

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Kerentanan Bangunan Gedung

Menurut Widodo (2007), konfigurasi bangunan akan menentukan perilaku bangunan saat gempa bumi terjadi. Konfigurasi bangunan yang baik adalah bangunan yang denah dan potongannya sederhana. Sedangkan untuk bangunan yang konfigurasinya kurang baik diantaranya adalah *soft storey*, *bad mass distribution*, *set back* dan *pounding* yang dapat berakibat pada tingginya kerusakan bangunan.

Terdapat rendahnya mutu material, detail tulangan, peta gempa yang perlu diperbaharui serta kesalahan dalam desain dan konstruksi, pengaruh gelombang S dan gempa vertikal, arah memanjang bangunan, kegagalan pondasi, *soil liquefaction*, *differential settlement*, efek kolom pendek, efek kolom langsing, efek torsi, kurangnya redudansi dan tidak tersedianya jalur evakuasi yang aman secara terstruktur merupakan penyebab kerusakan bangunan dan besarnya korban jiwa dalam beberapa bencana gempa bumi seperti di Aceh, Yogyakarta dan Padang. (Madutujuh, 2010).

Kategori penyebab utama kerentanan diantaranya lokasi bangunan meliputi, topografi, geologi, daya dukung tanah. Masa dan bentuk bangunan meliputi pembebanan, keteraturan vertikal dan horizontal dan bukaan. Untuk struktur konstruksi bangunan meliputi, sistem struktur, prinsip struktur dan mutu bangunan. Dan kondisi bangunan meliputi, pemanfaatan, perawatan dan usia pakai bangunan (Zulfiar dkk., 2014).

Dalam hal kerentanan bangunan secara teknis umumnya disebabkan oleh topografi (lereng) yang berpotensi menyebabkan perbedaan penurunan dan menimbulkan getaran yang lebih besar dibandingkan dengan daerah dataran. Lalu, segi penggunaan material yang digunakan untuk bangunan, sebab lainnya adalah tidak memadainya sistem struktur bangunan yang tidak sesuai dengan kerawanan

gempa disuatu daerah. Dan yang terakhir adalah kondisi bangunan yang kurang terawat (Zulfiar dkk., 2014).

Menurut Zulfiar dkk. (2014), kurangnya kesadaran masyarakat tentang keberadaan daerahnya berada pada daerah yang rawan bencana gempa. Serta kurangnya tenaga ahli yang memiliki keahlian serta pengetahuan mengenai perencanaan dan pembangunan tahan gempa serta perawatannya.

Tahapan pelaksanaan segi kerentanan bangunan dari aspek sosial budaya menurut Zulfiar dkk. (2018) diantara lain adalah tingkat kepatuhan masyarakat dalam melakukan pembangunan sesuai dengan IMB yang dikeluarkan, serta dari segi konstruksi dan pengawasan pekerja atau pelaksana bangunan yang bekerja berdasarkan pengalaman bukan standar serta adanya keterlibatan warga sekitar dan LSM yang *notabene* tidak ahli dibidang konstruksi. Serta perawatan rutin yang dianggap oleh masyarakat sebagai langkah pemborosan karena belum terjadi kerusakan.

2.1.2 Penelitian Terdahulu yang Berdasarkan FEMA P-154

Menurut Astuti dkk. (2016), Cilacap merupakan salah satu daerah rawan terhadap gempa yang mempunyai latar belakang di daerah pesisir. Sehingga untuk didaerah *seismic*, kebutuhan akan analisis yang rasional dan perkiraan-perkiraan obyektif yang memiliki risiko harta dan kehidupan bukan hanya akademis. Menurut Astuti dkk. (2016) menyatakan bahwa evaluasi keandalan bangunan diperlukan secara berkala untuk meminimalisasi kerugian yang diakibatkan oleh kerusakan bangunan. Evaluasi berkala keandalan bangunan dapat dilakukan dengan *Rapid Visual Screening of Buildings* yang selanjutnya digunakan untuk menentukan *Performance Levels Building*. Dalam skor akhir proses evaluasi dengan RVS merupakan perkiraan probabilitas bangunan akan hancur jika gempa melanda dengan perkiraan negatif logaritma basis-10 dari jumlah gempa bumi yang terjadi dapat menyebabkan bangunan runtuh selama umur rencana bangunan, yang direncanakan umumnya 50 tahun.

Identifikasi tingkat resiko suatu bangunan terhadap ancaman gempa bumi, bisa dilakukan dengan RVS pada tahap permulaannya, kemudian hasil dari RVS bisa menentukan apakah gedung yang di evaluasi tersebut beresiko atau tidak,

apabila dinyatakan beresiko akan dilanjutkan ke evaluasi FEMA berikutnya (Kurniawandy dkk., 2015).

Menurut Dardiri (2012) dalam penelitian mengenai analisis pola, jenis dan penyebab kerusakan bangunan sekolah dasar menyatakan bahwa penyebab kerusakan bangunan adalah faktor manusia dan faktor alam. Faktor manusia tersebut berupa kurangnya faham dan pengetahuan tenaga kerja terhadap teknik pelaksanaan konstruksi dan kurangnya perhatian penggunaan dan perawatan disamping faktor alam. Kurniawandy dkk. (2015) menyatakan bahwa dalam penelitian tentang evaluasi kerentanan bangunan gedung bahwa komponen *vertical irregularity*, *plan irregularity* dan tanah merupakan parameter yang sangat menentukan dalam mengevaluasi menggunakan FEMA 154 karena komponen tersebut sebagai faktor nilai pengurang.

Rapid Visual Screening (RVS) berdasarkan *FEMA (Federal Emergency Management Agency) 154* merupakan evaluasi tahap awal dalam menilai kerentanan bangunan terhadap gempa, dan hasil rekomendasi yang diperoleh perlu ditindak lanjuti oleh pemilik bangunan untuk melakukan evaluasi rinci (Amir, 2012).

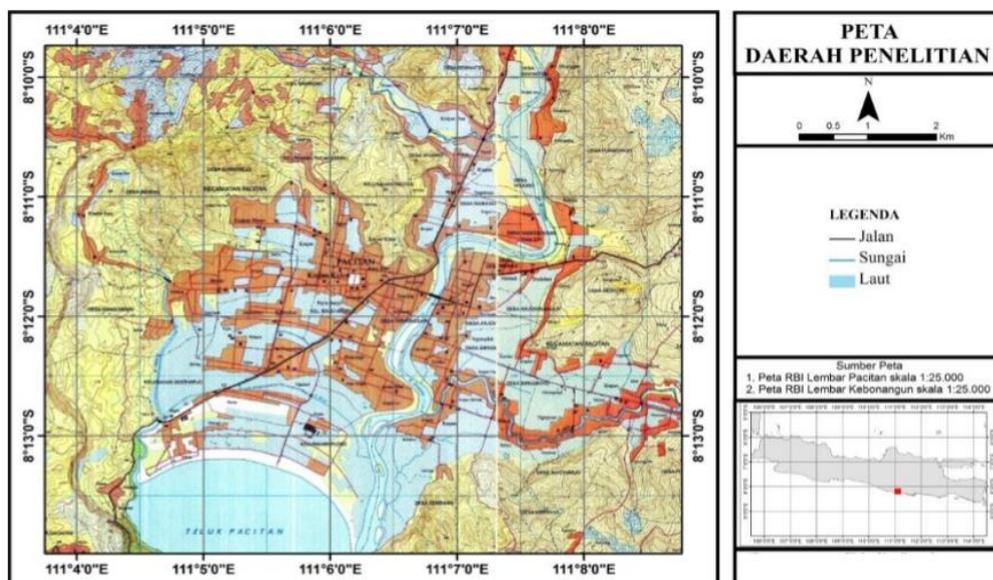
Menurut penelitian tentang studi kerentanan bangunan akibat gempa dengan studi kasus perumahan di Bantul menyatakan bahwa gempa sebagai getaran/goncangan pada dasar atau pijakan. Karena manusia hidup di bumi, maka dasar yang menjadi pijakan adalah bumi dan kata gempa yang biasa dijumpai, dimaksudkan sebagai gempabumi (Bawono, 2016).

Menurut Nuri dkk. (2014), prosedur RVS bisa digunakan untuk memetakan kerentanan bangunan terhadap gempa di Indonesia. Hanya perlu penyesuaian untuk formulir yang dipakai sesuai dengan kondisi bangunan dan peraturan yang ada di Indonesia. Untuk skor akhir menurut Nuri dkk. (2014) adalah perkiraan probabilitas bangunan akan runtuh jika terjadi gerakan tanah atau gempa. Dalam metode ini dengan rumus $BHS = -\log_{10}$. Sehingga penentuan aman atau tidaknya bangunan yang ditinjau berdasarkan skor akhir bangunan tersebut. Nominal skor yang membatasi menurut FEMA 154 adalah 2.

2.1.3 Tentang Kabupaten Pacitan

Kabupaten Pacitan secara geografis terletak di ujung barat daya Provinsi Jawa Timur. Wilayahnya berbatasan dengan Kabupaten Ponorogo di utara, Kabupaten Trenggalek di timur, Samudra Hindia di Selatan, serta Kabupaten Wonogiri (Jawa Tengah) di barat.

Ditinjau dari sudut geografisnya wilayah Kabupaten Pacitan seluas 1.389,8716 Km², sebagian besar tanahnya terdiri atas tanah ladang 29,890,58ha, pemukiman penduduk 3.153,33ha, hutan 81.397ha, sawah 13.014,26ha, Pesisir dan tanah kosong 11.530,99ha (BPS, 2018). Peta lebih rinci kabupaten Pacitan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.1 Peta Kabupaten Pacitan

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Definisi Bencana

Bencana merupakan suatu peristiwa atau serangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam dan non alam. Dari bencana tersebut akan berakibat kerugian dari timbulnya korban jiwa, lingkungan yang rusak, harta benda serta berdampak pada psikologis. Bencana alam adalah suatu peristiwa alam yang benar-benar tidak bisa diprediksi kapan akan terjadi. Seperti bencana alam gempa bumi yang merupakan bencana alam yang tidak dapat dihindari, namun dari dampak akibat dari bencana

alam gempa bumi itu sendiri dapat dikurangi melalui upaya dari mitigasi bencana salah satunya dengan evaluasi kerentanan bangunan menggunakan metode *Rapid Visual Screening* dari FEMA 154 ini.

Menurut Zulfiar dan Jayady (2018), permasalahan yang sering muncul disuatu negara berkembang terkait regulasi konstruksi bahwa industri konstruksi berperan dalam mengurangi risiko bencana sehingga dibutuhkan sebuah regulasi dan pedoman (*code*) yang menata pelaku konstruksi (perencana, perancang, pelaksana) dalam mengimplementasikan suatu kegiatan konstruksi.

Kawasan pemukiman yang ada disuatu daerah yang berdekatan dengan sumber dari terjadinya gempa bumi dijadikan sebagai kawasan yang sangat rawan, oleh sebab itu penting adanya langkah-langkah yang benar untuk menghindari serta mengurangi dampak dari kerugian bahkan kerusakan yang ditimbulkan oleh bencana baik alam maupun non alam.

Tertulis di dalam Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 pasal 1 bahwa bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan dan tanah longsor.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 21 Tahun 2007, rawan bencana adalah kondisi atau karakteristik geologis, biologis, hidrologis, klimatologis, geografis, sosial, budaya, politik, ekonomi dan teknologi yang dapat mengurangi ketahanan terhadap bencana.

2.2.2 Bencana Gempa Bumi

Gempa bumi adalah gerakan tiba-tiba di kerak atau mantel bumi bagian atas. Gerakan tiba-tiba ini bisa diartikan semacam cara bumi berelaksasi menuju keadaan normal setelah mengalami dorongan, desakan, tumbukan, geseran ataupun gesekan antar lempeng. Selama proses ini relaksasi inilah energi disebar dalam bentuk gelombang yang merambat ke sejumlah penjuru dan dirasakan sebagai gempa (Ramadhanti, 2011).

Sebagaimana yang telah di sampaikan oleh Departemen Pekerjaan Umum dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI, 1971), rawan bencana yang

dimaksud adalah rawan terhadap bahaya bencana gempa bumi yang terjadi khususnya terkait dengan karakteristik geologis.

Bencana alam gempa bumi masing-masing daerah memiliki intensitasnya sendiri. Intensitas gempa adalah pengukuran besarnya gempa yang mengakibatkan kerusakan berdasarkan getaran atau goyangan yang dapat dirasakan manusia pada saat gempa dan hancurnya bangunan dengan menggunakan skala Merchalli (Ramadhanti, 2011).

Menurut Noor (2014), gempa bumi adalah getaran dalam bumi yang terjadi akibat dari terlepasnya energi yang terkumpul secara tiba-tiba dalam batuan yang mengalami deformasi. Besarnya guncangan gempa bumi beragam mulai dari yang sangat kecil sehingga sulit dirasakan sampai kepada guncangan yang dahsyat, sehingga mampu meruntuhkan bangunan yang kokoh.

Menurut Kurniawan (2016) menyatakan bahwa gempa hanya mengakibatkan kerusakan. Dan bencana adalah sebuah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam maupun non-alam yakni faktor manusia sehingga menimbulkan korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Sehingga dapat dikatakan gempa bumi apabila telah mengancam kehidupan manusia maka disebut sebagai bencana alam.

Kejadian gempa bumi yang akan menyebabkan kerusakan parah pada bangunan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: mekanisme kejadian gempa, magnitudo gempa, kedalaman gempa, kondisi geologi rambatan gelombang gempa, jarak episenter dan kondisi tanah sempit atau *site effect* (Kartikasari, 2016).

Gempa bumi yang terjadi di Jawa Barat tanggal 2 September 2009 adalah salah satu bencana yang berdampak pada kerusakan bangunan disebabkan oleh konstruksi bangunan tidak dirancang tahan gempa bumi, lokasi bangunan terletak pada bagian atas punggung dan pada endapan gunung api muda (Supartoyo dan Surono, 2009).

2.2.3 Klasifikasi Gempa Bumi

Terdapat tiga penyebab utama dari bencana alam gempa bumi dan atas dasar itu gempa bumi dapat diklasifikasikan menjadi empat macam, yaitu: tektonik, vulkanik, runtuh dan buatan (Pranolo dkk., 2013).

a. Gempa Tektonik

Gempa tektonik adalah gempa bumi yang terjadi karena pergeseran-pegeseran kerak bumi dan berkaitan dengan peristiwa tektonisme. Pergeseran kerak bumi di sepanjang bidang patahan menimbulkan guncangan yang kemudian merambat kesegala arah melalui materi-materi penyusun bumi Munir (2003) dalam Pranolo dkk. (2013).

Gempa tektonik adalah gempa yang paling dahsyat, meluas dan banyak merusak serta paling sering terjadi. Sekitar 93% dari semua gempa yang tercatat di seluruh dunia tergolong gempa tektonik Munir (2003) dalam Pranolo dkk. (2013).

b. Gempa Vulkanis

Gempa Vulkanis adalah gempa bumi yang terjadi diakibatkan dari aktivitas pergerakan magma pada gunung api. Terjadinya gempa vulkanis tersebut disebabkan karena magma yang keluar dari letusan menimbulkan getaran dan getarannya diteruskan ke segala arah lewat materi yang menyusun kerak bumi. Dari gempa vulkanis yang tercatat diseluruh dunia terdata 7% Munir (2003) dalam Pranolo dkk. (2013).

c. Gempa Terban (Runtuhan)

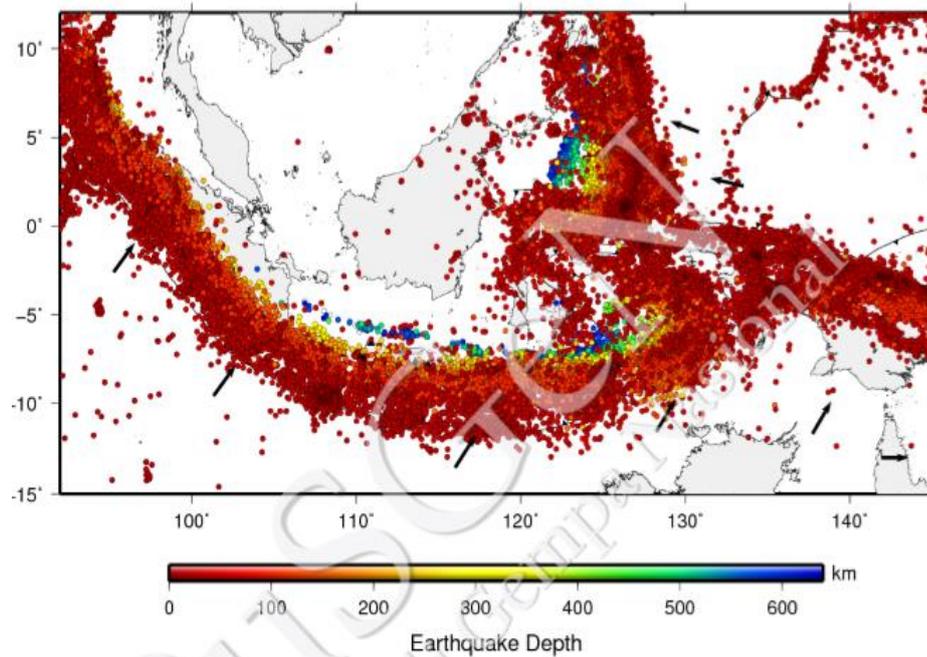
Gempa yang disebabkan karena adanya runtuh dan terjadi juga di dalamnya *rock fall* (longsor), atau runtuh di dalam lubang tambang, atau atap gua bawah tanah. Lokasi bahaya bersifat lokal dan terjadi pada tempat curam dan biasanya pada lahan gundul Munir (2003) dalam Pranolo dkk. (2013).

Gempa yang bersifat lokal dan tidak membuat kerusakan yang terlihat signifikan atau kerugian disebut gempa minor (Noor, 2014).

d. Gempa Buatan

Gempa buatan adalah gempa yang berasal dari adanya aktivitas non-alam atau manusia di kulit bumi yang menyebabkan getaran. Dari gempa buatan ini tidak menghasilkan getaran yang besar seperti pada gempa vulkanik dan tektonik

maka gempa buatan ini tidak membawa akibat yang signifikan Munir (2003) dalam Pranolo dkk. (2013).



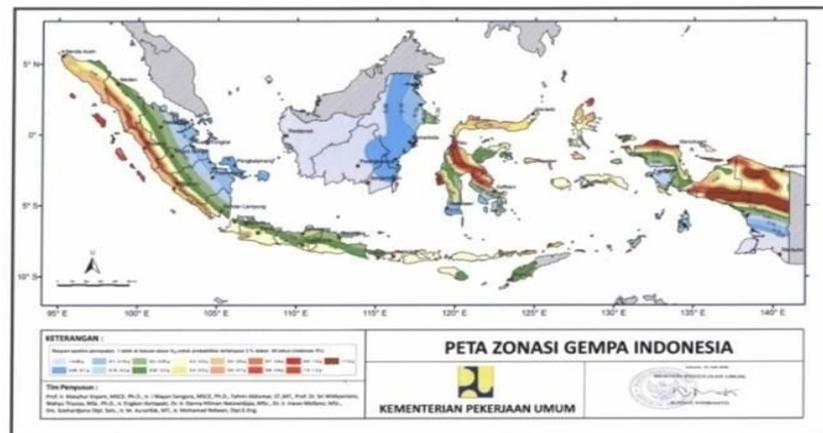
Gambar 2.2 Gempa di Indonesia hasil relokasi hingga 2016

Sumber : Pusat Studi Gempa Nasional (2017)

2.2.4 Peta Zonasi Gempa Bumi

Peta Zonasi Gempa Indonesia dibuat sebagai pedoman bagi para ahli bangunan dan infrastruktur Teknik Sipil Indonesia dalam membuat perencanaan bangunan dan infrastruktur yang aman terhadap gempa sesuai SNI 1726:2012 (BSN, 2012) tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung, dengan harapan jika gempa terjadi, bangunan dan infrastruktur yang telah berdiri tidak akan mengalami kerusakan berarti.

Selain peraturan penetapan peta zonasi gempa sampai peta mikrozonasi sangatlah penting diadakan. Saat ini peta zonasi gempa Indonesia telah ada, namun peta zonasi gempa lokal untuk beberapa daerah belum tentu ada. Peta zonasi dapat dipergunakan untuk mempertimbangkan dan menetapkan tata bangunan. Menurut Morib (2013), banyak ahli struktur saat ini hanya menggunakan peta zonasi nasional yang bersifat global karena ketidakterediaan peta zonasi lokal yang berpengaruh pada frekuensi alami dan faktor tipe tanah dan ancaman bencana disekitar lokasi tidak diperhitungkan.



Gambar 2.3 Peta Zonasi Gempa Bumi Indonesia yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2010. Sumber: Puskim (2011)

2.2.5 Bangunan Tahan Gempa

Konsep dasar dari bangunan tahan gempa adalah tindakan yang membuat seluruh elemen rumah menjadi satu kesatuan utuh, yang tidak akan rusak apabila diguncang oleh bencana alam seperti gempa bumi sehingga beban yang memikul dapat tersalurkan secara bersama dan merata. Hal ini ditunjukkan dengan penggunaan bahan yang bermutu baik sesuai dengan yang disyaratkan dan pembangunannya mengikuti prosedur-prosedur yang sesuai aturan dan benar.

Menurut Fauzan (2012), gempa bumi tidak dapat diprediksi namun usaha untuk meminimalisir kerusakan yang ditimbulkan dapat dilakukan pada bangunan. Dengan menggunakan prinsip teknik yang benar, detail konstruksi yang baik dan praktis maka kerugian harta benda dan jiwa manusia yang diakibatkan gempa bumi dapat berkurang untuk masa yang akan datang.

Menurut Jingga (2015), bangunan tinggi sangat rentan terhadap pergerakan tanah kuat, yang akan mengakibatkan keruntuhan mendadak. Apabila bangunan tinggi terbuat dari beton bertulang yang tidak didesain dengan baik, keruntuhan yang getas dapat membahayakan penghuni bangunan karena tidak adanya waktu yang cukup untuk evakuasi ketika terjadi bencana.

Standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung menurut SNI 1726:2012 (BSN, 2012), 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.

Menurut Amir (2012), dalam perencanaan bangunan aman gempa terdapat 4 tingkatan pengaruh gempa terhadap bangunan, yaitu :

1. *Operational*, dimana bangunan yang berdiri tidak akan mengalami kerusakan berarti saat terjadi gempa, bangunan tetap dapat berfungsi seperti sedia kala, seperti bangunan rumah sakit dan pembangkit listrik.
2. *Immediate Occupancy*, bangunan dapat digunakan namun tidak dapat berfungsi seperti sedia kala lagi karena adanya kerusakan pada bagian non strukturalnya seperti dinding yang roboh dan langit-langit yang runtuh, sehingga diperlukan usaha perbaikkan agar bangunan dapat berfungsi seperti sedia kala.
3. *Life Safety*, struktur bangunan rusak dan bangunan perlu diperbaiki dan diperkuat agar dapat berfungsi seperti sedia kala.
4. *Collapse Mechanism*, bangunan rusak total dan mengalami keruntuhan sehingga harus dibangun kembali.

2.2.6 Penilaian Kerentanan Gedung Menggunakan RVS

Menurut Ramadhanti (2011), kerentanan merupakan kondisi atau karakteristik biologis, geografis, sosial, ekonomi, politik, budaya dan teknologi masyarakat di suatu wilayah untuk jangka waktu tertentu yang mengurangi kemampuan mencegah, meredam, mencapai kesiapan, dan menanggapi dampak bahaya atau bencana alam tertentu; kerentanan dikaitkan dengan kemampuan manusia untuk melindungi dirinya dari dampak bahaya atau bencana alam tanpa bantuan dari luar atau singkatnya disebut sebagai rangkaian kondisi dimana fenomena alam dapat menimbulkan bahaya bahkan bencana.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 21 Tahun 2007, tingkat kerawanan adalah ukuran yang menyatakan besar-kecilnya atau tinggi rendahnya kemungkinan suatu kawasan atau zona dapat mengalami bencana, serta besarnya korban dan kerugian bila terjadi bencana yang diukur berdasarkan tingkat kerawanan fisik alamiah dan tingkat kerawanan karena aktifitas manusia.

Pada saat suatu struktur pada suatu daerah dilanda bencana alam gempa bumi, struktur akan mengalami perpindahan baik secara horizontal maupun vertikal. Dengan adanya gaya gempa horizontal akan menyebabkan keruntuhan struktur yang bekerja pada titik lemah dari suatu struktur. Dengan adanya *Rapid Visual Screening* yang merupakan metode identifikasi secara mudah dan cepat tanpa menganalisa menggunakan software. Metode ini mengidentifikasi tingkat risiko suatu struktur bangunan terhadap ancaman gempa atau setelah terjadinya gempa bumi.

Menurut Zulfiar dkk. (2018), FEMA mengembangkan metode untuk mengetahui kerentanan suatu bangunan dengan melakukan pengamatan untuk menilai besarnya kerentanan bangunan terhadap gempa. Hasil dari evaluasi kerentanan akan dijadikan pedoman dalam melakukan upaya berikutnya atau sebagai langkah *Risk Reduction* terhadap ancaman gempa bumi yang akan terjadi selanjutnya yang tanpa diprediksi.

2.2.7 FEMA (*Federal Emergency Management Agency P-154 2015*)

Menurut Firdaus dkk. (2016), *The Federal Emergency Management Agency* (FEMA) adalah sebuah lembaga dari Departemen Keamanan Dalam negeri Amerika Serikat yang bertujuan untuk mengkoordinasikan respon terhadap bencana yang terjadi di Amerika Serikat yang menguasai sumber daya pemerintah daerah dan negara.

Dijelaskan juga menurut Firdaus dkk. (2016) bahwa FEMA P-154 merupakan suatu metode untuk mengetahui kerentanan suatu bangunan yang dilakukan dengan cara evaluasi kerentanan bangunan. Dan hasil dari evaluasi kerentanan tersebut akan dijadikan pedoman dalam melakukan tindakan berikutnya sebagai langkah *risk reduction* terhadap ancaman gempa.

Komponen yang menjadi bahan evaluasi pada FEMA P-154 adalah:

- a. Seismisitas Lokasi
- b. Jumlah populasi
- c. Jenis dan tipe tanah
- d. Elemen struktural yang berbahaya jatuh
- e. Jenis atau tipe bangunan
- f. Jumlah lantai bangunan
- g. *Vertical irregularity*
- h. *Plan irregularity*
- i. Peraturan yang digunakan saat membangun
- j. Pemberian skor (nilai)

Menurut Kurniawandy dkk. (2015), apabila hasil dari evaluasi menunjukkan bahwa bangunan belum memenuhi persyaratan, maka bisa dilakukan tindakan berikutnya yaitu diruntuhkan atau diperkuat dengan metode *retrofitting*, *bracing* dan lain-lain diantaranya FEMA 172, FEMA 356.

2.2.8 *Rapid Visual Screening (RVS)*

- a. Definisi *Rapid Visual Screening (RVS)*

Rapid Visual Screening atau disingkat RVS adalah metode yang dikembangkan untuk mengidentifikasi, menginventarisir suatu bangunan yang berpotensi berbahaya secara *seismic*. Dilakukan menggunakan metode survei lapangan dan formulir pengumpulan data berdasarkan pengamatan secara *visual* bangunan dari luar dan *interior* (FEMA P-154, 2015).

Menurut Faizah dan Syamsi (2017), *Rapid Visual Screening (RVS)* merupakan cara evaluasi bangunan secara visual yang diperkenalkan pertama kali di Amerika Serikat dengan prosedur menggunakan daftar isian yang membuat data primer dan sekunder dari bangunan.

- b. Komponen Evaluasi *Rapid Visual Screening* pada FEMA P-154

- 1) Seismisitas Lokasi pengamatan

Sebelum melakukan skoring maka diperlukan pemilihan formulir FEMA-P154, dan didapatkan sebelumnya dari tabel pembagian wilayah *seismic* berdasarkan nilai S_s (parameter *respons spektral* percepatan gempa MCE_R

terpetakan untuk perioda pendek) dan S_I (Parameter *respons spektral* percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 1,0 detik), kedua nilai tersebut didapatkan dari peta gempa pada dalam SNI 1726:2012 (BSN, 2012).

Tabel 2.1 Lokasi Seismisitas dengan Akselerasi Respon Spektrum

Lokasi Seismisitas	Parameter respon spektral S_s (Untuk perioda pendek)	Parameter respon spektral S_I (untuk perioda 1,0 detik)
Rendah (<i>low</i>)	$S_s \leq 0,250 \text{ g}$	$S_I \leq 0,100 \text{ g}$
Sedang (<i>moderate</i>)	$0,250 \text{ g} \leq S_s \leq 0,500 \text{ g}$	$0,100 \text{ g} \leq S_I \leq 0,200 \text{ g}$
Agak tinggi (<i>moderate high</i>)	$0,50 \text{ g} \leq S_s \leq 1,00 \text{ g}$	$0,20 \text{ g} \leq S_I \leq 0,400 \text{ g}$
Tinggi (<i>high</i>)	$1,00 \text{ g} \leq S_s \leq 1,50 \text{ g}$	$0,40 \text{ g} \leq S_I \leq 0,60 \text{ g}$
Sangat tinggi (<i>very high</i>)	$S_s \geq 1,50 \text{ g}$	$S_I \geq 0,600 \text{ g}$

Sumber : FEMA P-154 (2015)

2) Kategori/Tipe Hunian

Kategori/jenis hunian diidentifikasi dari fungsi bangunan tersebut dan luas penggunaan bangunan, dimana terdapat sembilan kelas hunian pada RVS, antara lain:

- Gedung pertemuan : tempat-tempat pertemuan umum adalah tempat kelompok besar orang mungkin akan berkumpul di satu ruangan pada waktu yang sama. Contohnya adalah teater, auditorium
- Komersial : Kelas hunian komersial yang mengacu pada bisnis dan grosir, lembaga keuangan, restoran.
- Layanan darurat : fasilitas yang kemungkinan akan dibutuhkan dalam bencana besar.
- Industri : Termasuk dalam kelas hunian industri atau pabrik-pabrik.
- Kantor : Kelas hunian yang digunakan untuk kegiatan perkantoran, administrasi, manajemen dan profesional tingkat hunian jasa.
- Perumahan : Kelas hunian yang mengacu pada bangunan tempat tinggal
- Sekolah : Kelas hunian ini mencakup semua fasilitas pendidikan publik atau swasta

- h) Utilitas : Kelas hunian ini mencakup semua bangunan rumah utilitas publik atau swasta meliputi pembangkit listrik, fasilitas pengolahan air dan gardu listrik.
- i) Gudang : Kelas hunian ini meliputi gudang besar untuk menyimpan barang dengan kapasitas yang besar.

3) Jenis/Tipe Tanah

Tipe tanah berdasarkan FEMA P-154 dibagi menjadi enam tipe/jenis yang diperlukan untuk data penyelidikan tanah diantaranya: A (*Hard Rock*), B (*Average Rock*), C (*Dense Soil*), D (*Stiff Soil*), E (*Soft Soil*), F(*Poor Soil*).

Namun apabila didapatkan kendala dalam pengambilan sampel tanah dan tidak ada dasar untuk mengklarifikasi jenis tanah, “DNK” harus dipilih dan tipe D (*Stiff Soil*) dipilih sebagai asumsi (seperti gambar 2.4).

Soil Type:	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> E	<input type="checkbox"/> F	DNK
	Hard	Avg	Dense	Stiff	Soft	Poor	<i>If DNK, assume Type D.</i>
	Rock	Rock	Soil	Soil	Soil	Soil	

Gambar 2.4 Jenis/Tipe Tanah

Sumber : FEMA P-154 (2015)

4) Elemen Struktural dan berbahaya jatuh (Elemen *Falling Hazard*)

Ini adalah elemen elemen non struktur yang terletak diatas (bergelantung) dan dapat jatuh terutama diakibatkan dari getaran atau gempa bumi. Contohnya berupa : cerobong asap, tanki air, *plafon*, hiasan-hiasan yang terletak diatas.

Jika ada bahaya semacam guncangan atau gempa mungkin berbahaya bagi penghuni bangunan dan orang yang lewat.

5) Karakteristik/tipe Bangunan

Terdapat tujuh belas karakteristik/tipe bangunan menurut FEMA P-154 dalam prosedur RVS, diantaranya:

- a) (W1) Bangunan rangka kayu, hunian keluarga dibawah 3000 kaki persegi.
- b) (W1A) Bangunan rangka kayu ringan multi unit, gedung perkantoran dengan area di setiap lantai lebih besar dari 3000 kaki persegi.

- c) (W2) Bangunan rangka kayu, bangunan komersial dan industri dengan luas lantai lebih dari 5000 kaki persegi.
- d) (S1) Bangunan rangka penahan momen baja.
- e) (S2) Bangunan rangka baja bertulang.
- f) (S3) Bangunan logam ringan.
- g) (S4) Bangunan rangka baja dengan dinding beton dan terdapat dinding geser (*sheer wall*).
- h) (S5) Bangunan rangka baja dengan dinding pengisi batu bata yang tidak diperkuat.
- i) (C1) Bangunan rangka beton tahan gempa.
- j) (C2) Bangunan Rangka beton dinding geser.
- k) (C3) Bangunan rangka beton dengan dinding pengisi batu bata yang tidak diperkuat.
- l) (PC1) Bangunan tembok yang sudah dibuat sebelumnya.
- m) (PC2) Bangunan beton pracetak.
- n) (RM1) Bangunan dinding batu bata yang diperkuat dengan lantai fleksibel dan atap berongga.
- o) (RM2) Bangunan dinding batu bata yang diperkuat dengan lantai kaku dan atap berongga.
- p) (URM) Bangunan dinding bata yang tidak diperkuat.
- q) (MH) Rumah produksi.

6) Jumlah Lantai

Jumlah lantai diukur dari bagian bangunan paling bawah yang menyentuh tanah hingga atap sebuah bangunan.

7) *Vertical Irregularity*

Vertical Irregularity adalah penampakan vertikal bangunan yang tidak regular, seperti:

a) *Sloping Site*

Ditunjukkan seperti gambar 2.4 yang menunjukkan apabila bangunan berada diatas bukit curam maka yang akan terjadi masalah karena

kekakuan horizontal pada sisi bawah berbeda dari kekakuan sisi yang menanjak.



Gambar 2.5 Contoh dari *Sloping Site*

Sumber : FEMA P-154 (2015)

b) *Soft Story*

Adalah kondisi dimana sebuah lantai dari bangunan memiliki kekuatan lebih kecil (yang lebih sedikit dinding atau kolom) daripada lantai di atas atau di bawahnya, contohnya : *basement* (seperti gambar 2.5).

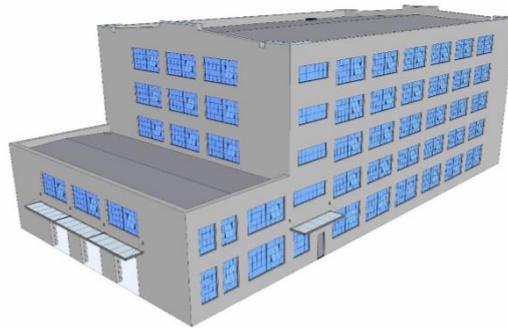


Gambar 2.6 Contoh dari *Soft Story*

Sumber : FEMA P-154 (2015)

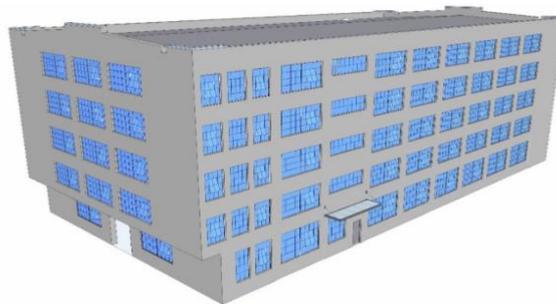
c) *Out-of-plane-setback*

Kondisi bangunan yang memiliki sistem penahan gaya *seismic* pada suatu lantai namun tidak selaras secara vertikal dengan sistem penahan gaya *seismic* di atas atau di bawahnya, seperti gambar 2.6 dan gambar 2.7.



Gambar 2.7 Contoh dari *Out-of-plane-setback*

Sumber : FEMA P-154 (2015)



Gambar 2.8 Contoh dari *Out-of-plane-setback*

Sumber : FEMA P-154 (2015)

d) *In-plane setback*

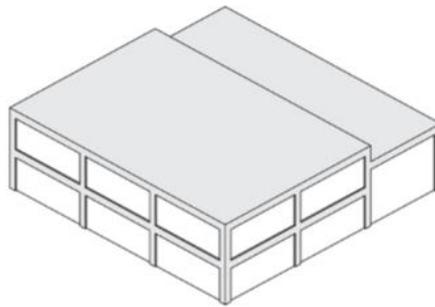
Menggambarkan sebuah keadaan elemen dari sistem penahan gaya *seismic* ditingkat atas dan diimbangi dengan elemen-elemen dari sistem penahan gaya *seismic* pada tingkat yang lebih rendah. Tipe bangunan *in-plane setback* dapat diamati pada struktur rangka dan dinding geser.

e) *Short Columns*

Kondisi bangunan yang menunjukkan beberapa kolom (atau kolom dinding) lebih pendek daripada kolom pada umumnya. Kolom pendek dan lebih kaku lebih banyak menarik muatan lateral sehingga mengakibatkan kerusakan yang cukup signifikan.

f) *Split Levels*

Kondisi ini terjadi dimana pada sebuah bangunan lantai atau atap di salah satu bagian bangunan tidak sejajar dengan lantai atau atap di bagian lain bangunan (seperti gambar 2.9).



Gambar 2.9 Contoh dari *Split Levels*

Sumber : FEMA P-154 (2015)

8) *Plan Irregularity*

Adalah penampakan bentuk denah yang tidak simetris. Dan ketidakteraturan rencana dapat terjadi pada semua tipe bangunan. Beberapa bentuk *plan irregularity* sebagai berikut:

a) *Torsion*

Kondisi ini terjadi apabila bangunan memiliki hambatan beban lateral, atau bila ada *eksentrisitas* dengan kelakuan besar pada sistem penahan gaya *seismic* yang mengakibatkan putaran (*torsi*) di sekitar sumbu vertikal. Diilustrasikan pada kedua sisi yang berdekatan memiliki bukaan jendela, sedangkan dua sisi lainnya tidak memiliki bukaan jendela atau tertutup dengan dinding.

b) *Non-Parallel System*

Bentuk bangunan yang berbentuk runcing, segitiga dan terdapat sudut yang tidak memenuhi 90 derajat, dan rentan terhadap torsi yang berpotensi rusak dan runtuh.

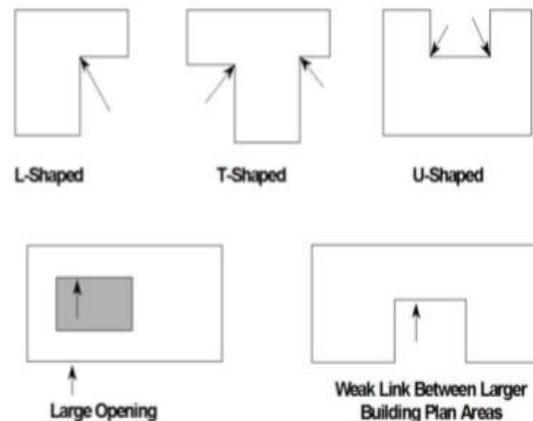


Gambar 2.10 Contoh dari *Non-Parallel System*

Sumber : FEMA P-154 (2015)

c) *Reentrant Corners*

Kondisi bangunan yang berbentuk E, L, T, U atau + (gambar 2.10). Konsentrasi tegangan dapat berkembang pada sudut *reentrant* dan menyebabkan kerusakan atau keruntuhan.

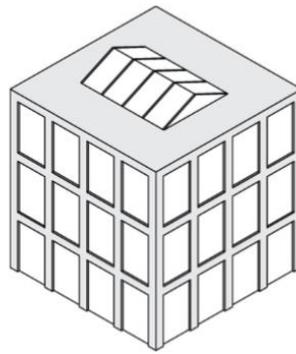


Gambar 2.11 Contoh dari *Reentrant Corners*

Sumber : FEMA P-154 (2015)

d) *Diaphragm Openings*

Peran penting dari lantai dan atap adalah dalam mendistribusikan kekuatan *seismic* ke elemen vertikal dari sistem penahan gaya *seismic*. Bukaan besar pada lantai dan atap dapat melemahkan diafragma dan mengurangi kemampuan mentransfer kekuatan *seismic*. Misalnya: *roof skylight* (seperti gambar 2.11).

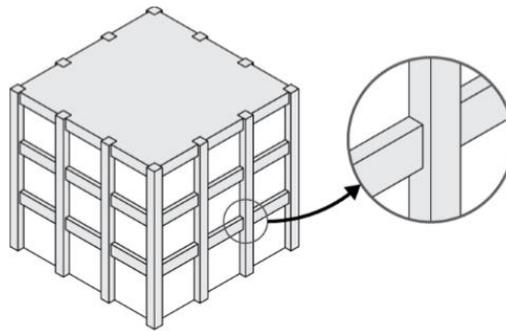


Gambar 2.12 Contoh dari *Diaphragm Openings*

Sumber : FEMA P-154 (2015)

e) *Beams Do Not Align With Columns*

Kondisi bangunan yang memiliki balok tidak sejajar dengan kolom. Pada umumnya, kondisi ini berlaku pada bangunan beton dimana balok eksterior tidak sejajar menempel pada kolom (seperti gambar 2.12).



Gambar 2.13 Contoh dari *Beams Do Not Align With Columns*

Sumber : FEMA P-154 (2015)

9) *Code* saat pembangunan

Code saat pembangunan bisa diketahui dengan melihat tahun bangunan itu dibangun. Tahun dibangun digunakan untuk menentukan pedoman/peraturan yang akan digunakan saat membuat bangunan. *Code* untuk bangunan di Indonesia, disebut *Pre-code* apabila bangunan dibangun sebelum tahun 1971, peraturan pembebanan memasukkan beban gempa bumi dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI, 1971), dan akan disebut *Post-Benchmark* apabila bangunan dibangun setelah tahun 1992 dimana peraturan kegempaan mulai ditingkatkan dalam SNI 03-2833-1992 (BSN, 1992).

