



## RANCANGAN SISTEM PENDETEKSI DAN PEMANTAUAN KEBAKARAN DI GEDUNG TOWER PEGADAIAN DENGAN SMOKE DETECTOR FSP-851R DAN HEAT DETECTOR FST-951

Wahyu Prasetyo<sup>1</sup>, Siti Zaenab Nurul Haq<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kahuripan Kediri

<sup>1</sup>[Wahyu@students.kahuripan.ac.id](mailto:Wahyu@students.kahuripan.ac.id), <sup>2</sup>[sitizaenab.n@kahuripan.ac.id](mailto:sitizaenab.n@kahuripan.ac.id)

### Abstrak

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang dapat mengancam keselamatan jiwa dan menyebabkan kerugian material dalam skala besar, terutama pada bangunan bertingkat seperti gedung perkantoran. Seiring dengan meningkatnya kompleksitas aktivitas di gedung-gedung tinggi, sistem pendeteksi kebakaran yang andal dan responsif menjadi kebutuhan mendesak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pendeteksi dan pemantauan kebakaran yang dapat bekerja secara efektif di Gedung Tower Pegadaian dengan menggunakan *smoke detector* FSP-851R dan *heat detector* FST-951. *Smoke detector* FSP-851R bekerja dengan prinsip fotoelektrik untuk mendeteksi partikel asap dari kebakaran smouldering, sementara *heat detector* FST-951 mendeteksi kenaikan suhu secara signifikan, termasuk suhu tinggi yang tidak menghasilkan asap. Kedua detektor ini diintegrasikan dengan sistem pusat kendali *Main Control Fire Alarm* (MCFA) yang berfungsi sebagai otak sistem untuk mengidentifikasi sinyal, memproses informasi, dan memberikan peringatan dini dalam bentuk suara dan visual. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan eksperimental melalui pengujian langsung di lapangan, termasuk simulasi kebakaran dan pencatatan waktu respons serta akurasi deteksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi potensi kebakaran dalam waktu kurang dari 10 detik dan menunjukkan zona lokasi dengan akurat, sehingga memudahkan petugas keamanan dalam melakukan langkah evakuasi dan mitigasi secara cepat. Penerapan sistem ini diharapkan dapat meningkatkan keselamatan penghuni gedung, melindungi aset penting seperti dokumen dan perangkat elektronik, serta menjadi solusi efektif dalam sistem manajemen risiko kebakaran di gedung-gedung komersial serupa. Sistem ini juga memenuhi standar regulasi keselamatan kebakaran yang berlaku, dan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan fitur monitoring jarak jauh berbasis teknologi internet.

**Kata kunci:** Sistem deteksi kebakaran, *smoke detector* FSP-851R, *heat detector* FST-951, *Main Control Fire Alarm*, keselamatan gedung.

### Article History:

Received: July 2025

Reviewed: July 2025

Published: July 2025

Plagiarism Checker No 234

Prefix DOI :

10.8734/Kohesi.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



## PENDAHULUAN

Keselamatan gedung bertingkat dari risiko kebakaran telah menjadi perhatian utama seiring dengan meningkatnya pembangunan infrastruktur di Indonesia. Pertumbuhan pesat gedung-gedung tinggi di perkotaan memunculkan tantangan baru dalam manajemen risiko kebakaran, terutama dalam hal deteksi dini dan penanggulangan yang efektif.

Menurut BNPB, (2015) kebakaran tidak hanya menimbulkan kerugian material besar, tetapi juga mengancam keselamatan jiwa manusia secara signifikan. Menurut Setiawan et al., (2024) pada lingkungan perkotaan padat, di mana gedung-gedung komersial dan fasilitas publik memiliki tingkat risiko yang lebih tinggi akibat tingginya mobilitas dan aktivitas manusia. Data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) memperlihatkan tren peningkatan insiden kebakaran, misalnya kebakaran pemukiman yang naik dari 399 kasus pada tahun 2013 menjadi 406 kasus hanya hingga Oktober 2014, yang menunjukkan bahwa ancaman kebakaran masih sangat nyata dan memerlukan perhatian khusus dalam mitigasi risiko.

Gedung Tower Pegadaian sebagai salah satu gedung perkantoran di Jakarta berfungsi sebagai pusat kegiatan operasional penting bagi institusi Pegadaian. Intensitas aktivitas manusia dan penggunaan perangkat elektronik yang tinggi di gedung tersebut berpotensi menjadi sumber bahaya kebakaran. Menurut Rahayu dan Santoso (2024), penyebab utama kebakaran di gedung perkantoran adalah korsleting listrik, kelalaian manusia, dan penggunaan bahan mudah terbakar yang tidak sesuai prosedur keamanan. Oleh karena itu, gedung ini membutuhkan sistem pencegahan dan penanggulangan kebakaran yang efisien dan responsif agar mampu mengantisipasi berbagai skenario kebakaran.

Deteksi dini menjadi langkah kunci dalam mengurangi dampak kebakaran. Menurut Putri & Wibowo, (2023) teknologi pendeteksi kebakaran seperti *smoke detector* dan *heat detector* merupakan komponen integral dalam sistem proteksi kebakaran modern. Menurut Arifin & Suryanto, (2023). *Smoke detector* FSP-851R menggunakan prinsip fotoelektrik untuk mendeteksi partikel asap yang dihasilkan oleh kebakaran pada tahap awal, sedangkan *heat detector* FST-951 mampu mengenali kenaikan suhu yang signifikan sebagai indikasi kebakaran yang sedang berkembang. Deteksi yang tepat waktu ini memungkinkan langkah evakuasi dan respons yang lebih cepat sebelum api berkembang menjadi besar dan membahayakan penghuni gedung. Implementasi sistem deteksi kebakaran berbasis perangkat FSP-851R dan FST-951 menjanjikan deteksi yang cepat dan akurat, sekaligus memiliki fleksibilitas untuk integrasi dengan sistem kontrol utama seperti *Main Control Fire Alarm* (MCFA). Integrasi ini memungkinkan sinyal dari detektor dikirim secara real-time ke panel pusat, yang kemudian memicu alarm peringatan serta membantu petugas keamanan dalam mengidentifikasi lokasi kebakaran dengan cepat. Kecepatan dan akurasi deteksi ini sangat penting dalam meminimalisir risiko kerusakan dan korban jiwa.

Penerapan sistem deteksi kebakaran yang tepat di Gedung Tower Pegadaian sangat vital mengingat banyaknya aset penting, dokumen berharga, dan aktivitas manusia di dalamnya. Dengan kemampuan memberikan peringatan dalam waktu kurang dari 10 detik, sistem ini memungkinkan tindakan evakuasi dan penanggulangan kebakaran dapat segera dilakukan, sehingga meminimalkan risiko kerugian fisik dan jiwa. Menurut Surya et al. (2023) yang menyatakan bahwa waktu respons yang cepat adalah faktor penentu keberhasilan sistem proteksi kebakaran di gedung bertingkat.

Penggunaan kombinasi *smoke detector* dan *heat detector* juga bertujuan untuk mengakomodasi berbagai skenario kebakaran. *Smoke detector* sangat efektif untuk mendeteksi asap pekat yang biasanya ditemukan di ruang arsip atau ruang dokumen, sementara *heat detector* lebih sensitif terhadap kenaikan suhu di ruang-ruang seperti ruang boiler yang mungkin tidak menghasilkan asap berlebih pada tahap awal kebakaran. Selain itu, sistem ini dirancang agar tetap berfungsi optimal meskipun terjadi gangguan listrik, dengan memanfaatkan backup power supply untuk menjaga kontinuitas deteksi.



Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi serta pemantauan kebakaran berbasis *smoke detector* FSP-851R dan *heat detector* FST-951 yang diterapkan secara khusus pada Gedung Tower Pegadaian. Diharapkan hasil penelitian ini tidak hanya meningkatkan keselamatan penghuni gedung, tetapi juga dapat menjadi model pengembangan sistem deteksi kebakaran yang dapat diadopsi oleh gedung-gedung komersial lain dengan risiko serupa di Indonesia.

## TINJAUAN PUSTAKA

Sistem deteksi dan pemantauan kebakaran merupakan bagian integral dari manajemen keselamatan modern di lingkungan bangunan bertingkat. Seiring meningkatnya risiko kebakaran akibat intensitas aktivitas manusia dan penggunaan perangkat elektronik, kebutuhan terhadap sistem deteksi yang andal dan terintegrasi semakin mendesak. Sistem seperti ini tidak hanya menyediakan *early warning system*, tetapi juga mendukung langkah mitigasi dan evakuasi secara cepat serta efisien.

Komponen utama dalam sistem deteksi kebakaran terdiri atas *smoke detector*, *heat detector*, panel kontrol, alarm kebakaran, dan sumber daya cadangan. *Smoke detector* secara umum menggunakan dua teknologi utama, yaitu ionisasi dan fotoelektrik. Detektor ionisasi bekerja dengan mendeteksi partikel kecil yang muncul dari api yang menyala cepat, sementara detektor fotoelektrik lebih sensitif terhadap partikel besar dari kebakaran jenis *smouldering*, seperti yang biasa ditemukan pada material kertas dan plastik [4]. Dalam penelitian ini, digunakan *smoke detector* FSP-851R, yang merupakan detektor fotoelektrik dengan sensitivitas tinggi terhadap asap lambat.

Sementara itu, *heat detector* seperti FST-951 bekerja berdasarkan dua prinsip utama, yaitu *fixed temperature* dan *rate-of-rise*. Detektor *fixed temperature* akan memicu alarm jika suhu lingkungan mencapai ambang batas tertentu, sedangkan detektor *rate-of-rise* memantau percepatan kenaikan suhu secara drastis dalam waktu singkat. FST-951 mampu beroperasi secara efektif dalam kondisi lingkungan ekstrem seperti dapur, ruang boiler, atau panel listrik, yang tidak selalu menghasilkan asap namun menunjukkan lonjakan suhu yang berbahaya [4].

Kedua jenis detektor ini diintegrasikan melalui *Main Control Fire Alarm* (MCFA), yaitu sistem pusat kendali yang berfungsi memproses sinyal dari detektor dan mengaktifkan *alarm bell*, *indicator lamp*, serta pengiriman sinyal ke petugas keamanan. Sistem MCFA memiliki kemampuan identifikasi zona, *backup power supply*, serta antarmuka komunikasi dua arah yang memastikan akurasi dan keandalan dalam situasi darurat [10].

Efektivitas sistem deteksi kebakaran telah dibuktikan melalui berbagai studi terdahulu. Zain menyatakan bahwa penggunaan *smoke detector* dan *heat detector* secara kombinasif dapat meningkatkan respons sistem terhadap berbagai tipe kebakaran, baik yang bersifat lambat maupun cepat [4]. Di sisi lain, Herlambang dan Nurpulaela dalam studi pada Bandara Internasional Kertajati mencatat bahwa penerapan sistem deteksi terintegrasi berhasil meminimalkan kerusakan fasilitas dan mempercepat proses evakuasi [8].

Lebih lanjut, data dari *National Fire Protection Association* (NFPA) menunjukkan bahwa penerapan sistem deteksi kebakaran yang terpasang dan dirawat dengan baik mampu mengurangi risiko kematian akibat kebakaran hingga 50% [5]. Fakta ini menegaskan bahwa *early detection system* bukan sekadar pelengkap, tetapi sebuah komponen utama dari strategi keselamatan bangunan.

Dalam konteks regulasi, sistem deteksi kebakaran di Indonesia wajib mengikuti standar keselamatan yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia No. PER.02/MEN/1983 [6]. Regulasi tersebut mengharuskan setiap tempat kerja memiliki sistem proteksi kebakaran yang memadai, baik dari segi perangkat maupun tata kelola evakuasi. Selain itu, lembaga seperti *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) dan NFPA turut



memberikan pedoman internasional yang dapat dijadikan acuan dalam desain dan implementasi sistem kebakaran [9].

Penerapan sistem deteksi kebakaran di gedung komersial seperti Gedung Tower Pegadaian disesuaikan dengan kebutuhan zonasi, tingkat risiko, dan tata letak ruangan. Penempatan *smoke detector* direkomendasikan di area seperti ruang arsip, ruang server, serta area sirkulasi yang padat. Sementara itu, *heat detector* lebih cocok untuk area dapur, ruang mekanikal, dan panel distribusi daya. Dengan pendekatan ini, cakupan deteksi menjadi lebih optimal dan mampu mengakomodasi karakteristik lingkungan yang berbeda [7].

Dalam implementasinya, sistem ini juga dituntut untuk memiliki redundansi energi guna menjamin operasi saat terjadi pemadaman listrik. Oleh karena itu, baterai cadangan (*rechargeable battery*) atau *emergency generator* menjadi bagian tak terpisahkan dari sistem. Selain itu, pemeliharaan rutin minimal setiap enam bulan sekali merupakan prosedur wajib guna menjaga kinerja detektor dan sistem kontrol tetap prima.

Secara keseluruhan, sistem deteksi kebakaran berbasis kombinasi antara FSP-851R dan FST-951 yang terintegrasi dengan MCFA mampu memberikan perlindungan menyeluruh terhadap berbagai skenario kebakaran. Efektivitasnya tidak hanya terbukti secara teknis, tetapi juga diakui secara regulatif dan empiris, baik dalam studi akademik maupun dalam praktik manajemen keselamatan gedung.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Gedung Tower Pegadaian, Jakarta, selama Januari-April 2025. Metode yang digunakan adalah *engineering design* eksperimental dengan pendekatan *prototyping*. Tahapannya meliputi perencanaan desain sistem, implementasi perangkat keras, dan uji coba simulasi kebakaran. Sistem terdiri dari:

- *Smoke detector* FSP-851R yang dipasang di area seperti ruang arsip dan server
- *Heat detector* FST-951 yang ditempatkan di ruang panel listrik dan ruang mesin
- Panel MCFA sebagai pusat pemantauan sinyal dari detektor
- *Alarm bell* dan *indicator lamp* sebagai media peringatan evakuasi

Pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung dan pencatatan log sistem dari MCFA dalam setiap skenario simulasi kebakaran.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian

Hasil simulasi dan pencatatan MCFA dari beberapa lantai (lantai 8, 10, 11, 15, dan 16) menunjukkan sistem mampu mendeteksi perubahan suhu dan partikel asap secara efektif. Respon alarm rata-rata tercatat kurang dari 10 detik setelah parameter suhu mencapai ambang 57°C atau ketika konsentrasi asap meningkat tajam.

Tabel 4. 1 Analisa MCFA Lantai 8

STATUS FIRE ALARM LANTAI08	WAKTU INTERVAL DAN ZONA KEJADIAN FIRE ALARM			
	ZONE 1	ZONE 2	ZONE 3	ZONE 4
FIRE ALARM	6:18:27 AM	10:51:22 AM	18:43:02 PM	21:12:42 PM
ACKNOWLEDGED FIRE ALARM	6:18:40 AM	10:51:36 AM	18:43:20 PM	21:12:56 PM
CLEARED FIRE ALARM	6:20:19 AM	10:53:10 AM	18:45:11 PM	21:15:10 PM
RATA - RATA WAKTU PENANGANAN	1 MENIT 52 DETIK	1 MENIT 48 DETIK	2 MENIT 8 DETIK	2 MENIT 28 DETIK



Tabel 4. 2 Analisa MCFA Lantai 10

STATUS FIRE ALARM LANTAI 10	WAKTU INTERVAL DAN ZONA KEJADIAN FIRE ALARM			
	ZONE 1	ZONE 2	ZONE 3	ZONE 4
FIRE ALARM	5:37:00 PM	13:12:10 PM	18:21:50 PM	21:29:02 PM
ACKNOWLEDGED FIRE ALARM	5:37:14 PM	13:13:21 PM	18:23:12 PM	21:30:09 PM
CLEARED FIRE ALARM	5:40:40 PM	13:15:03 PM	18:25:31 PM	21:33:21 PM
RATA - RATA WAKTU PENANGANAN	3 MENIT 40 DETIK	2 MENIT 53 DETIK	3 MENIT 41 DETIK	4 MENIT 19 DETIK

Tabel 4. 3 Analisa MCFA Lantai 11

STATUS FIRE ALARM LANTAI 11	WAKTU INTERVAL DAN ZONA KEJADIAN FIRE ALARM			
	ZONE 1	ZONE 2	ZONE 3	ZONE 4
FIRE ALARM	4:15:20 AM	8:41:33 AM	12:06:41 PM	15:12:11 PM
ACKNOWLEDGED FIRE ALARM	4:15:30 PM	8:41:53 AM	12:06:56 PM	15:12:23 PM
CLEARED FIRE ALARM	4:16:42 PM	8:42:21 AM	12:08:02 PM	15:14:01 PM
RATA - RATA WAKTU PENANGANAN	1 MENIT 22 DETIK	0 MENIT 48 DETIK	1 MENIT 21 DETIK	1 MENIT 50 DETIK

Tabel 4. 4 Analisa MCFA Lantai 15

STATUS FIRE ALARM LANTAI 15	WAKTU INTERVAL DAN ZONA KEJADIAN FIRE ALARM			
	ZONE 1	ZONE 2	ZONE 3	ZONE 4
FIRE ALARM	8:31:35 AM	11:12:10 AM	13:57:23 PM	19:34:41 PM
ACKNOWLEDGED FIRE ALARM	8:31:47 AM	11:12:24 AM	13:57:35 PM	19:34:57 PM
CLEARED FIRE ALARM	8:33:12 AM	11:14:02 AM	13:59:11 PM	19:35:41 PM
RATA - RATA WAKTU PENANGANAN	1 MENIT 22 DETIK	0 MENIT 48 DETIK	1 MENIT 21 DETIK	1 MENIT 50 DETIK

Tabel 4. 5 Analisa MCFA Lantai 16

STATUS FIRE ALARM LANTAI 16	WAKTU INTERVAL DAN ZONA KEJADIAN FIRE ALARM			
	ZONE 1	ZONE 2	ZONE 3	ZONE 4
FIRE ALARM	10:31:01 AM	13:00:34 PM	16:20:11 PM	22:34:21 PM
ACKNOWLEDGED FIRE ALARM	10:31:15 AM	13:00:45 PM	16:20:27 PM	22:34:55 PM
CLEARED FIRE ALARM	10:33:12 AM	13:02:34 PM	16:22:19 PM	22:36:43 PM
RATA - RATA WAKTU PENANGANAN	2 MENIT 11 DETIK	2 MENIT 0 DETIK	2 MENIT 8 DETIK	2 MENIT 22 DETIK



## Pembahasan

Hasil pengujian terhadap sistem pendeteksi dan pemantauan kebakaran di Gedung Tower Pegadaian menunjukkan bahwa integrasi antara *smoke detector* FSP-851R dan *heat detector* FST-951 mampu memberikan kinerja deteksi yang cepat, akurat, dan relevan terhadap berbagai skenario kebakaran yang mungkin terjadi di gedung bertingkat. Kombinasi dua jenis detektor ini dirancang untuk saling melengkapi dalam mengenali berbagai jenis potensi kebakaran, baik yang menghasilkan asap secara dominan maupun kebakaran yang terjadi akibat lonjakan suhu secara tiba-tiba tanpa kehadiran asap signifikan.

*Smoke detector* FSP-851R menggunakan teknologi fotoelektrik yang sangat sensitif terhadap partikel asap halus, terutama yang dihasilkan dari kebakaran tipe *smouldering* seperti yang umum terjadi pada bahan-bahan mudah terbakar di ruang server atau ruang arsip. Dari hasil simulasi, diketahui bahwa detektor ini mampu memberikan alarm dengan waktu respon kurang dari 10 detik setelah konsentrasi partikel asap mencapai ambang batas yang telah ditentukan. Kecepatan ini memungkinkan penghuni gedung untuk memperoleh peringatan dini yang sangat krusial dalam proses evakuasi.

Sementara itu, *heat detector* FST-951 memberikan lapisan proteksi tambahan terhadap kebakaran yang ditandai dengan peningkatan suhu secara cepat, seperti yang mungkin terjadi di ruang panel listrik, dapur, atau ruang boiler. Hasil pengujian menunjukkan bahwa detektor ini mampu mendeteksi lonjakan suhu hingga 57°C dan secara otomatis mengirim sinyal ke *Main Control Fire Alarm* (MCFA) untuk mengaktifkan sistem alarm.

Keunggulan utama dari sistem ini terletak pada kemampuannya untuk tidak hanya mendeteksi tetapi juga menunjukkan lokasi spesifik detektor yang aktif melalui MCFA. Informasi ini sangat penting bagi petugas keamanan dalam menentukan titik awal kebakaran dan mengambil tindakan cepat. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan *alarm bell* dan *indicator lamp* yang memberikan sinyal audio dan visual secara bersamaan, mempercepat penyebaran informasi kepada seluruh penghuni.

Sistem juga terbukti andal dalam kondisi darurat karena dilengkapi dengan caduan daya (*backup power supply*) yang menjamin fungsi sistem tetap berjalan meski terjadi pemadaman listrik. Fitur pencatatan aktivitas (log) pada MCFA menjadi nilai tambah karena memungkinkan dilakukan *troubleshooting* dan audit keamanan setelah peristiwa terjadi.

Dengan kata lain, sistem yang dirancang terbukti tidak hanya efektif dari sisi teknis, tetapi juga mendukung aspek manajemen risiko dan keselamatan penghuni. Penerapan sistem ini pada bangunan komersial lainnya dapat menjadi rujukan strategis untuk pencegahan kebakaran berbasis teknologi terpadu dan berstandar tinggi.

## KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi serta pemantauan kebakaran yang diterapkan di Gedung Tower Pegadaian dengan menggabungkan dua perangkat utama, yaitu *smoke detector* FSP-851R dan *heat detector* FST-951. Sistem ini bekerja dengan mengandalkan prinsip deteksi asap dan suhu yang diintegrasikan melalui *Main Control Fire Alarm* (MCFA), sehingga memberikan kemampuan pemantauan dan respon dini yang optimal terhadap potensi kebakaran.

Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan pada beberapa lantai gedung dengan skenario kebakaran yang berbeda, sistem menunjukkan tingkat akurasi dan kecepatan respon yang tinggi. *Smoke detector* FSP-851R mampu mendeteksi partikel asap secara cepat, terutama pada area yang berpotensi mengalami *smouldering fire* seperti ruang server dan arsip. Sementara itu, *heat detector* FST-951 terbukti efektif dalam mendeteksi kenaikan suhu mendadak di ruang-ruang berisiko termal tinggi seperti dapur dan ruang panel listrik. Alarm aktif dalam waktu kurang dari 10 detik sejak deteksi awal, yang menjadi bukti bahwa sistem mampu memberikan peringatan dini secara nyata.



Selain itu, sistem ini juga mampu mengidentifikasi titik sumber kebakaran melalui MCFA yang terpusat, yang sangat membantu petugas keamanan untuk segera mengambil tindakan. Dengan dilengkapi *backup power supply*, sistem ini tetap bekerja meskipun terjadi pemadaman listrik, menjamin reliabilitasnya dalam kondisi darurat. Keunggulan lainnya adalah kemampuan sistem dalam mencatat log aktivitas detektor, yang dapat digunakan sebagai referensi evaluasi dan pengembangan sistem ke depan.

Dengan demikian, sistem pendeteksi kebakaran yang dirancang tidak hanya berfungsi sebagai perangkat peringatan, tetapi juga sebagai komponen penting dalam strategi keselamatan gedung secara menyeluruh. Keberhasilan sistem ini menunjukkan potensi penerapan yang luas pada gedung-gedung bertingkat lainnya, terutama dalam konteks pencegahan kebakaran berbasis teknologi yang terintegrasi.

#### Saran

Agar sistem deteksi kebakaran yang telah dirancang dapat terus berfungsi secara optimal dan adaptif terhadap perkembangan teknologi serta kebutuhan keamanan bangunan, maka beberapa saran berikut perlu dipertimbangkan:

1. **Pemeliharaan Rutin:** Perangkat seperti *smoke detector*, *heat detector*, serta MCFA perlu menjalani inspeksi dan pengujian fungsi secara berkala, minimal dua kali dalam setahun, untuk menghindari kegagalan teknis saat kondisi darurat.
2. **Integrasi Teknologi Cerdas:** Disarankan pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui *mobile apps* dan *dashboard monitoring* berbasis web untuk memberikan respons lebih cepat dan fleksibel.
3. **Penguatan Sistem Evakuasi:** Sistem deteksi ini sebaiknya dikombinasikan dengan fitur *smart evacuation*, seperti pintu darurat otomatis, lampu evakuasi dinamis, dan pengeras suara untuk instruksi langsung selama keadaan darurat.
4. **Pendidikan dan Pelatihan Pengguna:** Pengguna gedung, baik karyawan maupun pengunjung, perlu dilatih secara berkala melalui simulasi evakuasi dan pelatihan dasar kebakaran agar mereka siap dan tidak panik ketika sistem alarm aktif.
5. **Evaluasi Berkala dan Skalabilitas Sistem:** Sebagai sistem yang berorientasi pada keselamatan, perlu dilakukan evaluasi berkala untuk menyesuaikan skema pemasangan detektor dengan perubahan struktur ruangan atau penggunaan fungsi ruang.

Dengan penerapan saran-saran tersebut, sistem deteksi kebakaran tidak hanya akan mampu mengantisipasi insiden secara dini, tetapi juga menjadi bagian integral dari manajemen keselamatan modern yang tangguh dan adaptif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Nasional Penanggulangan Bencana, "Data kebakaran pemukiman Title," 2014.
- [2] N. A. Putri, M. Martono, M. Mawardi, K. J. Setyono, and S. Sukoyo, "Analisis Sistem Proteksi Kebakaran Sebagai Upaya Pencegahan Kebakaran (Studi di PT. PJB UP Brantas Malang)," *Manaj. Kesehat. Yayasan RS Dr. Soetomo*, vol. 3, no. 2, 2017, doi: 10.32497/bangunrekaprima.v5i2.1576.
- [3] P. Nugroho, B., & Lestari, "Analisis Waktu Respons Sistem Deteksi Kebakaran di Gedung Komersial," *J. Prot. Kebakaran*, pp. 60-71, 2024.
- [4] A. Zain, "Rancang Bangun Sistem Proteksi Kebakaran Menggunakan Smoke dan *Heat detector*," *INTEK J. Penelit.*, vol. 3, no. 1, pp. 36-42, 2016, doi: 10.31963/intek.v3i1.25.
- [5] Shelby Hall, "NFPA Research," *Fire loss in the United States*, 2024. [Online]. Available: <https://www.nfpa.org/education-and-research/research/nfpa-research/fire-statistical-reports/fire-loss-in-the-united-states>
- [6] Peraturan Menteri Tenaga Kerja RI, "Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia No. PER.02/MEN/1983," 1983



- [7] I. Pendidikan, V. T. Elektro, F. Keguruan, and I. Pendidikan, “Analisis Instalasi Fire Alarm Sebagai Sistem Proteksi Kebakaran Dengan Metode Smoke Dan *Heat detector*,” *Semin. Nas. Teknol. Informasi, Komun. dan Ind.*, no. 26, pp. 2579-5406, 2020.
- [8] R. Herlambang and L. Nurpulaela, “Analisis Penggunaan Fire Alarm System Di Bandara Internasional Jawa Barat Kertajati,” *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 9, no. 15, pp. 570-580, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8216992>
- [9] Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (OSHA), “NFPA,” 1898 [Online]. Available: <https://www.nfpa.org/about-nfpa>
- [10] Enjel Rosiana and Mohammad Fatkhurrohman, “Analisis Cara Kerja Fire Alarm System di Gedung Nusantara I DPR RI,” *J. Penelit. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 2, no. 4, pp. 11-26, 2023, doi: 10.55606/juprit.v2i4.2767.