Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat
4 (4) , November 2026 Page : 3140–3152/ e-ISSN : 2986-5212
Creative Commons - Attribution 4.0 International - CC BY 4.0
DOI : https://doi.org/10.61231/58dp2s56
Received: 25-09-2026 Accepted: 09-11-2026 Publication: 14-11-2026

Peningkatan Kesiapsiagaan Kebakaran Sekolah melalui Edukasi Mitigasi dan Implementasi Early Warning System Berbasis IoT (SDGs 11)

Windarto[1)], Taqwa Putra Budi Purnomo Sidi Hiram[2)*], Jeremy Putra Pratama[3)], Justin Bongsoikrama[4)], Martini[5)]

[1,2,3,4,5]Universitas Budi Luhur, Indonesia

Email: windarto@budiluhur.ac.id[1], taqwa.putra@budiluhur.ac.id[2], 2234500128@student.budiluhur.ac.id[3], justinbongsoikrama@budiluhur.ac.id[4] , martini@budiluhur.ac.id[5]

Correspondence : taqwa.putra@budiluhur.ac.id[*]

Abstract: *This community service program aimed to provide early fire detection support and fire mitigation education at SD Budi Luhur Pondok Aren. Conducted from April to August 2026, the program used an applied-participatory approach involving needs identification, device design and assembly, basic functional testing, implementation in the computer laboratory, education, demonstration, and evaluation with the school. The device integrated smoke/gas and temperature sensors, a microcontroller, an LCD, a relay, and a buzzer for local alarms. Basic functional tests showed that sensor readings could be processed by the microcontroller, system status displayed on the LCD, and the relay and buzzer activated under the test scenarios. Education covered fire risks, initial responses when an alarm sounds, system operation, and basic maintenance. Evaluation with the principal and technical personnel identified limited alarm coverage because the laboratory is on the second floor while the security post is outside the building*

Abstrak : *Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan menyediakan perangkat pendukung deteksi dini potensi kebakaran dan memberikan edukasi mitigasi kepada pihak SD Budi Luhur Pondok Aren. Kegiatan dilaksanakan pada April hingga Agustus 2026 menggunakan pendekatan aplikatif-partisipatif melalui identifikasi kebutuhan, perancangan dan perakitan perangkat, pengujian fungsi dasar, implementasi di Laboratorium Komputer, edukasi, demonstrasi, serta evaluasi bersama mitra. Perangkat mengintegrasikan sensor asap/gas dan suhu, mikrokontroler, LCD, relay, dan buzzer sebagai alarm lokal. Pengujian fungsi dasar menunjukkan bahwa pembacaan sensor dapat diproses oleh mikrokontroler, status kondisi ditampilkan melalui LCD, serta relay dan buzzer merespons sesuai skenario pengujian. Edukasi mencakup risiko kebakaran, tindakan awal ketika alarm aktif, penggunaan sistem, dan pemeliharaan dasar perangkat. Evaluasi bersama kepala sekolah dan personel teknis mengidentifikasi keterbatasan jangkauan alarm karena laboratorium berada di lantai dua, sedangkan pos sekuriti terletak di luar gedung..*

Keywords : *Fire preparedness, Early Warning System, Internet of Things, School Preparedness, Community Service*

PENDAHULUAN

Sekolah merupakan ruang publik yang harus menjamin keselamatan peserta didik, pendidik, tenaga kependidikan, dan pengunjung sekaligus menjaga keberlangsungan proses pembelajaran (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana, 2007)

Menempatkan kesiapsiagaan, mitigasi, dan pengurangan risiko sebagai bagian dari penyelenggaraan penanggulangan bencana. (Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2019 Tentang Penyelenggaraan Program Satuan Pendidikan Aman Bencana, 2019) juga menegaskan pentingnya perlindungan warga sekolah melalui peningkatan kapasitas, penyiapan prosedur, dan penguatan sarana pendukung keselamatan

Salah satu ancaman yang perlu mendapat perhatian adalah kebakaran yang dapat dipicu oleh hubungan arus pendek, beban listrik berlebih, sambungan listrik yang tidak baik, panas pada perangkat elektronik, maupun penggunaan peralatan yang tidak sesuai. Pemberitaan mengenai 107 kejadian kebakaran yang ditangani Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kota Tangerang Selatan sepanjang tahun 2024 menunjukkan bahwa risiko kebakaran masih relevan di wilayah sekitar mitra (Tri Budi, 2025). Meskipun data tersebut tidak secara khusus menggambarkan kejadian kebakaran di sekolah, kondisi ini memperkuat pentingnya upaya pencegahan dan deteksi dini, terutama pada area yang memiliki potensi bahaya kelistrikan.

Laboratorium komputer menjadi salah satu area yang perlu mendapat perhatian karena penggunaan sejumlah perangkat elektronik secara bersamaan dan keterhubungannya dengan instalasi kelistrikan. Ketika ruangan tidak diawasi, munculnya asap atau peningkatan suhu berpotensi terlambat diketahui. Kajian keselamatan kebakaran pada sekolah dasar menunjukkan bahwa sarana proteksi, sistem penyelamatan jiwa, dan manajemen keselamatan kebakaran masih menjadi komponen yang perlu diperkuat (Lestari et al., 2011). Modul SPAB juga menempatkan mekanisme peringatan, pengorganisasian respons, dan pemeliharaan sarana sebagai bagian penting dari kesiapsiagaan sekolah (Suharwoto et al., 2015). Pemanfaatan teknologi sensor dan mikrokontroler dapat menjadi salah satu upaya untuk mendukung pemantauan kondisi lingkungan dan memberikan peringatan secara otomatis.

Berbagai pengembangan sistem deteksi berbasis sensor menunjukkan potensi penggunaan sensor asap/gas, suhu, mikrokontroler, dan perangkat keluaran sebagai pendukung deteksi awal (Belcher et al., 2022; Chan et al., 2024; Taufan et al., 2024; Windarto et al., 2016). Namun, keberadaan teknologi saja tidak menjamin kesiapsiagaan apabila alarm tidak dapat dipahami atau didengar oleh pihak yang bertanggung jawab, tidak dipelihara secara berkala, dan belum terhubung dengan prosedur respons yang jelas. Upaya peningkatan kesiapsiagaan perlu mengintegrasikan teknologi dengan edukasi dan partisipasi mitra agar pihak sekolah memahami sumber bahaya, fungsi peringatan, serta tindakan yang perlu dilakukan ketika terjadi kondisi tidak normal (Bahagia et al., 2023; Dwiningrum et al., 2020; Hiram et al., 2024; Mustari et al., 2024; Putra et al., 2021; Rahmat et al., 2024). Pendekatan ini juga sejalan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan 11, khususnya dalam penguatan ketangguhan komunitas dan pengurangan dampak bencana (ICCROM, 2025).

SD Budi Luhur Pondok Aren merupakan mitra kegiatan pengabdian yang memiliki kebutuhan

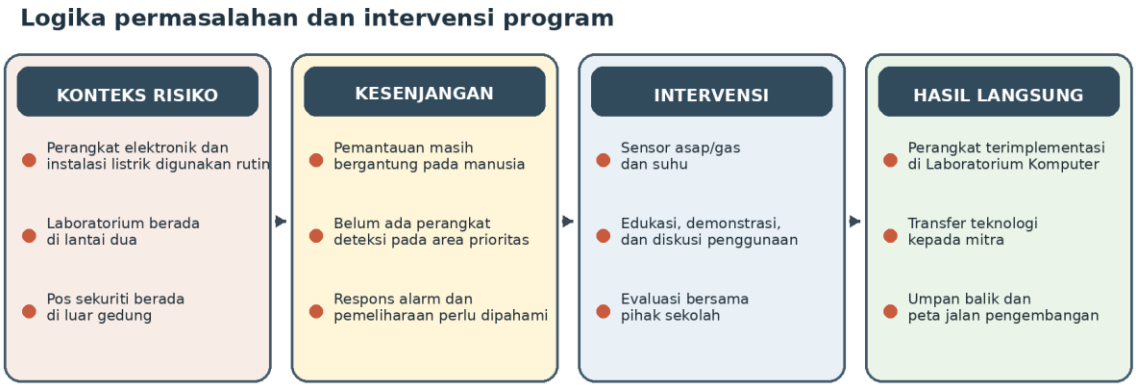
untuk memperkuat kesiapsiagaan terhadap potensi kebakaran, terutama di Laboratorium Komputer. Area tersebut digunakan untuk kegiatan pembelajaran dengan sejumlah perangkat elektronik dan terletak di lantai dua, sedangkan pos sekuriti berada di luar gedung. Perbedaan lokasi ini menjadi pertimbangan penting karena peringatan yang hanya berbunyi di laboratorium belum tentu dapat diterima oleh petugas yang berada di titik lain. Berdasarkan hasil koordinasi dan identifikasi lapangan, pemantauan terhadap munculnya asap atau peningkatan suhu masih bergantung pada pengamatan langsung sehingga berpotensi menimbulkan keterlambatan informasi ketika ruangan sedang kosong atau tidak diawasi. Sekolah juga belum memiliki perangkat deteksi berbasis sensor yang secara khusus diterapkan pada area prioritas tersebut. Selain kebutuhan perangkat, pihak sekolah perlu memahami indikator yang ditampilkan, arti alarm, tindakan awal yang aman, serta pemeriksaan dan pemeliharaan dasar perangkat.

Permasalahan mitra dapat dikelompokkan menjadi tiga dimensi, yaitu dimensi teknis berupa belum tersedianya perangkat deteksi awal pada area prioritas, dimensi operasional berupa terbatasnya jangkauan alarm lokal dan belum adanya distribusi informasi ke pos sekuriti, serta dimensi kapasitas berupa kebutuhan edukasi mengenai penggunaan perangkat, tindakan awal, dan pemeliharaan. Ketiga dimensi tersebut menjadi dasar penyusunan intervensi program agar peningkatan kesiapsiagaan tidak hanya berfokus pada penyediaan perangkat, tetapi juga mencakup kemampuan pengguna dalam memahami fungsi dan keterbatasan sistem serta merespons peringatan yang diberikan.

Program serupa sering kali berfokus pada kegiatan penyuluhan atau pembuatan prototipe secara terpisah. Kesenjangan utama pada kondisi mitra justru terletak pada keterhubungan antara perangkat, pengguna, dan mekanisme respons. Prototipe yang hanya diuji di laboratorium belum tentu sesuai dengan tata ruang sekolah, sedangkan edukasi tanpa perangkat konkret sulit memberikan pengalaman penggunaan yang kontekstual. Kegiatan pengabdian ini dirancang untuk menjembatani kesenjangan tersebut melalui identifikasi risiko pada lokasi nyata, pembuatan perangkat, pengujian fungsi dasar, implementasi, edukasi dan demonstrasi, evaluasi bersama mitra, serta serah terima perangkat. Evaluasi dan umpan balik pihak sekolah menjadi bagian penting dalam mengidentifikasi kesesuaian sistem dengan kebutuhan operasional mitra sekaligus menentukan arah pengembangan pada tahap berikutnya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian diarahkan untuk menjawab bagaimana merancang perangkat pendukung deteksi awal potensi kebakaran yang sederhana dan sesuai dengan kebutuhan Laboratorium Komputer SD Budi Luhur Pondok Aren, mengimplementasikan dan mendemonstrasikan sistem agar pihak sekolah memahami hubungan antara sensor, mikrokontroler, tampilan informasi, dan alarm, memberikan edukasi mengenai risiko kebakaran, tindakan awal ketika alarm aktif, serta pemeliharaan dasar perangkat, dan mengevaluasi kesesuaian sistem berdasarkan kondisi operasional sekolah serta umpan balik pihak mitra. Kegiatan ini bertujuan membuat dan

mengimplementasikan early warning system berbasis sensor asap/gas dan suhu, memberikan edukasi serta demonstrasi penggunaan sistem, dan memperoleh umpan balik mitra sebagai dasar penyusunan arah pengembangan. Sasaran langsung program adalah tersedianya perangkat pendukung deteksi awal pada area prioritas dan terbentuknya pemahaman dasar pihak sekolah mengenai penggunaan serta keterbatasan perangkat. Kontribusi kegiatan mencakup aspek teknis melalui penyediaan perangkat dengan alur input-process-output yang dapat diamati secara langsung, aspek kapasitas melalui transfer pengetahuan dan diskusi bersama pihak sekolah, serta aspek keberlanjutan melalui evaluasi bersama mitra untuk menghasilkan peta jalan pengembangan sistem peringatan multikanal. Manfaat kegiatan diharapkan tidak berhenti pada penyerahan perangkat, tetapi juga mencakup proses adopsi teknologi dan perencanaan pengembangan sistem yang sesuai dengan kebutuhan serta kondisi operasional sekolah. Hubungan antara konteks risiko, kesenjangan, bentuk intervensi, dan hasil langsung yang diharapkan dari program disajikan pada Gambar 1.



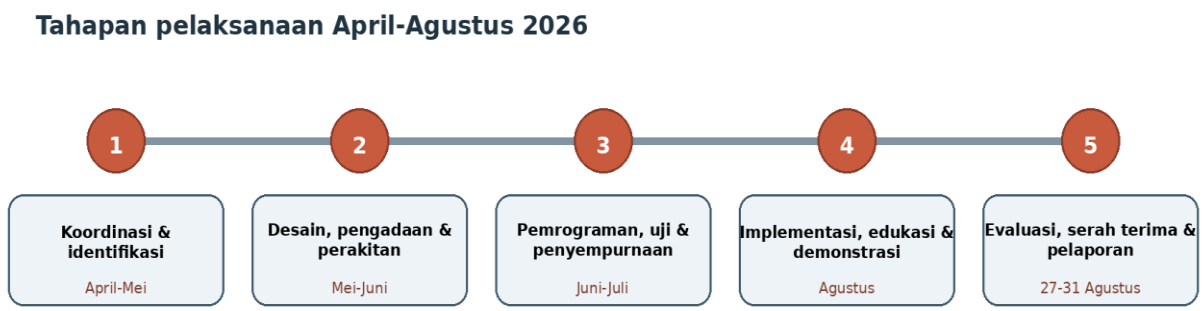
Gambar 1. Logika Permasalahan, Intervensi, Dan Hasil Langsung Program.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan aplikatif-partisipatif melalui pengembangan dan implementasi perangkat pendukung deteksi dini potensi kebakaran dengan melibatkan pihak sekolah dalam identifikasi kebutuhan, penentuan lokasi, demonstrasi, dan evaluasi. Kegiatan dilaksanakan pada April hingga Agustus 2026 di SD Budi Luhur Pondok Aren, dengan pelaksanaan utama pada Kamis, 27 Agustus 2026. Sasaran kegiatan adalah pihak sekolah sebagai pengguna perangkat, khususnya kepala sekolah dan personel teknis yang terlibat dalam evaluasi dan pengelolaan sistem. Ruang lingkup kegiatan mencakup pengembangan perangkat deteksi asap/gas dan suhu, implementasi sistem peringatan lokal, edukasi mitigasi kebakaran, demonstrasi penggunaan perangkat, evaluasi kualitatif, dan serah terima. Kegiatan ini tidak mencakup sertifikasi perangkat

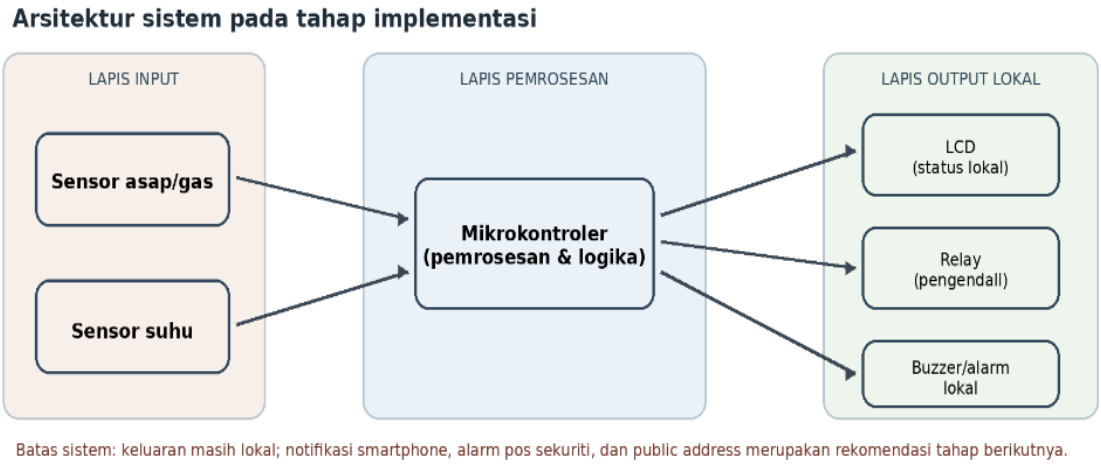
proteksi kebakaran, pengujian keandalan jangka panjang, integrasi notifikasi jarak jauh, maupun simulasi evakuasi massal siswa.

Pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui lima tahapan sebagaimana disajikan pada Gambar 2. Tahap pertama adalah koordinasi dan identifikasi kebutuhan mitra untuk menentukan Laboratorium Komputer sebagai area prioritas berdasarkan karakteristik ruangan, penggunaan perangkat elektronik, lokasi pos sekuriti, dan kebutuhan penyampaian peringatan. Tahap kedua meliputi desain sistem, pengadaan komponen, dan perakitan perangkat. Tahap ketiga mencakup pemrograman mikrokontroler, pengujian fungsi, dan penyempurnaan perangkat di laboratorium kampus. Tahap keempat adalah implementasi perangkat di lokasi mitra yang disertai edukasi dan demonstrasi penggunaan sistem. Tahap terakhir meliputi evaluasi bersama pihak sekolah, serah terima perangkat, pengelompokan dokumentasi, serta penyusunan rekomendasi pengembangan.



Gambar 2. Tahapan Dan Waktu Pelaksanaan Kegiatan.

Perangkat dikembangkan menggunakan sensor asap/gas dan suhu sebagai masukan yang diproses oleh mikrokontroler berdasarkan logika kondisi yang telah diprogram. Hasil pemrosesan ditampilkan melalui LCD, sedangkan relay dan buzzer berfungsi sebagai keluaran peringatan lokal. Komponen tersebut diintegrasikan dengan sumber daya, kabel, dan casing menjadi satu perangkat dengan alur input-process-output sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Pengujian dilakukan untuk memastikan keterhubungan antarkomponen, kestabilan sumber daya, keterbacaan tampilan LCD, dan aktivasi buzzer berdasarkan skenario uji. Implementasi sistem pada tahap ini masih terbatas pada pemantauan dan peringatan lokal serta belum mencakup pengiriman data melalui internet atau notifikasi jarak jauh. Konektivitas berbasis Internet of Things (IoT) menjadi arah pengembangan sistem pada tahap berikutnya.



Gambar 3. Arsitektur early warning system pada tahap implementasi**.**

Edukasi dan transfer teknologi dilakukan melalui penjelasan, demonstrasi, tanya jawab, serta pengamatan langsung terhadap perangkat. Materi yang diberikan mencakup potensi kebakaran akibat perangkat elektronik dan instalasi listrik, fungsi komponen dan alur kerja sistem, tindakan awal yang aman ketika alarm aktif, serta pemeriksaan dan pemeliharaan dasar perangkat. Pihak sekolah diberikan pemahaman bahwa perangkat pendukung deteksi dini tidak menggantikan alat pemadam api ringan (APAR), sistem proteksi gedung, pemeriksaan instalasi listrik, jalur evakuasi, maupun pelatihan kedaruratan.

Evaluasi dilakukan secara kualitatif melalui observasi fungsi perangkat saat demonstrasi, diskusi terarah, dan pencatatan umpan balik dari kepala sekolah serta personel teknis. Indikator evaluasi meliputi kemampuan sistem dalam membaca kondisi dan mengaktifkan peringatan, implementasi perangkat pada area yang disepakati, pelaksanaan transfer teknologi, kesesuaian sistem dengan kondisi operasional sekolah, serta tersusunnya rekomendasi pemeliharaan dan pengembangan. Mitra berpartisipasi dengan menyediakan akses lokasi, memberikan informasi mengenai kondisi ruangan, menentukan area implementasi, mengikuti demonstrasi dan diskusi, serta menerima perangkat. Umpan balik mitra digunakan sebagai dasar penyusunan rekomendasi pengembangan sistem melalui penambahan alarm pada pos sekuriti, notifikasi mobile, dan integrasi dengan sistem public address. Evaluasi tidak menggunakan pengukuran pretest-posttest maupun survei kepuasan berskala angka sehingga hasil kegiatan tidak dinyatakan sebagai peningkatan skor pengetahuan atau persentase kepuasan peserta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

. Hasil identifikasi kebutuhan di SD Budi Luhur Pondok Aren menunjukkan bahwa Laboratorium Komputer merupakan area prioritas untuk penerapan sistem deteksi dini potensi kebakaran. Ruangan

yang terletak di lantai dua ini memiliki sejumlah perangkat elektronik dan instalasi listrik yang digunakan secara rutin, sedangkan pos sekuriti berada di luar gedung. Sebelum implementasi perangkat, pemantauan terhadap indikasi asap dan peningkatan suhu masih bergantung pada keberadaan petugas atau pengguna ruangan. Kondisi tersebut menjadi dasar penerapan sistem pemantauan otomatis yang dapat memberikan informasi awal ketika terdeteksi perubahan kondisi lingkungan. Identifikasi juga menunjukkan bahwa efektivitas sistem tidak hanya ditentukan oleh kemampuan mendeteksi potensi bahaya, tetapi juga oleh keterjangkauan informasi peringatan kepada petugas yang bertanggung jawab. Laboratorium Komputer dipilih sebagai lokasi prioritas implementasi tahap awal untuk mengevaluasi fungsi dan kesesuaian sistem sebelum dikembangkan ke area sekolah lainnya.

Kegiatan pengabdian menghasilkan satu perangkat early warning system yang mengintegrasikan sensor asap/gas, sensor suhu, mikrokontroler, LCD, relay, dan buzzer dalam satu rangkaian yang ditempatkan di dalam casing. Sensor asap/gas berfungsi mendeteksi perubahan konsentrasi asap/gas sebagai indikasi awal, sedangkan sensor suhu digunakan untuk memantau kondisi temperatur lingkungan. Data dari kedua sensor diproses oleh mikrokontroler untuk menentukan status kondisi yang ditampilkan melalui LCD serta mengendalikan relay dan buzzer sebagai keluaran peringatan lokal. Hasil pengujian fungsi dasar menunjukkan bahwa perubahan pembacaan sensor dapat diteruskan dan diproses oleh mikrokontroler, nilai suhu serta status kondisi dapat ditampilkan melalui LCD, dan relay maupun buzzer dapat merespons perintah pengendali pada skenario pengujian. Hasil ini menunjukkan bahwa komponen utama telah terintegrasi secara fungsional sebagai satu sistem pendukung deteksi awal. Dokumentasi perangkat dan demonstrasi fungsi kepada mitra disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perangkat Early Warning System Dan Demonstrasi Fungsi Kepada Mitra.

Hasil pengujian tersebut sejalan dengan pengembangan sistem pendeteksi kebakaran yang memanfaatkan sensor asap/gas, sensor suhu, mikrokontroler, dan perangkat keluaran sebagai pendukung

peringatan dini awal (Belcher et al., 2022; Chan et al., 2024; Taufan et al., 2024; Windarto et al., 2016). Perbedaan kegiatan ini terletak pada implementasi perangkat di lingkungan sekolah yang disertai edukasi dan evaluasi berdasarkan kebutuhan operasional mitra. Perangkat yang dikembangkan masih menggunakan keluaran peringatan lokal dan belum terhubung dengan jaringan internet maupun sistem notifikasi jarak jauh. Pengujian yang dilakukan juga terbatas pada fungsi dasar dan belum mencakup kalibrasi terstandar, pengukuran akurasi, sensitivitas, waktu respons, serta keandalan perangkat dalam penggunaan jangka panjang. Capaian teknis kegiatan ini terbatas pada keberhasilan integrasi dan demonstrasi fungsi dasar perangkat, sehingga belum dapat digunakan untuk menyimpulkan tingkat akurasi maupun keandalan sistem dalam kondisi kebakaran yang sebenarnya.

Selain implementasi perangkat, kegiatan pengabdian mencakup edukasi dan transfer teknologi kepada pihak sekolah mengenai risiko kebakaran pada perangkat elektronik dan instalasi listrik, prinsip kerja early warning system, tindakan awal ketika alarm aktif, serta pemeriksaan dan pemeliharaan dasar perangkat. Edukasi dilakukan melalui penjelasan, demonstrasi, tanya jawab, dan diskusi agar mitra dapat mengamati secara langsung hubungan antara sensor, mikrokontroler, tampilan informasi, dan alarm. Pihak sekolah juga diberikan pemahaman bahwa aktivasi alarm merupakan sinyal untuk memeriksa kondisi secara aman, menyampaikan informasi kepada penanggung jawab, memutus sumber listrik apabila dapat dilakukan tanpa risiko, dan mengikuti prosedur kedaruratan sekolah. Penanganan kebakaran tetap harus mempertimbangkan kemampuan petugas dan ketersediaan sarana keselamatan yang sesuai. Pendekatan edukasi melalui demonstrasi dan praktik kontekstual ini sejalan dengan berbagai kajian yang menekankan pentingnya komunikasi risiko, media edukatif, dan keterlibatan komunitas sekolah dalam mendukung kesiapsiagaan bencana (Aminan et al., 2024; Arcegono et al., 2024; Bahagia et al., 2023; Hiram et al., 2024; Indra, 2024; Mustari et al., 2024; Putra et al., 2021; Rahmat et al., 2024; Wachidatullailiya et al., 2025).

Pelaksanaan edukasi dan demonstrasi turut melibatkan pihak sekolah dalam diskusi mengenai lokasi perangkat, jangkauan alarm, akses petugas, serta kemungkinan integrasi dengan fasilitas sekolah. Keterlibatan tersebut menunjukkan bahwa mitra tidak hanya menerima perangkat, tetapi juga berpartisipasi dalam mengevaluasi kesesuaian sistem dengan kondisi operasional sekolah. Dokumentasi kegiatan edukasi dan diskusi evaluatif disajikan pada Gambar 5. Meskipun kegiatan transfer teknologi telah terlaksana, evaluasi tidak menggunakan pengukuran pretest-posttest maupun survei kepuasan berskala angka. Hasil edukasi tersebut belum dapat dinyatakan sebagai peningkatan pengetahuan atau kesiapsiagaan secara kuantitatif, tetapi menunjukkan terlaksananya proses transfer teknologi dan keterlibatan mitra dalam memahami penggunaan serta keterbatasan perangkat.



Gambar 5. Edukasi dan diskusi evaluatif bersama pihak SD Budi Luhur Pondok Aren.

Evaluasi partisipatif bersama kepala sekolah dan personel teknis menghasilkan temuan bahwa jangkauan alarm lokal belum sepenuhnya sesuai dengan kondisi operasional gedung. Perangkat yang ditempatkan di Laboratorium Komputer lantai dua berpotensi tidak terdengar oleh petugas sekuriti yang berada di luar gedung. Temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan sistem peringatan tidak hanya bergantung pada kemampuan sensor dan aktivasi alarm, tetapi juga pada penyampaian informasi kepada personel yang bertanggung jawab melakukan respons. Hasil evaluasi tersebut menjadi dasar penyusunan rekomendasi pengembangan sistem yang mencakup penambahan alarm pada pos sekuriti, notifikasi melalui smartphone, integrasi dengan sistem pengeras suara sekolah, serta penyusunan panduan dan jadwal pemeriksaan perangkat secara berkala. Hubungan antara kondisi implementasi, hasil evaluasi mitra, dan rekomendasi pengembangan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil evaluasi dan rekomendasi pengembangan

No.	Hasil evaluasi mitra	Kondisi tahap pertama	Rekomendasi pengembangan
1	Peringatan perlu diketahui petugas sekuriti.	Alarm berada pada lokasi perangkat.	Menambahkan alarm/sirene di pos sekuriti.
2	Informasi bahaya perlu diterima lebih cepat oleh penanggung jawab.	Belum tersedia notifikasi pada perangkat mobile.	Mengembangkan notifikasi smartphone berbasis IoT.
3	Peringatan perlu menjangkau area gedung yang lebih luas.	Alarm masih bersifat lokal.	Mengintegrasikan sinyal dengan amplifier/public address sekolah.

No.	Hasil evaluasi mitra	Kondisi tahap pertama	Rekomendasi pengembangan
4	Perangkat harus mudah diperiksa dan dipelihara.	Fungsi dasar telah didemonstrasikan.	Menyusun panduan dan jadwal pengujian berkala.

Secara keseluruhan, capaian langsung kegiatan meliputi tersedianya perangkat pendukung deteksi awal, implementasi pada Laboratorium Komputer, terlaksananya edukasi dan demonstrasi, keterlibatan mitra dalam evaluasi, serta tersedianya dokumentasi kegiatan dan serah terima perangkat. Integrasi antara teknologi, edukasi, dan evaluasi partisipatif memberikan ruang bagi pihak sekolah untuk memahami fungsi sistem sekaligus mengidentifikasi kebutuhan pengembangan berdasarkan kondisi nyata gedung. Dari perspektif kesiapsiagaan sekolah, perangkat yang diimplementasikan mendukung komponen peringatan dini, tetapi belum mencakup seluruh aspek Satuan Pendidikan Aman Bencana (SPAB), seperti pengorganisasian respons, jalur evakuasi, titik kumpul, sarana pemadaman, dan latihan kedaruratan berkala (Suharwoto et al., 2015). Hasil kegiatan ini lebih tepat dinyatakan sebagai penguatan salah satu komponen kesiapsiagaan melalui penyediaan perangkat pendukung deteksi awal dan transfer teknologi, bukan sebagai penyelesaian seluruh risiko kebakaran di lingkungan sekolah.

Keberlanjutan program diarahkan pada pengembangan sistem peringatan multikanal secara bertahap. Pengembangan tahap berikutnya diprioritaskan pada penambahan alarm di pos sekuriti, dilanjutkan dengan notifikasi smartphone dan integrasi dengan sistem amplifier/public address sekolah agar informasi peringatan dapat menjangkau area yang lebih luas. Seluruh rekomendasi tersebut merupakan rencana pengembangan dan belum menjadi bagian dari implementasi perangkat pada kegiatan ini. Pengembangan sistem memerlukan pengujian teknis, keamanan kelistrikan, pengelolaan penerima notifikasi, serta penyelarasan dengan prosedur kedaruratan sekolah. Keberlanjutan penggunaan perangkat juga membutuhkan penetapan penanggung jawab, panduan penggunaan, jadwal pemeriksaan sensor, alarm, sumber daya dan koneksi rangkaian, serta pencatatan hasil pengujian secara berkala. Edukasi dapat diperluas kepada guru, staf, dan siswa, sedangkan latihan evakuasi dapat direncanakan setelah sekolah menyelaraskan skenario, jalur evakuasi, titik kumpul, pembagian peran, dan koordinasi dengan pihak yang berwenang.

Evaluasi pada kegiatan berikutnya perlu dilengkapi dengan pengukuran terstruktur agar efektivitas sistem dan hasil edukasi dapat dinilai secara lebih objektif. Aspek teknis dapat mencakup waktu respons sensor, tingkat keterdengaran alarm pada beberapa lokasi, keberhasilan pengiriman notifikasi, kestabilan sumber daya, dan keandalan perangkat dalam penggunaan jangka panjang. Aspek edukasi dapat dievaluasi melalui pretest-posttest, lembar observasi tindakan, dan survei kepuasan. Pengukuran tersebut perlu dirancang sebelum kegiatan dilaksanakan agar hasilnya dapat dibandingkan dan dipertanggungjawabkan. Pengembangan dan evaluasi lanjutan ini diperlukan untuk memastikan

bahwa perangkat tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga dapat mendukung penyampaian peringatan dan kesiapsiagaan operasional sekolah secara lebih menyeluruh.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat di SD Budi Luhur Pondok Aren telah menghasilkan dan mengimplementasikan early warning system berbasis sensor asap/gas dan suhu pada Laboratorium Komputer. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor, mikrokontroler, LCD, relay, dan alarm lokal dapat berfungsi sebagai satu sistem pendukung deteksi dini potensi kebakaran. Implementasi perangkat disertai edukasi, demonstrasi, dan evaluasi partisipatif yang memberikan pemahaman kepada pihak sekolah mengenai prinsip kerja sistem, tindakan awal ketika alarm aktif, serta penggunaan dan pemeliharaan dasar perangkat. Evaluasi bersama mitra mengidentifikasi keterbatasan jangkauan alarm lokal akibat perbedaan lokasi Laboratorium Komputer dan pos sekuriti. Temuan tersebut menjadi dasar rekomendasi pengembangan sistem peringatan multikanal melalui penambahan alarm di pos sekuriti, notifikasi smartphone, dan integrasi dengan pengeras suara sekolah. Kegiatan ini berkontribusi pada penguatan kesiapsiagaan melalui penyediaan perangkat pendukung deteksi awal dan transfer teknologi, tetapi belum dapat menunjukkan peningkatan kesiapsiagaan secara kuantitatif karena tidak dilakukan pengukuran sebelum dan sesudah kegiatan. Pengembangan selanjutnya perlu mencakup pengujian keandalan perangkat, evaluasi efektivitas penyampaian peringatan, dan pengukuran kesiapan respons agar sistem dapat diintegrasikan secara lebih optimal dengan tata kelola keselamatan sekolah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak SD Budi Luhur Pondok Aren, khususnya kepala sekolah dan personel teknis, atas kerja sama, dukungan, serta partisipasi aktif dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Apresiasi diberikan atas penyediaan akses lokasi, keterlibatan dalam identifikasi kebutuhan dan penentuan area implementasi, serta partisipasi dalam demonstrasi dan evaluasi perangkat. Umpan balik yang diberikan pihak sekolah menjadi dasar penyusunan rekomendasi pengembangan sistem peringatan dini yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi operasional sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

Aminan, M. H., Maulana, M. I., Handika, Y. R., Laila, E. N. N., Amalia, L. P., Ayun1, I. Q., Mubarack, G., Kahfi, M. A. K., Sari, S. P., & Setyorini, N. P. (2024). Enhancing Children ' S Awareness Of Disaster Mitigation Through Innovative Educational Media In Rambipuji Village. *Transformasi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *20*(2), 343–355.

Arcegono, W. J., Olorga, A. V, & Sumandal, M. B. (2024). Disaster Awareness and Preparedness and

Disaster Risk Reduction Practices among Secondary Schools. *International Journal of Education and Teaching Zone*, *3*(1), 1–2. https://doi.org/https://10.57092/ijetz.v3i1.149

Bahagia, B., Wibowo, R., Muniroh, L., & Alwahid, M. A. (2023). Disaster Education for Mitigate Nature Disaster at School. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, *7*(2 SE-Articles of Research), 11167–11177. https://doi.org/10.31004/jptam.v7i2.8135

Belcher, A., Esteva, M., Lam, A., Ramadhani, R., Rayhan, A., Xu, W., & Tuncer, D. (2022). *Assessing the Efficacy of IoT-based Forest Fire Detection : a Practical Use Case*. *5*, 2–6.

Chan, C. C., Alvi, S. A., Zhou, X., Durrani, S., Member, S., Wilson, N., & Yebra, M. (2024). *A Survey on IoT Ground Sensing Systems for Early Wildfire Detection : Technologies , Challenges and*.

Dwiningrum, S. I. A., Nahdi, K., Aswasulasikin, Sumunar, D. R. S., Rukiyati, & Sholikhah, E. (2020). *School Strategies In Strengthening Student Resilience In Disaster-Prone Areas*. *39*(3), 720–732. https://doi.org/10.21831/cp.v39i3.30249

Hiram, T. P. B. P. S., Bongsoikrama, J., & Pratama, J. P. (2024). The role of disaster communication against disaster mitigation programs at Mega Bangsa Vocational High School. *International Journal of Environmental, Sustainability, and Social Science*, *5*(1), 65–73. https://doi.org/10.38142/ijesss.v5i1.959

ICCROM. (2025). *SDG 11.5: Reduce the Adverse Effects of Natural Disasters*. https://ocm.iccrom.org/sdgs/sdg-11-sustainable-cities-and-communities/sdg-115-reduce-adverse-effects-natural-disasters

Indra, S. (2024). Crisis Management Strategy in Disaster Mitigation in Educational Institutions. *The Role of Prophetic Leadership and Strategic Management in the Transformation of Educational Institutions in the Islamic World*, *2*, 371–397.

Lestari, F., Fikawati, S., Syafiq, A., & Sukmaningtias, A. (2011). Kajian Keselamatan Kebakaran pada Lima Sekolah Dasar di DKI Jakarta Fire Safety Assessment at Five Elementary Schools in DKI Jakarta. *Kesmas, Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, *6*(1). https://doi.org/10.21109/kesmas.v6i1.115

Mustari, Y., Syahrul, S., Darwis, A. M., Harisa, A., & Yodang, Y. (2024). Edukasi Disaster Preparedness Sebagai Upaya Peningkatan Public Awareness pada Anak Sekolah di SMK Negeri 9 Makassar. *Jurnal Abdimas Kesehatan (JAK)*, *6*(November), 539–549. https://doi.org/10.36565/jak.v6i3.816

Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2019 Tentang Penyelenggaraan Program Satuan Pendidikan Aman Bencana. (2019). *Peraturan Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2019 Tentang Penyelenggaraan Program Satuan Pendidikan Aman Bencana* (Issue 1258).

Putra, W. P., Sasmito, D. A., & Kass, R. D. D. (2021). Development Of Disaster Mitigation Curriculum To Improve Disaster Response Capabilities At The Elementary School In Indonesia. *Journal of English Education and Development*, *5*(1). https://doi.org/10.31605/eduvelop.v5i1.920

Rahmat, H. K., Purnomo, T. P. B., Alamsyah, A. N., & Bimantara, M. A. (2024). Upaya Peningkatan Budaya Sadar Bencana Pada Siswa Guna Meningkatkan Kesiapsiagaan SMA Terpadu Baitul

Hikmah Depok Pendahuluan. *Indonesian Journal of Emerging Trends in Community Empowerment*, *2*(1), 1–10. https://ejournal.pabki.org/index.php/ETCE

Suharwoto, G., Nurwin, TD, N., Supatma, R., Dirhamsyah, & Rudianto. (2015). *MODULE 2 PILLAR 2 - SCHOOL DISASTER MANAGEMENT*. https://spab.kemendikdasmen.go.id/web/files/Module-2-Disaster-Management-at-school.pdf

Taufan, M., Waluyo, S., Amini, S., & Windarto. (2024). Rototipe Alat Deteksi Gas Dan Api Berbasis Iot Menggunakan Flame Sensor Dan Mq2 Dengan Mikrokontroler ESP32. *4th Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI)*, *3*(April), 106–114. https://senafti.budiluhur.ac.id/index.php/senafti/index

Tri Budi, S. P. (2025). *Selama 2024 Terjadi 107 Kasus Kebakaran di Tangerang Selatan*. https://tangerangekspres.disway.id/read/30411/selama-2024-terjadi-107-kasus-kebakaran-di-tangerang-selatan

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana. (2007). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*. https://peraturan.bpk.go.id/Details/39901/uu-no-24-tahun-2007

Wachidatullailiya, M., Putra, A. L. E., Qomari, I. N., Putri, S. A., & Eduat, S. M. (2025). *Disaster Education as a Strategy for Managing Flood Risk in Rural Communities : A Case Study of Trawasan Village*. *13*, 347–360. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23960/jpg

Windarto, Julian, A., & Abdullah, I. N. (2016). Purwarupa Alat Pendekteksi Dini Gejala Kebakaran dan Pengendali Listrik Menggunakan Mikrokontroler Berbasis ATMega 328P, Sensor DHT11, Sensor MQ2, dan Relay Board. *Jurnal TICOM*, 109–113.