



INVESTIGASI KERUSAKAN BANGUNAN RUMAH WARGA AKIBAT GEMPA PASAMAN BARAT 2022

Rafki Imani*, Rita Nasmirayanti, Angga Yunarta

Departemen Teknik Sipil, Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang, Kota Padang

*Corresponding author, email address: rafki_imami@upiypk.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received 23 February 2023

Accepted 7 February 2024

Online 30 March 2024

Keywords:

Pasaman Barat

Earthquake

Buildings Damage

Cipta Karya PU 2016

ABSTRACT

An earthquake with a magnitude of 6.1 that occurred in Pasaman Barat in early February 2022, resulted in damage to buildings. The earthquake caused many residents' houses to be heavily damaged. People's houses that are heavily damaged are generally built using only the experience of construction workers without using methods that comply with established standards. The purpose of this study was to identify or assess the damage and methods for repairing buildings damaged by the 2022 Pasaman earthquake. The research method was field observation for data collection using analytical techniques referring to Cipta Karya PU 2016 for damage identification and SNI-1726-2019, for methods proper fix. The results of the study found three criteria for damage to residential houses damaged by the 2022 Pasaman earthquake, namely, light damage $\leq 30\%$, moderate damage $30\% - 45\%$ and heavy damage $>45\%$, and obtained the right method for building repairs, And seven samples of the most severely damaged houses were taken. The results of the study stated that the sample 1 house suffered light damage to the walls of 22.6%, the sample-2 house experienced moderate damage to the walls, columns and ring beams in the range of $30\% - 45\%$, the sample-3 house suffered light damage to the walls of 22.2%, the sample-4 house suffered moderate damage to the walls, namely 44.4%, the sample-5 house suffered heavy damage to the walls by 50%, the sample-6 house experienced moderate damage to the walls and ceiling of 32.5% and the sample-7 house suffered heavy damage to the elements of walls, floors, sills, while the roof frame and roof covering suffered minor damage.

©2024 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

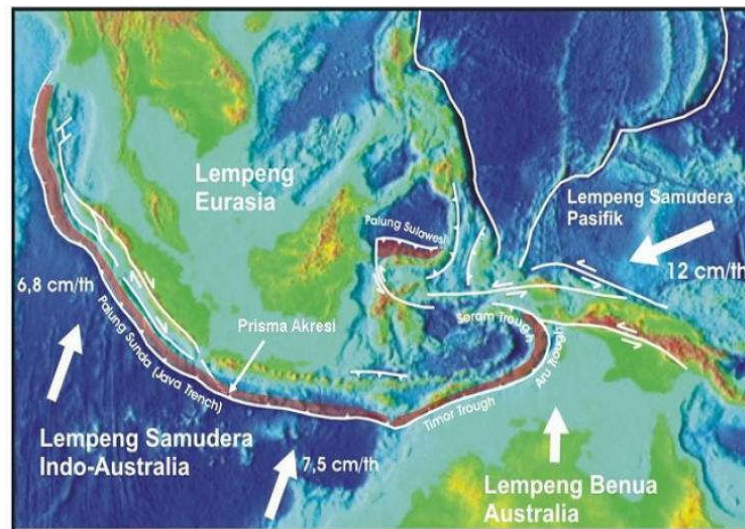
Pada tanggal 25 Februari 2022 pukul 08.35 WIB terjadi gempa bumi di Nagari Kajai Kecamatan Talamau Kabupaten Pasaman Barat, Sumatera Barat. Pusat gempa tersebut terletak di darat pada jarak 18 km Timur Laut berkekuatan 5,2 Magnitudo dengan kedalaman 10 km. Pada pukul 08.39 WIB Kabupaten Pasaman digoncang kembali dengan gempa susulan berkekuatan M6,1 bersumber di darat dengan jarak 17 km Timur Laut dengan kedalaman 10 km (Kemen-ESDM, 2022). Gempa tersebut mengakibatkan kerusakan terhadap bangunan dan juga menyebabkan terjadinya Galodo (banjir bandang) hingga membuat struktur bangunan yang ada di daerah yang rawan gempa, sangat rentan terhadap keruntuhan dan kerusakan jika gempa melanda (Mamat dkk, 2021). Banyaknya bangunan rusak berat hingga rusak sedang dan ringan pada bangunan-bangunan rumah warga akibat gempa di Pasaman Barat ini diindikasikan karena kurangnya pengetahuan tentang bangunan yang sesuai Standar Nasional Indonesia aman gempa (SNI:1726-2019). Sebagian besar masyarakat di Kabupaten Pasaman membangun rumah hanya berdasarkan pengalaman saja, sehingga bisa mengakibatkan dampak negatif dan ancaman terjadinya

kerusakan bangunan dengan sangat mudah, sehingga mengancam keselamatan warga yang menempati dan berdiam dalam bangunan ini.

Berdasarkan fakta di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana mengevaluasi jenis kerusakan rumah warga akibat gempa Pasaman Barat 25 Februari 2022 dan metode apa saja yang perlu dilakukan untuk investigasi dari kerusakan tersebut. Sehingga tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis-jenis kerusakan rumah tinggal masyarakat akibat gempa Pasaman 2022 dan merekomendasikan metode perbaikan kerusakan rumah tinggal akibat gempa tersebut.

2. KAJIAN PUSTAKA

Gempa bumi adalah bencana yang paling sering melanda sebagian besar wilayah Indonesia, karena berada di antara tiga lempeng besar dunia yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik dan lempeng Indo-Australia (Kusumaningrum, 2017; Wicaksana & Rosyidah, 2021; Jafar dkk, 2021; Husein, 2016). Gempa bumi dapat didefinisikan sebagai sebuah getaran di permukaan bumi yang diakibatkan oleh pelepasan energi secara tiba-tiba akibat pergerakan lempeng bumi atau letusan gunung api. Pergerakan lempeng bumi ini, seperti Gambar. 1, setiap waktu terus terjadi, dan berpotensi untuk saling bertumbukan, bergesekan dan saling menjauh sehingga menyebabkan terjadinya gempa.



Gambar 1. Lempeng tektonik dunia yang mengelilingi wilayah Indonesia (Batur Global Geopark, 2018).

2.1. Kerusakan Bangunan Akibat Gempa

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi, sehingga dapat merusakkan bahkan meruntuhkan bangunan yang ada di atasnya (Fauzan dkk, 2010). Tingkat kerusakan bangunan akibat gempa berbeda-beda di suatu wilayah, bergantung kepada karakteristik dan jenis tanah di wilayah yang terdampak tersebut (Afida dkk, 2020). Salah satu jenis bangunan yang banyak mengalami kerusakan adalah bangunan rumah-tinggal sederhana tembokan atau disingkat BRTST (Ningrum, 2006). Bangunan rumah yang mengalami rusak berat dan sedang, lebih banyak terjadi di daerah pedesaan dengan struktur bangunan yang sederhana sehingga tidak dapat menahan beban gempa bumi yang diterima. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti faktor perencanaan dan faktor pelaksanaan konstruksi (Antonius dkk, 2007). Kerusakan-kerusakan yang terjadi pada bangunan sederhana biasanya terletak pada join fondasi dengan kolom, join kolom dengan balok, dinding pasangan dan sistem struktur atap (Hadibroto & Ronitua, 2018). Kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bervariasi dari kerusakan ringan sampai kerusakan berat (Salim & Ardhani, 2019). Akibat utama gempabumi adalah hancurnya bangunan-bangunan karena guncangan tanah (Murtianto, 2016).

Data mutakhir menjelaskan bahwa sesar Sumatera segmen Aceh ini melepaskan energi gempa dengan mekanisme pergerakan (*strike slip fault*) dan tidak berpotensi Tsunami yang terjadi akibat pergerakan sesar Sumatera segmen Tripa (Amin & Arrie, 2018). Gempa adalah salah satu gejala alam yang tidak dapat diprediksi kapan akan terjadi, pada umumnya gempa terjadi karena pertemuan dua buah lempeng (Tamara, 2011). Guncangan akibat gempa antara gedung-gedung yang berdekatan telah diidentifikasi sebagai satu alasan kerusakan besar atau bahkan keruntuhan total dari struktur yang bertabrakan (Softysik & Jankowski, 2015).

Fungsi bangunan adalah untuk melindungi penghuninya dari lingkungan yang berpotensi berbahaya atau ancaman dari pemangsa, ketidaknyamanan dan bahaya terkait iklim yang sering terjadi, atau bahaya alam yang jarang tetapi berpotensi menghancurkan (Bruneau, 2002). Pada dasarnya bangunan yang dibangun harus mampu bertahan saat digoncang oleh gempa (Marsiano & Sangaji, 2020). Gempa kuat dapat merusak properti dan bangunan, serta menimbulkan korban jiwa, magnitudo gempa yang lebih besar dari 6,0 Mw bisa menyebabkan banyaknya kerusakan di daerah berpenduduk (Mamat dkk, 2021). Saat gempa melanda suatu wilayah dan mengakibatkan kerusakan bangunan, maka diperlukan investigasi dan evaluasi pada bangunan tersebut agar dapat mengantisipasi kerusakan parah di masa mendatang (Maeda dkk, 2019).

Suatu bangunan harus direncanakan sesuai dengan standar bangunan aman gempa, salah satunya dengan cara menilai dan mengevaluasi kerusakan-kerusakan pada bangunan akibat gempa agar tidak terjadi lagi kerusakan yang sama di masa mendatang (Tamara, 2011; Kempa, 2021). Bangunan yang paling rawan mengalami kerusakan bahkan kehancuran akibat gempa adalah bangunan yang dibangun tanpa standar teknis yang benar dan tepat. Khoeri (2021) dalam penelitiannya menyatakan bahwa perkuatan pada kolom dan balok pada suatu bangunan adalah hal penting yang segera dilakukan setelah gempa terjadi. Karena kedua elemen ini adalah elemen utama yang harus memiliki daktilitas dan kekuatan yang besar. Kusumaningrum (2017) dalam mengevaluasi kerusakan bangunan rumah tinggal dengan mengambil studi kasus gempa 27 Mei 2006 di Yogyakarta dan Jawa Tengah serta gempa 30 September 2009 di Kota Padang dan wilayah Sumatera Barat lainnya. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa sebesar 70% lebih kategori kerusakan terjadi akibat gempa-gempa tersebut. Penelitian oleh (Fauzan dkk, 2010) menjelaskan bahwa sebagian besar kerusakan akibat gempa 30 September 2010 di Sumbar dan sekitarnya adalah rendahnya kualitas bangunan yang dibangun oleh kontraktor dan rendahnya pengawasan dalam pelaksanaannya.

Ningrum (2006) dalam penelitiannya juga menyatakan bahwa kerusakan bangunan juga diakibatkan oleh rendahnya kualitas bangunan yang digunakan saat gempa Majalengka 2001. Saputra (2021) dalam penelitiannya untuk menginvestigasi dan mengevaluasi kerusakan bangunan rumah tinggal sederhana akibat gempa Halmahera Selatan tahun 2019. Diperoleh dari penelitiannya bahwa persentase bangunan rusak berat diperoleh sebesar 36%, rusak sedang 28% dan rusak ringan sebesar 36%. Beberapa penelitian yang sudah diuraikan, sebagian besar menyatakan bahwa kerusakan bangunan diakibatkan karena rendahnya mutu bangunan, baik material maupun pelaksanaan dan pengawasannya. Dalam penelitian ini dilakukan suatu identifikasi dan penilaian terhadap bangunan rumah warga yang rusak akibat gempa Pasaman Barat 25 Februari 2022 yang lalu.

2.2 Kategori Kerusakan Struktur

Dalam melakukan evaluasi dan investigasi kerusakan-kerusakan bangunan akibat guncangan gempa, perlu diketahui jenis dan kategori kerusakan yang terjadi. Kategori-kategori kerusakan struktur/bangunan akibat gempa seperti dijelaskan dalam uraian berikut.

2.2.1 Kerusakan ringan non-struktur

Bangunan yang dikategorikan mengalami kerusakan non-struktur apabila terjadi hal-hal sebagai seperti berikut:

- a. Retak halus (lebar celah lebih kecil dari 0,075 cm) pada plesteran
- b. Serpihan plesteran berjatuhan
- c. Mencakup luas yang terbatas

Untuk pencegahan dan tindakan yang perlu dilakukan adalah perbaikan (*repair*) secara arsitektur tanpa mengosongkan bangunan.

2.2.2 Kerusakan ringan struktur

Suatu bangunan dikategorikan mengalami kerusakan struktur tingkat ringan apabila terjadi hal-hal sebagai berikut :

- a. Retak kecil (lebar celah antara 0,075 hingga 0,6 cm) pada dinding.
- b. Plester berjatuhan.
- c. Mencakup luas yang besar.
- d. Kerusakan bagian-bagian nonstruktur seperti cerobong, lisplang, dsb.
- e. Kemampuan struktur untuk memikul beban tidak banyak berkurang.
- f. Laik fungsi/huni

Tindakan yang perlu dilakukan adalah perbaikan (*repair*) yang bersifat arsitektur agar daya tahan bangunan tetap terpelihara. Perbaikan dengan kerusakan ringan pada struktur dapat dilakukan tanpa mengosongkan bangunan.

2.2.3 Kerusakan struktur tingkat sedang

Suatu bangunan dikategorikan mengalami kerusakan struktur tingkat sedang apabila terjadi hal-hal sebagai berikut:

- a. Retak besar (lebar celah lebih besar dari 0,6 cm) pada dinding;
- b. Retak menyebar luas di banyak tempat, seperti pada dinding pemikul beban, kolom dan cerobong miring;
- c. Kemampuan struktur untuk memikul beban sudah berkurang sebagian;
- d. Laik fungsi/huni.

Tindakan yang perlu dilakukan adalah :

- a. Restorasi bagian struktur dan perkuatan (*strenghtening*) untuk menahan beban gempa;
- b. Perbaikan (*repair*) secara arsitektur;
- c. Bangunan dikosongkan dan dapat dihuni kembali setelah proses restorasi selesai.

2.2.4 Kerusakan struktur tingkat berat

Suatu bangunan dikategorikan mengalami kerusakan struktur tingkat berat apabila terjadi hal-hal sebagai berikut:

- a. Dinding pemikul beban terbelah dan runtuh;
- b. Bangunan terpisah akibat kegagalan unsur-unsur pengikat;
- c. Kira-kira 50% elemen utama mengalami kerusakan;
- d. Tidak laik fungsi/huni.

Tindakan yang perlu dilakukan adalah merubuhkan bangunan atau dilakukan restorasi dan perkuatan secara menyeluruh sebelum bangunan dihuni kembali. Dalam kondisi kerusakan seperti ini, bangunan menjadi sangat berbahaya sehingga harus dikosongkan.

2.2.5 Kerusakan Total

Suatu bangunan dikategorikan sebagai rusak total / roboh apabila terjadi hal-hal sebagai berikut:

- a. Bangunan roboh seluruhnya ($> 65\%$)
- b. Sebagian besar komponen utama struktur rusak
- c. Tidak laik fungsi/ huni

Tindakan yang perlu dilakukan adalah merubuhkan bangunan, membersihkan lokasi, dan mendirikan bangunan baru.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah observasi lapangan, yaitu dengan melakukan pengamatan langsung ke lapangan. Tahapan pertama yang dilakukan adalah pengumpulan data-data yang dibutuhkan seperti foto-foto kerusakan atau keruntuhan rumah akibat gempa sebagai data utama. Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer berasal dari wawancara yang telah diolah lebih lanjut, serta dokumentasi berupa foto-foto kerusakan atau keruntuhan rumah warga di lokasi penelitian. Dalam pengolahan data-data kerusakan rumah yang sudah dikumpulkan dari observasi lapangan, harus diidentifikasi dan dikategorikan tingkat kerusakan yang terjadi pada bangunan. Pada tahapan ini penulis menggunakan panduan dari Dirjen Cipta Karya Kemen-PU (2016) sebagai acuan perhitungan.

Penentuan kategori dan persentase tingkat kerusakan bangunan didasarkan pada tingkat kerusakan pada pekerjaan struktur dan arsitektur, yakni (Dirjen Cipta Karya Kemen-PU, 2016):

- a. Kategori rusak ringan, mengalami persentase kerusakan $\leq 30\%$, dimana terjadi kerusakan-kerusakan hanya pada elemen-elemen non-struktur saja, seperti atap, jendela dan pagar.
- b. Kategori rusak sedang memiliki kisaran persentase kerusakan anatara $30\% - 45\%$. Pada tingkat ini, bangunan mengalami kerusakan berupa retak-retak di bagian elemen struktur, retak menyebar luas di seluruh dinding dan miring pada kolom.
- c. Kategori rusak berat memiliki persentase kerusakan sebesar $> 45\%$, dimana elemen utama sudah mengalami keruntuhan, dinding pemikul beban sudah runtuh dan bangunan terpisah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tingkat Kerusakan Bangunan

Investigasi kriteria kerusakan bangunan rumah tinggal (rumah warga) dalam penelitian ini diambil contoh rumah sebanyak 7 (tujuh) unit rumah. Asesmen dilakukan dengan terlebih dulu mengelompokkan kriteria kerusakan serta mengevaluasi dan melakukan perhitungan berdasarkan Dirjen Cipta Karya Kemen-PU (2016), yang akan diuraikan seperti penjelasan di bawah.

a. Rumah Sampel-1

Rumah sampel-1 adalah data yang pertama yang diidentifikasi untuk menilai kerusakan akibat gempa. Dugaan awal dapat dievaluasi bahwa bangunan ini mengalami retak dimana-mana, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Kategori tingkat kerusakan yang dialami oleh sampel-1 ini seperti yang diuraikan dalam penjelasan berikut.

Persentase Kerusakan Dinding Sampel-1

$$\text{Luas total dinding} = (A) + (B) + (C) + (D) = (7 \times 3,5) + (9 \times 3,5) + (7 \times 3,5) + (9 \times 3,5) = 108 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas total dinding yang rusak} = (7 \times 3,5) = 24,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Jumlah keseluruhan dinding yang rusak} = (24,5/108) \times 100\% = 22,6\%$$

Berdasarkan perhitungan presentase kerusakan pada Sampel-1 (Gambar 2) di atas termasuk dalam kriteria kerusakan ringan yaitu mengalami kerusakan kurang atau di bawah 30% . Selain itu, sampel-1 pada Gambar 2 juga mengalami kerusakan pada balok luar dan kolom, dimana:

$$A: \text{Jumlah kolom rusak} = 2$$

$$B: \text{Jumlah balok rusak} = 1$$

$$\text{Persentase kerusakan elemen balok dan kolom} = (1/2) \times 100\% = 50\%$$

Pada bagian kolom dan balok, kerusakan rumah sampel-1 mengalami rusak berat dengan persentase kerusakan di atas 35% .



Gambar 2. Rumah rusak pada dinding

b. Rumah Sampel-2

Sampel-2 merupakan data kedua yang dinilai dalam penelitian ini, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Rumah rusak pada dinding kolom dan ring balok

Persentase Kerusakan Dinding sampel-2

$$\text{Luas total dinding} = (A) + (B) + (C) + (D) = (9 \times 3,5) + (11 \times 3,5) + (9 \times 3,5) + (11 \times 3,5) = 140 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas total dinding yang rusak} = (6 \times 3,5) + (8 \times 3,5) = 49 \text{ m}^2$$

$$\text{Jumlah keseluruhan dinding yang rusak} = (49/140) \times 100\% = 35 \%$$

Dari hasil perhitungan di atas, rumah sampel-2 pada Gambar 3 termasuk dalam kriteria kerusakan sedang, yaitu 30% - 45%.

Persentase Kerusakan Kolom dan Ring Balok Sampel-2

$$A: \text{Jumlah kolom} + \text{ring balok} = 6 + 4 = 10$$

$$B: \text{Jumlah kolom} + \text{ring balok yang rusak} = 1 + 2 = 3 \text{ kolom dan ring balok}$$

$$\text{Persentase tingkat kerusakan} = B / A \times 100\% = (3/10) \times 100\% = 30\%$$

Dari hasil perhitungan di atas maka sampel-2 termasuk ke dalam kriteria kerusakan sedang, karena terdapat kerusakan dinding hingga runtuh, kerusakan kolom yang hancur, dan kerusakan ring balok.

c. Rumah Sampel-3

Pada rumah sampel-3, mengalami beberapa kerusakan pada dinding, seperti yang tampak pada Gambar 4. Identifikasi kerusakan rumah sampel-3 seperti dalam uraian berikut.



Gambar 4. Rumah rusak pada dinding

Presentase Tingkat Kerusakan Dinding pada Sampel-3

Luas total dinding = (A) + (B) + (C) + (D) + (E) = $(8 \times 3,5) + (10 \times 5) + (8 \times 3,5) + (10 \times 3,5) = 126 \text{ m}^2$

Luas total dinding yang rusak = $(8 \times 3,5) = 28 \text{ m}^2$

Jumlah keseluruhan dinding yang rusak = $(28/126) \times 100\% = 22,2\%$

Dari hasil perhitungan Gambar 4 (sampel-3) di atas, bangunan rumah sampel-3 termasuk dalam kriteria kerusakan ringan yaitu 22,2 %, ini berarti $\leq 30\%$.

d. Rumah Sampel-4

Rumah sampel-4 seperti dalam Gambar 5, diidentifikasi mengalami kerusakan pada dinding. Besar kerusakan yang dialami seperti uraian berikut.



Gambar 5. Rumah rusak pada dinding

Presentase Tingkat Kerusakan Dinding

Luas total dinding = (A) + (B) + (C) + (D) = (8×4) + (10×4) + (8×4) + (10×4) = 144 m²

Luas total dinding yang rusak = (8×4) + (8×4) = 64 m²

Jumlah keseluruhan dinding/jumlah keseluruhan dinding yang rusak = (64/144) × 100% = 44,4%

Dari hasil perhitungan presentase Gambar 5 (rumah sampel-4) termasuk dalam kriteria kerusakan sedang yaitu 30% - 45%.

e. Rumah Sampel-5

Rumah sampel-5 seperti yang tampak pada Gambar 6, menunjukkan terjadinya kerusakan berat pada struktur utama, seperti dinding yang runtuh dan kolom serta balok yang sudah hancur. Evaluasi dan investigasi kerusakan pada sampel-5 seperti uraian berikut.



Gambar 6. Dinding rumah roboh

Presentase Tingkat Kerusakan Dinding

Luas total dinding = (A) + (B) + (C) + (D) = (8×4) + (12×4) + (8×4) + (12×4) = 160 m²

Luas total dinding yang rusak = (8×4) + (12×4) = 80 m²

Jumlah keseluruhan dinding yang rusak = (80/160) × 100% = 50%

Dari hasil perhitungan di atas, persentase kerusakan rumah sampel-5 (Gambar 6) termasuk dalam kriteria kerusakan berat, yaitu > 45%.

f. Rumah Sampel-6

Gambar 7 merupakan rumah sampel-6 dengankategori keruakan berat. Tingkat kerusakan yang dialami oleh rumah sampel-5 ini diuraikan seperti uraian berikut.

Presentase Tingkat Kerusakan Dinding

Luas total dinding = (A) + (B) + (C) + (D) = (9×4) + (11 × 4) + (9 × 4) + (11 × 4) = 160 m²

Luas total dinding yang rusak = (9×4) + (4×4) = 52 m²

Jumlah keseluruhan dinding yang rusak = (52/160) × 100% = 32,5%

Presentase Tingkat Kerusakan Plafond

Luas total penutup plafond ruangan = (a + b) × c = 200 m²

Luas penutup plafond yang rusak = Luas (A) + (B) = 10 × 6,5 = 65 m²

Presentase tingkat kerusakan = Luas (A) + (B) / ((a + b) × c) × 100% = (65/200) × 100% = 32,5%

Dari hasil perhitungan rumah sampel-6 dari Gambar 7, presentase kerusakan dinding dan plafon adalah 32,5%, dan berada dalam kriteria rusak sedang, yakni 30% - 45%.



Gambar 7. Rusak pada plafond dan dinding

g. Rumah Sampel-7

Penampilan pada Gambar 8 merupakan rumah dengan sampel-7, dimana mengalami rusak berat dengan keruntuhan total terjadi pada rumah.



Gambar 8. Rumah roboh/rusak berat

Presentase Tingkat Kerusakan Dinding

$$\text{Luas total dinding} = (A) + (B) + (C) + (D) = (8 \times 3,5) + (9 \times 3,5) + (8 \times 3,5) + (9 \times 3,5) = 119 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas total dinding yang rusak} = \text{Luas (A) + (B)} = (8 \times 3,5)(2) + (9 \times 3,5)(2) = 119 \text{ m}^2$$

$$\text{Peresentase kerusakan dinding total} = (199/199) \times 100\% = 100\%$$

Dari hasil perhitungan di atas, persentase ker termasuk dalam kriteria kerusakan berat/total yaitu > 45%.

Presentase Tingkat Kerusakan Pintu, Kusen dan Jendela

$$\text{Jumlah total pintu} = 4$$

$$\text{Jumlah total kusen dan jendela} = 12$$

$$\text{Jumlah kerusakan pintu, kusen dan jendela yang rusak} = 2 + 10 = 12$$

$$\text{Persentase tingkat kerusakan} = (12/16) \times 100\% = 75\%$$

Presentase Tingkat Kerusakan Lantai

Luas total lantai ruangan = $8 \times 9 = 72 \text{ m}^2$

Luas lantai yang mengalami kerusakan = $(3 \times 4) + (4 \times 6) = 12 + 24 = 36 \text{ m}^2$

Luas keseluruhan lantai/luas lantai yang rusak = $(36/72) \times 100\% = 50\%$

Presentase Tingkat Kerusakan Penutup Atap

Luas atap = $(c + d) \times (e + f) + (a + b) \times (e + f) \times 1,2 = 144 \text{ m}^2$

Luas penutup atap yang mengalami kerusakan = $(1,5 \times 2) = 3 \text{ m}^2$

Luas atap/luas penutup atap yang rusak = $(3/144) \times 100\% = 2,1\%$

Presentase Tingkat Kerusakan Rangka Atap

Luas A = $(c + d) \times (e + f) \times 1,2 = 72 \text{ m}^2$

Luas B = $(a + b) \times (e + f) \times 1,2 = 72 \text{ m}^2$

Luas C = Luas rangka atap yang rusak = $(2 \times 2) = 4 \text{ m}^2$

Luas C / (Luas A + Luas B) $\times 100\% = (4/144) \times 100\% = 2,8\%$

Dari hasil perhitungan rumah sampel-7 di atas, diperoleh persentase pada dinding diperoleh sebesar 100% (rusak berat), persentase kerusakan pada kusen, pintu dan jendela adalah sebesar 75% (rusak berat), presentase kerusakan pada lantai 50% (rusak berat), kerusakan pada penutup atap sebesar 2,1 % (rusak ringan), dan kerusakan pada rangka atap adalah sebesar 2,8% dan juga termasuk kategori rusak ringan.

4.2 Metode Perbaikan Bangunan yang Rusak

Rekomendasi perbaikan kerusakan bangunan yang rusak akibat gempa yang digunakan berdasarkan SNI-1726-2019. Analisis perbaikan seperti yang diuraikan di bawah.

Perbaikan Dinding yang Retak

Rusak dan retak kecil (retak dengan lebar celah 0,075 cm dan 0,6 cm) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9, perbaikannya dilakukan seperti uraian berikut.

- Plasteran lama di sekitar retak dikupas lalu retak tersebut diisi dengan air semen.
- Setelah celah rapat, dinding diplester kembali dengan campuran spesi 1 semen: 3 pasir.



Gambar 9. Retak kecil pada dinding

Perbaikan dan Perkuatan Dinding Yang Hancur

Dinding yang hancur dibuat balok pondasi, balok keliling dan kolom praktis lengkap dengan angkur-angkur setiap 10 lapis bata ke dinding baru, panjang angkur minimum 30 cm seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Dinding yang hancur pada bangunan

Kerusakan perbaikan pada pertemuan balok dan kolom praktis, seperti penampakan pada Gambar 11, dilakukan tindakan untuk memperbaikinya adalah sebagai berikut:

- a. Balok praktis pertama-tama harus ditopang oleh *scaffolding* / rangka kayu 5/10 cm.
- b. Balok yang retak telah disingkirkan dan balok serta tulangan kolom terlihat bebas.
- c. *Bending, trimming*, dan tulangan vertikal balok dan kolom akan diganti dengan yang baru. Artinya pada saat menyambung tulangan vertikal lama dan baru harus memenuhi spesifikasi panjang distribusi 40.
- d. Balok dan penyangga yang patah akan diganti dengan yang baru yang memiliki kekuatan tarik yang sama dengan yang dipasang.
- e. Menghilangkan debu dari permukaan beton dan rebar untuk mencegah beton lama dan baru menempel.
- f. Pasang bekisting bisa dari papan 2/20 atau multiplek.
- g. Lakukan cor beton baru dengan mutu yang sama dengan mutu beton yang lama atau campuran 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil.



Gambar 11. Pertemuan balok dan kolom praktis.

Perbaikan Kolom Praktis yang Rusak

Perbaikan untuk kolom praktis yang rusak seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 12, Balok ditunjang terlebih dahulu dengan menggunakan perancah dari kayu, kemudian lakukan seperti prosedur butir c.



Gambar 12. Kolom praktis yang rusak

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari evaluasi dan temuan investigasi yang telah dilakukan pada 7 (tujuh) sampel bangunan rumah warga yang rusak akibat gempa, diperoleh beberapa kriteria kerusakan, yaitu:

- a. Rumah sampel-1: rusak ringan pada dinding sebesar 22,6% ($< 30\%$)
- b. Rumah sampel-2: kriteria rusak sedang pada dinding, kolom dan ring balok yaitu berada pada kisaran 30% - 45%
- c. Rumah sampel-3: rusak ringan pada dinding, yaitu 22,2% ($< 30\%$)
- d. Rumah sampel-4: rusak sedang pada dinding, yaitu 44,4% (30% - 40%)
- e. Rumah sampel-5: rusak berat pada dinding sebesar 50% ($> 45\%$)
- f. Rumah sampel-6: rusak sedang pada dinding dan plafon sebesar 32,5% dan termasuk rusak sedang (30% - 45%)
- g. Rumah sampel-7: rusak berat pada elemen dinding, lantai, kusen dan jendela masuk dalam kategori rusak berat, sedangkan rangka atap dan penutup atap ada dalam kategori rusak ringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, R., & Arrie, M. 2018. Kerusakan Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal (Studi Kasus: Gempa Aceh 2 Juli 2013). *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, 4(1), pp. 41–51.
- Antonius, Adhy, D.S., & Ruslan. 2007. Kajian Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tingkat Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Bumi (Studi Kasus Gempa di NTB 2004). *Prosiding/Seminar Nasional Teknik Sipil III-2007: Peran Teknik Sipil dalam Manajemen Bencana*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Afida, B.A., Kamal, M., & Sri, D. 2020. Identifikasi Kerusakan Bangunan Pasca Gempa Bumi Menggunakan Citra Satelit Worldview-2. *Jurnal Pengembangan Kota*, 8(1), pp.67-77.
- Batur Global Geopark. 2018. *Informasi Gempa Bumi dan Lempeng Tektonik di Indonesia dan Sekitarnya*. Batur Global Geopark. <https://www.baturglobalgeopark.com/index.php/baca-berita/124/Informasi-Gempa-Bumi-dan-Lempeng-Tektonik-di-Indonesia-dan-Sekitarnya.html>, diakses pada 22 Februari 2023.

- Bruneau, M. 2002. Building Damage from The Marmara, Turkey Earthquake of August 17, 1999. *Journal of Seismology*, 6(3), 357–377.
- Fauzan, F., Ismail, F. A., Putri, L. M., & Viviayana, D. 2010. Analisa Kerusakan Struktur Bangunan Gedung "A" SMAN 10 Padang Akibat Gempa 30 September 2009. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 6(2), pp. 31.
- Hadibroto, B., & Ronitua, S. 2018. Perbaikan Dan Perkuatan Bangunan Sederhana Akibat Gempa. *Educational Building*, 4(1), pp.46–55.
- Husein, S. 2016. Bencana Gempabumi. *Jurnal Seismik*, 2(January), pp.1–10.
- Jafar, Sarwidi, Teguh, M., & Nugraheni, F. 2021. Perbandingan Kerusakan Aktual Dan Prakiraan Pada Bangunan Tembok Tanpa Perkuatan Akibat Gempa. *Jurnal Teknisia*, 26(1).
- Kemen-ESDM. 2022. Likuefaksi Akibat Gempa Bumi Pasaman. Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. <https://geologi.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/likuefaksi-akibat-gempa-bumi-pasaman-25-februari-2022>, diakses pada 22 Februari 2023.
- KemenkoPMK. 2022. *Pemerintah Gerak Cepat Tangani Gempa Bumi Pasaman Barat*. Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia Dan Kebudayaan Republik Indonesia. <https://kemenkopmk.go.id/>, diakses pada 22 Februari 2023.
- Kempa, M. 2021. Analisis Tingkat Kerusakan Bangunan Gedung Sekolah Menengah Pertama (SMP) di Maluku. *ALE Proceeding*, 1(April), pp.198–203.
- Khoeri, H. 2021. Pemilihan Metode Perbaikan Dan Perkuatan Struktur Akibat Gempa (Studi Kasus Pada Bank Sulteng Palu). *Konstruksia*, 12(1), pp.93.
- Kusumaningrum, E. 2017. *Evaluasi Kriteria Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal Sederhana Akibat Gempa Bumi*. Tesis Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Maeda, M., Al-Washali, H., & Matsukawa, K. 2019. An overview of post earthquake damage and residual capacity evaluation for reinforced concrete buildings in Japan. *COMPdyn Proceedings*, 1, pp.930–943.
- Mamat, N., Othman, M. F., & Yakub, M. F. M. 2021. Influence of Control Strategy in Risk Mitigation of Building Damage Due to Earthquake Influence Of Control Strategy in Risk Mitigation of Building. *Research Square*, 2, pp.0–18.
- Marsiano, M., & Sangaji, Y. S. 2020. Evaluasi Gedung Eksisting Di Timika-Papua Ditinjau Berdasarkan SNI Gempa-1726:2019. *C-Line/Jurnal Teknik Sipil*, X(1), pp.55–63.
- Murtianto, H. 2016. Potensi Kerusakan Gempa Bumi Akibat Pergerakan Patahan Sumatera Di Sumatera Barat dan Sekitarnya. *Jurnal Geografi Gea*, 10(1).
- Ningrum, P. S. R. 2006. *Analisis Pengaruh Kualitas Material Bangunan Terhadap Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal Sederhana Akibat Gempa Bumi di Wilayah Jogjakarta dan Majalengka*. Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Salim, M. A., & Ardhani, M. S. 2019. Perbaikan Struktur Beton Bertulang, Dinding dan Baja Pasca Gempa Lombok. *Teknik*, 2017, pp.95–100.
- Saputra, M. T. Y. 2021. Evaluasi Kerusakan Bangunan Sederhana Akibat Gempa Bumi di Halmahera Selatan. *Journal of Science and Engineering*, 4(2), pp.130–137.
- SNI:1726-2019, Tentang Tata Cara Pelaksanaan Bangunan Tahan Gempa. Badan Standar Nasional (BSN) Indonesia.
- Sołtysik, B., & Jankowski, R. 2015. Building Damage Due To Structural Pounding During Earthquakes. *Journal of Physics: Conference Series*, pp.628(1).
- Tamara, M. 2011. Evaluasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Besar. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 1(1), pp.1-9.
- Wicaksana, A., & Rosyidah, A. 2021. Perbandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726:2012 Dan SNI 1726:2019. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 18(1), pp. 88–99.