

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

##### **2.1.1. Penelitian Terdahulu tentang Kerentanan Bangunan**

Menurut Zulfiar (2014), kerentanan bangunan secara teknis disebabkan beberapa faktor yaitu lokasi/topografi, penggunaan material dan bentuk bangunan yang kurang sesuai, kualitas dan sistem bangunan yang kurang memadai dengan tingkat kerawanan daerah gempa, kondisi bangunan kurang terawat.

Menurut Hardjono dan Prayogo (2017), menyatakan bahwa bangunan tempat tinggal yang tergolong rentan adalah tipe struktur pasangan batu bata dengan perkuatan diafragma kaku, dan bentuk *irreguler* (bentuk U, L, dan O). *Indeks* kerentanan bangunan struktur ini berada di bawah ambang batas kerentanan dengan nilai 1,70.

Menurut Shivkant (2017), menyatakan bahwa bangunan yang memiliki nilai *score* RVS rendah dapat dikatakan bangunan berpotensi rentan terhadap gempa bumi yang terjadi di masa yang akan datang sehingga disarankan dilakukan analisis yang lebih rinci dan mendetail terhadap bangunan tersebut.

Menurut Saputra (2017), menyatakan bahwa faktor bentuk yang menyebabkan bangunan rentan terhadap gempa adalah *Plan Irregularity*, *Vertical Irregularity* dan belum adanya acuan pembangunan atau kode saat pembangunan yang dirujuk dan perawatan bangunan pada bangunan *non engineered*.

Menurut Bawono (2016), menyatakan bahwa nilai probabilitas kerusakan setiap rumah berbeda-beda, hal ini disebabkan karena jarak dari pusat gempa, kondisi tanah, topografi, dan jenis tanah yang terdapat di bawah masing-masing rumah berbeda.

Menurut Desmonda dan Pamungkas (2014), menyatakan bahwa persebaran zona kerentanan bencana gempa bumi di Kabupaten Malang Selatan dipengaruhi oleh jenis konstruksi bangunan permanen, tingkat kemiringan tanah, jenis batuan/geologi, dan jenis penggunaan lahan.

Menurut Faizah dan Syamsi (2017), bangunan yang memiliki kerentanan dengan kondisi *vertical irregularity* dapat dihilangkan, namun apabila tidak

dilakukan upaya untuk menghilangkan *vertical irregularity* bangunan harus dievaluasi lebih detail untuk mengetahui kekuatan struktur terhadap ancaman gempa bumi yang akan datang.

Devi dan Naorem (2015), kerusakan bangunan terhadap gempa bumi disebabkan karena bangunan memiliki mutu ketahanan gempa yang sangat rendah, sehingga perlu dilakukan penilaian kerentanan bangunan dan mitigasi bahaya akibat gempa bumi dari semua jenis bangunan di daerah yang memiliki zona persebaran gempa yang tinggi.

### **2.1.2. Penelitian Terdahulu yang Berdasarkan FEMA P-154**

Menurut Kurniawandy, dkk (2015), menyatakan bahwa komponen *vertical irregularity*, *plan irregularity*, dan tipe tanah merupakan parameter yang sangat menentukan dalam mengevaluasi menggunakan FEMA 154 karena komponen tersebut sebagai *factor* nilai pengurang.

Menurut Aritonang, dkk (2011), menyatakan bahwa evaluasi bangunan RSUP Dr. Sardjito dari pengaruh gempa dengan FEMA 154 menghasilkan nilai yang kurang dari 2.0, sehingga diperlukan evaluasi lebih lanjut menggunakan FEMA 310.

Menurut Astuti (2016), menyatakan bahwa *Rapid Visual Screening* menurut FEMA P-154 adalah probabilitas bangunan akan roboh jika terjadi gempa dengan perkiraan negatif logaritma basis-10 dari jumlah gempa bumi yang dapat menyebabkan bangunan runtuh selama umur rencana bangunan, yang umumnya umur bangunan direncanakan 50 tahun.

Menurut Ghafar, M. dkk (2015), menyatakan bahwa *Rapid Visual Screening* adalah salah satu metode yang efektif digunakan untuk melakukan penilaian bangunan, karena dapat menganalisis dengan cepat, mudah dilaksanakan, dan biaya yang rendah. *Final score* didapat berdasarkan 5 aspek utama yaitu jenis tanah pada wilayah *seismic*, jenis bangunan, klasifikasi bangunan, ketidakberaturan vertikal dan denah.

Menurut Nuri (2014), prosedur *Rapid Visual Screening* dapat digunakan untuk memetakan kerentanan bangunan terhadap gempa di Indonesia berdasarkan studi kasus yang ditinjau. Hanya saja perlunya penyesuaian formulir yang dipakai

sesuai kondisi dengan wilayah persebaran gempa, kondisi bangunan dan peraturan yang ada di Indonesia.

Menurut Sarraz dkk (2015), *Rapid Visual Screening* merupakan metode untuk menilai kerentanan bangunan terhadap gempa. Hasil analisis RVS dapat memberikan acuan dalam melakukan identifikasi, perbaikan, restorasi atau rencana evakuasi bangunan dengan mudah dan dapat memberikan acuan dalam pembangunan bangunan tahan gempa.

Menurut Srikanth dkk (2010), evaluasi *Rapid Visual Screening* menggunakan FEMA 154 pernah dilakukan di 16000 bangunan di Gandhidam dan Adipur Kota, hasil RVS mengungkapkan bahwa secara umum bangunan memiliki kualitas yang rendah karena faktor *vertical irregularity, plan irregularity, soft storey, heavy overhangs, apparent building quality* dan *diaphragm action*, sehingga perlu evaluasi lebih lanjut dan penguatan konstruksi bangunan sangat direkomendasikan.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Bencana**

#### a. Definisi Bencana

Berdasarkan UU RI Nomer 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, bencana adalah rangkaian peristiwa yang mengganggu kehidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam dan *non* alam maupun manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologi pada masyarakat.

Menurut Yulius (Tiyani, 2017), bencana merupakan peristiwa alam yang disebabkan oleh kesalahan manusia dalam memperlakukan sumber daya alam yang diberikan Tuhan kepada umat manusia. Akibat dari manusia yang mengeksploitasi sumber daya alam tanpa memperhatikan dampaknya sehingga menimbulkan ketidak seimbangan antara alam dan bumi kemudian melahirkan bencana.

#### b. Jenis – Jenis Bencana

Bencana digolongkan mejadi tiga yaitu bencana alam, bencana *non* alam, dan bencana sosial.

1) Bencana Alam

Bencana yang terjadi akibat peristiwa alam seperti gempa bumi, tanah longsor, banjir, angin puting beliung, gunung meletus, dan kekeringan.

2) Bencana *Non* Alam

Bencana yang terjadi akibat peristiwa *non* alam seperti epidemik dan wabah penyakit, dan kegagalan teknologi.

3) Bencana Sosial

Bencana yang terjadi akibat peristiwa ulah manusia dalam beraktivitas seperti teror dan konflik sosial antar kelompok maupun antar komunitas (SARA).

c. Prinsip Pengurangan Resiko Bencana

Menurut Maria (Tiyani, 2017), pengurangan resiko bencana adalah satu metode pendekatan untuk mengidentifikasi dan mengurangi resiko yang diakibatkan oleh bencana yang terjadi. Tujuan untuk mengurangi resiko yang terjadi dibidang ekonomi, lingkungan, dan sosial.

- 1) Tersedianya pengetahuan mengenai bahaya, kerentanan, kapasitas, resiko bencana.
- 2) Tersedianya akses bagi seluruh warga terhadap informasi dan pelatihan untuk meningkatkan kapasitas dalam hal penanggulangan resiko bencana.
- 3) Tersedianya sistem peringatan dini yang bisa diterima oleh warga.
- 4) Adanya peta evakuasi dengan tanda dan rambu yang terpasang, yang mudah dipahami oleh warga.

### **2.2.2. Ancaman ( *Hazard* )**

a. Definisi Ancaman

Berdasarkan UU RI Nomer 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, bahwa ancaman adalah suatu kondisi geologis, biologis, hidrologis, klimatologis, geografis, sosial, budaya, ekonomi, dan teknologi pada suatu wilayah dengan jangka waktu tertentu yang memiliki kemampuan mencegah, meredam, kesiagaan, dan mengurangi kemampuan untuk menanggapi dampak buruk bahaya yang akan terjadi.

b. Peta Ancaman Indonesia



Gambar 2.1 Peta Ancaman Indonesia Tahun 2012  
( Sumber : Posko BNPB 2012 )

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa ancaman bencana yang berada di Jawa khususnya di kota Yogyakarta maupun sekitarnya berada pada *indeks* ancaman yang tinggi, sehingga ancaman tersebut berpotensi menimbulkan kerugian secara ekonomi, sosial dan psikologi pada kurun waktu tertentu serta dapat menimbulkan adanya korban jiwa. Oleh karena itu perlunya penanggulangan bencana pada daerah yang memiliki ancaman bencana yang tinggi.

### 2.2.3. Kerentanan

Menurut BAKORNAS PB (2007), mendefinisikan kerentanan adalah kumpulan kondisi akibat keadaan ( fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan ) yang berpengaruh buruk terhadap upaya atau tindakan pencegahan dan penanggulangan bencana. Kerentanan bangunan adalah kondisi dimana ketidakmampuan bangunan dalam menahan getaran gempa bumi. Kerentanan ditunjukkan dengan mengidentifikasi dampak yang terjadi berupa jumlah korban jiwa maupun kerugian ekonomi.

### 2.2.4. Gempa Bumi

#### a. Definisi Gempa

Menurut Bath (Saputra, 2012), mendefinisikan gempa bumi adalah guncangan di permukaan bumi yang disebabkan oleh pelepasan energi secara tiba-tiba akibat adanya pergeseran batuan kerak bumi di sepanjang zona sesar

(subduksi). Energi yang dilepaskan berupa getaran *seismic*, getaran *seismic* tersebut dapat dirasakan sebagai gempa bumi setelah mencapai di permukaan bumi.

Menurut Kurniawandy, dkk (2015), gempa bumi adalah pergeseran tanah yang terjadi secara tiba-tiba dari lapisan di bawah permukaan bumi, ketika pergeseran terjadi maka akan timbul getaran dan disebut sebagai gelombang *seismic*.

b. Jenis – Jenis Gempa Bumi

Menurut Sriharini (Tiyani, 2017), menjelaskan bahwa Gempa Bumi dibagi menjadi tiga jenis yaitu :

1) Gempa Bumi Vulkanik

Gempa yang terjadi akibat aktivitas tekanan gas yang sangat besar dari perut magma gunung berapi karena adanya sumbatan kawah sehingga terjadi getaran dan meletusnya gunung berapi.

2) Gempa Bumi Tektonik

Gempa yang terjadi karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat adanya pergeseran kerak bumi.

3) Gempa Bumi Induksi

Gempa bumi yang terjadi karena pelepasan energi akibat sumber lain seperti runtuh atau longsoran tanah.

c. Tipe Gelombang Gempa Bumi

Gelombang gempa bumi dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

1) Gelombang Primer ( *P-wave* )

Gelombang yang memiliki arah longitudinal terhadap pusat gempa, gelombang primer bekerja seperti pegas ( merenggang-memampat ) dan gelombang primer hanya memiliki energi yang rendah.

2) Gelombang Sekunder ( *S-wave* )

Gelombang yang memiliki arah transversal ( tegak lurus dengan gelombang primer ) dan gelombang sekunder memiliki energi yang lebih kuat dibandingkan dengan gelombang primer. Namun, gelombang primer memiliki kecepatan 1,5 kali lebih cepat dibandingkan dengan gelombang sekunder sehingga gelombang primer akan datang lebih cepat daripada gelombang

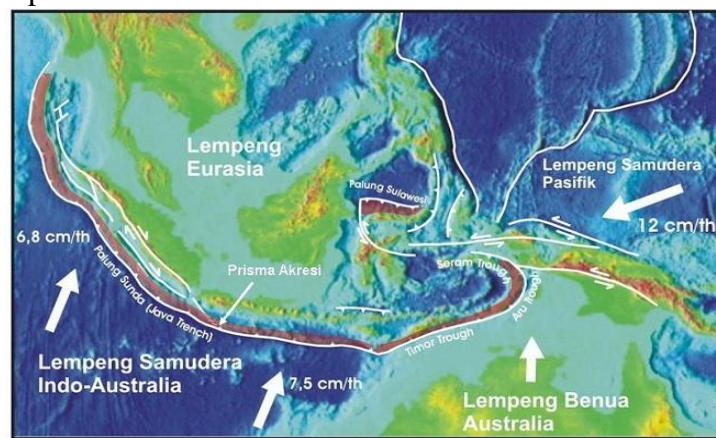
sekunder dan gelombang sekunder lebih merusak daripada gelombang primer.

#### d. Intensitas Gempa

Intensitas gempa adalah klarifikasi kekuatan getaran atau guncangan gempa yang didasarkan atas efek yang terekam dilapangan, meliputi respon objek, kerusakan bangunan dan perasaan orang. Berikut skala kekuatan gempa *modified mercalli (MMI)* dan efek yang ditimbulkan :

- 1) Skala I (0-1,9)SR : Tidak terasa, kecuali dalam keadaan sangat tenang.
- 2) Skala II (2-2,9)SR : Terasa oleh beberapa orang di gedung lantai atas dan lampu mulai berayun.
- 3) Skala III (3-3,9)SR : Terasa beberapa orang dianggap getaran seperti truk yang sedang melintas.
- 4) Skala IV-V (4-4,9)SR : Terasa didalam rumah dan diluar rumah, banyak yang terbangun dari tidur.
- 5) Skala VI (5-5,9)SR : Terasa oleh semua orang, ketakutan, lari keluar dan adanya kerusakan kecil pada bangunan.
- 6) Skala VII-IX (6-6,9)SR : Gedung dengan konstruksi baik banyak rusak, pondasi bangunan bergeser dan tanah retak.
- 7) Skala X-XI (7-7,9)SR : Gedung dengan konstruksi baik hancur, jembatan hancur, rekahan melebar dan hanya sedikit bangunan yang masih berdiri.
- 8) Skala XII (8-8,6)SR : Kehancuran total, tanah berombak, benda-benda terlempar ke udara.

#### e. Peta Gempa Bumi Indonesia



Gambar 2.2 Peta Lempeng Indoneisa  
( Sumber : *Geoarthlogie* 2012 )

Pada gambar diatas menunjukkan wilayah Kepulauan Indonesia terletak pada tiga pertemuan lempeng tektonik, yaitu Lempeng Hindia – Australia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Eurasia. Sehingga pertemuan tiga lempeng tersebut membuat Indonesia rawan terhadap bencana gempa bumi.

### **2.2.5. Bangunan Tahan Gempa**

#### a. Definisi Bangunan Tahan Gempa

Berdasarkan Pedoman Teknis SNI 1726 Tahun 2012, bangunan tahan gempa merupakan bangunan yang mampu meredam energi gempa yang terjadi melalui kombinasi gaya yang dihasilkan dari bagian struktur dan *non* struktur bangunan. Apabila terjadi gempa bumi bangunan tersebut dapat melindungi penghuni sehingga penghuni memiliki kesempatan untuk menyelamatkan diri.

#### b. Filosofi Bangunan Tahan Gempa Bumi

Filosofi bangunan tahan gempa bumi dibagi menjadi 3 yaitu :

- 1) Pada gempa ringan/kecil, struktur utama bangunan tidak boleh rusak dan harus berfungsi dengan baik. Kerusakan kecil pada elemen *non*-struktural masih dibolehkan.
- 2) Pada gempa sedang/menengah, struktur utama bangunan boleh rusak/retak ringan tetapi masih dapat diperbaiki. Elemen *non*-struktural dapat rusak tetapi masih dapat diganti dengan yang baru.
- 3) Pada gempa besar/kuat, struktur utama bangunan boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh total, yang bertujuan agar dapat melindungi manusia/ penghuni bangunan secara maksimal atau masih ada cukup waktu untuk penghuni bangunan untuk keluar.

#### c. Prinsip Bangunan Tahan Gempa Bumi

Terdapat beberapa prinsip supaya bangunan tahan gempa bumi, yaitu :

##### 1) Ringan

Beban gempa pada bangunan berasal dari massa bangunan yang terkena percepatan gerakan tanah akibat gempa bumi, semakin besar massa bangunan, maka beban gempa pada bangunan akan semakin besar. Sebaiknya bangunan dibuat dari bahan-bahan yang ringan.



## 2) Liat (Daktail)

Rangka bangunan harus bersifat liat (daktail) atau dapat berubah (deformasi) bentuk tanpa mengalami kegagalan (pecah, patah, hancur). Sambungan antar elemen harus benar-benar kuat, sehingga menjamin elemen-elemen yang tersambung dapat mengerahkan kekuatan maksimumnya.

## 3) Stabil

Stuktur bangunan harus stabil, bangunan tidak terguling, tergeser, atau terpuntir.

### **2.2.6. FEMA P-154 2015**

FEMA P-154 adalah suatu metode untuk mengetahui kerentanan suatu bangunan yang dilakukan dengan cara mengevaluasi kerentanan bangunan tersebut. Hasil dari evaluasi kerentanan bangunan akan dijadikan pedoman untuk tindakan sebagai langkah *Risk Reduction* terhadap ancaman gempa (Kurniawandy dkk, 2015).

Bangunan yang telah jadi dapat dievaluasi kerentanannya dengan berpedoman pada FEMA 154 dan 155 dan bila berdasarkan evaluasi bangunan tersebut beresiko tinggi terhadap gempa maka evaluasi bangunan harus dilanjutkan dengan pedoman FEMA 310, FEMA 356 dan ATC 40 (Amir, 2012).

Keruskan bangunan berdasarkan formulir FEMA 154 terdiri dari beberapa penilaian dasar, yaitu informasi identifikasi bangunan, denah bangunan, menentukan tipe tanah, dokumentasi foto penggunaan bangunan dan mengenai nilai dasar *structural* yang berhubungan.

### **2.2.7. Rapid Visual Screening (RVS)**

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

Menurut FEMA P-154 (2015), *Rapid Visual Screening (RVS)* metode yang dikembangkan untuk mengidentifikasi, menginventarisir suatu bangunan yang berpotensi berbahaya secara *seismic*. Metode ini dilakukan berdasarkan survei lapangan dan formulir penumpulan data berdasarkan pengamatan secara *visual* bangunan dari luar dan *interior*.

Menurut Astuti (2016), *Rapid Visual Screening (RVS)* berdasarkan FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) 154 dikembangkan di Amerika Serikat untuk mengidentifikasi, inventarisasi dan *menscreening* bangunan yang mempunyai potensi terkena bahaya *seismic*. Selain itu, RVS digunakan untuk menjadi fase penyaringan awal prosedur identifikasi bangunan yang berpotensi rentan terhadap gempa bumi. Prosedur RVS menggunakan metodologi dengan cara survei bangunan cepat dan pengambilan data menggunakan formulir survei yang terdapat di buku pedoman FEMA 154. Survei dilakukan berdasarkan pengamatan langsung bangunan dari sisi luar, dan jika mungkin interiornya.

b. Parameter *Rapid Visual Screening* menurut FEMA P-154 2015

1) Lokasi *Seismisitas*

Lokasi *Seismisitas* adalah wilayah kegempaan atau wilayah persebaran gempa bumi. Pada FEMA P-154 2015, wilayah kegempaan terbagi menjadi lima yaitu (dapat dilihat pada Tabel 2.1):

Tabel 2.1 Nilai *Respon Spektrum*

Wilayah Kegempaan	Akselerasi <i>Respon Spektrum</i> , $S_S$ (periode pendek, atau 0.2 detik)	Akselerasi <i>Respon Spektrum</i> , $S_I$ (periode panjang, atau 1 detik)
<i>Low</i>	$S_S \leq 0.25 \text{ g}$	$S_I \leq 0.10 \text{ g}$
<i>Moderate</i>	$0.25 \text{ g} \leq S_S \leq 0.50 \text{ g}$	$0.10 \text{ g} \leq S_I \leq 0.20 \text{ g}$
<i>Moderately High</i>	$0.50 \text{ g} \leq S_S \leq 1.00 \text{ g}$	$0.20 \text{ g} \leq S_I \leq 0.40 \text{ g}$
<i>High</i>	$1.00 \text{ g} \leq S_S \leq 1.50 \text{ g}$	$0.40 \text{ g} \leq S_I \leq 0.60 \text{ g}$
<i>Very High</i>	$S_S \geq 1.50 \text{ g}$	$S_I \geq 0.60 \text{ g}$

Sumber : FEMA P-154 2015

Tabel 2.1 diatas digunakan untuk memilih jenis formulir *RVS* yang sesuai dengan daerah yang teliti. Pada FEMA 154 formulir terdiri lima tipe yaitu *Very High Seimicity*, *High Seimicity*, *Moderately High Seimicity*, *Moderate Simicity*, dan *Low Seimicity*.

2) Jenis / Tipe Hunian

Hunian memiliki karakteristik yang mudah dikenali dari *RVS*, umumnya diidentifikasi dari luas penggunaan bangunan dan fungsi bangunan itu sendiri. Terdapat sembilan kelas hunian pada *RVS*, yaitu :

a) Gedung Pertemuan

Gedung pertemuan adalah tempat yang digunakan untuk pertemuan dengan sekelompok besar orang yang berkumpul menjadi satu ruangan dan pada waktu yang sama. Contohnya : bioskop, auditorium, pusat komunitas, ruang pertunjukan, gereja, dan masjid.

b) Komersil

Komersil adalah tempat yang digunakan untuk bisnis ritel dan grosir, institusi keuangan, restoran, dan struktur parker.

c) Layanan Darurat

Layanan darurat adalah tempat atau fasilitas yang mungkin digunakan untuk keperluan darurat yang disebabkan karena bencana. Contohnya : pos polisi, pemadam kebakaran, rumah sakit, dan pusat komunikasi.

d) Industri

Industri adalah tempat yang digunakan untuk kegiatan industri. Contohnya : pabrik makanan, pabrik perakitan, dan fasilitas manufaktur berat.

e) Kantor

Kantor adalah tempat yang digunakan untuk kegiatan perkantoran. Contohnya : kantor manajemen, dan kantor layanan profesional hunian.

f) Perumahan

Perumahan adalah tempat hunian yang digunakan sebagai tempat tinggal. Contohnya : Rumah, *townhouse*, asrama, motel, hotel, apartemen, dan kondominium, dan tempat tinggal untuk orang tua atau orang cacat.

g) Sekolah

Sekolah adalah tempat yang digunakan untuk proses belajar atau tempat pendidikan publik dan swasta. Contohnya : SD, SMP, SMA/SMK, dan tingkat Universitas.

h) Utilitas

Utilitas adalah tempat yang mencakup semua bangunan yang digunakan utilitas publik dan swasta. Contohnya : pembangkit listrik, fasilitas pengolahan air, dan gardu listrik.

## i) Gudang

Gudang adalah tempat yang digunakan untuk menyimpan barang dengan jumlah yang besar dan gudang komersial dimana barang terjual.

## 3) Jenis/Tipe Tanah

Data jenis tanah digunakan untuk mengetahui tipe/jenis tanah yang berada di kawasan sekitar maka diperlukan data penyelidikan tanah. Berdasarkan FEMA P-154 jenis tanah dibagi menjadi enam tipe/jenis, yaitu:

- a) *Hard Rock*
- b) *Average Rock*
- c) *Dense Soil*
- d) *Stiff Soil*
- e) *Soft Soil*
- f) *Poor Soil*

Jika pada pengambilan sampel tanah tidak ada dasar untuk mengklarifikasikan jenis tanah, “DNK” harus dipilih dan Tipe Tanah D harus diasumsikan (seperti Gambar 2.3 ).

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 2.3 Jenis/Tipe Tanah  
( Sumber : FEMA P-154 2015 )

4) Elemen yang berbahaya jatuh (*Falling Hazard*)

*Falling Hazard* adalah elemen *non* struktur yang memungkinkan terjatuh karena adanya guncangan atau gempa bumi. Contohnya : cerobong asap, *plafon*, talang air, lampu hias yang terletak diatas, dan kanopi. Elemen tersebut dapat menimbulkan bahaya bagi keselamatan penghuni maupun orang yang lewat karena jika pemasangan tidak sesuai dengan syarat yang berlaku.

## 5) Karakteristik Bangunan

Berdasarkan FEMA P-154 2015 ada tujuh belas karakteristik bangunan, yaitu:

- a) Bangunan dengan rangka kayu ringan satu atau lebih unit, hunian keluarga dengan area rencana di setiap lantai dibawah 3000 kaki persegi (W1).

- b) Bangunan dengan rangka kayu ringan multi unit, gedung perkantoran bertingkat dengan area rencana di setiap lantai lebih besar dari 3000 kaki persegi (W1A).
- c) Bangunan dengan rangka kayu, bangunan komersial dan industri dengan area rencana luas lantai lebih dari 5000 kaki persegi (W2).
- d) Bangunan dengan rangka penahan momen baja (S1).
- e) Bangunan dengan rangka baja bertulang (S2).
- f) Bangunan dengan rangka baja/logam ringan (S3).
- g) Bangunan rangka baja dengan dinding beton dan terdapat dinding geser (*Sheer Wall*) (S4).
- h) Bangunan rangka baja dengan dinding pengisi batu bata yang tidak diperkuat (S5).
- i) Bangunan dengan rangka beton tahan gempa (C1).
- j) Bangunan dengan rangka beton dan dinding geser (*Sheer Wall*) (C2).
- k) Bangunan rangka beton dengan dinding pengisi batu bata yang tidak diperkuat (C3).
- l) Bangunan dengan rangka yang sudah dibuat sebelumnya (PC1).
- m) Bangunan dengan beton pracetak (PC2).
- n) Bangunan dengan dinding batu bata yang diperkuat dengan lantai fleksibel dan atap rongga (RM1).
- o) Bangunan dengan dinding batu bata yang diperkuat dengan lantai kaku dan atap rongga (RM2).
- p) Bangunan dengan dinding batu bata yang tidak diperkuat (URM).
- q) Rumah produksi (MH).

#### 6) Jumlah Lantai

Jumlah lantai diukur dari bagaian bangunan paling bawah yang menyentuh tanah hingga atap bangunan. Jumlah lantai ini digunakan untuk memprediksi tinggi bangunan (kira-kira 9-10 *feet* per lantai untuk bangunan perumahan dan 12 *feet* per lantai untuk bangunan komersil atau perkantoran).

#### 7) Vertical Irregularity

*Vertical Irregularity* adalah kenampakan secara vertikal yang tidak regular. Contoh dari *Vertical Irregularity* yaitu:

a) *Sloping Site*

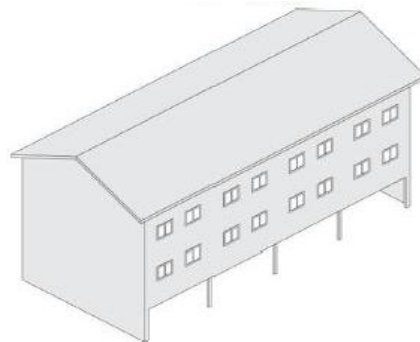
Bangunan yang berada diatas bukit curam, seperti pada Gambar 2.4, masalah yang akan terjadi jika bangunan berada pada ketinggian yang berbeda adalah kekakuan horizontal karena sisi bawah akan berbeda kekakuannya dari sisi yang menanjak.



Gambar 2.4 Contoh *Sloping Site*  
( Sumber : FEMA P-154 2015 )

b) *Soft Story*

Bangunan yang memiliki lantai dengan kekuatan lebih kecil ( lebih sedikit dinding atau kolom ) daripada lantai diatas atau dibawahnya. Contohnya : *Basement*



Gambar 2.5 Contoh *Soft Story*  
( Sumber : FEMA P-154 2015 )

c) *Out-Of-Plane Setback*

Bangunan dengan kondisi yang terdapat sistem penahan gaya *seismic* pada suatu lantai tetapi tidak selaras secara vertikal dengan sistem penahan gaya *seismic* diatas atau dibawahnya.

d) *In-Plane Setback*

Bangunan dengan kondisi elemen dari sistem penahan gaya *seismic* ditingkat atas dan diimbangi dengan elemen elemen dari sistme penahan gaya *seismic* pada bagian yang lebih rendah. Tipe *in-plane setback* bisa dilihat dari struktur rangka dan dinding gesernya.

e) *Short Columns*

Bangunan dengan kondisi dimana beberapa kolom (atau kolom dinding) lebih pendek daripada kolom pada umumnya. Kolom pendek dan lebih kaku ini lebih banyak menarik muatan lateral akibatnya dapat mengalami kerusakan yang cukup signifikan.

f) *Split Levels*

Bangunan dengan kondisi dimana lantai atau atap bangunan tidak sejajar dengan lantai atau atap dibagian lain bangunan.

8) *Plan Irregularity*

*Plan Irregularity* adalah kenampakan secara horizontal yang tidak regular (tidak simetris). Kondisi ketidakteraturan dapat terjadi pada semua tipe bangunan. Contoh dari *Plan Irregularity* yaitu :

a) *Torsion*

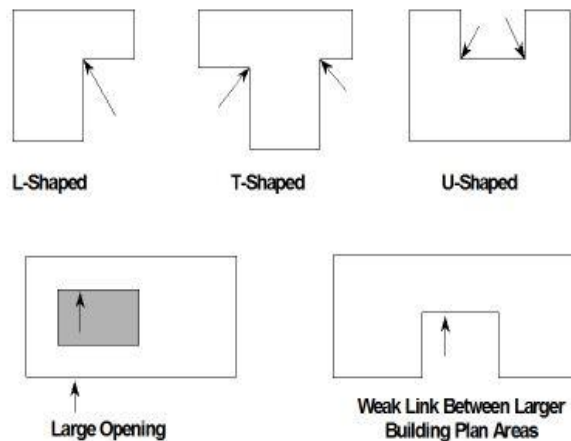
Bangunan dengan kondisi hambatan beban lateral atau ada *eksentrisitas* kekakuan pada sistem penahan gaya *seismic* yang dapat menyebabkan putaran (*torsi*) disekitar sumbu vertikal. Contohnya : dimana pada kedua sisi yang berdekatan memiliki bukaan jendela, sedangkan dua sisi lain lainnya tidak memiliki bukaan jendela atau tertutup dengan tembok.

b) *Non-Parallel System*

Bangunan dengan kondisi bentuk runcing, segitiga, dan rentan terhadap torsi dan akan berpotensi menimbulkan kerusakan dan keruntuhan.

c) *Reentrant Corners*

Bangunan yang memiliki bentuk seperti huruf E, L, T, U atau + . Konsentrasi tegangan dapat berkembang disudut reentrant sehingga akan menyebabkan kerusakan atau keruntuhan. Batas proyeksi tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah dalam arah tonjolan tersebut.



Gambar 2.6 Bentuk bangunan *Reentrant Corners*  
( Sumber : FEMA P-154 2015 )

d) *Diaphragm Openings*

Bangunan dengan kondisi lantai dan atap memiliki peran penting dalam mendistribusikan kekuatan *seismic* ke elemen vertikal dari sistem penahan gaya *seismic*. Bangunan dengan bukaan besar dilantai atau atap dapat melemahkan diafragma dan mengurangi kemampuan mentransfer kekuatan *seismic*. Contohnya : *roof skylight*.

e) *Beams Do Not Align With Columns*

Bangunan dengan kondisi dimana balok tidak sejajar dengan kolom. Biasanya, kondisi ini berlaku pada bangunan beton dimana balok menempel pada kolom.

9) Tahun Dibangun

Tahun dibangun untuk menentukan pedoman/peraturan yang digunakan saat membuat bangunan. Untuk wilayah Indonesia menggunakan acuan sebagai berikut :

a) *Precode*

Bangunan yang dibangun pada tahun 1971 dan sebelumnya, dimana pada tahun 1971 pertama kali peraturan pembebanan memasukkan beban gempa (PBI 1971).

b) *Post Benchmark*

Bangunan yang dibangun pada tahun 1992 dan setelahnya, dimana peraturan pembebanan gempa mulai ditingkatkan.



10) *Score*

Dari beberapa kriteria penilaian diatas, dapat ditentukan *score* bangunan yang diteliti. Dengan cara melingkari *score* pada *building type* yang sesuai dengan bangunan yang diteliti. Setelah itu, seluruh *score* dijumlahkan dan didapatkan *Final Score* (S). Jika  $S \leq 2$  maka bangunan dinyatakan berisiko terhadap ancaman gempa bumi dan perlu adanya evaluasi lebih detail.

*Score*  $S_{L1}$  didapatkan dari tipe bangunan yang memiliki *basic score* kemudian nilai tersebut dikurangi dengan tingkat kesalahan atau potensi bangunan yang rentan terhadap gempa. *Score*  $S_{L1}$  selanjutnya dianalisis dengan Persamaan 2.1 untuk mendapatkan potensi kerentanan.

$$\text{Potensi Kerentanan} = \frac{1}{10^{S_{L1}}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dari potensi kerentanan dapat disimpulkan apabila  $S_{L1} = 2$ , maka kemungkinan 1 bangunan yang rentan terhadap gempa atau berpotensi roboh dari 100 bangunan atau 1% bangunan yang ditinjau memiliki resiko rentan terhadap gempa bumi dan berpotensi roboh dari keseluruhan bangunan.