Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan

Volume 1 No. 3 September 2012 Halaman 159-166

RASIO MANFAAT-BIAYA PADA PENERAPAN ELEMEN-ELEMEN STRUKTUR TAHAN GEMPA UNTUK RUMAH TINGGAL

Setya Winarno, Miftahul Fauziah

Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Email: winarno@uii.ac.id

ABSTRAK

Gempa tahun 2006 di Kabupaten Bantul telah membuktikan bahwa sektor rumah tinggal menderita kerugian terbesar yang mencapai 52,4% dari total kerugian. Hal ini terutama disebabkan karena banyak rumah-rumah tinggal yang tidak menerapkan elemen-elemen struktur tahan gempa. Meskipun penerapan elemen-elemen struktur tahan gempa akan menambah biaya pembangunan rumah, masyarakat perlu diberi pemahaman yang baik tentang besarnya manfaat yang dapat dipetik dari penambahan biaya tersebut. Tujuan paper ini adalah untuk menganalisis keefektifan penambahan biaya pada penerapan elemen-elemen struktur tahan gempa pada rumah tinggal melalui analisis rasio manfaat-biaya. Penelitian ini menggunakan sampel sebuah rumah di Kabupaten Sleman yang berada di zone ancaman gempa dengan PGA di batuan dasar 0,2 g – 0,25 g menurut peta gempa 2010. Rumah tersebut sudah menerapkan elemen-elemen struktur tahan gempa. Nilai manfaat dihitung dengan selisih antara nilai kerusakan antara rumah dengan elemen struktur tahan gempa (rumah eksisting) dan rumah yang sama (diasumsikan) apabila tidak menerapkan elemen struktur tahan gempa. Penilaian kerusakan rumah dilakukan dengan penilaian subyektif dari 4 ahli kegempaan yang terlibat aktif dalam penanganan gempa tahun 2006 di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Skenario gempa yang digunakan adalah skenario gempa dengan PGA 0,225 g sesuai dengan peta gempa 2010. Nilai biaya dihitung dengan biaya elemen struktur tahan gempa yang meliputi sloof, kolom, balok latei, dan balok ring. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai keefektifan biaya (diukur dengan rasio manfaat dan biaya) pada skenario gempa apabila terjadi gempa pada tahun ke_0, ke_10, ke_20, ke_30, ke_40, atau ke_50 berturut-turut adalah 11,61; 13,93; 16,63; 21,24; 29,64, dan 41,98. Nilai rasio ini membentuk kurva dengan persamaan regressi Y = 10,77 x 1,026 x, yang mengindikasikan bahwa nilai keefektifan penerapan elemen tahan gempa pada rumah tinggal bergerak naik secara logaritmis.

Kata kunci: gempa, rumah tinggal, elemen tahan gempa, rasio manfaat-biaya

PENDAHULUAN

Gempa di Provinsi Daerah Istemewa Yogyakarta dan Jawa Tengah pada tanggal 27 Mei 2006 telah menelan korban jiwa sebanyak 5.760 orang tewas dan kerusakan rumah sebanyak 388.757 unit, termasuk 187.474 unit di antaranya roboh. Perkiraan kerusakan dan kerugian secara keseluruhan yang mencapai 29,1 triliun rupiah, dan kerusakan dan kerugian pada sektor rumah tinggal mencapai 52,4% dari keseluruhan kerusakan dan kerugian (Bappenas, 2006). Kerusakan rumah tinggal ini terutama disebabkan oleh rendahnya kualitas konstruksi bangunan rumah tinggal di wilayah yang terkena bencana gempa bumi sehingga rentan terhadap guncangan gempa. Rumah-rumah tersebut mayoritas adalah rumah berstruktur tembokan.

Untuk mencegah kerusakan rumah akibat

gempa maka sudah seharusnya (kondisi ideal) rumah tinggal yang berada di daerah rawan gempa perlu dilengkapi dengan elemen-elemen struktur tahan gempa. Elemen-elemen struktur tahan gempa pada rumah tembokan terutama adalah sloof, kolom, balok latei, dan balok ring yang harus menyatu menjadi satu kesatuan. Selain itu sambungan antara bagian-bagian tersebut harus baik, sehingga kesatuan struktur akan terbentuk. Bila bahan beton, tembok dan tulangan berkualitas dan saling menyatu dengan baik maka akan membentuk struktur yang kuat. Struktur yang kuat sangat diperlukan agar rumah atau bangunan mampu menahan goncangan tanah akibat gempa (Widodo, 2007).

Winarno (2007) telah menekankan bahwa di Indonesia perlu sekali diadakan penelitian-penelitian tentang efektivitas biaya pada penerapan konsep-konsep tahan gempa untuk rumah tinggal. Sangat minimnya pengetahuan masyarakat dan keterbatasan biaya menyebabkan masih banyaknya rumah dibangun apa adanya. Akibatnya jika terjadi gempa secara tiba-tiba rumah sering mengalami kerusakan yang parah dan menyebabkan kerugian yang besar bahkan juga kehilangan nyawa. Untuk itu, di masa mendatang masyarakat hendaknya diberikan wawasan yang luas agar dalam pembangunan rumah hendaknya menerapkan konsep-konsep tahan gempa.

Rumah yang tidak tahan gempa tidak memiliki elemen-elemen struktur tahan gempa, sehingga pemilik rumah yang menerapkan konsep-konsep tahan gempa tidak dapat menghindari adanya penambahan biaya untuk struktur perkuatan. Biaya tersebut dialokasikan terutama untuk penambahan struktur beton bertulang sloof, kolom, balok latei dan balok ring. Implikasi penambahan biaya ketika membangun rumah tahan gempa adalah bahwa akan terjadi pengurangan kerusakan apabila terjadi gempa.

Dari uraian di atas dapat dirangkum sebuah fakta bahwa ada tambahan biaya pada pekerjaan struktur untuk penerapan konsep-konsep tahan gempa pada rumah tinggal. Untuk itu masyarakat perlu diberi informasi tentang keefektifan biaya pada penerapan konsep-konsep tahan gempa yang dapat menumbuhkan rasa percaya diri masyarakat. Paper ini bertujuan untuk menguraikan keefektifan biaya perkuatan pada penerapan elemen-elemen struktur tahan gempa pada rumah tinggal menggunakan analisis rasio manfaat-biaya (*benefit-cost ratio*), sehingga hasil kajian ini dapat dipakai sebagai bahan diseminasi yang rasional untuk masyarakat pada umumnya. Penerapan elemen-elemen struktur tahan gempa dikatakan efektif apabila nilai rasio manfaat-biaya lebih besar dari 1,00.

Rumah Tahan Gempa dan Tambahan Biaya Elemen Strukturnya. Perancangan bangunan tahan gempa (termasuk bangunan rumah) berangkat dari falsafah (Widodo, 2007) yang memenuhi prinsip-prinsip sebagai berikut.

1. Bila terjadi gempa ringan, bangunan tidak mengalami kerusakan.
2. Bila terjadi gempa sedang, bangunan teknik boleh mengalami kerusakan pada elemen non struktur, tetapi tidak boleh rusak pada elemen-elemen strukturnya sedangkan bangunan sederhana boleh mengalami kerusakan temboknya. Kerusakan yang terjadi masih dapat diperbaiki.
3. Bila terjadi gempa besar, bangunan tetap tidak boleh runtuh, sedangkan bangunan sederhana boleh mengalami kerusakan tembok dan perkuatan praktisnya dan tidak boleh roboh.

Secara umum, bangunan yang tahan gempa adalah bangunan yang bersifat daktail (liat), yang berarti adanya kesanggupan bangunan untuk mengalami perubahan bentuk akan tetapi masih dapat menerima beban. Kebalikan dari bangunan daktail adalah bangunan getas. Bangunan yang getas sangat tidak tahan terhadap goncangan gempa.

Sehubungan dengan adanya penerapan elemen-elemen struktur tahan gempa pada rumah tinggal tembokan, maka perlu adanya tambahan biaya secara khusus yang digunakan untuk biaya perkuatan struktur

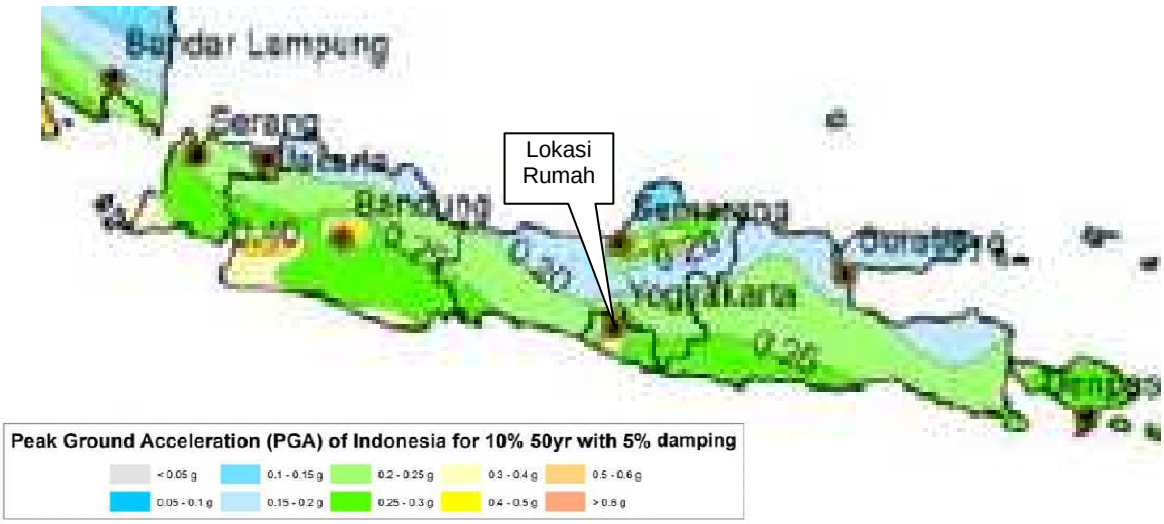
beton bertulang. Biaya tersebut antara lain untuk pembiayaan beton pada sloof, kolom, balok latei, dan balok ring. Salah satu contoh adalah sebuah bangunan sekolah di daerah Los Angeles. Luas bangunan sekolah tersebut adalah 50.000 meter persegi dengan biaya $ 60 per meter persegi. Biaya tersebut dengan 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 (FEMA, 2005).

Rumah tinggal yang tidak tahan gempa mengalami kerusakan yang lebih besar dari pada rumah tahan gempa, sehingga biaya kerusakannya pun juga lebih besar. Dengan demikian terdapat selisih biaya kerusakan antara yang tidak menerapkan elemen tahan gempa dengan yang menerapkannya. Selisih ini adalah manfaat dari penerapan elemen tahan gempa tersebut. Karena penerapan elemen tahan gempa memerlukan biaya, maka perlu diukur keefektifan biaya tersebut terhadap manfaatnya.

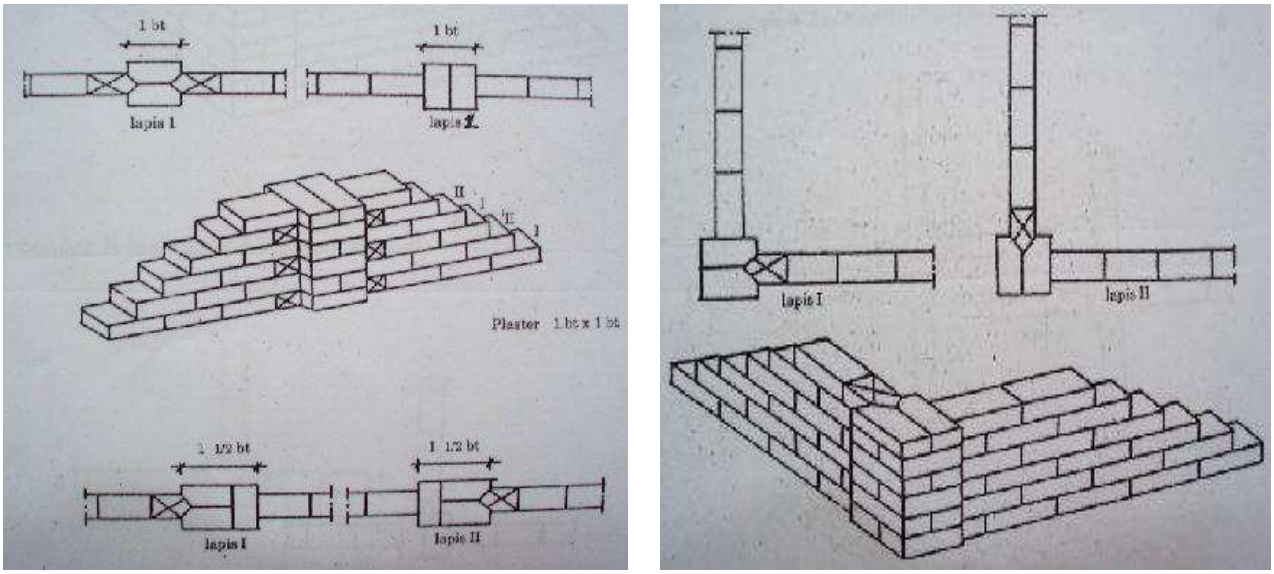
METODE PENELITIAN

Terdapat dua komponen pokok dalam analisis manfaat-biaya, yaitu perhitungan manfaat dan pengukuran biayanya. Perhitungan manfaat diperoleh dari selisih biaya kerusakan rumah tembokan akibat adanya gempa antara rumah tidak diperkuat dengan rumah yang diperkuat struktur tahan gempa. Sedangkan biayanya dihitung dari biaya perkuatan struktur yang meliputi biaya pekerjaan sloof, kolom, balok latei, dan balok ring.

Sebuah rumah 1-lantai tembokan ½ batu bata berbentuk persegi panjang sederhana di Kabupaten Sleman dipilih untuk dijadikan sampel dalam penelitian ini, dengan ukuran 10 m x 9 m (90 m^2). Rumah tersebut terletak di Peta Gempa tahun 2010 (Tim Revisi Peta Gempa, 2010) dengan PGA di batuan dasar 0,2 g – 0,25 g (lihat Gambar 1). Karena rumah tersebut secara nyata sudah menerapkan elemen-elemen struktur tahan gempa, maka penilaian kerusakan rumah tinggal tanpa perkuatan tahan gempa dilakukan dengan melakukan asumsi bahwa rumah tersebut tidak menerapkan struktur tahan gempa tetapi hanya menggunakan kolom pilaster (1 batu bata) di setiap pojok rumah dan tumpuan kuda-kuda (lihat Gambar 2). Dengan demikian, selisih biaya kerusakan antara rumah yang tidak menerapkan konsep tahan gempa dengan yang menerapkan, pada rumah yang sama dapat dihitung dengan mudah.



Gambar 1. Lokasi sampel rumah di Kabupaten Sleman berdasarkan Peta Gempa 2010



Gambar 2. Kolom pilaster yang diasumsikan untuk menggantikan kolom beton bertulang (www.ilmusipil.com)

Tabel 1. Hubungan antara tingkat kerusakan, persentase kerusakan, dan nilai ekonomi kerugian akibat gempa (FEMA, 1999)

No	Tingkat kerusakan	Persentase kerusakan	Nilai ekonomi kerugian terhadap total nilai bangunan
1	Slight	1% ≤ kerusakan ≤15%	2%
2	Moderate	15% < kerusakan ≤ 40%	10%
3	Extensive	40% < kerusakan ≤ 80%	50%
4	Complete	80% < kerusakan ≤ 100%	100%

Metode pengukuran tingkat kerusakan rumah tinggal akibat scenario gempa mengunakan keputusan subyektif dari 4 orang ahli kegempaan dengan pendidikan minimal S2 Teknik Sipil yang terlibat secara aktif dalam penanganan gempa tahun 2006 di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Setiap ahli mendapatkan dokumen struktur bangunan atas rumah tersebut disertai foto-foto pendukungnya. Mereka kemudian menilai persentase tingkat kerusakan rumah eksisting (yang menerapkan konsep tahan gempa) dan rumah asumsi yang tanpa menerapkan konsep tahan gempa dengan scenario gempa pada PGA 0,225 g sesuai lokasi rumah pada Peta Gempa 2010. Rumah yang menerapkan konsep tahan gempa akan mengalami kerusakan yang lebih sedikit dibandingkan dengan yang tanpa menerapkannya. Setelah diketahui nilai persentase kerusakannya dari rata-rata penilaian para ahli, maka nilai ekonomi kerugian dihitung dengan mengikuti Tabel 1.

Perhitungan nilai rumah dilakukan dengan estimasi seusai dengan Pedoman Harga Satuan Rumah untuk per m2 nya di Provinsi DIY. Perhitungan biaya perkuatan betonnya menggunakan metode harga satuan per m^3 beton sesuai dengan harga standar di Provinsi DIY tahun 2010 (Bappeda, 2010). Peningkatan nilai bangunan sesuai dengan skenario apabila terjadi gempa pada tahun ke_0, ke_10, ke_20, ke_30, ke_40 dan ke_50 diasumsikan meningkat sesuai dengan tingkat inflasi. Biaya perawatan adalah sebesar 2% per tahun dari nilai rumah sesuai peraturan Direktorat Jenderal Cipta Karya Departeman Pekerjaan Umum (DPU, 2006). Cakupan usia bangunan yang dikaji sampai dengan 50 tahun dengan mengacu pada peraturan SNI 2002.

Untuk perhitungan rumah tanpa perkuatan, nilai ekonomi rumah adalah nilai ekonomi rumah eksisting dikurangi dengan harga perkuatan beton (sloof, kolom, balok latei, dan balok ring) ditambah dengan harga kolom

pilaster untuk tiap pojok rumah dan titik tumpuan kuda-kuda. Harga perkuatan beton dihitung dengan perkalian antara volume beton dan harga satuan beton per m^2. Harga kolom pilaster dihitung dengan perkalian antara volume kolom pilaster dan harga satuan bata pilaster per m^2.

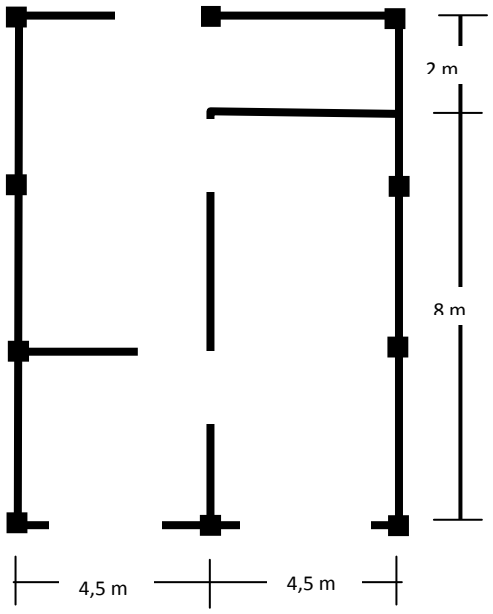
Perlu ditekankan di sini bahwa metode yang dipakai di sini bukan untuk menghasilkan hitungan yang sangat teliti, tetapi penelitian ini lebih menekankan pada demonstrasi metodologi yang sederhana dalam mengukur efektifitas biaya terhadap penerapan elemen-elemen struktur tahan gempa pada rumah tinggal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rumah yang dijadikan sampel ada di Gambar 3a dan hanya bagian struktur bangunan utama saja yang dipertimbangkan (dengan mengabaikan bagian teras depan), yaitu dengan ukuran 9 m x 10 m, sehingga luas rumah sampel (rumah eksisting) adalah 90 m^2. Setiap pojok, titik tumpuan kuda-kuda, dam titik pertemuan tembok terdapat kolom beton bertulang, sedangkan kolom pilaster diasumsikan seperti dalam Gambar 3b.

Estimasi nilai ekonomi rumah adalah Rp. 2,29 juta per m^2 (Bappeda Provinsi DIY, 2010), maka nilai ekonomi rumah tersebut adalah 90 m2 x Rp. 2,29 juta per m2 = Rp. 206,1 juta untuk rumah eksisting yang menerapkan elemen-elemen struktur tahan gempa. Tabel 2 menguraikan bahwa estimasi harga kolom perkuatan beton = Rp 11.32 juta dan kolom pilaster = Rp 3,15 juta. Dengan demikian, estimasi rumah tanpa elemen struktur tahan gempa adalah = Rp 206,1 juta – Rp 11,32 juta + Rp 3,15 juta = Rp. 197.93 juta. Selisih antara kolom beton dan kolom pilaster adalah tambahan biaya untuk penerapan elemen-elemen tahan gempa, yaitu sebesar = Rp 11,32 juta – Rp. 3,15 juta = Rp. 8,17 juta.

Dari data di www.detikfinance.com, diperoleh bahwa rata-rata laju inflasi di Indonesia dalam kurun waktu 2004 sampai dengan 2009 adalah sebesar 6,75% per tahun. Berdasakan nilai inflasi tersebut, maka faktor pengali harga bangunan dalam rantang 10 tahunan secara sederhana adalah sebesar = (1 + 10 x 6,75%) = 1,675. Tabel 3 dan Tabel 4 menyajikan perhitungan nilai ekonomi rumah tahan gempa (eksisting) dan rumah tanpa elemen tahan gempa berturut-turut (dengan memasukkan faktor inflasi dan perawatan bangunan).



(a) (b)

Gambar 3. Foto rumah dan denah rumah utama dengan penempatan kolom pilaster yang dipertimbangkan dalam penelitian

Tabel 2 Perhitungan harga kolom perkuatan beton dan kolom pilaster

Komponen	Panjang (m)	Luas penampang (m2)	Volume (m3)	Volume total (m3)	Harga satuan (*) (Rp juta/m3)	Harga total (Rp juta)
Perkuatan beton						
Kolom beton (13 buah) ukuran 15 cm x 15 cm tinggi 3,5 m	45.5	0.0225	1.0238			
Sloof ukuran 15 cm x 15 cm	55.0	0.0225	1.2375	3.90	2.9	11.32
Balok latei ukuran 15 cm x 15 cm	18.0	0.0225	0.4050			
Balok ring ukuran 15 cm x 15 cm	55.0	0.0225	1.2375			
Kolom pilaster (10 buah) ukuran 30 cm x 30 cm tinggi 3,5 m	35.0	0.0900	3.1500	3.15	1	3.15

(*) Pedoman Harga KPTBI 2010

Tabel 3. Nilai ekonomi total rumah dengan elemen tahan gempa

Tahun ke	Pengali faktor inflasi	Harga rumah (*) (Rp. juta)	Biaya perawatan (Rp. juta)	Harga total (Rp. juta)
(1)	(2)	(3)	(4)=2% x 10 x (3)	(5)=(3) + (4)
0		206.10	0.00	206.10
10	1.675	345.22	69.04	414.26
20	1.675	578.24	115.65	693.89
30	1.675	968.55	193.71	1162.26
40	1.675	1622.32	324.46	1946.79
50	1.675	2717.39	543.48	3260.87

(*) Harga rumah tahun ke n = harga rumah (n-10) x faktor inflasi

Tabel 4. Nilai ekonomi total rumah tanpa elemen tahan gempa

Tahun ke	Pengali faktor inflasi	Harga rumah (*) (Rp. juta)	Biaya perawatan (Rp. juta)	Harga total (Rp. juta)
(1)	(2)	(3)	(4)=2% x 10 x (3)	(5)=(3) + (4)
0		197.93	0.00	197.93
10	1.675	331.53	66.31	397.84
20	1.675	555.32	111.06	666.38
30	1.675	930.16	186.03	1116.19
40	1.675	1558.01	311.60	1869.61
50	1.675	2609.67	521.93	3131.60

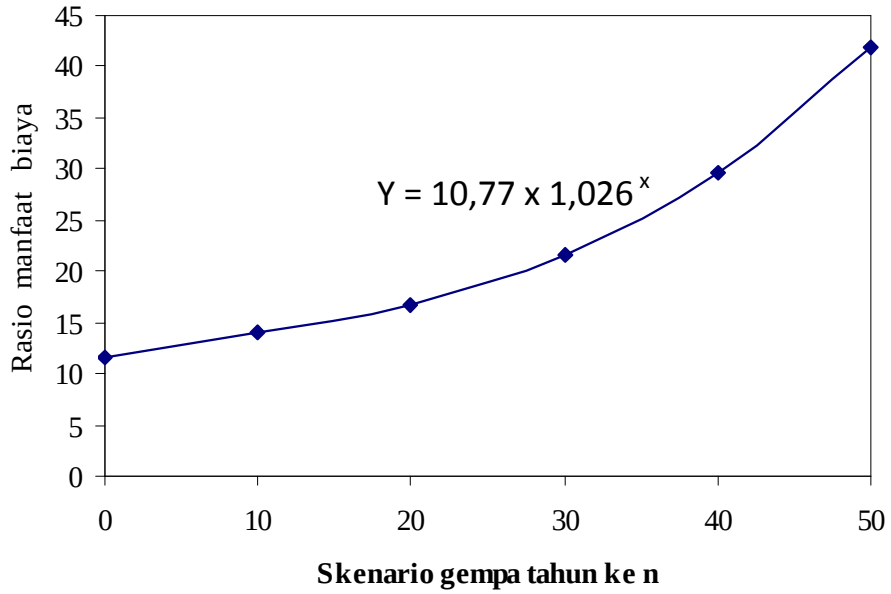
(*) Harga rumah tahun ke n = harga rumah (n-10) x faktor inflasi

Tabel 5. Penilaian tingkat kerusakan rumah oleh para ahli kegempaan

Responden	Tingkat kerusakan rumah dengan penerapan elemen tahan gempa	Tingkat kerusakan rumah tanpa penerapan elemen tahan gempa
Ahli ke 1	8%	70%
Ahli ke 2	12%	75%
Ahli ke 3	15%	72%
Ahli ke 4	10%	80%
Rata-rata	**11%**	**74%**

Tabel 6. Perhitungan rasio manfaat biaya

Skenario gempa th ke	Rumah dengan elemen tahan gempa		Rumah tanpa elemen tahan gempa		Manfaat	Biaya	Rasio manfaat-biaya
	Harga total	Nilai ekonomi kerusakan	Harga total	Nilai ekonomi kerusakan			
(1)	(2)	(3) = 2% x (2)	(4)	(5)= 50% x (4)	(6) = (5) - (3)	(7) = 8.17 x inflasi	(8) = (6) / (7)
0	206.1	4.12	197.9	98.97	94.84	8.17	11.61
10	414.3	8.29	397.8	198.92	190.63	13.68	13.93
20	693.9	13.88	666.4	333.19	319.31	19.20	16.63
30	1162.3	23.25	1116.2	558.09	534.85	24.71	21.64
40	1946.8	38.94	1869.6	934.81	895.87	30.23	29.64
50	3260.9	65.22	3131.6	1565.80	1500.58	35.74	41.98



Gambar 4. Kurva rasio manfaat-biaya terhadap skenario gempa tahun ke n

Hasil penilaian tentang tingkat kerusakan rumah oleh ahli kegempaan dengan mempertimbangkan gambar rumah dan foto-foto pendukung (lihat Tabel 5) menghasilkan bahwa tingkat kerusakan adalah 11% (*slight*) untuk rumah tahan gempa dan 74% (*extensive*) untuk rumah tanpa elemen tahan gempa. Sesuai dengan Tabe1, nilai ekonomi kerugiannya adalah 2% untuk *slight* dan 50% untuk *extensive* berturut-turut terhadap nilai total bangunan. Tabel 6 menyajikan hasil perhitungan manfaat dan biaya pada penerapan elemen-elemen struktur tahan gempa pada rumah tinggal yang dikaji.

Gambar 4 menyajikan kurva rasio manfaat-biaya terhadap skenario gempa apabila terjadi gempa tahun ke 0, ke 10, tahun ke 20, tahun ke 30, tahun ke 40, dan tahun ke 50.

Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa manfaat dari penerapan elemen-elemen struktur tahan gempa pada rumah tinggal adalah sangat lebih besar dari pada biaya tambahan yang diperlukan untuk memperkuat rumah tinggal. Sedemikian rupa sehingga, diseminasi tentang tambahan biaya pembangunan rumah tinggal untuk penerapan elemen tahan gempa harus dibarengi dengan penjelasan yang rasional tentang manfaatnya selama usia ekonomis rumah tinggal tersebut. Opini masyarakat bahwa membangun rumah tahan gempa itu mahal dapat dikikis perlahan-lahan dengan informasi yang rasional tentang manfaat yang dapat dipetik di kemudian hari apabila ada kejadian gempa yang tidak dapat diprediksi sebelumnya.

KESIMPULAN

Penerapan elemen-elemen struktur tahan gempa untuk rumah tinggal tembokan memang membutuhkan biaya tambahan untuk perkuatan pada sloof, kolom, balok latei, dan balok ring. Namun demikian, tambahan biaya ini cukup efektif untuk mengurangi kerusakan apabila terjadi gempa. Nilai keefektifan ini bergerak naik dari 11, 61 apabila terjadi gempa di tahun ke 0 (sesaat setelah rumah tinggal selesai dibangun). Selanjutnya, nilai keefektifan biaya pada skenario gempa apabila terjadi gempa pada tahun ke_10, ke_20, ke_30, ke_40, atau ke_50 berturut-turut adalah 13,93; 16,63; 21,24; 29,64, dan 41,98. Nilai rasio ini membentuk kurva dengan persamaan regressi $Y = 10,77 \times 1,026^{x}$, yang mengindikasikan bahwa nilai keefektifan penerapan elemen tahan gempa pada rumah tinggal bergerak naik secara logaritmis. Semakin lama kejadian gempanya, maka masyarakat pemilik rumah tahan gempa akan menikmati manfaat yang semakin besar. Apabila terjadi gempa di tahun ke 50, maka manfaat yang akan diterima adalah sebesar 41,98 / 11,61 = 3,61 lebih besar dari pada apabila terjadi gempa di tahun ke 0.

REFERENSI

Bappeda. (2010). Pedoman Harga untuk Pengadaan Barang dan Jasa di Provinsi DIY. Bappeda DIY, Yogyakarta.

Bappenas. (2006). Preliminary Damage and Loss Assessment: Yogyakarta and Central Java Natural Disaster. The Consultative Group on Indonesia Jakarta, June 14, 2006.

DPU (2006). Penyelenggaraan Bangunan Gedung Negara. Direktorat Jenderal Cipta Karya, Jakarta.

FEMA/Federal Emergency Management Agency. (1999). Earthquake Loss Estimation Methodology HAZUS 99: Technical Manual. FEMA Publication, Washington DC.

FEMA/Federal Emergency Management Agency. (2005). Seismic Considerations for Communities at Risk, Building Seismic Safety Council, Washington, D.C.

Ilmusipil.com. (2011). Pasangan Batu-bata. http://www.ilmusipil.com, di akses 12 Agustus 2011

KPTBI (2010) Pedoman Harga Bangunan. KPTBI UII, Yogyakarta.

Riggs, J.L. Bedwort, D.D. dan Randhawa, S.U. (1998). Engineering Economics.McGraw-Hill. New York.

Tim Revisi Peta Gempa Indonesia. (2010). Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010. Bandung.

Widodo (2007). Rumah Tahan Gempa (RTG) TUKU KALI (MenyaTU, Kuat, Kaku,Liat). Rumah Produksi Informatika, Yogyakarta.

Winarno, S. (2007). Seismic Risk Management of Non-Engineered Buildings. PhD Thesis, Sheffield Hallam University, unpublished.