

ANALISIS KEGAGALAN STRUKTUR PADA BANGUNAN RUMAH TINGGAL DI KABUPATEN CIANJUR AKIBAT GEMPA SESAR CUGENANG 2022

Tayashara Siti Wahdini¹, Effy Hidayaty², Bambang Tri Guno².

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Sapta Taruna, Jakarta

²Dosen Program Studi S1 Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Sapta Taruna, Jakarta

Email : tayasharawahdini@gmail.com

Abstrak

Gempa bumi adalah guncangan hebat yang menjalar ke permukaan bumi yang disebabkan oleh gangguan pada litosfer (kerak bumi). Gangguan ini terjadi karena pada lapisan kerak bumi dengan ketebalan 100 km atau lebih terjadi akumulasi energi akibat pergeseran kerak bumi. Patahan adalah patahan pada batuan yang mengalami pergeseran sehingga terjadi perpindahan antara bagian-bagian yang menghadap ke arah sejajar bidang patahan. Sesar Cugenang merupakan sesar baru yang teridentifikasi oleh BMKG pada tahun 2022. Setelah ditelusuri garis sesarnya, sesar Cugenang membentang melalui 9 desa yaitu desa Ciherang, desa Ciputri, desa Cibeureum, desa Nyalindung, desa Mangunkerta, desa Sarampad, desa Benjot, desa Cibulakan, dan desa Nagrak. Gempa bumi akibat Sesar Cugenang menyebabkan banyak rumah warga yang rusak, mulai dari rusak ringan hingga rusak berat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerusakan bangunan atau kegagalan struktur pada rumah penduduk akibat gempa Cianjur sehingga dapat diketahui faktor-faktor yang melatarbelakangi terjadinya kegagalan struktur rumah tersebut. Desa Benjot dan Desa Cijedil merupakan dua desa yang paling terdampak gempa sesar Cugenang, karena letaknya yang dekat dengan pusat gempa sehingga sebagian besar kerusakan rumah warga terjadi akibat runtuhnya struktur tembok karena tidak ada ikatan yang konsisten antara kolom dan balok. Akibatnya, saat terjadi guncangan, susunan batu bata pada dinding tidak mampu menahan beban guncangan mengakibatkan roboh. Solusi dari permasalahan tersebut adalah membangun rumah dengan struktur baru yang lebih tahan gempa, dengan menggunakan metode rumah RISHA.

Kata Kunci : *Gempa Bumi, Sesar, Rumah RISHA*

Abstract

Earthquakes are violent shocks that spread to the earth's surface caused by disturbances in the lithosphere (earth's crust). This disturbance occurs because in a layer of the earth's crust with a thickness of 100 km there is an accumulation of energy due to shifts in the earth's crust. Faults are faults in rock that experience a shift so that displacement occurs between the parts facing parallel to the plane of the fault. The Cugenang Fault is a new fault identified by BMKG in 2022 after tracking and tracing the fault line. The Cugenang Fault transverses through nine villages, namely Ciherang, Ciputri, Cibeureum, Nyalindung, Mangunkerta, Sarampad, Benjot, Cibulakan, and Nagrak. The earthquake caused by this fault inflicted varying degrees of damage to numerous homes. A thorough investigation was conducted to analyze the damage and structural failures of homes affected by the Cianjur earthquake with the objective of identifying the underlying factors for the failures. Benjot Village and Cijedil Village bore the brunt of the earthquake since they were in close proximity to the epicenter. The damage in these villages was primarily due to the collapse of wall structures due to the lack of uniform bonding between the columns and beams. This structural flaw caused the arrangement of bricks on the walls to be unable to withstand the shock load, resulting in their collapse. To rectify this issue, it is imperative to construct new earthquake-resistant homes utilizing the RISHA house method.

Key Words : Earthquakes, Fault, RISHA house

PENDAHULUAN

Secara geografis, Indonesia berada di wilayah lingkaran cincin api pasifik atau *ring of fire*, dimana merupakan pertemuan tiga lempeng tektonik dunia yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik. Sekitar 90% dari gempa bumi yang terjadi dan 80% dari gempa bumi terbesar di dunia terjadi di sepanjang wilayah cincin api yang apabila bertemu dapat menghasilkan tumpukan energi yang akhirnya ketika energi tersebut dilepaskan akan berbentuk gempa bumi. Daerah gempa berikutnya 5-6% dari seluruh gempa dan 17% dari gempa terbesar adalah sabuk Alpide (sabuk seismik dan sabuk *orogenic* yang mencakup jajaran pegunungan yang membentang yang membentang hingga lebih dari 15.000 km disepanjang batas selatan Eurasia). Sabuk Alpide ini membentang dari Jawa ke Sumatera melalui Himalaya, Mediterania hingga Atlantika (Wikiipedia, 2022). Cincin api Pasifik atau *Ring of Fire* memiliki radius 40.000 km dan situs aktif seismik yang membentang di Samudera Pasifik. Cincin api melacak titik pertemuan banyak lempeng tektonik, sehingga lempeng-lempeng tersebut terus bertabrakan atau bergerak diatas mau pun dibawah satu sama lain. Pergerakan inilah yang kemudian menghasilkan palung laut dalam, letusan gunung berapi, dan episentrum gempa disepanjang batas pertemuan lempeng yang disebut garis patahan atau sesar (Kompas, 2022).

Dalam publikasi Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 yang diterbitkan oleh Pusat Gempa Nasional, Indonesia memiliki sebaran sesar aktif yang sudah dapat teridentifikasi sampai saat ini dan masih akan terus bertambah. Pada 21 November 2022, gempa mengguncang Kabupaten Cianjur dengan kedalaman 10 km dan memiliki kekuatan magnitudo 5,6 pada Skala Richter. Akibat guncangan ini, banyak sekali rumah-rumah penduduk yang mengalami kerusakan mulai dari kerusakan ringan hingga berat.

Penyebab terjadinya gempa tidak saja akibat tumpukan lempeng, tetapi bisa juga akibat pergerakan patahan/sesar yang terjadi di daratan dengan kedalaman hiposentrum dangkal, seperti yang terjadi pada tanggal 22 November 2022 di daerah Cianjur, Jawa Barat.

Pada awalnya, BMKG memprediksi gempa yang mengguncang daerah Cianjur tersebut disebabkan oleh Sesar Cimandiri, karena letaknya yang berdekatan dan melewati Kabupaten Cianjur. Akan tetapi, setelah BMKG melakukan *tracing* pengukuran retakan dan jejak patahan di lokasi yang diduga sebagai *epicentrum* gempa Cianjur, Sesar Cimandiri bukanlah penyebab gempa tersebut melainkan ada sesar atau patahan baru yang teridentifikasi. Sesar Cugenang menjadi sesar baru yang teridentifikasi oleh BMKG dan menjadi penyebab Cianjur di guncang gempa. Sesar ini dinamakan Sesar Cugenang karena lokasi atau patahannya terdapat di Kecamatan Cugenang yang diidentifikasi sebagai *epicentrum* gempa Cianjur. BMKG menduga bahwa Sesar Cugenang ini masih menjadi bagian dari Sesar Cimandiri karena letaknya yang berdekatan. Namun, perlu ada kajian lebih mendalam terkait hipotesis tersebut. Kepala Pusat Gempa dan Tsunami mengatakan Sesar Cimandiri merupakan segmen sesar yang kompleks dan terdapat beberapa klaster patahan yang diketahui masih merupakan bagian dari Sesar Cimandiri, seperti Sesar Nyalindung – Cibeber, Sesar Rajamandala, dan segmen Sesar utama Cimandiri itu sendiri dan semua segmen memiliki histori aktivitas yang sangat aktif (Selamet, 2023).



Gambar 1. Peta Jalur Sesar Cugenang
Sumber : Tangkapan Layar YouTube info
BMKG – Konferensi Pers Gempa Cianjur

Sesar Cugenang membentang melewati 9 desa yaitu desa Ciherang, desa Ciputri, desa Cibeureum, desa Nyalindung, desa Mangunkerta, desa Sarampad, desa Benjot, desa Cibulakan, dan desa Nagrak. Gempa darat akibat Sesar Cugenang membuat banyak rumah-rumah penduduk mengalami rusak ringan hingga rusak berat. Untuk itu, dipilih topik kerusakan bangunan rumah penduduk dari beragam kerusakan di lapangan, sehingga perlu diteliti lebih lanjut perihal faktor-faktor kerusakan kegagalan struktur pada rumah-rumah yang rusak akibat guncangan gempa dari sesar Cugenang, sehingga nantinya bisa dibangun rumah-rumah yang tahan gempa di Cianjur maupun daerah Indonesia yang lainnya, sesuai dengan lokasi dan budaya masyarakat sekitar.

Studi Literatur

Saat ini, Pemerintah Indonesia tepatnya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat membuat teknologi baru mengenai rumah tahan gempa yang disebut Rumah Instan Sederhana Sehat (RISHA). Teknologi RISHA adalah perwujudan sebuah rumah dengan desain modular, yaitu konsep yang membagi sistem menjadi bagian-bagian kecil atau modul dengan ukuran yang efisien agar dapat dirakit menjadi sejumlah besar produk yang berbeda-beda dan dapat

dikembangkan sesuai dengan kebutuhan (PUPR, 2018). Secara sederhana, konsep rumah RISHA diartikan sebagai rumah beton instan yang dibangun dengan teknik bongkar pasang. Daya tahan rumah RISHA sudah teruji secara SNI, dan sistem konstruksinya tahan oleh guncangan gempa berkekuatan hingga 8 pada Skala Richter, sehingga teknologi rumah RISHA sangat cocok dibangun kerusakan mulai dari yang di Indonesia yang rawan sekali gempa.

METODE PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah dengan mengumpulkan data primer dan juga data sekunder. Data primer diambil dengan melakukan observasi langsung ke lapangan pada tanggal 7 Desember 2022 yaitu mengunjungi desa-desa yang terdampak gempa Cianjur akibat sesar Cugenang dengan mengambil data berupa foto-foto bangunan rumah penduduk yang mengalami kerusakan, serta melakukan wawancara pada beberapa warga terdampak. Selain itu juga dibutuhkan data sekunder sebagai pelengkap dan penunjang informasi dari data primer yang didapatkan. Data sekunder diambil menggunakan studi literatur dari beberapa sumber referensi seperti buku, jurnal, dan *e-book* untuk mengetahui tentang gempa bumi dan juga penyebab terjadinya.

Metode Pengolahan Data

Dalam penelitian ini, metode pengolahan data yang digunakan adalah metode pengolahan data kualitatif, karena penelitian dilakukan dengan cara observasi langsung ke lapangan. Pada metode pengolahan data dijelaskan prosedur pengolahan dan analisis data sesuai dengan pendekatan yang dilakukan.

Secara umum, metode pengolahan data akan melalui beberapa tahapan yaitu sebagai berikut: *Editing* (Pemeriksaan Data) yaitu membersihkan dan mempersiapkan data-data

yang telah dikumpulkan dari kelengkapan jawaban, kejelasan, kesesuaian, dan relevansinya; *Classifying* (Klasifikasi) yaitu proses pengelompokan semua data dari berbagai sumber. Seluruh data tersebut ditelaah secara mendalam, kemudian digolongkan sesuai dengan kebutuhan. Kemudian data-data tersebut dibagi berdasarkan bagian-bagian yang memiliki persamaan; *Verifying* (Verifikasi), yaitu proses memeriksa data dan informasi yang telah dikumpulkan agar validitas data dapat diakui dan digunakan dalam penelitian. Kemudian data dikonfirmasi ulang atau divalidasi.

Tahap selanjutnya adalah Analyzing (Analisis) yaitu Tahap penganalisisan data dilakukan setelah kamu melalui tahap pengolahan data. Hasil olahan data itu kemudian akan kamu analisis dan ditafsirkan sehingga data tersebut dapat dipahami sebagai sebuah informasi, dan tahapan terakhir *Concluding* (Kesimpulan), yaitu yang akan menjadi informasi terkait dengan objek penelitian.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis

Gempa yang mengguncang Kabupaten Cianjur pada 21 November 2022 dengan kekuatan 5,6 pada Skala Richter menyebabkan banyak rumah-rumah penduduk yang mengalami kerusakan baik rusak ringan hingga rusak berat. Dari data kerusakan yang terjadi, Pemerintah dengan sigap membantu masyarakat Cianjur khususnya yang berlokasi didekat episentrum gempa dengan membuat tenda-tenda darurat dan juga posko pengungsian serta merelokasi warga dengan kondisi rumah rusak berat dan sudah tidak layak huni atau berada pada jalur sesar.

Pemerintah juga sudah menyiapkan lahan untuk membangun rumah RISHA untuk warga yang akan direlokasi. Total lahan yang dibutuhkan adalah seluas 30 hektare dengan jumlah 1.800 rumah yang mengalami kerusakan berat dan berada di jalur sesar Cugenang. Lahan yang akan digunakan adalah

lahan yang berada di wilayah Kecamatan Cilaku dan juga Kecamatan Mande yang merupakan wilayah aman dan tidak termasuk dalam jalur sesar Cugenang

a. Kerusakan Ringan (*Light Damage*)

Kerusakan ringan memiliki ciri-ciri sebagai berikut : adanya retak pada dinding; plesteran berjatuh; kerusakan hanya mencakup luasan yang terbatas; masih layak huni; perbaikan dapat dilakukan secara arsitektur tanpa mengosongkan bangunan.

Langkah pertama yang dilakukan adalah menganalisis kerusakan ringan yang terjadi pada beberapa rumah penduduk. Kerusakan ringan umumnya tidak menimbulkan korban jiwa dan tergolong dalam kategori aman untuk ditinggali.

Pada rumah tinggal yang mengalami kerusakan ringan, kerugian yang ditimbulkan tidak terlalu signifikan dan tidak terlalu memakan banyak biaya untuk perbaikan. Contoh rumah yang mengalami kerusakan ringan bisa dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. Retakan Ringan pada Dinding Rumah di Desa Benjot

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada gambar di atas, retakan hanya terjadi pada satu titik tertentu dan sebagian besar rumah masih utuh. Struktur rumah tersebut juga masih kuat untuk menopang beban serta masih sangat layak untuk dihuni.



Gambar 3. Plester Dinding yang Terkelupas di Desa Benjot

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Contoh lainnya adalah pada gambar 3 di atas, dinding rumah mengalami pengelupasan dan terlihat susunan batako yang mengalami sedikit keretakan. Selain itu terdapat pula sedikit retakan pada ujung dinding sehingga menimbulkan celah, namun balok dan kolom masih saling mengikat satu sama lain, sehingga tidak menimbulkan keruntuhan dinding dan masih layak huni.

b. Kerusakan Sedang (*Moderate Damage*)

Kerusakan sedang umumnya satu tingkat di atas kerusakan ringan, dimana hal tersebut dapat menimbulkan korban dengan luka ringan. Kerusakan sedang terbagi menjadi dua kategori yaitu masih aman ditinggali jika struktur bangunannya masih berdiri kokoh dan tidak aman ditinggali jika struktur mengalami pergeseran atau kelemahan.

Kerusakan sedang memiliki ciri-ciri sebagai berikut: Adanya retak besar; Retakan menyebar luas di banyak tempat termasuk kolom dan balok; Kemampuan struktur untuk memikul beban sudah berkurang sebagian; Masih tergolong layak huni; Perbaikan dilakukan secara arsitektur dan perkuatan bagian struktur untuk menahan beban, bangunan perlu dikosongkan dan dihuni kembali setelah proses perbaikan selesai.

Pada rumah tinggal yang mengalami kerusakan sedang, umumnya menimbulkan kerugian dengan cukup memakan biaya dan waktu pengerjaan perbaikan struktur yang memakan waktu. Contoh kegagalan struktur

yang mengalami kerusakan sedang bisa dilihat dari gambar di bawah ini.



Gambar 4. Dinding Rumah Mengalami Keruntuhan di Desa Benjot

Sumber : Dokumentasi Pribadi

c. Kerusakan Berat (*Major Damage*)

Kerusakan berat terjadi karena struktur bangunan yang sudah tidak lagi mampu menahan beban dan guncangan gempa. Kerusakan berat umumnya menyebabkan kerugian materil yang tinggi dan tidak jarang pula menyebabkan korban jiwa.

Kerusakan berat memiliki ciri-ciri sebagai berikut: Bangunan roboh sebagian atau seluruhnya; Tidak bisa dihuni; Seluruh komponen utama struktur rusak; Bangunan perlu dirubuhkan, melakukan pembersihan puing dan dibangun kembali bangunan yang baru.



Gambar 5. Rumah Semi Permanen Mengalami Keruntuhan Dinding di Desa Benjot

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada gambar diatas, dinding mengalami keruntuhan karena tidak adanya ikatan atau angkur antar kolom ataupun balok. Ketiadaan kolom di tengah-tengah, membuat dinding tidak ada pengikat yang menahan guncangan, sehingga, ketika terjadi getaran, dinding tidak mampu menahan beban guncangan



Gambar 6. Rumah Permanen Mengalami Keruntuhan Dinding di Desa Benjot
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Contoh lain bisa dilihat pada gambar 6, dimana tidak terlihat kolom di salah satu sisi bangunan, sehingga tidak ada ikatan atau angkur antara kolom dan balok sebagai penopang agar rumah tidak mengalami kerusakan atau rubuh. Meskipun dinding rubuh, atap bangunan tersebut masih terbilang utuh, karena disusun dari seng atau asbes. Hal ini disebabkan oleh susunan atap kayu dan seng merupakan bahan yang memiliki massa ringan dan cenderung fleksibel dengan guncangan.



Gambar 7. Rumah Semi Permanen Mengalami Keruntuhan Struktur di Desa Cijedil
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada gambar 7 di atas, terlihat seluruh struktur mengalami keruntuhan dan hanya tersisa pada bagian atap. Hal ini terjadi karena pada saat tanah mengalami guncangan, fondasi cenderung mengikuti pergerakan guncangan tanah, namun kolom dan balok tidak mampu menahan getaran yang terjadi. Akibat tidak terikat antara fondasi, kolom, dan balok, ketika bagian-bagian stuktur tidak diangkurkan atau diikat secara konsisten, seluruh dinding akan mengalami keruntuhan dan kuda-kuda yang ada di bagian atas, ikut tertarik karena tidak ada penopang yang kuat di bawahnya.

Secara keseluruhan, berdasarkan data BNPB, risiko yang ditimbulkan akibat Gempa Cianjur yang terjadi pada tanggal 21 November 2022 adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Cianjur 2022

Bangunan Rusak		
Rusak Berat	Rusak Sedang	Rusak Ringan
14.581 unit	17.198 unit	28.110 unit
24,34%	28,71%	46,95%
Total Rumah Rusak : 59.889 unit		

Sumber: BNPB-Data dampak Gempa bumi Cianjur, 21 Desember 2022

Teknologi Rumah RISHA Sebagai Solusi Rumah Tahan Gempa

RISHA merupakan salah satu teknologi rumah tahan gempa dengan struktur pracetak beton bertulang. RISHA memiliki tiga komponen penting, yaitu : Komponen utama (P1) berukuran 120 cm x 30 cm x 10 cm yang berfungsi sebagai penopang struktur bangunan dan dibangun dengan sistem *knock down* dan baut; Komponen kedua (P2) berukuran 120 cm x 20 cm x 10 cm yang berfungsi sebagai pemangku kolom struktur; Komponen ketiga (P3) berukuran 30 cm x 30 cm x 10 cm berfungsi sebagai pengikat komponen lainnya.

Bangunan RISHA memiliki struktur tahan gempa dari beton bertulang, karena adanya sistem sambungan yang berperilaku seperti bangunan kayu. Jika terjadi gempa, struktur

bangunan RISHA tidak patah, walaupun terkena guncangan gempa hingga kekuatan 8 pada Skala Richter, sehingga minim kerusakan. Sistem *knock down* pada rumah RISHA menjadikan pembangunan rumah ini relatif singkat, karena komponennya berukuran modular, sehingga memudahkan perancangan.

Sebelumnya, Kementerian PUPR sudah membangun dengan total 11.000 unit rumah RISHA di Aceh untuk menaungi korban Tsunami dan saat ini sudah dibangun 60.000 unit rumah RISHA di seluruh wilayah Indonesia

KESIMPULAN

Dari pembahasan mengenai dampak kerusakan akibat gempa Cianjur, terlihat gempa sesar Cugenang adalah gempa darat yang bersifat merusak, sehingga dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Dampak-dampak yang ditimbulkan dari Gempa Sesar Cugenang berupa rumah-rumah penduduk banyak mengalami kerusakan, dimulai dari kerusakan ringan 24,34%, rusak sedang 28,71%, dan rusak berat 46,95%; tanah bergeser sehingga menyebabkan jalan retak dan tanah longsor.

Faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan struktur pada rumah penduduk, karena mayoritas rumah penduduk adalah rumah permanen, yang memiliki struktur kaku dan tidak tahan gempa terbukti banyak kerusakan yang terjadi pada rumah-rumah penduduk, karena pembangunan rumah tidak dilaksanakan berdasarkan standar teknis pembangunan rumah tahan gempa. Mayoritas dinding rumah mengalami keruntuhan karena tidak saling terikat atau terangkur pada kolom dan balok. Sebagian rumah rubuh diakibatkan ketiadaan balok dan kolom sebagai penyangga struktur yang kuat. Pada rumah kayu keruntuhan struktur diakibatkan karena material kayu yang sudah lapuk.

SARAN

Secara keseluruhan dari hasil penelitian, disarankan sebaiknya menggunakan data gempa yang lebih banyak seperti mengambil data gempa yang terjadi di Jawa Barat selama 50 tahun, agar data yang diperoleh jauh lebih rinci.

Masyarakat sebaiknya mulai beralih pada Rumah RISHA karena rumah RISHA menjadi solusi paling ekonomis dan efisien untuk struktur rumah tahan gempa dan bisa menahan guncangan gempa hingga kekuatan 8 SR.

Pemerintah Pusat atau setempat sebaiknya mendorong penggunaan teknologi RISHA untuk menggantikan bangunan-bangunan yang rusak berat.

DAFTAR PUSTAKA

"Wikipedia," 16 December 2022. [Online]. Available:
https://id.wikipedia.org/wiki/Cincin_Api_Pasifik. [Accessed 09 January 2023]

Kompas, "Mengenal *Ring of Fire*, Penyebab Indonesia Rawan Gempa," Kompas, 10 Februari 2022. [Online]. Available:
<https://www.kompas.com/sains/read/2022/02/10/183200823/mengenal-ring-of-fire-penyebab-indonesia-rawan-gempa?page=all>

[Accessed 09 Januari 2023].

I. Selamat, "Sesar Cugenang Diduga Bagian dari Sesar Cimandiri," detik Jabar, 04 Januari 2023. [Online]. Available:
<https://www.detik.com/jabar/berita/d-6498429/sesar-cugenang-diduga-bagian-dari-sesar-cimandiri>. [Accessed 09 Januari 2023].

B. P. d. P. K. PUPR, "Teknologi RISHA," Kementerian PUPR, 2018. [Online]. Available:
<http://elearning.litbang.pu.go.id/teknologi/risha> [Accessed 09 Januari 2023].

- B. Mustafa, "Analisis Gempa Nias Dan Gempa Sumatera Barat," *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, Vol 2 NO 1, pp. 44 - 50, 2010.
- N. H. d. E. W. Santoso, "Gempa Bumi dan Mekanismenya," *Alami*, vol. 2, p. 50, 1997.
- Kompas, "Mengenal Jenis-jenis Gempa Bumi, Salah Satunya Gempa Tektonik," Kompas, 23 November 2022. [Online]. Available: <https://regional.kompas.com/read/2022/11/23/232443578/mengenal-jenis-jenis-gempa-bumi-salah-satunya-gempa-tektonik?page=all> [Accessed 09 Januari 2023].
- BMKG, "Skala Intensitas Gempabumi" BMKG, [Online]. Available: <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-intensitas-gempabumi.BMKG>. [Accessed 09 Januari 2023].
- BMKG, "Skala MMI (Modified Mercalli Intensity)," [Online]. Available: <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-MMI.BMKG> [Accessed 2023 Januari 2023].
- K. Tjandra, "4 Bencana Geologi yang Paling Mematikan," 2017.
- I. G. B. Arjana, "Geografi Lingkungan : Sebuah Introduksi," 2017.
- Syamsuddin, Lantu, M. A. Massinal and S. Akbar, "Identifikasi Sesar Bawah Permukaan Dengan Menggunakan Metoda," *POSITRON*, Vols. Vol. II, No. 2, pp. 33-39, 2012.
- F. Afifah, Tumingan and Pramono, "PERHITUNGAN STRUKTUR BANGUNAN," *INERSIA*, vol. Vol. VIII No.1, p. 14, 2016.
- E. S. Haryanto, "Rumah Tinggal".
- M. R. Fadillah, "Metode Analisis Perhitungan Struktur Bangunan Tahan Gempa," *Jurnal Student Teknik Sipil*, Vol. Volume 2 No 3, pp. 178-179, 2020.
- H. BSN, "Rawan Gempa, BSN Tetapkan SNI Bangunan Tahan Gempa," BSN, Februari 2021. [Online]. Available: https://www.bsn.go.id/main/berita/berita_det/11776. [Accessed 09 Januari 2023].
- F. A. Ikhsan and A. Dianingrum, "Adaptasi Ruang Berdasarkan Perilaku Penghuni Sub Komunal," *Jurnal Ilmiah Arsitektur dan Lingkungan Binaan*, vol. Volume 19 Issue 2, p. 318, 2021.