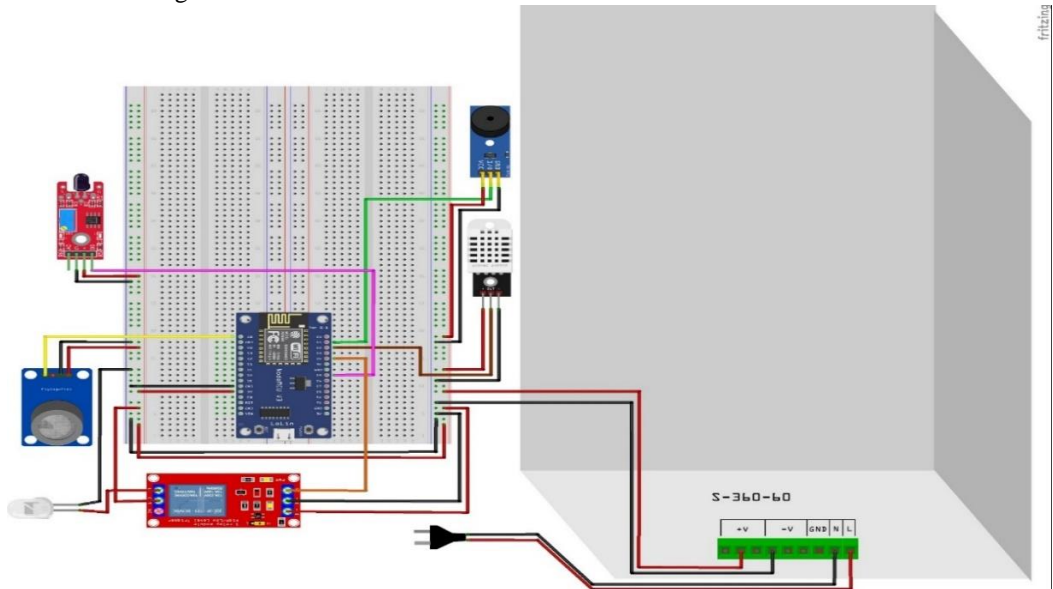
Pada Gambar 8 ditunjukan tampilan riwayat kebakaran (*history* kebakaran) pada aplikasi, yang mencatat waktu dan tanggal setiap kejadian kebakaran yang terdeteksi oleh sistem. Data ditampilkan dalam format kronologis, termasuk informasi hari, tanggal, dan jam terjadinya insiden. Riwayat ini berfungsi sebagai dokumentasi untuk melacak pola atau

frekuensi kejadian kebakaran, sehingga memudahkan analisis lebih lanjut dan meningkatkan langkah pencegahan di masa depan. Tampilan ini dirancang sederhana agar pengguna dapat dengan mudah memantau riwayat kejadian.



Gambar 8. Tampilan Halaman History

3.3 Implementasi Perangkat Keras Sistem



Gambar 9. Rangkaian Sistem Pendeteksi Kebakaran

Tabel 1. Fungsi Rangkaian Kabel

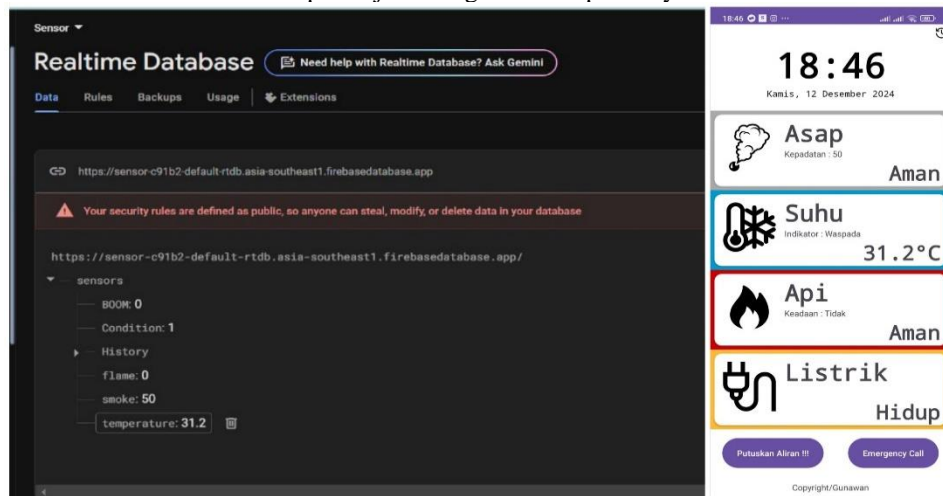
No.	Warna Kabel	Keterangan
1	Merah	Menghubungkan arus positif dari daya arus AC dan dari <i>power supply</i> . Kabel ini juga digunakan untuk menghubungkan <i>Voltage Common Collector</i> (VCC) dari sensor ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dengan daya tiga koma tiga volt. Pada bagian relay kabel ini juga digunakan untuk menghubungkan daya dari breadboard dengan port COM (<i>Common</i>) dan menghubungkan NO dengan arus dari port NO (<i>Normally Open</i>) ke lampu yang berperan sebagai indikator nyala listrik.
2	Hitam	Menghubungkan arus negatif dari daya ke arus AC dan dari <i>power supply</i> . Kabel ini juga digunakan untuk menghubungkan <i>Ground</i> (GND) dari sensor ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dengan port <i>ground</i> .
3	Kuning	Menghubungkan pin AO dari sensor Gas MQ-02 dengan pin A0 pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266.
4	Merah Jambu	Menghubungkan pin DO dari sensor api KY-026 dengan pin D5 pada mikrokontroler NodeMCU ESP 8266.

5	Hijau	Digunakan untuk menghubungkan pin I/O (<i>Input/Output</i>) pada module buzzer dengan pin D1 pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266.
6	Cokelat	Digunakan untuk menghubungkan pin <i>Out (Output)</i> pada sensor DHT22 dengan pin D2 pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266.
7	Jingga	Digunakan untuk menghubungkan pin IN pada relay dengan pin D4 pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266.

Rangkaian kabel mengacu pada susunan atau tata letak kebal yang digunakan dalam sistem pendeteksi kebakaran dalam ruangan. Kabel-kabel ini bertanggung jawab untuk mengalirkan arus listrik atau sinyal antara komponen-komponen yang berbeda dalam sistem.

3.4 Pengujian Perangkat dan Sistem

Pengujian terhadap *realtime database* dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa data pada sistem sesuai dengan data yang terdapat pada *realtime database*. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada gambar 10 di bawah. Pada gambar 10 menunjukkan bahwa data pada sistem benar-benar konsisten dengan data yang ada pada *realtime database*, sehingga integrasi antara sistem dan database dapat berjalan dengan baik tanpa adanya kesalahan dalam sinkronisasi data.



Gambar 10. Pengujian Data pada Realtime Database Dengan Data Pada Sistem

Pengujian terhadap respon digunakan untuk mengetahui bagaimana respon dari alat terhadap perintah yang diberikan. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan perintah pada alat dan mencatat berapa lama alat dan sistem akan merespon perintah tersebut hingga perintah tersebut dilakukan. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dan diambil hasil dari rata-rata pengujian. Berikut adalah hasil dari pengujian, dapat dilihat pada dibawah ini.

Tabel 2. Pengujian Terhadap Respon

No.	Pengujian Yang Dilakukan	Waktu Respon (S)
1.	Mematikan Lampu	2,5
2.	Menghidupkan Lampu	3
3.	Notifikasi Ketika Kebakaran Terjadi	2
4.	Buzzer Berbunyi	1,5

Pengujian terhadap sensor api dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah api terdeteksi pada sistem yang dibuat ketika ada api disekitarnya, dalam melakukan uji coba ini penulis akan melakukan perbandingan dengan beberapa kondisi. Hasil pengujian disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Sensor Api

No.	Kondisi	jarak Terdeteksi (m)			
		0 – 0,5	0,5 – 1,5	1,5 - 3	3 - 6
1.	Api Kecil	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
2.	Api Sedang	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
3.	Api Besar	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi

4. PENUTUP

Berdasarkan perancangan dan pengujian sistem deteksi kebakaran dalam ruangan, kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Hasil pengujian menunjukan bahwa implementasi *internet of things* dalam mendeteksi kebakaran efektif dalam meningkatkan kewaspadaan terhadap kebakaran. Sistem ini menggunakan sensor api, sensor asap dan sensor gas yang berguna untuk melakukan deteksi kebakaran jika kebakaran terjadi dalam ruangan, selain itu sistem ini juga menggunakan buzzer yang digunakan untuk memberikan peringatan darurat ketika kebakaran terjadi.
- b) Sistem ini juga dapat memberikan kontrol kepada pengguna melalui aplikasi *firecall* untuk menghidupkan atau memutus aliran listrik dalam rumah, sehingga dapat membantu mengurangi dampak negatif yang terjadi akibat kebakaran.
- c) Berdasarkan pengujian *blackbox* yang dilakukan, sistem deteksi kebakaran ini dapat berfungsi dengan baik pada pemakaian dalam ruangan, tapi pada pengujian perangkat ada beberapa perangkat Android yang memiliki *Operating System* dibawah *update*-an Tahun 2021 dan Android versi 10 (Android Q), serta ukuran layar dibawah 6,3 inch mungkin akan berfungsi dengan tidak baik di beberapa perangkat.
- d) Berdasarkan pengujian yang dilakukan, penempatan sistem ini harus pada bagian atas ruangan karena sensor api yang digunakan jika terhalang oleh benda yang bisa menutup pancaran radiasi inframerah api maka api tidak akan terdeteksi oleh sensor api.

Berdasarkan perancangan dan pengujian sistem deteksi kebakaran dalam sebuah ruangan, masih terdapat kekurangan dalam sistem ini sehingga penulis memberikan saran yang dapat digunakan untuk dikembangkan pada penelitian selanjutnya. Berikut saran yang diberikan penulis untuk penelitian ini :

- a) Pada pengembangan selanjutnya diharapkan dapat menambah cakupan area deteksi kebakaran, yang awalnya hanya dalam sebuah ruangan bisa digunakan misalnya pada rumah ataupun sebuah gedung, gudang, ataupun bangunan Gedung dan lain sebagainya.
- b) Pada pengembangan selanjutnya diharapkan sistem ini dapat mengintegrasikan konsep AI (Artificial Intelligence) dengan IoT (Internet of Things) untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan dalam mendeteksi kebakaran secara lebih efektif.
- c) Pada pengembangan selanjutnya diharapkan sistem ini dapat menambahkan sistem catu daya cadangan untuk memastikan perangkat tetap berfungsi saat listrik padam.
- d) Pada pengembangan selanjutnya diharapkan dapat menggunakan protokol komunikasi yang lebih stabil seperti LoRa (teknologi komunikasi nirkabel yang dirancang untuk transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya yang sangat rendah) untuk meningkatkan jangkauan sistem, terutama di area dengan konektivitas internet yang terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Uyock Anggoro Saputro, Agus Tuslam. (Juni 2022). "Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis Internet Of Things Dengan Pesan Peringatan Menggunakan NodeMCU ESP8266 Dan Platform ThingSpeak". *Jurnal Infomedia: Teknik Informatika, Multimedia & Jaringan Vol. 7 No. 1: Hal 2*.
- [2] Ilham Istiyanto, Rizki Solehudin, Yosari Nofarenzi, dan Tyas Setiyorini. (Juni 2022). "Alat Pendeteksi Dini Kebocoran Gas LPG Dengan Sensor MQ2 Dan Sensor Api Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU". *Jurnal Infotech Volume 4, No. 1: Hal 1*.
- [3] Anggher Dea Pangestu, Feby Ardianto, dan Bengawan Alfaresi. (2019). "Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu ESP8266". *Jurnal Ampere Vol 4, No. 1: Hal 4*.
- [4] Arifin, Nofri Yudi, Rohmat Indra Borman, Imam Ahmad, Sari Setyaning Tyas, Heni Sulistiani, Alim Hardiansyah, dan Ghea Paulina Suri. (2022). *Analisa Perancangan Sistem Informasi. Cendikia Mulia Mandiri. Batam*.
- [5] Wajdi, Farid. (2021). *Buku Ajar Perencanaan Pengajaran Panduan di Perguruan Tinggi. Ahlimedia Book. Malang*.
- [6] Noer, Zikri, dan Indri Dayana. (2021). *Buku Sistem Kontrol. Guepedia. Bogor*.
- [7] Wasista, Sigit, Setiawardhana, Delima Ayu Saraswati, dan Eko Susanto. (2019). *Aplikasi Internet Of Things (IOT) Dengan Arduino Dan Android "Membangun Smart Home Dan Smart Robot Berbasis Arduino Dan Android". Deepublish. Yogyakarta*.
- [8] Widharma, I Gede Suputra, dan Lalu Febrian Wiranata. (2022). *Mikrokontroler dan Aplikasi. Wawasan Ilmu. Banyumas*.
- [9] Maheshwari, Piyush, Purushottam Sharma, Sonali Vyas, dan Vinod Kumar Shukla. (2023). *Computational Intelligence in Urban Infrastructure. CRC Press. Florida*.
- [10] Khakim, Lukmanul. (2023). *Buku Ajar Mikrokontroler ATMega 328. Penerebit NEM. Pekalongan*.

- [11] Ilham, Dirja Nur, Hardisal, dan Rudi Arif Candra. (2020). Monitoring dan Stimulasi Detak Jantung dengan Murottal Al-Qur'an Berbasis Internet of Things (IOT). *CV. Jejak. Sukabumi*.
- [12] Budihartono, Eko, dan Dwie Kukuh Supriyono. (2023). Monitoring Kualitas Air pada Budidaya Hidrokanik Berbasis Arduino. *NEM. Pekalongan*.
- [13] Rozzi, Yoli Andi, Jhoanne Fredricka, dan Estu Putri Arimi. (2023). Sistem Monitoring Kualitas Udara dengan Aplikasi Thinger.io. *NEM. Pekalongan*.
- [14] Azis, Abdul. (2018). Bermain Android Studio Itu Mudah: Studi Kasus Pembuatan eM-Tilang. *Deepublish. Yogyakarta*.