Jurnal Desain
unindra universitas indraprasta pgri
e-ISSN: 2339-0115, p-ISSN: 2339-0107
Vol.13 No.4 (2026), 1510-1527
https://doi.org/10.30998/jd.v13i4.4910

Identifikasi kerentanan *entrance* bangunan non-rekayasa sebagai dasar strategi desain fasad untuk mitigasi risiko gempa

Nitih Indra Komala Dewi[1], Wahyu Buana Putra*[2], Bambang Subekti[2], Utami[2], Heru Wibowo[3]
Program Studi Arsitektur, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia[1]
Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154, Indonesia
Prodi Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, Institut Teknologi Nasional Bandung[2]
Jl. Khp Hasan Mustopa No.23, Neglasari, Kec. Cibeunying Kaler, Kota Bandung, Jawa Barat 40124, Indonesia
Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kebangsaaan Republik Indonesia[3]
Jl. Pelajar Pejuang 45 No.8, Lkr. Sel., Kec. Lengkong, Kota Bandung, Jawa Barat 40263, Indonesia
***Correspondence author:** wbputra@itenas.ac.id*

Received:
20/07/2026
Final Revision:
13/08/2026
Accepted:
25/08/2026

This work is licensed under a CC-BY-NC

Abstrak.
Aktivitas Sesar Lembang berpotensi memicu guncangan seismik hingga skala VIII MMI yang berisiko tinggi terhadap kerusakan dinding, plesteran, dan atap bangunan sederhana. Sebagian besar bangunan hunian di kawasan ini adalah bangunan non-rekayasa (*non-engineered buildings*) tanpa memiliki pertimbangan terhadap risiko gempa. Pada tipologi ini, pintu masuk pada bangunan umumnya menjadi satu-satunya jalur evakuasi sehingga kegagalan fungsionalnya berdampak langsung terhadap keselamatan jiwa penghuni. Meskipun demikian, literatur terdahulu cenderung memperlakukan pintu masuk sebatas elemen estetis atau selubung bangunan (*building envelope*) pasif, tanpa mengevaluasi performa spasial-tektoniknya sebagai sistem jalur mitigasi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kerentanan spasial-konstruktif pintu masuk serta merumuskan kerangka kriteria perancangan bukaan aman gempa. Melalui pendekatan kualitatif-analitis, observasi berbasis *purposive sampling* dilakukan terhadap 12 unit hunian di Kelurahan Sariwangi (radius 3 km dari Sesar Lembang) yang ditelaah menggunakan tujuh indikator teknis-spasial aksesibilitas mitigasi. Hasil analisis mengungkapkan kerentanan sistemik: 58% bangunan bergantung pada akses tunggal (single-egress vulnerability), ketiadaan zona bebas reruntuhan (debris-free zone) akibat kerapatan antarbangunan yang tinggi, serta dominasi material fasad berbobot masif tanpa elemen pengaku struktural (kolom praktis dan ring balok) di sekitar bukaan. Temuan ini mengindikasikan bahwa kegagalan fungsi pintu masuk bukan sekadar masalah komponen pintu secara terisolasi, melainkan akibat interaksi komposit antara materialitas fasad dan konfigurasi spasial mikro di sekitarnya. Penelitian ini berkontribusi menyediakan kerangka evaluasi awal (*preliminary*) kerentanan bukaan yang berpotensi menjadi dasar penyusunan pedoman preskriptif perancangan arsitektur tahan bencana di kawasan rawan gempa, dengan validasi lebih lanjut.
Kata kunci: mitigasi bencana, bangunan non-rekayasa, pintu masuk, komponen fasad, jalur evakuasi, aksesibilitas mitigasi

Abstract.
The activity of the Lembang Fault has the potential to trigger seismic shaking of up to intensity VIII on the Modified Mercalli Intensity (MMI) scale, posing a high risk of damage to walls, plaster, and roofs of simple buildings. The majority of residential buildings in this area are non-engineered buildings, constructed without consideration of seismic risk. Within this typology, the entrance door generally serves as the sole evacuation route, such that its functional failure directly jeopardizes the safety and lives of occupants. Nevertheless, prior literature has tended to treat the entrance merely as an aesthetic element or a passive component of the building envelope, without evaluating its spatial-tectonic performance as part of a mitigation pathway system. This study aims to assess the spatial-constructive vulnerability of

building entrances and to develop a criteria framework for the design of earthquake-safe openings. Using a qualitative-analytical approach, purposive sampling-based observations were conducted on 12 residential units in Kelurahan Sariwangi (within a 3 km radius of the Lembang Fault), which were examined using seven technical-spatial indicators of mitigation accessibility. The analysis reveals systemic vulnerabilities: 58% of the buildings rely on single-egress access (single-egress vulnerability), an absence of debris-free zones due to high inter-building density, and a predominance of heavy, massive façade materials lacking structural reinforcing elements (practical columns and ring beams) around the openings. These findings indicate that the functional failure of entrance doors is not merely an isolated component-level issue, but rather the result of composite interactions between façade materiality and the surrounding micro-spatial configuration. This study contributes a preliminary vulnerability evaluation framework for entrance openings that may serve as a basis for prescriptive guidelines for disaster-resilient architectural design in earthquake-prone areas, pending further validation.

Keywords: *Disaster mitigation, Non-engineered buildings, Primary entrance, Facade components, Evacuation route, Mitigation accessibility.*

Pendahuluan

Gempa bumi merupakan proses geologis berupa pelepasan energi elastis secara mendadak di kerak bumi, dipicu oleh pergerakan massa batuan sebagai respons terhadap gaya tektonik. Salah satu wilayah di Jawa Barat yang dilalui sesar adalah wilayah Bandung Utara, yang berada di 10 km sisi utara Kota Bandung, membentang 29 Kilometer dari barat ke timur mulai dari Padalarang, Kabupaten Bandung Barat, hingga Manglayang, Kabupaten Bandung. Aktivitas Sesar Lembang berpotensi memicu guncangan seismik hingga skala VIII MMI yang berisiko tinggi terhadap kerusakan dinding, plesteran, dan atap bangunan sederhana. Bangunan yang sering mengalami kerusakan saat gempa terjadi adalah bangunan sederhana atau bangunan non-rekayasa (Kristiawan et al., 2025). Bangunan non-rekayasa adalah bangunan hunian, rumah tinggal, dan sejenisnya, yang dibangun oleh masyarakat awam tanpa tenaga ahli, merupakan tipologi paling rentan terhadap kerusakan akibat gempa.

Bencana selalu berkaitan dengan tingkat kerentanan manusia maupun lingkungan yang terbangun (Shi et al., 2020). Suatu kejadian alam (*hazard*) seperti gempa bumi tidak secara otomatis disebut bencana apabila tidak menimbulkan korban jiwa atau kerugian material, sehingga kerentananlah yang mengubah hazard menjadi bencana (Chaudhary & Piracha, 2021). Namun demikian, tingkat kerentanan setiap orang dan masyarakat berbeda-beda, meskipun mengalami peristiwa bencana alam yang sama, dampak yang dirasakan dapat berbeda (Hanjarwati & Marfai, 2017). Selain itu, kerentanan teknis bangunan disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu lokasi/topografi, penggunaan material dan bentuk bangunan yang tidak tepat, kualitas dan sistem bangunan yang tidak memadai terhadap kerentanan wilayah gempa, serta kondisi bangunan yang kurang terawat (Bendehiba et al., 2023). Hal ini ditambah dengan rumah tinggal non-rekayasa umumnya menggunakan material dengan mutu yang tidak memenuhi syarat, kualitas tulangan dan pemasangan yang tidak sesuai (Kristiawan et al., 2025). Selain itu, kerentanan dan potensi runtuhnya dinding pasangan bata akibat beban gempa (Bagnoli et al., 2022) menjadi salah satu faktor utama penyebab jatuhnya korban jiwa.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dalam laporan tahunannya menyatakan bahwa akibat gempa yang terjadi di kawasan Bandung Utara pada Agustus 2011, sebanyak 103 rumah tinggal di Desa Jambudipa mengalami kerusakan dengan tingkat yang bervariasi (Angelina, 2011). Amanat UU No. 24 Tahun 2007 menunjukkan bahwa kebijakan kebencanaan di Indonesia telah bergeser dari respons darurat ke pengurangan risiko, dan pemerintah pusat maupun daerah memiliki peran untuk merencanakan serta melaksanakan mitigasi (Achmad, 2023).

Aktivitas kegempaan yang berkaitan dengan Sesar Lembang masih tercatat mengguncang wilayah Bandung Raya dalam beberapa kejadian sepanjang tahun 2025. Aktivitas tersebut diawali pada 29 Juni 2025 di Kota Cimahi dengan gempa berkekuatan magnitudo 2,7. Selanjutnya, gempa kembali tercatat pada 24 Juli 2025 dengan magnitudo 1,8, kemudian pada 28 Juli 2025 dengan magnitudo 2,1. Aktivitas kegempaan berlanjut pada Agustus 2025, ditandai dengan gempa bermagnitudo 1,9 yang berpusat di Kabupaten Bandung pada 14 Agustus, diikuti gempa magnitudo 1,8 pada 15 Agustus, dan gempa magnitudo 2,3 pada 19 Agustus 2025. (Pradana, 2025)

Evakuasi paling aman bergantung pada akses cepat ke ruang terbuka, perabot berat perlu diamankan agar tidak menimpa penghuni atau menutup jalan keluar, dan penataan ruang keluarga sebagai titik kumpul mempercepat akses penghuni keluar rumah (Sofiana et al., 2023). Perencanaan jalur evakuasi perlu berbasis akses ke ruang terbuka terdekat yang aman, kapasitas lokasi tujuan, dan hambatan nyata di lapangan (Park, 2025). Beberapa kajian arsitektur telah membahas komponen arsitektural non-struktural seperti fasad, partisi, langit-langit rentan mengalami kerusakan akibat gempa rendah hingga sedang (Baird et al., 2011).

Kegagalan elemen non-struktural seperti fasad kaca yang mengalami kerusakan berat pada gempa sedang hingga berat, hal ini menimbulkan ancaman keselamatan jiwa bagi penghuni dan orang yang sedang berada disekitar bangunan (D'Amore et al., 2023). Detail konstruksi finishing, termasuk jenis panel selubung, keberadaan finishing, dan variasi elemen sekitar akan menentukan kekuatan lateral, kekakuan, dan mekanisme kerusakan fasad. Komponen *appendage* seperti kanopi, ornamen, dan papan nama menambah beban dan risiko jatuh saat gempa (Ciritci & Yücel, 2021). Namun, kajian tersebut umumnya memperlakukan pintu masuk hanya sebagai salah satu dari beberapa komponen fasad yang setara kedudukannya dengan komponen lain, tanpa kriteria evaluasi spesifik untuk menilai kesiapannya sebagai jalur evakuasi, padahal pada sebagian besar rumah non-rekayasa yang hanya memiliki satu pintu, elemen inilah yang menjadi satu-satunya akses penyelamatan diri. Ketika menghadapi gempa, individu cenderung mengikuti instruksi otoritas maupun pola arus kerumunan di sekitarnya, terlepas dari rasional atau tidaknya instruksi tersebut (Ahmadi et al., 2025), secara refleks memilih rute yang sudah pernah dilewati, yang dikenal sebagai "efek inersia" atau kecenderungan "movement to the familiar" (Li & Guo, 2021). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada saat gempa Palu tahun 2018, 59% individu langsung meninggalkan bangunan (Wang et al., 2022).

Gempa bumi tidak dapat dihindari, namun harus diantisipasi agar tidak menimbulkan dampak buruk bagi manusia. Pada dasarnya, gempa bukan penyebab utama korban jiwa dalam setiap peristiwa gempa, melainkan keruntuhan bangunan, khususnya elemen atau komponen struktural, yang mendominasi penyebab jatuhnya korban (Vuran et al., 2025), (Işık et al., 2024). Bangunan hunian termasuk dalam kategori risiko level II (Hwang et al., 2019), dari empat kategori tingkat kerusakan gempa terhadap keselamatan jiwa manusia akibat kegagalan struktur.

Berdasarkan kajian komponen bangunan yang paling terkait dengan fatalitas dan cedera saat gempa, kolaps struktural bangunan tercatat sebagai penyebab utama fatalitas. Selain itu, kerusakan pada elemen batu bata (*masonry*) juga berkontribusi besar terhadap jumlah korban jiwa, dengan fatalitas yang tersebar di banyak lokasi. Di luar elemen struktural utama, kegagalan elemen non-struktural seperti dinding ampig (*gable*) atau dinding parapet (*parapet wall*) yang mengalami keruntuhan pada bidang luar (*out-of-plane failure*) dapat menyebabkan korban jiwa meskipun bukan bagian dari sistem struktur utama bangunan. Sementara itu, isi bangunan dan perabot, meski banyak menyebabkan cedera, umumnya bersifat nonfatal. Temuan ini menegaskan bahwa risiko keselamatan jiwa saat gempa tidak hanya bersumber dari kegagalan struktur utama, tetapi juga dari elemen non-struktural seperti dinding pengisi, elemen fasad, dan ornamen bangunan yang berada di sekitar jalur evakuasi dan area yang sering dilalui penghuni.

Tidak semua bangunan dikatakan hampir pasti runtuh saat percepatan lateral tinggi; kinerja sangat dipengaruhi oleh distribusi kekakuan, interaksi komponen, dan detail struktur (Dong et al., 2024), (Saeedi et al., 2024), (Ibrahim et al., 2023). Struktur yang torsional atau tidak beraturan cenderung gagal lebih dini pada komponen lemah, sedangkan distribusi kekakuan yang lebih seragam meningkatkan ketahanan terhadap gaya gempa (Sahane & Kale, 2026), (Luo et al., 2025).

Filosofi desain gempa konvensional mengizinkan kerusakan moderat pada komponen struktural selama tingkat keselamatan jika (life safety) tetap terjaga, dengan probabilitas kolaps yang rendah pada perkiraan gempa yang direncanakan (Opabola & Elwood, 2024). Pada bangunan sederhana satu lantai, dinding bata berfungsi sebagai pengaku struktur meskipun tidak berhubungan langsung dengan sistem struktural utama, sehingga perforasi atau bukaan pada dinding harus diminimalkan karena bukaan yang terlalu lebar akan melemahkan kinerja keseluruhan bangunan terhadap gempa (Mo et al., 2024).

Konfigurasi bukaan pada dinding terbukti sangat memengaruhi kinerja struktural bangunan sekaligus kapasitas jalur keluar (*egress*) saat gempa. Bukaan berukuran besar, yaitu lebih dari 25% luas dinding, dapat menurunkan kekuatan dinding hingga 40–50% dan kekakuannya hingga 55–95%, sehingga kusen pintu mudah terdeformasi dan fungsi pintu sebagai jalur keluar bisa hilang sama sekali (Krtinić et al., 2025), (Shandilya et al., 2024). Posisi bukaan yang tidak simetris (*eksentris*) juga berbahaya karena menimbulkan konsentrasi tegangan dan menurunkan kapasitas geser dinding sebesar secara signifikan (Liu & Crewe, 2020). Kondisi ini semakin buruk ketika pintu dikombinasikan dengan jendela, di mana kinerja dinding dapat menurun drastis bahkan pada persentase bukaan yang kecil sekalipun, sehingga integritas dinding di sekitar pintu menjadi terganggu (Shandilya et al., 2024), (Liu & Crewe, 2020). Semakin besar dan semakin banyak bukaan pada dinding, terlebih jika posisinya tidak simetris, semakin besar pula risiko dinding di sekitar pintu masuk runtuh atau macet saat gempa terjadi, tepat di titik yang paling dibutuhkan untuk evakuasi.

Rapid Visual Screening (RVS) merupakan sebuah metode skrining cepat bangunan yang dikembangkan oleh Applied Technology Council atas nama Federal Emergency Management Agency untuk mengidentifikasi bangunan yang berpotensi berbahaya secara seismik melalui survei visual dari luar bangunan, tanpa memerlukan analisis struktur yang mendalam (Harirchian et al., 2020), (Bektaş & Kegyes-Brassai, 2022). RVS menghasilkan skor atau indeks kerentanan untuk memperkirakan apakah bangunan tampak cukup aman atau perlu masuk ke evaluasi tahap berikutnya (Kassem et al., 2021). Pemeriksaan berdasarkan ciri yang terlihat dari luar, seperti tipe struktur, jumlah lantai, lantai tanpa dinding pengisi (*soft storey*), kolom pendek (*short column*), ketidakberaturan (*irregularity*), umur bangunan, kondisi tanah, dan mutu tampak bangunan (Harirchian et al., 2020), (Kassem et al., 2021)

Penggunaan RVS FEMA P-154, memperkuat dasar kerangka kriteria bukaan pada pintu masuk (*entrance*) bangunan. Formulir Level 1 pada RVS mencatat terdapat beberapa parameter, antara lain (a) klasifikasi tipe bangunan beserta skor dasarnya, (b) ketidakberaturan vertikal dan denah, (c) jenis tanah, (d) bahaya geologis, (e) kedekatan dengan bangunan tetangga (*adjacency*), dan (f) bahaya jatuhan dari elemen eksterior (*exterior falling hazards*) (Fema, 2015).

Dua parameter RVS memiliki padanan langsung dengan kriteria pintu masuk aman gempa yang diusulkan. Pertama, kriteria kedekatan dengan bangunan tetangga (*adjacency*) pada RVS menilai potensi benturan antar bangunan (*pounding*) berdasarkan jarak pisah minimum antar bangunan, dan secara eksplisit turut mempertimbangkan potensi elemen jatuhan dari bangunan tetangga yang dapat menghalangi jalur keluar utama suatu bangunan; parameter ini sejalan dengan kriteria zona bebas runtuhan. Kedua, kriteria bahaya jatuhan dari elemen eksterior (*exterior falling hazards*) pada RVS mencakup parapet, pelapis dinding (*cladding* atau *veneer*) berat, dan elemen tambahan (*appendages*) seperti kanopi dan ornamen fasad, yang sejalan dengan kriteria elemen non-struktural di sekitar pintu. Selain itu, klasifikasi tipe bangunan pada RVS turut memberi konteks tidak langsung bagi kriteria elemen pengaku bukaan: bangunan pasangan bata tanpa perkuatan (*Unreinforced Masonry*/URM), yang paling mendekati karakteristik bangunan non-rekayasa pada penelitian ini, memiliki skor dasar terendah di antara seluruh tipe bangunan pada RVS, mencerminkan tingkat kerentanan yang tinggi akibat tidak adanya elemen pengaku seperti kolom praktis dan ring balok.

Tiga kriteria teknis spesifik, meliputi dimensi bukaan, sifat materialitas komponen kusen dan daun pintu, serta orientasi arah bukaan, tidak memiliki padanan langsung dalam kerangka *Rapid Visual Screening* (RVS). Ketiadaan variabel ini mengonfirmasi batasan lingkup RVS yang terfokus pada asesmen makro-struktural skala kawasan. Oleh karena itu, kerangka kriteria pada Tabel 1 diposisikan bukan sekadar sebagai instrumen komplementer, melainkan sebagai instrumen yang secara eksplisit

mengisi kekosongan (gap-filling) evaluasi pada skala mikro-arsitektural yang tidak tercakup oleh RVS, dengan tetap mengintegrasikan parameter RVS yang teruji untuk indikator yang beririsan.

Elemen non-struktural atau elemen arsitektural dapat menurunkan kinerja sistem struktur bangunan. Contohnya adalah bukaan (jendela/pintu) yang terlalu lebar dan tangki air berat yang diletakkan di atap. Selain itu, dinding berat seperti dinding bata merah dan bata beton, meskipun tergolong elemen non-struktural, ternyata dapat memberi kontribusi cukup besar terhadap kekakuan sistem struktur bangunan. Apabila elemen-elemen arsitektural atau pelengkap bangunan tersebut berada pada posisi yang tidak seimbang atau tidak simetris, dapat terjadi penyimpangan kekakuan bahkan efek torsi (puntiran) pada bangunan, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kegagalan struktur (Idham, 2014).

Selain berpengaruh terhadap struktur, elemen arsitektural juga dapat membahayakan keselamatan penghuni apabila mudah runtuh atau jatuh menimpa orang di bawahnya. Elemen-elemen yang berisiko jatuh antara lain dinding, plafon, serta elemen interior seperti lampu gantung dan lemari yang tidak diperkuat dengan baik, sehingga mudah roboh saat terjadi gempa (Idham, 2014) .

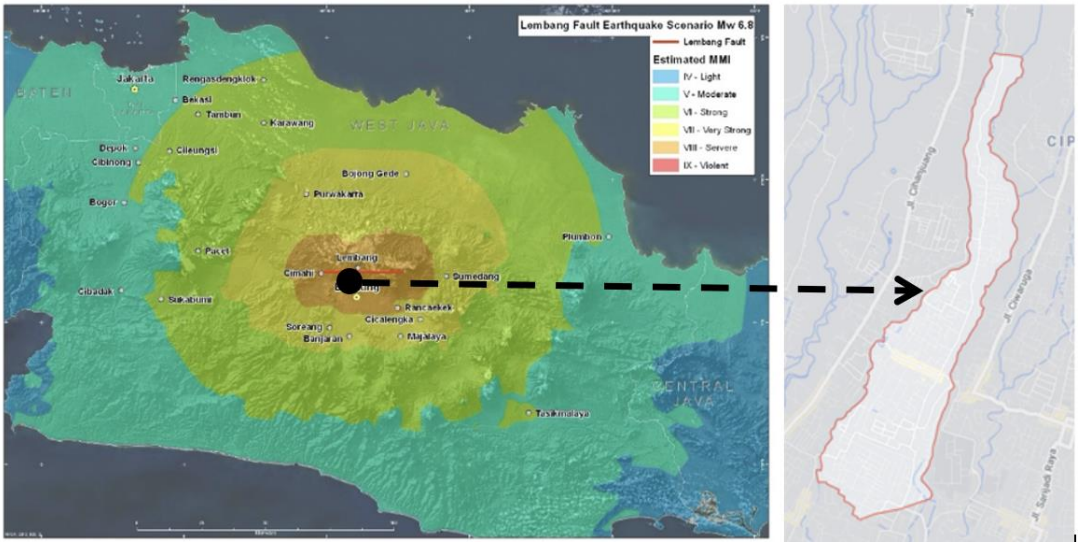
Secara keseluruhan, sintesis dari kajian-kajian di atas menunjukkan bahwa literatur arsitektur dan mitigasi bencana telah membahas kerentanan elemen non-struktural secara umum (Baird et al., 2011; Ciritci & Yücel, 2021; D'Amore et al., 2023) serta perilaku evakuasi penghuni saat gempa (Ahmadi et al., 2025; Li & Guo, 2021; Wang et al., 2022), tetapi belum ditemukan kajian yang secara spesifik mengevaluasi pintu masuk sebagai satu kesatuan sistem spasial-tektonik yang menggabungkan kedua aspek tersebut sekaligus merumuskan kriteria evaluasinya secara eksplisit.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi eksisting pintu masuk dan komponen fasad pendukungnya pada bangunan non-rekayasa di kawasan Sesar Lembang, sekaligus menyusun kerangka kriteria pintu masuk aman gempa yang dapat digunakan sebagai instrumen evaluasi dan dasar rekomendasi desain fasad berbasis mitigasi bencana.

Metode

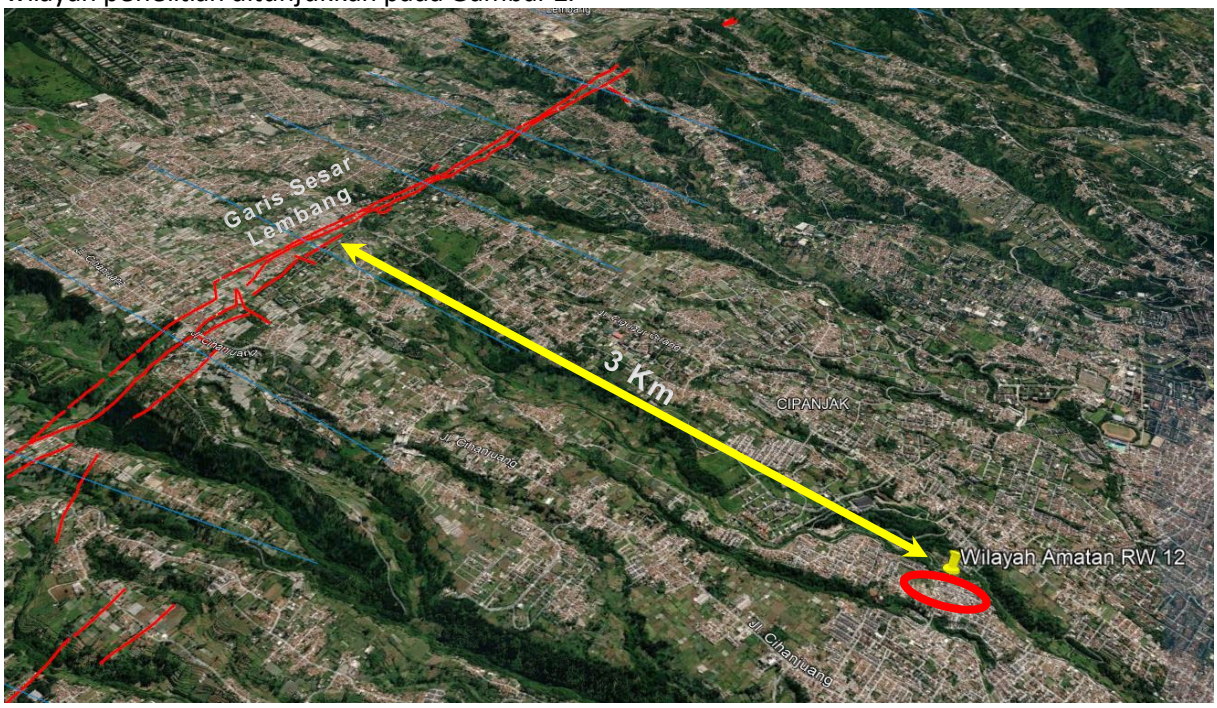
Objek dan Lokasi Penelitian

Objek penelitian adalah bangunan hunian non-rekayasa satu lantai di Kelurahan Sariwangi, Kecamatan Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, yang berada pada radius 3 kilometer dari Sesar Lembang. Kelurahan Sariwangi termasuk dalam zona yang berjarak kurang dari 10 kilometer dari sesar, yang termasuk dalam kategori wilayah terdampak berat (*severe*), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. (kiri) Skenario Gempa Sesar Lembang Indonesia, Mw 6,8 (Reliefweb.int, 2010); (kanan) Wilayah Kelurahan Sariwangi
Sumber: (Google Map, 2026) .

Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Cimahi merilis data potensi kerusakan akibat Sesar Lembang, yang menunjukkan bahwa kawasan Cimahi dan sekitarnya dapat terdampak amplifikasi gempa dua kali lebih besar dibandingkan area pada jalur sesar itu sendiri, dan Cimahi termasuk dalam zona merah bencana Sesar Lembang (Maulana, 2019). Kelurahan Sariwangi berada pada radius yang sebanding dengan wilayah utara Cimahi tersebut, sehingga dipilih sebagai lokasi penelitian yang representatif untuk mengamati bangunan non-rekayasa pada kawasan terdampak berat. Lokasi wilayah penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Jarak Wilayah Objek Amatan terhadap Garis Sesar Lembang.
Sumber: (Daryono et al., 2024)

Gempa yang diperkirakan terjadi pada wilayah ini berada pada skala VIII MMI, di mana bangunan yang direncanakan tahan gempa akan mengalami kerusakan ringan, sedangkan bangunan yang tidak direncanakan dengan baik akan mengalami kerusakan berat seperti keruntuhan dinding dan kolom.

Instrumen Penelitian

Instrumen utama penelitian ini adalah lembar observasi visual terhadap empat komponen fasad, yaitu pintu masuk, material dinding, material atap, dan finishing dinding, yang disusun berdasarkan kajian komponen fasad. Pengamatan terhadap pintu masuk dilengkapi dengan instrumen tambahan berupa kerangka tujuh kriteria pintu masuk aman gempa pada Tabel 1, yang mencakup bukaan, elemen pengaku bukaan, material kusen dan daun pintu, arah bukaan daun pintu, zona bebas runtuhan, jumlah dan distribusi akses keluar, serta elemen non-struktural di sekitar pintu.

Berdasarkan sintesis literatur mengenai kerentanan bangunan non-rekayasa, konfigurasi bukaan, elemen non-struktural, dan parameter Rapid Visual Screening (RVS) FEMA P-154, penelitian ini menyusun kerangka kriteria evaluasi khusus untuk menilai kesiapan mitigasi pada elemen pintu masuk. Kerangka ini diposisikan sebagai instrumen tambahan pada skala mikro-arsitektural dan menjadi dasar analisis kondisi eksisting serta penyusunan rekomendasi desain. Kerangka kriteria terdiri atas tujuh indikator sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kerangka Kriteria Pintu Masuk Aman Gempa

No.	Kriteria	Indikator	Padanan RVS FEMA P-154
1	Dinding dengan bukaan simetris yang minimal	Bukaan seminimal mungkin dan berada di posisi simetris.	Tidak dicakup RVS, sebagai kontribusi orisinal penelitian
2	Elemen Pengaku bukaan	Terdapat elemen pengaku sisi bukaan dan balok di atas bukaan	Padanan tidak langsung: tercermin pada skor dasar klasifikasi tipe bangunan URM (*Unreinforced Masonry*), yang terendah pada seluruh tipe bangunan RVS.
3	Material kusen dan daun pintu	Menggunakan material kuat agar tidak mudah tersangkut akibat distorsi kusen saat terjadi gempa	Tidak dicakup RVS, sebagai kontribusi orisinal penelitian
4	Arah Bukaan daun pintu	Daun pintu membuka ke arah luar bangunan untuk mempercepat evakuasi pada kondisi panik	Tidak dicakup RVS, sebagai kontribusi orisinal penelitian
5	Zona bebas runtuhan di depan pintu	Tersedia jarak bebas dari fasad ke ruang terbuka/jalur sirkulasi yang cukup untuk menghindari reruntuhan dan efek benturan antar bangunan (*hammering*)	Padanan langsung: kriteria kedekatan dengan bangunan tetangga (*adjacency*) dan menilai potensi benturan antar bangunan (*pounding*), dengan jarak pisah minimum antar bangunan.
6	Jumlah dan distribusi akses keluar	Tersedia lebih dari satu pintu atau jalur evakuasi, tidak bergantung pada satu pintu utama saja	RVS juga menggunakan aspek potensi elemen jatuhan dari bangunan tetangga menghalangi jalur keluar utama, namun tidak menilai jumlah/ redundansi pintu.
7	Elemen Non-struktural di sekitar pintu	Kanopi, ornamen, atau elemen dekoratif di atas/sekitar pintu diminimalkan atau diikat kuat pada struktur	RVS juga menggunakan kriteria Exterior Falling Hazards (cerobong, parapet, *cladding/veneer* berat, elemen tambahan (*appendage*))

Ketujuh kriteria pada Tabel 1 digunakan sebagai instrumen analisis untuk menelaah secara kualitatif kesiapan mitigasi pintu masuk pada bangunan yang diamati. Sebagaimana ditunjukkan pada kolom Padanan RVS FEMA P-154, tiga kriteria—dinding dengan bukaan simetris minimal, material kusen dan daun pintu, serta arah bukaan daun pintu—tidak memiliki padanan langsung dalam RVS FEMA P-154 dan diposisikan oleh penulis sebagai kontribusi penelitian. Empat kriteria lainnya—elemen pengaku bukaan, zona bebas runtuhan, jumlah dan distribusi akses keluar, serta elemen non-struktural di sekitar pintu—merupakan elaborasi atau adaptasi dari parameter RVS yang sudah ada dan diposisikan secara spesifik pada skala mikro-arsitektural pintu masuk.

Setiap kriteria pada instrumen ditelaah berdasarkan ketersediaan data yang dapat diperoleh melalui observasi visual, dokumentasi foto, dan wawancara terhadap pemilik rumah. Pemilihan objek penelitian dilakukan secara purposif (purposive sampling) melalui survei pendahuluan terhadap sejumlah rumah di kawasan studi, dengan kriteria utama berupa kondisi dinding yang tidak diplester secara menyeluruh. Kriteria ini dipilih agar kelengkapan elemen struktur, seperti kolom praktis, balok, dan ring balok, dapat diidentifikasi secara langsung tanpa terhalang oleh lapisan finishing. Jumlah 12 bangunan mencapai titik kecukupan untuk tujuan eksplorasi kualitatif penelitian ini, sebagaimana ditunjukkan oleh survei pendahuluan bahwa pola kondisi pada komponen fasad yang diamati mulai berulang menjelang akhir proses pengambilan sampel, mengindikasikan tercapainya titik jenuh data

pada konteks kawasan yang diteliti; jumlah ini tidak dimaksudkan untuk generalisasi statistik. Perlu dicatat pula bahwa kriteria seleksi berupa dinding yang tidak diplester dipilih untuk memudahkan pengamatan visual terhadap elemen struktur (seperti kolom praktis dan ring balok) tanpa perlu membongkar atau merusak bagian bangunan, mengingat evaluasi pada penelitian ini mengandalkan observasi visual sebagai dasar analisis selanjutnya. Temuan penelitian ini perlu dibaca dalam konteks objek amatan dengan karakteristik dinding tidak diplester tersebut, dan tidak serta-merta mewakili seluruh tipologi bangunan non-rekayasa di kawasan Sesar Lembang, termasuk yang dindingnya telah diplester sepenuhnya.

Pada bagian dinding yang sebagian masih tertutup plesteran atau finishing lain, verifikasi keberadaan kolom praktis dan ring balok tidak hanya mengandalkan observasi visual, tetapi juga dilengkapi dengan wawancara terhadap pemilik rumah mengenai proses pembangunan yang pernah dilakukan, termasuk ada tidaknya elemen struktur tersebut pada bagian yang tidak dapat diamati secara kasat mata. Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur terhadap satu responden per bangunan (pemilik atau penghuni utama), dengan pertanyaan inti mencakup: (a) tahun dan proses pembangunan dinding; (b) ada/tidaknya kolom praktis, balok, dan ring balok pada bagian yang tidak dapat diamati secara visual; dan (c) riwayat perubahan atau renovasi pada bagian pintu dan dinding. Hasil wawancara ini digunakan sebagai data pembanding (triangulasi) untuk mengonfirmasi temuan observasi visual, sehingga pencatatan kondisi elemen struktur ke dalam tiga kategori (ada, sebagian ada, atau tidak ada) tidak semata-mata bersifat asumtif, melainkan didukung oleh keterangan langsung dari pemilik bangunan. Apabila terdapat perbedaan antara keterangan pemilik dan hasil observasi visual, status dicatat sebagai “sebagian ada” untuk mencerminkan ketidakpastian data.

Prosedur Penelitian, Pengumpulan dan Analisis Data

Survei lapangan dilakukan sesuai pendekatan yang telah disebutkan pada Bagian B, mencakup observasi komponen fasad bangunan non-rekayasa yang disertai dokumentasi berupa sketsa dan foto objek bangunan. Parameter sampel penelitian yang digunakan adalah: (1) bangunan yang dibangun sebagai bangunan non-rekayasa; (2) tinggi bangunan satu lantai atau bangunan tunggal (single-storey); (3) komponen fasad yang tampak (visible); (4) komponen dinding pada fasad bangunan tidak diplester seluruhnya ataupun sebagian; dan (5) berlokasi di Kelurahan Sariwangi. Berdasarkan parameter tersebut, terpilih 12 bangunan sebagai objek penelitian.

Analisis data dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah identifikasi deskriptif terhadap empat komponen fasad pada setiap bangunan, disajikan dalam bentuk tabel dan diperkuat dengan dokumentasi foto. Tahap kedua adalah telaah kualitatif terhadap tujuh kriteria pada Tabel 1, dengan mengelompokkan temuan lapangan ke dalam tiga status, yaitu terpenuhi, sebagian terpenuhi, dan tidak terpenuhi, sebagai dasar penyusunan rekomendasi. Status “terpenuhi” diberikan apabila indikator pada kriteria terkait (Tabel 1) teramati sesuai persyaratan pada seluruh atau mayoritas (≥10 dari 12) bangunan sampel; status “sebagian terpenuhi” diberikan apabila indikator hanya teramati pada sebagian bangunan (4–9 dari 12) atau terpenuhi secara parsial pada elemen fisiknya; dan status “tidak terpenuhi” diberikan apabila indikator tidak teramati pada mayoritas (≥10 dari 12) bangunan sampel. Seluruh dokumentasi foto pada Gambar 3–7 merupakan hasil pemotretan langsung oleh tim peneliti selama survei lapangan.

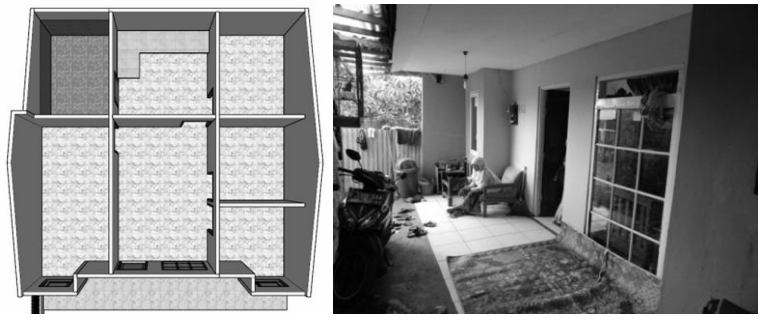
Hasil dan Pembahasan

Kondisi Pintu Masuk pada Bangunan Amatan

Berdasarkan data 12 bangunan yang diamati, terdapat 7 rumah yang memiliki satu pintu, 3 rumah yang memiliki dua pintu, dan 2 rumah yang memiliki tiga pintu yang terhubung dengan ruang luar. Pada kondisi darurat, penghuni cenderung menuju jalur yang paling dikenal dan paling sering digunakan. Karena itu, pada tujuh bangunan yang hanya memiliki satu akses, pintu utama menjadi satu-satunya jalur keluar dan kegagalannya dapat langsung menghambat proses evakuasi. Desain fasad di sekitar

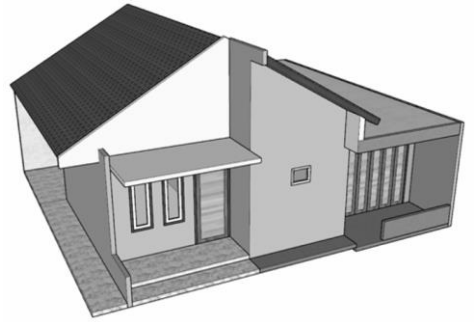
akses tersebut perlu memperhatikan perlindungan jalur evakuasi, ruang bebas di sekitar pintu, dan kemudahan akses. Gambar 3 memperlihatkan salah satu objek yang hanya memiliki satu pintu sebagai akses masuk dan keluar.

Pada tujuh dari 12 objek amatan, akses utama berada di bagian depan bangunan dan menjadi satu-satunya jalur keluar (single-egress vulnerability). Kondisi ini berkaitan dengan kepadatan kawasan, karena sejumlah bangunan berhimpitan dengan rumah tetangga pada sisi kiri, kanan, atau belakang, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Akses Pintu Masuk Bangunan

Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan benturan antarbangunan (pounding), terutama ketika bangunan yang berdempetan memiliki karakter massa, kekakuan, atau respons dinamik yang berbeda (Vuran et al., 2025). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pounding dapat memperburuk respons seismik dan memberi dampak lebih besar pada bangunan yang lebih lemah (Hamid et al., 2022). Namun, pada penelitian ini potensi benturan hanya diidentifikasi dari observasi visual terhadap jarak antarbangunan dan belum diverifikasi melalui analisis struktural.



Gambar 4. Ornamen Fasad pada Objek Bangunan

Kondisi eksisting salah satu bangunan menunjukkan adanya kanopi dak beton sebagai elemen non-struktural bermassa relatif berat pada fasad depan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Secara visual, elemen tersebut berada tepat di atas jalur keluar utama sehingga berpotensi menjadi bahaya jatuhan apabila mengalami kegagalan saat gempa. Beberapa objek juga menggunakan dinding ampig pasangan bata dan material fasad berat lainnya. Dalam konteks jalur evakuasi, keberadaan elemen berat di sekitar pintu perlu dikendalikan agar tidak meningkatkan risiko tertutupnya akses keluar.

Tabel 2. Analisis Fasad 12 Bangunan Non-Rekayasa pada Kawasan Hunian yang Diamati

No	Bangunan	Pintu Masuk/ Keluar (jml)	Komponen Dinding	Finishing Dinding	Komponen Atap
1		1 (satu) pintu, Membuka kedalam			Ampig tanpa ring balk, Rangka atap Kayu, Penutup Genteng dan

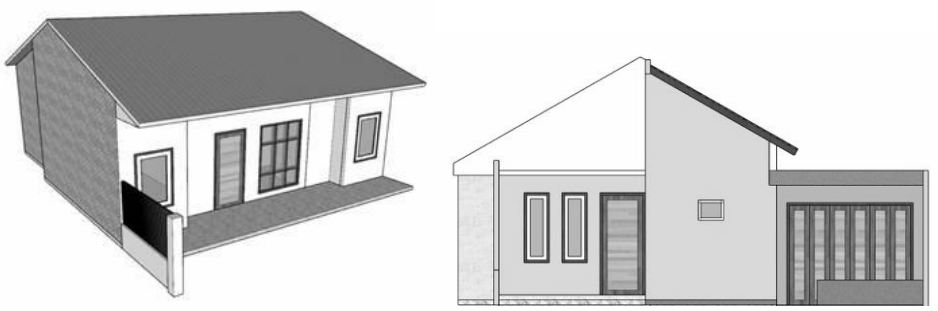
No	Bangunan	Pintu Masuk/ Keluar (jml)	Komponen Dinding	Finishing Dinding	Komponen Atap
	Sisi kanan, kiri, dan belakang berhimpitan dengan bangunan tetangga		Tidak ada kolom, ring balk, Bata semen	Belum diplester	asbes (material berat dan ringan)
2	 Sisi kanan, kiri, dan belakang Berhimpitan dengan bangunan tetangga	2 (dua) pintu, Membuka kedalam Kanopi belakang rangka kayu, atap genteng	 Sebagian Tidak ada kolom, ring balk, Bata semen	Sudah diplester sebagian	 Plafond GRC, Ampig tanpa ring balk, Rangka atap Kayu, Penutup Genteng
3	 Sisi kiri, berhimpitan dengan bangunan tetangga	1 (satu) pintu, Membuka kedalam	Bata ringan tanpa kolom dan balok.	Sudah diplester sebagian	Baja ringan, Atap Fiber semen
4	 Sisi kanan, berhimpitan dengan bangunan tetangga	1 (satu) pintu, Membuka kedalam	 Kombinasi Bata merah dan bata beton, Sebagian Tidak ada kolom, ring balk,	Sudah diplester sebagian	 Rangka bambu, atap Genteng
5	 Sisi belakang, berhimpitan dengan bangunan tetangga	3 (tiga) pintu, Membuka kedalam	Kombinasi Bata merah dan bata beton, Sebagian Tidak ada kolom, ring balk	Sudah plester	Plafond GRC, Rangka kayu, atap Genteng
6	 Tidak Berhimpitan dengan bangunan tetangga	1 (satu) pintu, Membuka kedalam	 Bata beton, Tidak ada kolom, ring balk	Plester dinding bagian depan dan samping saja	 Rangka Kayu atap Genteng
7	 Sisi kanan dan kiri, belakang Berhimpitan dengan bangunan tetangga	1 (satu) pintu, Membuka kedalam	Bata beton, Tidak ada kolom, ring balk	Sudah difinishing sebagian	Plafond GRC, Rangka Kayu, atap Genteng

No	Bangunan	Pintu Masuk/ Keluar (jml)	Komponen Dinding	Finishing Dinding	Komponen Atap
8	 Sisi kanan Berhimpitan dengan bangunan tetangga	1 (satu) pintu, Membuka kedalam	Bata beton, Tidak ada kolom, ring balk	Sudah diplester sebagian	Rangka Kayu, atap Genteng
9	 Sisi kanan Berhimpitan dengan bangunan tetangga	1 (satu) pintu, Membuka kedalam	Bata beton, Tidak ada kolom, ring balk	 Plester dinding bagian depan dan samping saja	Fiber semen (material ringan)
10	 Sisi belakang Berhimpitan dengan bangunan tetangga	2 (dua) pintu, Membuka kedalam	Bata beton, Sebagian tidak ada kolom, ring balk	Sudah diplester sebagian	 Ada kanopi, dan parapet, Atap Dak dan Rangka Kayu, atap Genteng
11	 Berhimpitan dengan bangunan tetangga	2 (dua) pintu, Membuka kedalam	Bata beton, Sebagian tidak ada kolom, ring balk	 Sebagian Sudah diplester, sebagian tidak	 Rangka kayu dan Bambu, Atap Genteng
12	 Tidak Berhimpitan dengan bangunan tetangga	3 (tiga) pintu, Membuka kedalam	Bata beton, tidak ada kolom, ring balk	Sudah difinishing sebagian	 Plafond GRC, Rangka Kayu, Atap Genteng.

Berdasarkan Tabel 2, bangunan didominasi oleh satu pintu pada bagian depan, dinding fasad dibangun dengan material berat, material fasad depan umumnya sudah difinishing karena merupakan wajah utama bangunan, namun sisi kanan, kiri dan belakang masih terdapat yang tidak di plester. Material atap menggunakan genteng tanah (material berat) dan sebagian dikombinasi dengan atap GRC. Penggunaan material berat pada atap berpotensi menimbulkan keruntuhan saat gempa terjadi.

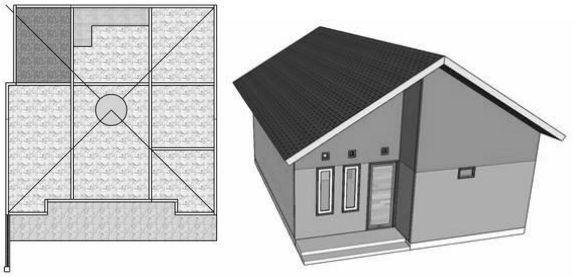
Komponen Fasad Bangunan

Bentuk bangunan pada seluruh objek pengamatan dinilai memiliki proporsi yang baik, dengan badan bangunan menopang bagian atas dalam komposisi yang lebih besar dibandingkan atap di atasnya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. (kiri) Fasad Bangunan Tipe Melebar; (kanan) Bangunan Memanjang Ke belakang

Bentuk bangunan yang stabil tidak serta-merta menjamin ketahanannya terhadap gaya gempa, mengingat ketahanan gempa suatu bangunan dipengaruhi oleh berbagai faktor lain, terutama kekuatan komponen struktur secara keseluruhan. Meskipun demikian, pada aspek selubung bangunan, dinding yang aman terhadap gempa harus mampu mereduksi efek torsi yang timbul, khususnya pada bagian fasad yang berada paling jauh dari pusat massa bangunan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6 (kiri).



Gambar 6. (kiri) Pusat Massa pada Denah Bangunan; (kanan) Bentuk Bangunan

Bangunan yang diamati umumnya berbentuk persegi panjang dan memanjang ke belakang, sehingga fasad bagian depan, pintu masuk berada pada posisi terjauh dari pusat massa bangunan dan berpotensi memiliki kerentanan torsi yang lebih tinggi dibandingkan sisi bangunan lainnya , (Dong et al., 2024). Klaim kerentanan torsi ini bersifat inferensial berdasarkan prinsip umum pada literatur dan belum diverifikasi melalui pengukuran atau analisis struktural langsung terhadap objek amatan. Pada aspek dinding bangunan, ditemukan bahwa sebagian besar objek amatan menggunakan dinding bata yang menerus hingga ke bagian atap. Pasangan bata (masonry) tergolong material berat yang berisiko runtuh saat terjadi gempa, baik pada dinding yang sudah diberi perkuatan struktur maupun yang belum. Material berat yang teridentifikasi pada bangunan-bangunan tersebut meliputi bata merah dan bata beton. Penggunaan material berat ini membuat bangunan memiliki tingkat kerentanan seismik yang lebih tinggi dibandingkan dengan tipe bangunan lain yang menggunakan material lebih ringan. (Joyklad et al., 2023). Sedangkan penggunaan genteng tanah liat meningkatkan gaya inersia selama gempa, menyebabkan atap mudah bergeser di atas dinding dan memicu keruntuhan. Sehingga bangunan yang secara dominan menggunakan material berat memiliki potensi kerentanan tinggi terhadap gempa (Bendehiba et al., 2023). Dominasi material berat pada objek amatan sejalan dengan pola umum bangunan non-rekayasa yang diidentifikasi Bendehiba et al. (2023), yaitu ketidaksesuaian material dan kualitas konstruksi terhadap tingkat kerentanan wilayah gempa; pada konteks penelitian ini, preferensi material bata dan genteng tanah liat kemungkinan besar didorong oleh pertimbangan biaya dan ketersediaan material lokal, bukan pertimbangan kinerja seismik, sehingga intervensi desain perlu mempertimbangkan aspek keterjangkauan agar dapat diterima secara praktis oleh penghuni. Pada aspek bukaan, dimensi bukaan pintu pada seluruh objek amatan berkisar antara 80–90 cm dengan satu pintu, dan bukaan pada fasad depan bangunan dikombinasi dengan bukaan jendela sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Bukaan Bangunan

Evaluasi Pintu Masuk terhadap Kerangka Kriteria

Merujuk pada tujuh kriteria pintu masuk aman gempa yang disusun pada Tabel 1, temuan lapangan pada 12 bangunan yang diamati ditelaah secara kualitatif sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Evaluasi Kualitatif Pintu Masuk terhadap Kerangka Kriteria

Kriteria	Temuan pada Sampel (12 Bangunan)	Status
Dinding dengan bukaan minimal dan simestris	Bukaan Pintu dikombinasikan dengan bukaan jendela, sehingga memperlebar bukaan pada dinding menyebabkan perlemahan dinding dan posisi tidak simetris	Belum terpenuhi
Elemen pengaku Bukaan	Tidak ada kolom praktis dan balok diatas bukaan.	Belum terpenuhi
Material kusen dan daun pintu	Jenis kusen dan daun pintu menggunakan material kayu dan kondisi kusen masih baik pada seluruh 12 bangunan berdasarkan dokumentasi foto lapangan; material kayu tergolong material kuat	Terpenuhi
Arah bukaan daun pintu	Seluruh 12 bangunan memiliki daun pintu yang membuka ke arah dalam bangunan, bertentangan dengan Kriteria 4 pada Tabel 1 yang mensyaratkan arah bukaan ke luar untuk mempercepat evakuasi.	Belum terpenuhi
Zona bebas runtuhan di depan pintu	10 dari 12 bangunan berhimpitan langsung dengan bangunan tetangga, berpotensi menimbulkan efek benturan (*hammering*) tanpa zona bebas yang memadai.	Belum terpenuhi
Jumlah dan distribusi akses keluar	7 bangunan hanya memiliki satu pintu; 3 bangunan memiliki dua pintu; 2 bangunan memiliki tiga pintu.	Belum terpenuhi
Elemen non-struktural di sekitar pintu	Fasad pada objek bangunan terdapat ornamen non-struktural dan didominasi material berat (kanopi genteng tanah, ampig bata, dan dak beton).	Belum terpenuhi

Hasil telaah pada Tabel 3 menunjukkan beberapa temuan utama yang secara langsung berkaitan dengan kriteria desain fasad sebagai pintu masuk (entrance) yang aman terhadap bencana gempa. Pengelompokan status pada Tabel 3 disusun berdasarkan tabulasi silang terhadap data kondisi tiap bangunan pada Tabel 2, sehingga persentase dan kategori yang disajikan berikut tertelusur pada data per bangunan, bukan semata-mata kesimpulan agregat.

Pertama, pada kriteria dinding dengan bukaan minimal dan simetris, ditemukan bahwa bukaan pintu pada objek amatan dikombinasikan dengan bukaan jendela di sampingnya, sehingga memperlebar bukaan pada dinding. Kondisi ini menyebabkan pelemahan dinding sekaligus posisi bukaan yang tidak simetris terhadap fasad, sejalan dengan temuan literatur bahwa bukaan besar dan

tidak simetris menurunkan kapasitas dinding secara signifikan. Merujuk pada temuan Liu dan Crewe (2020) bahwa penurunan kapasitas geser dinding akibat bukaan eksentris dapat terjadi secara signifikan bahkan pada persentase bukaan yang relatif kecil, pola kombinasi pintu-jendela yang berulang pada objek amatan kemungkinan besar didorong oleh kebutuhan pencahayaan dan penghawaan alami pada hunian sederhana yang tidak diimbangi dengan pertimbangan struktural terhadap posisi dan proporsi bukaan, sehingga preferensi fungsional sehari-hari secara tidak langsung memperbesar kerentanan seismik pada elemen fasad yang sama.

Kedua, pada kriteria elemen pengaku bukaan, seluruh sampel menunjukkan ketiadaan atau ketidaklengkapan kolom praktis dan balok di sekitar bukaan pintu. Kondisi ini sejalan dengan karakter bangunan pasangan bata tanpa perkuatan yang memiliki tingkat kerentanan relatif tinggi dalam kerangka RVS FEMA P-154. Ketiga, berbeda dengan kriteria lain, material kusen dan daun pintu menunjukkan kondisi visual yang relatif baik. Seluruh objek menggunakan material kayu yang pada saat observasi tidak menunjukkan lapuk atau retak yang tampak. Penilaian ini terbatas pada kondisi visual dan belum mencakup pengujian kekuatan material ataupun ketahanan kusen terhadap deformasi dinamik akibat gempa.

Keempat, pada kriteria arah bukaan daun pintu, seluruh 12 bangunan memiliki daun pintu yang membuka ke arah dalam bangunan. Kondisi ini bertentangan langsung dengan Kriteria 4 pada Tabel 1 yang mensyaratkan arah bukaan ke luar untuk mempercepat evakuasi pada kondisi panik. Temuan ini konsisten dengan kecenderungan perilaku evakuasi yang telah diuraikan pada Bagian I, di mana penghuni yang panik cenderung mengandalkan rute yang sudah dikenal dan bergerak secara refleks, sehingga desain daun pintu yang membuka ke dalam justru memperbesar risiko terhalangnya jalur keluar apabila terjadi penumpukan reruntuhan atau barang interior di area pintu.

Kelima, pada kriteria zona bebas runtuhan di depan pintu, 10 dari 12 bangunan (83%) berhimpitan langsung dengan bangunan tetangga, sehingga berpotensi menimbulkan efek benturan (hammering) akibat tidak tersedianya zona bebas yang memadai. Temuan ini sejalan dengan kriteria Adjacency/Pounding pada RVS FEMA P-154, yang juga menandai kondisi berhimpitan tanpa jarak pisah memadai sebagai kondisi yang memicu kebutuhan evaluasi struktural lebih lanjut.

Keenam, pada kriteria jumlah dan distribusi akses keluar, mayoritas bangunan berpotensi belum memenuhi kriteria pintu masuk yang aman gempa: 7 dari 12 bangunan (58%) hanya memiliki satu pintu, 3 bangunan memiliki dua pintu, dan 2 bangunan memiliki tiga pintu. Terbatasnya jumlah akses keluar ini memperbesar risiko penumpukan penghuni pada satu titik evakuasi apabila akses tersebut terhalang akibat kerusakan.

Ketujuh, pada kriteria elemen non-struktural di sekitar pintu, ditemukan bahwa fasad pada objek bangunan umumnya memiliki ornamen non-struktural yang didominasi oleh material berat, seperti kanopi genteng tanah, ampig bata, dan dak beton. Keberadaan elemen-elemen ini menambah risiko keruntuhan yang dapat menutup atau menghalangi akses keluar apabila terjadi gempa.

Secara keseluruhan, dari tujuh kriteria desain fasad sebagai entrance aman gempa, enam kriteria menunjukkan tingkat kesiapan yang rendah (belum terpenuhi), dan hanya kriteria material kusen dan daun pintu yang menunjukkan kecenderungan positif (terpenuhi).

Simpulan

Secara umum, pada 12 bangunan yang diamati, elemen fasad menunjukkan beberapa pola yang berulang: bentuk bangunan cenderung memanjang, sebagian besar bangunan berhimpitan dengan bangunan tetangga, fasad didominasi material relatif berat, dan bukaan pintu sering dikombinasikan dengan bukaan jendela. Posisi pintu pada beberapa objek berada di bagian depan bangunan yang secara geometris terletak jauh dari pusat massa. Temuan ini bersifat spesifik terhadap konteks objek amatan dan belum tentu mewakili seluruh tipologi bangunan non-rekayasa di sepanjang jalur Sesar Lembang.

Telaah terhadap tujuh kriteria pintu masuk aman gempa menunjukkan bahwa enam kriteria belum terpenuhi secara memadai, yaitu dinding dengan bukaan minimal dan simetris, elemen pengaku bukaan, arah bukaan daun pintu, zona bebas runtuhan, jumlah dan distribusi akses keluar, serta elemen non-struktural di sekitar pintu. Satu kriteria, yaitu material kusen dan daun pintu, menunjukkan kondisi visual yang relatif baik pada seluruh sampel, meskipun penilaian tersebut belum didukung pengujian material.

Temuan yang paling menonjol adalah seluruh 12 bangunan memiliki daun pintu yang membuka ke arah dalam, sedangkan elemen pengaku di sekitar bukaan ditemukan tidak ada atau tidak lengkap. Selain itu, 7 dari 12 bangunan hanya memiliki satu akses keluar dan 10 dari 12 bangunan berhimpitan dengan bangunan tetangga tanpa ruang bebas yang memadai. Kombinasi kondisi tersebut menunjukkan keterbatasan kesiapan pintu masuk sebagai jalur mitigasi gempa.

Temuan empiris pada konteks penelitian ini mengindikasikan perlunya mempertimbangkan konfigurasi jarak antarbangunan, penggunaan material yang lebih ringan, elemen pengaku struktural di sekitar bukaan, orientasi arah bukaan pintu, serta pengendalian elemen non-struktural di sekitar akses keluar dalam strategi mitigasi berbasis perancangan arsitektur. Pertimbangan tersebut berpotensi meningkatkan keandalan fungsional pintu masuk sebagai jalur evakuasi kritis (critical egress pathway) saat terjadi peristiwa seismik. Kerangka evaluasi yang diusulkan mencakup tujuh indikator teknis-spasial: (1) dimensi dan posisi bukaan, (2) elemen pengaku struktural dinding, (3) material kusen dan daun pintu, (4) orientasi arah bukaan pintu, (5) zona bebas reruntuhan (debris-free zone), (6) jumlah dan distribusi spasial akses keluar (egress distribution), dan (7) pengendalian elemen non-struktural pada perimeter bukaan.

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan. Pertama, jumlah sampel dan cakupan lokasi membatasi generalisasi temuan terhadap tipologi bangunan non-rekayasa di kawasan Sesar Lembang secara lebih luas. Kedua, kriteria seleksi berupa dinding yang tidak diplester dipilih atas dasar metodologis untuk memudahkan pengamatan visual elemen struktur tanpa membongkar bangunan, sehingga temuan lebih merepresentasikan bangunan dengan karakteristik dinding tidak diplester dan belum tentu berlaku pada bangunan non-rekayasa yang dindingnya telah diplester sepenuhnya. Ketiga, penilaian terhadap tujuh kriteria pintu masuk aman gempa sebagian besar didasarkan pada observasi visual dan wawancara, tanpa disertai pengujian struktural atau pengukuran kuantitatif terhadap kekuatan dinding, kusen, maupun potensi torsi dan benturan antarbangunan. Keempat, kerangka tujuh kriteria yang diusulkan (Tabel 1) merupakan instrumen evaluasi awal yang belum divalidasi secara empiris pada konteks kawasan atau tipologi bangunan lain, sehingga penerapannya di luar konteks penelitian ini memerlukan pengujian dan penyesuaian lebih lanjut.

Referensi

Achmad, W. (2023). The Effectiveness of Earthquake Disaster Management Policy in Indonesia. *Ganaya : Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora*, 6(2), 367-377. https://doi.org/10.37329/ganaya.v6i2.2453

Ahmadi, M., Ahmadi, A., & Yousefi, S. (2025). Human Behavior and Decision-making in Earthquake Emergencies: Insights from Virtual Reality and Serious Games. *International Journal of Construction Management*, 25(11), 1254-1272. https://doi.org/10.1080/15623599.2024.2411071

Angelina (2011). Bandung Gempa, 103 Rumah Rusak. Berita Satu. https://www.beritasatu.com/news/10028/bandung-gempa-103-rumah-rusak- (diakses 11 Aug 2026)

Bagnoli, M., Grande, E., & Milani, G. (2022). Reinforced Concrete Infilled Frames. Encyclopedia, 2(1), 473-485. https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010030

Baird, A., Palermo, A., Pampanin, S., Riccio, P., & Tasligedik, A. (2011). Focusing on Reducing the Earthquake Damage to Facade Systems. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 44(2), 108-120. https://doi.org/10.5459/bnzsee.44.2.108-120

Bektaş, N. & Kegyes-Brassai, O. (2022). Conventional Rvs Methods for Seismic Risk Assessment for Estimating the Current Situation of Existing Buildings: a State-of-the-art Review. *Sustainability*, 14(5), 2583. https://doi.org/10.3390/su14052583

Bendehiba, S., Bourdim, S. M. E., Rodrigues, H., & Zelmat, Y. (2023). Vulnerability of Existing Rc Building with Seismic Damage Scenarios: Case of Educational Buildings in Mostaganem City. *Buildings*, 13(7), 1767. https://doi.org/10.3390/buildings13071767

Chaudhary, M. T. & Piracha, A. (2021). Natural Disasters—Origins, Impacts, Management. Encyclopedia, 1(4), 1101-1131. https://doi.org/10.3390/encyclopedia1040084

Ciritci, I. & Yücel, G. (2021). The Risks of Nonstructural Building Components in the Context of Earthquake and Pedestrianised Streets in Historic City Centers: Istanbul Beyoglu Cezayir Street Case. *Turkish Online Journal Of Design Art And Communication*, 11(2), 541-554. https://doi.org/10.7456/11102100/014

Daryono, M. R., Natawidjaja, D. H., & Puji, A. R. (2024). Lembang Fault. Google My Maps. https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1mzAG04zj3CfNMSMz1GyT1Bs3SrqrcscA&hl=en&ll=-6.818121500072985%2C107.5722405&z=18 (diakses 17 Aug 2026)

Dong, X., Guo, X., A, L., Luo, R., & Yan, C. (2024). Seismic Response of Multi-story Buildings Subjected to Luding Earthquake 2022, China Considering the Deformation Saturation Theory. *Buildings*, 14(9), 2887. https://doi.org/10.3390/buildings14092887

D'Amore, S., Bianchi, S., Ciurlanti, J., & Pampanin, S. (2023). Seismic Assessment and Finite Element Modeling of Traditional vs Innovative Point Fixed Glass Facade Systems (Pfgfs). *Bulletin of Earthquake Engineering*, 21(5), 2657-2689. https://doi.org/10.1007/s10518-023-01622-0

Fema (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: a Handbook (Fema P-154, 3Rd Ed.). Applied Technology Council.

Google Map (2026). Kelurahan Sariwangi. Google Map. https://maps.app.goo.gl/D3SRb6fJvcbBxapa9 (diakses 17 Aug 2026)

Hamid, M., Rahman, F. U., & Ali, Q. (2022). Effects of Pounding on the Behavior of Reinforced Concrete Frame Structures in Seismic Zone 2B. *Journal of Engineering Research*, 10(4), 99-114. https://doi.org/10.36909/jer.11029

Hanjarwati, A. & Marfai, M. A. (2017). Faktor-faktor Penyebab Korban Bencana Gempa Bumi di Kabupaten Bantul Tahun 2006 Menjadi Difable Daksa. *Jurnal Sosiologi Reflektif*, 11(2), 107. https://doi.org/10.14421/jsr.v11i2.1354

Harirchian, E., Lahmer, T., Buddhiraju, S., Mohammad, K., & Mosavi, A. (2020). Earthquake Safety Assessment of Buildings Through Rapid Visual Screening. *Buildings*, 10(3), 51. https://doi.org/10.20944/preprints202002.0086.v1

Hwang, S., Jeon, J., & Lee, K. (2019). Evaluation of Economic Losses and Collapse Safety of Steel Moment Frame Buildings Designed for Risk Categories Ii and Iv. *Engineering Structures*, 201, 109830. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109830

Ibrahim, A. R., Makhloof, D. A., & Ren, X. (2023). Numerical Collapse Simulation Based Critical State Analysis for Framed-Wall Structure Subjected to Earthquakes. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 32(2). https://doi.org/10.1002/tal.1990

Idham, N. C. (2014). *Prinsip-prinsip desain arsitektur tahan gempa, lengkap dengan bahasan gempa bumi dan metode praktis evaluasi kerentanan terhadap gempa*. Penerbit ANDI - Yogyakarta.

Işık, E., Avcil, F., Hadzima-Nyarko, M., İzol, R., Büyüksaraç, A., Arkan, E., Radu, D., & Özcan, Z. (2024). Seismic Performance and Failure Mechanisms of Reinforced Concrete Structures Subject to the Earthquakes in TüRkiye. Sustainability, 16(15), 6473. https://doi.org/10.3390/su16156473

Joyklad, P., Waqas, H. A., Hafeez, A., Ali, N., Ejaz, A., Hussain, Q., Khan, K., Sangthongtong, A., & Saingam, P. (2023). Experimental Investigations of Cement Clay Interlocking Brick Masonry Structures Strengthened with Cfrp and Cement-sand Mortar. *Infrastructures*, 8(3), 59. https://doi.org/10.3390/infrastructures8030059

Kassem, M. M., Beddu, S., Ooi, J. H., Tan, C. G., Mohamad El-Maissi, A., & Mohamed Nazri, F. (2021). Assessment of Seismic Building Vulnerability Using Rapid Visual Screening Method Through

Web-based Application for Malaysia. *Buildings*, 11(10), 485. https://doi.org/10.3390/buildings11100485

Kristiawan, S. A., Sangadji, S., Purwanto, E., Safarizki, H. A., Sulthon, A. H. A., & Muflih, A. B. (2025). Seismic Damage State Limits of Non-engineered Buildings Considering the Randomness of Ground Motions. *Civil Engineering Dimension*, 27(2), 167-179. https://doi.org/10.9744/ced.27.2.167-179

Krtinić, N., Marinković, M., & Gams, M. (2025). Finite Element Method Analysis of Seismic Response of Confined Masonry Walls with Openings Built Using Polyurethane Glue. *Buildings*, 15(3), 424. https://doi.org/10.3390/buildings15030424

Li, N. & Guo, R. (2021). Human Behavior During Emergency Evacuation: Cell Transmission Model. IEEE Access, 9, 42463-42482. https://doi.org/10.1109/access.2021.3059326

Liu, Z. & Crewe, A. (2020). Effects of Size and Position of Openings on In-plane Capacity of Unreinforced Masonry Walls. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18(10), 4783-4812. https://doi.org/10.1007/s10518-020-00894-0

Luo, R., Chiu, C., Wang, S., Dong, X., & Guo, X. (2025). Mechanisms of Seismic Failure in Multistory Masonry and Infilled Frame Buildings: Field Investigation and Numerical Validation from the 2022 Luding Earthquake. *Buildings*, 15(20), 3801. https://doi.org/10.3390/buildings15203801

Maulana, Y. (2019). Kota Cimahi Masuk Zona Merah Potensi Kerusakan Sesar Lembang Baca artikel detiknews, "Kota Cimahi Masuk Zona Merah Potensi Kerusakan Sesar Lembang. DetikNews. https://news.detik.com/berita-jawa-barat/d-4747973/kota-cimahi-masuk-zona-merah-potensi-kerusakan-sesar-lembang (diakses 17 Aug 2026)

Mo, Y., Guo, P., Lu, J., Wu, Z., Yang, B., Jiang, Z., Chen, F., & Jiang, W. (2024). Study on the Influence of Window Openings on Seismic Performance of Stone Walls of Tibetan and Qiang Dwellings. *Buildings*, 14(12), 3829. https://doi.org/10.3390/buildings14123829

Opabola, E. A. & Elwood, K. J. (2024). Seismic Design of Concrete Structures for Damage Control. Earthquake Spectra, 40(3), 2038-2058. https://doi.org/10.1177/87552930241235487

Park, J. (2025). An Analysis of the Capacity of Outdoor Earthquake Evacuation Sites in Daegu, South Korea: Assessing De Facto Population Dynamics and Accessibility Through the Geographic Information System (Gis). *Sustainability*, 17(5), 2129. https://doi.org/10.3390/su17052129

Pradana, W. (2026). Ancaman Sesar Lembang yang Bikin Gempar Bandung Raya Baca Artikel Detikjabar, "Ancaman Sesar Lembang yang Bikin Gempar Bandung Raya" Selengkapnya Https://Www.Detik.Com/Jabar/Berita/D-8287258/Ancaman-sesar-lembang-yang-bikin-gempar-bandung-raya. Download Apps Detikcom Sekarang Https://Apps.Detik.Com/Detik/. detik.com. https://www.detik.com/jabar/berita/d-8287258/ancaman-sesar-lembang-yang-bikin-gempar-bandung-raya. (diakses 11 Aug 2026)

Reliefweb.int (2010). Indonesia: Lembang Fault Earthquake Scenario Mw 6.8 (as of 19 Jul 2010). Govt. AustraliaGovt. Indonesia. https://reliefweb.int/map/indonesia/indonesia-lembang-fault-earthquake-scenario-mw-68-19-jul-2010 (diakses 17 Aug 2026)

Saeedi, K., Tehrani, P., & Behnam, B. (2024). Investigating Post-earthquake Progressive Collapse Resistance of Irregular Steel Structures. *Structures*, 67, 107010. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.107010

Sahane, M. A. P. & Kale, M. K. R. (2026). Seismic Performance of Regular and Irregular High-rise Buildings: Influence of Geometrical Configuration on Structural Response. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 14(3), 522-541. https://doi.org/10.22214/ijraset.2026.77898

Shandilya, A. N., Kumar, V., Haldar, A., & Mandal, S. (2024). Influence of Opening Shape, Size and Position on the Ultimate Strength, Stiffness and Energy Dissipation of Confined Brick Masonry Walls. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 22(14), 7015-7045. https://doi.org/10.1007/s10518-024-02022-8

Shi, P., Ye, T., Wang, Y., Zhou, T., Xu, W., Du, J., Wang, J., Li, N., Huang, C., Liu, L., Chen, B., Su, Y., Fang, W., Wang, M., Hu, X., Wu, J., He, C., Zhang, Q., Ye, Q., Jaeger, C., & Okada, N. (2020). Disaster

Risk Science: a Geographical Perspective and a Research Framework. *International Journal of Disaster Risk Science*, 11(4), 426-440. https://doi.org/10.1007/s13753-020-00296-5

Sofiana, Y., Retnaning, N., & Chadijah, S. (2023). Disaster Preparedness from House for Earthquake-prone Area in Sukabumi Area, West Java. *Social Economics and Ecology International Journal* (SEEIJ), 6(2), 8-16. https://doi.org/10.21512/seeij.v6i2.9278

Vuran, E., Serhatoğlu, C., Timurağaoğlu, M., Smyrou, E., Bal, İ. E., & Livaoğlu, R. (2025). Damage Observations of Rc Buildings from 2023 Kahramanmaraş Earthquake Sequence and Discussion on the Seismic Code Regulations. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 23(3), 1153-1182. https://doi.org/10.1007/s10518-023-01843-3

Wang, H., Lindell, M. K., Siam, M. R. K., Chen, C., & Husein, R. (2022). Local Residents' Immediate Responses to the 2018 Indonesia Earthquake and Tsunami. *Earthquake Spectra*, 38(4), 2835-2865. https://doi.org/10.1177/87552930221105104