

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

Pada Bab II telah dibahas tentang keaslian penelitian tentang kerusakan bangunan dan Case Based Reasoning dan pada Bab III akan dibahas teori-teori yang tentang gempa bumi, kerusakan akibat gempa bumi, kriteria kerusakan bangunan dan Case Based Reasoning sebagai metode yang digunakan dalam pengambilan keputusan dalam penentuan standar kriteria kerusakan rumah tinggal akibat gempa bumi yang dijadikan landasan teori dalam penelitian ini.

#### **3.1. Gempa Bumi**

Gempa bumi merupakan guncangan di permukaan bumi yang disebabkan oleh pelepasan energi secara tiba-tiba akibat adanya pensesaran batuan kerak bumi di sepanjang zona penunjaman lempeng (subduksi) getaran yang dilepaskan adalah getaran seismik yang menjalar dalam bumi. Getaran seismik tersebut dirasakan sebagai gempa bumi setelah mencapai permukaan bumi (Bath, 1979).

Gempa bumi adalah bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah/slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi. Gempa bumi secara pasti belum dapat diprediksi tempat dan waktu kejadian, magnitude gempa maupun kedalaman focus. Walaupun belum dapat diprediksi secara akurat, tetapi perkiraan tempat-tempat potensi kejadian gempa pada masa-masa mendatang sudah dapat diidentifikasi secara baik (Pawirodikromo, 2012). Jenis gempa ditinjau dari penyebabnya adalah sebagai berikut ini.

1. Gempa runtuh yaitu gempa yang terjadi karena adanya ledakan pada pekerjaan bawah tanah yang mengakibatkan runtuhnya lapisan batu/tanah juga dapat mengakibatkan getaran dalam tanah. Runtuhnya lapisan tanah baik runtuh di dalam gua-gua dan tambang-tambang dapat mengakibatkan getaran pada tanah sehingga mirip dengan gempa bumi

meskipun skalanya relatif kecil.

2. Gempa Vulkanik, gempa yang terjadi karena adanya aktivitas vulkanik seperti proses keluar magma panas ke atas permukaan tanah. Getaran tanah yang ditimbulkan oleh proses keluarnya magma panas secara paksa (meledak) menyerupai gempa bumi walaupun intensitasnya kecil dibandingkan dengan gempa tektonik.
3. Gempa Ledakan. Gempa ledakan terjadi karena adanya ledakan yang sangat besar di dalam tanah misalnya akibat percobaan ledakan nuklir, panas dan tekanan yang sangat tinggi. Energi getaran yang ditimbulkan akibat ledakan mengakibatkan getaran tersebut dapat merambat dipermukaan kesegala arah dan dapat dirasakan getarannya seperti gempa bumi.
4. Gempa tektonik. Gempa bumi jenis ini erat sekali hubungannya dengan aktivitas lempeng tektonik. Gerakan lempeng tektonik dapat saling beradu (convergent), saling menggeser (shear), saling tarik (tension) dan kombinasi diantaranya. Kerusakan lapis kerak bumi yang terjadi secara tiba-tiba menimbulkan getaran yang disebarkan ke semua arah yang selanjutnya merambat sampai permukaan tanah.

### **3.2. Pengaruh Jarak & Kondisi Tanah Terhadap Kerusakan Bangunan**

Intensitas gempa yang pada umumnya dinyatakan dalam *Imm* dan karakter gerakan tanah (*ground motion characteristics*) salah satunya akan dipengaruhi oleh kondisi tanah setempat. Intensitas gempa *Imm* salah satunya ditentukan berdasarkan kerusakan bangunan yang terjadi. Pada sisi yang lain percepatan tanah akibat gempa yang lebih besar karena kondisi tanah yang berbeda selanjutnya akan mengakibatkan kerusakan bangunan. Dengan demikian kondisi tanah setempat (*local site*), percepatan tanah akibat gempa dan intensitas gempa/ kerusakan bangunan akibat gempa terjadi saling berkaitan (Pawirodikromo, 2012).

### 3.3. Catatan Sejarah Gempa Bumi Di Pulau Jawa

Karakteristik gempabumi yang terjadi di Pulau Jawa umumnya hampir sama dengan karakteristik gempa di Pulau Sumatra. Mayoritas episenter gempa berada di zona patahan (beberapa yang terkenal adalah patahan Cimandiri-Lembang, Patahan Baribis, Patahan Semarang-Brebes, dan Patahan di sebelah timur gunung Muria).

Dari data historis kegempaan Pulau Jawa, Yogyakarta, telah diguncang sedikitnya empat gempa berkisar 6 skala Richter, yaitu pada tahun 1867, 1937, 1943, dan 1981. Kejadian gempa yang pernah terjadi di Pulau Jawa adalah sebagai berikut ini. (<http://www.pu.go.id>)

1. 1840 : Beberapa bangunan rusak
2. 1852 : Beberapa bangunan dan rumah penduduk rusak
3. 1863 : Kerusakan bangunan dan rumah penduduk serta 1 pabrik gula
4. 10 Juni 1867: Sedikitnya 372 rumah roboh dan lima orang meninggal. Gempa yang getarannya terasa hingga Surakarta, Jawa Tengah. Kejadian ini menyebabkan runtuhnya tugu Keraton Yogyakarta dan sejumlah bangunan Tamansari. Kediaman residen Belanda (Gedung Agung) juga turut ambruk
5. 1871 : Bangunan pemerintah dan rumah penduduk retak
6. 1872 : Bangunan retak-retak
7. 1916 : Sekitar 740 rumah roboh, beberapa sekolah rusak
8. 1923 : Beberapa bangunan rusak
9. 1926 : Beberapa orang luka-luka
10. 23 Juli 1943 : Mengakibatkan 213 orang meninggal, 2.096 orang luka-luka, dan 2.800 rumah hancur. Gempa yang berpusat di 8,6 LS dan 109,9 BT di Samudera Hindia, getarannya terasa dari Garut hingga Surakarta.
11. 14 Maret 1981: Terjadi gempa berkekuatan 6 SR di Selatan Yogyakarta pada jarak 150 km di kedalaman 33 km dari permukaan laut. Gempa ini

berpusat pada  $7,2^\circ$  LS dan  $109,3^\circ$  BT itu meretakkan dinding Hotel Ambarukmo.

12. 9 Juni 1992 : Gempa tektonik berkekuatan 6,5 SR terjadi pada pukul 07.31 WIB dengan kedalaman 106 km. Kejadian ini berlangsung selama satu menit dan getarannya terasa di daerah Yogyakarta, Semarang, Solo, dan Magelang.
13. 25 Mei 2001 : Gempa tektonik berkekuatan 6,2 SR mengguncang Semarang, Kudus, Surakarta, Magelang, dan Yogyakarta pukul 12.10 WIB. BMG menyebutkan, pusat gempa berada di Samudera Hindia, 95 km arah selatan Yogyakarta, atau  $8,62^\circ$  LS dan  $110,11^\circ$  BT. Beberapa bangunan di Bantul mengalami keretakan.
14. 19 Agustus 2004 : Gempa tektonik berkekuatan 6,3 SR mengguncang wilayah Yogyakarta pukul 13.33 WIB. Pusat gempa berada di Samudera Hindia sekitar 150 km selatan Kota Yogyakarta. Kedalaman pusat gempa 55 km dari permukaan tanah dengan posisi  $9,22^\circ$  LS dan  $109,58^\circ$  BT.
15. 19 Juli 2005 : Gempa tektonik berkekuatan 5,5 SR mengguncang DI Yogyakarta pukul 19.21 WIB. Pusat gempa di kedalaman 33 km dengan jarak 220 km di selatan Yogyakarta, di Samudera Indonesia. Gempa ini akibat pergeseran lempeng tektonik Indo-Australia dan Eurasia itu hanya berlangsung sekitar lima detik dan tidak menimbulkan kerusakan.

Gempa bumi di Yogyakarta dan Jawa Tengah merupakan gempa terbesar dalam kurun waktu 18 bulan setelah gempa tektonik berkekuatan 8,5 SR yang terjadi di Nangroe Aceh Darussalam yang mengakibatkan gelombang tsunami dan menelan korban ratusan ribu jiwa pada 26 Desember 2004. Gempa susulan berkekuatan 3,8 SR mengguncang DIY pada Kamis sekitar pukul 11.44 membuat panik warga masyarakat khususnya di Kota Yogyakarta dan Kabupaten Bantul.. Pusat gempa berada di daratan di wilayah Kabupaten Bantul dengan kedalaman 15 km dari permukaan daratan. Menurut Kasi Data dan Informasi Stasiun Geofisika, Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Yogyakarta, Tiar Prasetyo,

Beberapa menit sebelumnya juga terjadi gempa susulan berkekuatan 2,9 SR, dan sejak pukul 06.00 - 11.55 WIB sudah terjadi 9 kali gempa susulan. Berdasarkan data 1 Juni 2006, tercatat korban meninggal mencapai 6.234 jiwa, luka berat mencapai 33.000 jiwa, luka ringan mencapai 13.000 jiwa. Bangunan yang rusak mencapai 233.232 rumah. Pemerintah, Senin 5 Juni 2006, mengeluarkan angka resmi baru mengenai jumlah korban tewas dalam bencana gempa bumi di Yogyakarta dan Jawa Tengah. Jumlah korban itu mengalami penurunan dari data sebelumnya menjadi 5.782 orang setelah tim verifikasi melakukan pendataan jumlah korban meninggal dunia di sejumlah daerah gempa. Pekan lalu Departemen Sosial mengeluarkan data korban tewas dalam gempa 27 Mei itu yang mencapai 6.234 orang. Sementara itu, Depsos juga melakukan revisi terhadap data korban luka-luka dari sekitar 46.000 orang menjadi 36.300 orang. (<http://www.pu.go.id>)

Gempa melanda pantai selatan Pulau Jawa pada Senin, 17 Juli 2006 dan membuat air laut surut hingga satu meter selama sekitar tujuh menit, sekitar 20 menit sejak gempa tersebut terjadilah tsunami setinggi tiga hingga empat meter dan sampai ke darat bahkan ada yang mencapai enam meter. Berdasarkan data United States Survey Geological (USGS) gempa terjadi Senin pukul 15.19 WIB itu berkekuatan 7,2 Skala Richter (SR) dan lokasi episentrum gempa sendiri berada sekitar 260 km arah selatan Kota Bandung di 9,295 LS dan 107,347 BT dengan kedalamannya 48 kilometer. Sementara itu data Kantor Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) menyatakan gempa berpusat pada 9,41 Lintang Selatan dan 107,19 Bujur Timur, tepatnya di pantai selatan Jawa, Samudera Hindia berjarak 620 kilometer dari Bandung ke arah Selatan dan berkedalaman 33 kilometer dari permukaan laut dengan kekuatan gempa mencapai 6,8 skala richter. Menurut catatan Sekretaris Menko Kesra pada Selasa (18/07), jumlah korban meninggal mencapai 341 orang, sedangkan korban hilang sekitar 229 orang. Korban meninggal terbanyak ada di Jawa Barat yaitu berjumlah 239 orang terdiri atas Ciamis atau Pangandaran sebanyak 182 orang, Tasikmalaya

54 orang dan Banjar tiga orang. Sedangkan Jawa Tengah berjumlah 102 orang yang terdiri dari Cilacap 91 orang, Kebumen tujuh orang dan Gunung Kidul empat orang. (<http://www.pu.go.id>)

### 3.4. Akibat Gempa Bumi

Gempa bumi mengakibatkan dampak yang cukup besar terhadap bangunan serta lingkungan yang terkena bencana gempa bumi. Akibat gempa bumi dikategorikan menjadi dua golongan besar. Akibat yang pertama adalah akibat langsung (*direct effects*) dan akibat yang kedua adalah akibat tidak langsung (Law & Wang, 1994). Akibat gempa bumi langsung dan tidak langsung adalah sebagai berikut ini.

#### 1. Akibat Langsung

Akibat langsung yang dimaksud adalah kerusakan struktur tanah ataupun kerusakan sesuatu diatas tanah. Kerusakan-kerusakan akibat gempa bumi langsung adalah sebagai berikut ini.

- a) Likuifaksi
- b) Penurunan tanah dan runtuhnya lapis tanah
- c) Tanah longsor dan batu longsor
- d) Retakan permukaan tanah
- e) Kerusakan bangunan

#### 2. Akibat tidak langsung

Efek tidak langsung adalah efek yang diakibatkan oleh kondisi situs (*topographical effects*) dan kondisi tanah (*site effects*) yang mana kerusakan bangunan terparah oleh peristiwa rambatan gelombang gempa. Efek tidak langsung dapat dikategorikan sebagai berikut ini.

#### a) Akibat Resonansi

Resonansi adalah peristiwa membesarnya respon suatu objek akibat adanya kesamaan periode getar struktur dan periode getar tanah/situs. Mengingat bangunan berada diatas tanah maka terdapat interaksi antara

tanah dengan bangunan.

b) Akibat Amplifikasi

Amplifikasi adalah membesarnya respon tanah (percepatan, kecepatan ataupun simpangan) dan akan banyak berkaitan dengan tanah yang bersifat elastic atau tanah yang degradasi kekuatannya relative kecil.

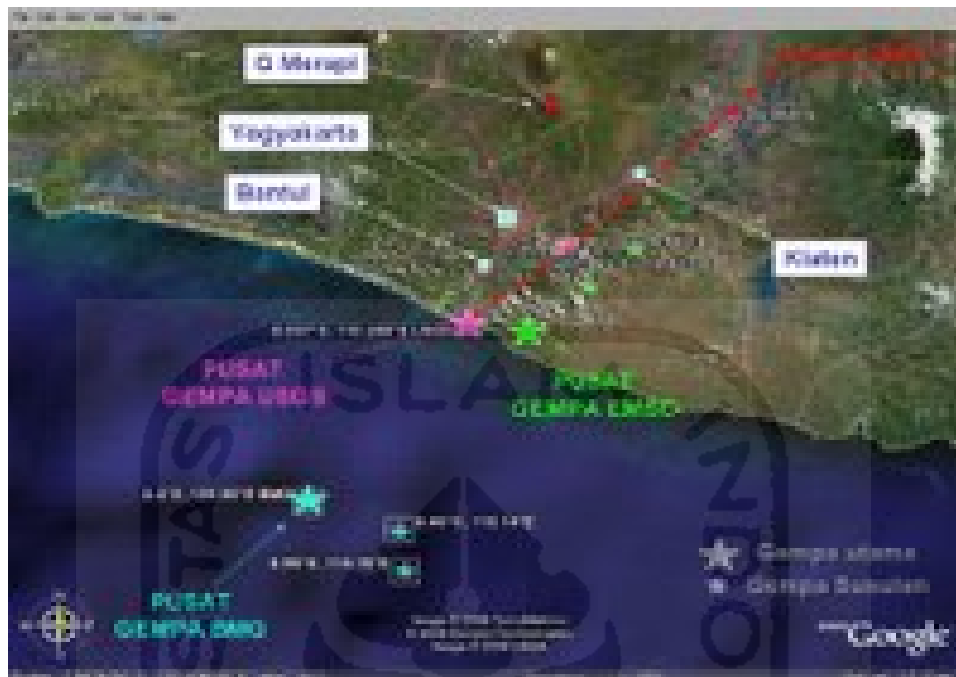
c) Akibat *Wave-Field*

*Wave-Field* yang dimaksud adalah gelombang gerakan tanah akibat kompleksitasnya kombinasi gelombang Rayleigh (*R-wave*) dan gelombang Love (*L-wave*) yang ada di permukaan tanah.

Pengaruh gempa terhadap kerusakan bangunan yaitu ketika terjadi gempa bumi pada bidang patahan aktif yang pecah dan bergerak maka tanah serta permukaan tanah dan patahan genpanya akan bergerak secara instan. Besarnya pergerakan yang terjadi dan luas panjangnya zona patahan gempa sebanding dengan besar magnitude gempanya. Jadi semakin besar kekuatan gempanya akan semakin besar pula pergerakan dan luas wilayahnya. Rekahan tektonik di permukaan dan pergerakan tanah menimbulkan kerusakan pada bangunan dan infrastruktur yang terletak di permukaan tanah (Natawidjaja, n.d.).

### 3.5. Gempa Bumi Yogyakarta 27 Mei 2006

Gempa bumi Yogyakarta adalah suatu peristiwa gempa bumi tektonik kuat yang mengguncang Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah pada 27 Mei 2006 kurang lebih pukul 05.55 WIB selama 57 detik. Gempa bumi tersebut memiliki getaran yang cukup kuat hingga sempat dirasakan sejumlah kota di provinsi Jawa Timur seperti Ngawi, Madiun, Kediri, Trenggalek, Magetan, Pacitan, Blitar dan Surabaya.



**Gambar 3.1:** Gempa bumi 27 Mei 2006 (Rovicky Dwi Putrohari, n.d.)

Diambil dari tiga seri data kemudian dicoba diplot kedalam peta Google Earth. Dari ketiga data tersebut yaitu data dari ari USGS (United States Geological Survey, <http://earthquake.usgs.gov/>), kemudain data dari BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika <http://geof.bmg.go.id/gempaterkini.jsp>).dan dari EMSC (*European-Mediterranean Seismological Centre*) (Gambar 3.1)

Menurut USGS diduga bahwa kekuatan gempa sebesar 6.3 Skala Richter dan sumber gempa berada di barat di dekat muara sungai Opak. Kedalam gempa diperkirakan 10 km, sehingga mempunyai daya rusak yang sangat besar hingga mencapai 6-7 MMI. Terjadi gempa susulan yang berada di sebelah timur laut dari gempa utama. Gempa susulan berada di sekitar Patuk.

Kondisi geologi mempunyai peran terhadap sebaran kerusakan bangunan. Bangunan yang berada pada morfologi dataran aluvial dan dataran kolovial cenderung mempunyai tingkat kerusakan yang lebih parah daripada bangunan



yang didirikan pada morfologi perbukitan. Kerusakan paling parah terutama di sekitar tubuh Kali Opak sebagai bagian sistem struktur patahan, yaitu Sesar Opak. Peran kontrol geologi tersebut nampak dari hasil interpretasi data seismik, foto udara (Saputra, dkk, 2012)

Hasil perhitungan BMG menunjukkan bahwa gempa berada 25 km sebelah selatan Pantai Parangtritis. Kedalaman gempa diperkirakan 33km dengan gempa susulan bergerak kearah timur. Menurut BMG terjadi gempa susulan lebih dari 300 kali pada tanggal 27 Mei 2006 tetapi getaran yang dirasakan yaitu diatas 4SR terjadi 4-5 kali dalam satu hari. Perkiraan lokasi gempa menurut BMG kemungkinan gempa tersebut akibat subduksi antara lapisan benua Asia yang bertubrukan dengan lapisan samudra Australia. Hasil dari EMSC (*European Mediterranean Seismological Centre*) menduga bahwa pusat gempa berada diselatan Klaten. Akibat dari gempa bumi tanggal 27 Mei 2006 banyak korban jiwa yang meninggal maupun luka-luka.

### **3.6. Gempa Bumi Jawa Barat 2 September 2009**

Gempa bumi telah mengguncang wilayah Kabupaten Tasikmalaya dan sekitarnya pada tanggal 2 september 2009, jam 14.55. Sesuai informasi dari BMKG pusat gempa berada 142 km barat daya Tasikmalaya pada kedalaman 30 km di bawah permukaan laut. Kuatnya gempa dirasakan di Bandung (144 km dari pusat gempa), Sukabumi (156 km dari pusat gempa), Jakarta (242 km dari pusat gempa), dan juga beberapa kota lain di Jawa Barat dan sekitarnya. Selain di wilayah Jawa Barat gempa ini juga dirasakan di kota lain seperti Yogyakarta dan Solo (Badan Nasional Penanggulangan Bencana, dan lain-, 2009)

Penyebab gempa bumi 2 September 2009 berkaitan dengan aktifitas Zona subduksi yang terletak di selatan Pulau Jawa akibat penujaman Lempeng Indo-Australian dengan lempeng Euroasia. Episentrum gempa bumi terletak di sebelah utara episentrum kejadian gempa bumi sebelumnya, yang terjadi pada 17 Juli 2006 yang menimbulkan tsunami di wilayah Pantai Selatan Jawa Barat (Badan

Nasional Penanggulangan Bencana et al., 2009)

Mengingat pusat gempa yang relatif tidak jauh dari kota-kota di Jawa Barat bagian selatan, maka akumulasi kerusakan juga terjadi di beberapa wilayah yang berada di wilayah tersebut. Beberapa kecamatan yang berada pada wilayah bagian selatan Jawa Barat seperti Tasikmalaya dan Garut ditemukan kerusakan akibat gempa bumi. Kerusakan tidak hanya menimpa bangunan tempat tinggal, akan tetapi juga menimpa fasilitas sosial seperti tempat ibadah (masjid) serta sekolah.

Berdasarkan pengamatan lapangan secara acak di 2 wilayah administratif (Garut dan Tasikmalaya) pada tanggal 4-6 September 2009, yang dilakukan oleh tim Pusat Survei Sumberdaya Alam Darat BAKOSURTANAL dilaporkan bahwa sebaran lokasi yang mengalami kerusakan tidak mengelompok pada satu lokasi besar tertentu akan tetapi terlokalisir pada wilayah-wilayah tertentu. Berbeda dengan kondisi gempa Yogyakarta kerusakan dapat dilihat pada lokasi yang luas. (<http://www.bakosurtanal.go.id/berita-surta/show/gempa-bumi>). Peta jumlah kerusakan rumah akibat gempa bumi di Propinsi Jawa Barat dapat dilihat di Gambar 3.2.



**Gambar 3.2:** Kerusakan Rumah Akibat Gempa Bumi 2 September 2009 (Badan Nasional Penanggulangan Bencana et al., 2009)

Bangunan rumah tinggal merupakan aset yang sangat penting bagi individu dan keluarga. Bangunan tempat tinggal/rumah juga menunjukkan status sosial ekonomi seseorang/ keluarga di lingkungan masyarakat. Rusaknya rumah akibat gempa bumi akan berdampak terhadap ekonomi keluarga, dan mempengaruhi arah serta prioritas dalam pengambilan keputusan terhadap ekonomi keluarga.

### 3.7. Bangunan Rumah Tinggal

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No.4 Tahun 1992 Tentang Perumahan dan Permukiman mendefinisikan bahwa rumah adalah bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian dan sarana pembinaan keluarga. Rumah merupakan kebutuhan primer masyarakat. Rumah sebagai simbol dan pencerminan tata nilai selera pribadi penghuninya atau sebagai pengejawantahan jati diri, rumah sebagai wadah keakraban dimana rasa memiliki, kebersamaan,

kehangatan, kasih dan rasa aman tercipta didalamnya, rumah sebagai tempat kita menyendiri dan menyepi, yaitu sebagai tempat melepaskan diri dari dunia luar, tekanan dan tegangan, rumah sebagai tempat untuk kembali pada akar dan menumbuhkan rasa kesinambungan dalam untaian proses ke masa depan, rumah sebagai wadah kegiatan utama sehari-hari, rumah sebagai pusat jaringan sosial, rumah sebagai struktur fisik dalam arti rumah adalah bangunan (Budihardjo, 1987).

Rumah merupakan sebuah bangunan tempat manusia tinggal dan melangsungkan kehidupannya. Disamping itu rumah juga merupakan tempat berlangsungnya proses sosialisasi pada saat seorang individu diperkenalkan kepada norma dan adat kebiasaan yang berlaku di dalam suatu masyarakat. Jadi setiap perumahan memiliki sistem nilai yang berlaku bagi warganya. Sistem nilai tersebut berbeda antara satu perumahan dengan perumahan yang lain, tergantung pada daerah ataupun keadaan masyarakat setempat (Budihardjo, 1987).

### **3.8. Evaluasi Kerusakan Bangunan**

Evaluasi bangunan paling tidak terdapat 2 kelompok besar yaitu evaluasi terhadap bangunan yang masih berdiri dan mengalami kerusakan akibat suatu evaluasi bangunan yang telah mengalami kerusakan akibat suatu bencana alam misalnya gempa bumi. Evaluasi terhadap bangunan yang masih berdiri dimungkinkan untuk dilakukan karena adanya kecurigaan terhadap perilaku bangunan apabila terjadi gempa.

Secara umum penyebab kerusakan pada bangunan akibat gempa tergantung pada kondisi iklim dan topografi. Rendahnya kualitas bahan bangunan yang digunakan, rendahnya kualitas pelaksanaan pembangunan, kurangnya pengetahuan teknik serta keterampilan didalam pelaksanaan pembangunan dan keterbatasan biaya pelaksanaan pembangunan. Dengan adanya faktor-faktor tersebut maka pada saat terjadi gempa bangunan banyak yang mengalami kerusakan.

Secara umum ada dua tindakan yang dapat dilakukan dalam rangka mitigasi bencana gempa bumi yaitu pelaksanaan evaluasi kerentanan bangunan dan tindakan pengurangannya yaitu FEMA 154 dan FEMA 310. FEMA 154 menjelaskan tentang evaluasi kegempaan yang dapat dilakukan menjadi dua tahap yaitu evaluasi cepat secara visual atau rapid visual screening (The Federal Emergency Management Agency, 2002). FEMA 310 tentang tahap evaluasi kegempaan secara rinci atau detail seismic evaluation. (The Federal Emergency Management Agency, 1998). Evaluasi terhadap kerusakan bangunan akibat gempa bumi mempunyai banyak tujuan dan manfaat. Diantara tujuan-tujuan tersebut yaitu : (Pawirodikromo, 2007):

1. mengetahui pola-pola kerusakan yang telah terjadi akibat gempa bumi,
2. mengetahui derajat kerusakan elemen/struktur,
3. mengetahui kelemahan elemen/struktur yang telah terjadi,
4. menentukan sikap terhadap bangunan yang telah mengalami kerusakan elemen/struktur bangunan, dan
5. memperkirakan kerugian financial akibat kerusakan bangunan yang terjadi sekaligus untuk menentukan bantuan dan polis asuransi.

Manfaat evaluasi terhadap kerusakan bangunan adalah untuk membangkitkan kesadaran tentang perlunya perbaikan disegala hal (bahan, konfigurasi bangunan, sistem dan jenis struktur, metode analisis, desain, uji laboratorium maupun mutu pelaksanaan) agar kerusakan bangunan dapat diminimalkan.

Evaluasi terhadap kerusakan bangunan pasca bencana alam dapat dilakukan beberapa tahap. Evaluasi pada tingkat pertama umumnya dengan Metode Rapid Vulnerability Assessment (RVA) yaitu evaluasi secara cepat tentang kerusakan bangunan yang terjadi. Evaluasi kerusakan bangunan ini dilakukan melalui beberapa cara yaitu dengan menggunakan check list yang harus diisi berdasarkan visual data. Cara lain untuk memperkuat hasil chek list yaitu dengan mengambil gambar/foto bagian struktur yang rusak. Berdasarkan hasil RVA maka status

bangunan dikelompokkan berdasarkan warna-warna. Bangunan yang hanya mengalami rusak sangat ringan dan dapat dipakai setelah terjadi gempa diberi status warna "hijau". Bangunan yang mengalami kerusakan sehingga tidak dapat ditempati secara temporer diberi status "kuning". Sedangkan bangunan yang tidak dapat digunakan kembali diberi status "merah" (Pawirodikromo, 2012).

Level terakhir pada proses evaluasi bangunan adalah Advanced/ Detailed Vulnerability Evaluation (DVE). Evaluasi pada tahap ini kaitannya dengan proses dan metode rekonstruksi/rehabilitasi terhadap bangunan yang akan dilakukan. Evaluasi ini bersifat komprehensif mulai dari kestabilan struktur bangunan secara utuh sampai pada evaluasi kekuatan tiap-tiap elemen baik untuk lentur, geser maupun lekatan. Berdasarkan atas kekakuan yang ada dan tuntutan yang diperlukan maka metode, jenis maupun prosedur rekonstruksi/rehabilitasi dapat ditentukan secara jelas atau pasti (Pawirodikromo, 2012).

### **3.9. Klasifikasi Kerusakan Bangunan**

FEMA 302 bangunan dapat dibagi menjadi tiga kelompok bangunan berikut ini. (The Federal Emergency Management Agency, 1997).

1. Kelompok bangunan III, adalah bangunan-bangunan fasilitas penting yang sangat di butuhkan pada saat darurat sesaat setelah terjadinya gempa atau bangunan-bangunan yang berisi bahan-bahan berbahaya dengan jumlah yang sangat besar. Misalnya bangunan yang digunakan untuk pemadam kebakaran, kantor polisi, rumah sakit, pusat pembangkit listrik dll. Tingkat kinerja bangunan-bangunan pada kelompok III ini harus tetap beroperasi secara penuh atau full operasional setelah terjadi gempa, yaitu tidak ada kerusakan pada struktur, mekanikal, elektrikal, serta arsitektural bangunan.
2. Kelompok Bangunan II, adalah bangunan-bangunan fasilitas umum dengan jumlah orang yang beraktifitas banyak. Misalnya Bangunan untuk pendidikan, atau bangunan- bangunan dengan jumlah orang yang

beraktivitas didalamnya lebih dari 300 orang. Tingkat kinerja bangunan-bangunan kelompok II ini setelah terjadi gempa harus bias tetap beroperasi walaupun tidak secara penuh. Pada tingkat ini boleh rusak pada bagian elektrikal, mekanikal, serta arsitektural mengalami kerusakan ringan dan masih aman untuk di huni.

3. Kelompok bangunan I, adalah bangunan-bangunan yang tidak termasuk dalam kelompok III dan II yang bisa mempunyai respon plastis besar akibat gempa yang terjadi. Tingkat kinerja bangunan-bangunan ini pada pasca gempa dibagi menjadi dua tingkat kinerja yaitu tingkat keamanan penghuni atau life safety dan tingkat pencegahan keruntuhan atau near collapse yang kadang disebut juga dengan collapse prevention. Untuk tingkat kinerja keamanan penghuni, kondisi struktur, mekanikal, elektrikal dan arsitektural bisa mengalami kerusakan sedang sampai berat tetapi beberapa bagian tertentu tetap tidak rusak. Dengan kondisi ini maka keamanan penghuni tetap terjaga dan setelah gempa bangunan masih dapat diperbaiki walaupun kemungkinan harus dengan biaya yang tidak sedikit.

Menurut pengamatan pasca gempa di Yogyakarta tahun 2006 dapat diketahui bahwa tingkat kinerja beberapa bangunan pasca gempa tidak sesuai dengan yang tingkat kinerja yang seharusnya berdasarkan fungsi atau kelompok kegunaan bangunan. Banyak bangunan yang seharusnya termasuk kelompok kegunaan III tetapi pada saat terkena gempa hanya mempunyai kinerja sebagai kelompok bangunan II, I atau bahkan sampai runtuh (Satyarno, 2010).

Bangunan tahan gempa didefinisikan bangunan yang mampu menahan beban gempa rencana tanpa mengalami kerusakan berlebihan atau tidak roboh akibat gempa tersebut. Pada saat terjadi gempa di Yogyakarta 2006 kerusakan bangunan akibat gempa menunjukkan bangunan yang mengalami kerusakan adalah bangunan penduduk (*non-engineered structures*)

Pada saat gempa Yogyakarta 27 Mei 2006, BAKORNAS telah membuat

kriteria kerusakan bangunan (khususnya untuk rumah tinggal) dibagi menjadi 3 (tiga) kriteria kerusakan sebagaimana yang dicantumkan pada Tabel 3.1, Tabel 3.2, dan Tabel 3.3

**Tabel 3.1:** Bangunan Kategori Rusak Ringan(Bakornas, 2006b)

| Kriteria Kerusakan   | Uraian  |
|--|---|
| Bangunan masih berdiri, tidak ada kerusakan struktur, hanya terdapat kerusakan komponen arsitektural | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bangunan masih berdiri</li> <li>2. Retak-retak pada dinding plesteran</li> <li>3. Penutup atap/genteng lepas</li> <li>4. Sebagian penutup langit-langit rusak</li> <li>5. Sebagian instalasi rusak</li> <li>6. Instalasi listrik rusak sebagian</li> <li>7. Pintu/jendela rusak sebagian</li> </ol> |

**Tabel 3.2:** Bangunan Kategori Rusak Sedang(Bakornas, 2006)

| Kriteria Kerusakan   | Uraian  |
|--|---|
| Bangunan masih berdiri, sebagian kecil komponen struktur rusak dan komponen arsitektural rusak | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bangunan masih berdiri Sebagian rangka atap patah</li> <li>2. Balok kolom sebagian kecil patah</li> <li>3. Sebagian dinding rusak</li> <li>4. Sebagian penutup/rangka langit-langit lepas</li> <li>5. Sebagian instalasi listrik rusak/terputus</li> <li>6. Pintu/jendela rusak sebagian</li> </ol> |

**Tabel 3.3:** Bangunan Kategori Rusak Berat(Bakornas, 2006)

| Kriteria Kerusakan   | Uraian  |
|--|---|
| Bangunan roboh atau sebagian besar komponen struktur rusak | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bangunan roboh total Atap runtuh</li> <li>2. Sebagian besar kolom, balok, dan/atau atap rusak</li> <li>3. Sebagian besar dinding dan langit-langit roboh</li> <li>4. Instalasi listrik rusak total</li> <li>5. Pintu/jendela rusak total</li> </ol> |



Menurut United Nation Industrial Development Organization (UNIDO) di Amerika Serikat, filosofi bangunan tahan gempa harus memenuhi 3 (tiga) syarat, yaitu :

1. bangunan tidak boleh rusak akibat gempa kecil (magnitudo lebih kecil dari 4 Skala Richter),
2. bangunan boleh rusak komponen nonstrukturnya (tembok, plafond, penutup atap, dll) akibat gempa sedang (magnitudo antar 4 sampai 6,5 Skala Richter), dan
3. bangunan boleh rusak komponen non struktur maupun komponen strukturnya akibat gempa kuat (lebih besar dari 6,5 Skala Richter) tetapi tidak sampai roboh Sedangkan tipe bangunan berdasarkan.

Tipe bangunan berdasarkan syarat teknis dibagi menjadi ada 2 (dua), yaitu (Sulendra, 2011):

1. bangunan yang tidak direncanakan dan dibangun sesuai peraturan teknis bangunan (*nonengineered structures*) dan
2. bangunan yang dibangun sesuai syarat teknis bangunan (*engineered structures*).

Bangunan sederhana atau bangunan tidak bertingkat dengan kualitas bahan bangunan yang pada umumnya mempunyai syarat-syarat tahan gempa, yaitu : (Sulendra, 2011):

1. denah sederhana dan simetris,
2. bidang dinding cenderung tertutup,
3. atap cenderung ringan,
4. fondasi batu kali cukup dalam sesuai dengan kondisi tanah,
5. hubungan tulangan fondasi, sloof, kolom, balok kuat dan kaku (pengangkeran),
6. rangka kap/kuda-kuda diangker pada ring balok,
7. sambungan antar bidang tembok harus kuat,
8. tanah dasar stabil,

9. mudah dipahami dan dikerjakan dengan teknik tradisional, dan
10. memakai bahan lokal yang tahan gempa (*local genius*).

Apabila dalam perencanaan dan pelaksanaan tidak sesuai dengan persyaratan-persyaratan bangunan tahan gempa maka bangunan tersebut tidak termasuk bangunan tahan gempa. Dalam perencanaan dan pelaksanaan bangunan tahan gempa juga perlu diperhatikan dalam segala hal. Karena apabila tidak sesuai maka jika terjadi gempa bangunan tersebut akan mengakibatkan kerusakan yang akan menimbulkan korban jiwa.

Secara teknis penyebab kerusakan pada bangunan akibat gempa terjadi pada struktur dinding pemikul. Struktur rangka pemikul ini terdiri dari struktur rangka sederhana dengan dinding pengisi untuk menahan beban lateral secara bersama-sama, dan struktur rangka balok dan kolom kaku untuk menahan beban lateral.

