

Contents list available at journal.uib.ac.id**Journal of Civil Engineering and Planning**Journal homepage: <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce>

Design of Non- Engineered Earthquake Resistant Housing in West Sumatera

Perencanaan *Non Engineered* Bangunan Rumah Tahan Gempa di Sumatera Barat

Winda Fitria¹, Oni Guspari², Sicilia Afriyani³, Roni Tri Putra⁴, Merley Misriani⁵

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang

⁵Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau

Email korespondensi: winda@pnp.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Kata kunci :</p> <p>Rumah, Gempa, Mitigasi, Bencana</p>	<p>Penelitian ini berfokus pada perencanaan rumah tahan gempa di Provinsi Sumatera Barat untuk meningkatkan kualitas struktur rumah tinggal. Kerusakan rumah akibat gempa sebelumnya menjadi ancaman serius yang dapat menghambat evakuasi bencana. Keselamatan individu menjadi prioritas utama dalam proses evakuasi, sehingga penting untuk membangun rumah yang aman gempa, baik melalui pembangunan baru maupun renovasi, guna meminimalkan risiko korban jiwa. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan panduan dari buku saku persyaratan rumah tahan gempa yang disusun oleh JICA dan Kementerian PU. Hasil penelitian berupa alternatif desain DED rumah tipe 45 yang sesuai untuk Provinsi Sumatera Barat. Rumah satu lantai ini dirancang di atas tanah keras dengan struktur yang memenuhi standar gempa. Hasil analisis menunjukkan spesifikasi elemen struktur sebagai berikut: pondasi menggunakan batu kali dengan dimensi bawah 80 cm, dimensi atas 40 cm, dan tinggi 80 cm; balok BS berukuran 15 cm x 30 cm; RB 15 cm x 20 cm; dan kolom 20 cm x 20 cm. Nilai Safety Factor (SF) rata-rata untuk masing-masing elemen adalah balok BS 1,04, RB 1,3, kolom > 3, dan pondasi batu kali 3. Hal ini menunjukkan bahwa struktur yang direncanakan memenuhi persyaratan rumah tahan gempa. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam mitigasi risiko gempa serta menjadi panduan bagi masyarakat dalam membangun rumah tahan gempa, khususnya di Sumatera Barat.</p>
ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Keywords:</p> <p>House, Quake, Mitigation, Disaster,</p>	<p><i>This research focuses on the design of earthquake-resistant houses in West Sumatra Province to improve the structural quality of residential buildings. Significant damage to houses caused by previous earthquakes poses a serious threat, especially as it can hinder evacuation processes during disasters. Ensuring individual safety is a top priority in evacuation efforts, making it crucial to build earthquake-safe homes, whether through new construction or renovation, to minimize the risk of casualties. The study employs a quantitative approach guided by the earthquake-resistant house requirements handbook developed by JICA and the Ministry of Public Works. The result is an alternative DED design for a Type 45 house suitable for West Sumatra. This single-story house is designed on hard soil with a structure that meets earthquake standards. The analysis results show the structural specifications as follows: the foundation uses stone with a bottom dimension of 80 cm, a top dimension of 40 cm, and a height of 80 cm; BS beams measure 15 cm x 30 cm; RB beams 15 cm x 20 cm; and columns 20 cm x 20 cm. The average Safety Factor (SF) values are BS beams 1.04, RB beams 1.3, columns > 3, and stone foundation 3,</i></p>

indicating that the planned sections meet the requirements for earthquake-resistant houses. This study aims to contribute to disaster risk mitigation and serve as a guide for communities in constructing earthquake-resistant homes, especially in the West Sumatra region.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan wilayah kepulauan yang masuk pada *ring of fire* gempa dan tsunami. Hal ini membuat pemerintah mengeluarkan peraturan tentang keandalan bangunan dalam menahan gempa dalam PP No 61 tahun 2021. Menurut BMKG setiap hari terjadi gempa dengan magnitudo lebih besar dari 5 SR di wilayah Indonesia. Sebagian gempa besar mengakibatkan banyaknya rumah roboh yang disebabkan konstruksinya tidak dapat menahan beban gempa [1]. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat semenjak tahun 1815 di Provinsi Sumatera Barat, gempa menjadi bencana alam yang paling banyak merenggut jiwa manusia dibandingkan dengan bencana alam lainnya. Indonesia masuk kedalam daerah dengan tingkat kegempaan paling aktif di dunia. Secara nasional Provinsi Sumatera Barat menempati urutan kedua dalam menghadapi tingkat kerentanan ekonomi terhadap bencana alam. Pada tahun 2009 terjadi gempa besar yang menyebabkan kerusakan infrastruktur antara lain: kerusakan bangunan rumah sebanyak 249.883, fasilitas Pendidikan sebanyak 4.748 unit, 442 unit perkantoran, rumah ibadah 2851 unit, 153 unit fasilitas kesehatan, jembatan 68 unit dan pasar sebanyak 58 unit [2].

Gempa sudah merusak bangunan termasuk rumah tinggal di SumBar dan kepulauan Mentawai sebelum tsunami datang. Sementara untuk menyelamatkan diri dari tsunami, masyarakat harus selamat terlebih dahulu dari gempa. Korban yang tertimpa runtuhnya rumah saat gempa tidak akan bisa mengungsi jika terjadi tsunami. Selamat dari gempa merupakan syarat mutlak sebelum menyelamatkan diri dari tsunami. Penting untuk mensetting rumah yang dihuni masyarakat agar tidak roboh dan merugikan masyarakat. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat atau merenovasi rumah menjadi konstruksi yang lebih aman terhadap gempa [3]. Menurut Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa Tahun 2006, kerusakan bangunan diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, yaitu kerusakan ringan nons-struktural (kategori I), kerusakan ringan pada elemen struktur (kategori II), kerusakan sedang (kategori III) dan kerusakan berat berupa kehancuran total bangunan (kategori IV) [4]. Beberapa contoh kerusakan dan kegagalan bangunan rumah tinggal akibat gempa di daerah Sumatera Barat dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini [5]



Gambar 1. Kerusakan rumah akibat gempa di Pasaman Barat, Sumatera Barat
(Sumber: Rafki Imani, 2024) [5]

Gempa bumi yang terjadi hampir setiap tahunnya di Indonesia, memberikan dampak terhadap perekonomian dan pembangunan daerah. Namun, hanya sedikit upaya yang dilakukan untuk mempersiapkan, mencegah maupun memitigasi dampak gempa bumi tersebut di masa depan [6]. Sumatera barat berpotensi dilanda gempa bumi besar yang dapat menimbulkan tsunami. Kemungkinan sumber gempa besar tersebut terletak di zona subduksi sekitar 50 km sebelah barat Pulau Mentawai dan sesar dasar laut antara Mentawai dan Pulau Sumatera. Jarak yang tidak terlalu jauh membuat gempa bumi berpotensi membuat kerusakan hingga daratan Pulau Sumatera. Guncangan gempa berpotensi

merusak bangunan, termasuk rumah di Pulau Sumatera dan Mentawai, sesaat sebelum tsunami datang [3]. Mayoritas korban jiwa dan kerugian material pada saat gempa bumi disebabkan oleh runtuhnya *non-engineering building* (bangunan no-rekayasa/ tidak direncanakan). Non engineering building adalah bangunan yang dibangun secara spontan/ langsung dan informal diberbagai negeri dengan cara tradisional menggunakan bahan- bahan lokal yang tersedia seperti batu, batu bata, batako dan kayu tanpa campur tangan sedikitpun dari Engineer yang berkualifikasi dalam perencanaan [7]. Pembangunan rumah tahan gempa dilatar belakangi robohnya ribuan bangunan termasuk rumah tinggal saat gempa bumi mengguncang Lombok Utara. Guncangan gempa yang mencapai 7.0 skala richter mengakibatkan ribuan bangunan mengalami rusak berat dan roboh. Bangunan rumah warga banyak yang tidak menggunakan besi sebagai pengikat dan penguat dari konstruksi bangunan. Pembangunan rumah tahan gempa memberikan pemahaman kepada masyarakat pentingnya konstruksi rumah tahan gempa. Konstruksi rumah tahan gempa memberikan kesempatan pada penghuni untuk menyelamatkan diri ketika terjadi gempa [8].

Penelitian menunjukkan bahwa jarak sumber gempa tidak jauh sehingga dapat menimbulkan dampak buruk bagi daratan di sekitarnya. Gempa bumi merusak bangunan-bangunan, termasuk rumah-rumah di Sumatera Barat dan Kepulauan Mentawai sebelum tsunami terjadi. Untuk melakukan evakuasi tsunami, masyarakat harus selamat terlebih dahulu dari gempa yang terjadi sebelum tsunami. Sangat penting diwaspadai rumah tidak boleh roboh, korban yang terkena dampak rumah roboh saat gempa tidak akan bisa mengungsi jika terjadi tsunami [3]. Tulisan ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang prinsip- prinsip dan persyaratan dasar tentang bangunan rumah tinggal tahan gempa, khususnya rumah type 45. Diharapkan tulisan ini dapat memberikan gambaran kepada masyarakat yang ingin membangun rumahnya tentang prinsip dasar yang harus diterapkan jika membuat rumah tahan gempa. Sehingga diharapkan tulisan ini dapat sedikit memberikan kontribusi terhadap mitigasi bencana gempa di wilayah Sumatera Barat.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Gempa Bumi

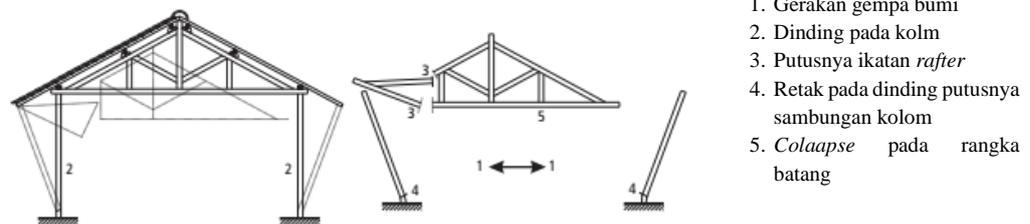
Gempa bumi merupakan bencana alam yang dapat menyebabkan kerusakan dan keruntuhan bangunan. Kerusakan yang disebabkan oleh gempa dapat dikurangi dengan perencanaan dan pembangunan bangunan tahan gempa. Tingkat kerusakan akibat gempa bumi dipengaruhi oleh berbagai parameter, termasuk karakteristik getaran gempa (seperti: intensitas, durasi, frekuensi dan gerakan tanah), karakteristik tanah baik itu topografi, geologi dan kondisi tanah, serta karakteristik dari bangunan itu sendiri seperti kekakuan, daktilitas dan integritas struktur bangunan [7]. Rumah tahan gempa sebenarnya adalah rumah yang aman bagi penghuninya dengan ketahanannya terhadap gempa. Seperti halnya bangunan rumah tahan gempa merupakan hasil kerja sama antara pemilik, perencana, dan sekelompok pekerja. Rumah aman gempa pada umumnya merupakan rumah non-rekayasa (*non engineering building*) yang tidak dianalisis strukturnya tetapi mengadopsi prinsip-prinsip tahan gempa [3].

Secara umum, bangunan dapat dibedakan menjadi dua kategori: bangunan rekayasa (*engineering building*) dan bangunan yang tidak direkayasa (*non engineering building*). Gempa bumi yang terjadi menunjukkan bahwa sebagian besar bencana terjadi pada bangunan non-rekayasa. Di Indonesia, sebagian besar bangunan non rekayasa ini dibangun di kota kecil, desa dan dibangun menurut tradisi, jenisnya disesuaikan dengan *culture* dan bahan yang ada pada wilayah tersebut. Rumah dengan bangunan tradisional umumnya mempunyai catatan atau kinerja yang baik pada gempa- gempa yang pernah terjadi. Seiring dengan membaiknya kondisi ekonomi, terdapat kecenderungan kuat terhadap pembangunan rumah pasangan bata yang ukurannya ditentukan oleh "status" pemilik rumah. Masyarakat menengah cenderung mengadopsi kebiasaan baru ini dan membangun rumah yang terlihat

seperti bata. Sebagian besar rumah pasangan bata dibangun tanpa mempertimbangkan persyaratan konstruksi pasangan bata yang sesuai. Tingginya permintaan pasar untuk rumah pasangan bata bersamaan dengan adanya keterbatasan sumberdaya yang tersedia, termasuk keuangan, keterampilan, dan material mengakibatkan pengerjaan yang buruk dan kualitas konstruksi yang buruk juga. Hal ini membuat terjadinya penurunan standar pembangunan rumah pasangan bata di negara berkembang setiap tahunnya [6].

Sebagian besar prinsip umum dan desain detail konstruksi bangunan bata tahan gempa dapat diterapkan pada konstruksi yang menggunakan pasangan bata. Adanya tegangan Tarik dan geser pada dinding bangunan pasangan bata menjadi penyebab utama berbagai kerusakan pada konstruksi dengan jenis ini. Beberapa jenis kerusakan bangunan dengan dinding bata antara lain: 1) kerusakan non structural, seperti: retak dan robohnya pada pasangan dinding bata, jatuhnya plesteran dari dinding, retak dan gagal pada plafond. 2) kerusakan dan kegagalan pada bearing walls; 3) kegagalan pada tanah; 4) kegagalan pada atap dan lantai seperti pada Gambar 5 [9].

Ada beberapa penyebab utama kerusakan bangunan dengan dinding bata akibat gempa, antara lain: 1) kekakuan bangunan yang besar disebabkan oleh berat sendiri bangunan menyebabkan munculnya gaya gempa dengan inersia yang besar; 2) kuat tarik dan kuat geser yang rendah terutama pada mortar; 3) sifat *brittle*/ getas dalam keadaan tarik dan tekan; 4) sambungan antar dinding yang lemah; 5) adanya konsentrasi tekanan pada sudut jendela dan pintu; 6) tidak simetrisnya denah dan tinggi bangunan dan 7) cacat konstruksi yang dikarenakan penggunaan material dibawah standar, sambungan antar bata yang tidak terisi, dinding tidak tegak lurus, sambungan antar dinding yang tidak tepat [9]. Titik-titik kritis penyebab kegagalan bangunan rumah tinggal ini ada di Gambar 2.



1. Gerakan gempa bumi
2. Dinding pada kolom
3. Putusnya ikatan *rafter*
4. Retak pada dinding putusnya sambungan kolom
5. *Colaapse* pada rangka batang

Gambar 2. Kegagalan pada sambungan rangka atap
(Sumber: Boen, 2014) [9]

Dalam melakukan mitigasi tsunami, korban selamat dari gempa merupakan syarat mutlak sebelum menyelamatkan diri dari tsunami. Korban yang tertimpa rumah roboh saat gempa tidak akan bisa mengungsi jika terjadi tsunami. Hal ini dapat dikurangi dengan membangun atau merenovasi rumah agar memiliki konstruksi yang lebih ramah dan tahan gempa [3]. Gempa bumi tidak dapat diprediksi kapan terjadinya, sehingga pencegahan resiko gempa bumi sedini mungkin sangat diperlukan. Salah satu cara untuk mencegah resiko dari gempa bumi adalah dengan melakukan perencanaan rumah tahan gempa. Jika digoncang gempa bumi dengan kekuatan rendah bangunan rumah tinggal harus tetap berfungsi dengan baik, hanya mengalami kerusakan ringan yang tidak memerlukan biaya perbaikan yang rendah. Ketika digoncang gempa berkekuatan sedang, bangunan dapat berfungsi kembali setelah dilakukan perbaikan dan perkuatan pada bagian utama struktur. Sementara ketika digoncang gempa dengan skala besar, bangunan tersebut mungkin tidak dapat digunakan lagi namun penghuni bangunan dapat menyelamatkan diri dari dalam bangunan tersebut [10].

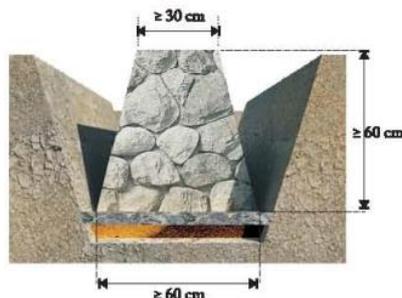
2.2 Prinsip Dasar Bangunan Rumah Tahan Gempa

Gempa bumi merupakan salah satu fenomena alam yang tidak dapat dihindari serta sulit diprediksi waktu dan kekuatannya. Sementara getaran dari gempa dapat mengguncang pada tiga arah berbeda dalam waktu singkat dapat menyebabkan korban jiwa dan harta benda [11]. Rumah tinggal dirancang harus sesuai dengan prinsip tahan gempa, yang meliputi dapat dilakukan sendiri oleh masyarakat, mempertimbangkan kelayakan dalam aspek social, budaya, ekonomi, politik dan Batasan teknis local. Konstruksi rumah memanfaatkan material, alat dan tenaga kerja yang tersedia di lingkungan sekitar dengan biaya rendah, waktu pembangunan singkat sehingga dapat dihuni serta menggunakan metode yang memungkinkan pemilik rumah membangun sendiri dengan anggaran dan dukungan teknis minimal. Secara umum kerusakan dan runtuhnya dinding rumah saat gempa disebabkan oleh rendahnya kualitas material dan pengerjaan, serta sambungan yang tidak tepat, mutu beton tidak memenuhi standar serta pemasangan bata yang tidak sesuai. Selain itu. Pemasangan pondasi batu kali yang salah tidak memenuhi persyaratan bangunan tahan gempa menjadi faktor utama [12].

Dengan mengacu pada buku saku persyaratan pokok rumah tahan gempa yang dikeluarkan oleh *Japan International Cooperation Agency* (JICA) dan kementerian Pekerjaan Umum (PU) ada beberapa prinsip dasar dalam pembangunan rumah tahan gempa [13], antara lain:

a. Pondasi

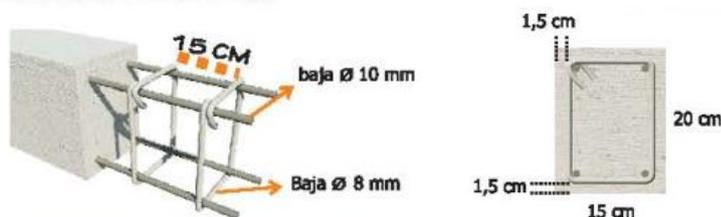
Rumah satu lantai yang berada pada tanah sedang minimal menggunakan pondasi batu kali dengan ukuran lebar atas minimal 30 cm, lebar bawah pondasi minimal 60 cm dan ketinggian pondasi minimal 60 cm. Gambar 4 memperlihatkan dimensi detail pondasi batu kali untuk rumah satu lantai.



Gambar 4. Dimensi minimal pondasi rumah 1 lantai
(Sumber: Boen, 2009) [13]

b. Balok pengikat/ sloof

Spesifikasi balok sloof minimal untuk rumah sederhana satu lantai sebagai berikut: dimensi balok 15x20 cm, tulangan utama 4 dia. 10mm, tulangan geser/ sengkang dia. 8mm jarak maksimal 15 cm dan selimut beton maksimal 15 mm. Detail tulangan untuk balok pengikat dijelaskan oleh Gambar 5.



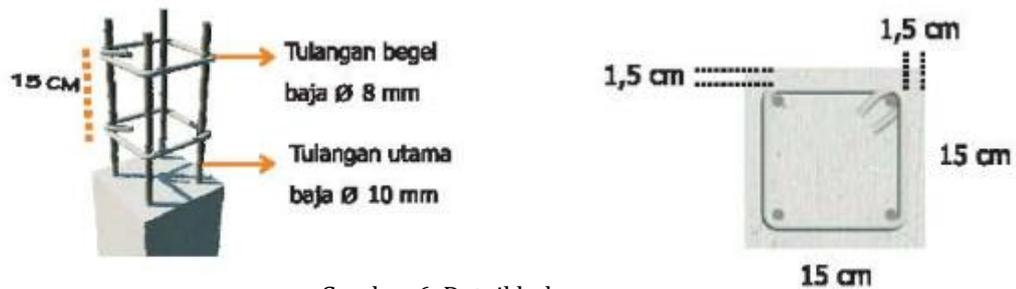
Gambar 5. Detail balok
(Sumber: Boen, 2009) [13]

c. Kolom

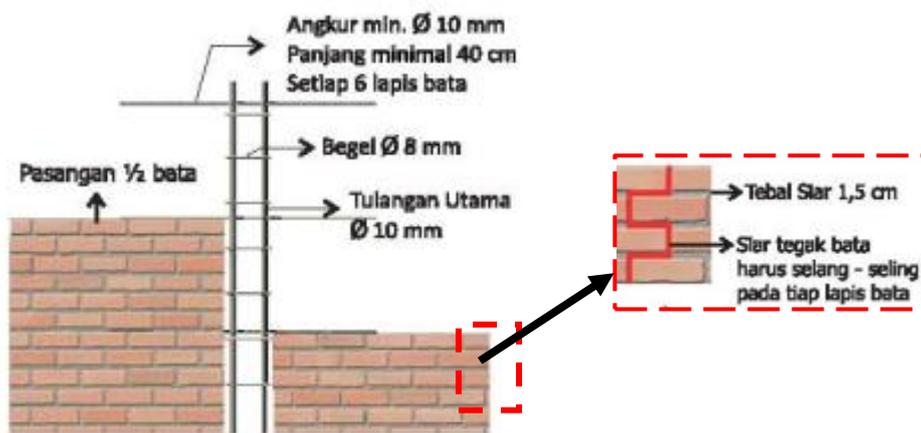
Dimensi kolom minimal 15x15 cm dengan tulangan utama sebanyak 4 buah menggunakan dia 10 mm, dan tulangan geser dia 8 mm dengan jarak 15 cm. selain itu jarak maksimal antar kolom disyaratkan maksimal adalah 3 meter. Sementara selimut beton maksimal adalah 15 mm dari sisi terluar begel, gambar detail kolom untuk rumah tahan gempa sederhana ada pada Gambar 6.

d. Dinding

Pemasangan angkur setiap 60 cm dari kolom ke dinding menjadi bagian penting bagi bangunan rumah yang menggunakan batu bata dan sejenisnya sebagai dinding. Pemasangan angkur dari kolom ke dinding seringkali menjadi bagian yang diabaikan dan terlupakan. Salah satu pemicu robohnya dinding rumah saat gempa terjadi dikarenakan ketiadaan angkur ini. Untuk lebih jelasnya pemasangan angkur dari dinding ke kolom ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Detail kolom
(Sumber: Boen, 2009) [13]



Gambar 7. Dinding rumah bata
(Sumber: Boen, 2009) [13]

e. Sambungan

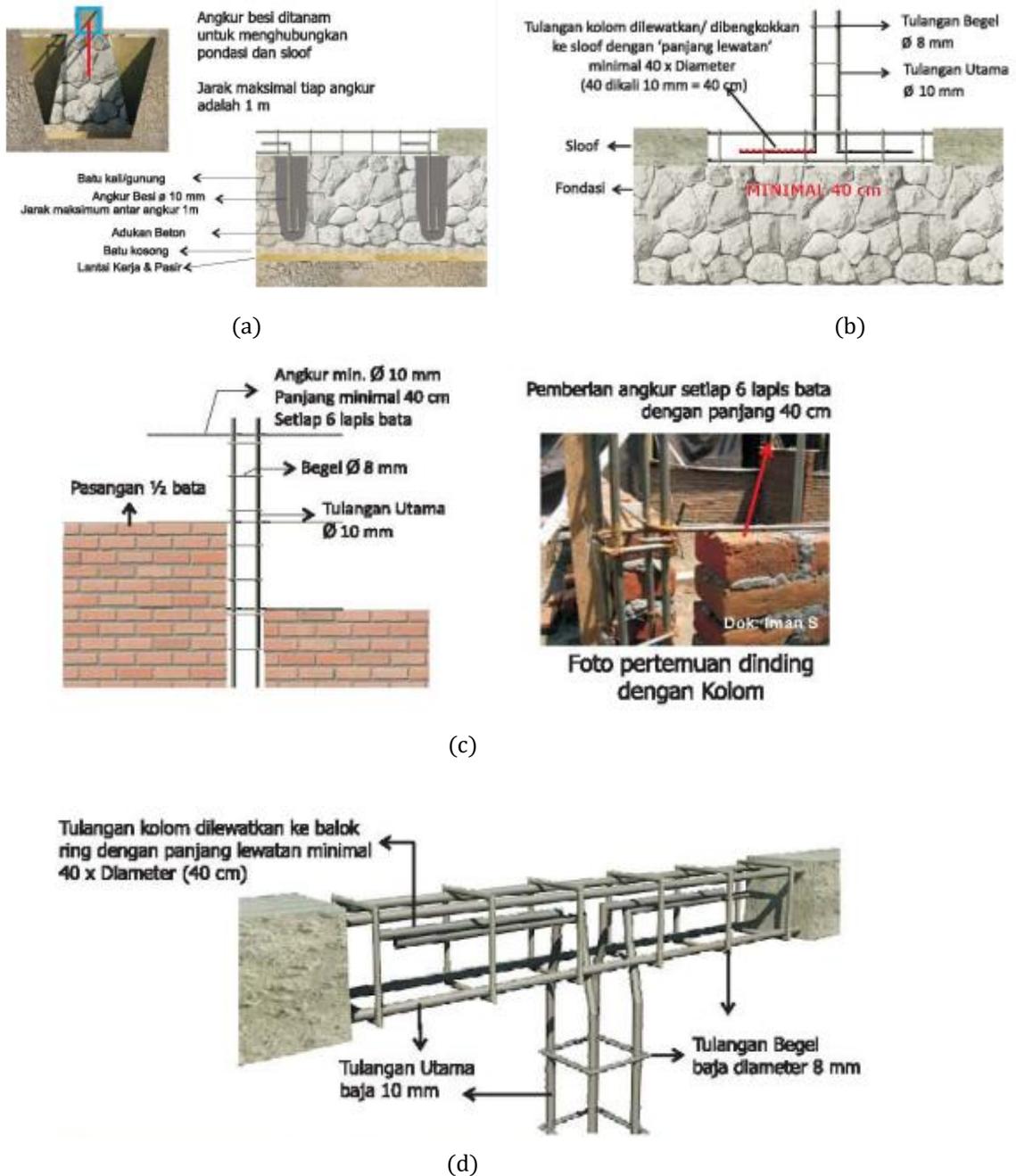
Sambungan merupakan penghubung antara elemen struktur satu dengan yang lainnya. Jenis-jenis sambungan yang ada pada bangunan rumah tinggal ada pada Gambar 8.

3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini bersifat kuantitatif dengan melakukan perencanaan dari awal terhadap bangunan rumah tahan gempa. Desain rumah tipe 45 pada tulisan ini mengacu pada buku saku persyaratan pokok rumah yang lebih aman gempa yang dikeluarkan oleh Japan International Cooperation Agency dan Kementerian PU tahun 2009. Buku saku ini dipilih sebagai pedoman dikarenakan penjelasan pada buku mudah dimengerti serta dilengkapi penjelasan berupa gambar-gambar yang mudah dipahami.

Penelitian ini diawali dengan studi pustaka terkait bangunan rumah tahan gempa. Tahap selanjutnya adalah pembuatan gambar rencana awal rumah yang menghasilkan gambar denah, tampak dan potongan rumah tipe 45. Setelah gambar rencana awal rumah selesai, dilanjutkan dengan analisa struktur dengan hasil keluaran berupa nilai maksimal gaya dalam yang bekerja pada bangunan rumah tinggal tersebut. Setelah gaya-gaya dalam diketahui, dilanjutkan dengan melakukan desain pada

komponen utama struktur bangunan rumah tinggal tersebut. Hasil akhir dari penelitian ini adalah gambar *Detail Engineering Design* (DED) bangunan rumah tipe 45 yang dirancang tahap terhadap gempa.



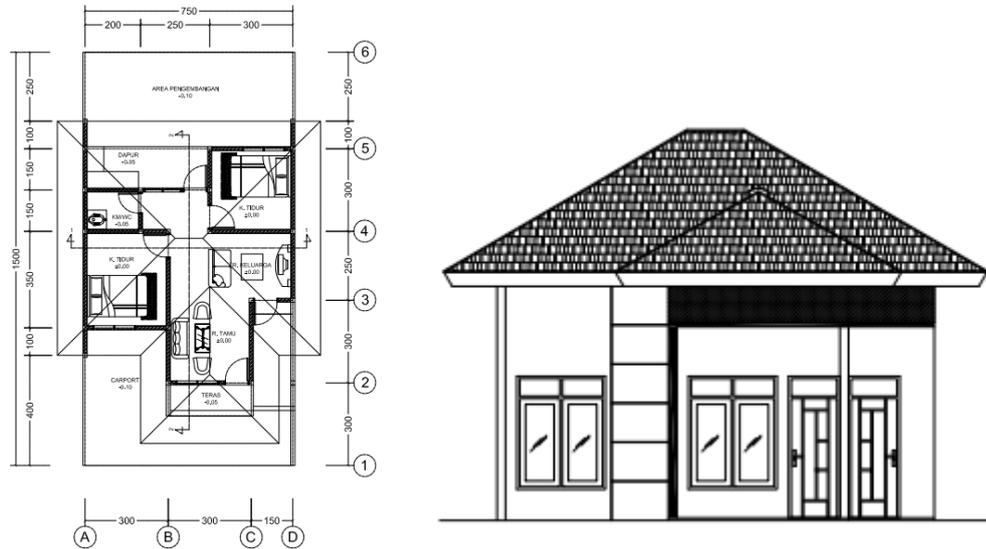
Gambar 8. a) sambungan dari pondasi ke elemen atas, b) sambungan dari kolom ke balok pengikat, c) sambungan dari kolom ke dinding, d) sambungan dari kolom ke ring balok ((Sumber: Boen, 2009) [13])

4. Hasil dan Pembahasan

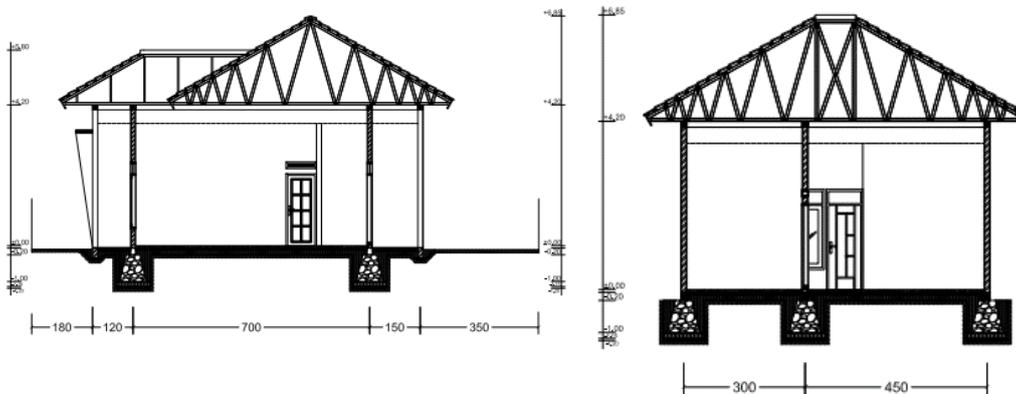
Rumah ini didesain tipe 45 berada di Kota Padang Kecamatan Nanggalo, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat. Bangunan rumah terdiri dari satu lantai dan lokasi rumah berada pada jenis tanah keras. Perhitungan gaya-gaya dalam elemen struktur dan daya dukung pondasi dihitung terpisah dan tidak dibuatkan dalam artikel ini.

4.1 Denah, Tampak dan Potongan Rumah

Sebelum melakukan perencanaan struktur bangunan rumah, ditetapkan terlebih dahulu gambar awal berupa gambar denah, tampak dan potongan dari rumah yang akan dibangun. Rencana denah, dan tampak bangunan rumah tahan gempa ada pada Gambar 6, sementara rencana potongan rumah ada pada Gambar 7



Gambar 6. Denah dan Tampak Bangunan Rumah Tahan Gempa

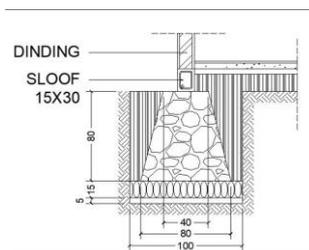


Gambar 7. Potongan memanjang dan Potongan Melintang Rumah Type 45

4.2 Detail Struktur Bangunan Rumah Type 45

1. Pondasi

Jenis pondasi yang digunakan untuk bangunan rumah ini adalah pondasi batu kali dengan dimensi bawah selebar 80 cm, bagian atas selebar 40 cm dan tinggi pondasi diluar aanstampang adalah 80 cm. Lebih detailnya spesifikasi teknis pondasi batu kali ini ada pada Gambar 8.



Gambar 8. Spesifikasi teknis penampang pondasi

Metode Terzhagi digunakan dalam perhitungan daya dukung ultimit (q_u) pada pondasi, perhitungan dilakukan dengan dimensi pondasi seperti pada Gambar 8. Selain dimensi, daya dukung ini juga dipengaruhi oleh jenis tanah, sudut geser tanah, tegangan efektif tanah dan bentuk pondasi. Parameter lain perhitungan daya dukung ini diambil dengan mengasumsikan nilai sudut geser tanah sebesar 35° . Dari beberapa parameter tersebut didapatkan nilai daya dukung ultimit pondasi sebesar 78.96 t/m^2 . Sehingga beban batas ultimit (Q_u) yang dapat dipikul pondasi dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_u = B \times H \times q_u \dots \dots \dots (1)$$

$$\begin{aligned} Q_u &= 0.6 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} \times 78.96 \text{ t/m}^2 \\ &= 37.9 \text{ t} \end{aligned}$$

Safety Factor (SF) yang diambil untuk pondasi adalah sebesar 3, sehingga beban izin yang dapat dipikul pondasi adalah

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF} \dots \dots \dots (2)$$

$$Q_a = \frac{37.9 \text{ Ton}}{3} = 12.63 \text{ Ton}$$

Beban maksimal axial (P) yang bekerja pada pondasi dirangkum pada Tabel 1

Tabel 1. Beban maksimal yang bekerja pada pondasi

	F1 (KN)	F2 (KN)	F3 (KN)	M1 (KN-m)	M2 (KN-m)	M3 (KN-m)
Maksimal	0.69	0.90	65.46	14.38	23.77	0.013
Minimal	0.69	0.90	-60.94	-14.38	-23.77	-0.013

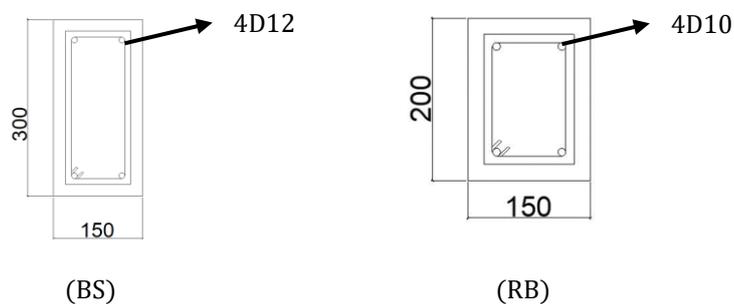
$$P_{maks} = 65.46 \text{ KN} = 6.61 \text{ Ton}$$

$$Q_a = 12.63 \text{ Ton}$$

Dapat disimpulkan bahwa nilai $Q_a > P_{maks}$, sehingga pondasi dapat digunakan pada bangunan rumah tipe 45 ini.

2. Balok

Terdapat dua tipe balok yang digunakan pada bangunan rumah tinggal ini yang pertama Balok Sloof (BS) di elevasi +0.00 dan yang kedua Ring Balok (RB) pada elevasi +4.00. Detail penampang balok yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Detail Balok BS dan RB

Kapasitas Momen Nominal (MN) penampang BS dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$M_n = 0.85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s \cdot f_s' \cdot (d - d') \dots \dots \dots (\text{persamaan 3})$$

Dengan f_c adalah mutu beton, a blok tegangan, b lebar balok, d tinggi efektif balok setelah dikurangi dengan selimut beton dan A_s adalah luas total tulangan yang digunakan pada balok. Sehingga kapasitas momen nominal BS adalah sebagai berikut:

$$Mn = 0.85 \times 20750 \text{ KN/m} \times 0.036\text{m} \times (0.15 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}) + 0.000236 \text{ m}^2 \times 241914 \text{ KN.m} \times 0.25 \text{ m}$$

$$= 38.47 \text{ Kn.m}$$

Momen Ulitimit (Mu) penampang BS

$$Mu = 0.8 Mn$$

$$= 0.8 \times 38.47 \text{ KN.m} = 30.78 \text{ KN.m}$$

Nilai gaya- gaya dalam untuk BS dapat dilihat Tabel 2

Tabel 2. Nilai momen yang bekerja pada penampang BS

	P (KN)	V2 (KN)	V3 (KN)	T (KN-m)	M2 (KN-m)	M3 (KN-m)
Max	0	31.69	0	0	0	11.44
Min	0	-31.69	0	0	0	-23.77

Dengan membandingkan nilai Mn dan nilai momen maksimal di Tabel 2 dapat disimpulkan kapasitas Mn= 38.47 Kn.m sedangkan momen maksimal yang bekerja pada balok adalah 23.77 KN.m. Dapat disimpulkan bahwan nilai **Mn > Momen maksimal**, sehingga penampang dapat digunakan.

Kapasita Mn untuk RB dapat dihitung sebagai berikut:

$$Mn = 0.85 \times 20750 \text{ KN/m} \times 0.019\text{m} \times (0.15\text{m} \times 0.17\text{m}) + 0.00060 \text{ m}^2 \times 62870\text{KN.m} \times 0,16 \text{ m}$$

$$= 14.63 \text{ KN.m}$$

Kapasitas Momen Ulitimit (Mu) penampang RB

$$Mu = 0.8 Mn$$

$$= 0.8 \times 14.63 \text{ KN.m} = 11.70 \text{ KN.m}$$

Sementara untuk momen yang bekerja pada penampang RB dapat dilihat di Tabel 3

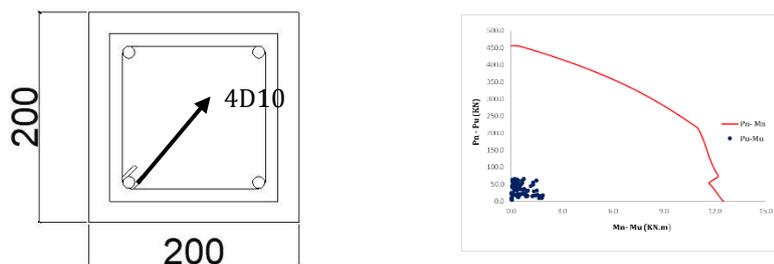
Tabel 3. Nilai momen yang bekerja pada penampang RB

	P (KN)	V2 (KN)	V3 (KN)	T (KN-m)	M2 (KN-m)	M3 (KN-m)
Max	0.1	13.10	0.002	0.367	0.0018	3.086
Min	-0.18	-9.941	-0.001	-0.390	-0.0012	-6.200

Bandingkan nilai kapasitas Mu dengan nilai Momen Maksimal yang bekerja pada penampang. Jika nilai Mu lebih besar daripada nilai momen maksimal yang bekerja, maka penampang dapat digunakan. Dari hasil analisis nilai Mu= 11.70 KN.m sedangkan nilai momen maksimal= 6.2 KN.m, jadi pada penampang RB nilai kapasitas Mu > momen maksimal, penampang Oke dan dapat digunakan.

3. Kolom

Dimensi kolom yang digunakan pada bangunan rumah ini sebesar 200x200 mm dengan tulangan utama 4D10. Perencanaan dilakukan dengan metode diagram interaksi kolom dengan perbandingan antara daya dukung kolom dengan beban yang bekerja, didapatkan diagram interaksi kolom seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Dimensi dan diagram interaksi kolom 200x200 mm

Dari diagram interaksi kolom pada Gambar 10, dapat dilihat gaya- gaya yang bekerja pada kolom berada dibawah grafik Pn- Mn. Ini menandakan penampang kolom pada bangunan rumah ini mampu memikul gaya- gaya yang bekerja, sehingga dapat digunakan.

5. Kesimpulan dan Saran

Dari analisis yang dilakukan dapat disimpulkan elemen struktur pada bangunan rumah tipe 45 yang digunakan telah memenuhi persyaratan bangunan tahan gempa. Bangunan rumah tipe 45 ini menggunakan pondasi batu kali dengan dimensi lebar bawah 80 cm, lebar atas 40 cm, aanstampang 100 cm dan ketinggian pondasi diluar aanstampang 80 cm. Balok Sloof (BS) menggunakan penampang 15 cm x 30 cm dengan mutu beton K250 dan tulangan utama BS 4D12, dan untuk Ring Balok (RB) ukuran 15 cm x 20 cm dengan mutu beton K250 dan tulang 4D10. Sementara kolom memiliki penampang 20 cm x 20 cm, mutu beton K250 dan tulangan 4D10. Desain bangunan rumah tahan gempa memiliki peranan yang penting dalam meningkatkan ketahanan struktur terhadap resiko kerusakan akibat gempa bumi, khususnya untuk bangunan rumah tinggal yang ada di Provinsi Sumatera Barat. Akan lebih baik jika pembangunan rumah juga diawali dengan perencanaan terlebih dahulu.

Daftar Rujukan

- [1] M. Silviana, "Konstruksi Rumah Tahan Gempa Pada KPR Komersil (Non Subsidi) Perumahan Daerah Miruk," *Variasi: Majalah Ilmiah Universitas Almuslim*, vol. 13, no. 3, pp. 113-117, Oktober 2021.
- [2] D. I. Prihantony, A. Afrizal, R. A. Hadiguna and T. Ophiyandri, "Standar Bangunan Tahan Gempa Dalam Detailing Engineering Design di Sumatera Barat," *Jurnal Rekayasa Ilmiah (JRS-Unand)*, vol. 16, no. 3, pp. 166-177, 2020.
- [3] F. A. Ismail, A. Hakam and T. Ophiyandri, "Earthquake Safe Houses for Tsunami Preparednes in West Sumatera," *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 318-324, 2020.
- [4] A. Masdar, Z. N. Wati, U. Khatab, A. D. Masdar and N. Noviarti, "Asesement of The Multipurpose Building of Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh," *Jurnal of Civil Engineering and Planning (JCEP)*, vol. 4, no. 1, 2023.
- [5] R. Imani, R. Nasmirayanti and A. Yunarta, "Investigasi Kerusakan Bangunan Rumah Warga Akibat Beban Gempa Pasaman Barat," *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan (JARSP)*, vol. 7, no. 1, pp. 40-52, 2024.
- [6] T. Boen, "Earthquake Resistant Design of Non Engineered Buildings in Indonesia," in *EQTAP*, Kamakura, 2001.
- [7] T. Boen and A. Assosiation, *Retrofitting simple buildings damaged by eartquake*, United Nations Center for Regional Development Disaster Management Planning Hyogo Office, 2010.
- [8] N. A. Indrasari, "Analisis Yuridis Wanprestasi Terhadap Pembangunan Rumah Tahan Gempa (Studi Putusan Nomor 27/PDT/ 2021/ PT MTR)," *Jurnal Private Law Fakultas Hukum Universitas Mataram*, vol. 3, no. 1, pp. 122-128, 2023.
- [9] A. S. Arya, T. Boen and Y. Ishiyama, *Guidelines For Earthquake Resistant Non Engineered Construction*, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2014.
- [10] A. D. Ardiansyah, "Kesiapsiagaan Guru SMAN 1 Prambanan Dalam Menghadapi Bencana Gempa Bumi," *Jurnal Pendidikan Geografi*, vol. 22, no. 2, pp. 121-134, 2017.

- [11] M. Nasution, "Analisis Pengaruh Beban Gempa Terhadap Respon Jembatan Cable Stayed," *Jurnal Of Civil Engineering and Planning (JCEP)*, vol. 4, no. 1, pp. 61-71, 2023.
- [12] T. Boen, F. I. Anas, A. Hakam and F. Fauzan, "Membangun/ Memperkuat Bangunan Tembakan (Rumah dan Sekolah) Tahan Gempa dengan Balutan Ferosemen," Pusat Studi Bencana Universitas Andalas, Padang.
- [13] T. Boen, P. Suprobo, S. Sarwidi, K. S. Pribadi, M. I. A, A. Satyarno and A. Saputra, Buku Saku Persyaratan Pokok Rumah Yang Lebih Aman, The Project on Building Administration and Enforcement Capacity Development for Seismic Resilience, JICA, 2009.