



Servitia: Journal of Community Service and Engagement

Vol 2 No 1 August 2026, Hal 128-140
ISSN: 3123-2329 (Print) ISSN: 3123-2132 (Electronic)
Open Access: <https://scriptaintelektual.com/servitia>

Perancangan dan Penerapan Jalur Evakuasi Darurat Berbasis Prinsip Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di SD Negeri 074 Ayudia Kota Bandung

Anzelin Dwi Alma Julianty^{1*}, Dewi Rahmawati², R. Cahyadi Nugraha³

¹⁻³ Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia

email: anzelin3107@gmail.com¹

Article Info :

Received:
04-07-2026
Revised:
16-07-2026
Accepted:
21-07-2026

Abstract

This study addresses the critical need for structured disaster mitigation frameworks in primary education facilities by designing and implementing an ergonomics based emergency evacuation system at SD Negeri 074 Ayudia, Bandung. Integrating Occupational Health and Safety principles, the research optimizes visual signage dimensions and spatial layout through meticulous calculations of anthropometric properties of Indonesian primary students. Mathematical formulas for stroke width and letter height were executed to eliminate visual blind spots, while architectural circulation pathways were strategically mapped toward two distinct safe assembly zones to prevent dangerous bottlenecks. Post intervention empirical validation demonstrated a significant increase in emergency circulation literacy and signage legibility. The findings underscore that combining standardized physical safety infrastructure with periodic simulations successfully transforms passive hazard awareness into a resilient, long term safety culture within urban school environments.

Keywords: Disaster Mitigation, Emergency Evacuation, Occupational Safety, Signage Ergonomics, School Safety.

Abstrak

Penelitian ini membahas kebutuhan mendesak akan kerangka kerja mitigasi bencana yang terstruktur di fasilitas pendidikan dasar melalui perancangan dan penerapan sistem evakuasi darurat berbasis ergonomi di SD Negeri 074 Ayudia, Bandung. Dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip Kesehatan dan Keselamatan Kerja, penelitian ini mengoptimalkan dimensi rambu-rambu visual dan tata letak ruang melalui perhitungan cermat terhadap karakteristik antropometrik siswa sekolah dasar Indonesia. Rumus matematika untuk lebar goresan dan tinggi huruf diterapkan guna menghilangkan titik buta visual, sementara jalur sirkulasi arsitektural dirancang secara strategis menuju dua zona berkumpul yang aman dan berbeda untuk mencegah kemacetan berbahaya. Validasi empiris pasca intervensi menunjukkan peningkatan signifikan dalam literasi sirkulasi darurat dan keterbacaan rambu-rambu. Temuan ini menegaskan bahwa penggabungan infrastruktur keselamatan fisik yang terstandarisasi dengan simulasi berkala berhasil mengubah kesadaran pasif terhadap bahaya menjadi budaya keselamatan yang tangguh dan berkelanjutan di lingkungan sekolah perkotaan.

Kata kunci: Mitigasi Bencana, Evakuasi Darurat, Keselamatan Kerja, Ergonomi Rambu, Keselamatan Sekolah.



©2022 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Pemaparan mengenai peningkatan keselamatan di lingkungan pendidikan dalam satu dekade terakhir berkembang menjadi isu strategis dalam agenda pembangunan berkelanjutan karena sekolah tidak lagi dipandang semata sebagai ruang pembelajaran, melainkan sebagai lingkungan kerja dan ruang publik yang harus mampu menjamin perlindungan terhadap seluruh penggunanya ketika menghadapi kondisi darurat. Perkembangan kebijakan internasional mengenai pengurangan risiko bencana memperlihatkan bahwa kesiapsiagaan institusi pendidikan semakin diarahkan pada pendekatan preventif yang mengintegrasikan prinsip Kesehatan dan Keselamatan Kerja atau K3 ke dalam tata kelola fasilitas, sistem informasi keselamatan, serta desain jalur evakuasi yang mudah dipahami oleh seluruh kelompok usia. Perspektif tersebut menempatkan jalur evakuasi bukan sekadar sarana fisik berupa rambu penunjuk arah, melainkan sebagai bagian dari sistem manajemen risiko yang menghubungkan identifikasi bahaya, perilaku manusia, ergonomi lingkungan, komunikasi visual, serta

efektivitas proses evakuasi dalam situasi krisis. Konsekuensinya, implementasi K3 pada lingkungan sekolah menuntut adanya desain evakuasi yang mempertimbangkan karakteristik pengguna, kepadatan ruang, kemudahan akses, kecepatan perpindahan, serta kemampuan warga sekolah dalam memahami prosedur penyelamatan sehingga efektivitas mitigasi tidak hanya ditentukan oleh keberadaan infrastruktur, tetapi juga oleh kualitas perancangan sistem keselamatan secara menyeluruh (Sudirwo et al., 2025; Yenita et al., 2025; Ramadhani et al., 2025).

Kajian terdahulu menunjukkan bahwa pengembangan sistem evakuasi telah mengalami transformasi dari pendekatan konvensional menuju pendekatan berbasis teknologi, simulasi, dan desain partisipatif yang bertujuan meningkatkan kesiapsiagaan pengguna bangunan. Penelitian Siregar dan Theresia (2023) memperlihatkan bahwa simulasi berbasis virtual reality mampu meningkatkan pemahaman prosedur evakuasi karena memberikan pengalaman yang lebih realistis dibandingkan media konvensional. Penelitian Warsito dan Zega (2026) juga menegaskan bahwa teknologi virtual reality efektif memperkuat kesiapsiagaan menghadapi keadaan darurat kebakaran melalui pembelajaran yang bersifat interaktif dan kontekstual. Pada sisi lain, Putri et al. (2026) menunjukkan bahwa optimalisasi jalur evakuasi dalam bangunan pelayanan kesehatan mampu mempercepat respons penghuni terhadap kondisi darurat meskipun konfigurasi bangunan memiliki keterbatasan jumlah akses keluar. Kajian Saptaputra et al. (2025) melengkapi temuan tersebut dengan menunjukkan bahwa desain jalur evakuasi berbasis analisis ruang mampu meningkatkan kesiapsiagaan penghuni gedung pendidikan melalui penyediaan rambu yang sistematis dan mudah diidentifikasi. Sintesis berbagai penelitian tersebut mengindikasikan bahwa keberhasilan sistem evakuasi tidak hanya dipengaruhi oleh inovasi teknologi ataupun keberadaan jalur fisik, melainkan oleh integrasi antara aspek perilaku, komunikasi visual, ergonomi, serta penerapan prinsip K3 yang saling memperkuat dalam membentuk budaya keselamatan.

Meskipun perkembangan penelitian mengenai evakuasi darurat menunjukkan kemajuan yang signifikan, literatur masih memperlihatkan sejumlah keterbatasan konseptual maupun empiris yang menghambat penerapan hasil penelitian pada konteks sekolah dasar. Sebagian besar penelitian lebih banyak berorientasi pada bangunan perkantoran, fasilitas kesehatan, perguruan tinggi, maupun lingkungan industri sehingga karakteristik pengguna berupa anak usia sekolah yang memiliki kemampuan persepsi risiko, mobilitas, serta kapasitas pengambilan keputusan yang berbeda belum memperoleh perhatian yang memadai. Dominasi pendekatan berbasis simulasi digital juga menghasilkan kecenderungan bahwa efektivitas kesiapsiagaan lebih banyak diukur melalui peningkatan pengetahuan dibandingkan melalui implementasi fisik jalur evakuasi yang benar benar digunakan dalam lingkungan pendidikan dasar. Pada saat yang sama, berbagai penelitian mengenai penerapan sistem manajemen K3 lebih banyak mengevaluasi kepatuhan organisasi terhadap standar keselamatan daripada mengembangkan model intervensi berbasis pengabdian yang mengintegrasikan identifikasi risiko, perancangan jalur, pemasangan rambu ergonomis, dan edukasi pengguna sebagai satu kesatuan sistem. Ketidakseimbangan fokus tersebut menunjukkan masih terbatasnya bukti empiris mengenai bagaimana prinsip K3 dapat diterjemahkan menjadi rancangan jalur evakuasi yang sesuai dengan karakteristik sekolah dasar sebagai ruang belajar sekaligus ruang publik yang memiliki tingkat kerentanan tinggi (Purba et al., 2025; Ramadhani et al., 2025; Putri et al., 2026).

Kesenjangan tersebut menjadi semakin penting ketika dikaitkan dengan kondisi nyata banyak sekolah dasar di Indonesia yang masih menghadapi keterbatasan sarana keselamatan meskipun risiko bencana maupun keadaan darurat terus meningkat akibat kepadatan lingkungan perkotaan, potensi kebakaran, serta ancaman gempa bumi. Tidak tersedianya jalur evakuasi yang terstruktur berpotensi menimbulkan kepanikan, memperlambat proses penyelamatan, meningkatkan risiko cedera, bahkan mengurangi efektivitas koordinasi guru dalam mengarahkan peserta didik menuju titik aman. Permasalahan tersebut juga ditemukan pada SD Negeri 074 Ayudia Kota Bandung yang belum memiliki jalur evakuasi dan rambu penunjuk arah yang memadai sehingga kesiapsiagaan warga sekolah terhadap kondisi darurat belum didukung oleh sistem keselamatan yang terintegrasi. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa penerapan prinsip K3 pada lingkungan sekolah tidak dapat berhenti pada penyampaian materi keselamatan, melainkan memerlukan intervensi nyata berupa perancangan jalur evakuasi yang sesuai dengan karakteristik ruang, pola mobilitas pengguna, serta kebutuhan komunikasi visual agar proses evakuasi berlangsung lebih cepat, aman, dan terarah. Kondisi awal tersebut juga telah teridentifikasi dalam lokasi pengabdian yang menunjukkan belum tersedianya jalur evakuasi yang

memadai sehingga meningkatkan risiko keselamatan warga sekolah ketika menghadapi keadaan darurat.

Penelitian ini menempati posisi yang berbeda dibandingkan penelitian sebelumnya karena tidak berfokus pada pengembangan media simulasi ataupun evaluasi kepatuhan administratif terhadap standar K3, melainkan mengintegrasikan pendekatan identifikasi risiko lapangan, analisis aksesibilitas ruang, perancangan jalur evakuasi ergonomis, pemasangan rambu sesuai prinsip keselamatan, serta sosialisasi kepada seluruh warga sekolah dalam satu model implementasi berbasis kebutuhan mitra. Posisi tersebut memperluas perspektif mengenai penerapan K3 pada institusi pendidikan dasar melalui pendekatan yang bersifat aplikatif dan kontekstual sehingga menghasilkan sistem evakuasi yang tidak hanya memenuhi aspek teknis keselamatan, tetapi juga meningkatkan pemahaman kolektif mengenai prosedur penyelamatan. Pendekatan ini memberikan ruang bagi pengembangan model intervensi yang lebih adaptif terhadap karakteristik fisik sekolah dasar serta memperlihatkan hubungan antara desain lingkungan, perilaku pengguna, dan efektivitas mitigasi risiko dalam kerangka pengabdian kepada masyarakat yang berbasis bukti.

Penelitian ini bertujuan merancang dan menerapkan jalur evakuasi darurat berbasis prinsip Kesehatan dan Keselamatan Kerja di SD Negeri 074 Ayudia Kota Bandung melalui proses identifikasi kondisi eksisting, penentuan jalur evakuasi yang paling aman, penyediaan rambu keselamatan yang ergonomis, serta sosialisasi kepada seluruh warga sekolah sebagai upaya meningkatkan kesiapsiagaan menghadapi keadaan darurat. Kontribusi teoretis penelitian ini terletak pada penguatan konsep integrasi antara prinsip K3, desain lingkungan pendidikan, dan manajemen risiko bencana dalam konteks sekolah dasar. Kontribusi metodologis penelitian ini diwujudkan melalui pengembangan model implementasi berbasis observasi lapangan, analisis jalur evakuasi, perancangan visual keselamatan, dan evaluasi pemahaman pengguna yang dapat direplikasi pada institusi pendidikan dasar dengan karakteristik serupa.

METODE

Kegiatan pengabdian ini menggunakan **data evaluasi empiris** karena seluruh tahapan implementasi disertai pengukuran hasil melalui observasi lapangan, kuesioner, dan daftar periksa terhadap pemahaman warga sekolah setelah program dilaksanakan. Sasaran kegiatan adalah kepala sekolah, guru, tenaga kependidikan, serta peserta didik di SD Negeri 074 Ayudia Kota Bandung yang dipilih sebagai mitra berdasarkan hasil identifikasi awal yang menunjukkan belum tersedianya jalur evakuasi darurat dan rambu keselamatan yang memenuhi prinsip Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Pelaksanaan program diawali dengan observasi partisipatif untuk mengidentifikasi kondisi eksisting bangunan, pola sirkulasi, hambatan evakuasi, dan potensi bahaya pada setiap area sekolah. Tahap berikutnya meliputi analisis akses menuju titik aman melalui pengukuran jarak dan waktu tempuh dari setiap ruang, penentuan titik kumpul berdasarkan kemudahan akses dan kapasitas area, perancangan rambu jalur evakuasi yang memperhatikan aspek ergonomi dan keterbacaan visual, pemasangan rambu pada lokasi strategis, serta sosialisasi prosedur evakuasi kepada seluruh warga sekolah melalui pendekatan partisipatif agar tercipta pemahaman bersama mengenai budaya keselamatan. Rangkaian kegiatan tersebut disusun berdasarkan prinsip manajemen risiko dan implementasi sistem K3 yang menempatkan identifikasi bahaya, pengendalian risiko, serta keterlibatan aktif komunitas sebagai fondasi utama dalam membangun lingkungan sekolah yang aman dan tangguh (Sari et al., 2026; Sudirwo et al., 2025; Mubarak et al., 2025).

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap kondisi fisik sekolah, dokumentasi hasil perancangan dan pemasangan jalur evakuasi, pengukuran jarak serta waktu tempuh menuju titik kumpul, penyebaran kuesioner kepada guru dan tenaga kependidikan, serta penggunaan daftar periksa sederhana kepada peserta didik untuk mengevaluasi tingkat pemahaman terhadap jalur evakuasi dan prosedur penyelamatan. Evaluasi program dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah implementasi berdasarkan ketercapaian indikator keberhasilan yang meliputi tersedianya jalur evakuasi dan titik kumpul yang terstruktur, terpasangnya rambu keselamatan sesuai prinsip K3, meningkatnya pemahaman warga sekolah mengenai arah evakuasi dan lokasi titik kumpul, serta meningkatnya kesiapsiagaan dalam menghadapi keadaan darurat. Keberhasilan program juga ditentukan melalui tingkat penerimaan mitra terhadap rancangan yang diterapkan dan kemampuan warga sekolah menggunakan sistem evakuasi secara benar sebagai

bagian dari penguatan budaya keselamatan yang berkelanjutan sesuai prinsip manajemen K3 (Sari et al., 2026; Sudirwo et al., 2025; Mubarak et al., 2025).

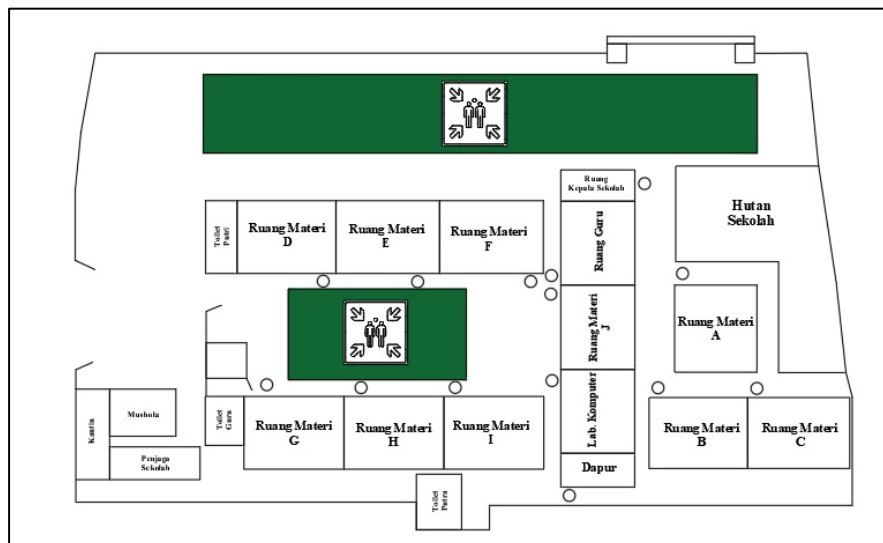
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Spasial dan Ergonomis Penentuan Node Serta Rute Jalur Evakuasi Darurat Sekolah

Penentuan rute evakuasi darurat yang terstruktur memerlukan pendekatan geometris bangunan yang matang guna meminimalkan hambatan fisik bagi anak. Berdasarkan survei awal, pola tata ruang bangunan sekolah menuntut pembagian area yang seimbang untuk mencegah terjadinya penumpukan massa pada satu titik keluar saja. Melalui metode observasi partisipatif, diidentifikasi bahwa kapasitas koridor dan pintu keluar harus mampu menampung laju alir evakuasi yang linier dan teratur. Implementasi manajemen risiko K3 di lingkungan sekolah dasar menjadi krusial mengingat karakteristik fisik dan psikologis peserta didik cenderung rentan terhadap kepanikan massal.

Rancangan sistem evakuasi darurat ini menetapkan dua alternatif titik kumpul utama yang diletakkan pada area terbuka dengan aksesibilitas terbaik. Pilihan lokasi aman tersebut terbagi menjadi kawasan halaman depan dan halaman belakang bangunan sekolah. Pola pergerakan subjek dari ruang kelas menuju zona aman diatur berdasarkan kedekatan geometris ruang guna memangkas durasi evakuasi secara signifikan. Penataan ini selaras dengan prinsip rekayasa keselamatan yang mengutamakan kecepatan pencapaian zona aman terdekat tanpa hambatan struktural berarti.

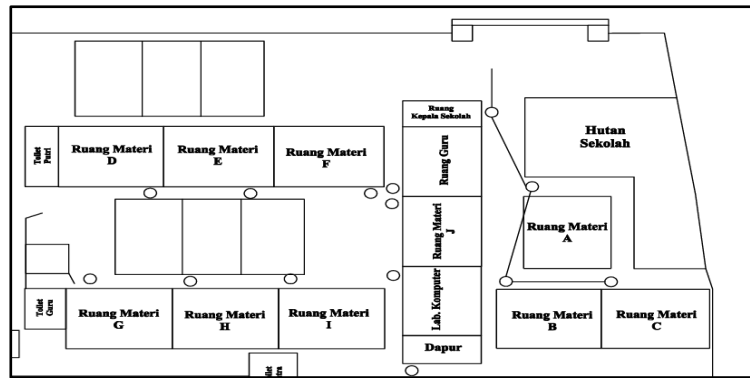
Pembahasan spasial pada bagian depan dititikberatkan bagi para penghuni di area komunal utama meliputi Ruang Kepala Sekolah serta Ruang Guru. Penataan alur darurat ini juga memprioritaskan mobilisasi cepat bagi siswa yang berada di dalam Ruang Materi A, B, dan C. Desain rute tersebut dibuat mengikuti koridor terbuka yang langsung mengarah ke area gerbang luar utama sekolah. Prinsip K3 yang diterapkan menekankan kebebasan ruang gerak evakuasi dari benda padat yang berpotensi mencederai anak saat berlari.



Gambar 1. Titik Kumpul

Gambar 1 menampilkan visualisasi peta penentuan titik kumpul utama yang dirancang secara ergonomis guna memastikan seluruh komponen sekolah dapat memahami lokasi evakuasi akhir secara intuitif.

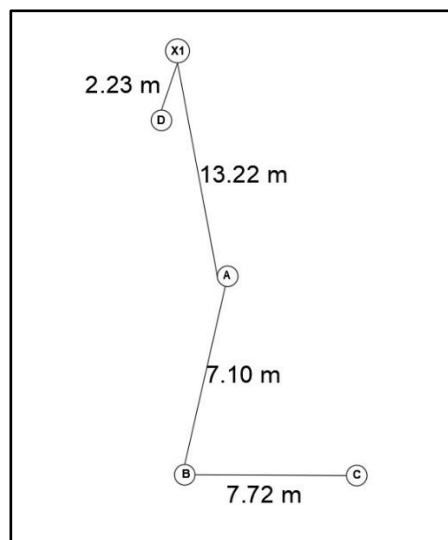
Jalur darurat menuju halaman depan memiliki karakteristik lintasan yang lurus sehingga memperkecil risiko tabrakan antarsiswa dari arah berlawanan. Pemilihan lintasan ini didasarkan atas perhitungan teknis kapasitas daya tampung jalan yang dikaitkan dengan jumlah rombongan belajar. Melalui tata letak node yang sistematis, pergerakan siswa dapat dipantau langsung oleh para guru dari koridor sentral. Hal tersebut memperkuat aspek kendali keamanan dan pengawasan psikologis anak saat evakuasi darurat berlangsung.



Gambar 2. Node Titik Kumpul Bagian Depan

Gambar 2 memaparkan konfigurasi hubungan antarnode pergerakan evakuasi darurat spesifik pada area penyelamatan bagian depan bangunan sekolah.

Setiap titik koordinat node mencerminkan posisi pintu keluar ruang kelas yang dihubungkan oleh garis lintasan evakuasi nonstruktural. Penandaan node ini sangat penting dalam memetakan potensi kemacetan arus pergerakan anak pada persimpangan lorong bangunan. Dengan menganalisis peta keterhubungan node tersebut, pihak sekolah dapat menentukan titik penempatan petugas pemandu evakuasi secara presisi. Pendekatan visual ini terbukti mempermudah pemahaman tata ruang darurat bagi warga sekolah awam.



Gambar 3. Jarak Antar Node Titik Kumpul Depan

Gambar 3 menyajikan visualisasi data matriks jarak matematis yang memisahkan antarnode evakuasi menuju titik kumpul depan.

Pengukuran dimensi jarak antarnode menjadi basis utama dasar perhitungan estimasi waktu tempuh aman bagi anak sekolah dasar. Kedekatan jarak tempuh antartitik terbukti mampu mereduksi beban kelelahan fisik serta meminimalkan risiko kepanikan warga sekolah. Kejelasan informasi jarak pada peta rute membantu guru dalam mengatur jeda waktu keluar antarkelas. Melalui perhitungan geometris yang cermat, efisiensi pergerakan massa menuju titik aman terluar dapat tercapai secara maksimal.

Data empiris mengenai dimensi spasial jarak dan waktu respon evakuasi warga sekolah disajikan secara komprehensif pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Jarak dan Waktu

Lokasi	Ujung Ruangan - Pintu	Jarak (meter)		Ujung Ruangan - Pintu	Waktu (detik)	
		Pintu - Titik Evakuasi I	Pintu - Titik Evakuasi II		Pintu - Titik Evakuasi I	Pintu - Titik Evakuasi II
Ruang Materi A	8.73	13.22	51.65	12	12	45
Ruang Materi B	8.42	20.32	47.34	13	15	37
Ruang Materi C	8.62	27.72	42.62	14	17	25
Ruang Materi D	9.6	11.17	2.3	12	10	6
Ruang Materi E	7.3	20.09	2.2	12	16	5
Ruang Materi F	8.9	29	3.9	13	20	7
Ruang Materi G	8.27	9.98	3.2	15	14	6
Ruang Materi H	8.2	21.2	3.4	12	14	6
Ruang Materi I	9.54	30.2	3.7	14	26	6
Ruang Materi J	7.85	18.62	3	16	15	4
Ruang Guru	9.6	15.72	3.6	12	13	5
Lab. Komputer	8.9	10.1	3.6	10	12	5
Dapur	0	35.62	56.97	0	19	50
Mushola	6,80	10,4	5,20	13	37	17
R. Penjaga Sekolah	2,60	9,8	4,90	14	30	15
Kantin	2,20	12,4	6,20	12	42	20

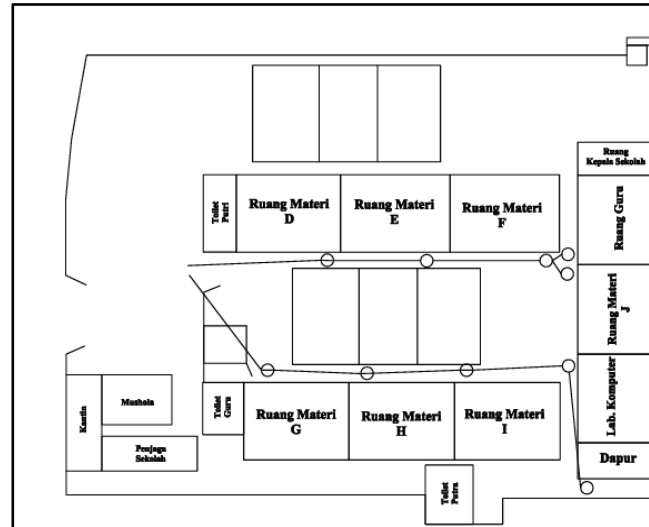
Berdasarkan matriks data empiris di atas, analisis korelasi spasial menunjukkan variasi signifikan antara jarak ruang kelas dan durasi waktu tempuh menuju zona aman terdekat. Ruang Materi A memiliki jarak 13,22 meter dengan waktu tempuh minimal 12 detik menuju Titik Evakuasi I. Sebaliknya, area penunjang seperti Dapur membutuhkan durasi yang lebih lama mencapai 50 detik akibat jarak terjauh mencapai 56,97 meter ke Titik Evakuasi II. Perbedaan mencolok ini menuntut adanya pembagian prioritas evakuasi massal guna mencegah terjadinya kepadatan massa di lorong koridor sekolah.

Akses mobilitas darurat dari zona belakang dirancang khusus untuk mengalirkan massa dari koridor kelas bagian dalam secara efisien. Ruang komunal penunjang seperti Kantin, Mushola, serta Rumah Penjaga Sekolah diarahkan penuh menuju area terbuka di bagian belakang ini. Kelompok siswa dari Ruang Materi G, H, dan I memiliki akses pintu keluar yang terhubung langsung dengan halaman dalam tersebut. Pola pemisahan sirkulasi ini terbukti efektif menurunkan kepadatan lalu lintas orang hingga setengahnya jika dibandingkan rute tunggal kuno.

Pendekatan ergonomi lingkungan juga diaplikasikan dalam menentukan lebar efektif jalur evakuasi bebas hambatan arsitektural sekolah. Standar K3 internasional mensyaratkan jalur pelarian harus terbebas dari tiang portabel maupun barang inventaris kelas. Evaluasi struktur koridor sekolah menunjukkan dimensi jalur yang memadai untuk dilalui oleh dua anak berdampingan secara tertib. Penyesuaian fisik prasarana ini secara langsung berdampak positif pada penurunan tingkat stres civitas akademika saat simulasi bencana terjadi.

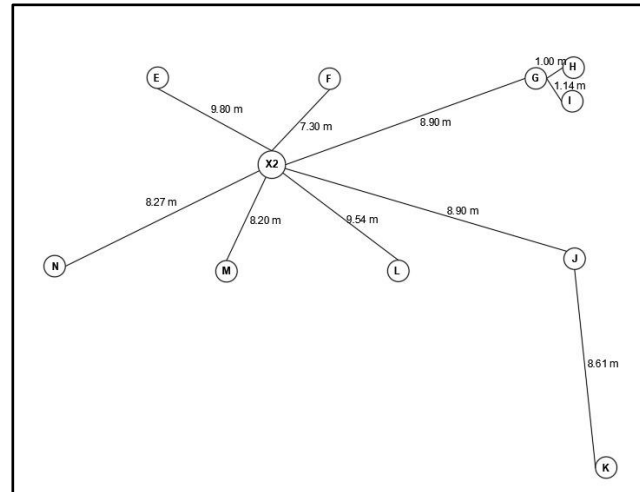
Perancangan Jaringan Evakuasi Berbasis Node dan Tata Letak Spasial Titik Kumpul Belakang

Analisis spasial terhadap sirkulasi darurat di area belakang gedung sekolah dilakukan dengan pendekatan berbasis teori graf guna menjamin kelancaran mobilisasi massa yang terukur saat terjadi bencana. Penentuan rute darurat ini didasarkan pada pemetaan titik koordinat ruang yang dihubungkan langsung menuju zona aman sekunder tanpa hambatan arsitektural yang dapat mengganggu kecepatan evakuasi siswa. Berdasarkan identifikasi empiris di lapangan, perancangan visual dan geometris rute darurat pada area ini diformulasikan untuk melayani sebaran ruang kelas secara spesifik dan teratur. Komposisi spasial wilayah belakang sekolah ditunjukkan secara mendalam melalui visualisasi teknis tata ruang yang menggambarkan posisi strategis setiap jalur penyelamatan berikut ini.



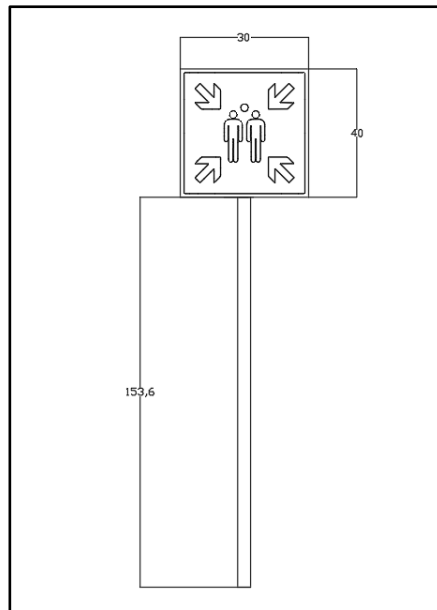
Gambar 4. Node Titik Bagian Belakang

Distribusi beban evakuasi pada area belakang sekolah memerlukan perhitungan matematis yang cermat mengenai jarak antarnode spasial guna meminimalkan risiko penumpukan massa di koridor sempit. Setiap koridor dianalisis menggunakan parameter kinematika pergerakan anak usia sekolah dasar untuk memprediksi laju alir evakuasi total demi menghindari potensi bahaya desak-desakan. Akurasi penempatan penunjuk arah sangat bergantung pada pemetaan spasial jarak absolut dari pintu keluar ruang materi menuju titik interseptal yang telah ditentukan sebelumnya. Geometri jarak antarnode spasial evakuasi bagian belakang ini disajikan secara mendalam melalui bagan alir terstruktur guna mempermudah pemahaman alur penyelamatan berikut.



Gambar 5. Jarak Antar Node Titik Kumpul Belakang

Implementasi sistem manajemen keselamatan di lingkungan pendidikan mengharuskan ketersediaan visual display penunjuk arah yang memiliki keterbacaan tinggi serta dimensi ergonomis bagi penggunaannya. Struktur penunpu papan informasi dirancang dengan memperhatikan aspek antropometri anak guna memastikan seluruh instruksi darurat berada dalam jangkauan visual optimal tanpa terhalang objek lain. Penerapan material reflektif pada papan penunjuk ini juga bertujuan mempertahankan fungsionalitas keterbacaan rambu saat terjadi penurunan intensitas cahaya di dalam gedung akibat pemadaman listrik darurat. Rancangan dimensi dan struktur visual display papan penunjuk arah darurat tersebut digambarkan secara detail di bawah ini sebagai pedoman teknis pembuatan rambu.



Gambar 6. Rancangan Papan Penunjuk Titik Kumpul

Pengukuran matriks jarak spasial dan estimasi waktu tempuh riil warga sekolah menuju titik kumpul darurat menjadi basis evaluasi keandalan sistem K3 yang diterapkan secara komprehensif. Berdasarkan data empiris hasil simulasi dan pengukuran lapangan, perpindahan penghuni dari ruang kelas menuju titik evakuasi sekunder menunjukkan variasi waktu yang linear terhadap jarak geometris bangunan. Evaluasi mendalam mengenai performa evakuasi fisik ini diringkas secara sistematis dalam sebuah tabel untuk memperlihatkan tingkat efektivitas waktu respons penyelamatan mandiri. Keberadaan data ini sangat penting sebagai bahan kajian akademis dalam merumuskan kebijakan keselamatan jangka panjang serta standarisasi infrastruktur tanggap darurat di sekolah.

Tabel 2. Matriks Jarak Spasial dan Estimasi Waktu Tempuh Evakuasi Koridor Belakang

Identifikasi Ruang Asal	Jarak Eksisting ke Node Belakang (m)	Jarak ke Titik Kumpul II (m)	Estimasi Waktu Tempuh Riil (detik)
Ruang Materi D	9,60	2,30	6
Ruang Materi E	7,30	2,20	5
Ruang Materi F	8,90	3,90	7
Ruang Materi G	8,27	3,20	6
Ruang Materi H	8,20	3,40	6
Ruang Materi I	9,54	3,70	6

Sumber: Data Primer Hasil Olahan Lapangan (2026)

Data performa evakuasi darurat pada Tabel 2 menunjukkan bahwa penempatan lokasi Titik Kumpul II di area belakang gedung berhasil meminimalkan waktu pengosongan ruangan hingga di bawah sepuluh detik. Efisiensi waktu tersebut sangat krusial dalam memitigasi risiko cedera fatal akibat runtuhnya material bangunan saat terjadi bencana gempa bumi yang datang mendadak. Keteraturan alur pergerakan siswa pada koridor belakang ini didukung penuh oleh kejelasan pictogram keselamatan yang terpasang secara permanen pada dinding struktur bangunan utama. Pengondisian lingkungan sekolah yang tanggap darurat melalui rekayasa fasilitas K3 terbukti mampu menciptakan rasa aman secara berkelanjutan bagi seluruh civitas akademika.

Penerapan jalur evakuasi yang terstruktur pada area belakang sekolah berkontribusi langsung pada penurunan tingkat kepanikan siswa saat menghadapi simulasi keadaan darurat di lingkungan mereka. Keberhasilan pengondisian psikologis massa di lingkungan sekolah sangat dipengaruhi oleh konsistensi visualisasi rambu keselamatan yang terstandarisasi serta mudah dipahami oleh anak-anak. Pengintegrasian jalur evakuasi dengan kurikulum kesiapsiagaan darurat lokal terbukti

mempercepat proses pembentukan budaya K3 yang protektif sejak usia dini di sekolah dasar. Melalui ketersediaan infrastruktur penyelamatan darurat yang memadai, sekolah dasar mampu mentransformasikan lingkungan belajar konvensional menjadi kawasan edukasi yang aman dan adaptif terhadap risiko bencana.

Peningkatan pemahaman warga sekolah mengenai peta mitigasi bencana merupakan fondasi awal yang krusial dalam mewujudkan kemandirian sistem manajemen keselamatan institusi pendidikan dasar secara menyeluruh. Ketersediaan jalur evakuasi yang andal di sekolah dasar secara nyata mereduksi kerentanan fisik bangunan terhadap ancaman insiden darurat, termasuk potensi bahaya kebakaran. Simulasi evakuasi darurat yang dilaksanakan berkala berbasis visual display terbukti memperkuat memori spasial anak saat proses penyelamatan diri yang sesungguhnya harus dilakukan. Pembudayaan aspek K3 di sekolah tidak hanya berfokus pada penyediaan perangkat proteksi fisik, melainkan juga pada peningkatan kapasitas dan kesadaran sumber daya manusia secara holistik.

Keberlanjutan fungsi fasilitas jalur evakuasi darurat di lingkungan sekolah menuntut adanya komitmen pemeliharaan sarana secara konsisten dari seluruh pihak manajemen institusi pendidikan terkait. Evaluasi kelayakan penempatan rambu keselamatan wajib ditinjau secara berkala untuk mengantisipasi perubahan tata letak interior ruang kelas yang dinamis dari waktu ke waktu. Penerapan sistem manajemen risiko yang proaktif di area sekolah terbukti mampu mencegah terjadinya kecelakaan sekunder saat mobilisasi darurat massal sedang berlangsung. Penyempurnaan teknis pembagian zona kumpul per kelas menjadi rekomendasi krusial guna menjaga ketertiban proses penghitungan jumlah total personel saat kondisi darurat benar-benar terjadi.

Identifikasi keberhasilan implementasi program manajemen K3 di lingkungan sekolah dasar diukur secara objektif melalui analisis deskriptif terhadap tingkat penerimaan serta pemahaman warga sekolah. Pengukuran pemahaman prosedural darurat dilakukan pasca pelaksanaan sosialisasi interaktif guna menguji validitas desain visual display penunjuk arah yang telah dipasang di koridor. Indikator keberhasilan sistem K3 dinilai dari kemampuan siswa dan guru dalam menerjemahkan pesan piktogram arah evakuasi secara spontan tanpa kebingungan yang berarti. Penerapan daftar periksa dan kuesioner terstruktur menjadi instrumen utama dalam menjaring data persepsi riil warga sekolah terhadap keandalan seluruh infrastruktur keselamatan tersebut.

Tabel 3. Rekapitulasi Persentase Ketercapaian Indikator Kesiapsiagaan Warga Sekolah

Komponen Indikator Keselamatan K3	Kategori Guru & Tenaga Kependidikan (%)	Kategori Peserta Didik (%)	Keterangan Capaian Empiris
Kejelasan Visual Display Jalur Evakuasi	91,60	90,40	Sangat Efektif
Keterbacaan Rambu Titik Kumpul	81,80	100,00	Memenuhi Standar
Kelancaran Alur Perpindahan Fisik	91,60	95,20	Minim Hambatan
Pemahaman Prosedur Penyelamatan	91,60	100,00	Sangat Paham

Sumber: Analisis Hasil Kuesioner dan Daftar Periksa Pengabdian (2026)

Hasil tabulasi empiris pada Tabel 3 memperlihatkan tingginya tingkat pemahaman peserta didik yang mencapai nilai sempurna pada aspek kejelasan lokasi titik kumpul serta prosedur penyelamatan. Pencapaian optimal tersebut merefleksikan bahwa perancangan visual display dengan pendekatan ergonomi anak terbukti meningkatkan efektivitas transfer informasi keselamatan secara signifikan di lapangan. Respons positif dari guru dan tenaga kependidikan juga mengindikasikan bahwa tata letak rambu darurat yang dipasang telah memenuhi ekspektasi operasional keselamatan kerja institusi. Keterpaduan antara media edukasi visual dan fasilitas fisik evakuasi menjadi kunci utama dalam meminimalkan gap ketidaktahuan warga sekolah terhadap potensi bahaya bangunan sekolah mereka.

Standardisasi Visual Rambu K3 dan Validasi Empiris Kesiapsiagaan Evakuasi Berbasis Komunitas Sekolah

Pengembangan sistem keselamatan melalui visual display pada koridor institusi pendidikan dasar memerlukan kajian ergonomi yang komprehensif agar pesan mitigasi dapat diindra secara instan saat kepanikan massal terjadi. Dimensi antropometri anak usia sekolah dasar di Indonesia menjadi variabel kunci dalam menentukan elevasi geometris papan petunjuk arah agar berada tepat pada sudut pandang optimal yang meminimalkan hambatan visual. Berdasarkan formulasi teknis rekayasa fasilitas keselamatan, perhitungan stroke width (Ws) untuk keterbacaan rambu pada jarak 20 meter dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$Ws = 1.45 \times 10^{-5} \times S \times d$$

Keterangan:

Ws = Lebar Huruf (Stroke Width) dalam satuan cm

S = Faktor Skala Visual Standardisasi

d = Jarak Pandang Maksimum Responden (cm)

Melalui substitusi parameter empiris lapangan ($S = 40$ dan $d = 2000$ cm), diperoleh nilai lebar huruf sebesar 1.16 cm, yang kemudian ditransformasikan ke dalam perhitungan tinggi huruf menggunakan perbandingan rasio aspek ($R = 0.2$). Rumus tinggi huruf (HL) disajikan melalui persamaan matematika berikut:

$$HL = \frac{Ws}{R}$$

Melalui pembagian nilai lebar huruf dengan rasio aspek standar, diperoleh tinggi nominal huruf sebesar 5.80 cm yang menjamin keterbacaan teks secara cepat pada kondisi pencahayaan darurat. Karakteristik geometris dan aspek antropometri penempatan papan penunjuk arah keselamatan ini ditabulasikan secara terperinci pada data empiris pengabdian untuk memberikan landasan teknis implementasi fasilitas K3 di lingkungan sekolah.

Tabel 4. Standardisasi Metrik Visual Rambu dan Elevasi Antropometri Jalur Evakuasi

Parameter Desain Rambu Evakuasi	Formula Teknis Perancangan Fasilitas	Hasil Kalkulasi Rekayasa K3	Standardisasi Regulasi Acuan
Lebar Huruf (<i>Stroke Width</i>)	Ws $= 1.45 \times 10^{-5} \times S \times d$	1.16 cm	ISO 7001 Desain Visual
Tinggi Huruf (<i>Letter Height</i>)	$HL = \frac{Ws}{R}$	5.80 cm	Peraturan BNPB Nomor 3 Tahun 2025
Elevasi Tiang Papan Titik Kumpul	P_{99} $= \bar{X}$ $+ (2.325 \times \sigma)$	153.6 cm	Antropometri Anak Indonesia
Total Ketinggian Rambu Aman	H_{total} $= P_{99}$ $+ Tinggi_{papan}$	203.6 cm	Standar Ergonomi Fasilitas Publik

Sumber Data: Hasil Analisis Antropometri dan Kalkulasi Geometris Fasilitas Keselamatan K3 (2026).

Rekayasa visual display ini menggunakan kombinasi warna latar hijau kromatografi tinggi dengan pictogram putih solid guna menstimulasi respons psikologis yang menenangkan bagi siswa yang rentan mengalami tekanan mental saat krisis terjadi (Sari et al., 2026; Sudirwo et al., 2025; Mubarak et al., 2025). Aspek keterbacaan visual ini diselaraskan dengan tata letak spasial bangunan sekolah melalui pemasangan rambu pada koridor utama untuk mengarahkan pergerakan massa menuju area terbuka secara terstruktur. Hasil visualisasi desain rambu penunjuk arah evakuasi darurat beserta marka berkumpul yang telah disesuaikan dengan dimensi antropometri anak dasar

ditampilkan secara berurutan pada infografis di bawah ini.

Pemasangan seluruh display rambu keselamatan dilakukan secara masif pada titik strategis dengan mempertimbangkan eliminasi blind spot sirkulasi bangunan agar alur pergerakan tidak terhambat oleh tiang struktur gedung sekolah. Penentuan rute pergerakan diarahkan menuju dua zona aman utama yang terbagi secara proporsional guna mencegah terjadinya fenomena bottleneck pada pintu keluar utama bangunan. Distribusi spasial dari penempatan rambu keselamatan beserta pemetaan sirkulasi evakuasi dari seluruh ruang kelas menuju titik kumpul depan dan belakang sekolah digambarkan secara detail dalam dokumen rekayasa denah keselamatan berikut.

Tahap akhir dari program penguatan proteksi kebakaran dan gempa bumi ini diintegrasikan dengan edukasi simulasi evakuasi secara partisipatif untuk menanamkan memori motorik bawah sadar pada seluruh warga sekolah (Anggara et al., 2026; Siregar & Theresia, 2023; Warsito & Zega, 2026). Pendekatan sosialisasi konseptual dilakukan melalui demonstrasi taktis metode perlindungan diri darurat dan teknik mobilisasi berbaris tertib tanpa saling mendahului antar peserta didik. Dokumentasi visual mengenai interaksi aktif dan antusiasme warga institusi pendidikan selama pelaksanaan simulasi tanggap darurat bencana di lapangan utama sekolah disajikan pada gambar di bawah ini.

Analisis kuesioner deskriptif pasca program mengindikasikan lonjakan pemahaman sirkulasi kedaruratan yang signifikan di mana mayoritas mutlak responden menyatakan indikator keterbacaan visual display berada pada kategori sangat baik. Temuan empiris ini menegaskan bahwa intervensi fasilitas keselamatan fisik yang dibarengi dengan pelatihan periodik mampu mentransformasi kesadaran K3 dari tingkat pasif menjadi budaya keselamatan aktif yang berkelanjutan (Agustina & Oktovianus, 2025; Astutik et al., 2025; Aulia et al., 2025). Penataan infrastruktur jalur evakuasi berbasis ergonomi terbukti efektif menjadi instrumen preventif guna meminimalkan fatalitas risiko cedera fisik anak di lingkungan institusi pendidikan (Djaali, 2025; Dodie et al., 2025; Fauziah et al., 2026). Rekayasa sistem keselamatan darurat ini memberikan kontribusi teoritis dan praktis bagi pengembangan konsep sekolah aman bencana yang ramah anak di wilayah perkotaan padat penduduk (Firmansyah & Pratiwi, 2026; Fitriadi et al., 2025; Fitriani & Ikhlasiah, 2026). Implementasi manajemen risiko yang terstruktur terbukti mampu memperkuat sistem proteksi internal sekolah terhadap ancaman kegagalan struktur maupun kebakaran bangunan secara holistik (Hukom & Mual, 2025; Lugijana et al., 2025; Nasution & Susilawati, 2026). Keberhasilan perancangan ini merekomendasikan standarisasi fasilitas K3 serupa untuk diadopsi secara luas pada berbagai kluster sekolah dasar negeri lainnya di perkotaan (Pratikno et al., 2025, Purba et al., 2025, Putri et al., 2026, Ramadhani et al., 2025, Saptaputra et al., 2025, Yenita et al., 2025).

KESIMPULAN

Implementasi sistem proteksi dan keselamatan darurat di SD Negeri 074 Ayudia Kota Bandung membuktikan bahwa integrasi rekayasa fasilitas fisik berbasis prinsip K3 dan penguatan kapasitas komunitas sekolah mampu mereduksi risiko fatalitas bencana secara signifikan. Kalkulasi visual rambu evakuasi yang diselaraskan dengan standar ISO 7001 dan dimensi antropometri anak Indonesia menghasilkan akurasi penempatan display visual yang memiliki keterbacaan tinggi serta bebas dari hambatan spasial struktural bangunan. Penataan rute sirkulasi yang proporsional ke dua zona aman utama terbukti efektif menanggulangi penumpukan massa di pintu keluar, sementara pelaksanaan simulasi kedaruratan secara partisipatif berhasil membentuk memori motorik bawah sadar warga sekolah. Melalui sinergi antara infrastruktur mitigasi yang ergonomis dan edukasi tanggap darurat yang terstruktur, program ini berhasil mentransformasi kesadaran K3 dari tingkat pasif menjadi budaya keselamatan aktif yang berkelanjutan demi mewujudkan lingkungan institusi pendidikan dasar yang ramah anak dan aman bencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, N. P. R., & Oktovianus, O. (2025). Pengenalan Safety Induction di SMA Negeri 3 Malinau Sebagai Upaya Meningkatkan Kesadaran Keselamatan Kerja di Laboratorium. *Edu Society: Jurnal Pendidikan, Ilmu Sosial Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 1013-1021. <https://doi.org/10.56832/edu.v5i1.935>
- Anggara, A., Marsidi, M., Ardiwinata, Y., Regina, A., & Pebrida, I. (2026). Peningkatan Kesiapsiagaan Darurat Bencana Gedung melalui Pelatihan dan Simulasi Manajemen Bencana pada Civitas

- Akademika. *Jurnal Hasil Pengabdian Masyarakat (JURIBMAS)*, 5(1), 266-272. <https://doi.org/10.62712/juribmas.v5i1.1046>
- Aranda, S., Arisanti, R., & Husni, A. (2026). Evaluasi Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Pengangkutan Overburden dari Front Penambangan Menuju Disposasi di PT X Lahat Sumatera Selatan. *Journal of Engineering and Applied Technology*, 2(1), 01-09. <https://doi.org/10.65310/41y7w230>
- Astutik, F. E. F., Naulli, G. C., Nehe, D. C., & Nalu, R. I. H. (2025). Pengenalan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di SMK Atisa Dipamkara. *Idea Pengabdian Masyarakat*, 5(03), 424-431. <https://doi.org/10.53690/ipm.v5i03.453>
- Aulia, A. D. R., Srisantyorini, T., & Nurfadhilah, N. (2025). Analysis of Occupational Safety and Health (OSH) Implementation and Child Accident Prevention Efforts in Early Childhood Education (PAUD) Environment in Ketanggungan District, Brebes, Central Java: Analisis Implementasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam Upaya Pencegahan Kecelakaan pada Anak di Lingkungan Pendidikan Anak Usia Dini Kecamatan Ketanggungan, Brebes, Jawa Tengah. *Academia Open*, 10(2), 10-21070. <https://doi.org/10.21070/acopen.10.2025.12715>
- Djaali, N. A. (2025). Strengthening Nursing Students' Occupational Health and Safety Competencies through a HIRARC-Based Proactive Program in Health Service Risk Management. *Jurnal Pemberdayaan Komunitas MH Thamrin*, 7(2), 446-452. <https://doi.org/10.37012/jpkmht.v7i2.3054>
- Dodie, S., Rumokoy, S. N., Simanjuntak, C. H., Wenno, L. A., & Khasanah, F. N. (2025). Evaluasi Penerapan Sistem K3 Dalam Pembelajaran Praktek: Studi Kasus Pada Prodi Sarjana Terapan Teknik Listrik. *Jurnal Kajian Ilmiah*, 25(2), 141-156. <https://doi.org/10.31599/pwemnh25>
- Fauziah, S. S., Maryati, D., Ramadhania, S. A., Rizky, M. N., & Muliya, E. (2026). Ketersediaan dan Kelayakan Alat Laboratorium dalam Mendukung Penerapan K3 di Sekolah SMAN X Jakarta. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(3), 1235-1247. <https://doi.org/10.55123/insologi.v5i3.8530>
- Firmansyah, D., & Pratiwi, Y. (2026). Penerapan Sistem Manajemen K3 Dalam Meningkatkan Keselamatan Kerja di PT Surya Bumi Agrolanggeng, Kab. Pali. *JURNAL KESEHATAN TROPIS INDONESIA*, 4(2), 362-380. <https://doi.org/10.63265/jkti.v4i2.229>
- Fitriadi, F., Muzakir, M., Saputra, A., Lestari, S. A., Hadi, K., Noviar, N., & Sudarman, S. (2025). Peningkatan keselamatan kerja di industri galangan kapal tradisional melalui edukasi dan implementasi standar k3. *Jurnal Pengabdian Kolaborasi Dan Inovasi Ipteks*, 3(1), 26-39. <https://doi.org/10.59407/jpki2.v3i1.1735>
- Fitriani, F., & Ikhlasiyah, M. (2026). Literatur Review: Pengaruh Pengetahuan, Sikap, dan Ketersediaan Fasilitas terhadap Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Petugas Laboratorium. *Quantum Wellness: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 3(2), 118-130. <https://doi.org/10.62383/quwell.v3i2.3139>
- Hukum, F. S., & Mual, B. C. (2025). Perencanaan Panduan Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Laboratorium Uji Tanah Politeknik Negeri Ambon. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 5(4), 7063-7081. <https://doi.org/10.31004/innovative.v5i4.20830>
- Lugijana, N. G., Sukana, M., & Sanjiwani, P. K. (2025). Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Aktivitas Wisata Bahari (Studi pada Usaha Pariwisata Bintang Divers di Pantai Amed, Desa Purwakerti, Kabupaten Karangasem). *Jurnal Destinasi Pariwisata*, 13(2). <https://doi.org/10.24843/JDEPAR.2025.v13.i02.p09>
- Mubarak, H., Fajriah, I., Syafitri, N. M., Aminuddin, A., Sofyan, Y. F. F., Yunus, A. T., ... & Bora, M. A. (2025). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam Konstruksi*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah.
- Nasution, R. K. Q., & Susilawati, S. (2026). Analisis Pelaksanaan Program Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Rumah Sakit Khusus Ginjal Rasyida Medan Sumatera Utara. *JUMANTIK (Jurnal Ilmiah Penelitian Kesehatan)*, 11(1), 22-30. <http://dx.doi.org/10.30829/jumantik.v11i1.26035>
- Pratikno, F. A., Saputra, R. A., Maulana, A., Sangkala, R. I., Yunanto, R. A., Maharani, P. R., ... & Willis, T. B. M. (2025). Revitalisasi Perpustakaan Sekolah Dasar untuk Lingkungan Belajar yang Aman dan Nyaman. In *Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat (SEPAKAT)* (Vol. 4, No. 5, pp. 61-71). <https://doi.org/10.35718/sepakat.v4i5.8481571>

- Purba, L., Rambey, H., & Saputri, I. N. (2025). Evaluation of the Implementation of Occupational Health and Safety Management System at Lima Puluh Public Health Center, Batu Bara Regency, in 2025. *JURNAL KESMAS DAN GIZI (JKG)*, 8(1), 200-206. <https://doi.org/10.35451/c1ftq750>
- Putri, M. E., Lita, L., & Kurniawan, I. (2026). Peningkatan Kesiapsiagaan Evakuasi Darurat pada Gedung Laboratorium Medis dan Klinik Utama Pramita dengan Satu Jalur Keluar. *Jurnal Medika: Medika*, 2385-2394. <https://doi.org/10.31004/zgqykv02>
- Ramadhani, P., Tondasi, A., Soeparyanto, T. S., Kadir, I., Palulungan, A. R., & Arsyad, L. O. M. N. (2025). Analisa Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Pekerjaan Rehabilitasi Ex-MTQ Kota Kendari. *Sultra Civil Engineering Journal (SCiEJ)*, 6(2), 630-639. <https://doi.org/10.54297/sciej.v6i2.1321>
- Saptaputra, S. K., Rachman, R. M., Julia, F., Silondae, I. F., Nurhawa, N., Salldillah, S., ... & Rongrean, V. (2025). Pembuatan Desain Jalur Evakuasi Dalam Menunjang Kesiapsiagaan Bencana di Gedung Perkuliahan Fakultas Kesehatan Masyarakat Univesitas Halu Oleo Kendari. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia Kreatif*, 1(3), 106-112. <https://doi.org/10.61674/vcvb7697>
- Sari, A. F., Mardika, R. A., S ST, M. T., Rita Mulyandari, S. T., MT, C., Yulianto, K. A. N., ... & ST, M. (2026). *Manajemen K3 Berbasis Lingkungan Kerja*. PT Bukuloka Literasi Bangsa.
- Siregar, A. A. I., & Theresia, C. (2023). Perancangan simulasi prosedur evakuasi darurat gempa bumi di gedung x berbasis virtual reality. *Journal of Integrated System*, 6(2), 144-163. <https://doi.org/10.28932/jis.v6i2.7696>
- Sudirwo, S., Judijanto, L., Sawiji, R. T., Fatimah, N. A., & Margono, M. (2025). *K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja)*. PT. Green Pustaka Indonesia.
- Warsito, A. B., & Zega, F. B. T. (2026). Pengembangan Virtual Reality untuk Kesiapsiagaan Keadaan Darurat Kebakaran dan Edukasi Gizi. *Jurnal Manajemen Kesehatan Yayasan RS. Dr. Soetomo*, 12(1), 337-357. <https://doi.org/10.29241/jmk.v12i1.2578>
- Yenita, R. N., SKM, M., Tengku Kespandiar, S. T., & Armadi, S. E. (2025). *DASAR KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA*. CV. DOTPLUS Publisher.