

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Definisi Bencana

Menurut UU No.24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, bencana adalah “peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam dan/ atau faktor non alam maupun faktor manusia, sehingga mengakibatkan korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis dan diluar kemampuan masyarakat dengan sumberdayanya”.

Beberapa teori tentang bencana menurut Yulius (2009) adalah sebagai berikut:

1. Teori Kosmosentrisme

Teori ini berpandangan bahwa bencana merupakan fenomena alam yang terjadi secara alamiah, suatu hal yang wajar yang terjadi di manapun dan kapanpun. Jika memang telah tiba saatnya, alam akan berubah sesuai dengan komposisi alamiahnya, dalam hal ini campur tangan manusia dalam mengeksploitasi alam tidak terlalu signifikan sehingga terjadi suatu bencana. Sebagai contoh, bahwa gempa bumi terjadi karena adanya pergeseran lempeng di berbagai wilayah bumi. Namun tetap saja manusia tidak bisa tepat menunjuk waktu kapan terjadi gempa bumi.

2. Teori Fatalisme

Teori ini mengemukakan bahwa terjadinya suatu bencana merupakan kutukan atau murka dari Tuhan dikarenakan oleh ulah manusia yang tidak sesuai dengan kehendaknya. Berdasarkan teori ini maka bencana tidak dapat ditanggulangi atau dilawan karena bencana merupakan kehendak Tuhan, jika Tuhan berkehendak terjadi maka terjadilah dan apabila Tuhan berkehendak tidak terjadi maka tidak akan terjadi.

Dari pengertian bencana di atas maka dapat disimpulkan bencana adalah suatu kejadian alam, buatan manusia atau merupakan kombinasi antara

keduanya sehingga menimbulkan efek negatif yang dahsyat bagi kehidupan. Dalam kejadian tersebut unsur yang terkait langsung atau terpengaruh harus merespon dengan melakukan tindakan luar biasa guna menyesuaikan sekaligus memulihkan kondisi seperti semula atau menjadi lebih baik.

B. Bencana Gempa Bumi

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan Bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik (Joko, 2011). Gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan Kerak Bumi (lempeng Bumi).

Menurut Sriharini (2009), jenis terjadinya gempa bumi maka gempa bumi dapat digolongkan menjadi:

1. Gempa bumi vulkanik (gunung api)

Gempa bumi ini terjadi akibat adanya aktivitas magma, yang biasa terjadi sebelum gunung api meletus. Apabila keaktifannya semakin tinggi maka akan menyebabkan timbulnya ledakan yang juga akan menimbulkan terjadinya gempa bumi. Gempa bumi tersebut hanya terasa di sekitar gunung api tersebut.

2. Gempa bumi Tektonik

Gempa bumi ini disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik, yaitu pergeseran lempeng-lempeng tektonik secara mendadak yang mempunyai kekuatan dari yang sangat kecil hingga yang sangat besar. Gempa bumi tektonik disebabkan oleh pelepasan tenaga yang terjadi karena pergeseran lempengan plat tektonik seperti layaknya gelang karet ditarik dan dilepaskan dengan tiba-tiba.

3. Gempa bumi Induksi

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

Penjelasan di atas adalah penggolongan gempa bumi menurut penyebab terjadinya gempa bumi, dan apabila kita lihat gempa bumi dari kedalaman tanah terjadinya gempa adalah sebagai berikut (Sriharini, 2009):

1. Gempa bumi dalam

Gempa bumi dalam adalah gempa bumi yang hiposentrumnya berada lebih dari 300 km di bawah permukaan bumi. Gempa bumi dalam pada umumnya tidak terlalu berbahaya.

2. Gempa bumi menengah

Gempa bumi menengah adalah gempa bumi yang hiposentrumnya berada antara 60 km sampai 300 km di bawah permukaan bumi, gempa bumi menengah pada umumnya menimbulkan kerusakan ringan dan getarannya lebih terasa.

3. Gempa bumi dangkal

Gempa bumi dangkal adalah gempa bumi yang hiposentrumnya berada kurang dari 60 km dari permukaan bumi. Gempa bumi ini biasanya menimbulkan kerusakan yang besar.

Penggolongan gempa bumi dilihat dari gelombang atau getaran gempanya adalah sebagai berikut (Akbar, 2010):

1. Gelombang Primer

Gelombang primer (gelombang longitudinal) adalah gelombang atau getaran yang merambat di tubuh bumi dengan kecepatan antara 7-14 km/detik. Getaran ini berasal dari hiposentrum.

2. Gelombang Sekunder

Gelombang sekunder (gelombang transversal) adalah gelombang atau getaran yang merambat, seperti gelombang primer dengan kecepatan yang sudah berkurang, yakni 4-7 km/detik. Gelombang sekunder tidak dapat merambat melalui lapisan cair.

C. Pengurangan Resiko Bencana (Mitigasi)

Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi bencana (BNPB, 2009). Usaha yang dilakukan seperti warning system dan pendidikan tanggap terhadap bencana yang mungkin terjadi. Mitigasi bencana harus dilakukan secara terencana dan komprehensif melalui berbagai upaya dan pendekatan, antara lain (Ramli, 2010):

1. Pendekatan teknis

Secara teknis mitigasi bencana dilakukan untuk mengurangi dampak suatu bencana, misalnya:

- a. Membuat rancangan atau desain kokoh dari bangunan sehingga tahan terhadap gempa
- b. Membuat material yang tahan terhadap bencana, misalnya material tahan api.
- c. Membuat rancangan teknis pengamanan, misalnya tanggul banjir, tanggul lumpur, tanggul tangki untuk mengendalikan tumpahan bahan berbahaya.

2. Pendekatan manusia

Pendekatan secara manusia ditujukan untuk membentuk manusia yang paham dan sadar mengenai bahaya suatu bencana.

3. Pendekatan administratif

Pemerintah atau pimpinan organisasi dapat melakukan pendekatan administratif dalam manajemen bencana, khususnya ditahap mitigasi sebagai contoh:

- a. Penyusunan tata ruang dan tata lahan yang memperhitungkan aspek resiko bencana.
- b. Sistem perijinan dengan memasukan analisi resiko bencana.
- c. Penerapan kajian bencana untuk setiap kegiatan dan pembangunan industri beresiko tinggi.

4. Pendekatan kultural

Melalui pendekatan kultural, pencegahan bencana disesuaikan dengan kearifan masyarakat lokal yang telah membudaya sejak lama. Sebaiknya pemerintah daerah setempat mengembangkan budaya dan tradisi lokal tersebut untuk membangun kesadaran bencana di tengah masyarakat.

Menurut Maria (2009), pengurangan resiko bencana adalah salah satu sistem pendekatan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi dan mengurangi resiko yang diakibatkan oleh bencana. Tujuan utamanya untuk mengurangi resiko fatal dibidang sosial, ekonomi dan juga lingkungan alam serta penyebab pemicu bencana.

1. Kebijakan sekolah

Kebijakan sekolah adalah keputusan yang dibuat secara formal oleh sekolah mengenai hal-hal yang perlu didukung dalam pelaksanaan (Maria, 2009). Pengurangan Resiko Bencana (PRB) di sekolah, baik secara khusus maupun terpadu. Keputusan tersebut bersifat mengikat. Pada praktiknya, kebijakan sekolah akan landasan, panduan, arahan pelaksanaan kegiatan terkait dengan Pengurangan Resiko Bencana (PRB) di sekolah. Secara garis besar, indikator pada parameter ini adalah sebagai berikut:

- a. Kebijakan sekolah, kesepakatan dan/atau peraturan sekolah yang mendukung upaya pengurangan risiko bencana di sekolah.
- b. Tersedianya akses bagi seluruh warga sekolah terhadap informasi, pengetahuan dan pelatihan untuk meningkatkan kapasitas dalam hal PRB.

2. Sikap dan Tindakan,

Dasar dari setiap sikap dan tindakan manusia adalah adanya persepsi, pengetahuan dan keterampilan yang dimilikinya. Sekolah Siaga Bencana (SSB) ingin membangun kemampuan seluruh warga sekolah, baik individu maupun warga sekolah secara kolektif, untuk menghadapi bencana secara cepat dan tepat guna. Dengan demikian, seluruh warga sekolah menjadi target sasaran, tidak hanya murid. Secara garis besar, indikator pada parameter ini adalah sebagai berikut:

- a. Tersedianya pengetahuan mengenai bahaya (jenis, sumber, dan bahaya), kerentanan, kapasitas, risiko dan sejarah yang terjadi di lingkungan sekolah atau daerahnya.
- b. Tersedianya pengetahuan mengenai upaya yang bisa dilakukan untuk mengurangi risiko bencana.
- c. Pelaksanaan simulasi di sekolah.
- d. Keterampilan seluruh komponen sekolah untuk menjalankan rencana tanggap darurat pada saat simulasi.
- e. Sosialisasi berkelanjutan di sekolah.

3. Perencanaan Kesiapsiagaan

Perencanaan kesiapsiagaan bertujuan untuk menjamin adanya tindakan cepat dan tepat guna pada saat terjadi bencana dengan memadukan dan mempertimbangkan sistem penanggulangan bencana di daerah dan disesuaikan kondisi wilayah setempat. Bentuk atau produk dari perencanaan ini adalah dokumen-dokumen, seperti protap kesiapsiagaan, rencana kedaruratan, dan dokumen pendukung kesiapsiagaan terkait, termasuk sistem peringatan dini yang disusun dengan mempertimbangkan akurasi dan kontekstualitas lokal. Secara garis besar, indikator pada parameter ini adalah sebagai berikut:

- a. Dokumen penilaian resiko bencana yang disusun secara berkala sesuai dengan kerentanan sekolah.
- b. Dokumen penilaian kerentanan gedung sekolah yang di nilai/diperiksa secara berkala oleh Pemerintah.
- c. Tersedianya rencana aksi sekolah yang dalam penanggulangan bencana (sebelum, saat, dan sesudah terjadi bencana).
- d. Tersedianya sistem peringatan dini yang dipahami oleh seluruh warga sekolah.
- e. Adanya prosedur tetap kesiapsiagaan sekolah yang disepakati dan dilaksanakan oleh seluruh komponen sekolah.
- f. Adanya peta evakuasi sekolah, dengan tanda dan rambu yang terpasang, yang mudah dipahami oleh seluruh komponen sekolah.
- g. Sekolah memiliki lokasi evakuasi/shelter yang terdekat yang diketahui seluruh warga sekolah.

4. Mobilisasi Sumberdaya

Sekolah harus menyiapkan sumber daya manusia, sarana, dan prasarana, serta finansial dalam pengelolaan untuk menjamin kesiapsiagaan bencana sekolah. Mobilisasi sumber daya didasarkan pada kemampuan sekolah dan pemangku sekolah. Mobilisasi ini juga terbuka bagi peluang partisipasi dari para pemangku kepentingan lainnya. Secara garis besar, indikator pada parameter ini adalah sebagai berikut:

- a. Adanya bangunan sekolah yang aman bencana.
- b. Jumlah dan jenis perlengkapan, suplai dan kebutuhan dasar pasca bencana yang dimiliki sekolah.
- c. Adanya gugus siaga bencana sekolah yang melibatkan perwakilan peserta didik.
- d. Adanya kerjasama dengan pihak terkait penyelenggaraan penanggulangan bencana baik setempat maupun BPBD di Kabupaten.
- e. Pemantauan dan evaluasi partisipatif mengenai kesiapsiagaan dan keamanan sekolah

D. Penilaian Kerentanan Gedung Menggunakan RVS

Rapid Visual Screening (RVS) merupakan cara evaluasi bangunan secara visual yang diperkenalkan pertama kali di Amerika Serikat, dengan prosedur menggunakan daftar isian yang memuat data primer dari bangunan yang ditinjau, antara lain jumlah lantai dari bangunan yang ditinjau, tahun pembangunan, alamat bangunan, foto bangunan dan sketsa bangunan yang memperlihatkan denah dan elevasi bangunan. Disamping itu dibutuhkan pula data-data pendukung lainnya, yaitu:

1. Data tanah, terdiri dari 6 tipe tanah.

Berikut ini adalah macam-macam/jenis-jenis tanah yang ada di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia (Prasetyo, 2011).

- 1). Tanah Humus

Tanah humus adalah tanah yang sangat subur terbentuk dari lapukan daun dan batang pohon di hutan hujan tropis yang lebat. warnanya kehitaman dan tersedia dalam jumlah besar di berbagai kawasan di Indonesia. tanah ini bisa dengan mudah di beli di tokoh - tokoh bunga di mana saja.

- 2). Tanah Alluvial / Tanah Endapan

Tanah aluvial adalah tanah yang dibentuk dari lumpur sungai yang mengendap di dataran rendah yang memiliki sifat tanah yang subur dan cocok untuk lahan pertanian.

3). Tanah Podzolit

Tanah podzolit adalah tanah subur yang umumnya berada di pegunungan dengan curah hujan yang tinggi dan bersuhu rendah/dingin.

4). Tanah Vulkanik / Tanah Gunung Berapi

Tanah vulkanis adalah tanah yang terbentuk dari lapukan materi letusan gunung berapi yang subur mengandung zat hara yang tinggi. Jenis tanah vulkanik dapat dijumpai di sekitar lereng gunung berapi. tanah jenis ini memang membawa keuntungan besar tapi letusan gunung berapi berbahaya dan merugikan penduduk sekitar lereng gunung.

5). Tanah Laterit

Tanah laterit adalah tanah tidak subur yang tadinya subur dan kaya akan unsur hara, namun unsur hara tersebut hilang karena larut dibawa oleh air hujan yang tinggi. Contohnya ada di Kalimantan Barat dan Lampung.

6). Tanah Gambut / Tanah Organosol

Tanah organosol adalah jenis tanah yang kurang subur untuk bercocok tanam yang merupakan hasil bentukan pelapukan tumbuhan rawa.

2. Keutamaan Gedung, berdasarkan peruntukan dan kegunaan gedung serta jumlah penggunaannya.
3. Kemungkinan jenis keruntuhan Non Struktural dan Arsitektural bangunan Skor awal, modifikasi dan skor akhir dari hasil evaluasi dengan *Rapid Visual Screening*.

Dalam penilaian kerentanan gedung menggunakan lembar RVS untuk *Existing Building* (FEMA 154) terdapat beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Seismisitas Lokasi

Seismicity region terbagi menjadi tiga, yaitu *low*, *medium* dan *high*. Untuk menentukannya, diperlukan nilai *spectral acceleration* lokasi pada periode 0,2 dan 1 detik. Untuk wilayah Indonesia terdapat data SA periode 0,2 dan 1 detik pada SNI 03-1726-2012, atau bisa dibuat spektrum respon dari data PGA (*Peak Ground Acceleration*). Nilai SA 0,2 dan SA 1 detik tersebut kemudian dikalikan 2/3, dan hasilnya diplot ke Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Kawasan seismisitas dengan percepatan *Respon Spektral* (FEMA 154)

Wilayah kegempaan	Percepatan <i>Spektral Response</i> , SA (periode pendek, atau 0,2 detik)	Percepatan <i>Spektral Response</i> , SA (periode panjang, atau 01,0 detik)
Rendah	Kurang dari 0,167 g (dalam arah horisontal)	Kurang dari 0,067 g (dalam arah horisontal)
Sedang	Lebih besar dari atau sama dengan 0,167 g tetapi kurang dari 0,500 g (arah horisontal)	Lebih besar dari atau sama dengan 0,067 g tetapi kurang dari 0,200 g (arah horisontal)
Tinggi	Lebih besar dari atau sama dengan 0,500 (dalam arah horisontal)	Lebih besar dari atau sama dengan 0,200 (dalam arah horisontal)

2. Jumlah Populasi

Jumlah populasi diperlukan untuk menentukan *occupancy soil*, yang nilainya akan disesuaikan dengan jenis/ fungsi bangunan. Adapun jenis/ fungsi bangunannya sebagai berikut.

- a. Bangunan umum, *occupancy load* sebesar 10 sq.ft/orang
- b. Bangunan komersial, *occupancy load* 50-200 sq.ft/orang
- c. Bangunan pelayanan darurat, *occupancy load* 100 sq.ft/orang
- d. Bangunan pemerintah, *occupancy load* 100-200 sq.ft/orang
- e. Bangunan bersejarah, tergantung jenis bangunan disekitarnya
- f. Bangunan Industri, *occupancy load* 200 sq.ft/orang,
kecuali *warehouse* 500.sq.ft/orang
- g. Bangunan perkantoran *occupancy load* 100-200 sq.ft/orang
- h. Bangunan permukiman *occupancy load* 100-300 sq.ft/orang
- i. Bangunan sekolah *occupancy load* 50-100 sq.ft/orang

3. Jenis atau Tipe tanah

Tipe tanah dibedakan menjadi 6: A (*hard rock*), B (*avg.rock*), C (*dense soil*), D (*stiff soil*), E (*soft soil*), F (*poor soil*). Untuk mengetahui tipe tanah ini diperlukan data penyelidikan tanah seperti *standar penetration test* (SPT), *cone penetration test* (CPT), dan lain-lainnya. Tetapi apabila data tersebut sulit didapatkan maka bisa diambil asumsi type tanah E, sedangkan untuk bangunan 1-2 lantai atau ketinggian dari tanah ke atap kurang dari *25 feet*, bisa diambil asumsi Tipe tanah D.

4. Elemen Non Struktural yang Berbahaya Jatuh (*Falling Hazards*)

Falling Hazard bisa berupa cerobong asap, dinding-dinding pembatas yang mudah jatuh, hiasan-hiasan yang berat dan terletak di atas, dsb.

5. Jenis atau Tipe Bangunan

Ada 15 jenis/type bangunan:

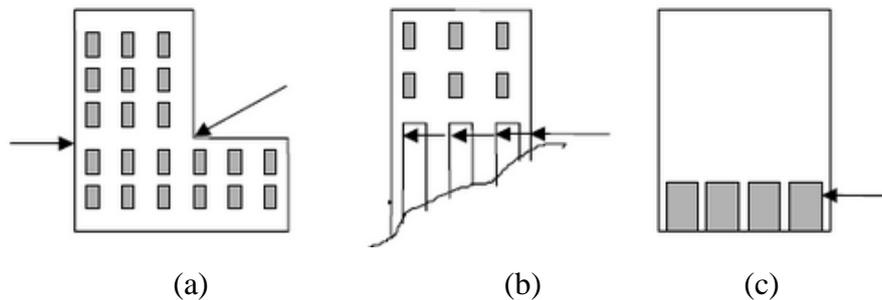
- a. Jumlah lantai *light wood frame residential and commercial buildings smaller than or equal to 5,000 square feet* (W1)
- b. *Light wood-frame buildings larger than 5,000 square feet* (W2)
- c. *Steel moment-resisting frame buildings* (S1)
- d. *Braced steel frame buildings* (S2)
- f. *Light metal buildings* (S3)
- g. *Steel frame buildings with cast-in-place concrete shear walls* (S4)
- h. *Steel frame buildings with unreinforced masonry infill walls* (S5)
- a. *Concrete moment-resisting frame buildings* (C1)
- j. *Concrete shear-wall buildings* (C2)
- k. *Congcrete frame buildings with unreinforced masonry infill walls* (C3)
- l. *Tit-up buildings* (PC1)
- m. *Precast concrete frame buildings* (PC2)
- n. *Reinforced masonry buildings with flexible floor and roof diaphragms* (RM1)
- o. *Reinforced masonry buildings with rigid floor and roof diaphragms* (RM2)
- p. *Unreinforced masonry bearing-wall buildings* (URM)

5. Jumlah lantai

Jumlah lantai diukur dari bagian bangunan paling bawah yang menyentuh tanah hingga atap. Jumlah lantai dapat digunakan untuk memprediksi tinggi gedung (kira-kira 9-10 feet per lantai for residential, 12 feet per lantai for commercial or office).

6. Vertical Irregularity

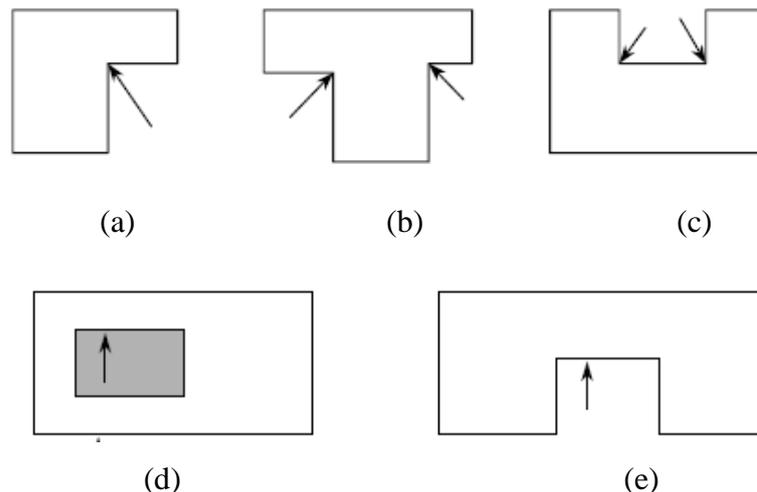
Vertical Irregularity adalah kenampakan secara vertikal yang tidak reguler, seperti adanya *setbacks* (kemunduran), *hillside* (lereng), dan *soft story* (lantai yang lemah).



Gambar 3.1 (a) *Setbacks*, (b) *Hillside* dan (c) *Soft Story*
(FEMA 154, 2000)

7. Plan Irregularity

Plan Irregularity adalah kenampakan secara horisontal yang tidak reguler, seperti tampak pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.2 (a) *L-Shaped* (b) *T-Shaped* (c) *U-Shaped* (d) *Large Opening*
(e) *Weak Link Between Larger Building Plan Areas*
(FEMA 154, 2000)

8. Tahun dibangun

Tahun dibangun untuk menentukan pedoman/peraturan yang digunakan saat membuat bangunan.

E. Penilaian Kerentanan Gedung dengan Kajian Cara Cepat Keamanan Bangunan Tembokan Sederhana Satu atau Dua Lantai yang Rusak akibat Gempa & Kajian Risiko Komponen Non-Struktur (Komponen Operasional & Fungsional) (Boen, 2007)

Evaluasi terhadap suatu bangunan tembokan sederhana dilakukan pada komponen-komponen struktur sebagai berikut:

1. Komponen vertikal : kolom dan dinding.
2. Komponen horizontal : balok dan pelat.
3. Pondasi

Tingkat kerusakan pada setiap komponen:

- T** Tidak ada kerusakan yang berarti.
- R** Ringan (kerusakan komponen struktur hanya memerlukan perbaikan kosmetik dan komponen non-struktur perlu dipulihkan.)
- S** Sedang (kerusakan struktur dapat diperbaiki.)
- B** Berat (kerusakan sedemikian luasnya sehingga kalau akan diperbaiki, banyak yang harus dibongkar dan diganti.)

Keterangan:

1. Retak rambut pada beton (kurang dari 0.2 mm) atau retak tidak terlihat mengindikasikan kerusakan yang tidak berarti.
2. Umumnya, retak pada komponen beton dengan lebar sampai dengan 2 mm tidak dianggap sebagai sesuatu yang berbahaya (dan mengindikasikan kerusakan yang ringan).
3. Retak pada komponen beton dengan lebar sampai dengan 5 mm mengindikasikan kerusakan yang sedang.
4. Retak dalam komponen beton dengan lebar lebih besar dari 5 mm mengindikasikan kerusakan yang berat (dengan pengurangan kekuatan yang berarti).

5. Tertekuknya tulangan pada komponen beton mengindikasikan terjadinya kerusakan yang berat, dengan tidak memperhatikan lebar retak beton.
6. Retak-retak atau robohnya partisi tidak menyatakan kerusakan struktur yang berarti.

Tingkat kerusakan komponen yang terjadi secara keseluruhan dalam satu bangunan tembok sederhana setara dengan nilai sebagai berikut:

T (Tidak)	Tidak ada kerusakan	: 100
R (Ringan)	Kerusakan sedikit	: 80
S (Sedang)	Kerusakan sedang	: 60
B (Berat)	Kerusakan banyak	: 40

Tabel 3.2 Cara menghitung tingkat kerusakan komponen bangunan berdasarkan *World Seismic Safety Initiative* komponen vertical (Boen, 2007)

Keterangan komponen (a)	T (100)		R (80)		S (60)		B (40)		Jumlah total (T,R,S,B) (j)	Nilai Total (T,R,S,B) (k)	Nilai Rata-rata (l)
	Jml (b)	Nilai (Jml*100) (c) =(b)×100	Jml (d)	Nilai (Jml*80) (e) =(d)×80	Jml (f)	Nilai (Jml*60) (g) =(f)×60	Jml (h)	Nilai (Jml*40) (i) =(h)×40			
Kolom											
Sambungan balok kolom											
Dinding retak diagonal											
Dinding retak dibatas kolom dan dinding											
Dinding roboh (sebagai='S', seluruh='B')											
Dinding partisi											

Catatan:

- a. Jumlah artinya banyaknya komponen vertikal yang ada di setiap lantai.
- b. Jumlah total dinding retak diagonal (no. 3) maupun dinding retak di batas kolom dan dinding (no. 4) tidak termasuk dinding yang roboh (no. 5), Misal: Jumlah total dinding dalam suatu bangunan = 15, dinding yang roboh = 1, dinding retak diagonal dengan kerusakan sedang = 3. Jadi pada baris no.3, jumlah total dinding retak diagonal = 14, terdiri dari 3 dinding retak diagonal dengan kerusakan sedang (S) dan 11 dinding tidak ada kerusakan (T).

- c. Dinding roboh selalu masuk dalam kategori S atau B.
 d. Dinding partisi selalu masuk dalam kategori T atau R. Walaupun roboh, dinding partisi masuk dalam kategori R karena partisi bukan bagian dari kekuatan struktur.

Tingkat kerentanan komponen vertikal:

$$\text{Risiko} = (\text{Total Nilai Rata-Rata} / N) \dots\dots\dots(3.1)$$

Nilai N diperoleh sebagai berikut:

- a. Kalau di lantai tidak ada dinding roboh dan dinding partisi maka $N = 4$.
 b. Kalau ada dinding partisi, tapi tidak rusak, $N = 6$.
 c. Kalau semua komponen vertikal seperti tertera di daftar (komponen 1 - 6) ada, maka $N=6$.

- T) Tidak rusak :100
 R) Kerusakan ringan :80-100
 S) Kerusakan sedang :60-79
 B) Kerusakan berat :<60

Tabel 3.3 Cara menghitung tingkat kerusakan komponen bangunan berdasarkan *World Seismic Safety Initiative* komponen horizontal (Boen, 2007)

Keterangan komponen (a)	T (100)		R (80)		S (60)		B (40)		Jumlah total (T,R,S,B) (j)	Nilai Total (T,R,S,B) (k)	Nilai Rata-rata (l)
	Jml (b)	Nilai (Jml*100) (c)	Jml (d)	Nilai (Jml*80) (e)	Jml (f)	Nilai (Jml*60) (g)	Jml (h)	Nilai (Jml*40) (i)			
Balok		$= (b) \times 100$		$= (d) \times 80$		$= (f) \times 60$		$= (h) \times 40$	$= (b) + (d) + (f) + (h)$	$= (c) + (e) + (g) + (i)$	$\frac{(k)}{(j)}$
Pelat											
Rangka atap											

catatan:

Jumlah masing-masing komponen artinya banyaknya komponen horizontal yang ada disetiap lantai.

Tingkat kerentanan komponen horizontal:

$$\text{Risiko} = (\text{Total Nilai Rata-rata} / N) \dots\dots\dots(3.2)$$

Nilai N diperoleh sebagai berikut misal bangunan satu lantai dengan balok dan rangka kuda-kuda kayu, maka $N = 2$, karena tidak ada beton

- T) Tidak rusak :100
 R) Kerusakan ringan :80-100
 S) Kerusakan sedang :60- 79
 B) Kerusakan berat :< 60

Tabel 3.4 Cara menghitung tingkat kerusakan komponen bangunan berdasarkan *World Seismic Safety Initiative* komponen fondasi (Boen, 2007)

Keterangan komponen (a)	T (100)		R (80)		S (60)		B (40)		Jumlah total (T,R,S,B) (j) =(b)+(d)+(f)+(h)	Nilai Total (T,R,S,B) (k) =(c)+(e)+(g)+(i)	Nilai Rata-rata (l) $\frac{(k)}{(j)}$
	Jml (b)	Nilai (Jml*100) (c) =(b)×100	Jml (d)	Nilai (Jml*80) (e) =(d)×80	Jml (f)	Nilai (Jml*60) (g) =(f)×60	Jml (h)	Nilai (Jml*40) (i) =(h)×40			
Pondasi batu kali											
Balok pondasi											
Pondasi tapak beton											

Catatan : kalau pondasi tidak terlihat, daftar dapat dikosongkan dan tidak perlu diisi /tidak ada nilainya. Pengertian Jumlah adalah : untuk pondasi tapak, jumlah sama dengan banyaknya pondasi lapak tersebut. Untuk pondasi batu kali dan balok pondasi, Jumlah sama dengan panjang pondasi batu kali dan/ atau balok pondasi.

Tingkat kerentanan kornponen pondasi:

$$\text{Risiko} = (\text{Total Nilai Rata-rata}/N) \dots\dots\dots(3.3)$$

Nilai N diperoleh berdasarkan jumlah jenis komponen yang dapat dilihat. Kalau pondasi batu kali dan balok pondasi dapat diperiksa, maka $N = 2$.

- T) Tidak rusak :100
 R) Kerusakan ringan :80-100
 S) Kerusakan sedang :60-79
 B) Kerusakan berat :<60

Berikut contoh cara menganalisis kerusakan pada SDN Karanggayam berdasarkan Penilaian Kerentanan Gedung dengan Kajian Cara Cepat Keamanan Bangunan Tembokan Sederhana Satu atau Dua Lantai yang Rusak akibat Gempa & Kajian Risiko Komponen Non-Struktur (Komponen Operasional & Fungsional) (Boen, 2007):

Tabel 3.5 Cara menghitung tingkat kerusakan komponen bangunan berdasarkan *World Seismic Safety Initiative* komponen vertikal (Boen, 2007)

Keterangan komponen (a)	T (100)		R (80)		S (60)		B (40)		Jumlah total (T,R,S,B) (j)	Nilai Total (T,R,S,B) (k)	Nilai Rata-rata (l)
	Jml (b)	Nilai (Jml*100) (c) =(b)×100	Jml (d)	Nilai (Jml*80) (e) =(d)×80	Jml (f)	Nilai (Jml*60) (g) =(f)×60	Jml (h)	Nilai (Jml*40) (i) =(h)×40			
Kolom	13	1300	1	80					14	1380	98.57
Sambungan balok kolom	13	1300	1	80					14	1380	98.57
Dinding retak diagonal	20	2000							20	2000	100
Dinding retak dibatas kolom dan dinding	20	2000							20	2000	
Dinding roboh (sebagian="S", seluruh="B")											
Dinding partisi	1	100							1	100	

Tabel 3.6 Cara menghitung tingkat kerusakan komponen bangunan berdasarkan *World Seismic Safety Initiative* komponen horizontal (Boen, 2007)

Keterangan komponen (a)	T (100)		R (80)		S (60)		B (40)		Jumlah total (T,R,S,B) (j)	Nilai Total (T,R,S,B) (k)	Nilai Rata-rata (l)
	Jml (b)	Nilai (Jml*100) (c) =(b)×100	Jml (d)	Nilai (Jml*80) (e) =(d)×80	Jml (f)	Nilai (Jml*60) (g) =(f)×60	Jml (h)	Nilai (Jml*40) (i) =(h)×40			
Balok	19	1900							19	1900	100
Pelat	6	600							6	600	100
Rangka atap	1	100							1	100	100

Tabel 3.7 Cara menghitung tingkat kerusakan komponen bangunan berdasarkan *World Seismic Safety Initiative* komponen fondasi (Boen, 2007)

Keterangan komponen (a)	T (100)		R (80)		S (60)		B (40)		Jumlah total (T,R,S,B) (j)	Nilai Total (T,R,S,B) (k)	Nilai Rata-rata (l)
	Jml (b)	Nilai (Jml*100) (c) =(b)×100	Jml (d)	Nilai (Jml*80) (e) =(d)×80	Jml (f)	Nilai (Jml*60) (g) =(f)×60	Jml (h)	Nilai (Jml*40) (i) =(h)×40			
Pondasi batu kali											
Balok pondasi	20	200							20	200	100
Pondasi tapak beton	1	100							1	100	100

Hasil penilaian gedung SDN Karanggayam pada unit A pada komponen vertikal diperoleh nilai paling rendah adalah komponen kolom dan komponen sambungan balok kolom sebesar 98,57%, dikarenakan adanya sedikit keretakan. Pada pada komponen horizontal nilainya rata-ratanya 100% dikarenakan semua komponen struktur dalam kondisi baik. Sedangkan pada

komponen pondasi diperoleh nilai 100% dikarenakan semua komponen struktur dalam kondisi baik.

F. Penilaian Kerentanan Gedung dengan Berdasarkan Standar Pekerjaan Umum (PU).

Secara umum bangunan gedung terdiri dari tiga komponen utama, yaitu: komponen non-struktur, komponen struktur dan komponen arsitektur. Kerusakan pada struktur bangunan disebabkan berbagai faktor. Kondisi tanah, misalnya, sangat mempengaruhi kerusakan pada bangunan. Karakteristik guncangan gempa akan dipengaruhi oleh jenis lapisan tanah yang mendukung bangunan. Faktor lain penyebab kerusakan struktur bangunan adalah kualitas bahan dan cara pengerjaan konstruksinya. Jenis kerusakan bangunan gedung yang diakibatkan oleh gempa ditunjukkan pada Tabel 3.8 di bawah ini :

Tabel 3.8 Jenis kerusakan bangunan yang diakibatkan oleh gempa bumi. (Tatacara Perbaikan Kerusakan Bangunan Perumahan Rakyat Akibat Gempa Bumi, Pd. T-042000-C)

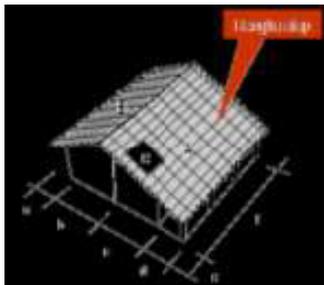
Skala	Jenis Kerusakan	Kerusakan Yang Terjadi	Tindakan yang Dianjurkan
0	Tidak Rusak	Tidak ada yang rusak	Tidak memerlukan tindakan
I	Non-Struktur Rusak Ringan	Dinding retak halus, plesteran berjatuhan sedikit.	Bangunan tidak perlu dikosongkan, hanya perlu dipoles dan dicat kembali.
II	Struktur Rusak Ringan	Dinding retak kecil, Plesteran berjatuhan banyak, Plafon dan Listplank rusak, Kemampuan struktur untuk memikul beban sedikit berkurang.	Bangunan tidak perlu dikosongkan, perlu tindakan perbaikan struktur yang rusak.
III	Struktur Rusak Sedang	Dinding retak besar dan meluas, Retakan juga terjadi pada dinding pemikul beban, kolom dan balok, Kemampuan struktur untuk memikul beban berkurang.	Bangunan harus dikosongkan, perlu tindakan perbaikan dan penguatan struktur sebelum dihuni kembali.

Tabel 3.8 Jenis kerusakan bangunan yang diakibatkan oleh gempa bumi. (Tatacara Perbaikan Kerusakan Bangunan Perumahan Rakyat Akibat Gempa Bumi, Pd. T-042000-C)(lanjutan)

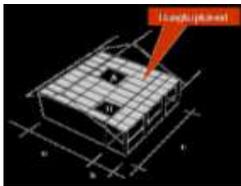
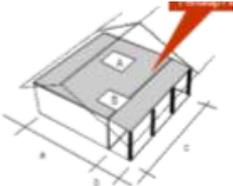
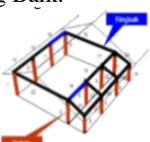
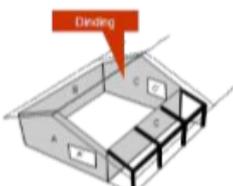
Skala	Jenis Kerusakan	Kerusakan Yang Terjadi	Tindakan yang Dianjurkan
IV	Struktur Rusak Berat	Dinding pemikul beban terbelah dan runtuh, Kegagalan unsur-unsur pengikat berakibat pada terpisahnya komponen-komponen struktur, Sekitar 50% elemen struktur utama rusak, Bangunan menjadi sangat berbahaya.	Bangunan harus dikosongkan atau dirobohkan, Perlu tindakan restorasi dan perkuatan struktur secara menyeluruh sebelum dihuni kembali
V	Runtuh	Sebagian besar atau seluruh bangunan runtuh.	Bersihkan lokasi dan dibangun kembali.

Berikut contoh cara menganalisis kerusakan pada SDN Karanggayam berdasarkan Penilaian Kerentanan Gedung dengan Berdasarkan Standar Pekerjaan Umum (PU):

Tabel 3.9 Cara menghitung tingkat kerusakan komponen bangunan berdasarkan standar Pekerjaan Umum (PU) (Hamdi, 2014)

NO	Komponen Bangunan	Persentase Tingkat Kerusakan
1	Penutup atap : 	$\text{Luas A} = (c+d) \times (e+f) \times 1,2$ $= (3,5 + 1,5) \times (1,5+42) \times 1,2 = 287,1 \text{ m}^2$ $\text{Luas B} = (a+b) \times (e+f) \times 1,2$ $= (1,5 + 3,5) \times (1,5+42) \times 1,2 = 261 \text{ m}^2$ $\text{Luas C} = \text{Luas penutup yang rusak}$ $= 0$ $\text{Tingkat Kerusakan Penutup Atap} =$ $\text{Luas C} / (\text{Luas A} + \text{Luas B}) \times 100\%$ $= \frac{0}{267,1+261} \times 100\% = 0 \%$
2	Rangka Atap : 	$\text{Luas A} = (c+d) \times (e+f) \times 1,2$ $= 287,1 \text{ m}^2$ $\text{Luas B} = (a+b) \times (e+f) \times 1,2$ $= 261 \text{ m}^2$ $\text{Luas C} = \text{Luas rangka atap yang rusak}$ $= 0$ $\text{Tingkat Kerusakan Rangka Atap} =$ $\text{Luas C} / (\text{Luas A} + \text{Luas B}) \times 100\%$ $= \frac{0}{267,1+261} \times 100\% = 0 \%$ $\text{Tingkat kerusakan kuda-kuda} = -$ $\text{Jumlah kuda-kuda yang rusak/jumlah kuda-kuda}$ $\text{ruang tersebut} \times 100\%$

Tabel 3.9 Cara menghitung tingkat kerusakan komponen bangunan berdasarkan standar Pekerjaan Umum (PU) (Hamdi, 2014) (lanjutan)

NO	Komponen Bangunan	Persentase Tingkat Kerusakan
3	Rangka plafond : 	Luas total rangka plafond ruangan= (a+b) x c = (7+2) x 42 = 378 m ² Luas rangka yang rusak = Luas (A) + (B) = 0 Persentase tingkat kerusakan= Luas (A)+(B) / ((a+b) x c) x 100% = $\frac{0}{378} \times 100\% = 0\%$
4	Penutup plafon : 	Luas total penutup plafond ruangan= (a+b) x c = 378 m ² Luas penutup plafond yang rusak = Luas (A) + (B) = 0 m ² Persentase tingkat kerusakan= Luas (A)+(B) / ((a+b) x c) x 100% = $\frac{0}{378} \times 100\% = 0\%$
5	Kolom dan Ring Balk: 	Jumlah kolom + ring balok ruangan = A = 21+9 = 40 Jumlah Kolom + ring balok yang rusak=B = 1+ 0=1 Persentase tingkat kerusakan = B / A x 100% = $\frac{1}{40} \times 100\% = 2.5\%$
6	Dinding: 	Luas (A)+(B)+(C)+(D) = luas total dinding ruangan. = (7x3,5)+(7x3,5)+(7x3,5)+(7x3,5)x6 = 441m ² Luas (A)+(C) = luas total dinding/cat dinding yang rusak. = 0 Persentase tingkat kerusakan = Luas dinding yang rusak/luas total x 100% = $\frac{0}{441} \times 100\% = 0\%$

Tabel 3.10 Hasil komponen standar penilaian tingkat keruskan gedung sekolah (Hamdi, 2014)

NO	KOMPONEN	SUB KOMPONEN	BOBOT SUB KOMPONEN		TINGKAT KERUSAKAN	
			RELATIF (%)	Maks (%)	BOBOT (%)	NILAI (%)
1	Atap	a. Penutup atap	10.56	100	0	0
		b. Talang+Lisplang	2.06	100	0	0
		c. Rangka atap	11.64	100	0	0
		Bobot komponen (%)=		24.24		
2	Plafon	a. Rangka plafon	4.67	100	0	0
		b. Penutup plafon	5.06	100	0	0
		c. Cat plafon	1.41	100	0	0
		Bobot komponen (%)=		11.14		
3	Dinding	a. Kolom+ring balk	9.66	100	2,5	0,241
		b. Pasangan bata	13.68	100	0	0
		c. Cat dinding	1.65	100	0	0
		Bobot komponen (%)=		24.99		

Tabel 3.10 Hasil komponen standar penilaian tingkat kerusakan gedung sekolah (Hamdi, 2014)(lanjutan)

NO	KOMPONEN	SUB KOMPONEN	BOBOT SUB KOMPONEN		TINGKAT KERUSAKAN	
			RELATIF (%)	Maks (%)	BOBOT (%)	NILAI (%)
4	Pintu-jendela	a. Kusen	2.70	100	0	0
		b. Daun pintu	2.47	100	0	0
		c. Daun jendela	5.15	100	0	0
	Bobot komponen (%)=		10.32			0
5	Lantai	a. Penutup lantai	8.98	100	0	0
		b. Struktur bawah lantai	2.89	100	0	0
	Bobot komponen (%)=		11.87			0
6	Pondasi	a. Sloof	3.30	100	0	0
		b. Pondasi	11.15	100	0	0
	Bobot komponen (%)=		14.45			0
7	Utilitas	a. Instalasi listrik	1.79	100	0	0
		b. Instalasi air	1.22	100	0	0
	Bobot komponen (%)=		3.01			0
Total bobot (%)=		100			0,241	

G. Penilaian Kerentanan Gedung dengan Panduan Teknis Rehabilitasi Sekolah Aman dengan Dana Alokasi Khusus (DAK) Pendidikan Tahun 2011 (BNPB, 2011)

Sebelum melaksanakan proses rehabilitasi, sekolah yang menerima dana DAK Pendidikan 2011 diwajibkan melakukan penilaian kerentanan sekolah terhadap bencana dengan melibatkan ahli bangunan menggunakan perangkat sebagaimana disajikan pada sub-lampiran B-2. Dalam pelaksanaan penilaian kerusakan ini, sekolah dapat meminta bantuan kepada ahli teknik bangunan yang menangani masalah pekerjaan umum. Sekolah dapat pula meminta bantuan kepada asosiasi tenaga ahli di bidang konstruksi di wilayahnya. Pada prinsipnya kerentanan bangunan yang dinilai adalah terhadap bencana gempa bumi, khususnya terhadap guncangan horizontal/mendatar. Untuk bencana tsunami yang biasanya mengikuti kejadian gempa bumi, maka penilaian kerentanan terhadap gempa bumi dengan sendirinya menjadi prasyarat. Di dalam proses penilaian kerentanan dalam sub-lampiran ini, faktor aksesibilitas juga dinilai. Faktor aksesibilitas ini juga merupakan bagian penting dalam penyediaan sarana dan jalur penyelamatan (*escape route*) terhadap bencana tsunami dan letusan gunung api.