

PERBANDINGAN BIAYA PEMBANGUNAN RUMAH SEDERHANA DENGAN RUMAH KONSEP AMAN GEMPA BERDASARKAN ANALISA BENEFIT COST RATIO SKENARIO GEMPA 50 TAHUN

COMPARISON COSTS OF BUILDING CONVENTIONAL HOUSE AND EARTHQUAKE RESISTANT HOUSE CONCEPT BASED ON ANALYSIS BENEFIT COST RATIO OF 50 YEARS EARTHQUAKE SCENARIO

Zulfira Mirani^{1a}, Monika Natalia^{2a*}, Mafriyal^{3a}, Desnila Sari^{4a}, Riska Fauziah Hanum^{5a}

^aPoliteknik Negeri Padang, Jurusan Teknik Sipil, Prodi Manajemen Rekayasa Konstruksi
Kampus Limau Manis Padang 25163, Telp. 0751-72590 Fax. 0751-72576

Email: raninawaf@gmail.com, monikanatalia75@gmail.com, mafriyalmuluk60@gmail.com, desnilasari@gmail.com, riskafauziahhanum20@gmail.com

ABSTRACT

In mitigation to minimize the risk of earthquakes, protection is needed to reduce the impacts. Damage caused by earthquakes can be minimized by planning and building earthquake-resistant houses. To get an earthquake-resistant house, by adding earthquake-strengthening components based “Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa and SNI 1726-2019”. This research aims to design earthquake-resistant houses concept for an earthquake period of 50 years and analyze the benefit-cost ratio by comparing residential houses designed with earthquake-safe features to conventional residential houses. The concept of earthquake-resistant houses is carried out in conventional type 120 residential houses. The research results that the cost for a conventional residence is IDR 387,223,000 and the cost of an earthquake house concept is IDR. 407,593,000, where there is a cost difference of IDR 20,370,000 or 5% (more expensive). Benefit-cost ratio value for conventional residential houses for the 50-year earthquake scenario is 0.64; 0.71; 0.77; 0.82; and 0.87 where the value of BCR <1, then this residential house is not effective in facing a 50-year earthquake scenario. Benefit-cost ratio for earthquake-safe housing was 1.12; 1.34; 1.58; 1.84; and 2.09. The BCR >1 and the value moves up until the 50th year. So with an additional cost of 5% for earthquake-safe features, this house is considered very effective for the 50-year earthquake period scenario.

Keywords: *Benefit cost ratio, Design, Earthquake, House*

I. PENDAHULUAN

Gempa bumi disebabkan oleh tumbukan antar lempeng bumi, patahan aktif akibat aktivitas gunung api, atau runtuhnya batuan [1]. Di Indonesia sering terjadi gempa karena secara geografis Indonesia terletak diantara tiga lempeng besar lapisan bumi yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, lempeng Australia, selain itu Indonesia juga berada pada lingkaran api pasifik atau *ring of fire*. Hal ini menyebabkan frekuensi kejadian gempa bumi di Indonesia baik gempa vulkanik maupun tektonik cukup tinggi [2].

Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi yang sering mengalami gempa bumi, hal ini dikarenakan Sumatera Barat diapit oleh dua pusat gempa yakni patahan pulau sumatera dan zona subduksi laut [3].

Jenis-jenis kerusakan yang terjadi akibat gempa dibagi ke dalam dua kelompok [4] yaitu: a) Kerusakan pada komponen non-struktural

bangunan, yaitu kerusakan yang terjadi pada komponen bangunan yang tidak berfungsi menahan beban seperti kerusakan pada dinding, plafon, pintu dan jendela. b) Kerusakan pada komponen struktural bangunan, yaitu kerusakan yang terjadi pada bagian yang berfungsi menahan beban seperti kerusakan pada kolom, balok, pelat lantai dan pondasi.

Beberapa titik lemah bangunan yang merupakan titik-titik kegagalan bangunan akibat beban gempa, antara lain: *joint* pondasi-kolom, *joint* balok-kolom, dinding pasang dan sistem struktur atap [5].

Untuk meminimalkan kerusakan yang ditimbulkan pasca gempa dapat dilakukan dengan cara memperkuat bangunan rumah tinggal salah satunya dengan menggunakan kawat ayam. Penggunaannya dengan cara membalutkan dinding bangunan tersebut. Selain itu kawat ayam juga bisa digunakan untuk memperkuat kolom praktis, ring

balok, memperbaiki sambungan antara elemen struktur kolom praktis dengan balok ring serta penjangkarandinding ke kolom [6].

Dalam upaya mitigasi meminimalisir resiko gempa, perlu adanya suatu perlindungan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan [7].

Kerusakan yang ditimbulkan gempa dapat diminimalisir dengan merencanakan dan membangun bangunan aman gempa [5]. Sebuah bangunan dikatakan aman gempa, pada saat terjadi gempa, bangunan tersebut masih bisa berdiri selama selang waktu yang diperlukan sehingga orang yang berada di dalam bangunan memiliki cukup waktu untuk keluar dari bangunan tersebut.

Berdasarkan peraturan yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendra Cipta Karya dan Departemen Pekerjaan Umum, 2006 mengenai Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa, taraf keamanan minimum untuk bangunan dan rumah tinggal yang masuk dalam kategori bangunan tahan gempa yaitu [8]: a) Bila terkena gempa bumi lemah, bangunan tersebut tidak mengalami kerusakan sama sekali. b) Bila terkena gempa bumi sedang, bangunan tersebut boleh rusak pada elemen-elemen non-struktural, tetapi tidak boleh rusak pada elemen-elemen struktur. c) Bila terkena gempa bumi yang sangat kuat: bangunan tersebut tidak boleh runtuh baik sebagian maupun seluruhnya; bangunan tersebut tidak boleh mengalami kerusakan yang tidak dapat diperbaiki; bangunan tersebut boleh mengalami kerusakan tetapi kerusakan yang terjadi harus dapat diperbaiki dengan cepat sehingga dapat berfungsi kembali.

Bangunan rumah tinggal aman gempa haruslah memiliki kriteria-kriteria: a) Ekonomis, b) Material atau bahan dasar yang digunakan mudah diperoleh, c) Mudah dikerjakan artinya tidak memerlukan keahlian yang tinggi, d) Tidak merubah gaya hidup masyarakat local [9].

Perkuatan elemen struktur bangunan yang telah dikembangkan antara lain: metode plesteran dinding yang diperkuat dengan kawat ayam, penambahan tulangan pada elemen struktur (balok, kolom, pelat), serta pembuatan jangkar pada setiap 6 lapis bata [5].

Kebanyakan masyarakat beranggapan bahwa desain rumah aman gempa membutuhkan biaya yang mahal. Padahal jika dibandingkan dengan resiko yang ditimbulkan, perbandingan selisih biaya tersebut tidaklah seberapa nilainya. Implikasi dari penambahan biaya ketika membangun rumah aman gempa adalah terjadi pengurangan resiko kerusakan apabila terjadi gempa (resiko dapat diminimalisir).

Salah satu contoh adalah bangunan sekolah di Los Angeles, luas bangunan sekolah tersebut

adalah 50.000 m² dengan biaya \$ 60 per meter persegi. Biaya tersebut dengan perincian yaitu 25% untuk biaya struktur bangunan dan pondasi, 21% untuk biaya pekerjaan sanitasi, 13% untuk biaya pekerjaan listrik, dan 8% untuk biaya upah pekerja. Dari biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan sekolah tersebut, biaya untuk struktur perkuatan tahan gempa adalah sebesar 5% dari biaya struktur bangunan dan 1% dari keseluruhan biaya pembangunan sekolah tersebut [10].

Tidak dapat dipungkiri bahwa rumah tinggal tanpa perkuatan gempa akan mengalami kerusakan yang lebih besar daripada rumah tinggal dengan perkuatan gempa, sehingga biaya perbaikan atas kerusakan juga lebih besar.

Dengan demikian terdapat selisih biaya perbaikan kerusakan antara rumah tinggal tanpa dan dengan perkuatan gempa. Selisih ini adalah nilai manfaat dari biaya pembangunan rumah aman gempa, yang bisa diukur dengan *benefit cost ratio*. *Benefit cost ratio* adalah melakukan evaluasi manajemen, atau mengevaluasi beberapa sumber daya atau program yang memiliki manfaat lebih baik daripada alternative lainnya [10].

Nilai keefektifan terhadap tambahan biaya pada penerapan fitur-fitur struktur tahan gempa pada rumah tinggal menggunakan metode manfaat biaya, akan bergerak naik dari 13,53 apabila terjadi gempa di tahun ke 0 (sesaat setelah rumah tinggal selesai dibangun). Selanjutnya nilai keefektifan biaya pada skenario gempa pada tahun ke-10, ke-20, ke-30, ke-40 dan ke-50 berturut-turut adalah 17,47; 20,87; 27,27; 37,35 dan 52,90. Hal ini mengindikasikan nilai keefektifan penerapan elemen tahan gempa pada rumah tinggal bergerak naik secara eksponensial. Semakin lama rentang kejadian gempanya, maka masyarakat pemilik rumah tahan gempa akan menikmati manfaat yang semakin besar [11].

Analisis ekonomi pada perkuatan rumah guna pengurangan dampak gempa bumi, metode retrofitting pada bangunan rumah tipe 42/70 disertai dengan *benefit cost analysis*, didapatkan bahwa tingkat kerusakan rumah tanpa dilakukan retrofitting yaitu sebesar 64,42 % dengan total kerugian mencapai Rp. 165.471.763,35. Pada saat retrofitting diaplikasikan dengan metode kombinasi penambahan balok dan kolom maka hasil struktur bangunan rumah lebih tahan terhadap gempa dan tidak terjadi kerusakan pada bangunan disertai biaya retrofitting mencapai Rp. 10.551.814,65. Hasil dari analisis cost benefit analysis yang melakukan perbandingan antara biaya perbaikan atau retrofitting menjadi harga yang lebih efisien bila dibandingkan dengan harga

kerusakan yang mencapai Rp 165.471.763,35. [10].

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis *benefit cost ratio* dengan membandingkan antara rumah tinggal yang dirancang dengan fitur-fitur aman gempa dengan rumah konvensional tanpa perkuatan gempa dengan resiko yang akan dihadapi sesuai skenario periode gempa 50 tahunan ≥ 6 skala richter.

Desain rumah aman gempa dilakukan pada rumah tipe 120 untuk komponen struktur bawah, struktur atas, arsitektur dan atap. Desain dilakukan berdasarkan Peraturan Menteri PU No. 05 tahun 2006 tentang Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa, SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung [8] [12].

II. METODOLOGI

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

A. Tahap identifikasi masalah, mengetahui *benefit cost ratio* dengan membandingkan rumah tinggal yang dirancang dengan fitur-fitur aman gempa dengan rumah konvensional tanpa perkuatan gempa dengan skenario periode gempa 50 tahunan ≥ 6 skala richter.

B. Tahap pengumpulan data

Data yang dibutuhkan antara lain:

- Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa.
- SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- Desain atau rancangan rumah tinggal konvensional tipe 120
- Harga Satuan Pekerjaan

C. Tahap pengolahan data

- a. Membuat desain rumah tinggal konvensional tipe 120 meliputi struktur bawah, struktur atas, arsitektur dan atap.
- b. Membuat desain rumah tinggal tipe 120 dengan menambahkan fitur-fitur aman gempa, meliputi struktur bawah, struktur atas, arsitektur dan atap.
- c. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

Diawali dengan perhitungan volume pekerjaan, analisa perhitungan anggaran biaya dimana data yang dibutuhkan adalah daftar satuan upah, daftar satuan bahan, dan daftar satuan alat. Setelah diperoleh analisa harga satuan pekerjaan, didapat rencana anggaran biaya. Perhitungan RAB ini dilakukan untuk 2 jenis rumah (1 untuk

rumah konvensional tanpa perkuatan dan 1 untuk rumah dengan perkuatan gempa).

d. Perbandingan Selisih Biaya Rancangan Rumah Tinggal Tanpa Dan Dengan Pekuatan Gempa.

Dari RAB, data diketahui berapa biaya yang dikeluarkan dalam membangun rumah tinggal aman gempa serta juga dapat diketahui item-item pekerjaan yang membutuhkan tambahan biaya untuk perkuatan gempa. Selanjutnya dapat dihitung persentase penambahan biaya untuk rumah tinggal aman gempa.

e. Menghitung Nilai Ekonomi Rumah Tinggal Tanpa Dan Dengan Perkuatan Gempa.

Sebelum melakukan analisa rasio manfaat biaya atau *benefit cost ratio* langkah yang harus dilakukan adalah menghitung estimasi nilai ekonomi dari setiap jenis rumah tinggal tanpa/dengan perkuatan gempa. Analisa ini juga harus memperhatikan rata-rata laju inflasi di Indonesia dalam kurun waktu 5 tahun terakhir. Rata-rata laju inflasi tersebut digunakan sebagai faktor pengali harga bangunan dalam rentang 10 tahun. Rumus yang digunakan adalah $(1 + \text{rata-rata laju inflasi})^{n-10}$

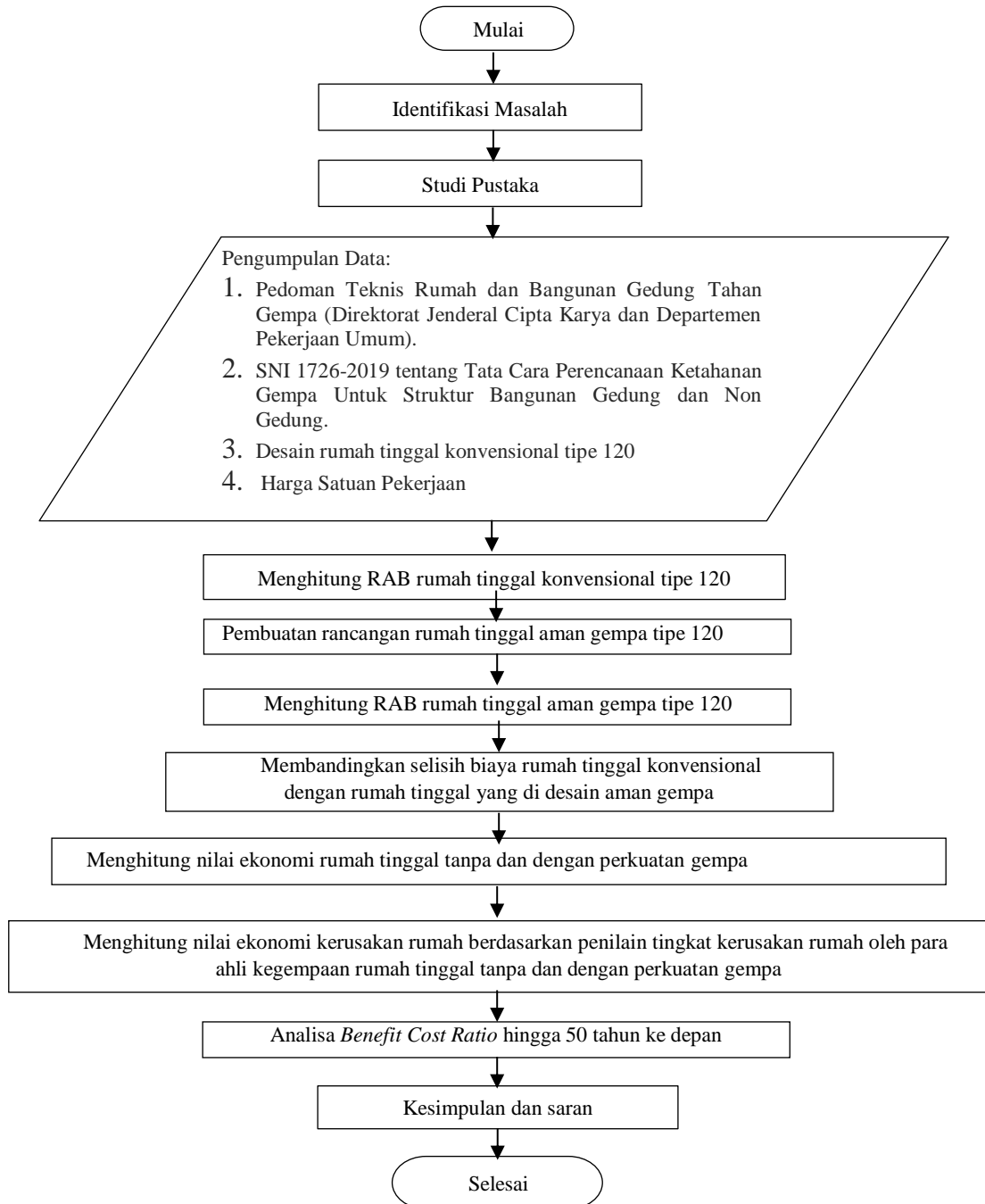
D. Tahap analisis data: analisis *benefit cost ratio*

Rumah tinggal tanpa perkuatan gempa akan mengalami kerusakan yang lebih besar daripada rumah tinggal dengan perkuatan gempa (aman gempa), sehingga biaya perbaikan atas kerusakan juga lebih besar. Dengan demikian terdapat selisih biaya kerusakan antara rumah tinggal tanpa dan dengan perkuatan gempa. Selisih ini adalah manfaat dari biaya pembangunan rumah aman gempa atau *benefit cost ratio* yaitu keefektifan penambahan biaya dengan fitur aman gempa terhadap manfaatnya.

a. Perhitungan nilai ekonomi kerusakan berdasarkan penilaian tingkat kerusakan rumah oleh ahli kegempaan untuk rumah konvensional tanpa perkuatan gempa dan rumah tinggal aman gempa untuk 10 tahun, 20 tahun, 30 tahun, 40 tahun, 50 tahun.

b. Membandingkan penambahan biaya pada pembangunan rumah tinggal aman gempa dengan biaya kerusakan rumah konvensional untuk 10 tahun, 20 tahun, 30 tahun, 40 tahun, 50 tahun.

c. Didapat nilai *benefit cost ratio* rumah tinggal aman gempa dengan rumah tinggal konvensional.

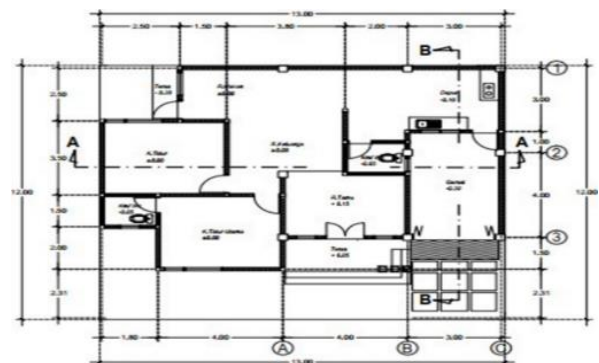


Gambar 1. Tahapan penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Rumah Tinggal Konvensional Tipe 120

Desain rumah tinggal konvensional tipe 120, dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 . Denah rumah tinggal konvensional

Syarat minimum rumah tinggal aman gempa [5]:

1) *Pekerjaan Kolom*

- a. Ukuran kolom minimal 12 × 12 cm.
- b. Tebal selimut beton 2,5 cm
- c. Diameter minimum tulangan utama yang digunakan adalah 12 mm.
- d. Jarak sengkang pada daerah tumpuan lebih rapat dari padasengkang pada daerah tengah bentang (jarak < 15 cm).
- e. Tulangan utama pada kolom dibengkokkan ke arah pondasi dan balok sepanjang 40D guna memenuhi panjang penyaluran untuk bangunan tahan gempa.
- f. Memasang angkur dari kolom ke dinding untuk mencegah agardinding tidak lepas.
- g. Kolom diangkur pada pondasi
- h. Bengkokan sengkang 6D dan diameter tulangan sengkag minimal 8 mm.

2) *Pekerjaan Balok*

- a. Ukuran minimal balok 15 × 20 cm.
- b. Tulangan urama balok minimal 4D10.
- c. Sengkang minimal adalah diameter 8 mm.
- d. Sengkan memiliki kait (*seismic hook*) 6D.
- e. Panjang penyambungan tulangan atau panjang kait tulanganbalok adalah 40D.

3) *Pekerjaan Pasangan Bata*

- a. Pertemuan dinding siku.
- b. Dinding bata diangkur ke kolom setiap jarak ≥ 40 cm.
- c. Bata/batako dipasang selang-seling.
- d. Spasi bata 8 -15 mm.
- e. Kualitas bata yang digunakan sama dan bata harus dibasahisebelum dipasang.
- f. Memasang angkur/penjangkaran antara kusen pintu dan jendeladengan dinding.

4) *Rangka dan Penutup Atap*

- a. Rangka atap atau kuda-kuda atap diikat pada rangka struktur yaitu balok dan kolom.

- b. Sambungan kuat dengan cara diberi baut dan pelat pengikat.
- c. Diameter baut dan jangkar yang digunakan minimal 12 mm.
- d. Atap yang digunkan dari bahan yang ringan.
- e. Material penutup atap yang digunakan berbahan ringan.
- f. Atap dipasang dengan kuat.
- g. Sekrup atau paku digunakan untuk menyambung material atap.

5) *Pondasi*

- a. Dasar pondasi terletak > 50 cm di bawah permukaan tanah sampai mencapai tanah asli yang keras.
- b. Pondasi dibuat menerus keliling bangunan tanpa terputus.
- c. Pondasi perlu dipasang balok pengikat/sloof di sepanjang pondasi.
- d. Sloof dari beton diangker (diameter minimum 12 mm) ke pondasi pada tiap jarak 1,5 m.

Detail rancangan rumah tinggal aman gempa berdasarkan Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (Direktorat Jenderal Cipta Karya dan Departemen Pekerjaan Umum) dan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung [8] [12].

B. Rencana Anggaran Biaya Rumah Konvensional dan Rumah Aman Gempa Tipe 120

Rencana anggaran biaya (RAB) rumah konvensional dengan rumah aman gempa tipe 120 dapat dilihat pada tabel 1, rekapituasinya rencana anggaran biaya rumah konvensional dapat dilihat pada tabel 2, rumah aman gempa ditunjukkan oleh tabel 3.

Tabel 1. Rencana anggaran biaya (RAB) rumah konvensional dan rumah aman gempa tipe 120

No	Uraian pekerjaan	Satuan	Rumah konvensional			Rumah aman gempa		
			Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Pekerjaan struktur bawah							
	1.1. Pondasi							
	1.1.1. Type 1 (Pondasi batu kali)							
	a. Galian Tanah	M ³	4,275	91.438	390.895	4,275	91.438	390.895
	b. Pasangan lantai kerja	M ³	0,225	796.798	179.279	0,225	796.798	179.279
	c. Aanstampang	M ³	0,900	525.522	472.970	0,900	525.522	472.970
	d. Pasangan batu kali	M ³	1,663	963.909	1.602.499	1,663	963.909	1.602.499
	e. Urugan tanah	M ³	1,505	30.479	45.871	1,505	30.479	45.871
	f. Perkuatan pondasi menerus dengan angkur	kg				5,504	29.984	165.035

1.1.2. Type 2 (Pondasi batu kali)								
a.	Galian Tanah	M ³	3,857	91.438	352.674	3,857	91.438	352.674
b.	Pasangan lantai kerja	M ³	0,203	796.798	161.750	0,203	796.798	161.750
c.	Aanstampang	M ³	0,812	525.522	426.724	0,812	525.522	426.724
d.	Pasangan batu kali	M ³	1,726	963.909	1.663.225	1,726	963.909	1.663.225
e.	Urugan tanah	M ³	1,117	30.479	34.030	1,117	30.479	34.030
f.	Perkuatan pondasi menerus dengan angkur	kg				6,385	29.984	191.441
1.1.3. Type 3 (Pondasi batu kali)								
a.	Galian Tanah	M ³	32,97	91.438	3.015.366	32,977	91.438	3.015.366
b.	Pasangan lantai kerja	M ³	0,041	796.798	32.270	0,041	796.798	32.270
c.	Aanstampang	M ³	6,943	525.522	3.648.492	6,943	525.522	3.648.492
d.	Pasangan batu kali	M ³	12,825	963.909	12.361.676	12,825	963.909	12.361.676
e.	Urugan tanah	M ³	11,610	30.479	353.850	11,610	30.479	353.850
f.	Perkuatan pondasi menerus dengan angkur	kg				42,459	29.984	1.273.081
1.1.4. Type 4 (Pondasi Plat setempat)								
a.	Galian tanah	M ³	6,400	91.438	585.200	6,400	91.438	585.200
b.	Pasangan lantai kerja	M ³	0,200	796.798	159.360	0,200	796.798	159.360
c.	Pembetonan K-250	M ³	2,208	1.013.862	2.238.100	2,208	1.013.862	2.238.100
d.	Pembesian dengan Besi Polos	Kg	162,455	18.732	3.043.156	167,387	18.732	3.135.544
e.	Bekisting	M ²	9,800	131.672	1.290.390	9,800	131.672	1.290.390
1.1.5. Type 5 (Pondasi Plat setempat)								
a.	Galian tanah	M ³	6,400	91.438	585.200	6,400	91.438	585.200
b.	Pasangan lantai kerja	M ³	0,200	796.798	159.360	0,200	796.798	159.360
c.	Pembetonan K-250	M ³	1,859	1.013.862	1.884.769	1,859	1.013.862	1.884.769
d.	Pembesian dengan Besi Polos	Kg	138,031	18.732	2.585.634	141,976	18.732	2.659.545
e.	Bekisting	M ²	6,160	131.672	811.102	6,160	131.672	811.102
1.2. Sloof								
1.2.1. S1								
a.	Urugan tanah	M ³	1,080	30.479	32.918	1,080	30.479	32.918
b.	Pembetonan K-250	M ³	3,600	1.013.862	3.649.903	3,600	1.013.862	3.649.903
c.	Pembesian dengan besi ulir	Kg	241,939	29.984	7.254.281	241,939	29.984	7.254.281
d.	Pembesian dengan besi polos	Kg	195,122	18.732	3.655.096	195,122	18.732	3.655.096
e.	Bekisting	M ²	36,000	171.423	6.171.216	36,000	171.423	6.171.216
1.2.2. S2								
a.	Urugan tanah	M ³	2,270	30.479	69.177	2,270	30.479	69.177
b.	Pembetonan K-250	M ³	1,767	1.013.862	1.791.494	1,767	1.013.862	1.791.494
c.	Pembesian dengan besi polos	Kg	338,916	18.732	6.348.683	338,916	18.732	6.348.683
d.	Bekisting	M ²	22,960	171.423	3.935.864	22,960	171.423	3.935.864
Total Pekerjaan Struktur Bawah					70.992.474	72.788.329		

2 Pekerjaan struktur atas

2.1. Kolom

2.1.1. K1

a. Pembetonan	M ³	3,483	1.013.862	3.531.281	3,483	1.013.862	3.531.281
b. Pembesian dengan besi ulir	Kg	278,941	29.984	8.363.766	346,269	29.984	10.382.518
c. Pembesian dengan besi polos	Kg	192,256	18.732	3.601.396	89,146	18.732	1.669.911
d. Bekisting	M ²	46,440	443.364	20.589.816	46,440	443.364	20.589.816

2.1.2. K2

a. Pembetonan	M ³	0,408	1.013.862	413.656	0,408	1.013.862	413.656
b. Pembesian dengan besi polos	Kg	67,863	18.732	1.271.233	72,977	18.732	1.271.233
c. Bekisting	M ²	8,160	443.364	3.617.849	8,160	443.364	3.617.849

2.1.3. Kolom Praktis

a. Pembetonan	M ³	1,838	1.013.862	1.863.732	1,838	1.013.862	1.863.732
b. Pembesian dengan besi polos	Kg	397,190	18.732	7.440.294	400,258	18.732	7.497.772
c. Bekisting	M ²	49,020	443.364	21.733.694	49,020	443.364	21.733.694

2.2. Balok

2.2.1. Ring balok

a. Pembetonan	M ³	2,544	1.013.862	2.579.265	2,544	1.013.862	2.579.265
b. Pembesian dengan besi polos	Kg	466,596	18.732	8.740.443	540,990	18.732	10.134.018
c. Bekisting	M ²	52,860	171.423	9.061.402	52,860	171.423	9.061.402

2.2.2. Balok

a. Pembetonan	M ³	1,013	1.013.862	1.027.042	1,982	1.013.862	2.009.474
b. Pembesian dengan besi polos	Kg	420,749	18.732	7.881.612	599,781	18.732	11.235.293
c. Bekisting	M ²	23,296	171.423	3.993.462	23,296	171.423	3.993.462

2.3. Pelat

a. Pembetonan	M ³	2,465	1.013.862	2.498.967	2,465	1.013.862	2.498.967
b. Pembesian dengan besi polos	Kg	420,749	18.732	7.881.612	599,781	18.732	11.235.293
c. Bekisting	M ²	23,296	171.423	3.993.462	23,296	171.423	3.993.462

Total Pekerjaan Struktur Atas 46.630.224 54.731.160

3 Pekerjaan Arsitektur

3.1. Dinding

3.1.1. Pasangan dinding bata 1:2	M ²	33,969	326.287	11.083.632	33,969	326.287	11.083.632
3.1.2. Angkur pas dinding bata 1:2 (besi ulir)					87,888	29.984	2.635.238
3.1.3. Pekerjaan dinding bata 1:4	M ²	160,212	314.019	50.309.596	160,212	314.019	50.309.596
3.1.4. Angkur pas dinding bata 1:4 (besi ulir)					181,269	29.984	5.435.178

3.2. Plesteran

3.2.1. Plesteran dinding bata 1:2	M ²	67,938	70.710	4.803.868	67,938	70.710	4.803.868
3.2.2. Plesteran dinding bata 1:4	M ²	320,424	66.046	21.162.717	320,424	66.046	21.162.717

3.3. Pekerjaan Pengecatan

3.3.1. Cat dinding + afwerking	M ²	434,802	26.530	11.535.210	434,802	26.530	11.535.210
--------------------------------	----------------	---------	--------	------------	---------	--------	------------

3.3.2. Cat plafond	M ²	90,563	59.115	5.353.561	91,718	59.115	5.421.839
3.4. Pekerjaan kusen							
3.4.1. Pekerjaan kusen kayu kelas I	M ³	0,618	9.368.447	5.789.700	0,618	9.368.447	5.789.700
3.4.2. Angkur kusen jendela dan pintu	kg				5,433	29.984	162.906
3.5. Pekerjaan pintu dan jendela							
3.5.1. Panel	M ²	15,010	735.291	11.036.712	15,010	735.291	11.036.712
3.5.2. Kaca polos 5 mm	M ²	9,972	157.411	1.569.675	9,972	157.411	1.569.675
3.5.3. Kaca polos 3 mm	M ²	0,724	144.343	104.533	0,724	144.343	104.533
3.5.4. Engsel pintu	Bh	27,000	46.014	1.242.388	27,000	46.014	1.242.388
3.5.5. Engsel jendela	Bh	18,000	46.014	828.259	18,000	46.014	828.259
3.5.6. Grendel	Bh	21,000	41.174	864.662	21,000	41.174	864.662
3.5.7. Hak angin	Bh	18,000	46.014	828.259	18,000	46.014	828.259
3.5.8. Kunci SES 208	Bh	5,000	287.843	1.439.213	5,000	287.843	1.439.213
3.5.9. Pintu aluminium	Ls	2,000	2.000.000	4.000.000	2,000	2.000.000	4.000.000
3.6. Pekerjaan plafond							
3.6.1. Pasangan plafond triplek	M ²	90,563	65.727	5.952.370	91,718	65.727	6.028.284
3.6.2. Pasangan rangka plafond	M ²	69,250	133.274	9.229.221	69,250	133.274	9.229.221
3.6.3. Pasangan lis plafond	M ¹	111,100	20.016	2.223.825	111,100	20.016	2.223.825
3.7. Pekerjaan lantai							
3.7.1. Pasir urug	M ³	8,926	217.151	1.938.301	8,926	217.151	1.938.301
3.7.2. Beton tumbuk	M ³	8,826	796.798	7.032.577	8,826	796.798	7.032.577
3.7.3. Rabat beton	M ³	5,356	796.798	4.267.354	5,356	796.798	4.267.354
3.7.4. Pasangan keramik 40x40	M ²	105,767	272.496	28.820.932	105,767	272.496	28.820.932
3.7.5. Pasangan keramik 25x25	M ²	4,725	264.988	1.252.068	4,725	264.988	1.252.068
				Total Pekerjaan Arsitektur			192.668.632
							201.046.145
4 Pekerjaan atap							
4.1. Pek atap seng gelombang	M ²	108,108	177.917	19.234.224	108,108	177.917	19.234.224
4.2. Pek kuda-kuda kayu kelas II	M ³	3,361	6.692.169	22.495.006	3,361	6.692.169	22.495.006
				Total Pekerjaan Atap			41.729.230
							41.972.611

Tabel 2. Rekapitulasi (RAB) rumah konvensional tipe 120

No	Uraian pekerjaan	Biaya (Rp)
1	Pekerjaan struktur bawah	70.992.474
2	Pekerjaan struktur atas	46.630.224
3	Pekerjaan arsitektur	192.668.632
4	Pekerjaan atap	41.729.230
Biaya Pembangunan rumah		352.020.560
	ppn 10%	35.202.056
Total Biaya Pembangunan rumah		387.222.616
	dibulatkan	387.223.000

Tabel 3. Rekapitulasi (RAB) rumah aman gempa tipe 120

No	Uraian pekerjaan	Biaya (Rp)
1	Pekerjaan struktur bawah	72.788.329
2	Pekerjaan struktur atas	54.731.160
3	Pekerjaan arsitektur	201.046.145
4	Pekerjaan atap	41.972.611
Biaya Pembangunan rumah		370.538.245
		37.053.825
Total Biaya Pembangunan rumah		407.592.070
	dibulatkan	407.592.070

Berdasarkan tabel 2, dapat dilihat bahwa biaya rumah tinggal konvensional unyuk tipe 120 sebesar Rp. 387.222,616,00. Berdasarkan tabel 3, dapat dilihat bahwa biaya rumah tinggal aman gempa tipe 120 sebesar Rp. 407.592.070,00.

C. Selisih Biaya Rancangan Rumah Tinggal Konvensional dengan Rumah Tinggal Aman Gempa Tipe 120

Selisih biaya rancangan rumah tinggal konvensional dengan rumah aman gempa tipe 120, dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Selisih biaya rumah konvensional dengan rumah aman gempa tipe 120

No	Jenis	Biaya (Rp)	Selisih biaya (Rp)
1	Rumah konvensional	387.223.000	20.370.000
2	Rumah aman gempa	407.592.070	(5%)

Berdasarkan tabel 4, didapat selisih biaya rancangan rumah tinggal konvensional dengan rumah aman gempa tipe 120 sebesar Rp. 20.370.000,00, Dimana biaya rumah aman gempa lebih mahal 5% dibandingkan rumah konvensional tanpa perkuatan gempa. Walaupun terdapat penambahan biaya untuk rumah tinggal aman gempa, namun tambahan biaya ini cukup efektif untuk mengurangi kerusakan apabila terjadi gempa.

D. Perhitungan Nilai Ekonomi Rumah Tinggal Konvensional dengan Rumah Tinggal Aman Gempa Tipe 120 untuk 50 tahun

Perhitungan nilai ekonomi rumah tinggal konvensional dapat dilihat pada tabel 5 dan perhitungan ekonomi rumah tinggal aman gempa

Tabel 7. Perhitungan nilai ekonomi kerusakan rumah tinggal konvensional dan rumah tinggal aman gempa tipe 120

Skenario gempa Tahun ke	Rumah konvensional		Rumah aman gempa	
	Harga (Rp)	Nilai ekonomi kerusakan (Rp)	Harga (Rp)	Nilai ekonomi kerusakan (Rp)
0	387.223.000	290.417.250	407.593.000	32.607.440
10	600.759.512	450.569.634	632.362.675	50.589.014
20	776.710.043	582.532.532	817.569.144	65.405.532
30	1.004.192.990	753.144.743	1.057.018.910	84.561.513
40	1.298.301.175	973.725.882	1.366.598.758	109.327.901
50	1.678.547.807	1.258.910.855	1.766.848.396	141.347.872

Dari tabel 7, dapat dilihat biaya kerusakan rumah konvensional terhadap rumah tinggal aman gempa sangat signifikan.

F. Analisa Benefit Cost Ratio

Perhitungan *benefit cost ratio* dilakukan untuk melihat rasio manfaat terhadap biaya, apabila rasio manfaat terhadap biaya > 1 maka pembangunan tersebut layak untuk dilakukan.

untuk 50 tahun ke depan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 5. Perhitungan nilai ekonomi rumah tinggal konvensional tipe 120

Tahun ke	Harga rumah (Rp)	Biaya perawatan (Rp)	Harga total (RP)
0	387.223.000	-	387.223.000
10	500.632.927	100.126.585	600.759.512
20	647.258.369	129.451.674	776.710.043
30	836.827.492	167.365.498	1.004.192.990
40	1.081.917.646	216.383.529	1.298.301.175
50	1.398.789.839	279.757.968	1.678.547.807

Tabel 6. Perhitungan nilai ekonomi rumah tinggal aman gempa tipe 120

Tahun ke	Harga rumah (Rp)	Biaya perawatan (Rp)	Harga total (RP)
0	407.593.000	-	407.593.000
10	526.968.895	105.393.779	632.362.675
20	681.307.620	136.261.524	817.569.144
30	880.849.092	176.169.818	1.057.018.910
40	1.138.832.299	227.766.460	1.366.598.758
50	1.472.373.663	294.474.733	1.766.848.396

E. Perhitungan Nilai Ekonomi Kerusakan Rumah Tinggal Konvensional dengan Rumah Tinggal Aman Gempa Tipe 120

Perhitungan nilai ekonomi kerusakan rumah tinggal konvensional dengan rumah tinggal aman gempa tipe 120 dengan scenario gempa 50 tahun dapat dilihat pada tabel 7.

Nilai manfaat didapatkan dari nilai ekonomi rumah, sedangkan biaya didapatkan dari RAB awal rumah, biaya pemeliharaan, dan nilai ekonomi kerusakan. Berikut *benefit cost ratio* untuk rumah tinggal konvensional dan rumah tinggal aman gempa.

Analisa *benefit cost ratio* rumah tinggal konvensional dapat dilihat pada tabel 8 dan rumah tinggal aman gempa dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 8. Analisa *benefit cost ratio* rumah tinggal konvensional

Skenario gempa tahun ke	Benefit (Rp)	Cost (Rp)	BCR
0	387.223.000	677.640.250	0,57
10	600.759.512	937.919.220	0,64
20	776.710.043	1.099.207.206	0,71
30	1.004.192.990	1.307.733.241	0,77
40	1.298.301.175	1.577.332.411	0,82
50	1.678.547.807	1.925.891.823	0,87

Tabel 9. Analisa *benefit cost ratio* rumah tinggal aman gempa

Skenario gempa tahun ke	Benefit (Rp)	Cost (Rp)	BCR
0	407.593.000	440.200.440	0,93
10	632.362.675	563.575.793	1,12
20	817.569.144	609.260.056	1,34
30	1.057.018.910	668.324.331	1,58
40	1.366.598.758	744.687.360	1,84
50	1.766.848.396	843.415.604	2,09

Berdasarkan tabel 8, perhitungan analisa *benefit cost ratio* pada pembangunan rumah konvensional untuk skenario gempa 50 tahun didapatkan hasil 0,64; 0,71; 0,77;0,82; dan 0,87. Dimana nilai manfaat terhadap biaya < 1, maka dapat disimpulkan bahwa rumah tersebut tidak efektif dalam menghadapi skenario gempa 50 tahun.

Dari tabel 9, analisa *benefit cot ratio* pada pembangunan rumah tinggal aman gempa untuk skenario gempa 50 tahun di dapatkan hasil 1,12; 1,34; 1,58; 1,84; dan 2,09. Dimana nilai BCR > 1, dan nilainya bergerak naik sampai pada tahun ke-50. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan biaya pada penerapan fitur- fitur tahan gempa pada rumah tinggal dinilai efektif.

IV. KESIMPULAN

Rencana anggaran biaya untuk rumah tinggal konvensional tipe 120 sebesar Rp 387.223.000. Dengan penambahan fitur-fitur perkuatan terhadap gempa berdasarkan pedoman teknis rumah dan bangunan gedung tahan gempa dan SNI 1726-2019 didapatkan rencana anggaran biaya rumah tinggal aman gempa tipe 120 sebesar Rp 407.593.000, dimana terdapat selisih biaya sebesar Rp 20.370.000 atau sebesar 5%. Penambahan biaya 5% di awal ini merupakan kompensasi untuk mengurangi biaya kerusakan apabila terjadi gempa.

Nilai manfaat yang didapatkan untuk skenario gempa 50 tahun dinilai sangat efektif dengan nilai *benefit cost ratio* >1. Semakin lama rentang

kejadian gempanya, maka masyarakat pemilik rumah tinggal aman gempa akan menikmati manfaat yang semakin besar, baik dari biaya perawatan dan biaya perbaikan kerusakan akibat gempa yang terjadi selama periode skenario gempa 50 tahun.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada seluruh civitas akademika Program Studi Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. H. Murtianto, "Potensi Kerusakan Gempa Bumi Akibat Pergerakan," *Jurnal Geografi Gea*, p. 7.
- [2]. A. Sabtaji, "Statistik Kejadian Gempa Bumi Tektonik Tiap," *Buletin Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika*, vol.1 NO.7, pp. 31-46, 2020.
- [3]. B. P. d. Pengembangan, "Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017," 7 Mar 2022. [Online]. Available: https://sianipar17.com/content/uploads/2018/12/nsha_2017.pdf. [Accessed 25 Juni 2024].
- [4]. Fauzan, F. A. Ismail, L. M. Putri and V. , "Analisa Kerusakan Struktur Bangunan," *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 6 NO. 2, pp. 31-40, 2010.
- [5]. B. Hadibroto and S. Ronitua, "Perbaikan Dan Perkuatan Bangunan Sederhana Akibat Gempa," *Jurnal Education Building*, vol. 4, Nomor 1, pp. 46-55, 2018.
- [6]. Z. Mirani, M. Natalia, Y. Partawijaya, Mafriyal and Riswandi, "Penerapan Pelapis Dinding Kawat Ayam di Desa Koto Marapak Kabupaten Padang Pariaman," *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 5, pp. 458-465, 2021.
- [7]. Y. P. Prihatmaji, W. B. Pramono and C. A. Nugroho, "Penyuluhan Bangunan Rumah Tahan Gempa Sebagai Optimalisasi Mitigasi Gempa Bumi," *Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan*, vol. 2, pp. 233-239, 2013.
- [8]. D.J.C.Karya. Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa Dilengkapi dengan Metode dan Cara Perbaikan Konstruksi, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 2007.
- [9]. E. Juliafad, "Transfer Pengetahuan Tentang Teknik Perkuatan Rumah Masyarakat," 18 October 2021. [Online]. Available: <http://ptb.sipil.ft.unp.ac.id/>
- [10]. M. F. Aulady, F. T. Nuciferani, D. E. Nurhayati and A. A. Pratama, "Analisis

- Ekonomi Pada Perkuatan Rumah Guna Pengurangan Dampak Gempa Bumi," *Jurnal Kacapuri*, vol. 4, pp. 276-285, 2021.
- [11]. S. Winarno, "Effectiveness To Additional Cost On The Implementation Of Seismic Resistance Features For Residential Houses," *Dinamika Teknik Sipil*, vol. 12, pp. 261-267, 2012.
- [12]. Tata Cara Perancangan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2019.