



Design of Microcontroller Sensor-Based Smoke Detection System as an Effort for Fire Prevention

Desain Sistem Deteksi Asap Berbasis Sensor Mikrokontroler Sebagai Upaya Pencegahan Kebakaran

Nawang Kalbuana¹, Benny Kurnianto^{2*}

¹Program Studi Pertolongan Kecelakaan Pesawat, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Indonesia

²Program Studi Teknik Mekanikal Bandara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Indonesia

E-Mail: ¹nawang.kalbuana@ppicurug.ac.id, ²benny.kurnianto@ppicurug.ac.id

Received Aug 30th 2023; Revised Sept 05th 2023; Accepted Jan 16th 2024
Corresponding Author: Benny Kurnianto

Abstract

The threat of fire can have serious repercussions, including material losses and even loss of life. Preventive measures become a must to avoid, prevent, and reduce the risk of fire. The purpose of this research is to design and build a smoke detection system based on sensors and microcontrollers, which can effectively detect potential fire hazards in homes or buildings both in office areas and in airport areas. The research method uses a prototyping model, with key components such as smoke sensors, microcontrollers, LEDs, and alarm buzzers. The resulting system provides early warning through alarms related to potential fire risks, and is expected to detect and prevent potential fire hazards that may occur. This research contributes to the development of effective and widely applicable fire prevention solutions, specifically improving safety in homes, office buildings, and around airports. With the implementation of this smoke detection system, it is expected to reduce the risk of fire, provide early warning, and ultimately, protect lives and property.

Keyword: Alarm, Fire, Microcontroller, Prevention, Smoke Detection

Abstrak

Ancaman dari kebakaran dapat menimbulkan dampak yang serius, termasuk kerugian materi dan bahkan hilangnya nyawa. Tindakan pencegahan menjadi suatu keharusan untuk menghindari, mencegah, dan mengurangi risiko kebakaran. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang serta membangun sistem deteksi asap berbasis sensor dan mikrokontroler, yang dapat efektif mendeteksi potensi bahaya kebakaran di dalam rumah atau gedung baik dikawasan perkantoran maupun dikawasan bandar udara. Metode penelitian menggunakan model Prototyping, dengan komponen-komponen utama seperti sensor asap, mikrokontroler, LED, dan buzzer alarm. Sistem yang dihasilkan memberikan peringatan dini melalui alarm terkait potensi risiko kebakaran, dan diharapkan dapat mendeteksi serta mencegah potensi bahaya kebakaran yang mungkin terjadi. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan solusi pencegahan kebakaran yang efektif dan dapat diterapkan secara luas, sehingga secara spesifik meningkatkan keselamatan di rumah, gedung perkantoran, dan di sekitar bandar udara. Dengan implementasi sistem deteksi asap ini, diharapkan dapat mengurangi risiko kebakaran, memberikan peringatan dini, dan pada akhirnya, melindungi nyawa dan harta benda.

Kata Kunci: Alarm, Deteksi Asap, Kebakaran, Mikrokontroler, Pencegahan

1. PENDAHULUAN

Kebakaran, sebagai suatu fenomena, membawa potensi risiko serius yang dapat mengakibatkan kerugian materi dan kehilangan nyawa[1]. Oleh karena itu, implementasi tindakan pencegahan menjadi suatu kebutuhan mendesak agar kejadian kebakaran dapat dihindari atau minimalisir dampaknya[2]. Solusi yang diajukan dalam konteks penelitian ini melibatkan perancangan suatu sistem pemantau dan deteksi asap serta titik api yang memiliki potensi memicu terjadinya kebakaran[3]. Rumusan masalah yang menjadi fokus penelitian adalah bagaimana mendeteksi keberadaan asap dengan memanfaatkan teknologi sensor dan mikrokontroler. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan detektor asap yang terintegrasi dengan sensor dan mikrokontroler. Detektor ini dirancang dengan tujuan untuk melakukan pemantauan terhadap kemungkinan adanya asap di dalam suatu ruangan, serta memberikan notifikasi secara otomatis ketika terdeteksi potensi

kebakaran. Penelitian ini merupakan bagian dari upaya pencegahan kebakaran dalam satu rumah atau gedung baik dikawasan perkantoran maupun dikawasan bandar udara. Dengan potensi peningkatan efektivitas pencegahan kebakaran [4], [5], inisiatif ini tidak hanya memberikan pedoman kepada individu yang rentan mengenai strategi menghindari kebakaran di rumah atau gedung baik dikawasan perkantoran maupun dikawasan bandar udara [6], [7], tetapi juga secara keseluruhan mengurangi dampak faktor-faktor seperti konsumsi merokok yang terkait dengan kejadian kebakaran rumah [8].

Pengadaan dan pengawasan deteksi asap merupakan aspek penting dalam upaya pencegahan kebakaran. Deteksi asap yang berfungsi dengan baik dapat mencegah atau mengurangi insiden kebakaran serta cedera atau kematian yang terkait [9]. Dalam konteks biaya terkait pemeriksaan keselamatan kebakaran di rumah, Puolokainen [10] menyatakan bahwa mengukur hasil yang diinginkan dari layanan pemadam kebakaran, seperti kejadian darurat yang dicegah atau diredam, serta perlindungan terhadap kehidupan manusia dan properti, merupakan tugas yang tidak mudah. Evaluasi terhadap inisiatif Pemeriksaan Keselamatan Kebakaran di Rumah di Wales menemukan hubungan positif antara pemasangan alarm asap dan penurunan kejadian kebakaran di tempat tinggal serta cedera non fatal. Dengan manfaat yang jauh melebihi biayanya, inisiatif ini terbukti efektif dalam konteks sosial dan kesehatan masyarakat [11].

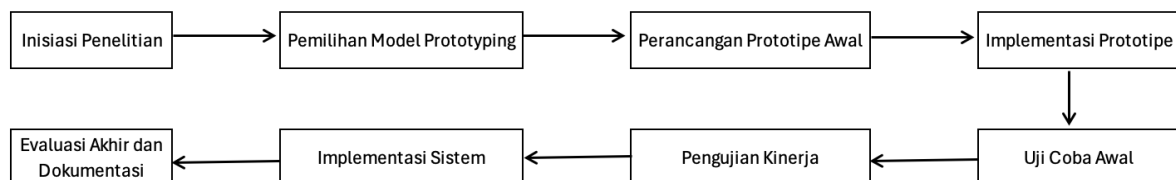
Studi oleh Tannous di New South Wales, Australia, menggambarkan analisis biaya kebakaran di wilayah tersebut dan kesuksesan program serupa pemeriksaan keselamatan kebakaran di rumah di tingkat internasional yang menunjukkan efektivitas biaya program tersebut [9]. Weinholt dan Andersson Granberg menyoroti bahwa analisis biaya-manfaat, sebagai alat umum dalam mengevaluasi kebijakan publik, diadopsi dalam konteks kolaborasi antara layanan darurat, menilai dan membandingkan secara moneter semua manfaat dan biaya yang terlibat [12]. Pendekatan ini menjadi semakin relevan, terutama mengingat keterbatasan pendanaan yang semakin menurun [13]–[15]. Dampak potensial dari penelitian ini adalah kemampuan untuk memberikan informasi bagi pendekatan pencegahan kebakaran di masa depan, berdasarkan penilaian terhadap efektivitas pendekatan saat ini [16].

2. METODE PENELITIAN

Proses metodologi penelitian dimulai dengan inisiasi, di mana kebutuhan dan tujuan penelitian diidentifikasi, dan lingkup serta ruang lingkup penelitian ditetapkan. Setelah itu, pemilihan model Prototyping menjadi langkah berikutnya, dengan pertimbangan literatur untuk memperkuat pemilihan ini. Langkah ketiga melibatkan perancangan prototipe awal sistem deteksi asap, yang melibatkan identifikasi fitur dan fungsi utama serta desain konseptual.

Setelah perancangan, proses implementasi prototipe dimulai, dengan pemilihan perangkat keras dan perangkat lunak yang sesuai, serta konstruksi prototipe berdasarkan desain yang telah dibuat. Tahap uji coba awal dilaksanakan untuk mengevaluasi potensi masalah, dan hasilnya digunakan untuk melakukan perbaikan dan optimalisasi pada prototipe. Evaluasi kesesuaian prototipe dengan tujuan penelitian dilakukan, sambil tetap meninjau kembali relevansi model Prototyping.

Tahap berikutnya adalah pengujian kinerja, di mana deteksi asap diuji dalam berbagai skenario untuk mengamati respons sistem dan tingkat keberhasilan deteksi. Setelah memastikan kinerja yang memuaskan, implementasi sistem deteksi asap pada skala penuh menjadi langkah selanjutnya. Evaluasi akhir dan dokumentasi dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem setelah implementasi, dan hasilnya didokumentasikan secara menyeluruh, termasuk temuan, solusi, dan langkah-langkah pengembangan. Proses ini dapat diwakili secara visual melalui diagram flowchart yang menggambarkan alur kerja setiap langkah dalam pengembangan sistem deteksi asap berbasis Prototyping ini (gambar 1).



Gambar 1. Model Penelitian

2.1. Prototyping

Penelitian ini mengadopsi paradigma Prototyping [17] yang mencakup langkah-langkah berikut:

1. Komunikasi: Pengembang mengidentifikasi persyaratan dan kebutuhan dengan berkomunikasi secara efektif.
2. Perencanaan Cepat: Terlibat dalam perencanaan iterasi prototyping yang dilakukan dengan cepat dan kemudian dimodelkan.
3. Desain Cepat Pemodelan: Menangani representasi aspek perangkat lunak yang terlihat oleh pengguna akhir, memberikan perhatian khusus pada desain yang efisien.

4. Konstruksi Prototipe: Melibatkan proses pembangunan prototipe dengan fokus pada pengembangan komponen perangkat lunak yang nyata.
5. Penyampaian, Umpan Balik, dan Evaluasi: Melibatkan tahap penyampaian prototipe, pengumpulan umpan balik, dan evaluasi untuk pengembangan selanjutnya. Iterasi terjadi untuk memastikan pemenuhan kebutuhan pemangku kepentingan dan pemahaman yang mendalam mengenai langkah-langkah yang diperlukan.

Paradigma ini memastikan bahwa setiap tahap dijalani dengan efisien, dengan fokus pada hasil yang nyata dan dapat diterapkan.

2.2. Perangkat Keras Prototipe Alat Deteksi

Prototipe alat deteksi terdiri atas komponen perangkat keras yang dijelaskan sebagai berikut.

2.2.1 Sensor asap (*Smoke sensor*)

Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor MQ2, sebuah perangkat yang secara khusus dirancang untuk mendeteksi gas yang memiliki kemungkinan mudah terbakar, seperti H₂, LPG, CH₄, CO, alkohol, dan asap. Meskipun sensor MQ2 memiliki kemampuan untuk mendeteksi lebih dari satu jenis zat kimia, namun dalam rancangan alat deteksi ini, sensor MQ2 difokuskan secara khusus untuk mendeteksi adanya asap[18].

Asap, sebagai target utama deteksi, merupakan suatu campuran gas yang melibatkan komponen-komponen seperti karbon dioksida (CO₂) dan karbon monoksida (CO). Lebih jauh, asap dari proses pembakaran dapat juga mengandung metana (CH₄), yang merupakan zat yang dapat menimbulkan risiko kesehatan. Melalui pemanfaatan sensor MQ2 yang diarahkan secara spesifik untuk mendeteksi asap, alat deteksi ini dapat memberikan pemahaman yang lebih rinci dan efektif terhadap potensi bahaya yang dapat timbul dari komponen-komponen gas yang terlibat dalam proses pembakaran[19].

Dengan kata lain, sensor MQ2 yang difungsikan secara khusus untuk mendeteksi asap pada alat deteksi ini memberikan ketajaman dan ketelitian deteksi yang diperlukan, sehingga memungkinkan respons yang lebih cepat terhadap potensi kebakaran atau bahaya kesehatan yang terkait dengan gas hasil pembakaran.

2.2.2 Mikrokontroler

Dalam konteks penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah Wemos D1 Board yang memiliki kemampuan konektivitas melalui modul Wifi ESP8266. Wemos D1 Board bukan hanya sebagai elemen keras, tetapi juga sebagai inti yang diprogram untuk melakukan deteksi terhadap asap[20].

Wemos D1 Board menjadi pusat kontrol yang sangat penting, karena tidak hanya melakukan deteksi fisik melalui sensor, tetapi juga mengelola dan mentransmisikan data melalui konektivitas Wifi. Penggunaan Arduino IDE sebagai lingkungan pengembangan memungkinkan programmer untuk secara efisien mengembangkan dan menyesuaikan program yang dijalankan oleh Wemos Board D1[21].

Dengan demikian, Wemos D1 Board tidak hanya berperan sebagai perangkat keras yang mengintegrasikan sensor dan modul Wifi, tetapi juga sebagai otak dari sistem deteksi ini yang dikonfigurasi sesuai kebutuhan melalui lingkungan pengembangan Arduino IDE. Ini menciptakan keberlanjutan dan fleksibilitas dalam pengembangan serta pemeliharaan sistem deteksi asap ini.

2.2.3 *Light-emitting diode (LED)*

LED, atau Light Emitting Diode, merupakan suatu perangkat semikonduktor yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan cahaya ketika diberikan tegangan listrik. Dalam konteks rancangan alat deteksi, fungsi LED tidak hanya sebagai sumber cahaya, melainkan juga sebagai indikator visual yang memberikan informasi secara langsung kepada pengguna[22].

Ketika sensor pada alat deteksi ini berhasil mendeteksi keberadaan asap, sinyal akan diteruskan ke LED. Sebagai respons, LED akan menyala, menciptakan tanda visual yang jelas dan mudah dikenali oleh pengguna. Hal ini dirancang untuk memberikan feedback instan terkait kondisi deteksi, memungkinkan pengguna untuk dengan cepat dan efektif merespons potensi bahaya yang terdeteksi oleh alat [23]. Dengan demikian, pengguna dapat dengan mudah memahami status deteksi dan mengambil langkah-langkah pencegahan yang diperlukan.

2.2.4 *Buzzer alarm*

Buzzer pada desain alat deteksi ini berperan sebagai alarm suara yang memberikan peringatan secara auditif. Modul Buzzer dilengkapi dengan komponen piezo buzzer yang terhubung ke output digital pada mikrokontroler. Ketika sinyal output digital berada pada tingkat tinggi, buzzer akan menghasilkan suara atau nada tertentu sebagai indikasi bahwa deteksi asap telah berhasil dilakukan [24].

Fungsi ini dirancang untuk memberikan respons yang lebih mendalam dan diperhatikan oleh pengguna. Saat asap terdeteksi, alarm suara dari buzzer memberikan peringatan secara langsung, sehingga pengguna dapat segera merespons dan mengambil langkah-langkah pencegahan yang diperlukan [17]. Dengan adanya elemen

suara ini, alat deteksi menjadi lebih efektif dalam memberikan informasi dan meningkatkan kesadaran terhadap potensi bahaya kebakaran.

2.2.5 Power source

Sumber daya listrik menjadi elemen kritis dalam mendukung operasional prototipe alat deteksi yang telah dikembangkan. Listrik diperlukan sebagai energi yang memasok daya ke berbagai komponen dalam prototipe, termasuk sensor, mikrokontroler, LED, buzzer, dan komponen-komponen lainnya. Pada tingkat yang lebih mendetail, mikrokontroler, seperti Wemos D1 Board, memerlukan pasokan listrik untuk menjalankan fungsi-fungsinya, termasuk proses deteksi, pemrosesan data, dan pengiriman informasi ke platform IoT. Sensor asap, dalam hal ini sensor MQ2, juga bergantung pada listrik untuk mengoperasikan mekanisme deteksinya.

Komponen visual seperti LED membutuhkan sumber daya listrik untuk menyala sebagai indikator deteksi, sedangkan buzzer membutuhkan listrik untuk menghasilkan suara peringatan. Oleh karena itu, kehandalan dan keberlanjutan pasokan listrik menjadi kunci dalam menjaga kinerja optimal prototipe alat deteksi. Dalam konteks pengembangan lebih lanjut, perlu diperhatikan pula efisiensi energi dan strategi manajemen daya agar prototipe dapat beroperasi secara efektif dan efisien dalam jangka waktu yang lebih lama tanpa ketergantungan yang terlalu besar pada sumber daya listrik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

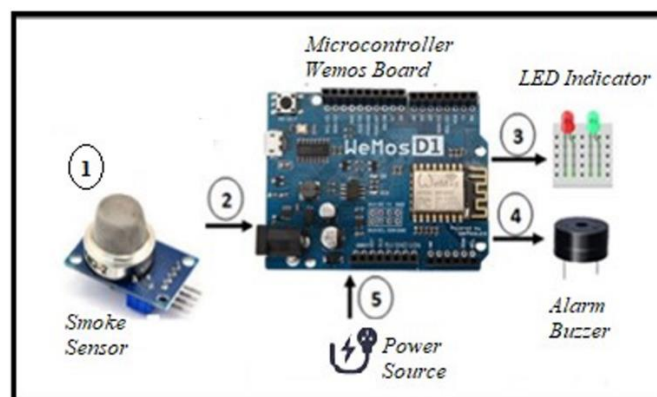
Selanjutnya, pada bagian ini akan dipaparkan mengenai hasil dari perancangan dan pelaksanaan sistem.

3.1. Desain System

Sistem deteksi asap yang telah dirancang, beserta hubungan antara setiap bagian dan komponen di dalamnya, secara keseluruhan diuraikan sebagai berikut:

1. Sensor asap (MQ-2), sebagai komponen utama dalam sistem, berfungsi untuk mendeteksi keberadaan asap dalam lingkungan sekitarnya.
2. Sensor asap ini, yakni MQ-2, terhubung secara langsung dengan mikrokontroler Wemos board, membentuk suatu koneksi yang memungkinkan transfer informasi dari sensor ke mikrokontroler.
3. Input yang diterima oleh sensor asap selanjutnya akan diproses oleh mikrokontroler Wemos board, yang bertindak sebagai pusat pengontrol dan pengolah data dalam sistem.
4. Apabila sensor mendeteksi keberadaan asap di lokasi pemasangan alat pendeteksi, maka sistem akan memberikan pemberitahuan melalui dua media, yaitu LED dan Buzzer alarm. LED akan menyala sebagai indikator visual, sementara Buzzer alarm akan menghasilkan suara peringatan, memberikan respons yang jelas terhadap deteksi asap yang dilakukan oleh sensor.

Secara rinci, ilustrasi alur sistem deteksi dapat ditemukan dalam Gambar 1. Sistem yang telah dirancang memiliki kemampuan untuk memberikan peringatan secara langsung melalui dua saluran utama, yaitu LED yang menyala sebagai indikator visual dengan memancarkan cahaya, serta alarm yang berbunyi apabila terdeteksi adanya asap. Mekanisme ini dirancang untuk memberikan respons yang jelas dan segera terhadap situasi deteksi asap, dengan LED dan alarm yang berperan sebagai media peringatan yang dapat dengan cepat diidentifikasi oleh pengguna atau pihak terkait.



Gambar 2. Desain Sistem Deteksi Asap

Komponen perangkat keras terdiri dari beberapa elemen kunci, melibatkan mikrokontroler (Wemos Board), sensor asap (smoke sensor), indikator LED, alarm Buzzer, dan sumber daya listrik sebagai sumber tenaga. Keseluruhan perangkat keras telah dirangkai dengan cermat untuk membentuk detektor asap yang

berfungsi efektif. Pengguna dapat memonitor pemberitahuan terkait indikasi adanya asap di ruangan dengan memeriksa status deteksi melalui dua media, yaitu LED dan alarm Buzzer. LED akan memberikan indikator visual dengan cahaya yang menyala, sedangkan Buzzer alarm akan menghasilkan suara sebagai tanda peringatan. Dengan cara ini, pengguna dapat dengan cepat mengetahui dan merespons situasi deteksi asap yang terjadi di lingkungan mereka.

Gambar 1 mengilustrasikan rincian dari desain sistem deteksi asap, dengan proses yang terinci sebagai berikut:

1. **Aktivasi Sensor Asap:** Sensor asap telah siap dan aktif untuk melakukan fungsi deteksi saat di dalam ruangan yang terindikasi adanya asap. Keaktifan sensor ini mencerminkan kesiapannya untuk melakukan pemantauan dan identifikasi terhadap potensi keberadaan asap, menjadikannya responsif terhadap situasi kebakaran yang mungkin terjadi.
2. **Koneksi ke Mikrokontroler Wemos Board:** Sensor asap terintegrasi dengan mikrokontroler Wemos Board melalui koneksi fisik dan logis yang memungkinkan pengontrolan sekuensial fungsi pemrosesan data. Mikrokontroler bertindak sebagai unit pusat yang bertugas mengolah data yang diterima dari sensor asap sesuai dengan parameter dan kondisi yang telah ditentukan sebelumnya. Komponen tambahan, seperti LED dan buzzer, juga tunduk pada kendali Wemos Board. Ketika sensor asap mendeteksi adanya tanda asap di sekitarnya, Wemos D1 board segera menginisiasi proses pemrosesan data yang mengarah pada aktivasi indikator visual melalui LED. Selain itu, buzzer juga diberdayakan untuk mengeluarkan notifikasi suara sebagai tanda potensi bahaya kebakaran. Proses ini dirancang untuk memberikan respons cepat dan efektif terhadap deteksi asap, memastikan adanya peringatan yang jelas dan dapat diidentifikasi oleh pengguna terkait potensi bahaya kebakaran.
3. **Fungsi LED sebagai Indikator:** LED memegang peranan penting sebagai indikator pada alat deteksi, memberikan sinyal visual yang menunjukkan kondisi deteksi asap di sekitarnya. Dalam implementasinya, terdapat dua jenis LED yang terkoneksi dengan Wemos Board. LED hijau difungsikan sebagai indikator aktivasi alat deteksi, menunjukkan bahwa alat sedang dalam keadaan aktif (ON) dan tidak mendeteksi adanya asap pada saat itu. Sementara itu, LED merah akan menyala dengan indikasi bahwa sensor mendeteksi keberadaan asap di lingkungan sekitar. Kedua LED ini secara keseluruhan diintegrasikan dengan sensor dan alarm melalui Wemos Board. Hal ini memungkinkan keterkaitan dan koordinasi yang efektif antara berbagai komponen perangkat keras, memastikan bahwa pengguna mendapatkan informasi visual yang jelas dan mudah diinterpretasikan mengenai status deteksi asap pada alat deteksi ini.
4. **Fungsi Alarm Buzzer:** Alarm buzzer merupakan komponen yang terhubung secara langsung dengan Wemos Board dan berperan sebagai pemberi notifikasi suara jika sensor mendeteksi adanya asap di sekitar. Pada saat terdeteksinya asap, buzzer akan menghasilkan suara alarm sebagai tanda peringatan potensi bahaya kebakaran. Selain buzzer, terdapat juga LED sebagai indikator visual yang memberikan notifikasi melalui cahaya yang menyala. Kedua komponen ini, buzzer dan LED, bekerja secara simultan dan terkoordinasi melalui kontrol Wemos Board. Pemberian notifikasi baik melalui suara alarm maupun cahaya yang menyala dirancang untuk memberikan pengguna dua jenis sinyal yang bersifat redundan, meningkatkan efektivitas dalam menyampaikan informasi keberadaan asap. Dengan demikian, pengguna dapat dengan cepat dan jelas mengetahui kondisi deteksi asap yang terjadi.
5. **Sumber Daya Listrik:** Perangkat keras yang terdapat pada alat deteksi, melibatkan komponen seperti Wemos Board, sensor, LED, dan buzzer, memerlukan sumber daya listrik agar dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Sumber daya ini diperoleh dan disuplai melalui aliran listrik yang diberikan kepada seluruh komponen di dalam alat deteksi. Wemos Board, sebagai pusat pengendalian utama, mendapatkan pasokan daya listrik untuk mengoperasikan berbagai fungsi termasuk pemrosesan data, pengendalian sensor, dan korelasi output seperti LED dan buzzer. Demikian pula, sensor, LED, dan buzzer membutuhkan sumber daya listrik yang stabil untuk menjalankan tugasnya masing-masing. Pentingnya sumber daya listrik dalam alat deteksi ini adalah untuk mendukung kelancaran operasional seluruh sistem. Oleh karena itu, ketersediaan dan kualitas sumber daya listrik menjadi faktor kritis dalam memastikan kehandalan dan responsivitas alat deteksi terhadap deteksi asap.

3.2. Implementasi System

Gambar. 2 menampilkan implementasi perangkat keras pada prototipe detektor asap. Komponen-komponen yang digunakan dalam prototipe sistem deteksi asap terdiri atas mikrokontroler Wemos Board, sensor asap MQ2, indikator LED, alarm Buzzer, dan jumper wires.



Gambar 3. Implementasi Sistem Deteksi Asap

Terlihat prototipe alat deteksi yang terhubung ke sumber listrik dalam kondisi aktif dan siap untuk melakukan fungsi pemantauan serta deteksi terhadap potensi bahaya kebakaran. Apabila prototipe alat mendeteksi keberadaan asap, maka buzzer alarm akan memberikan peringatan dengan suara yang berbunyi, sementara LED akan menyala. Hal ini bertujuan untuk memberikan peringatan langsung kepada penghuni rumah atau bangunan mengenai adanya potensi bahaya kebakaran.

Berdasarkan hasil pengujian akhir pada prototipe alat, dapat disimpulkan bahwa sistem deteksi asap yang telah dikembangkan berhasil menjalankan fungsi deteksi dini terhadap potensi bahaya kebakaran, sesuai dengan tujuan utama penelitian. Sistem ini diharapkan mampu efektif dalam mencegah dan menghindari terjadinya bahaya kebakaran di dalam rumah atau bangunan tertentu. Dengan implementasi sistem deteksi asap ini, diharapkan dapat mengurangi risiko kebakaran, memberikan peringatan dini, dan pada akhirnya, melindungi nyawa dan harta benda.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa sistem deteksi asap yang dikembangkan mampu menjalankan fungsi deteksi dini terhadap potensi bahaya kebakaran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe alat dapat efektif memberikan peringatan dan notifikasi saat terdeteksi adanya asap, melalui penggunaan LED dan buzzer sebagai indikator. Implementasi sistem ini diharapkan dapat memberikan perlindungan maksimal dan mencegah potensi risiko kebakaran di dalam rumah atau bangunan. Oleh karena itu, solusi ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan penghuni rumah atau bangunan dengan memberikan respons cepat terhadap situasi darurat kebakaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin menyampaikan penghargaan yang tinggi kepada Politeknik Penerbangan Indonesia Curug khususnya pada Program Studi Pertolongan Kecelakaan Pesawat dan Program Studi Teknik Mekanikal Bandara atas dukungan, fasilitas, dan dana yang diberikan untuk penelitian ini.

REFERENSI

- [1] K. Wuschke, J. Clare, and L. Garis, 'Temporal and geographic clustering of residential structure fires: A theoretical platform for targeted fire prevention', *Fire Saf. J.*, vol. 62, no. PART A, pp. 3–12, 2013.
- [2] L. Kloot, 'Performance measurement and accountability in an Australian fire service', *Int. J. Public Sect. Manag.*, vol. 22, no. 2, pp. 128–145, 2009.
- [3] C. Lehna *et al.*, 'Intervention study for changes in home fire safety knowledge in urban older adults', *Burns*, vol. 41, no. 6, pp. 1205–1211, 2015.
- [4] B. Prasetyo, T. Rohman, S. Solihin, S. Sundoro, and N. Kalbuana, 'Sosialisasi Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP)', *J. Pengabd. Kpd. Masy. Langit Biru*, vol. 2, no. 1, pp. 31–38, Mar. 2021.
- [5] N. Kalbuana, B. Kurnianto, A. Abdusshomad, and C. Indra Cahyadi, 'Peningkatan Kemampuan Personil Penerbangan Pada Pelayanan Jasa Kebandarudaraan Melalui Pendidikan Dan Pelatihan Manajemen Bandar Udara', *Pengmasku*, vol. 2, no. 1, pp. 57–65, Jun. 2022.
- [6] N. Kalbuana, O. Hendra, P. R. Aswia, D. Lestary, Kardi, and Solihin, 'Pengenalan Unit Penanggulangan Keadaan Darurat Di Bandara Bagi Siswa SMK Penerbangan di Wilayah Lampung dan Sidoarjo', *Jubaedah J. Pengabd. dan Edukasi Sekol.*, vol. 1, no. 3, pp. 232–239, 2021.
- [7] O. Hendra, D. Lestary, P. R. Aswia, N. Kalbuana, and M. Saulina, 'Pengenalan Budaya Keselamatan

- Bagi Pelajar Sekolah Menengah Kejuruan Penerbangan’, *Darmabakti J. Inov. Pengabd. dalam Penerbangan*, vol. 2, no. 2, pp. 72–77, 2022.
- [8] E. Higgins, M. Taylor, M. Jones, and P. J. G. Lisboa, ‘Understanding community fire risk - A spatial model for targeting fire prevention activities’, *Fire Saf. J.*, vol. 62, no. PART A, pp. 20–29, 2013.
- [9] W. K. Tannous *et al.*, ‘Home Fire Safety Checks in New South Wales: an economic evaluation of the pilot program’, *J. Risk Res.*, vol. 21, no. 8, pp. 1052–1067, 2018.
- [10] T. Puolokainen, ‘Reforming fire and rescue services: a comparative study of Estonia and Georgia’, *Int. J. Public Sect. Manag.*, vol. 30, no. 3, pp. 227–240, 2017.
- [11] M. Taylor, E. Higgins, P. Lisboa, I. Jarman, and A. Hussain, ‘Community fire prevention via population segmentation modelling’, *Community Dev. J.*, vol. 51, no. 2, pp. 229–247, 2016.
- [12] Å. Weinholt and T. Andersson Granberg, ‘New collaborations in daily emergency response: Applying cost-benefit analysis to new first response initiatives in the Swedish fire and rescue service’, *Int. J. Emerg. Serv.*, vol. 4, no. 2, pp. 177–193, 2015.
- [13] L. Uzliawati, N. Kalbuana, T. Budyastuti, R. Budiharjo, Kusiyah, and Ahalik, ‘The power of sustainability, corporate governance, and millennial leadership: Exploring the impact on company reputation’, *Uncertain Supply Chain Manag.*, vol. 11, no. 3, pp. 1275–1288, 2023.
- [14] I. Prasetyo *et al.*, ‘Performance Is Affected By Leadership And Work Culture: A Case Study From Indonesia’, *Acad. Strateg. Manag. J.*, vol. 20, no. SpecialIss, pp. 1–15, 2021.
- [15] I. Prasetyo, N. Aliyyah, Rusdiyanto, H. Tjaraka, N. Kalbuana, and A. S. Rochman, ‘Vocational Training Has An Influence On Employee Career Development: A Case Study Indonesia’, *Acad. Strateg. Manag. J.*, vol. 20, no. 2, pp. 1–14, 2021.
- [16] P. Hendriarto, A. Mursidi, N. Kalbuana, N. Aini, and A. Aslan, ‘Understanding the Implications of Research Skills Development Framework for Indonesian Academic Outcomes Improvement’, *J. Iqra’ Kaji. Ilmu Pendidik.*, vol. 6, no. 2, pp. 51–60, Jul. 2021.
- [17] J. M. S. Waworundeng, ‘Desain Sistem Deteksi Asap dan Api Berbasis Sensor, Mikrokontroler dan IoT’, *CogITo Smart J.*, vol. 6, no. 1, pp. 117–127, 2020.
- [18] Almuyasir, R. Putri, and S. Meliala, ‘Desain Sistem Pendeteksi Api Menggunakan Sistem Sensor Flame dan MQ-2 Berbasis Arduino Uno’, *J. Electr. Technol.*, vol. 7, no. 3, p. 2022, 2022.
- [19] M. Ruslan, M. S. Al-Amin, and E. Emidiana, ‘Perancangan Sistem Fire Alarm Kebakaran Pada Gedung Laboratorium XXX’, *J. Tekno*, vol. 18, no. 2, pp. 51–61, 2021.
- [20] P. Handoko and H. Hermawan, ‘Implementasi Arduino pada Sistem Pendeteksi Asap Berbasis IoT Untuk Gedung Perkantoran’, *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 17, no. 1, p. 30, 2023.
- [21] A. M. A. Bijaksana and Faridah, ‘Rancang Bangun Alat Pendeteksi Asap (Smoke) Dalam Ruangan Berbasis Arduino Type R3’, *J. Teknol. dan Komput.*, vol. 2, no. 01, pp. 132–136, 2022.
- [22] A. Winarno and A. J. Mastera, ‘Desain Sistem Pendeteksi Kebakaran Hutan Dengan Gps dan Telegram’, *TESLA*, vol. 25, no. 1, pp. 1–12, 2023.
- [23] G. D. Ramady, H. Yusuf, R. Hidayat, A. G. Mahardika, and N. S. Lestari, ‘Rancang Bangun Model Simulasi Sistem Pendeteksi dan Pembuangan Asap Rokok Otomatis Berbasis Arduino’, *J. Tek. Komput. AMIK BSI*, vol. 8, no. 2, pp. 174–180, 2022.
- [24] I. K. S. Buana, ‘Perancangan Aplikasi Deteksi Api dan Asap untuk Mengetahui Kebakaran Secara Real-Time dengan Pengolahan Citra Digital’, *Proceeding Semin. Nas. Sist. Inf. dan Teknol. Inf.*, pp. 319–323, 2018.