

Penerapan BIM dalam Simulasi Evakuasi pada Desain Tangga Evakuasi Gedung Baru PMI Jakarta

Fadhlan Ihsan Ramadhan, Adhi Purnomo, Mirara Khanza
Univeritas Negeri Jakarta, Indonesia

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Building Information Modelling,
Keselamatan, Tangga Evakuasi,
Simulasi. Evakuasi,

***Correspondence email:**

fadhlanihsanramadhan@gmail.co.id

Submitted: 21-11-2024

Revised: 02-06-2025

Accepted: 22-07-2025

Published: 01-08-2025

ABSTRAK

Gedung baru PMI Jakarta merupakan sebuah fasilitas kesehatan dan kantor staf PMI yang didirikan oleh pemerintah provinsi DKI Jakarta, gedung baru 10 lantai ini memiliki luas 12.554 meter-persegi dan didesain untuk dapat menampung 28 orang per-meter persegi karena fungsinya itu gedung ini akan digunakan dengan tingkat kepadatan tinggi. Kepadatan ini berkaitan dengan waktu evakuasi jika sewaktu-waktu terjadi keadaan darurat seperti gempa bumi atau kebakaran. Seiring perkembangan teknologi *Building Information Modelling* (BIM) dapat mensimulasikan evakuasi keadaan darurat yang terjadi dalam gedung dengan *crowd simulation*. Artikel ini bertujuan untuk memberi informasi bagaimana penerapan BIM dalam mensimulasikan evakuasi keadaan darurat pada tangga evakuasi yang telah di desain untuk gedung baru PMI Jakarta. Hasil yang didapat berupa waktu yang dibutuhkan untuk mengeluarkan semua penghuni gedung menggunakan tangga evakuasi yang ada yaitu 214,3 detik atau 3 menit 57 detik. Dengan teknologi BIM simulasi evakuasi dapat diterapkan dalam tahap perencanaan suatu gedung teknologi ini membantu untuk mengetahui bagaimana hasil suatu desain jika diterapkan berbagai skenario evakuasi seperti bagaimana waktu yang dibutuhkan untuk mengevakuasi semua penghuni dan juga dapat membantu untuk mengetahui jalur evakuasi yang cepat dan aman.

ABSTRACT

Keywords:

Building Information Modelling,
Safety, Evacuation Stairs,
Simulation, Evacuation.

The new PMI Jakarta building is a healthcare facility and staff office of PMI, established by the Jakarta Provincial Government. This new 10-story building has a total area of 12,554 square meters and is designed to accommodate 28 people per square meter. Due to its function, the building will be used with a high occupancy density. This density is related to evacuation time in case of emergencies such as earthquakes or fires. With the advancement of Building Information Modeling (BIM) technology, emergency evacuation within the building can be simulated using crowd simulation. This article aims to provide information on how BIM is applied to simulate emergency evacuation on the evacuation stairs designed for the new PMI Jakarta building. The results obtained show that the time required to evacuate all building occupants using the available evacuation stairs is 214.3 seconds or 3 minutes and 57 seconds. With BIM technology, evacuation simulation can be implemented in the planning stage of a building. This technology helps determine the outcome of a design when various evacuation scenarios are applied, such as estimating the time required to evacuate all occupants and identifying the fastest and safest evacuation routes.

PENDAHULUAN

Implementasi sistem manajemen yang terfokus pada kesehatan dan keselamatan kerja (K3) sangat diperlukan dalam proyek – proyek konstruksi (Prasinanda & Caroline, 2025). Penyebab tingginya proporsi korban gawat darurat memiliki hubungan langsung dengan keterlambatan layanan evakuasi fasilitas tersebut (Gershon et al., 2012). Terutama di area publik yang padat seperti sekolah, rumah sakit, dan pusat perbelanjaan, hilangnya nyawa dan harta benda dapat menjadi parah jika perencanaan evakuasi darurat tidak memadai dan tidak tepat dilakukan (Beyaz et al., 2021). Hal ini juga dikonfirmasi menurut (Kong et al., 2023) bahwa kepadatan populasi yang tinggi, mudah menyebabkan korban jiwa ketika keadaan darurat terjadi. Lalu menurut (Hadi Sutrisno et al., 2018), bahwa waktu evakuasi saat kebakaran menjadi faktor penentu keselamatan, namun penghuni bangunan sering mengabaikan pengetahuan dan cara evakuasi yang benar saat kebakaran terjadi. Kurangnya pengetahuan ini meningkatkan kepanikan di antara para pengunjung dan menyebabkan lebih banyak korban jiwa. Metode manajemen evakuasi tradisional umumnya tidak memadai karena didasarkan pada rencana evakuasi 2D dan tidak mempertimbangkan karakteristik/interaksi orang-orang di dalam gedung. Selain itu, karena orang-orang tahu bahwa mereka tidak berada dalam situasi berbahaya selama studi dan latihan evakuasi, metode

tersebut tidak sepenuhnya mencerminkan situasi dalam evakuasi yang sebenarnya (J. Zhang & Issa, 2015). Area publik yang padat dengan konsentrasi orang yang tinggi memiliki banyak potensi bahaya karena tingginya tingkat kesulitan dalam evakuasi. Ketika keadaan darurat terjadi, kepanikan massa dan korban jiwa dapat dengan mudah terjadi. Oleh karena itu, penelitian mengenai karakteristik bangunan dan metode evakuasi untuk area dengan kepadatan tinggi dapat menjadi referensi dalam penyusunan rencana darurat untuk menghadapi keadaan darurat (H. Zhang & Long, 2021).

Simulasi model evakuasi dapat dilakukan secara real ataupun dengan program perangkat lunak. Simulasi secara real dapat dilakukan dalam bentuk pelatihan untuk penghuni, sedangkan secara program perangkat lunak dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak diantaranya adalah simulasi kebakaran dengan menggunakan *Pyrosim* dan simulasi evakuasi dengan menggunakan *Pathfinder* (Khoirunnisa et al., 2024). *Pathfinder* adalah sistem penilaian evakuasi darurat dan pelarian cerdas baru yang dikembangkan oleh *Thunderhead Engineering*, yang menggunakan simulasi grafis komputer dan teknologi di bidang karakter *game* untuk melakukan latihan virtual grafis dari setiap gerakan individu dalam beberapa kelompok sehingga setiap individu dapat secara akurat menentukan jalur pelarian cepat jika terjadi bencana dan waktu pelarian (Wang et al., 2022). Perangkat lunak ini menawarkan visualisasi dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D) dari rekaman waktu simulasi, memungkinkan definisi berbagai skenario serta memfasilitasi integrasi hasil ke dalam sistem manajemen gedung pintar (SMART) (Safari et al., 2025). Hasil penelitian dari (Liu & Li, 2023) menggunakan *Pathfinder* untuk melakukan analisis simulasi evakuasi massa, menganalisis permasalahan dalam evakuasi keselamatan pada contoh ini dari perspektif pengaturan parameter, baik secara keseluruhan maupun lokal, serta mengusulkan strategi optimasi. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi evakuasi dan secara spesifik mengurangi total waktu evakuasi kompleks komersial besar, mencapai optimasi evakuasi, serta memastikan keselamatan massa di kompleks komersial sejak tahap perancangan semaksimal mungkin. Perangkat lunak *Pathfinder* digunakan untuk mensimulasikan situasi evakuasi, mengamati jalur evakuasi, menghitung waktu evakuasi, dan mengusulkan rencana evakuasi darurat yang efektif. Solusi yang masuk akal dan efektif untuk permasalahan evakuasi di tempat umum juga dieksplorasi, serta strategi untuk perancangan dan transformasi tempat umum pada tahap awal desain arsitektural atau pada bangunan yang telah selesai dibangun disediakan (Zheng et al., 2022). *Pathfinder* menggunakan Pola pergerakan orang mencakup mode *Society of Fire Protection Engineers* (SFPE) dan mode *steering*. Perilaku SFPE adalah perilaku yang paling dasar. Pemilihan berbasis aliran berarti orang akan secara otomatis bergerak menuju pintu keluar terdekat tanpa berinteraksi satu sama lain, tetapi antrean akan mengikuti asumsi SFPE. Mode ini menggunakan kepadatan ruang untuk menentukan kecepatan pergerakan orang berdasarkan SFPE *Fire Protection Handbook*, *Protection Engineering*, dan *SFPE Engineering Guide Human Behavior Fire Use* (Wei et al., 2022).

Dalam situasi darurat, jalur evakuasi yang efektif sangat penting untuk meminimalkan kerugian, terutama pada bangunan dengan kepadatan tinggi (Saika et al., 2024), seperti gedung baru PMI didesain memiliki kapasitas kepadatan tinggi yakni 28 orang/m² yang menurut (Huang et al., 2023) kepadatan tinggi ini yang dapat menyebabkan sejumlah besar korban jiwa akibat kepadatan dan desak-desakan selama evakuasi darurat. Oleh karena itu, penting untuk merencanakan evakuasi dengan baik dengan mengurangi dampak titik penyempitan yang dapat menyebabkan kemacetan sejak awal. Artikel ini membahas pemanfaatan menggunakan BIM dengan *software Pathfinder* yang membangun realitas virtual yang adaptif dengan tujuan mensimulasikan evakuasi keadaan darurat pada tangga evakuasi menggunakan desain gedung baru PMI Jakarta untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk penghuni gedung mengevakuasi diri dari tangga evakuasi yang ada dalam gedung. Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai referensi pengaplikasian BIM dalam hal manajemen keselamatan atau dimensi BIM 8D, selain itu bagi hasil penelitian ini juga diharapkan bagi pengelola gedung PMI mengenai pembagian okupansi untuk jalur evakuasi guna menghindari penumpukan pada salah satu tangga evakuasi yang dapat meminimalisir korban jiwa dan juga mempercepat waktu evakuasi.

METODE

Metode yang digunakan artikel ini merupakan metode kuantitatif yaitu akan menghasilkan data waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi penghuni gedung dengan menggunakan *software Autodesk Revit* sebagai permodelan BIM gedung dan *software Pathfinder* sebagai *crowd simulation*. Teknik pengumpulan data artikel ini diambil dari kontraktor pelaksana pembangunan gedung baru PMI Jakarta data-data tersebut berupa informasi bangunan gedung yang berupa gambar kerja yang digunakan sebagai acuan permodelan pada BIM, selanjutnya diolah sehingga mendapatkan hasil pembahasan artikel ini. Tahapan yang dilakukan untuk *crowd evacuation simulation* sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data-data informasi bangunan pada gambar kerja struktur *Detail Engineering Desain* (DED).
2. Membuat permodelan 3D struktur gedung berdasarkan gambar kerja DED.
3. Mensimulasikan *crowd evacuation simulation* 3D model gedung pada *software pathfinder*.
4. Mendapatkan hasil waktu evakuasi dan juga kepadatan yang terjadi di tangga berdasarkan hasil simulasi.

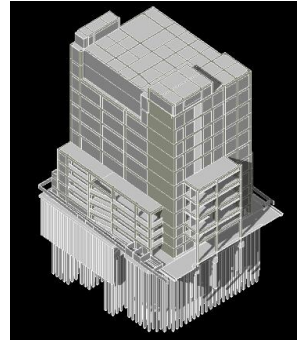
HASIL

Permodelan 3D BIM Gedung Baru PMI Jakarta

Untuk melakukan simulasi pada *Pathfinder* dibutuhkan informasi 3D geometri dari suatu objek, artikel ini menggunakan *Autodesk Revit* untuk pembuatan permodelan 3D gedung berdasarkan data gambar kerja DED. Permodelan yang dibuat hanya mencakup elemen struktur dan dinding arsitektur, kedua elemen tersebut cukup untuk memberi informasi untuk tujuan simulasi evakuasi pada tangga evakuasi. Berikut merupakan gambar hasil permodelan 3D gedung PMI Jakarta.



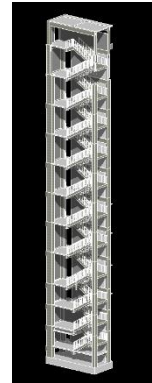
Gambar 1. Permodelan struktur gedung
(Sumber : Data Olahan, 2024)



Gambar 2. Permodelan dinding gedung
(Sumber : Data Olahan, 2024)



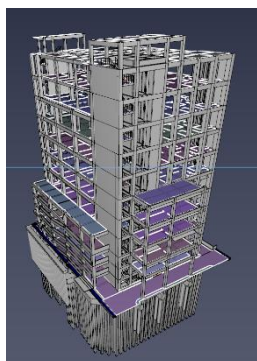
Gambar 3. Permodelan tangga evakuasi 1
(Sumber : Data Olahan, 2024)



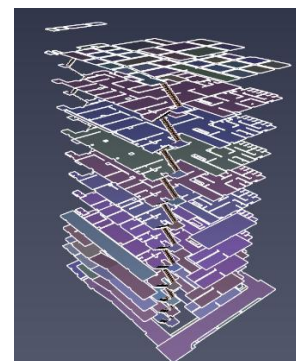
Gambar 4. Permodelan tangga evakuasi 1
(Sumber : Data Olahan, 2024)

Simulasi Tangga Evakuasi

Permodelan pada *Pathfinder* menggunakan data geometri dari permodelan pada BIM, permodelan BIM di *export* ke jenis *file (Industry Foundation Clases) IFC*, dengan menggunakan perintah *generate model from BIM Pathfinder* akan menggenerate lantai, tangga, *ramp*, pintu jendela berdasarkan format BIM untuk menggenerate faces yang akan *Pathfinder* gunakan untuk data geometri simulasi.



Gambar 5. Generate floor dan tangga dari BIM model
(Sumber : Data Olahan, 2024)



Gambar 6. Hasil geometri lantai dan tangga
(Sumber : Data Olahan, 2024)

Berikutnya menentukan *occupant* (penghuni gedung) pada *Pathfinder*, gedung baru PMI didesain untuk menampung kapasitas 28 orang/m² dengan luas total 10 lantai 12.554 m² sehingga 12.554 m² dibagi 28 orang/m² didapatkan 449 *occupant*. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka *occupant* akan dibagi rata untuk tiap lantai.

Setiap individu *occupant* diatur berdasarkan karakteristik yang akan mengunjungi gedung ini, karakteristik data *speed occupant* diambil berdasarkan data yang diperoleh (Wang et al., 2022) untuk karakteristik *speed occupant* rumah sakit. Selain itu pada *advanced speed* yaitu pengaturan kecepatan ketika *occupant* melewati tangga dan *ramp* menggunakan data dari bawaan software *Pathfinder* yaitu menggunakan data dari (*Society of Fire Protection Engineering*) SFPE.

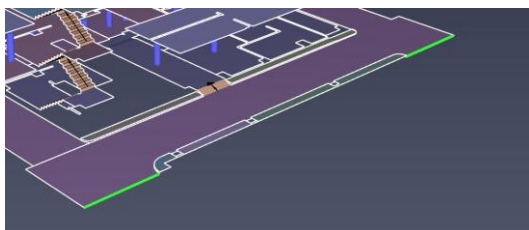
age group	shoulder breadth (cm)	height (m)	number	Evacuation speed(m/s)
juveniles	ordinary	30.3	1.35	0.75
	Severe case			0.375
young women	ordinary	37.2	1.66	1.02
	Severe case			0.51
middle-aged women	ordinary	37.2	1.63	1.00
	Severe case			0.5
middle-aged women	ordinary	40.4	1.75	1.20
	Severe case			0.6
middle-aged men	ordinary	40.1	1.70	1.10
	Severe case			0.55
old people	ordinary	36.1	1.61	0.60
	Severe case			0.3
male nurse	40.4	1.75		1.20
female nurse	37.2	1.66		1.02

Gambar 7. Data *occupant* rumah sakit (Sumber: Wang et al, 2022)

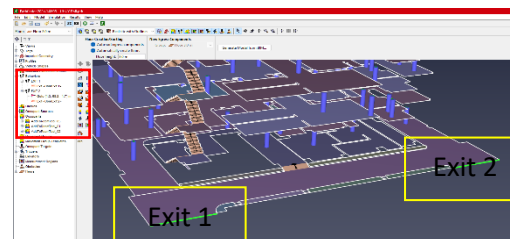


Gambar 8. Penyebaran *occupant* tiap lantai (Sumber: Data Olahan, 2024)

Langkah terakhir adalah menentukan *target* keluar *occupant* yaitu pintu keluar, berdasarkan desain gedung, gedung PMI ini mempunyai dua akses jalan keluar gedung yaitu jalan keluar sisi selatan dan utara, dalam skenario ini *occupant* akan diatur *behavior* (perilaku) nya agar memilih pintu keluar berdasarkan jarak terdekat dari tempat mereka dan juga agar distribusi menggunakan tangga evakuasi menjadi merata agar memungkinkan waktu evakuasi lebih cepat.



Gambar 9. Garis hijau merupakan akses keluar *occupant* (Sumber: Data Olahan, 2024)



Gambar 10. Pengaturan *behavior occupant* (Sumber: Data Olahan, 2024)

Pembahasan

Dalam pengerjaan simulasi telah banyak skenario pembagian distribusi *occupant* agar dapat menempuh tangga evakuasi dengan waktu terkecil telah dicoba, hingga didapatkan skenario pendistribusian *occupant* untuk dapat menggunakan kedua tangga evakuasi secara efektif didapatkan dengan membagi 3 kelompok *occupant* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pendistribusian *Occupant*

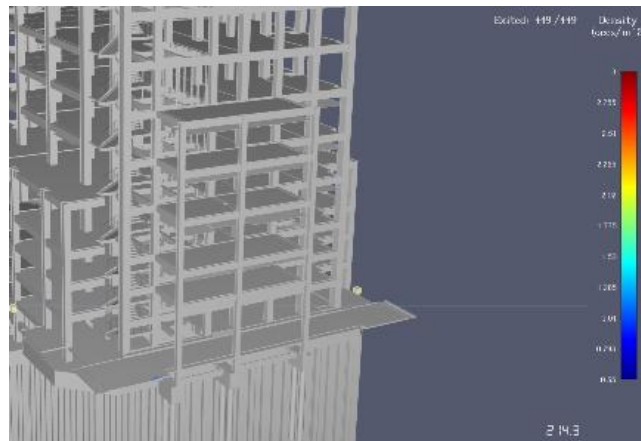
No.	Kelompok	Jumlah Orang	Jalur Evakuasi
1	<i>Occupant</i> lantai 1-4	225 orang	Exit 1
2	<i>Occupant</i> Lantai 5-8	150 orang	Exit 2
3	<i>Occupant</i> Lantai 9-10	74 orang	Exit 1

Sumber: Data Olahan, 2024

Untuk *occupant* lantai 1-4 jalur evakuasi didistribusikan menggunakan tangga evakuasi 1 dan pintu *exit* 1, untuk *occupant* lantai 5-10 jalur evakuasi didistribusikan menggunakan tangga evakuasi 2 dan pintu *exit* 2. Sehingga didapatkan waktu evakuasi dan kendala evakuasi sebagai berikut.

1. Hasil Waktu Evakuasi Keseluruhan

Hasil simulasi evakuasi 449 orang menuju keluar gedung menggunakan tangga evakuasi dengan menggunakan kondisi yang telah dijelaskan diatas mendapatkan waktu 214,3 detik atau 3 menit 57 detik.

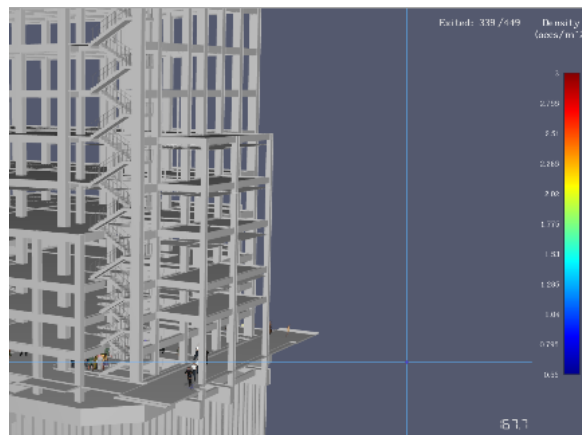


Gambar 11. Hasil waktu evakuasi 449 *occupant*

Sumber: Data Olahan, 2024

2. Hasil Waktu Evakuasi Tangga Evakuasi 1

Berikut merupakan hasil waktu yang dibutuhkan untuk para *occupant* berhasil turun melewati kedua tangga evakuasi 1.



Gambar 12. Hasil waktu evakuasi *occupant* dengan tangga evakuasi 1

Sumber: Data Olahan, 2024

3. Kepadatan Tangga Evakuasi 1

Waktu yang dibutuhkan oleh *occupant* kelompok 1 dan 3 dengan total 299 orang berhasil evakuasi menggunakan tangga evakuasi 1 selama 167,7 detik atau 3 menit 9 detik. Kepadatan juga dapat di observasi pada tangga evakuasi 1 yang terjadi pada lantai 3 dan 4 detik ke-63 yang terjadi penumpukan *occupant* untuk mengakses tangga evakuasi 1.



Gambar 13. Tumpukan pada tangga evakuasi 1

Sumber: Data Olahan, 2024

4. Hasil Waktu Evakuasi Tangga Evakuasi 2

Waktu yang dibutuhkan oleh *occupant* kelompok 2 dengan total 150 orang berhasil evakuasi menggunakan tangga evakuasi 2 selama 179 detik atau 3 menit 38 detik.



Gambar 14. Hasil waktu evakuasi *occupant* dengan tangga evakuasi 2

Sumber: Data Olahan, 2024

5. Kepadatan Tangga Evakuasi 2

Kepadatan juga dapat di observasi pada tangga evakuasi 2 yang terjadi pada lantai 6 dan 7 detik ke-39 yang terjadi penumpukan *occupant* untuk mengakses tangga evakuasi 2.



Gambar 15. Tumpukan pada tangga evakuasi 2

Sumber: Data Olahan, 2024

6. Perbandingan Waktu Hasil Distribusi *Occupant*

Dengan skenario ini dapat di observasi bahwa hasil waktu evakuasi pada kedua tangga evakuasi berbeda 29 detik, hal tersebut dapat dicapai karena hasil distribusi *occupant* untuk menggunakan kedua tangga evakuasi yang cukup seimbang.



Gambar 16. Keseimbangan distribusi *occupant* menggunakan tangga evakuasi

Sumber: Data Olahan, 2024

SIMPULAN

Evakuasi menggunakan desain tangga evakuasi gedung baru PMI dengan menerapkan (*Building Information Modelling*) BIM dan juga software *crowd simulation Pathfinder* telah membantu untuk mengetahui waktu evakuasi yang dibutuhkan oleh seluruh penghuni gedung untuk keluar dari gedung menggunakan tangga evakuasi. Hasil evakuasi menggunakan distribusi 3 kelompok dengan 2 *exit route* didapatkan waktu 214,3 detik atau 3 menit 57 detik untuk 449 penghuni gedung mengevakuasi diri ke *exit route*. Artikel ini menyimpulkan dengan teknologi BIM simulasi evakuasi dapat diterapkan dalam tahap perencanaan suatu gedung, teknologi ini membantu untuk mengetahui bagaimana hasil suatu desain jika diterapkan berbagai skenario evakuasi seperti bagaimana waktu yang dibutuhkan, bagaimana kepadatan nya untuk mengevakuasi semua penghuni selain itu juga dapat membantu untuk mengetahui jalur evakuasi yang cepat dan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Beyaz, C., Ozgener, E. D., Bagcl, Y. G., Akln, O., & Demirel, H. (2021). Integration of building information modeling and agent-based modeling for evacuation simulation. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 46(4/W5-2021), 109–112. <https://doi.org/10.5194/isprs-Archives-XLVI-4-W5-2021-109-2021>
- Gershon, R. R. M., Magda, L. A., Riley, H. E. M., & Sherman, M. F. (2012). The World Trade Center evacuation study: Factors associated with initiation and length of time for evacuation. *Fire and Materials*, 36(5–6), 481–500. <https://doi.org/10.1002/fam.1080>
- Hadi Sutrisno, H., Amiruddin, J., & . T. (2018). Improving the Evacuation Time for 8-Story Office Building Using Pathfinder Simulation. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.8), 54. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.8.15220>
- Huang, Y., Guo, Z., Chu, H., & Sengupta, R. (2023). Evacuation Simulation Implemented by ABM-BIM of Unity in Students' Dormitory Based on Delay Time. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/ijgi12040160>
- Khoirunnisa, Q. Y., U, A. R. I., & Sujatmiko, W. (2024). Analisis Waktu Evakuasi Kebakaran Pada Gedung Tokong Nanas Dengan Perangkat. 11(4), 2998–3001.
- Kong, S., Guo, W., & Wang, W. (2023). Research on Evacuation Simulation of University Teaching Building Based on Pathfinder. <https://doi.org/10.4108/eai.2-12-2022.2328684>
- Liu, J., & Li, S. (2023). Pathfinder-Based Simulation and Optimization of Evacuation of Large Commercial Complexes. *Journal of Building Construction and Planning Research*, 11(02), 27–35. <https://doi.org/10.4236/jbcpr.2023.112002>
- Prasinanda, E., & Caroline, J. (2025). Implementasi Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Proyek Pembangunan Universitas Terbuka Surabaya. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(1), 60. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v8i1.801>
- Safari, M., Afkhami, R., Amerzadeh, M., & Zaroushani, V. (2025). Simulation of Fire Emergency Evacuation in a Primary School Based on Pathfinder Software. *Buildings*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/buildings15010090>
- Saika, R. M., Idham, N. C., & Arkan, M. E. (2024). International Journal of Architecture and Urbanism Analysis of Evacuation Routes Effectiveness on Dormitory Building (Case Study : Rusunawa Putri UII , Yogyakarta). 08(03), 393–400.
- Wang, L., Xiang, Z., Chen, Y., Li, D., & Wang, J. (2022). Simulation and Optimization of Emergency Evacuation of Huoshenshan Hospital Based on BIM and Pathfinder. *SHS Web of Conferences*, 151, 01004. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202215101004>
- Wei, J., Deng, Q., & Zhang, L. (2022). Study on emergency evacuation in underground urban complexes. *PLoS ONE*, 17(12 December), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278521>
- Zhang, H., & Long, H. C. (2021). Simulation of Evacuation in Crowded Places Based on BIM and Pathfinder. *Journal of Physics: Conference Series*, 1880(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1880/1/012010>
- Zhang, J., & Issa, R. R. A. (2015). Collecting Fire Evacuation Performance Data Using BIM-Based Immersive Serious Games for Performance-Based Fire Safety Design. *Computing in Civil Engineering 2015*, 612–619. <https://doi.org/10.1061/9780784479247.076>
- Zheng, H., Zhang, S., Zhu, J., Zhu, Z., & Fang, X. (2022). Evacuation in Buildings Based on BIM: Taking a Fire in a University Library as an Example. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23). <https://doi.org/10.3390/ijerph192316254>