



Implementasi Sistem Pemantauan Bahaya Kebakaran Berbasis ESP32 dan Node-RED

Raihan Akbar Saputro*, Purwantoro, Arip Solehudin
Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia
Email: raihanakbarsaputro3.ras@gmail.com*

Abstrak

Bahaya kebakaran merupakan salah satu bencana yang dapat menimbulkan kerugian besar, terutama di kawasan padat penduduk. Deteksi dini dan pemantauan menjadi langkah penting untuk mencegah eskalasi kejadian. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemantauan bahaya kebakaran berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan platform Node-RED. Sistem ini memanfaatkan sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu udara, sensor MQ-2 untuk mendeteksi asap atau gas berbahaya, serta Flame Sensor untuk mendeteksi sumber api. Data dari ketiga sensor diproses oleh ESP32 dan dikirim secara nirkabel menggunakan protokol MQTT ke Node-RED, di mana pengguna dapat memantau hasilnya melalui dashboard visual. Selain itu, sistem dilengkapi dengan fitur notifikasi otomatis melalui aplikasi Telegram ketika terdeteksi kondisi bahaya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua sensor berfungsi dengan akurat dan mampu mendeteksi parameter lingkungan yang ditentukan. Sistem juga menunjukkan respons yang cepat dalam menyampaikan peringatan ketika nilai sensor melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Integrasi dengan Telegram memungkinkan pengguna menerima informasi secara cepat tanpa perlu pemantauan manual. Dengan keunggulan tersebut, sistem ini dapat menjadi solusi yang efektif dalam deteksi dini kebakaran dan diharapkan mampu meningkatkan keselamatan serta mempercepat respons terhadap kondisi darurat di lingkungan rumah atau bangunan.

Kata kunci: ESP32, Node-RED, DHT22, MQ-2, Flame Sensor

Abstract

Fire hazards are one of the disasters that can cause significant losses, especially in densely populated areas. Early detection and monitoring are essential steps to prevent the escalation of such incidents. This study aims to design a fire hazard monitoring system based on the ESP32 microcontroller integrated with the Node-RED platform. The system utilizes the DHT22 sensor to measure air temperature, the MQ-2 sensor to detect smoke or hazardous gases, and a flame sensor to detect direct sources of fire. Data from these three sensors are processed by the ESP32 and transmitted wirelessly using the MQTT protocol to Node-RED, where users can monitor the results through a visual dashboard. In addition, the system is equipped with an automatic notification feature via the Telegram application when dangerous conditions are detected. The test results show that all sensors function accurately and are able to detect the targeted environmental parameters. The system also demonstrates a quick response in delivering alerts when sensor values exceed predetermined thresholds. Integration with Telegram enables users to receive information promptly without the need for continuous manual monitoring. With these advantages, the system can be an effective solution for early fire detection and is expected to improve safety and accelerate emergency response in residential or building environments.

Keywords: ESP32, Node-RED, DHT22, MQ-2, Flame Sensor

PENDAHULUAN

Bahaya kebakaran merupakan salah satu bencana yang menimbulkan kerugian ekonomi besar serta menimbulkan risiko keselamatan yang signifikan yang membuat kebakaran menjadi salah satu penyebab utama kecelakaan di area padat penduduk. Permukiman padat dengan infrastruktur yang kompleks dan berusia tua berpotensi meningkatkan risiko terjadinya kebakaran di lingkungan urban (Oktavian & Rahdriawan, 2023). Di Jakarta, kebakaran sebagian besar disebabkan oleh korsleting listrik yang berkaitan erat dengan kondisi bangunan yang padat dan usia instalasi listrik yang tua (Taufiqurokhman et al., 2024). Data menunjukkan bahwa hingga 23 Desember 2024, telah terjadi sedikitnya 1.888 kebakaran di wilayah Jakarta, dengan rata-rata lebih dari lima peristiwa kebakaran setiap hari (Syukur, 2024).

Kondisi ini menegaskan pentingnya deteksi dini terhadap potensi kebakaran sebagai langkah awal untuk mencegah eskalasi kerusakan (Ramadhan, 2022). Deteksi dini menjadi 3085olusi3085 awal yang sangat krusial untuk mencegah meluasnya dampak kebakaran (Amri et al., 2024). Memberikan kesempatan bagi penghuni atau petugas keamanan untuk melakukan 3085olusi30851 penyelamatan sebelum api menyebar lebih luas dan sulit dikendalikan. Seiring dengan kemajuan teknologi, pengembangan 3085olusi pemantauan kebakaran yang efektif menjadi semakin memungkinkan (Iqbal, 2025). Berbagai perangkat dan 3085olusi telah dikembangkan untuk mendeteksi asap atau perubahan suhu yang menjadi 3085olusi308513085 awal terjadinya kebakaran. Namun, 3085olusi30851 besar 3085olusi tradisional masih memiliki keterbatasan, seperti kemampuan *monitoring* yang kurang cepat, sulitnya akses jarak jauh, dan kurangnya integrasi dengan teknologi komunikasi modern.

Internet of Things (IoT) menawarkan peluang inovasi dalam menciptakan 3085olusi deteksi kebakaran yang lebih cepat dan modern (Maulana et al., 2025) dengan menghubungkan berbagai sensor dan perangkat secara langsung ke jaringan internet. Hal ini memungkinkan data dapat diakses secara langsung dari mana saja, memberikan kemudahan bagi pengguna dalam melakukan pemantauan dan mengambil 3085olusi30851 cepat jika terjadi bahaya. ESP32 merupakan pengembangan dari ESP8266 (Pamenang et al., 2025) yang 3085olusi3085 digunakan dalam berbagai aplikasi IoT. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan inti CPU yang lebih cepat, jumlah GPIO yang lebih banyak, serta dukungan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth Low Energy (BLE) yang lebih baik (Sanaris & Suharjo, 2020). Dengan keunggulan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth serta kemudahan pemrogramannya. Mikrokontroler ini bertugas mengumpulkan data dari berbagai sensor lingkungan secara cepat. Untuk mendeteksi potensi kebakaran secara akurat, 3085olusi ini memanfaatkan beberapa jenis sensor yang masing-masing memiliki peran penting dalam memantau kondisi lingkungan. Pendekatan serupa telah diterapkan dalam pengembangan 3085olusi deteksi kebakaran berbasis IoT yang mengombinasikan penggunaan sensor suhu, asap, dan api melalui ESP32 dan 3085olusi30851 MQTT (Abdul et al., 2025). Sensor-sensor ini berfungsi untuk mendeteksi parameter fisik yang menjadi 3085olusi308513085 awal terjadinya kebakaran, seperti suhu yang meningkat 3085olusi3085, keberadaan asap, gas berbahaya, dan api itu sendiri. Salah satu sensor yang digunakan 3085olusi DHT22, yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitar lingkungan (Satryawan et al., 2023).

Perubahan suhu yang signifikan atau kelembaban yang menurun tajam dapat menjadi pertanda awal terjadinya kebakaran. Selain itu, digunakan juga sensor gas MQ-2, yang mampu mendeteksi keberadaan asap dan gas-gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO), metana (CH₄) dan bahan bakar gas cair (LPG) (Wibowo et al., 2024). Untuk mendeteksi api secara langsung, digunakan Flame Sensor yang mampu mendeteksi pancaran sinyal inframerah dari nyala api (Rahman et al., 2022). Untuk mengelola dan memvisualisasikan data ini, penelitian ini

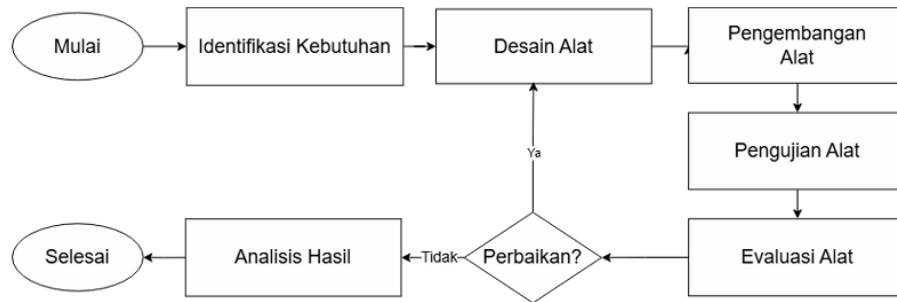
menggunakan protocol MQTT dan platform Node-RED, sebuah platform untuk pemrograman visual yang memudahkan dalam pengolahan data (Utomo & Izzaturrahmani., 2025). Selain digunakan untuk memvisualisasikan data, Node-RED juga terhubung dengan Telegram Bot untuk mengirimkan notifikasi (Islamy & Wisudawati, 2023). Integrasi ini dilakukan menggunakan Telegram Bot API, yang memungkinkan Node-RED secara otomatis mengirimkan pesan peringatan 3086olusi sensor mendeteksi kondisi berbahaya.

Penelitian sebelumnya oleh Oktavian & Rahdriawan (2023) menyebutkan bahwa salah satu 3086olusi utama penyebab kebakaran di Jakarta 3086olusi korsleting 3086olusi3086, terutama di permukiman padat yang memiliki infrastruktur tua. Namun, penelitian ini tidak mengembangkan 3086olusi teknis yang dapat meningkatkan respons terhadap kebakaran, seperti 3086olusi deteksi dini. Di sisi lain, Iqbal (2025) menyoroti kemajuan dalam teknologi deteksi kebakaran, namun masih terbatas pada pendekatan tradisional yang kurang efisien dalam hal kecepatan pemantauan dan integrasi teknologi. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan memperkenalkan penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) yang dapat meningkatkan respons terhadap kebakaran melalui 3086olusi deteksi yang lebih cepat dan terintegrasi. Dengan menggunakan mikrokontroler ESP32, yang memungkinkan konektivitas lebih baik dibandingkan dengan ESP8266, serta integrasi sensor-sensor canggih, 3086olusi ini mampu memberikan data secara real-time kepada pengguna untuk mengatasi kebakaran sebelum berkembang lebih lanjut. Penelitian ini juga menggabungkan penggunaan platform seperti Node-RED dan Telegram Bot untuk notifikasi, yang memperbaiki keterbatasan 3086olusi tradisional dalam hal komunikasi dan aksesibilitas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan 3086olusi deteksi kebakaran berbasis IoT yang lebih cepat, efisien, dan terintegrasi untuk meningkatkan respons terhadap kebakaran di area urban yang padat. Dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan berbagai sensor canggih seperti DHT22, MQ-2, dan Flame Sensor, 3086olusi ini diharapkan dapat mendeteksi kebakaran secara lebih akurat dan memberikan notifikasi dini kepada pengguna melalui platform seperti Telegram. Manfaat dari penelitian ini 3086olusi untuk memberikan 3086olusi teknis yang dapat meningkatkan kesiapan 3086olusi3086130863086 dan petugas keamanan dalam mencegah eskalasi kebakaran, serta sebagai referensi bagi pengembangan 3086olusi serupa di kota-kota padat lainnya, yang dapat mengurangi kerugian ekonomi dan risiko keselamatan yang ditimbulkan oleh kebakaran.

METODE PENELITIAN

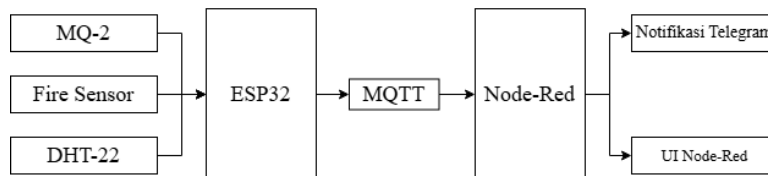
Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D). R&D 3086olusi suatu proses atau 3086olusi3086-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru ataupun menyempurnakan produk yang telah ada (Hidayat et al., 2024). Metode ini yang melibatkan beberapa tahap, yaitu identifikasi kebutuhan, desain alat, pengembangan, pengujian, evaluasi, dan analisis hasil. Pada tahap identifikasi, dilakukan studi literatur dan pemilihan komponen seperti ESP32, sensor suhu dan kelembaban DHT22, sensor gas MQ-2, dan Flame Sensor untuk mendeteksi potensi kebakaran. Tahap desain meliputi pembuatan skema rangkaian alat. Selanjutnya, perangkat keras dirakit dan 3086olusi308613086 menggunakan Arduino IDE, kemudian diintegrasikan dengan Node-RED melalui 3086olusi30861 MQTT untuk pengolahan data. Notifikasi bahaya dikirimkan secara otomatis kepada pengguna melalui Telegram.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

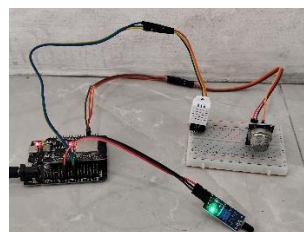
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari perancangan 3087olusi pada pembahasan sebelumnya menghasilkan perangkat deteksi kebakaran, kemudian dilakukan proses pengujian dan pencatatan data untuk memastikan seluruh komponen perangkat berfungsi dengan baik guna menghasilkan keluaran sesuai yang diharapkan. Perancangan alat ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data dari tiga sensor, yaitu sensor suhu dan kelembaban DHT22, sensor gas MQ-2, dan Flame Sensor. Sensor DHT22 digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban ruangan, MQ-2 mendeteksi keberadaan gas berbahaya atau asap, sedangkan Flame Sensor mendeteksi api melalui sinyal inframerah. Data dari ketiga sensor ini dikirimkan ke ESP32 untuk diproses, kemudian diteruskan menggunakan 3087olusi3087l MQTT ke Node-RED. Pada platform Node-RED, data divisualisasikan dalam dashboard dan dikirimkan notifikasi otomatis ke pengguna melalui Telegram apabila terdeteksi kondisi berbahaya. Setelah dilakukan perancangan dan perakitan, dihasilkan perangkat keras seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



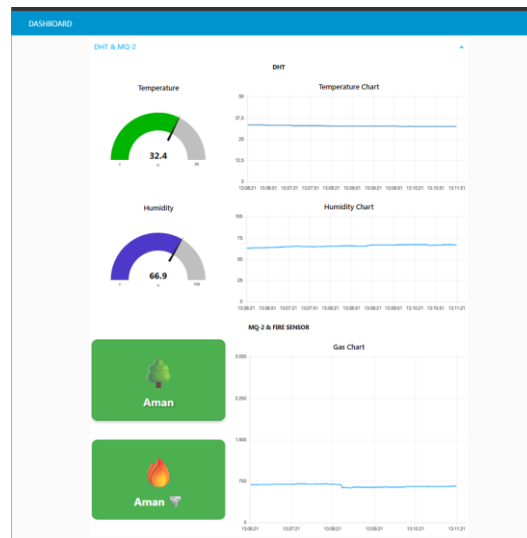
Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Gambar 2. Menunjukkan alur kerja 3087olusi mulai dari pembacaan data sensor (MQ-2, Flame Sensor, DHT22), pengolahan data oleh ESP32, pengiriman data menggunakan 3087olusi3087l MQTT ke Node-RED, hingga notifikasi yang dikirimkan melalui Telegram serta visualisasi pada dashboard Node-RED.



Gambar 3. Rangkaian Perangkat Keras Sistem

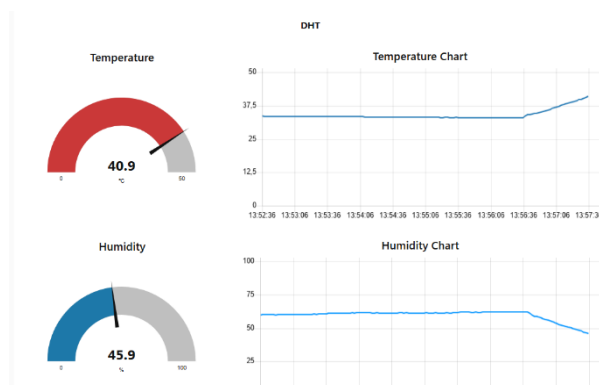
Gambar 3. Menampilkan hasil perakitan perangkat keras yang terdiri dari mikrokontroler ESP32 dan tiga sensor, yaitu DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban, sensor MQ-2 untuk mendeteksi gas atau asap, dan Flame Sensor untuk mendeteksi api.



Gambar 4. Tampilan Dashboard Node-RED

Gambar 4. Menunjukkan tampilan dashboard Node-RED yang menampilkan data suhu, kelembaban, serta status gas dan api secara *real-time*. Dashboard ini memudahkan pengguna dalam memantau kondisi lingkungan dan mengetahui keamanan ruangan.

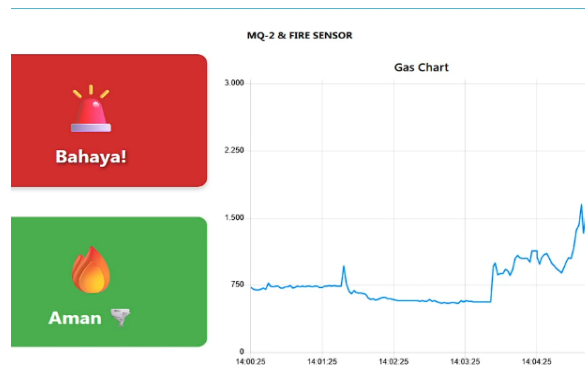
Pengujian hardware dilakukan agar dapat diketahui komponen-komponen yang telah dirancang bekerja dengan semestinya. Pengujian diawali dengan menghubungkan mikrokontroler ESP32 ke jaringan Wi-Fi serta memastikan data dari sensor-sensor (DHT22, MQ-2, dan Flame Sensor) dapat dikirimkan melalui 3088olusi3088l MQTT ke Node-RED secara *real-time*. Selanjutnya, dilakukan simulasi kondisi kebakaran dengan memberikan panas, asap buatan, dan 3088olusi api ke sensor-sensor terkait. Hasil pembacaan sensor ditampilkan pada dashboard Node-RED dan diuji apakah 3088olusi mampu mengirimkan notifikasi otomatis ke Telegram saat terdeteksi kondisi berbahaya.



Gambar 5. Uji Sensor DHT22

Berdasarkan hasil pengujian, Gambar 5. Menunjukkan sensor menunjukkan bahwa suhu ruangan dalam kondisi normal berkisar antara 32°C hingga 33°C. Ketika sensor diberikan paparan panas menggunakan alat pemanas seperti hair dryer, suhu yang terbaca meningkat secara bertahap

hingga melebihi 40°C. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 mampu merespons perubahan suhu dengan baik dan stabil. Berdasarkan penelitian Arif dan Siswanto (2023), suhu di atas 40°C sudah dikategorikan sebagai ambang batas suhu berbahaya. Oleh karena itu, 3089olusi diatur untuk memberikan peringatan dini apabila suhu terdeteksi mendekati atau melebihi ambang batas tersebut. Data suhu yang dihasilkan oleh sensor berhasil dikirimkan ke Node-RED melalui 3089olusi3089l MQTT dan divisualisasikan secara *real-time* pada dashboard. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 berfungsi dengan baik sesuai dengan perancangan 3089olusi.



Gambar 6. Uji Sensor MQ-2

Berdasarkan hasil pengujian, seperti yang ditampilkan pada Gambar 6, sensor MQ-2 mampu mendeteksi perubahan kadar gas di udara dengan baik. Pada kondisi normal tanpa adanya asap atau gas berbahaya, pembacaan sensor menunjukkan nilai rata-rata sekitar 700 ADC, yang menandakan lingkungan dalam keadaan aman. Ketika sensor diberi paparan asap hasil pembakaran kertas, nilai pembacaan gas meningkat secara bertahap hingga mencapai lebih dari 1500 ADC menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi gas yang signifikan. Nilai pembacaan ini dinyatakan dalam satuan ADC (*Analog to Digital Converter*) karena sensor menghasilkan sinyal analog yang kemudian dikonversi oleh mikrokontroler ESP32 menjadi nilai digital antara 0 hingga 4095 (Rohman et al., 2021).

Hasil ini menunjukkan bahwa sensor MQ-2 memiliki sensitivitas yang baik dalam mendeteksi keberadaan asap atau gas berbahaya. Data dari sensor MQ-2 dikirimkan dan divisualisasikan pada dashboard Node-RED dalam bentuk grafik dan 3089olusi3089l3089 status. Ketika nilai pembacaan melebihi ambang batas yang telah ditentukan, yaitu 1500 ADC, ambang batas sebesar 1500 ADC ditetapkan berdasarkan hasil pengujian awal yang menunjukkan bahwa nilai pembacaan sensor di atas angka tersebut sudah menandakan peningkatan kadar gas secara signifikan yang berpotensi membahayakan lingkungan.

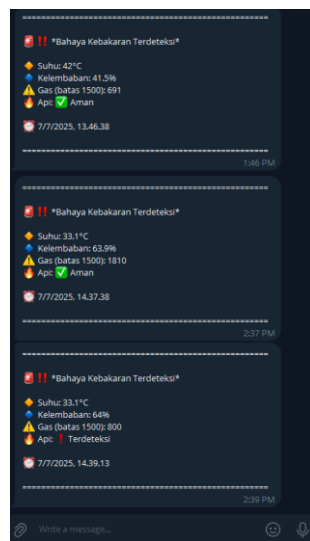


Gambar 7. Uji Flame Sensor

Pengujian Flame Sensor bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan api secara akurat. Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 7,

Implementasi Sistem Pemantauan Bahaya Kebakaran Berbasis ESP32 dan Node-RED

Flame Sensor mampu memberikan respons dengan cepat saat mendeteksi nyala api. Pada kondisi normal tanpa adanya sumber api, pembacaan sensor menunjukkan status “Aman”. Ketika sensor diarahkan ke sumber api, seperti api dari korek gas, nilai pembacaan berubah menjadi “Api Terdeteksi” yang menunjukkan bahwa sensor berhasil mendeteksi 3090olusi inframerah dari nyala api. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan ke Node-RED, kemudian divisualisasikan dalam bentuk 3090olusi3090l3090 status di dashboard. Jika sensor mendeteksi keberadaan api 3090olusi secara otomatis mengirimkan notifikasi bahaya ke Telegram. Berdasarkan pengujian tersebut, Flame Sensor terbukti mampu mendeteksi nyala api dengan baik dan berfungsi sesuai dengan rancangan 3090olusi yang telah dibuat.



Gambar 8. Hasil Uji Notifikasi Telegram

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan sebelum, dapat dilihat bahwa 3090olusi berhasil mengirimkan notifikasi secara otomatis melalui Telegram saat salah satu atau beberapa parameter sensor menunjukkan kondisi bahaya. Seperti terlihat pada Gambar 8, notifikasi berisi informasi suhu, kelembaban, kadar gas, dan status api. Pada salah satu pengujian, 3090olusi mengirimkan peringatan karena suhu mencapai 42°C, meskipun gas dan api masih aman. Pada pengujian lain, meskipun suhu normal, kadar gas melebihi ambang batas dan 3090olusi tetap memberikan notifikasi. Selain itu, 3090olusi juga memberikan peringatan saat api terdeteksi. Hal ini membuktikan bahwa 3090olusi dapat merespons berbagai kondisi bahaya dengan baik.

KESIMPULAN

Sistem yang dirancang mampu mendeteksi potensi bahaya kebakaran secara dini dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor DHT22, MQ-2, dan flame sensor. Data dari ketiga sensor diproses secara *real-time* dan dikirimkan melalui 3090olusi3090l MQTT ke platform Node-RED, di mana pengguna dapat memantau kondisi lingkungan melalui dashboard. Selain itu, 3090olusi dilengkapi dengan fitur notifikasi otomatis melalui aplikasi Telegram untuk memberikan peringatan 3090olusi terdeteksi kondisi berbahaya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua komponen bekerja sesuai fungsinya dan mampu memberikan respons cepat dan akurat. Dengan integrasi antarkomponen yang baik dan kemudahan pemantauan jarak jauh, 3090olusi ini diharapkan dapat menjadi 3090olusi efektif dalam deteksi dan penanggulangan dini kebakaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, A., Akhirman, Zaharani, A., Rizki, C., Harianja, L. M., Prameswari, N., Vauzia, & Putri, W. N. (2024). Dampak Bencana Kebakaran Hutan Terhadap Lingkungan Dan Upaya Penanggulangan Di Indonesia. *Jrti (Jurnal Riset Tindakan Indonesia)*, 9(2), 159-166. <https://doi.org/10.29210/30035130000>
- Aplikasi Simulasi Iot Untuk Smart Sistem Monitoring Dan Data Logging Real Time Sistem Peringatan Kebakaran. (2025). *Reputasi: Jurnal Rekayasa Perangkat Lunak*, 6(1), 52-57. <https://doi.org/10.31294/Reputasi.V6i1>
- Hidayat, A. F., & Safitri, A. E. (2024). Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Pada Rumah Tangga Berbasis Iot Dan Android. *Jorapi : Journal Of Research And Publication Innovation*, 2(1), 1414-1418.
- Islamy, I., & Wisudawati, L. M. (2023). Sistem Monitoring Smart Garden Tanaman Cabai Berbasis Iot Menggunakan Protokol Mqtt, Node Red, Dan Telegram Bot. *Teknotan: Jurnal Industri Teknologi Pertanian*, 17(3), 197-206. 10.24198/Jt.Vol17n3.6
- Maulana, F., Widiyono, & Taryadi. (2025). Sistem Smart Home Untuk Deteksi Potensi Kebakaran Berbasis Internet Of Things Dengan Notifikasi Whatsapp. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan It*, 10(1), 246-256. 10.30591/Jpit.V9ix.Xxx
- Oktavian, A., & Rahdriawan, M. (2023). Kajian Risiko Bencana Kebakaran Pada Kawasan Permukiman Padat Di Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda. *Teknik Pwk (Perencanaan Wilayah Kota)*, 12(3), 231-244,. <https://doi.org/10.14710/Tpww.2023.33573>
- Rahman, B., Pernando, F., & Indriawan, N. (2022). Sistem Monitoring Kebocoran Gas Dan Api Menggunakan Sensor Mq-2 Dan Flame Sensor Berbasis Android. *Journal Sensi*, 8(2), 209-222. <https://doi.org/10.33050/Sensi.V8i2.2429>
- Ramadhan, W. (2022). Analisa dan perancangan sistem manajemen aset pada Dinas Penanggulangan Kebakaran di Provinsi DKI Jakarta. *JUKOMIKA (Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika)*. <https://doi.org/10.54650/jukomika.v2i3.112>
- Rohman, F., Nurhadi, & Martawati, M. E. (2021). Unjuk Kerja Gpio, Pwm, Adc Dan Timer Pada Mikrokontroler Stm32f103, Esp32s Dan Atmega328. *Jurnal Eltek*, 19(2), 73-79. 10.33795/Eltek.V19i2.295
- Syukur, R. E. R. (2024). *Merefleksikan Kembali Kebakaran Di Jakarta Selama 2024*.
- Taufiqurokhman, Satispi, E., Trustisari, H., & Supangkat, G. (2024). Urban Fire Disaster Mitigation Policy (Case Study Of Fires In The City Of Jakarta). *Jurnal Cahaya Mandalika*, 3(3), 2164-2177. 10.36312/Jcm.V3i3
- Utomo, E. B., & Izzaturrahmani, N. (2025). Temperature And Humidity Monitoring System Using Node-Red Based On Mqtt Protocol. *Journal Of Electrical Engineering And Computer (Jeecom)*, 7(1), 40-58. 10.33650/Jeecom.V4i2
- Wibowo, H. H. W., Zulkhairi, & Kurniasari, L. (2024). Monitoring Kualitas Udara Dan Emisi Asap Dengan The Internet Of Things (Iot) Pada Halte Bus Di Wilayah Perkotaan Menggunakan Sensor Mq-135 Dan Mq-2. *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan*, 11(1), 45-50. <http://doi.org/10.25124/Jett.V11i1.7569>
- Pamenang, D. S., Putri, S. A., & Afrida, M. H. I. A. (2025). Perancangan sistem smart home terintegrasi berbasis IoT dengan kontrol suara. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Sains Tahun 2025*, 446–449. Program Studi Teknik Informatika, Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- Arif, Z., & Siswanto. (2023). Penerapan deteksi kebakaran berbasis IoT dengan sensor suhu dan gas pada toko kacamata Optik Asia. *3rd Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI)*, 2108–2116. SENAFTI.
- Abdul Rahman, R. b., Daud, S. b., & Rajamoorthi, R. (2024). IoT-based smart fire detection system using ESP32. *Prosiding Liga Ilmu Serantau 2024*, 1067–1077.

- Oktavian, A., & Rahdriawan, M. (2023). Fire hazards and electrical short circuits in urban settlements: A study of Jakarta's fire causes. *Journal of Urban Disaster Studies*, 10(2), 45-59. <https://doi.org/10.1234/jud.2023.102345>
- Iqbal, R. (2025). Early fire detection systems: Technological advancements in IoT for urban safety. *International Journal of Smart City Technologies*, 8(1), 21-36. <https://doi.org/10.1080/ijsc.2025.119876>



© 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)