

Identifikasi Faktor Dominan Penyebab Kerentanan Bangunan Di Daerah Rawan Gempa, Provinsi Sumatera Barat

(Identifying of Dominant Factor Cause of Building Vulnerability in The Earthquake Prone Area, West Sumatra Province)

M. HERI ZULFIAR, RIZAL Z. TAMIN, KRISHNA S. PRIBADI, ISWANDI IMRAN

ABSTRACT

West Sumatra is one of the province in Indonesia owning high earthquake risk. Disaster data in last one decade show the existence of occurrence of earthquake generating damage of building in gross. This matter indicate that building in West Sumatra susceptance of earthquake. One of the building susceptance is management of construction which disagree with needed conditions, law and regulation goodness which in rough, and also execution of imprecise development, imprecise build, either from planning facet and scheme, execution and observation, and also from exploiting facet and treatment. It can make infrastructure and building susceptance of disaster. When disaster happened, construction sector product becoming not function, it will generate disaster victim, or generate big loss, because destruction of other infrastructure or building. Research identify dominant factor is building susceptance represent the part of research of dissertation in the effort to less of building susceptance (mitigation) to earthquake, by :1) sekunder data analysis of building effect of earthquake 2) perception of building characteristic and practices build 3) interview to some construction expert and earthquake. Research location in six sub-province / disaster gristle town that is; Padang city, Padang Panjang city, sub province of South Pesisir, sub province of Tanah Datar, sub province of Pariaman and west Pasaman. Research Object at building with floor lower and confined of unconfined masonry. To know potency cause of susceptance by triangulation and sintesis among the data, fact and opinion of expert. Result of research indicate that there are 23,6 % building residing in less condition or did not maintained. To be evaluated from building form, there are 11,1% less up to standard building hold up earthquake that is having regularity of vertical form and horizontal. Pursuant to characteristic usage of brick wall with building structure there are 40,8 % having structure system susceptance of earthquake that is using inappropriate practical log and column.

Keywords: building susceptance, earthquake, unconfined masonry

PENDAHULUAN

Menurut Coburn dan Spence (1992), kerentanan didefinisikan "*as the degree of loss to a given element at risk resulting from a given level of hazard*". Kerentanan bangunan merupakan fungsi kinerja struktur bangunan dalam merespon gempa, yaitu semakin tinggi level kegempaan, maka semakin berat kinerja struktur untuk mengurangi dampak kerusakannya. Standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung (SNI 03-1726-2002), mensyaratkan kriteria kinerja struktur terhadap gempa:

- a. Akibat gempa ringan, struktur bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada elemen strukturnya maupun pada elemen non struktural.
- b. Akibat gempa sedang, elemen struktural bangunan tidak boleh rusak tetapi elemen non strukturnya boleh mengalami kerusakan ringan, namun struktur bangunan masih dapat dipergunakan.
- c. Akibat gempa besar, baik elemen struktural maupun elemen nonstruktural akan mengalami kerusakan, tetapi struktur bangunan tidak boleh runtuh.

Untuk dapat memenuhi kriteria kinerja yang disyaratkan oleh SNI tersebut di atas, harus mengikuti prinsip-prinsip dasar dalam perencanaan, perancangan, dan pelaksanaan struktur bangunan bertulang tahan gempa (Imran, 2010). Adapun prinsip-prinsip dasar tersebut adalah:

1. Prinsip Struktur:
 - a. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan tingkat kerawanan daerah tempat struktur bangunan tersebut berada.
 - b. Aspek kontinuitas dan integrasi struktur bangunan perlu diperhatikan. Dalam pendetailan penulangan dan sambungan-sambungan, unsur struktur bangunan harus terikat secara efektif menjadi satu kesatuan untuk meningkatkan integritas struktur secara menyeluruh
 - c. Konsistensi sistem struktur yang diasumsikan dalam disain dengan sistem struktur yang dilaksanakan harus terjaga
 - d. Material beton dan baja tulangan yang digunakan harus memenuhi persyaratan material konstruksi untuk struktur bangunan tahan gempa
 - e. Unsur-unsur arsitektural yang memiliki masa yang besar harus terikat dengan kuat pada sistem portal utama dan harus

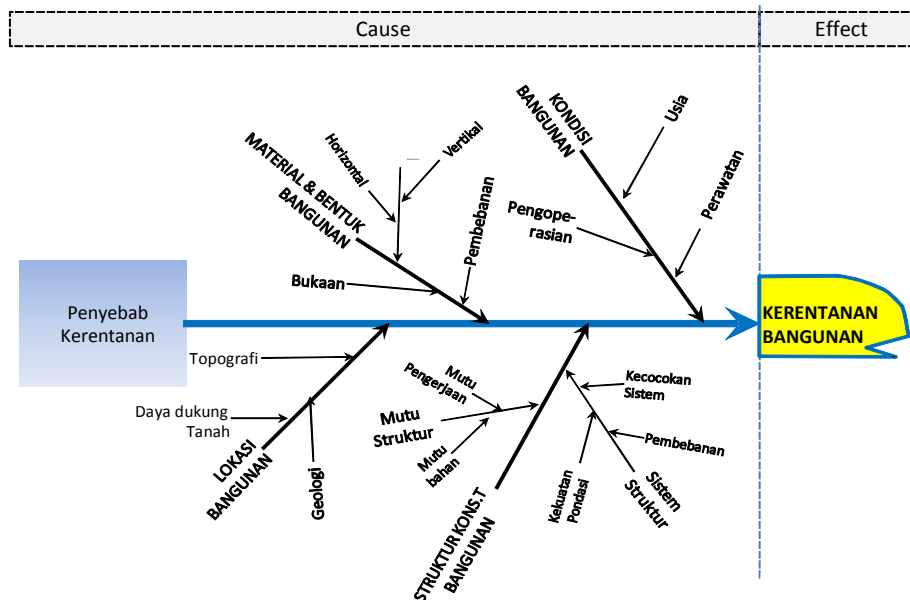
diperhitungkan pengaruhnya terhadap sistem struktur

- f. Metode pelaksanaan, sistem *quality control* dan *quality assurance* dalam tahapan konstruksi harus dilaksanakan dengan baik dan harus sesuai dengan kaidah yang berlaku
2. Prinsip Arsitektur
 - a. Bentuk denah bangunan yang terbaik untuk menahan gempa adalah bentuk yang sederhana, simetris, dan tidak terlalu panjang.
 - b. Masa bangunan sebaiknya dibuat seringan mungkin, untuk menghindari beban inersia yang timbul pada saat terjadi gempa. yaitu menghindari penggunaan unsure-unsur arsitektural memiliki massa yang besar.

Analisis Penyebab Kerentanan

Menemukan sebab-sebab potensial kerentanan bangunan terhadap gempa pada siklus proyek dan dipetakan dengan *fishbone diagram* (diagram tulang ikan).

Gambar 1 menjelaskan, kerentanan bangunan diinterpretasikan sebagai “*effect*” dan sebab utama dari masalah sebagai “*cause*”. Menemukan sebab-sebab potensial dilakukan diskusi mendalam dengan mempertanyakan “*mengapa sebab itu muncul*”. Selanjutnya disepakati sebab-sebab yang paling mungkin.



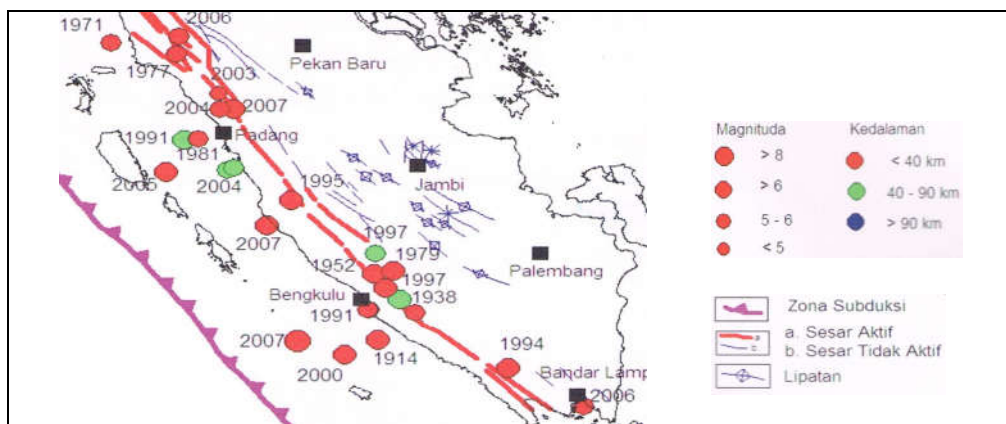
GAMBAR 1. Penyebab kerentanan bangunan (*fishbone diagram*)

Kategori penyebab utama kerentanan (Boen, 2010) dapat dikelompokkan:

1. Lokasi Bangunan
 - d. Topografi: bangunan di atas lahan miring/lereng menyebabkan perbedaan penurunan
 - e. Geologi: bangunan berada di daerah patahan/rawan pergerakan tanah, menimbulkan keretakan dan penurunan tanah
 - f. Daya dukung tanah: bangunan berada di atas jenis lapisan tanah yang daya dukungnya rendah (misalnya tanah mengalami likuifaksi dapat menyebabkan kehilangan kekuatan)
2. Masa dan Bentuk Bangunan
 - a. Pembebanan: penggunaan material terlalu berat, memperberat kinerja struktur
 - b. Keteraturan vertikal dan horizontal: konfigurasi bangunan yang tidak beraturan dan tidak simetris menyebabkan torsi
 - c. Bukaannya: ukuran bukaan cenderung memperlemah struktur
3. Struktur Konstruksi Bangunan
 - a. Sistem Struktur: kecocokan sistem struktur disesuaikan dengan tingkat kerawanan daerah setempat terhadap gempa.
 - 1) Struktur atas : konstruksi dinding pemikul (*unconfined masonry*) tanpa rangka dan konstruksi dinding dengan rangka (*confined masonry*): rangka kayu, kolom balok praktis, struktur rangka beton pengisi dan rangka baja.
 - 2) Struktur bawah: kerusakan bangunan struktur atas akibat kegagalan pondasi atau penurunan pondasi yang tidak merata, hal ini dikarenakan tidak/kurang memadai sloof.
 - b. Prinsip struktur: taraf keamanan bangunan yang direncanakan terhadap gempa.
 - 1) Kekuatan dan kesatuan bangunan (kemampuan struktur untuk menahan goncangan dan bergetar sebagai satu kesatuan).
 - 2) Distribusi kekakuan (kemampuan struktur berdeformasi untuk menahan gaya yang bekerja) arah vertikal dan horizontal harus terdistribusi merata
 - 3) Daktilitas (kemampuan struktur menahan lendutan besar tanpa mengalami keruntuhan) untuk bangunan tingkat banyak.
 - c. Mutu konstruksi: mutu bahan rendah dan pelaksanaan tidak sesuai dapat memperlemah konstruksi bangunan.
4. Kondisi Bangunan
 - a. Pemanfaatan: merubah peruntukan bangunan (pembebanan struktur yang berlebihan tidak sesuai perencanaan awal).
 - b. Perawatan: minimnya perawatan mempertahankan dan memulihkan kinerja bangunan.
 - c. Usia pakai bangunan: berkurangnya kinerja struktur bangunan.

Kejadian Gempa Di Provinsi Sumatera Barat

Berdasarkan data PVMBG, tahun 1822 s/d 2007 terdapat 16 kejadian gempa merusak di Provinsi Sumatera Barat (Gambar 2). Dalam 1 dekade terakhir terjadi enam kali gempa bumi merusak (Tabel 1) dengan total kerusakan 201.831 rumah dan 11.320 fasum mengalami kerusakan berat dan ringan.



GAMBAR 2. Peta pusat gempa bumi merusak dan patahan (Supartoyo dan Surono, 2008)

TABEL 1. Dampak kerusakan akibat gempa di Provinsi Sumatera Barat

TAHUN	Lokasi Terkena Dampak Gempa (Kabupaten/Kota)	Rumah Rusak Berat	Rumah Rusak Ringan	TOTAL (Rumah Rusak)	Fasilitas pendidikan	Fasilitas kesehatan	Sarana Peribadatan	Kantor	Kios
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	1	109	-	109	-	-	-	-	-
2004	3	-	100	100	75	2	-	-	-
2005	2	838	2.168	3.006	59	5	83	17	-
2006	1	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	22	19.040	38.680	57.720	2.367	-	1.775	613	56
2008	2	182	163	345	3	1	2	3	-
2009	18	48.934	91.617	140.551	4.692	401	1.011	155	-
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah	49	69.103	132.728	201.831	7.196	409	2.871	788	56

Sumber : BNPB, 2013

1) Kerusakan Bangunan akibat Gempa Bumi 2007

Pada tanggal 6 Maret 2007, gempa bumi mengguncang provinsi Sumatera Barat tiga kali dengan kekuatan terbesar mencapai 8.4 SR pada pada jam 18.10 WIB berpusat 105 km lepas pantai barat pulau Sumatera. Gempa bumi ini berdampak langsung terhadap 12 Kabupaten/Kota dari 19 Kab/Kota di Provinsi Sumatera Barat yang meliputi: Kab Solok, Tanah Datar, Padang Pariaman, Agam, 50 Kota, Kota Solok, Payakumbuh, Padang Panjang, Bukittinggi, Sawahlunto, Pariaman dan Padang. Berdasarkan Laporan BPPT (Bappenas, 2007), kerusakan terparah pada sektor perumahan terjadi di 5 Kabupaten/Kota yakni secara berurutan Kab. Tanah Datar, Kab. Padang Pariaman, Kab. Agam, Kota Padang Panjang, dan Kab. Solok.



GAMBAR 3. Kerusakan bangunan akibat gempa tahun 2007

Secara umum kerusakan yang dialami kerusakan ringan meliputi retak-retak halus (<0,5 cm) pada plesteran dan dinding bangunan, kerusakan sedang yaitu retak besar (>0,5 cm) menyebar luas dibanyak tempat dan retak (< 10 mm) pada struktur kolom atau balok, dan kerusakan berat sebagian dinding pemikul beban terbelah dan runtuh. Kerusakan tersebut disebabkan karena lokasi tersebut berada di sekitar wilayah sesar, bentuk dan kualitas bangunan tidak memadai dan juga disebabkan oleh bangunan yang sudah tua. Kecamatan Batipuh, Kabupaten Tanah Datar, akibat gempa tak satupun rumah yang berdiri utuh.

2) Kerusakan Bangunan akibat Gempa Bumi 2009

Pada 30 september 2009, pukul 17:16 WIB, terjadi gempa bumi di Sumatera Barat, dengan kekuatan 7.6 skala Richter dengan pusat gempa terletak di 45 kilometer barat laut pantai kota padang Sumatera Barat. Gempa susulan terjadi pada 6,2 Skala Richter pada 22 menit kemudian dan kemudian 6,8 skala richter pada pagi hari selanjutnya. Kerusakan parah terjadi di Kota Padang, terutama pada gedung-gedung tinggi fasilitas umum, pemerintahan, kesehatan, pendidikan dan ekonomi.

Di Kota Pariaman, dan Kab. Padang Pariaman kerusakan rumah penduduk berkisar dari 70 hingga 100 persen, demikian pula terjadi di

beberapa kecamatan di Kab. Agam. Selain itu terjadi bencana ikutan berupa tanah longsor di kecamatan Tandikat, Koto Timur Kab. Pariaman dan juga di separuh tepian Danau Maninjau Kabupaten Agam.

Akibat kejadian gempa tersebut BPPT (Pradono, 2011) telah melakukan penelitian kerusakan enam bangunan gedung akibat gempa bumi tersebut.



GAMBAR 4. Kerusakan bangunan akibat gempa tahun 2009

Berdasarkan penelitian BPPT tersebut dapat disimpulkan:

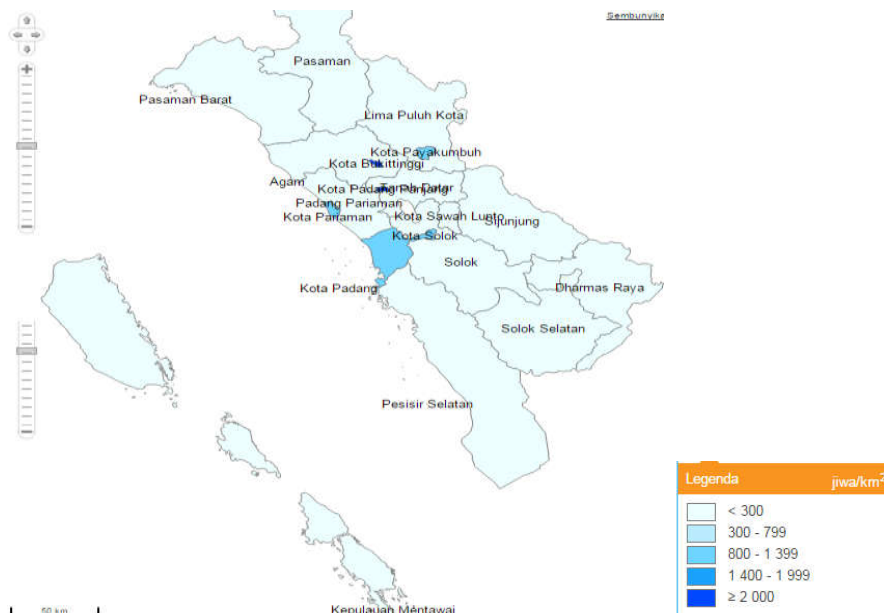
1. Kegagalan konstruksi terjadi akibat *soft story effect* dikarenakan kegagalan lentur dan geser kolom pada lantai 1.
2. Kerusakan konstruksi terjadi pada lantai di atasnya terutama diakibatkan oleh kurangnya kapasitas lentur kolom dalam menahan gaya lateral yang terjadi.

3. Kualitas material konstruksi kurang baik, ditandai rendahnya mutu beton, penggunaan besi polos sebagai tulangan utama, sambungan tulangan pada daerah momen maksimum, ukuran dan jarak besi sengkang tidak memadai, sengkang tidak terikat dengan benar.

Geografis, Demografis dan Pengamatan Karakteristik Bangunan di Provinsi Sumatera Barat

Provinsi Sumatera Barat berlokasi antara $3^{\circ} 50'$ LS dan $1^{\circ} 20'$ LU dan antara $98^{\circ} 10'$ - $102^{\circ} 10'$ BT. Berdasarkan UU No.11 Tahun 2006 tentang Pemerintahan Daerah, pembagian administrasi pemerintahan Sumatera Barat terdiri dari 12 kabupaten dan 7 kota, terbagi 147 kecamatan dengan luas keseluruhan wilayah daratan 42.297,30 km². Berdasarkan sensus penduduk Sumatera Barat (BPS, 2010) terdapat 4.846.909 jiwa (151.057 rumah tangga) dengan 38,74% berdomisili diperkotaan dan 61,26% di pedesaan. Kepadatan tertinggi terjadi di Kota Padang, Kota Pariaman dan Kota Payakumbuh dengan kepadatan antara 800 s/d 1.399 jiwa/km².

Berdasarkan pengamatan awal bangunan gedung (survey, 2014) terhadap 1704 bangunan gedung di 6 kabupaten/kota, tergambaran peruntukan bangunan: 42.3 % bangunan rumah, 52.5% bangunan komersil, dan 5.2 % fasum dengan rincian pada tabel 2.



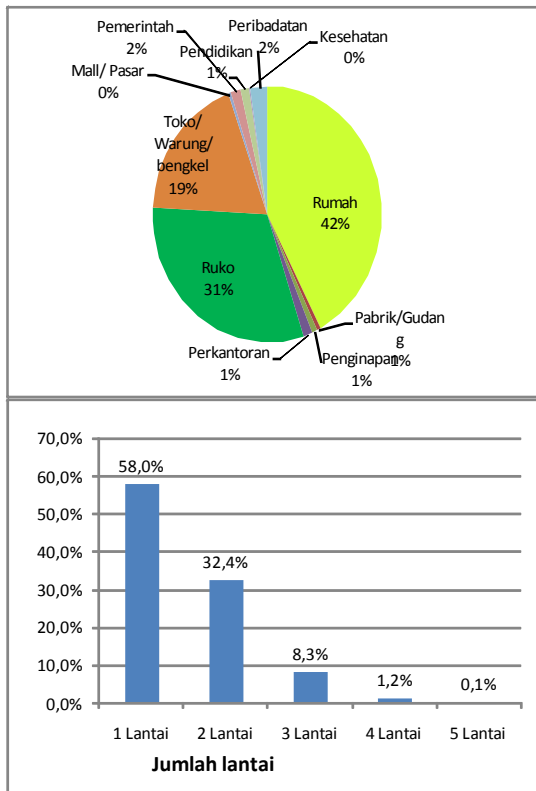
GAMBAR 5. Peta kepadatan penduduk di Provinsi Sumatera Barat (sumber: BPS, 2010)

TABEL 2. Hasil pengamatan gedung di Provinsi Sumatera Barat

Kabupaten/ Kota	Pemukiman		Komersil					Fasum (komplek)			
	Rumah	Pabrik /Gudang	Penginapan	Perkantoran	Ruko	Warung/bengkel	Mall/ Pasar	Pemerintah	Pendidikan	Kesehatan	Peribadatan
Kab Pesisir Selatan	194	9	0	1	28	83	2	5	4	0	10
Kota Padang	63	1	8	16	287	49	1	3	4	0	4
Kab Tanah Datar	160	1	1	1	44	44	2	9	1	0	9
Kota Padang Panjang	144	0	2	2	90	11	1	6	11	2	9
Kab Pariaman	120	0	0	1	14	104	0	1	1	0	5
Kab Pasaman Barat	40	0	0	1	65	25	1	1	0	0	3
Jumlah	721	11	11	22	528	316	7	25	21	2	40

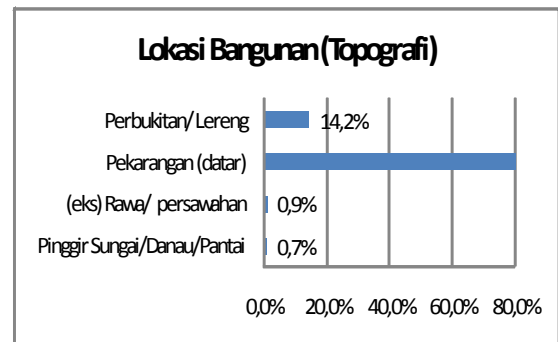
Sumber: hasil survey 2014

Ditinjau dari karakteristik bangunan mengacu kepada Kepmen PU No. 441/KPTS/1998 dan SNI-1726-2002, karakteristik bangunan di provinsi Sumatera Barat (survey, 2014) menunjukkan peruntukan bangunan (gambar 8) berturut-turut 52.3% perumahan, 31.0% ruko dan 18.5% toko. Ditinjau dari jumlah lantai terdiri dari 58.0% lantai 1, 32.4% lantai 2 dan 8.3% lantai 3, umumnya gedung dengan lantai banyak dijumpai di daerah perkotaan.



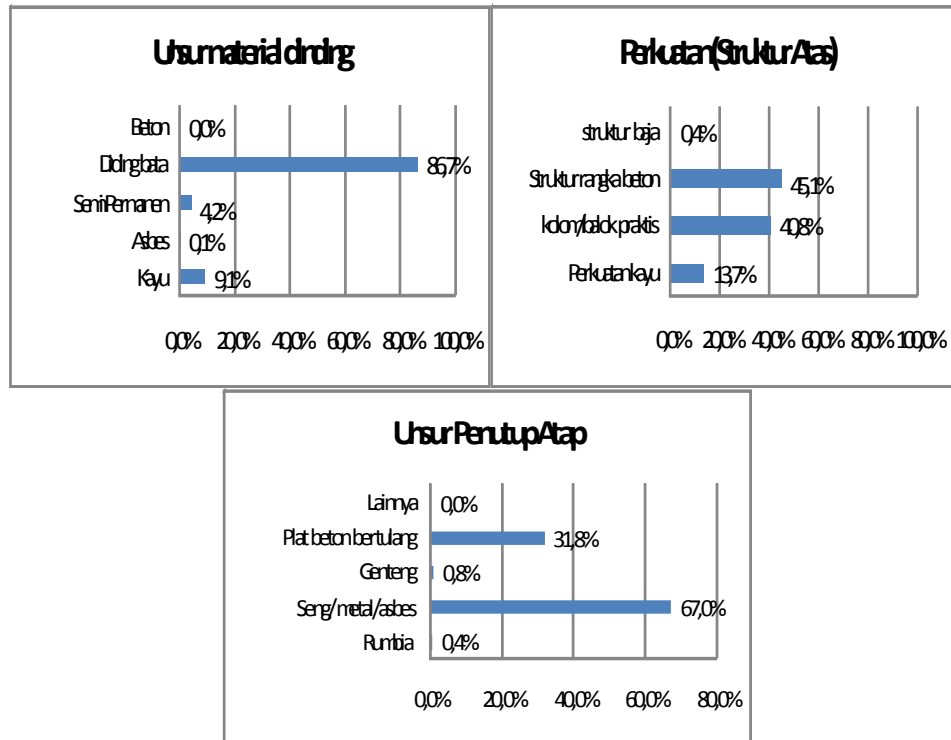
Gambar 6. Pengamatan peruntukan gedung dan jumlah lantai (sumber: hasil survey, 2014)

Di daerah perkotaan (topografi datar), dijumpai gedung bertingkat berstruktur rangka beton bertulang dengan pasangan bata untuk fasilitas umum dan komersil. Di pedesaan umumnya bangunan lantai 1 dengan dinding pasangan bata, semi permanen, dan kayu. Sebagian bangunan didirikan di daerah perbukitan (rawan penurunan dan lonsor).



GAMBAR 7. Pengamatan lokasi bangunan (Topografi) (sumber: hasil survey,2014)

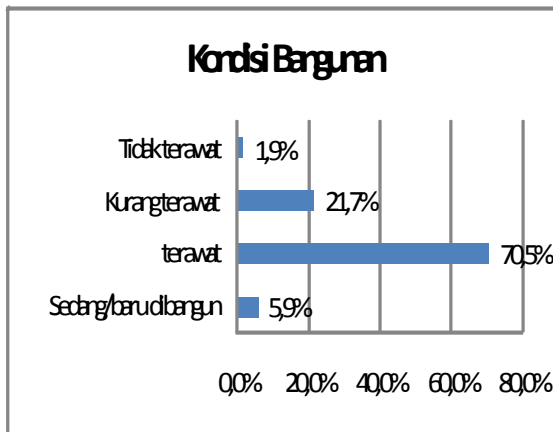
Karakteristik bangunan umumnya berupa pondasi menerus dangkal yang terbuat dari pasangan batu sungai bulat dengan mortar semen. Atap terdiri dari kuda-kuda kayu dengan penutup rumbia, seng, asbes, atau genting. Atap pelana dan perisai merupakan jenis struktur atap yang umum dijumpai. Beberapa bangunan modern yang didirikan lima tahun terakhir menggunakan kuda-kuda baja ringan. Dinding tombak layar (gunungan) dari kayu lebih umum dijumpai dibanding tombak layar dari pasangan bata. Ditinjau dari bentuk, konfigurasi horizontal 9,4 % kurang sesuai, konfigurasi vertikal 1,7 % kurang sesuai, dan adanya bukaan dinding 49,5% dapat memperlemah struktur.



GAMBAR 8. Pengamatan karakteristik bangunan

Sistem dinding dari rumah-rumah yang meliputi jenis-jenis struktur sebagai berikut:

1. Dinding pasangan bata, jenis struktur ini dibangun di atas pondasi menerus dangkal dari pasangan batu sungai, dan mungkin memiliki sloof dari beton bertulang. Jenis dan ukuran batu bata yang umum dipakai, yaitu dicetak dengan tangan secara tradisional dan dibakar dengan kayu dalam tungku, umumnya berukuran 9 x 19 x 4 cm. Kualitas dan kekuatan bata tersebut sangat bervariasi tergantung dari jenis tanah liat yang dipakai, lamanya pembakaran, dan penempatannya dalam tungku. Batu bata ini ukurannya 9 x 19 x 9 cm. Rumah-rumah pada umumnya menggunakan pasangan setengah bata (13 cm dengan plester, 10-11 cm tanpa plester). Jenis ikatan pasangan bata antarlain; tidak diikat (tanpa tulangan), kolom praktis dan ring balok dari kayu, kolom praktis beton bertulang dengan ring balok dari kayu, serta kolom praktis dan ring balok dari beton bertulang. Untuk rumah ikatan bata, kolom umumnya dicor rata dengan dinding setelah batanya dipasang. Besi tulangan polos umumnya berdiameter 6 atau 8 mm, beugel berdiameter berkisar 3 sampai 6 mm dan dipasang pada jarak 15 sampai 35 cm.
2. Bangunan semi permanen dengan rangka kayu (terdapat pasangan bata di bagian bawah dan kayu di bagian atasnya). Jenis rumah ini didukung oleh pondasi menerus dangkal dari pasangan batu, dengan dinding sebagian pasangan bata dan sebagian papan kayu. Umumnya dinding pasangan bata tidak diikat (tanpa tulangan kolom praktis) antara kolom dengan pasangan bata dan antara kolom dan pondasi.
3. Bangunan rangka kayu: kolom kayu diletakkan secara langsung di atas tanah. Hal ini menyebabkan tiang tersebut tenggelam dalam tanah pada tanah lunak. Sistem pondasi ini menyebabkan lapuknya kayu tersebut karena kurangnya penyekatan terhadap air dari tanah. Beberapa rumah dengan kolom kayu diletakkan di atas pondasi umpak dari beton atau batu berpotensi mengalami pergeseran pada pondasinya. Komponen-komponen balok dan kolom dihubungkan dengan paku saja dan kayu tidak dipelihara atau dirawat; rumah yang lebih baru dengan kayu yang dipelihara atau dicat memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan kayu yang lebih tua dan lapuk.



GAMBAR 9. Pengamatan kondisi bangunan

Kondisi bangunan di Provinsi Sumatera Barat, sebagian kecil bangunan tidak terawat, misalnya; bangunan dibiarkan tidak selesai pembangunan (misalnya dinding tidak diplester atau belum beratap) mengakibatkan pelapukan dan kerusakan, bangunan dibiarkan kosong (tidak berpenghuni) cukup lama yang mengakibatkan kerusakan. Bangunan kurang terawat, misalnya unsur bangunan dibiarkan rusak (tidak diganti baru), tidak dipelihara secara rutin misalnya dicat untuk mempertahankan kinerja bangunan lebih baik dan lama.

Sintesis Kerentanan Bangunan

Untuk mengetahui penyebab kerentanan bangunan gedung di Sumatera Barat, dilakukan sintesis (penggabungan) data, pengamatan dan interview. Data kejadian bencana gempa untuk mengetahui karakteristik kerusakan bangunan akibat gempa sebagai faktor penyebab kerentanan. Hasil pengamatan untuk mengetahui karakteristik bangunan terkini. Pendapat ahli untuk menjelaskan praktek-praktek membangun dan penggunaannya yang berpotensi menyebabkan kerentanan. Adapun hasil sintesis dapat digambarkan dalam tabel 3.

1. Lokasi Bangunan

Bangunan di provinsi Sumatera Barat, 14,2 % bangunan didirikan di daerah lereng, berpotensi menyebabkan perbedaan penurunan dapat berakibat kerusakan pondasi dan struktur atas. 8 dari 19 kabupaten/Kota (42.1%) berada di Patahan Semangko. Patahan ini merupakan salah

satu patahan yang aktif dan mematikan serta bergeser setiap tahun, bagian barat Sumatera bergeser ke utara dan bagian timur bergeser ke selatan. Berdasarkan interview ahli, pemilik bangunan minim informasi terhadap lokasi sesar aktif dan pemahaman karakteristik pergerakan dan kekuatan tanah. Umumnya bangunan tidak direncanakan dengan tenaga ahli.

2. Masa dan Bentuk Bangunan

Penggunaan unsur penutup atap 31,8 % plat beton bertulang kurang sesuai (cukup berat) dan penggunaan unsur material dinding bata (86,7 %) menggunakan kekuatan struktur kolom/balok praktis 40,8 % kurang memadai. Ditinjau dari segi bentuk bangunan; konfigurasi horizontal 9,4% kurang sesuai yaitu pemisahan sistem struktur untuk bangunan memanjang serta denah tidak beraturan, konfigurasi vertikal 1,7 % kurang sesuai dan adanya bukaan 49,5% memperlemah struktur. Berdasarkan wawancara, bangunan tidak direncanakan dan dikerjakan dengan tenaga ahli yang memadai dan tidak adanya pengawasan pada perencanaan.

3. Struktur Kondisi Bangunan

Konstruksi dinding pemikul tanpa tulang dan atau penggunaan tulangan, ukuran dan jarak serta bengkokan sudut sengkang yang tidak memadai, penggunaan material agregat kasar (gradasi dan permukaan) tidak memenuhi syarat, pembuatan campuran beton (proporsi campuran semen, agregat halus dan agregat kasar) tidak sesuai komposisi yang disyaratkan, dapat mengurangi kemampuan struktur untuk menahan goncangan dan bergetar sebagai satu kesatuan. Hal ini disebabkan tidak adanya tenaga ahli dan minimnya pengetahuan pekerja serta tidak adanya pengawasan terhadap praktek-praktek pembangunan.

4. Kondisi Bangunan

Kondisi bangunan 1,9 % tidak terawat dan 21,7 % kurang terawat, hal ini disebabkan minim anggaran untuk perawatan dan penggantian kerusakan, serta tidak adanya perencanaan untuk perawatan dan pengawasan aparat terkait.

TABEL 3. Sintesis kerentanan bangunan

No	Faktor Kerentanan	Existing Bangunan (Hasil Survey 2014)	Praktek-praktek membangun			O & M
			Inisi-asi	Perenca-naan	Konstru-ksi	
A	Lokasi Bangunan					
	• Topografi	14,2 % ditereng	•			
	• Geologi	42,1 % rawan pergerakan	•	•		
	• Daya dukung tanah	0,9 % daerah timbunan	•	•		
B	Masa & Bentuk Bangunan					
	• Berat bangunan (pembebanan)	31,8 % terlalu berat (atap)		•		
	• Keteraturan vertikal Keteraturan horizontal	9,4 % kurang sesuai 1,7 % kurang sesuai		•	•	
	• Bukaan	49,5 % kurang sesuai		•	•	
C	Struktur Konst Bangunan					
	• Sistem Struktur	4,1 % kurang sesuai		•	•	
	• Prinsip struktur	40,8 % kurang memadai		•	•	
	• Mutu Struktur % tidak standar		•	•	•
D	Kondisi Bangunan					
	• Usia	1,9 % > bangunan lama		•		•
	• Kesesuaian fungsi	1,8 % kurang sesuai		•		•
	• Perawatan	21,7% kurang terawat				•

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan penting yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Kerentanan bangunan secara teknis umumnya terjadi disebabkan oleh: (1) lokasi/ topografi (lereng) berpotensi menyebabkan perbedaan penurunan dan menimbulkan getaran lebih besar dibandingkan di daerah dataran (2) penggunaan material dan bentuk bangunan kurang sesuai (3) kualitas dan sistem struktur bangunan yang digunakan kurang memadai dan tidak sesuai dengan tingkat kerawanan daerah setempat terhadap gempa, (4) kondisi bangunan kurang terawat.
2. Kurangnya kesadaran masyarakat bahwa mereka berada di daerah/kota rawan bencana gempa, dan pengetahuan terhadap unsur-unsur dan bangunan tahan gempa serta perawatannya sangat terbatas.
3. Kurangnya tenaga ahli yang memiliki pengetahuan dan keahlian teknik-teknik perencanaan dan pembangunan tahan gempa dan perawatannya.
4. Minimnya pengawasan terhadap praktek-praktek pembangunan dan pemanfaatannya yang berpotensi menyebabkan kerentanan bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2002) : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002), Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Bandung
- Anonim, (2007) : Laporan Penilaian Kerusakan dan Kerugian, Pasca Gempa Bumi di Provinsi Bengkulu dan Sumatera Barat, BAPPENAS, Jakarta.
- Boen, T., dkk. (2010) : Cara Memperbaiki Bangunan Sederhana yang Rusak Akibat Gempa Bumi, *Word Seismic Safety Initiative*, Jakarta.
- Coburn, A. dan Spence, R. (1992) : *Earthquake Protection*, John Wiley & sons, England
- Imran, I., dan Hendrik, F. (2010) : Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa, Penerbit ITB, Bandung.
- Ishikawa, Kaoru (1990); *Introduction to Quality Control*; 3A Corporation, Tokyo
- Pradono (2011) : *Detailed Study on the Damage of R/C Buildings in Padang, Indonesia by the 2009 September 30 Pariaman Earthquake*, Badan Penerapan Pengembangan Teknologi (BPPT), Jakarta.

Supartoyo dan Surono (2008) : Katalog Gempabumi Merusak di Indonesia Tahun 1629 – 2007, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Bandung

PENULIS:

M. Heri Zulfiar✉

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul 55183.

✉Email: zulfiarheri@yahoo.com