

Evaluasi sistem proteksi kebakaran aktif dan pasif pada gedung Dr. Soekiman Wirjosandjojo

Merisa Ayu Pramesti^{1,*}, Fitri Nugraheni¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Sleman, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Fire protection system
Risk index method
Educational building
Fire hazard index
Fire risk index

Corresponding Author:

Merisa Ayu Pramesti
merisaayupramesti@gmail.com

Abstract

Fire safety is a fundamental requirement in educational buildings, where intensive daily activities and continuous use of electrical equipment increase the likelihood and consequences of fire incidents. This study examines the existing fire protection conditions of the Dr. Soekiman Wirjosandjojo Building at Universitas Islam Indonesia, a four-storey facility housing three faculties and various academic and administrative spaces. The evaluation integrates field observations with the Risk Index Method developed by Brzezińska and Bryant to obtain a quantitative assessment of the building's protective capacity. Data were collected on the availability, functionality, and maintenance of active and passive fire protection systems, including extinguishers, hydrants, fire pumps, smoke detectors, and evacuation routes. Each component was scored as Actual Fire Strategy Elements (Ei) and weighted according to the B2 (school) building profile. The analysis produced a Protective Measures (PM) value of 167.0, indicating a moderate level of preparedness. High scores were observed in source control and equipment maintenance, while low values were identified in the suppression and smoke control categories due to the absence of sprinklers and inadequate passive protection along escape routes. The Fire Hazard Index (FHI) was calculated at 0.904, suggesting that the building's protection level is acceptable but close to the minimum threshold. The Fire Risk Index (FRI), with a value of 0.0127, reflects a relatively low annual fire probability for educational buildings. Overall, the findings highlight the need to strengthen early suppression capabilities and improve passive fire protection to enhance occupant safety and the building's resilience against potential fire emergencies.

Copyright © 2026 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Keselamatan kebakaran merupakan elemen yang sangat penting dalam pengelolaan bangunan pendidikan, mengingat aktivitas belajar, layanan akademik, serta penggunaan perangkat elektronik berlangsung hampir sepanjang hari Bakhriansyah et al. (2025). Kompleksitas kegiatan pada institusi pendidikan menjadikan potensi bahaya kebakaran sebagai risiko yang harus diantisipasi secara serius. Hal ini terbukti dari insiden kebakaran pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Andalas (FKM Unand) di Padang pada 8 Mei 2025, di mana tiga lantai gedung kampus hangus.

Api menghanguskan area seluas sekitar 25 × 15 meter, dan total kerugian material diperkirakan mencapai Rp 4 miliar Tribun sumbar (2025).

Insiden seperti ini menunjukkan bagaimana kebakaran di lingkungan kampus dapat merusak sarana fisik serta menghentikan aktivitas akademik dalam skala besar. Kasus Unand mempertegas perlunya sistem proteksi kebakaran yang andal dan berfungsi dengan benar agar seluruh penghuni dan aset kampus terlindungi. Upaya perlindungan kebakaran dalam bangunan pada dasarnya

terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu proteksi aktif dan proteksi pasif.

Sistem proteksi aktif mencakup sarana yang bekerja untuk mendeteksi atau menanggulangi api, seperti alat pemadam api ringan (APAR), hydrant, detektor asap, alarm kebakaran, hingga sprinkler. Sementara itu, proteksi pasif berkaitan dengan elemen bangunan yang dirancang untuk menghambat perambatan api dan asap, termasuk kompartemenisasi ruang, penggunaan material tahan api, jalur evakuasi, serta tangga darurat Arvidson (2022). Regulasi nasional seperti SNI 03-1746-2000 dan Permen PU No.26/PRT/M/2008 menegaskan bahwa kedua kelompok proteksi ini harus tersedia secara memadai, berfungsi dengan baik, dan mendapatkan pemeliharaan rutin. Namun dalam praktiknya, berbagai penelitian menunjukkan bahwa banyak bangunan, termasuk fasilitas pendidikan, masih menghadapi kendala seperti kelengkapan peralatan yang belum optimal, penurunan fungsi akibat usia pakai, serta pemeliharaan yang tidak konsisten Yanto (2025). Kelemahan-kelemahan tersebut berpotensi menurunkan tingkat keselamatan, terutama pada bangunan yang digunakan secara intensif setiap hari.

Gedung Dr. Soekiman Wirjosandjojo Universitas Islam Indonesia merupakan bangunan empat lantai dengan luas sekitar 12.856 m² yang menampung tiga fakultas dan berbagai fasilitas pendukung, seperti ruang kuliah, ruang baca, kantor dosen, area administrasi, dan ruang aktivitas mahasiswa. Mobilitas penghuni berlangsung padat dari pagi hingga sore hari dengan jumlah pengguna yang besar. Gedung ini memiliki sebelas tangga yang tersebar di berbagai sisi bangunan, namun seluruhnya berfungsi sebagai tangga umum yang digunakan untuk mobilitas harian. Meskipun keberadaan tangga yang banyak dapat membantu pergerakan pengguna, tidak adanya tangga darurat terpisah menimbulkan potensi hambatan apabila terjadi kebakaran, terutama karena jalur evakuasi tidak

terlindungi dari asap maupun api. Kondisi ini menunjukkan pentingnya keberadaan sistem proteksi aktif dan pasif yang mampu bekerja secara efektif untuk mendukung proses evakuasi dan penyelamatan diri dalam situasi darurat.

Permasalahan utama yang muncul adalah belum adanya evaluasi komprehensif terhadap kondisi sistem proteksi kebakaran yang dipasang pada gedung ini. Tidak dapat dipastikan apakah seluruh komponen proteksi tersedia dalam jumlah yang memadai, berfungsi optimal, dan mendapatkan pemeliharaan sesuai standar teknis. Tanpa penilaian menyeluruh, tingkat kesiapsiagaan gedung dalam menghadapi potensi kebakaran sulit ditentukan, padahal keselamatan penghuni sangat bergantung pada keandalan sistem proteksi yang diterapkan.

Selain itu, kajian keselamatan kebakaran pada bangunan pendidikan di Indonesia masih banyak mengandalkan penilaian deskriptif atau daftar periksa kepatuhan. Pendekatan tersebut umumnya menghasilkan informasi bersifat kualitatif, sehingga tingkat risiko kebakaran belum tergambarkan secara terukur dan sulit dibandingkan antar bangunan. Kondisi ini dapat menyulitkan pengelola dalam menetapkan prioritas perbaikan, menyusun program pemeliharaan berbasis risiko, serta merumuskan strategi peningkatan sistem proteksi kebakaran secara lebih tepat sasaran. Kebutuhan akan metode evaluasi kuantitatif menjadi semakin penting mengingat intensitas penggunaan bangunan pendidikan, kepadatan penghuni, dan potensi hambatan evakuasi pada saat kondisi darurat.

Dengan demikian, meskipun penelitian ini tidak menawarkan kebaruan berupa pengembangan metode baru, kontribusi praktisnya terletak pada penerapan Risk Index Method sebagai alat ukur kuantitatif untuk menilai kapasitas proteksi dan tingkat risiko kebakaran pada bangunan pendidikan. Perhitungan Protective Measures (PM), Fire Hazard Index (FHI), dan Fire Risk Index

(FRI) diharapkan menghasilkan indikator yang operasional untuk mendukung pengambilan keputusan, termasuk penentuan prioritas intervensi dan rekomendasi peningkatan sistem proteksi kebakaran. Penerapan metode ini juga diharapkan dapat menjadi rujukan penilaian yang dapat direplikasi pada bangunan pendidikan lain.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran tingkat keselamatan kebakaran secara lebih objektif dan terukur, penelitian ini mengadopsi pendekatan penilaian dari Brzezińska dan Bryant melalui metode *Risk Index Method* sebagaimana dipublikasikan dalam artikel *Risk Index Method—A Tool for Building Fire Safety Assessments*. Metode ini memungkinkan evaluasi kuantitatif terhadap kapasitas proteksi bangunan melalui perhitungan *Protective Measures* (PM), *Fire Hazard Index* (FHI), dan *Fire Risk Index* (FRI). Penggunaan metode ini memberikan landasan ilmiah yang kuat untuk menilai kesiapan gedung dalam menghadapi potensi kebakaran berdasarkan kombinasi faktor proteksi aktif, proteksi pasif, dan manajemen keselamatan.

Keselamatan Kebakaran pada Bangunan Gedung

Keselamatan kebakaran merupakan serangkaian upaya untuk melindungi penghuni, menjaga integritas struktur bangunan, serta meminimalkan kerugian akibat kebakaran Rajab (2024). Pada bangunan publik seperti gedung universitas, risiko kebakaran cenderung lebih tinggi karena tingginya aktivitas manusia, kepadatan ruang, dan penggunaan peralatan listrik secara intensif. Di Indonesia, prinsip dan ketentuan keselamatan kebakaran diatur dalam SNI 03-1735-2000 dan SNI 03-1746-2000 yang menjadi pedoman perencanaan, penyediaan sarana proteksi, serta prosedur evakuasi dalam keadaan darurat.

Kodur dkk. (2020) membagi sistem keselamatan kebakaran ke dalam tiga

komponen utama. Pertama, proteksi aktif, yaitu perangkat yang bekerja untuk mendeteksi dan/atau menanggulangi api, seperti detektor asap, alarm kebakaran, sprinkler otomatis, *hydrant*, dan APAR. Komponen ini menyediakan respons awal yang cepat sehingga api dapat dikendalikan sebelum berkembang lebih besar. Kedua, proteksi pasif, yaitu elemen bangunan yang dirancang untuk menghambat penyebaran api dan asap, meliputi dinding tahan api, pintu tahan api, kompartemenisasi, tangga darurat, serta jalur evakuasi. Keandalan sistem ini sangat bergantung pada kualitas desain serta pemilihan material bangunan. Ketiga, manajemen kebakaran, yang mencakup pembentukan tim tanggap darurat, pelatihan evakuasi, penyusunan standar operasional prosedur (SOP), serta inspeksi rutin terhadap seluruh perangkat proteksi kebakaran.

Sistem Proteksi Kebakaran Aktif dan Pasif

Proteksi aktif

Proteksi aktif merupakan rangkaian sistem yang bekerja secara langsung ketika muncul tanda-tanda kebakaran, baik untuk mengenali sumber api maupun untuk melakukan tindakan pemadaman awal. Perangkat yang termasuk di dalamnya antara lain detektor asap, alarm kebakaran, sprinkler otomatis, jaringan *hydrant*, serta alat pemadam api ringan (APAR). Keberadaan sistem ini memberikan respons pertama agar api dapat dikendalikan sebelum berkembang menjadi kejadian yang lebih besar Weldon (1983).

Efektivitas proteksi aktif sangat dipengaruhi oleh kondisi peralatan dan pelaksanaan pemeliharaan rutin. Ratnayanti dkk. (2019) menegaskan bahwa tanpa perawatan dan pengujian berkala, sistem seperti sprinkler dan alarm kebakaran berpotensi kehilangan fungsi saat dibutuhkan. Penelitian Saugani dkk. (2020) pada bangunan pendidikan juga menunjukkan bahwa rendahnya inspeksi dan tidak adanya jadwal pengujian berkala menyebabkan banyak perangkat proteksi

aktif tidak berfungsi secara optimal. Temuan tersebut menegaskan bahwa keberadaan peralatan harus didukung oleh pengelolaan dan pemeliharaan yang konsisten.

Proteksi pasif

Proteksi pasif memiliki fungsi menahan perambatan api tanpa bantuan perangkat mekanis atau sistem otomatis. Perlindungan jenis ini menjaga kestabilan struktur bangunan dan memperlambat pergerakan asap serta panas melalui elemen bangunan yang dirancang khusus, seperti dinding, lantai, plafon, dan pintu tahan api Kurniawati (2012). Tujuannya adalah memberikan penghalang fisik yang dapat mempertahankan keselamatan struktur serta memberikan tambahan waktu bagi penghuni untuk menyelamatkan diri.

Rahardjo & Prihanton (2020) menyatakan bahwa masih banyak bangunan bertingkat di Indonesia yang belum memenuhi persyaratan proteksi pasif akibat penggunaan material dan perancangan bangunan yang tidak sesuai standar keselamatan kebakaran. Kondisi tersebut berpotensi mempercepat penyebaran api dan meningkatkan tingkat risiko kebakaran.

Proteksi aktif dan proteksi pasif merupakan satu kesatuan sistem yang saling melengkapi. Proteksi aktif memberikan respons cepat melalui deteksi dan pemadaman awal, sedangkan proteksi pasif membatasi penyebaran api serta menjaga kestabilan bangunan, sehingga penerapan keduanya secara terpadu diperlukan untuk mencapai tingkat keselamatan kebakaran yang memadai.

Metode fire risk index (FRI)

Metode *Fire Risk Index* (FRI) digunakan untuk menilai tingkat risiko kebakaran bangunan secara kuantitatif dengan mengintegrasikan faktor proteksi aktif, proteksi pasif, dan manajemen kebakaran ke dalam satu nilai indeks. Menurut Brzezińska & Bryant (2021), rumus FRI dapat ditulis sebagai:

$$FRI = FHI \times Fi \quad (1)$$

Keterangan:

FHI = *Fire Hazard Index*, rasio antara potensi bahaya dan perlindungan kebakaran.

F_i = *Fire frequency factor*, faktor frekuensi kebakaran tahunan.

Nilai FRI digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat risiko kebakaran bangunan menjadi rendah, sedang, atau tinggi, serta memungkinkan perbandingan tingkat keselamatan antarbangunan. Keunggulan metode ini terletak pada kemudahan penerapan dan sifatnya yang terukur. Namun demikian, metode FRI terutama merepresentasikan kondisi teknis sistem proteksi kebakaran dan belum sepenuhnya menggambarkan persepsi atau tingkat pelayanan keselamatan yang dirasakan oleh penghuni.

Metode

Penelitian ini menggunakan adopsi pendekatan penilaian dari Brzezińska dan Bryant melalui Risk Index Method untuk menilai kondisi eksisting sistem proteksi kebakaran pada Gedung Dr. Soekiman Wirjosandjojo. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap fasilitas proteksi kebakaran yang tersedia, mencatat jumlah serta kondisi perangkat, dan menanyakan frekuensi pemeliharaan yang dilakukan oleh pengelola gedung. Setiap komponen proteksi aktif dan pasif, seperti APAR, hydrant, detektor asap, alarm kebakaran, jalur evakuasi, dan elemen bangunan tahan api, dinilai berdasarkan keberadaan, fungsi operasional, dan kelayakan pemeliharaannya. Data yang diperoleh kemudian dikonversikan menjadi skor *Actual Fire Strategy Elements* (E_i) sesuai delapan kategori penilaian yang direkomendasikan dalam Risk Index Method sebagai dasar perhitungan Protective Measures (PM), Fire Hazard Index (FHI), dan Fire Risk Index (FRI).

Untuk menilai tingkat kesiapsiagaan gedung secara kuantitatif, penelitian ini mengadopsi metode penilaian yang dikembangkan oleh

Brzezińska dan Bryant dalam artikel *Risk Index Method—A Tool for Building Fire Safety Assessments*. Metode ini memungkinkan perhitungan tiga indikator utama, yaitu Protective Measures (PM), Fire Hazard Index (FHI), dan Fire Risk Index (FRI). Nilai PM diperoleh dari hasil perkalian antara skor E_i dan faktor pembobot (W_i) untuk masing-masing elemen berdasarkan klasifikasi bangunan B2 (school profile).

Selanjutnya, nilai FHI dihitung dari rasio antara potensi bahaya kebakaran (PH) dan total PM, sedangkan FRI diperoleh dengan mengalikan FHI dan faktor frekuensi kebakaran tahunan (F_i). Hasil analisis kuantitatif ini digunakan untuk menilai apakah sistem proteksi kebakaran gedung berada pada tingkat keamanan yang dapat diterima atau membutuhkan peningkatan lebih lanjut. Pendekatan ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas proteksi aktif, proteksi pasif, dan manajemen keselamatan kebakaran yang diterapkan di gedung tersebut.

Akan tetapi, penilaian strategi kebakaran pada penelitian ini dilakukan berdasarkan kondisi eksisting yang teramati pada saat survei lapangan, sehingga hasil yang diperoleh merepresentasikan tingkat keselamatan kebakaran gedung pada periode pengambilan data dan tidak mencerminkan dinamika perubahan kondisi sistem proteksi seiring waktu. Penetapan skor *Actual Fire Strategy Elements* (E_i) mengandalkan hasil observasi visual serta informasi pemeliharaan yang tersedia dari pengelola gedung, sehingga tingkat akurasi penilaian dipengaruhi oleh kelengkapan dokumentasi dan konsistensi pelaksanaan pemeliharaan. Pemeriksaan fungsi perangkat proteksi kebakaran dibatasi pada verifikasi operasional dasar yang dapat dilakukan di lapangan, tanpa mencakup pengujian teknis menyeluruh terhadap kinerja sistem secara terintegrasi. Selain itu, penggunaan nilai pembobot (W_i), potensi bahaya kebakaran (PH), dan faktor frekuensi kebakaran tahunan (F_i) mengacu pada parameter

rujukan *Risk Index Method* untuk klasifikasi bangunan B2 (school profile), sehingga hasil perhitungan bersifat semi-kuantitatif dan merupakan pendekatan berbasis profil risiko yang digunakan dalam metode tersebut.

Analisis dan Pembahasan

Evaluasi sistem proteksi kebakaran pada Gedung Dr. Soekiman Wirjosandjojo dilakukan melalui penilaian kondisi eksisting perangkat proteksi aktif dan pasif, kemudian dianalisis menggunakan metode Fire Risk Index (FRI). Pembahasan ini menyajikan hasil observasi lapangan secara deskriptif serta analisis kuantitatif terhadap tingkat keselamatan gedung. Pembahasan ini memadukan hasil observasi lapangan dan perhitungan indeks untuk menilai keseimbangan antara potensi bahaya kebakaran bangunan dan kapasitas proteksi yang tersedia. Dalam kerangka Risk Index Method, tingkat keselamatan tidak ditentukan oleh keberadaan perangkat secara terpisah, melainkan oleh kemampuan sistem proteksi secara keseluruhan dalam mendukung deteksi dan peringatan dini, pengendalian pertumbuhan api pada fase awal, serta perlindungan jalur evakuasi terutama dari paparan asap. Pada bangunan pendidikan, aspek keselamatan jiwa menjadi perhatian utama karena jumlah penghuni dapat tinggi pada jam operasional, variasi aktivitas ruang beragam, serta kebutuhan evakuasi harus dapat berlangsung cepat dan aman.

Kondisi eksisting sistem proteksi kebakaran

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa gedung telah dilengkapi dengan sejumlah perangkat proteksi kebakaran, terutama pada aspek proteksi aktif. Tabel berikut menyajikan ringkasan ketersediaan, kondisi, dan pemeliharaan komponen proteksi kebakaran.

Tabel 1. Evaluasi Sistem Proteksi Kebakaran Gedung Dr. Soekiman Wirjosandjojo

No	Komponen Proteksi	Ketersediaan	Pemeliharaan	Keterangan
1	Detektor Asap	± 60 unit	2–3 bulan	Banyak terpasang di gedung baru; gedung lama belum merata
2	APAR	23 unit	2–3 bulan	Kondisi baik, tersebar di beberapa lantai
3	Hydrant Gedung	± 21 titik	2–3 bulan	Termasuk hydrant outdoor ± 5 titik
4	Pompa Kebakaran	Tersedia (main & jockey)	2–3 bulan	Berfungsi baik
5	Jalur Evakuasi	Tersedia	–	Tidak ada pintu tahan api

Secara umum, perangkat proteksi aktif seperti APAR, hydrant, dan pompa kebakaran tersedia dalam jumlah cukup dan mendapatkan pemeliharaan berkala. Namun demikian, sebaran detektor asap belum merata karena sebagian besar hanya terdapat di gedung baru, sehingga pendeteksian dini di beberapa area gedung lama belum optimal. Selain itu, jalur evakuasi yang tersedia masih berupa tangga umum tanpa pintu tahan api, sehingga dapat terpapar asap apabila kebakaran terjadi.

Ditinjau dari perspektif kinerja sistem, ketidakmerataan detektor asap berimplikasi pada potensi meningkatnya waktu deteksi di area yang belum terlindungi. Kondisi ini dapat menunda proses peringatan dini dan respons awal, sehingga peluang kebakaran berkembang dari tahap awal menjadi lebih besar. Dalam kondisi tersebut, keselamatan akan lebih bergantung pada pemadaman manual dan kecepatan koordinasi evakuasi, yang pada praktiknya dipengaruhi oleh kesiapan personel dan kondisi akses di lapangan.

Dari sisi proteksi pasif, belum terdapat kompartemenisasi ruang, ketahanan api material dinding, atau keberadaan pintu tahan api di pintu-pintu penghubung antar-zona. Kondisi ini mengindikasikan bahwa proteksi pasif masih perlu ditingkatkan,

terutama untuk meminimalkan penyebaran asap dan api ke jalur evakuasi utama. Proteksi pasif berfungsi sebagai mekanisme pembatas penyebaran api dan asap yang bekerja secara inheren tanpa ketergantungan pada aktivasi peralatan maupun intervensi manusia. Apabila proteksi pasif terbatas, asap dapat menyebar lebih cepat menuju koridor atau tangga, sehingga menurunkan kelayakhunian jalur evakuasi pada fase awal kebakaran. Dengan demikian, peningkatan proteksi pasif menjadi penting untuk memperkuat fungsi pembatasan, terutama pada ruang-ruang yang terhubung langsung dengan rute evakuasi.

Profil risiko

Sebelum perhitungan FRI dilakukan, bangunan diklasifikasikan ke dalam profil risiko (*Risk Profile*) berdasarkan karakteristik penghuni dan kecepatan pertumbuhan api (fire growth rate). Untuk profil risiko dalam penelitian ini masuk dalam B2.

Tabel 2. Profil Risiko

Karakteristik Hunian	Laju Pertumbuhan Api	Profil Risiko
A (Penghuni yang terjaga dan mengenal bangunan)	1 Lambat	A1
	2 Sedang	A2
	3 Cepat	A3
	4 Sangat Cepat	A4 ^(A)
B (Penghuni yang terjaga namun tidak mengenal bangunan)	1 Lambat	B1
	2 Sedang	B2
	3 Cepat	B3
	4 Sangat Cepat	B4 ^(A)
C (Penghuni yang kemungkinan sdang tidur)	1 Lambat	C1 ^(B)
	2 Sedang	C2 ^(B)
	3 Cepat	C3 ^{(B),(C)}
	4 Sangat Cepat	C4 ^{(A),(B)}

Brzezińska & Bryant (2021)

Analisis protective measures (PM)

Perhitungan Protective Measures (PM) dilakukan berdasarkan skor Actual Fire Strategy Elements (E_i) dan faktor pembobot (W_i). Skor E_i dinilai pada rentang 0–25 dengan lima jenjang penilaian sangat buruk hingga sangat baik yang merepresentasikan ketersediaan, fungsi, dan pemenuhan ketentuan standar, sedangkan W_i mengikuti formulasi Brzezińska sesuai profil bangunan yang digunakan.

Tabel 3. Bobot Faktor Keselamatan Kebakaran (W_i)

Risk Profile / Fire Safety Factor	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
EORG	3	3	10	20	6	8	12	17	4	3	9	16
EDET	1	5	13	23	1	7	16	25	5	10	18	25
ESUP	1	1	14	21	1	3	18	23	3	3	19	25
EMAI	1	7	13	19	1	7	13	19	3	7	13	19
EFB	1	3	14	23	1	6	14	23	4	7	14	23
ESc	2	2	10	19	2	8	12	18	14	14	18	19
EPAS	8	9	17	19	9	11	18	24	10	12	19	24
ELIM	21	19	13	9	21	19	13	9	21	19	13	9

Brzezińska & Bryant (2021)

Setelah mengetahui nilai E_i dan W_i maka dapat dilakukan perhitungan Protective Measures (PM) sebagai berikut.

Tabel 4. Perhitungan Protective Measures (PM)

Faktor	E_i	W_i (B2)	$W_i \times E_i$
Organisasi (ORG)	11	1,6	17,6
Kontrol Sumber Api (LIM)	17	3,8	64,6
Proteksi Pasif (PAS)	11	2,2	24,2
Deteksi & Alarm (DET)	9	1,4	12,6
Pemadaman (SUP)	3	0,6	1,8
Smoke Control (SC)	6	1,6	9,6
Pemeliharaan (MAI)	15	1,4	21,0
Fire Brigade (FB)	13	1,2	15,6
Total PM			167,0

Nilai PM sebesar 167,0 menunjukkan bahwa gedung memiliki kapasitas proteksi yang relatif baik, terutama pada aspek pengelolaan sumber bahaya (LIM) dan pemeliharaan peralatan (MAI). Namun, aspek SUP (sistem pemadaman) memiliki skor sangat rendah karena ketidakhadiran sistem sprinkler dan keterbatasan fasilitas pemadaman awal di area tertentu. Begitu pula dengan aspek SC (smoke control) yang belum memadai akibat absennya pintu tahan api dan sistem pengendalian asap.

Nilai PM sebesar 167,0 pada dasarnya tidak dapat dinilai secara absolut sebagai baik atau buruk, karena dalam Risk Index Method kecukupan sistem proteksi ditentukan oleh perbandingan antara skor proteksi (PM) dan skor potensi bahaya (PH). Oleh karena itu, interpretasi PM harus dilakukan bersama nilai PH dan tercermin pada nilai FHI. Dalam penelitian ini, PM yang lebih besar dibandingkan PH ($PH = 1,51$) menghasilkan nilai FHI sebesar 0,904 ($FHI < 1$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa kapasitas proteksi yang tersedia masih berada pada tingkat yang dapat diterima dalam mengimbangi potensi bahaya kebakaran bangunan. Meskipun demikian, karena nilai FHI cukup dekat dengan ambang batas 1, margin keselamatan yang dimiliki bangunan relatif terbatas sehingga peningkatan pada elemen-elemen dengan skor rendah tetap diperlukan untuk memperlebar margin keselamatan dan meningkatkan ketahanan sistem terhadap kondisi non-ideal.

Jika dilihat dari komposisinya, skor PM ditopang kuat oleh elemen kontrol sumber api dan pemeliharaan yang mencerminkan adanya upaya pencegahan serta konsistensi pemeliharaan peralatan. Sebaliknya, skor rendah pada pemadaman dan pengendalian asap menunjukkan titik lemah yang berpotensi kritis pada saat kebakaran berlangsung, terutama terkait pengendalian pertumbuhan api pada fase awal dan perlindungan jalur evakuasi dari paparan asap.

Fire hazard index (FHI)

Potensi bahaya bangunan (PH) untuk profil B2 adalah 1,51.

Tabel 5. Bobot Penilaian Bahaya Kebakaran (PH)

Profil Risiko	Potensi Bahaya Kebakaran
A1	1.04
A2	1.08
A3	2.78
A4	6.13
B1	1.13

Profil Risiko	Potensi Bahaya Kebakaran
B2	1.51
B3	3.45
B4	6.70
C1	1.62
C2	1.83
C3	3.97
C3	6.83

Brzezińska & Bryant (2021)

Perhitungan FHI menggunakan rumus:

$$FHI = \frac{PH}{PM} \times 100 \quad (2)$$

$$FHI = \frac{1,51}{167} \times 100 = 0,904$$

Nilai FHI = 0,904 (< 1) menunjukkan bahwa kapasitas proteksi yang tersedia secara umum masih dapat mengimbangi tingkat potensi bahaya kebakaran gedung. Dengan kata lain, strategi proteksi kebakaran eksisting tergolong dapat diterima, namun perlu penguatan pada komponen tertentu agar memenuhi standar desain keselamatan yang ideal. Nilai FHI yang mendekati 1 mengindikasikan bahwa margin keselamatan belum terlalu lebar. Kondisi ini berarti penurunan kinerja pada satu atau beberapa elemen proteksi, seperti keterlambatan deteksi atau meningkatnya paparan asap pada jalur evakuasi, dapat lebih cepat memengaruhi tingkat keselamatan Dormohamadi et al. (2025).. Oleh sebab itu, peningkatan yang dilakukan perlu berorientasi pada elemen yang paling menentukan keselamatan jiwa pada fase awal kebakaran.

Fire risk index (FRI)

Faktor frekuensi kebakaran tahunan untuk bangunan pendidikan adalah $1,4 \times 10^{-2}$.

Tabel 6. Bobot Potensi Kebakaran Tahunan (Fi)

Jenis Hunian / Fungsi Bangunan	Probabilitas Kebakaran (per tahun)
Industri	$0,9 \times 10^{-2}$
Perkantoran	$0,4 \times 10^{-2}$
Fasilitas hiburan dan pertemuan	$0,7 \times 10^{-2}$
Rumah sakit	$2,6 \times 10^{-2}$
Sekolah	$1,4 \times 10^{-2}$

Jenis Hunian / Fungsi Bangunan	Probabilitas Kebakaran (per tahun)
Hunian (rumah tinggal)	$0,13 \times 10^{-2}$
Fasilitas makanan, minuman, hotel, asrama, dan hunian komunal	$4,6 \times 10^{-2}$
Bangunan dan layanan publik lainnya	$1,8 \times 10^{-2}$

Brzezińska & Bryant (2021)

Nilai FRI dihitung menggunakan persamaan:

$$FRI = FHI \times Fi \quad (3)$$

$$FRI = 0,904 \times 1,4 \times 10^{-2} = 0,0127$$

Nilai FRI sebesar 0,0127 menunjukkan bahwa risiko tahunan terjadinya kebakaran pada gedung berada pada kategori relatif rendah. Namun demikian, nilai ini tidak menggambarkan aspek keselamatan penghuni secara langsung, terutama terkait kemampuan evakuasi dan perlindungan struktural.

FRI bersifat probabilistik karena memadukan indikator hazard-protection dengan frekuensi kejadian pada klasifikasi bangunan. Pada bangunan pendidikan, probabilitas tahunan yang rendah tidak dapat dijadikan satu-satunya dasar kelayakan, karena konsekuensi kejadian dapat tinggi ketika terjadi pada jam operasional. Oleh sebab itu, FRI lebih tepat digunakan untuk mendukung penentuan prioritas peningkatan, sedangkan penilaian kecukupan sistem lebih menekankan interpretasi FHI dan diagnosis elemen proteksi yang lemah.

Interpretasi hasil dan identifikasi kelemahan

Interpretasi hasil penilaian menunjukkan bahwa nilai Fire Hazard Index (FHI) untuk Gedung Dr. Soekiman Wirjosandjojo adalah 0,904, yang berada di bawah ambang batas FHI < 1 yang digunakan dalam Risk Index

Method sebagai kriteria bahwa sistem proteksi kebakaran masih berada pada tingkat yang dapat diterima. Berdasarkan standar tersebut, bangunan dinilai memiliki kapasitas proteksi yang secara umum memadai terhadap tingkat potensi bahayanya. Meskipun demikian, nilai FHI yang relatif mendekati batas 1 menunjukkan bahwa margin keselamatan bangunan tidak terlalu besar sehingga peningkatan proteksi tetap diperlukan, terutama pada elemen-elemen dengan skor rendah.

Fire Risk Index (FRI) bangunan ini bernilai 0,0127, yang mengindikasikan bahwa risiko tahunan terjadinya kebakaran untuk bangunan kategori pendidikan berada pada kisaran rendah. Perlu ditekankan bahwa tidak terdapat batas baku untuk menilai kelayakan proteksi menggunakan FRI, karena nilai tersebut merupakan hasil kombinasi antara FHI dan faktor frekuensi kejadian berdasarkan klasifikasi bangunan. Dengan demikian, FRI berfungsi sebagai indikator tambahan untuk menggambarkan tingkat risiko probabilistik, sementara evaluasi utama mengenai kecukupan proteksi tetap ditentukan oleh nilai FHI.

Meskipun FHI berada pada kategori dapat diterima dan FRI mencerminkan tingkat risiko tahunan yang rendah, hasil observasi menunjukkan adanya beberapa aspek penting yang memerlukan perhatian khusus. Sistem pemadaman (SUP) merupakan komponen paling lemah karena tidak adanya sprinkler dan keterbatasan sarana pemadaman awal, sehingga potensi pertumbuhan api pada tahap awal menjadi lebih besar. Aspek pengendalian asap (SC) juga belum memadai akibat ketiadaan pintu tahan api pada jalur evakuasi yang membuat penghuni lebih rentan terpapar asap selama proses evakuasi. Kekurangan pada proteksi pasif seperti ini dapat mempercepat penyebaran asap dan api, serta menurunkan efektivitas evakuasi meskipun proteksi aktif telah tersedia.

Kelemahan pada pemadaman dan pengendalian asap menunjukkan keterkaitan

sebab-akibat. Ketika pertumbuhan api tidak cepat ditekan, produksi asap meningkat dan kondisi internal gedung memburuk lebih cepat. Pada saat yang sama, tanpa pembatasan asap yang memadai, asap lebih mudah mencapai jalur evakuasi sehingga kemampuan evakuasi penghuni dapat terganggu. Kondisi ini memperkuat urgensi penguatan pada subsistem yang berorientasi pada keselamatan evakuasi. Dalam kerangka standar nasional keselamatan kebakaran bangunan gedung, kondisi tersebut menegaskan pentingnya keterpaduan proteksi aktif, proteksi pasif, dan sarana jalan keluar. Pemeliharaan berkala pada perangkat proteksi aktif merupakan aspek positif, namun pemerataan deteksi dan perlindungan jalur evakuasi dari asap menjadi komponen penentu keselamatan jiwa. Jalur evakuasi yang masih berupa tangga umum tanpa pintu tahan api mengindikasikan perlunya peningkatan untuk memastikan jalur keluar tetap aman dari paparan asap selama proses evakuasi, serta untuk memperkuat kesesuaian terhadap prinsip perlindungan jalur keluar dan pembatasan asap yang ditekankan dalam ketentuan teknis keselamatan kebakaran.

Perbandingan kondisi dapat ditinjau dari perbedaan kondisi antara bagian gedung baru dan gedung lama. Bagian gedung baru cenderung memiliki perangkat deteksi yang lebih lengkap, sedangkan bagian gedung lama masih menunjukkan keterbatasan pemerataan deteksi. Perbedaan ini menggambarkan bahwa peningkatan fasilitas pada area tertentu belum tentu meningkatkan keselamatan gedung secara keseluruhan apabila masih terdapat area yang menjadi titik lemah. Dalam penilaian keselamatan kebakaran, bagian yang paling lemah sering menjadi penentu tingkat keselamatan total, khususnya bila area tersebut terhubung dengan koridor atau jalur evakuasi utama. Oleh karena itu, strategi peningkatan perlu diarahkan untuk menyamakan tingkat perlindungan antar area, terutama pada area yang memiliki aktivitas rutin dan potensi okupansi tinggi.

Sejalan dengan pembacaan risk-based melalui FHI/FRI dan identifikasi elemen dengan skor terendah, prioritas peningkatan sebaiknya difokuskan pada penguatan pemadaman dini untuk menekan pertumbuhan api sejak awal dan penguatan pengendalian asap pada jalur evakuasi agar jalur keluar tetap aman digunakan. Penguatan proteksi pasif juga diperlukan untuk meningkatkan kemampuan pembatasan perambatan asap dan api antar zona, sehingga keselamatan penghuni tidak bertumpu pada respons manual semata dan tingkat perlindungan antar bagian gedung dapat menjadi lebih setara.

Berdasarkan kelemahan tersebut, rekomendasi teknis yang dipertegas dan diprioritaskan adalah sebagai berikut. (1) Peningkatan sistem pemadaman (SUP) melalui perencanaan dan pemasangan sprinkler otomatis, dengan prioritas pada area berisiko dan berokupansi tinggi (misalnya ruang kelas, koridor utama, ruang administrasi, serta ruang penyimpanan/arsip). Upaya ini perlu disertai evaluasi ulang kecukupan sarana pemadaman awal (APAR dan hydrant) agar jumlah, sebaran, aksesibilitas, dan kondisi operasionalnya memenuhi kebutuhan tiap lantai. (2) Peningkatan pengendalian asap (SC) melalui pemasangan pintu tahan api pada jalur evakuasi dan upaya pemisahan jalur evakuasi dari ruang aktivitas untuk membatasi infiltrasi asap, sehingga jalur keluar tetap berfungsi pada fase awal kebakaran. (3) Penguatan proteksi pasif melalui peninjauan kompartemenisasi dan penutupan jalur perambatan api/asap pada bukaan vertikal, shaft utilitas, serta celah pada pertemuan dinding/plafon/lantai, termasuk memastikan elemen penahan api bekerja sesuai fungsinya. (4) Penguatan manajemen keselamatan kebakaran melalui penyusunan dan penerapan jadwal inspeksi serta pemeliharaan berkala yang terdokumentasi, termasuk pengujian fungsi perangkat proteksi aktif, pembaruan SOP dan rambu/prosedur evakuasi, serta pelatihan dan simulasi evakuasi bagi

penghuni dan petugas gedung. Rekomendasi ini ditujukan untuk memperbesar margin keselamatan, menekan potensi pertumbuhan api pada tahap awal, serta meningkatkan keandalan evakuasi dengan meminimalkan paparan asap pada jalur keluar.

Untuk memastikan rekomendasi memberikan dampak yang terukur, peningkatan sebaiknya dinilai dari perbaikan kinerja sistem secara menyeluruh. Pemerataan deteksi akan mempercepat peringatan dini, penguatan pemadaman dini atau otomatis akan menekan laju pertumbuhan api, dan peningkatan proteksi pasif serta pengendalian asap akan menjaga jalur evakuasi tetap layak digunakan selama proses evakuasi. Dengan orientasi berbasis kinerja tersebut, penguatan yang dilakukan menjadi lebih selaras dengan prinsip keselamatan kebakaran bangunan dan lebih efektif dalam memperlebar margin keselamatan yang tersirat dari nilai FHI yang mendekati ambang batas.

Kesimpulan

Penelitian ini mengevaluasi tingkat keselamatan kebakaran Gedung Dr. Soekiman Wirjosandjojo melalui analisis kondisi eksisting sistem proteksi kebakaran serta penilaian kuantitatif menggunakan *Risk Index Method*. Hasil observasi menunjukkan bahwa gedung telah dilengkapi sejumlah perangkat proteksi aktif seperti APAR, hydrant, pompa kebakaran, dan detektor asap, dengan pemeliharaan yang relatif rutin. Namun demikian, distribusi detektor yang belum merata serta ketidakhadiran sistem pemadaman otomatis dan elemen proteksi pasif seperti pintu tahan api menunjukkan bahwa kesiapan gedung belum sepenuhnya optimal.

Perhitungan Protective Measures (PM) menghasilkan nilai 167,0, yang mencerminkan kapasitas proteksi pada tingkat sedang dengan variasi yang cukup signifikan antar-elemen. Fire Hazard Index (FHI) sebesar 0,904 berada di bawah batas 1, yang berarti bahwa kapasitas proteksi

masih dapat mengimbangi tingkat potensi bahaya kebakaran. Meskipun demikian, nilai tersebut mendekati ambang aman sehingga peningkatan pada elemen-elemen tertentu tetap diperlukan. Fire Risk Index (FRI) sebesar 0,0127 mengindikasikan bahwa risiko tahunan terjadinya kebakaran secara probabilistik tergolong rendah untuk kategori bangunan pendidikan, namun tidak dapat dijadikan dasar penilaian kecukupan proteksi.

Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem proteksi kebakaran pada Gedung Dr. Soekiman Wirjosandjojo berada pada tingkat yang cukup baik dari sisi teknis, tetapi masih menyimpan kelemahan mendasar yang dapat memengaruhi keselamatan penghuni apabila terjadi kebakaran. Aspek yang memerlukan prioritas peningkatan adalah sistem pemadaman awal dan elemen proteksi pasif, terutama pada jalur evakuasi. Penguatan kedua aspek tersebut akan meningkatkan ketahanan bangunan serta memperbesar margin keselamatan yang diperlukan untuk menghadapi potensi kebakaran di masa mendatang.

Daftar Pustaka

- Arvidson, M. (2022). Active fire protection systems for residential applications. In *Residential Fire Safety: An Interdisciplinary Approach* (pp. 177–196). Springer.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000a). *SNI 03-1735-2000: Tata Cara Kompartemenisasi Bangunan Gedung*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000b). *SNI 03-1745-2000: Tata Cara Perencanaan Sistem Hidran untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan*.
- Bakhriansyah, H. M., Anhar, V. Y., & Noor, I. H. (2025). *Meningkatkan Kesiapsiagaan Bencana Pada Sekolah*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- Brzezińska, D., & Bryant, P. (2021). Risk index method—A tool for building fire safety assessments. *Applied Sciences*, 11(8), 3566.
- Dormohamadi, M., Kanafani, K., Birgisdottir, H., Dragsted, A., & Hoxha, E. (2025). Assessing the Environmental Impacts of Passive and Active Fire Protection Strategies. *Results in Engineering*, 108530.
- Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (2008). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2008 tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan*.
- Kodur, V., Kumar, P., & Rafi, M. M. (2020). Fire hazard in buildings: review, assessment and strategies for improving fire safety. *PSU Research Review*, 4(1), 1–23.
- Kurniawati, E. (2012). *Evaluasi Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Apartemen Ditinjau Dari Sarana Penyelamatan Dan Sistem Proteksi Pasif (Studi Kasus Apartemen Solo Paragon)*.
- Rahardjo, H. A., & Prihanton, M. (2020). The most critical issues and challenges of fire safety for building sustainability in Jakarta. *Journal of Building Engineering*, 29, 101133.
- Rajab, R. D. (2024). *Evaluasi Sistem Manajemen Tanggap Darurat Bencana Dan Kebakaran Pada Gedung FTI UII Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia.
- Ratnayanti, K. R., Hajati, N. L., & Utama, M. I. R. (2019). Evaluasi Sistem Proteksi Aktif dan Pasif sebagai Upaya Penanggulangan Bahaya Kebakaran pada Gedung X Mall. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 3(1).
- Saugani, M. S., Saleh, F., Prayuda, H., Tiyan, L., & Al Zakina, B. L. (2020). Evaluasi Pengelolaan, Pengawasan dan Pengendalian Sistem Proteksi Kebakaran pada Gedung di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. *Semesta Teknika*, 23(2), 175–181.
- Tribunsumbar. (2025, May 8). *Padamkan Kebakaran Kampus UNAND, Keraahkan 7 Armada Damkar*. Tribunsumbar.
- Weldon, S. W. (1983). Fire protection systems and fire prevention techniques. In *Museum, Archive, and Library Security* (pp. 177–234). Elsevier.
- Yanto, M. (2025). *Manajemen sarana dan prasarana pendidikan*. CV Eureka Media Aksara.