

EVALUATION OF FIRE PROTECTION SYSTEMS AND EVACUATION TIME ESTIMATION USING PATHFINDER IN BUILDING X

Article History:

Received
02 January 2026
Revised
17 January 2026
Accepted
04 February 2026

**MUHAMMAD ALGHAZALI¹, KATARINA RINI
RATNAYANTI²**

¹Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Itenas, Indonesia

²Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Itenas, Indonesia

Email: muhammad.alghazali@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Kebakaran merupakan ancaman serius terhadap keselamatan penghuni, terutama pada gedung dengan aktivitas dan jumlah pengguna yang tinggi. Penelitian ini mengevaluasi sistem proteksi kebakaran serta menganalisis waktu evakuasi penghuni Gedung X Kota Bandung. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif melalui observasi lapangan, wawancara dengan pihak terkait, pengumpulan data fasilitas keselamatan, analisis gap terhadap standar yang berlaku, serta simulasi evakuasi menggunakan perangkat lunak Pathfinder. Evaluasi menghasilkan Nilai Keandalan Sistem Keselamatan Bangunan (NKS KB) dan waktu evakuasi pada kondisi normal serta pengaruh kepanikan. Hasil menunjukkan nilai NKS KB sebesar 7,8% dengan kategori kurang. Simulasi evakuasi menunjukkan waktu 132,8 detik pada kondisi normal dan menurun menjadi 101,3 detik pada kondisi pengaruh kepanikan. Temuan ini menegaskan perlunya peningkatan sistem proteksi kebakaran dan sarana evakuasi guna meningkatkan keselamatan penghuni.

Kata kunci: sistem proteksi kebakaran, NKS KB, waktu evakuasi, pathfinder

ABSTRACT

Fire poses a serious threat to occupant safety, especially in buildings with high activity and large numbers of users. This study evaluates the fire protection system and analyzes occupant evacuation time in Building X, Bandung City. A descriptive quantitative method was applied through field observations, interviews with relevant stakeholders, collection of safety facility data, gap analysis against applicable standards, and evacuation simulation using Pathfinder software. The evaluation produced the Building Safety Reliability Index (NKS KB) and evacuation times under normal and panic influenced conditions. Results show an NKS KB value of 7.8%, classified as poor. Simulations indicate evacuation times of 132.8 seconds under normal conditions, decreasing to 101.3 seconds under panic influence. These findings highlight the need to improve occupant safety outcomes.

Keywords: fire protection system, NKS KB, evacuation time, Pathfinder

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



1. PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang dapat te bangunan gedung dengan tingkat aktivitas tinggi dan jumlah penghuni yang banyak. Berdasarkan penyebab kejadiannya, kebakaran dapat digolongkan sebagai bencana alam (*natural disaster*) maupun bencana non-alam yang diakibatkan oleh kelalaian manusia (*man-made disaster*) (Nurwulandari 2016). Oleh karena itu, setiap bangunan gedung perlu dilengkapi dengan sistem proteksi kebakaran yang memadai guna meminimalkan risiko korban jiwa serta dampak kerugian saat terjadi keadaan darurat.

Sistem proteksi kebakaran terdiri atas sistem proteksi aktif dan sistem proteksi pasif. Sistem proteksi aktif meliputi APAP (Alat Pemadam Api *Portable*), hidran, *sprinkler*, alarm kebakaran, serta detektor asap yang berfungsi untuk mendeteksi dan memadamkan api secara langsung saat kebakaran terjadi. Sementara itu, sistem proteksi pasif mencakup jalur evakuasi, tangga darurat, pintu tahan api, serta pembagian ruang tahan api yang berperan dalam memperlambat penyebaran api dan asap sekaligus membantu proses evakuasi penghuni. Selain kedua sistem tersebut, manajemen keselamatan kebakaran juga memiliki peran penting dalam mendukung upaya penyelamatan jiwa melalui penerapan prosedur tanggap darurat, pelatihan penghuni, serta kesiapan petugas, sehingga seluruh komponen dapat bekerja secara terpadu saat terjadi keadaan darurat.

Namun, keberadaan sistem proteksi kebakaran saja belum cukup apabila tidak didukung oleh proses evakuasi yang baik. Evakuasi merupakan upaya memindahkan penghuni dari area berbahaya menuju tempat yang lebih aman melalui jalur yang telah ditentukan. Keberhasilan evakuasi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kondisi dan lebar jalur evakuasi, kapasitas pintu dan tangga darurat, jumlah penghuni di dalam gedung, serta perilaku manusia saat menghadapi situasi darurat, termasuk kemungkinan terjadinya kepanikan. Oleh karena itu, diperlukan analisis terhadap proses evakuasi untuk memastikan bahwa seluruh penghuni dapat keluar dari gedung dalam waktu yang aman.

Untuk mendukung tersebut, dilakukan simulasi evakuasi menggunakan perangkat lunak *Pathfinder*. Simulasi ini digunakan untuk memodelkan pergerakan penghuni di dalam gedung berdasarkan kondisi nyata bangunan, sehingga dapat diperoleh estimasi waktu evakuasi pada kondisi normal maupun pada kondisi yang dipengaruhi kepanikan.

Gedung X Kota Bandung merupakan bangunan dengan penggunaan yang cukup tinggi, sehingga memiliki potensi risiko kebakaran yang perlu mendapat perhatian khusus. Aktivitas yang padat serta jumlah penghuni yang relatif banyak dapat meningkatkan tingkat kerentanan apabila terjadi kebakaran. Namun demikian, tingkat keandalan sistem proteksi kebakaran yang tersedia serta kemampuan bangunan dalam mendukung proses evakuasi penghuni belum diketahui secara pasti. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi sistem proteksi kebakaran dan mengestimasi waktu evakuasi penghuni pada Gedung X Kota Bandung. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi peningkatan keselamatan bangunan, khususnya dalam upaya meminimalkan risiko korban jiwa dan kerugian saat terjadi kebakaran.

2. METODA PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk menggambarkan kondisi nyata sistem proteksi kebakaran pada Gedung X Kota Bandung. Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan yang berkaitan dengan sistem proteksi kebakaran pada gedung tersebut. Hasil identifikasi kemudian

digunakan sebagai dasar perumusan masalah. Selanjutnya, dilakukan studi literatur untuk memperoleh referensi yang relevan, meliputi penelitian terdahulu, literatur terkait gedung dan kebakaran, serta peraturan pemerintah yang mengatur sistem proteksi kebakaran pada bangunan gedung. Setelah itu, disusun metode pengumpulan data yang terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi dan wawancara langsung. Observasi dilakukan dengan meninjau seluruh area Gedung X Kota Bandung untuk melihat kondisi sistem proteksi kebakaran yang tersedia, sedangkan wawancara dilakukan dengan pihak pengelola gedung guna memperoleh informasi pendukung. Selain data primer, penelitian ini juga menggunakan data sekunder berupa dokumen yang telah tersedia, seperti jumlah penghuni, denah bangunan, serta denah lokasi alat proteksi kebakaran yang terpasang. Seluruh data yang telah terkumpul kemudian dianalisis menggunakan metode analisis gap dengan cara membandingkan kondisi eksisting di lapangan dengan kondisi yang diharapkan berdasarkan standar yang berlaku. Melalui analisis ini dapat diketahui tingkat kesenjangan sistem proteksi aktif dan pasif kebakaran pada gedung, kemudian kesenjangan tersebut diberi nilai apakah sudah sesuai dengan peraturan yang berlaku. Selanjutnya dilakukan perhitungan persentase kesesuaian Nilai tersebut dijumlahkan, dirata-ratakan, lalu dikalikan 100% untuk mendapatkan tingkat kesesuaian. Berdasarkan hasil analisis tersebut, selanjutnya disusun rekomendasi yang dapat dijadikan acuan oleh pihak gedung dalam upaya peningkatan keselamatan kebakaran. Berdasarkan nilai dan bobot tersebut dihitung Nilai Keandalan Sistem Keselamatan Bangunan (NKS KB) untuk mengetahui tingkat keandalan sistem keselamatan kebakaran Gedung X. Setelah melakukan evaluasi terhadap sistem proteksi aktif dan pasif penelitian ini akan menggunakan Software *Pathfinder*. Software *Pathfinder* digunakan untuk mensimulasikan proses evakuasi dengan menampilkan pergerakan setiap individu dalam kondisi darurat, seperti kebakaran, melalui visualisasi tiga dimensi. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung, simulasi ini bertujuan untuk mengevaluasi desain jalur evakuasi serta memperkirakan waktu tempuh penghuni menuju titik kumpul yang aman. Dalam penggunaannya, *Pathfinder* memerlukan beberapa data, antara lain denah bangunan, letak pintu, tangga, jalur evakuasi, serta jumlah penghuni. Pemodelan bangunan dibuat sesuai dengan kondisi dan ukuran sebenarnya agar hasil simulasi lebih akurat. Data jumlah penghuni digunakan untuk menggambarkan pergerakan setiap orang saat proses evakuasi. Simulasi dilakukan dengan memasukkan kecepatan berjalan berdasarkan kelompok usia, yang diambil dari penelitian Richard W. B dan A. Williams A, serta Naoval D. A., Hening L., Purwo S. R., dan Andri S. Setelah itu, simulasi dijalankan untuk memperoleh waktu evakuasi pada kondisi normal. Selanjutnya, kecepatan tersebut dikalikan sebesar 1,37 untuk merepresentasikan pengaruh kepanikan, sesuai penelitian Li Qi, Cao Xiongzhi, Xiong Xiaoling, dan Yang Chang yang menyatakan bahwa kecepatan evakuasi dapat meningkat sekitar 1,25–1,49 kali, dengan rata-rata 1,37 kali. Kecepatan baru ini kemudian dimasukkan kembali ke *Pathfinder* dan simulasi dijalankan ulang untuk memperoleh waktu evakuasi saat dipengaruhi kepanikan, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan.

A. Kriteria Penilaian

Penilaian komponen sistem keselamatan bangunan terhadap risiko kebakaran dikelompokkan ke dalam tiga kategori, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat Audit Kebakaran (Puslitbang Permukiman, 2005)

Nilai	Kesesuaian	Keandalan
>80-100	Sesuai dengan syarat	Baik (B)
60-80	Terpasang tetapi ada sebagian kecil instalasi yang tidak sesuai persyaratan	Cukup (C)
<60	Tidak sesuai sama sekali	Kurang(K)

Nilai kategori Baik (B) disetarakan dengan nilai 100, kategori Cukup (C) bernilai 80, dan kategori Kurang (K) bernilai 60, sedangkan sub-variabel yang tidak tersedia diberi nilai 0. Karena penilaian terdiri atas empat komponen utama, maka pembobotan setiap parameter ditetapkan berdasarkan tabel pembobotan komponen sistem keselamatan bangunan.

Tabel 2. Pembobotan Parameter Komponen Sistem Keselamatan Bangunan (Puslitbang Permukiman, 2005)

No	Parameter KSKB	Bobot KSKB (%)
1	Kelengkapan Tapak	25
2	Sarana Penyelamatan	25
3	Sistem Proteksi Aktif	24
4	Sistem Proteksi Pasif	26

B. Nilai Keandalan Sistem Keselamatan Bangunan (NKS KB)

Analisis gap dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting sistem proteksi kebakaran gedung dibandingkan dengan kriteria proteksi kebakaran yang telah ditetapkan. Hasil analisis gap ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan Nilai Keandalan Sistem Keselamatan Bangunan (NKS KB) serta penyusunan rekomendasi perbaikan. Berdasarkan nilai NKS KB yang diperoleh, tingkat keandalan sistem keselamatan bangunan dikelompokkan ke dalam beberapa kategori, yaitu Baik (B) apabila nilai NKS KB berada pada rentang 80%–100%, Cukup (C) apabila berada pada rentang 60%–80%, dan Kurang (K) apabila nilai NKS KB kurang dari 60%.

C. Software Pathfinder

Pathfinder, yang dikembangkan oleh *Thunderhead Engineering* merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk mengukur, mengevaluasi, serta mensimulasikan kondisi darurat pada suatu bangunan. Aplikasi ini mampu menampilkan pergerakan setiap penghuni dalam proses evakuasi melalui visualisasi tiga dimensi, sehingga memberikan gambaran nyata mengenai perilaku pengguna bangunan saat terjadi keadaan darurat. Melalui simulasi ini, dapat dianalisis efektivitas jalur evakuasi yang telah dirancang, termasuk penggunaan pintu, tangga, dan akses keluar menuju titik kumpul yang aman. Selain itu, *Pathfinder* juga digunakan untuk memperkirakan waktu tempuh evakuasi berdasarkan jumlah penghuni dan kecepatan pergerakan, sehingga hasil simulasi dapat menjadi bahan evaluasi dalam meningkatkan sistem keselamatan bangunan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Objek penelitian ini adalah Gedung X yang berada di Kota Bandung. Gedung ini terdiri dari dua tingkatan untuk kegiatan belajar mengajar yaitu jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP) dan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Gedung ini merupakan bangunan pendidikan yang digunakan untuk kegiatan belajar mengajar dengan tingkat aktivitas harian yang cukup tinggi seperti penggunaan laboratorium kendaraan ringan. Kondisi ini menjadikan Gedung X Kota Bandung memiliki potensi risiko kebakaran yang perlu mendapat perhatian khusus. Oleh karena itu, Gedung X dipilih sebagai objek penelitian untuk mengevaluasi sistem proteksi kebakaran yang meliputi sistem proteksi aktif dan pasif, serta menganalisis kemampuan gedung dalam mendukung proses evakuasi penghuni menuju titik kumpul yang aman saat terjadi keadaan darurat.

Berdasarkan hasil analisis gap yang telah dilakukan, diperoleh persentase kesesuaian antara kondisi sistem proteksi aktif, pasif dan manajemen eksisting Gedung X dengan standar yang digunakan sebagai acuan. Berikut hasil dari analisis gap dan presentase kesesuaiannya:

A. Sistem Proteksi Aktif

Sistem proteksi aktif meliputi Detektor Asap, Alarm Kebakaran, Hidran, APAP (Alat Pemadam Api *Portable*) dan *Sprinkler*. Akan dibandingkan dengan kondisi yang seharusnya sesuai dengan standar yang berlaku untuk setiap alatnya.

1. Detektor Asap

Setelah melakukan analisis gap dari beberapa kondisi yang diharapkan tidak ada yang sesuai mengenai detektor kebakaran. Karena detektor yang terpasang sudah tidak berfungsi maka dari itu, rata-rata persentase kesesuaian adalah 0% yang berarti kondisinya dikatakan kurang dan tidak sesuai dengan SNI 03-3985-2000. Berdasarkan hasil evaluasi kondisi eksisting dan analisis kesesuaian terhadap SNI 03-3985-2000, direkomendasikan agar Gedung X Kota Bandung dilakukan peningkatan sistem proteksi kebakaran dengan pemasangan detektor yang sesuai dengan karakteristik ruang. Pada ruang laboratorium kendaraan ringan, disarankan menggunakan detektor panas (*heat detector*) mengingat potensi panas dan asap non-kebakaran yang dapat memicu alarm palsu apabila menggunakan detektor asap. Sementara itu, pada ruang-ruang lainnya disarankan dipasang detektor asap. Seluruh detektor yang dipasang direkomendasikan berupa detektor otomatis yang terhubung dengan sistem alarm kebakaran, sehingga alarm dapat berbunyi secara otomatis ketika terdeteksi asap atau peningkatan suhu yang melebihi batas aman. Walaupun SNI 03-3985-2000 juga mengatur penggunaan alarm manual, penggunaan sistem deteksi dan alarm otomatis dinilai lebih efektif karena mampu memberikan peringatan dini secara cepat dan meningkatkan keselamatan penghuni gedung saat terjadi kebakaran.

2. Alarm Kebakaran

Setelah melakukan analisis gap dari beberapa kondisi yang diharapkan tidak ada yang sesuai mengenai alarm kebakaran. Karena detektor yang terpasang sudah tidak berfungsi. Maka dari itu, rata-rata persentasenya adalah 0% yang berarti kondisinya dikatakan kurang dan tidak sesuai dengan SNI 03-398-2000. Berdasarkan hasil evaluasi kondisi eksisting, diketahui bahwa sistem alarm kebakaran di Gedung X Kota Bandung tidak berfungsi atau tidak aktif. Mengacu pada SNI 03-3985-2000, sistem alarm kebakaran pada bangunan gedung pada dasarnya menggunakan alarm manual sebagai sarana peringatan kebakaran. Namun demikian, direkomendasikan agar Gedung X Kota Bandung dilakukan perbaikan dan pengaktifan kembali sistem alarm kebakaran, serta dipertimbangkan penerapan sistem alarm kebakaran otomatis yang terintegrasi dengan detektor, guna meningkatkan kecepatan penyampaian peringatan dini dan keselamatan penghuni gedung apabila terjadi kebakaran.

3. Hidran

Setelah melakukan analisis gap dari kondisi yang diharapkan tidak ada yang sesuai mengenai sistem *hydrant* karena pada Gedung X Kota Bandung tidak terpasang sistem *hydrant*. Maka dari itu rata-rata presentase kesesuaiannya adalah 0% yang berarti kondisi tidak terpasang sistem hydrant tidak sesuai dengan peraturan Kepmen No. 10/KPTS/2000. Rekomendasi yang dapat diberikan adalah pemasangan hidran gedung dan hidran halaman. Hidran gedung diperlukan untuk mendukung upaya pemadaman kebakaran pada lantai atas yang tidak dapat dijangkau. Selain itu, hidran halaman diperlukan sebagai titik penyambungan suplai air bagi mobil pemadam kebakaran, mengingat keterbatasan akses kendaraan pemadam menuju Gedung X Kota Bandung sehingga mobil pemadam tidak dapat menjangkau bangunan secara

langsung. Dengan adanya sistem hidran gedung dan hidran halaman, diharapkan proses pemadaman kebakaran dapat dilakukan secara lebih efektif dan cepat.

4. APAP (Alat Pemadam Api *Portable*)

Setelah melakukan analisis gap dari kondisi yang diharapkan tidak ada satupun yang sesuai mengenai sistem APAP karena pada Gedung X Kota Bandung tidak terpasang sistem APAP. Maka dari itu rata-rata presentase kesesuaiannya adalah 0% yang berarti kondisi tidak terpasang sistem APAP. Berdasarkan tabel diatas, jumlah dan penempatan APAP pada kondisi eksisting Gedung X Kota Bandung belum memenuhi ketentuan SNI 03-1745-2000 karena belum terpasangnya sistem APAP padahal pada SNI dikatakan setiap bangunan wajib dilengkapi dengan APAP yang jumlah, jenis, dan penempatannya disesuaikan dengan luas bangunan serta tingkat risiko kebakaran pada masing-masing area. Oleh karena itu, direkomendasikan penambahan APAP sesuai hasil perhitungan kebutuhan, yaitu sebanyak 16 unit dengan jenis yang disesuaikan dengan potensi bahaya kebakaran pada setiap area. APAP bubuk kering digunakan pada laboratorium teknik kendaraan ringan, sedangkan APAP berisi cairan digunakan pada ruang kelas, ruang guru, dan area lain dengan dominasi material mudah terbakar seperti kertas, kayu dan yang lainnya.

5. *Sprinkler*

Berdasarkan hasil observasi di lapangan dan evaluasi terhadap ketentuan Kepmen PU No. 10/KPTS/2000, Gedung X Kota Bandung memiliki jumlah lantai maksimal 4 lantai dengan tinggi efektif bangunan tidak melebihi 14 m. Oleh karena itu, pemasangan sistem proteksi kebakaran aktif berupa *sprinkler* tidak menjadi persyaratan wajib. Dengan tidak terpasangnya sistem sprinkler pada kondisi eksisting, Gedung X Kota Bandung dinyatakan 0%.

B. Sistem Proteksi Pasif

Sistem proteksi aktif meliputi tangga darurat, pintu darurat, koridor, tanda petunjuk arah dan tempat berhimpun. Akan dibandingkan dengan kondisi yang seharusnya sesuai dengan standar yang berlaku untuk setiap alatnya.

1. Tangga Darurat

Berdasarkan semua kondisi yang diharapkan terkait tangga darurat menurut SNI 03-1746-2000 tidak ada yang terpenuhi di Gedung Sekolah X Bandung Hasil tingkat kesesuaiannya adalah 0%. Dengan demikian, tingkat kesesuaian tangga darurat di Gedung Sekolah X Bandung dapat dikategorikan kurang. Pada standar bangunan gedung 4 lantai itu harus menggunakan tangga darurat yang terpisah dari tangga utama. Jika satu tangga tertutup api atau asap, penghuni siswa atau guru masih memiliki jalur alternatif di sisi lain gedung. Maka dari itu dari tabel diatas dapat direkomendasikan membuat tangga darurat yang terpisah letaknya dengan tangga utama dan jangan menggunakan tangga utama sebagai tangga darurat.

2. Pintu Darurat

Kondisi yang diharapkan mengenai pintu darurat menurut SNI 03-1746-2000 tidak ada yang sesuai dan juga pada Gedung X Kota Bandung belum terpasang pintu darurat, sehingga presentase kesesuaiannya 0% yang dikategorikan kurang dan tidak sesuai dengan SNI 03-1746-2000. Oleh karena itu, direkomendasikan agar Gedung X Kota Bandung segera memasang pintu darurat sebagai bagian untuk penyelamatan terhadap bahaya kebakaran dan langsung terhubung dengan tangga darurat kemudian tangga darurat yang langsung mengarahkan ke luar gedung.

3. Koridor

Presentase kesesuaian rata-rata untuk koridor yang terpasang pada Gedung X Kota Bandung adalah 75% maka kondisi eksisting sudah sesuai yang diharapkan. Tetapi pada ada kondisi dimana partisi atau sekat yang berbahan kayu lebih baik di ganti dengan berbahan yang tingkat ketahanan terhadap api yang lebih tinggi seperti kaca,

beton atau bahan yang lainnya. Dan ada koridor yang lebarnya tidak sesuai dengan peraturan berlaku. Namun dapat lihat dari presentase kesesuaian dikategorikan cukup. Dari hal ini dapat direkomendasikan agar dilakukan perbaikan dengan mengganti partisi berbahan kayu menjadi material yang lebih tahan api serta menyesuaikan lebar koridor yang belum memenuhi ketentuan, guna meningkatkan keselamatan jalur evakuasi.

4. Tanda Petunjuk Arah

Presentase kesesuaian rata-rata untuk tanda petunjuk arah yang terpasang pada Gedung X Kota Bandung adalah 0%, karena petunjuk arah pada Gedung X Kota Bandung masih belum terpasang, dan untuk rata-rata presentase kesesuaian 0% maka kondisinya dapat dikatakan masih kurang. Direkomendasikan pemasangan tanda petunjuk arah evakuasi pada Gedung X Kota Bandung sesuai ketentuan yang berlaku, karena pada kondisi eksisting tanda tersebut belum tersedia sehingga tingkat kesesuaiannya masih 0%. Pemasangan tanda petunjuk arah diperlukan untuk memudahkan penghuni dalam mengenali jalur evakuasi menuju pintu keluar dan titik kumpul saat terjadi keadaan darurat kebakaran.

5. Tempat Berhimpun

Presentase kesesuaian untuk tempat berhimpun yang terdapat pada Gedung X Kota Bandung adalah 0% maka kondisi ini dapat dikatakan kurang, maka dari hal ini dapat diberikan rekomendasi yaitu agar Gedung X Kota Bandung dilengkapi dengan penanda atau papan bertuliskan "Titik Kumpul" pada area sekolah yang berfungsi sebagai tempat berhimpun. Pemasangan penanda titik kumpul diperlukan untuk memperjelas lokasi tempat berhimpun dan memudahkan penghuni setelah melakukan evakuasi.

C. Manajemen Keselamatan Kebakaran Gedung Pada Gedung X

Manajemen keselamatan kebakaran pada Gedung X Kota Bandung kondisinya tidak terpenuhi. Hal ini terjadi karena Gedung X Kota Bandung belum memiliki prosedur tanggap darurat kebakaran, tidak ada struktur organisasi manajemen keselamatan kebakaran, serta belum didukung oleh sumber daya manusia yang memiliki kompetensi di bidang kebakaran dan belum pernah melaksanakan pelatihan penanggulangan kebakaran. Gedung X Kota Bandung mempunyai rata-rata presentase kesesuaian sebesar 0% yang berarti manajemen keselamatan kebakaran di Gedung Sekolah X Bandung tergolong kurang.

1. Nilai Keandalan Sistem Keselamatan Bangunan (NKSKB)

Menghitung Nilai Keandalan Sistem Kebakaran Bangunan dilakukan pada 2 komponen yaitu sistem proteksi aktif dan pasif. Agar mengetahui tingkat keandalan sistem keselamatan bangunan terhadap bahaya kebakaran. Berikut perhitungan Nilai Keandalan Sistem Kebakaran Sistem Proteksi Aktif serta rekapitulasi presentase kesesuaian:

Tabel 3. Rekapitulasi Presentase Kesesuaian Proteksi Aktif

No	Sistem Proteksi Aktif	Presentase Kesesuaian
1	Detektor Asap	0
2	Alarm Kebakaran	0
3	Hidran	0
4	APAP	0
5	<i>Sprinkler</i>	0
Rata-Rata		0

Berdasarkan perhitungan nilai Keandalan Sistem Proteksi Aktif adalah 0% dari nilai bobot 24%. Hal ini menunjukkan bahwa Sistem Proteksi Aktif pada Gedung X Kota Bandung dikatakan kurang (K) tidak memenuhi syarat dan peraturan yang berlaku.

Tabel 4. Rekapitulasi Presentase Kesesuaian Proteksi Pasif

No	Sistem Proteksi Pasif	Rata-Rata Presentase Kesesuaian
1	Tangga Darurat	0
2	Pintu Darurat	0
3	Koridor	75
4	Tanda Petunjuk Arah	0
5	Tempat Berhimpun	0
	Rata-Rata	3,9

Berdasarkan perhitungan nilai Keandalan Sistem Proteksi Pasif adalah 3,9 % dengan nilai bobot 26%. Hal ini menunjukkan bahwa Sistem Proteksi Aktif pada Gedung X Kota Bandung dikatakan kurang tidak memenuhi syarat dan peraturan yang berlaku.

2. Kelompok Usia dan Kecepatan

Data yang dimasukkan ke dalam *Pathfinder* meliputi jumlah penghuni dan karakteristik usia, yang digunakan untuk menentukan kecepatan berjalan masing-masing individu. Simulasi dilakukan pada dua kondisi, yaitu kecepatan normal dan kecepatan yang ditingkatkan sebesar 1,37 kali lipat untuk merepresentasikan pengaruh kepanikan saat keadaan darurat kebakaran. Pada data usia pada Gedung X Kota Bandung dan kecepatan berdasarkan dari penelitian sebelumnya:

Tabel 5. Usia

No.	Kelompok Usia (tahun)	Jumlah Orang	No.	Kelompok Usia (tahun)	Jumlah Orang
1	15	12	1	11	1
2	16	34	2	12	8
3	17	70	3	13	33
4	18	41	4	14	48
5	>18	5	5	15	36
			6	16	3
Total		162	Total		129

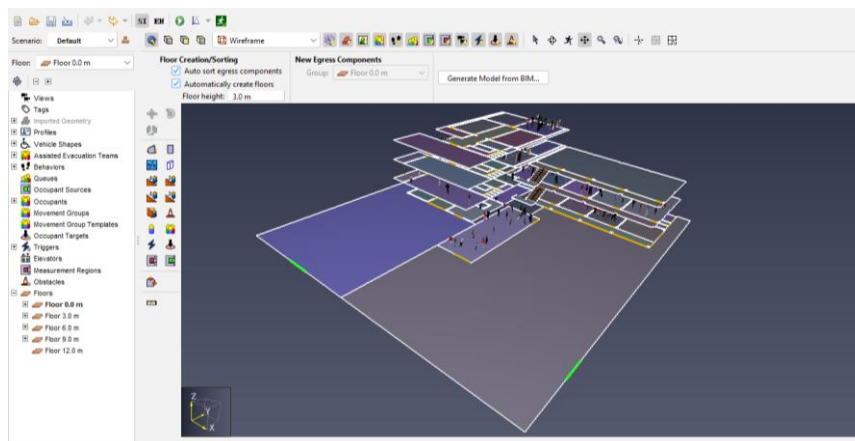
No.	Kelompok Usia (tahun)	Jumlah Orang	No.	Kelompok Usia (tahun)	Jumlah Orang
1	15	12	1	< 30	5
2	16	34	2	31-35	8
3	17	70	3	36 - 40	6
4	18	41	4	41 - 45	1
5	>18	5	5	46 - 50	1
			6	51 - 55	2
			7	> 55	3
Total		162	Total		26

Tabel 6. Kecepatan kelompok usia

No	Kelompok Usia (Tahun)	Kecepatan (m/s)
1	7-12	1,26
2	13-19	1,30
3	20-29	1,35
4	30-39	1,39
5	40-49	1,41
6	50-59	1,2

3. Simulasi Pathfinder

Hasil simulasi evakuasi menggunakan perangkat lunak Pathfinder disajikan untuk memperlihatkan gambaran pergerakan penghuni di dalam Gedung X Kota Bandung selama proses evakuasi. Simulasi ini menampilkan jalur yang dilalui setiap individu, titik-titik kepadatan, serta area berkumpul akhir, sehingga dapat memberikan pemahaman visual mengenai kondisi evakuasi yang terjadi. Adapun hasil simulasi tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini. Setelah dilakukan simulasi didapatkan hasil pada kondisi yang terjadi pada Gedung X Kota Bandung, waktu evakuasi diperoleh sebesar 132,8 detik pada kecepatan normal dan menjadi 101,3 detik pada kondisi pengaruh kepanikan.



Gambar 1. Hasil simulasi pathfinder k

Setelah dilakukan simulasi didapatkan hasil pada kondisi yang terjadi pada Gedung X Kota Bandung, waktu evakuasi diperoleh sebesar 132,8 detik pada kecepatan normal dan menjadi 101,3 detik pada kondisi pengaruh kepanikan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Berdasarkan hasil perhitungan nilai NKS pada sistem proteksi kebakaran aktif dan pasif, diperoleh total Nilai Keandalan Sistem Keselamatan Bangunan (NKS KB) sebesar 3,9% dari nilai maksimum 50%, atau setara dengan 7,8% dari total maksimum 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem proteksi kebakaran di Gedung X Kota Bandung, baik yang bersifat aktif maupun pasif, masih belum tersedia secara optimal dan belum sepenuhnya memenuhi standar yang berlaku, sehingga termasuk dalam kategori Kurang (K). Hal ini menandakan bahwa tingkat kesiapan gedung dalam menghadapi risiko kebakaran masih rendah dan berpotensi membahayakan keselamatan penghuni. Oleh karena itu, diperlukan

peningkatan secara menyeluruh, terutama pada penyediaan sistem proteksi kebakaran aktif seperti alarm kebakaran, alat pemadam, dan sistem peringatan dini. Selain itu, sistem proteksi kebakaran pasif juga perlu ditingkatkan melalui perbaikan elemen bangunan, jalur evakuasi, serta penataan ruang yang mendukung proses evakuasi saat kondisi darurat. Tidak hanya penyediaan fasilitas, pemeliharaan rutin dan pemeriksaan berkala juga perlu dilakukan agar seluruh sistem dapat berfungsi dengan baik. Dengan adanya perbaikan tersebut, diharapkan tingkat keselamatan penghuni dapat meningkat serta risiko dan dampak kebakaran dapat ditekan seminimal mungkin.

2. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan software pathfinder pada Gedung X Kota Bandung, diketahui bahwa kecepatan sangat mempengaruhi lamanya waktu penghuni keluar dari gedung. Ketika faktor kepanikan diperhitungkan, kecepatan evakuasi meningkat sehingga waktu evakuasi menjadi lebih singkat. ketika keadaan yang terjadi pada Gedung X Kota Bandung waktu evakuasi diperoleh sebesar 132,8 detik pada kecepatan normal dan menurun menjadi 101,3 detik pada kondisi pengaruh panik.

DAFTAR RUJUKAN

- Ananda, N. D., Laswati, H., Rejeki P. S., Suyoko, A. 2020. "Normal Walking Speed According to Age and Gender in Preliminary."
- Bohannon a, R. W., Andrews b, A. W., 2011. "Normal walking speed: a descriptive meta-analysis."
- Bhirawa, Yuniarto, H. 2017. "Perancangan Jalur Hidran Pada Gudang Persediaan." *Sistem Instalasi Hidran* 76.
- Damkar. 2021. *Pengetahuan Teori Segitiga Api*. 25 maret. <https://damkar.bandaacehkota.go.id/2021/03/25/pengetahuan-teori-segitiga-api/>.
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 26/PRT/M/2008. 2008. *Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan*.
- Li Qi, Cao Xiongzh, Xiong Xiaoling, Yang Chang. 2020. "Study on Evacuation Speed based on Psychological panic in Railway Tunnel."
- Musadek, A., Setiawan, A., Budiarto, A. 2021. "Hasil dan Pemabahasan." *Penyuluhan dan Pelatihan Penggunaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) padaWarga Rusun Siwalankerto* 35.
- Nurwulandari, F. R. 2016. "Kajian Mitigasi Bencana Kebakaran Di Permukiman Padat (Studi Kasus: Kelurahan Taman Sari, Kota Bandung)."
- Puslitbang Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Departemen Pekerjaan Umum,. t.thn. *Pedoman Teknis Pemeriksaan Keselamatan Kebakaran Bangunan Gedung (Pd-T-11-2005-C)*,. Bandung.
- Ratnayanti, K. R., Hajati, N. L., Trianisa, Y.2019. "Evaluasi Sistem Proteksi Aktif dan Pasif Sebagai Upaya Penanggulangan Bahaya Kebakaran pada Gedung Sekolah X Bandung."
- Rizka, G.H., Al-Athas, S. I. 2020. "VALUASI KINERJA TANGGA DARURAT SEBAGAI JALUR EVAKUASI MENGGUNAKAN APLIKASI THUNDERHEAD PATHFINDER."
- Rosyidiin, A. F., Abdillah, N. M. S. dan Septyawat, R. P. 2023. "Tinjauan Pustaka." *PERANCANGAN PROTEKSI KEBAKARAN SISTEM SPRINKLER PADA RUMAH ANAK PRESTASI SURABAYA* 90.
- Rulita, D.A., Hardiningtyas,D. 2025. "Evaluasi Durasi Evakuasi Darurat Pada Gedung Bertingkat Menggunakan Pathfinder (Studi Kasus: Gedung Departemen Teknik Industri Universitas Brawijaya)."
- Ruspianof, A. D. C., Retno, D.P., Mildawati, R., 2017. "Evaluasi Keandalan Sistem Proteksi Kebakaran (Studi Kasus Gedung PT. PLN Wilayah Riau Dan Kepulauan Riau)."

- Sutriningsih, A., Choeron, R. C., Ndae, S. A. 2021. *Pengetahuan Mahasiswa Tentang Penggunaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) Berhubungan Dengan Sikap Dalam Penanggulangan Kebakaran* 57.
- Syahrar, H. P. 2023. *Analisis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Gedung Laboratorium Multifungsi Uin Ar-Raniry*.
- Zulfiar, M. H., Gunawan, A. 2018. *Evaluasi Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Hotel UNY 5 Lantai Di Yogyakarta* 66.