

## Studi Kerentanan Bangunan Akibat Gempa : Studi Kasus Perumahan Di Bantul

(Vulnerability Study Of Building Caused By Earthquake : Case Study In Housing Bantul)

ADI SETIABUDI BAWONO

### ABSTRACT

One of earthquake mitigation activities is knowing the probability of damage to buildings and the estimated loss caused by the earthquake on each typical building in an area. Some developed countries have done some actions to predict loss probabilities on buildings due to earthquake. One method used is a method of HAZUS (Hazard United States). Evaluating damage to buildings in a certain area is done with Fragility Curve. In Indonesia, there are not many researches on Fragility Curve. This study is an initial study to develop a Fragility Curve which in turn will be compared with the Fragility Curve of HAZUS version. Thus this research can be a means to compare typical residential buildings in Bantul with the type of building in the United States. This study takes reference from the data of damaged houses caused by Yogyakarta earthquake May 27, 2006. Houses which are analyzed are houses which have the same type of building, which are houses with retrofitted walls. The microzoning map of Bantul used in this study is Pariatmono's (2008). The data collected include the characteristics of houses and the damage. The data on house defects were taken by using media images or interviewing the house owners. The probability of damage was determined by using FAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process). Conclusion obtained from the study is that houses in Bantul tend to be of type W2 if they were compared to all types of HAZUS buildings. However, when they are compared to HAZUS buildings with retrofitted walls, they tend to be of URML type.

**Keywords:** earthquake mitigation, residential building, FAHP, HAZUS

### PENDAHULUAN

Peristiwa 27 Mei 2006 adalah hari yang bersejarah bagi Indonesia, terutama bagi kota Yogyakarta. Pada tanggal tersebut gempa yang amat dahsyat mengguncang Yogyakarta dan sekitarnya. Dampak dari gempa tersebut menyebabkan rusaknya bangunan struktur dan infrastruktur, fasilitas umum, tempat wisata serta tempat usaha masyarakat.

Korban jiwa dan korban harta yang paling banyak disebabkan oleh rusaknya bangunan. Jumlah korban jiwa dan korban harta dapat diminimalkan apabila ada upaya mitigasi yang telah dilakukan. Salah satu kegiatan mitigasi tersebut adalah dengan memprediksi probabilitas kerusakan serta estimasi kerugian yang ditimbulkan akibat gempa pada tiap tipikal bangunan pada suatu daerah. Di negara-negara maju upaya untuk memprediksi

probabilitas kerusakan bangunan akibat gempa sudah banyak dilakukan, yaitu dengan cara mengevaluasi kerusakan bangunan berdasarkan kejadian gempa yang terjadi sebelumnya, sehingga bila suatu saat terjadi gempa, kerusakan bangunan dapat dikurangi dengan cara meningkatkan kapasitas bangunan berdasarkan hasil evaluasi sebelumnya.

Salah satu metode yang digunakan di Amerika untuk mengevaluasi kerusakan bangunan dengan menggunakan *software* HAZUS (*Hazard United States*). NIBS (*The National Institute of Building Sciences*) mengembangkan *software* dengan nama HAZUS untuk asesmen risiko akibat berbagai bencana dengan berbagai kajian didalamnya termasuk fragility curve. *Software* ini dikeluarkan oleh FEMA (*The Federal Emergency Management Agency*) pada tahun 1997 untuk menaksir kerugian akibat gempa bumi di Amerika Serikat. Versi terbaru

dari software ini diluncurkan pada Januari 2005 dengan nama HAZUS MH MR-1 untuk assessmen risiko bencana gempa, termasuk bencana banjir dan topan. HAZUS untuk bencana gempa bumi diluncurkan awal 2003 sebagai bagian dari suatu analisis risiko kebencanaan. Dengan software ini para pemakai dapat memperkirakan kerugian dan kerusakan bangunan dan infrastruktur yang diakibatkan oleh gempa bumi.

Salah satu upaya pengurangan resiko bencana gempa di USA (*United State of America*) adalah dengan cara mengembangkan *fragility curve* pada setiap bangunan yang ada disana, yang juga terdapat dalam HAZUS. *Fragility curve* adalah suatu kurva yang menunjukkan seberapa besar probabilitas kerentanan bangunan bila terkena gempa. (NIBS, 2002). Metode HAZUS membagi *fragility curve* berbeda untuk keempat keadaan tingkat kerusakan dalam tiap bangunan atau dapat dikatakan bahwa tiap bangunan bila terkena gempa pasti mempunyai 4 kategori kerusakan yaitu *slight* (ringan), *moderate* (sedang), *extensive* (berat) maupun *complete* (roboh). Dengan adanya *fragility curve* dapat diketahui seberapa besar tingkat probabilitas pada keempat kategori kerusakan tersebut pada tiap rumah. Dengan diketahui seberapa besar probabilitas kerusakan pada tiap rumah yang diteliti, dapat digunakan dalam upaya untuk mitigasi bencana sebelum terjadi gempa di waktu yang akan datang. Contoh bentuk *fragility curve* seperti pada Gambar 1.

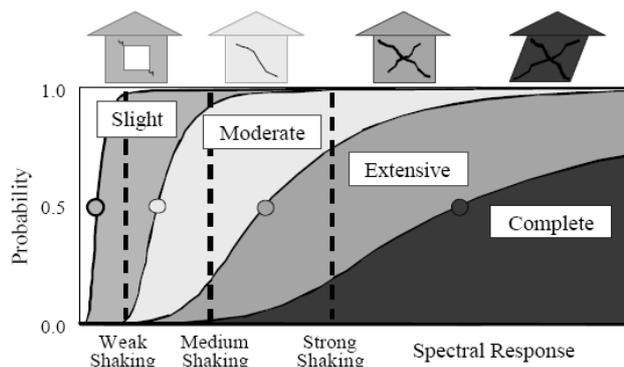
Dari penelitian-penelitian terdahulu bahwa sudah banyak negara memanfaatkan *fragility curve* untuk mitigasi bencana di masa yang akan datang. Penelitian-penelitian itu menggunakan data skenario gempa sekitar wilayah penelitian sebelumnya yang diperoleh dari survey lapangan sesaat setelah bangunan roboh akibat gempa atau dari base data bangunan yang didapat dari hasil pemetaan

bangunan pada satu wilayah tertentu. Dalam penelitian ini akan dilakukan studi kerentanan bangunan perumahan di Bantul akibat gempa. Penelitian ini merupakan suatu kajian awal untuk membuat *fragility curve*. Oleh karena penelitian ini dilakukan beberapa tahun setelah bangunan perumahan sudah selesai dibangun kembali pasca gempa 27 Mei 2006 dan kurangnya dokumentasi (foto/video) kerusakan bangunan yang diperoleh, maka perlu suatu metode dalam menilai probabilitas kerusakan bangunan. Dalam penelitian ini digunakan cara Fuzzy AHP.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil perhitungan probabilitas kerusakan bangunan pada perumahan Bantul, dengan hasil perhitungan probabilitas kerusakan menurut HAZUS. Dengan perbandingan tersebut dapat diketahui mendekati tipe bangunan apakah bangunan di perumahan Bantul bila dibandingkan dengan bangunan HAZUS

Ruang Lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian berada di kawasan Bantul, karena di daerah tersebut merupakan daerah yang paling banyak mengalami kerusakan rumah akibat gempa 27 Mei 2006.
2. Penelitian menggunakan kasus 1 tipe bangunan yang sama yaitu perumahan.
3. Bangunan yang diteliti diasumsikan memiliki komposisi struktur yang sama.
4. Tukang dan metode pengerjaan dianggap sama.
5. Nilai PGA rumah yang diteliti berdasarkan peta mikrozonasi Bantul yang dibuat oleh Pariatmono, (2008).



GAMBAR 1 Fragility curve (NIBS, 2002)

6. Spektrum respon yang digunakan sebagai acuan adalah spektrum respon inelastis berdasarkan penelitian yang dilakukan MAE Center (*Mid-America Earthquake Center*) tahun 2006 dengan nilai daktilitas ( $\mu$ ) = 2.
7. Nilai *seismic design code* adalah *low seismic code design*.
8. Analisis probabilitas kerusakan penelitian menggunakan Fuzzy AHP.
9. Verifikasi hasil dilakukan dengan penelitian di daerah lain tetapi masih dalam lingkup kota Bantul.

#### *Estimasi Kerentanan dan Kerugian Bangunan akibat Gempa*

Boen (2006) dalam laporannya tentang gempa 27 Mei 2006, menyebutkan bahwa terdapat perbedaan intensitas gempa dan lokasi pusat gempa yang terjadi di Yogyakarta. Acuan pusat survei kegempaan yang digunakan adalah USGS (*United State Geological Survey*), NIED (*National Institute for Educational Development*) dan BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika).

Gulati (2006) melakukan penelitian tentang pengurangan risiko kerugian yang disebabkan oleh bencana gempa bumi di kota Dehradun India.

Chang dan Song (2006) bekerjasama dengan MAE (*Mid-America Earthquake Center*) melakukan suatu penelitian estimasi ketidakpastian kerugian yang ditimbulkan akibat bencana gempa terhadap sektor sosial dan ekonomi dalam suatu wilayah, menggunakan pendekatan numerik.

Sarwidi dan Winarno (2006) meneliti tentang kajian perbandingan kerugian bencana gempa 27 Mei 2006 dalam sektor rumah tinggal antara hasil estimasi dan hasil kerugian aktual.

#### *Analisis dengan menggunakan HAZUS dan Fragility Curve*

NIBS (2002) membuat suatu panduan *Earthquake Loss Estimation Methodology* dengan nama HAZUS 99 Service Release 2. Gulati (2006) menggunakan bantuan software HAZUS untuk mengolah data yang diperoleh. Skenario gempa bumi yang diambil adalah Gempa Chamoli di Dehradun (Uttaranchal) tahun 1999.

Chang dan Song (2006) dalam penelitiannya meninjau suatu skenario gempa yang menyebabkan kerusakan bangunan, likuifaksi dan juga tingkat kerusakan bangunan (*damage states*) menggunakan fragility curve.

#### *Analisis dengan menggunakan Fuzzy Analytic Hierarchi Process (FAHP)*

Siswanto dan Yudhanto (1999) melakukan analisa faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan moda ke kampus menggunakan metode Analythic Hierarchi Process (AHP).

Buldan (2001) dalam tesisnya yang berjudul "Pemilihan Lokasi Perumahan Di Daerah Istimewa Yogyakarta" meneliti tentang pemilihan lokasi terbaik dari 5 alternatif lokasi di daerah Yogyakarta, yaitu Gamping, Sleman; Tegalrejo, Yogyakarta; Depok Sleman; Banguntapan, Bantul; dan Sewon, Bantul.

Hsieh, dkk (2004) menyeleksi alternatif-alternatif perencanaan dan pelaksanaan pembangunan kantor-kantor umum menggunakan pendekatan Fuzzy Analytic Hierarchi Process (FAHP).

Setiyoko, Ciptomulyono dan Gunarta (2005) melakukan penelitian tentang pengambilan keputusan pengalokasian fasilitas yang melibatkan banyak faktor secara alami dan tidak menimbulkan konflik.

#### *Model Bangunan Versi HAZUS dan di Yogyakarta*

Dalam penelitian ini akan dibandingkan antara 5 perumahan di Bantul yang diteliti dengan 16 tipe bangunan Amerika versi HAZUS. Ke 16 tipe bangunan tersebut dibedakan seperti pada Tabel 1 berikut ini :

TABEL 1. Model Bangunan HAZUS (NIBS,2002)

No	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
1	W1	Wood, Light Frame ( $\leq 5.000$ sq. Ft)		1 – 2	1	14
2	W2	Wood Commercial and Industrial ( $> 5.000$ sq. Ft)		All	2	24
3	S1L	Steel Moment Frame	Low-Rise	1 – 3	2	24
4	S2L	Steel Braced Frames	Low-Rise	1 – 3	2	24
5	S3	Steel Light Frame		All	1	15
6	S4L	Steel Frame wit Cast-in Place Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 – 3	2	24
7	S5L	Steel Frame With Unreinforced Masonry Walls	Low-Rise	1 – 3	2	24
8	C1L	Concrete Moment Frame	Low-Rise	1 – 3	2	20
9	C2L	Cocncrete Shear Walls	Low-Rise	1 – 3	2	20
10	C3L	Concrete Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 – 3	2	20
11	PC1	Precast Concrete Tile-Up Walls		All	1	15
12	PC2L	Precast Concrete Frames with Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 – 3	2	20
13	RM1L	Reinforced Masonry Bearing Walls with Wood or Metal Deck Diaphragms	Low-Rise	1 – 3	2	20
14	RM2L	Reinforced Masonry Bearing Walls with Precast Concrete Diaphragms	Low-Rise	1 – 3	2	20
15	URML	Unreinforced Masonry Bearing Walls	Low-Rise	1 – 2	1	15
16	MH	Mobile Homes		All	1	10



GAMBAR 2. Rumah di Bantul (BAPPEDA, 2007)



GAMBAR 3. Rumah RM1 dan URML di Amerika (NIBS, 2002)

Hasil dari reconnaissance tim CEEDEDS UII (*Center for Earthquake Engineering, Dynamic Effect, and Disaster Studies Universitas Islam Indonesia*), nampak bahwa rumah-rumah di daerah Bantul ternyata memiliki tipikal yang beraneka ragam, contohnya adalah rumah bambu, rumah gedek, rumah tembokan tanpa perkuatan, rumah tembokan dengan perkuatan, dan sebagainya. Hampir seluruh bangunan di Bantul, terutama peninggalan nenek moyang dibangun hanya menggunakan bangunan yang dibangun tanpa perkuatan struktur, hanya menggunakan perkuatan berupa bata yang ditumpuk. Contoh rumah di Bantul seperti pada Gambar 2.

Rumah-rumah pada perumahan yang diteliti adalah rumah tembokan dengan perkuatan. Tujuan dalam penelitian ini salah satunya adalah untuk mengetahui bila dibandingkan dengan bangunan versi HAZUS rumah-rumah di perumahan tersebut masuk tipe bangunan apa. Contoh rumah versi HAZUS seperti pada Gambar 3.

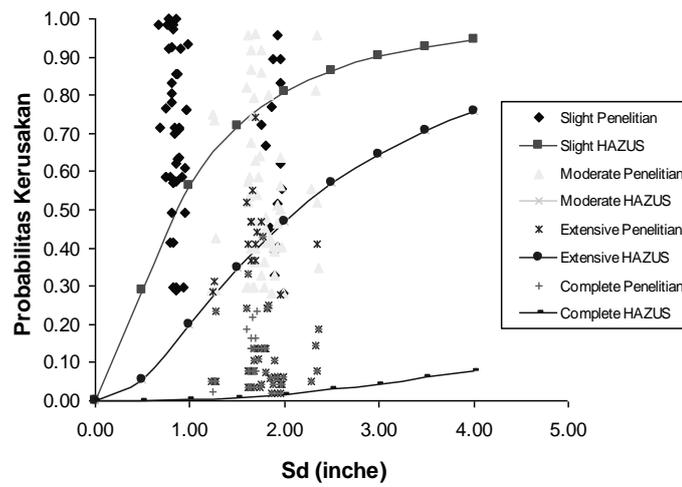
## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). Perbedaan yang paling menonjol antara AHP dan Fuzzy AHP adalah pada saat menghitung matriks perbandingan, AHP memiliki nilai yang tegas (*crisp*), sedangkan Fuzzy AHP memiliki nilai yang samar (*fuzzy*), karena dalam perhitungan matriks perbandingan dimungkinkan ada range (selisih) dalam menentukan angka perbandingan. Sebagai contoh :

Skala Linguistik Sangat Penting (Sap) oleh AHP dinilai dengan angka 7 (*crisp*), tetapi dalam Fuzzy AHP dinilai dengan (5,7,9) (*fuzzy*). Nampak dari contoh tersebut bahwa AHP lebih bersifat tegas, berbeda dengan Fuzzy AHP yang memiliki range, karena dalam pengambilan keputusan ada batas toleransi, dengan nilai kepastian adalah 7.

TABEL 2. Perbandingan probabilitas kerusakan penelitian dengan HAZUS tipe W1, W2, URML, dan MH semua perumahan

Type	Error				AVERAGE
Rumah	Slight	Moderate	Extensive	Complete	
W1	0.2660	0.2439	0.1530	0.0404	0.1758
W2	0.2084	0.1216	0.0752	0.0489	0.1135
MH	0.1956	0.1804	0.1127	0.0404	0.1323
URML	0.2657	0.3114	0.3321	0.1190	0.2570



GAMBAR 4 . Probabilitas kerusakan penelitian dan HAZUS tipe W2 semua perumahan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan perbandingan probabilitas kerusakan penelitian dan HAZUS tipe W1, W2, URML, dan MH, bila ditabelkan seperti pada Tabel 2:

Sesuai Tabel 2 dapat diambil kesimpulan bahwa perumahan yang diteliti mendekati tipe bangunan W2 (*Wood Commercial and Industrial*) HAZUS. Dan bila dibandingkan dengan bangunan tembokan, mendekati tipikal bangunan tembokan tanpa perkuatan URML (*Unreinforced Masonry Bearing Walls*). Perbandingan antara probabilitas kerusakan penelitian dengan tipe bangunan W2 digambar seperti pada Gambar 4.

Pembahasan dari hasil uji penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Nilai spektrum respon inelastis yang digunakan sebagai acuan (Elnashai, 2006) lebih tinggi daripada nilai *capacity curve* bangunan. Sehingga tidak semua bangunan

memiliki nilai *peak spectral displacement* (Sd).

2. Nilai *capacity curve* penelitian dipaksakan sesuai dengan *capacity curve* bangunan di Amerika, karena Indonesia belum memiliki nilai *capacity curve* bangunan.
3. Penelitian nampak mengumpul pada spectral displacement yang sangat pendek, antara 1 – 4 inches.
4. Dalam penelitian ini tidak dapat membentuk grafik *fragility curve*, oleh karena dalam membuat suatu grafik *fragility curve* memerlukan data yang sangat banyak. Data-data yang diperlukan untuk membuat *fragility curve* tidak hanya dalam satu kawasan kabupaten saja, melainkan kemungkinan hingga 1 pulau.
5. Rumah-rumah yang diteliti ada yang berada diatas dan dibawah *fragility curve* HAZUS tetapi cenderung berada diatas *fragility curve*, yang berarti bahwa tipikal bangunan yang diteliti memiliki nilai probabilitas kerusakan untuk tiap kategori

yang cenderung lebih besar dari HAZUS, sehingga dapat diartikan bahwa bangunan di Indonesia lebih jelek daripada bangunan di Amerika.

6. Bila dibandingkan dengan semua tipe bangunan versi HAZUS, perumahan yang diteliti mendekati tipe W2 (*Wood Commercial and Industrial*). Dan bila hanya dibandingkan dengan tipikal bangunan tembokan, bangunan di perumahan-perumahan Bantul mendekati tipe URML (*Unreinforced Masonry Bearing Walls*)

#### KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada perumahan-perumahan di kawasan Bantul dengan model bangunan dan umur bangunan yang sama diperoleh kesimpulan bahwa nilai probabilitas kerusakan pada tiap rumah berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena jarak dari pusat gempa, kondisi geologi tanah, topografi tanah, dan jenis tanah yang terdapat di bawah masing-masing rumah. Nilai probabilitas kerusakan tersebut dibedakan berdasarkan perbedaan kriteria kerusakan pada tiap rumah.
2. Bila dibandingkan dengan bangunan tembokan versi HAZUS, bangunan yang diteliti pada penelitian ini mendekati tipe bangunan HAZUS yaitu tembokan tanpa perkuatan atau URML (*Unreinforced Masonry Bearing Walls*).

#### DAFTAR PUSTAKA

- BAPPEDA DIY (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah), (2007), *Profil Daerah Istimewa Yogyakarta*, BAPPEDA, Yogyakarta.
- Boen, T., (2006), *Yogya Earthquake 27 May 2006, Structural Damage Report*, EERI Report, USA
- Buldan, H., (2001), *Thesis Pemilihan Lokasi Perumahan Di Daerah Istimewa Yogyakarta*, Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- CEEDEDS UII (Center for Earthquake Engineering, Dynamic Effect, and Disaster Studies) Universitas Islam Indonesia, (2006), *Manual Bangunan Rumah Rakyat Tahan Gempa (BARRATAGA) Edisi 04 Revisi 00*, Kerjasama CEEDEDS UII dengan Pemerintah Jepang, Yogyakarta.
- Chang, L., Song, J., (2006), *Systematic Treatment Of Uncertainty In Consequence-Based Risk Management Of Seismic Regional Losses*, A Report of the Mid-America Earthquake Center, Mid-America Earthquake Center 1241 Newmark Civil Engineering Laboratory 205 North Mathews Avenue University of Illinois at Urbana-Champaign Urbana, Illinois 61801
- Elnashai, A. S., Kim, S. J., Yun, G. J., Sidarta, J., (2006), *The Yogyakarta Earthquake of May 27, 2006*, Mae Center Report No.07-02, Mid-America Earthquake Center.
- Gulati .B, (2006), *Earthquake Risk Assessment of Buildings: Applicability of HAZUS in Dehradun, India*, International Institute For Geo-Information Science And Earth Observation Enschede, The Netherlands.
- Hsieh, TY., Lu, ST., Tzeng, GH., (2004), *Fuzzy MCDM Approach for Planning and Design Tenders Selection in Public Office Buildings*, International Journal of Project Management 22 (2004) 573-584: 573-583, ELSEVIER Ltd and IPMA
- NIBS, 2002. HAZUS (Hazard US), (1999): *Earthquake Loss Estimation, National Institute of Building Sciences*, Washington DC.
- Pariatmono, (2008), *Science and Technology Role in Earthquake Mitigation*, Workshop on Housing Construction on the High-Risk Earthquake Zone, Jakarta, March 18, 2008
- Sarwidi, Winarno S., (2006), *Laporan Penelitian. Kajian Perbandingan Kerugian Bencana Gempa 27 Mei 2006 Pada Sektor Rumah Tinggal Di Kota Yogyakarta Antara Kerugian Hasil Estimasi Dan Kerugian Aktual*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Setiyoko, AS., Ciptomulyono, U., Gunarta,. K, (2005), *Prosiding Seminar Nasional Nasional Manajemen Teknologi I B 16*, Program Studi Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Siswanto, H., Yudhanto, S.A, (1999), *Penggunaan Metode Analytic Hierarchy Process dalam Menganalisa Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan moda ke kampus*, Dimensi Teknik Sipil Volume 1, No. 1 Maret 1999.

---

PENULIS:

Adi Setiabudi Bawono

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta, Jalan Ringroad Utara, Jombor, Sleman, 55285.

Email: adisetiabb@gmail.com