

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### A. Definisi Tentang Bencana

Suatu bencana tidak terjadi dengan sendirinya. Sudah dari zaman nenek moyang manusia jauh-jauh kala, ratusan, ribuan bahkan jutaan tahun yang lalu sebelum manusia mengenal ilmu pengetahuan bencana sudah terjadi. Pemahaman akan bencana dari waktu ke waktu terus mengalami perubahan sehingga melahirkan keberaneka ragam cara pandang mereka tentang bencana. Perbedaan cara pandang mengenai bencana ini kemudian melahirkan teori-teori baru tentang bencana seiring dengan tingkat pendidikan dan pemahaman secara personal atau kelompok tentang bencana. Beberapa teori yang menonjol akan bencana. Yulius (2009) adalah sebagai berikut:

##### 1. 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.

##### 2. Teori *Anthroposentrisme*

Teori ini berpandangan bahwa bencana merupakan peristiwa alam yang disebabkan oleh kesalahan manusia (*human error*) dalam memperlakukan sumber daya alam yang diberikan Tuhan kepada umat manusia. Akibat dari ulah manusia yang mengeksploitasi sumber daya alam tanpa memperhatikan dampak yang akan terjadi, sehingga menimbulkan alam tidak seimbang yang kemudian melahirkan bencana.

## **B. Bencana Gempa Bumi, Tsunami, Banjir, Abrasi dan Pengaruh Angin terhadap Bangunan**

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 bisa 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 runtuh 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.

Tsunami adalah serangkaian gelombang tinggi yang disebabkan oleh perpindahan sejumlah besar air laut secara tiba-tiba. Tsunami disebabkan oleh gempa bawah laut, meletusnya gunung berapi di bawah laut, tanah longsor atau perpindahan tanah di bawah air, jatuhnya meteor atau tanah pesisir yang longsor ke dalam laut. Tsunami yang terjadi secara lokal biasanya terjadi dalam waktu yang tidak cukup untuk memberi peringatan dan mungkin juga diiringi kerusakan yang diakibatkan oleh gempa pemicu seperti tanah bergerak, *surface faulting*, *liquefaction*, atau tanah longsor. Tsunami jauh bisa berjalan selama berjam-jam sebelum menerpa pesisir. Di lautan terbuka, tinggi tsunami bisa hanya mencapai beberapa kaki, tetapi bisa bergerak sampai 500 mil/jam (804,5 km/jam).

Ketika tsunami memasuki perairan dekat pesisir, kecepatannya berkurang, panjang ombaknya berkurang, dan tingginya bertambah secara drastis. Namun, ombak pertama biasanya bukan ombak terbesar, beberapa ombak yang lebih besar dan ganas seringkali mengikuti ombak pertama. Walau kecepatan tsunami biasanya berkurang saat mendekati pesisir, gelombang tetap bergerak lebih cepat dari kemampuan seorang pelari jarak jauh olympiade – lebih dari 15 mil/jam (24,135 km/jam) Tidak seperti gempa bumi yang dapat merusak wilayah luas, biasanya ratusan mil persegi, tsunami merusak sepanjang pesisir linear, dan biasanya mencapai daratan. Ketika mendarat di pesisir, gelombang akan terpantul kembali ke laut, dan dapat menyerang pesisir dalam bentuk gelombang beruntun. Indikasi kasat mata pertama dari datangnya tsunami adalah surutnya air (*drawdown*) yang disebabkan oleh lembah gelombang yang mendahului gelombang besar yang sedang menuju daratan.

Pantai, yang merupakan perbatasan antara daratan dan lautan, adalah sebuah perairan yang sangat dinamis. Dinamika perairan tersebut disebabkan oleh pengaruh angin, gelombang angin, gelombang pasang surut, gelombang badai, tsunami dan lainnya. Bangunan yang berada di pesisir pantai sangat rawan untuk terjadi kerusakan. Kerusakan bangunan sangat merugikan masyarakat karena bangunan tidak dapat difungsikan sebagaimana mestinya. Pada gedung-gedung sekolah dasar, kerusakan bangunan yang parah akan mengganggu pelaksanaan proses pembelajaran. Oleh karena itu, sedapat mungkin kerusakan harus dihindarkan. Penurunan kualitas bangunan bisa juga terjadi akibat terabainya pengguna bangunan melakukan perawatan dan pemeliharaan.

### **C. Pengurangan Resiko Bencana**

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. 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.

#### 2. 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.

### 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 Sumber daya

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 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 penggunanya.
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 terdapat beberapa tahapan RVS Untuk *Existing Building* (FEMA 154), adapun tahapan tersebut.

#### 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 Spektral Response, SA (periode pendek, atau 0,2 detik)	Percepatan spektral Response, 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 horizontal)	Lebih besar dari atau sama dengan 0.200 (dalam arah horizontal)

## 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 tipe 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)
  - E. *Light metal buildings* (S3)
  - F. *Steel frame buildings with cast-in-place concrete shear walls* (S4)
  - G. *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)*

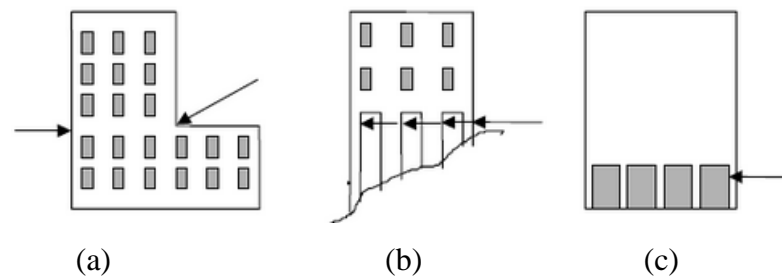
p. *Unreinforced masonry bearing-wall buildings (URM)*

#### 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

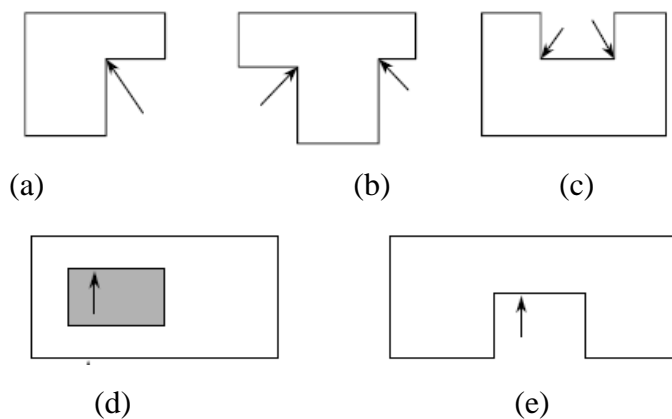
*Vertical Irregularity* adalah kenampakan secara vertikal yang tidak reguler, seperti adanya *setbacks* (mengalami kemerosotan), *hillside* (lereng), dan *soft story* (lantai lemah).



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. Untuk daerah di Indonesia menggunakan acuan sebagai berikut:

### a. *Precode*

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

### b. *Post Benchmark*

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

## **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)**

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:

- |          |                                                                                                                      |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>T</b> | Tidak ada kerusakan yang berarti.                                                                                    |
| <b>R</b> | Ringan (kerusakan komponen struktur hanya memerlukan perbaikan kosmetik dan komponen non-struktur perlu dipulihkan.) |
| <b>S</b> | Sedang (kerusakan struktur dapat diperbaiki.)                                                                        |
| <b>B</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.



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:

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

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



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 SD Muhammadiyah Babakan 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.

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)	Jml (d)	Nilai (Jml*80) (e)	Jml (f)	Nilai (Jml*60) (g)	Jml (h)	Nilai (Jml*40) (i)			
Kolom	9	900	1	80					10	980	98%
Sambungan balok kolom	10	1000							10	1000	100%
Dinding retak diagonal	17	1700							17	1700	100%
Dinding retak dibatas kolom dan dinding											
Dinding roboh (sebagian='S', seluruh='B')											
Dinding partisi			3	240					3	240	80%



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) $\frac{(k)}{(j)}$
	Jml (b)	Nilai (Jml*100) (c)	Jml (d)	Nilai (Jml*80) (e)	Jml (f)	Nilai (Jml*60) (g)	Jml (h)	Nilai (Jml*40) (i)			
		= (b) × 100		= (d) × 80		= (f) × 60		= (h) × 40			
Balok	13	1300							13	1300	100%
Pelat	7	700							7	700	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) $\frac{(k)}{(j)}$
	Jml (b)	Nilai (Jml*100) (c)	Jml (d)	Nilai (Jml*80) (e)	Jml (f)	Nilai (Jml*60) (g)	Jml (h)	Nilai (Jml*40) (i)			
		= (b) × 100		= (d) × 80		= (f) × 60		= (h) × 40			
Pondasi batu kali											
Balok pondasi	13	1300							13	1300	100%
Pondasi tapak beton	1	100							1	100	100%

Tabel 3.8 Hasil evaluasi tingkat kerusakan komponen bangunan

Komponen	Unit A (%)
1. Vertikal	
1.1 Kolom	98
1.2 Sambungan Balok Kolom	100
1.3 Dinding Retak Diagonal	100
1.4 Dinding Retak Dibatas Kolom dan Dinding	0
1.5 Dinding Roboh	0
1.6 Dinding Partisi	80
2. Horizontal	
2.1 Balok	100
2.2 Pelat	100
2.3 Rangka Atap	100
3. Pondasi	
3.1 Pondasi Batu Kali	-
3.2 Balok Pondasi	100
3.3 Pondasi Tapak Beton	100

Keterangan:

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

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

Hasil penilaian gedung SD Muhammadiyah Babakan diperoleh nilai rata-ratanya 100% namun pada kolom memperoleh hasil 98% karena kolom mengalami retak pada bagian *joint* antara kolom dan balok. dan pada bagian dinding partisi memperoleh hasil 80%, untuk tiga ruangan kelas di SD Muhammadiyah Babakan menggunakan triplek yang dikategorikan memiliki kerusakan ringan.

Penilaian Kerentanan Gedung dengan Kajian Cara Cepat Keamanan Bangunan Tembokan Sederhana Satu atau Dua Lantai yang Rusak akibat Gempa & Kajian Risiko Komponen Non-Struktur tersebut diperoleh nilai sebesar 80 % yang menunjukkan bahwasannya berdasarkan keterangan yang sudah tercantum SD Muhammadiyah Babakan memiliki kerusakan ringan atau sedikit.

#### **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 di bawah ini :


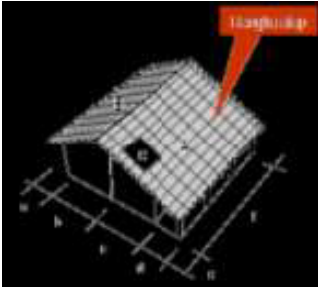
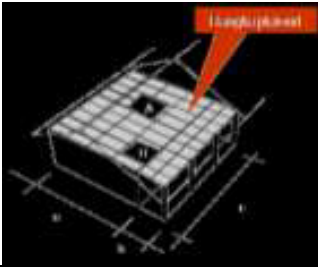
Tabel 3.9 Jenis Kerusakan Bangunan yang Diakibatkan oleh Gempa Bumi  
(Departemen Pekerjaan Umum, 2000)

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 diperbaiki 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.
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.

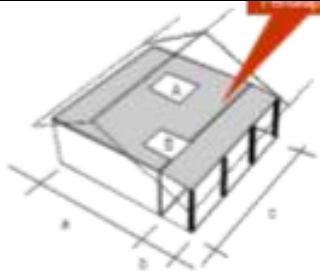
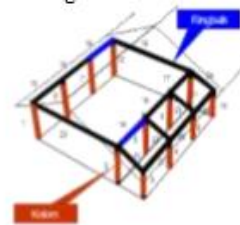
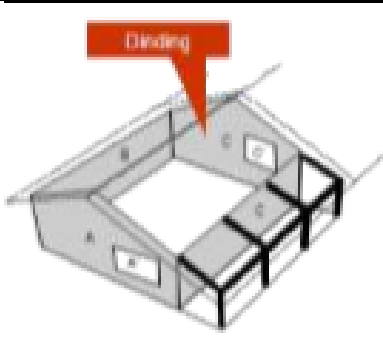
Berikut contoh cara menganalisis kerusakan pada SD Muhammadiyah Babakan berdasarkan PU.

Evaluasi Cara Menghitung Tingkat Kerusakan Komponen Bangunan Berdasarkan PU Nama gedung : SD Muhammadiyah Babakan

Tabel 3.10 Hasil perhitungan tingkat kerusakan komponen bangunan berdasarkan PU (Hamdi, 2014)

NO	Komponen Bangunan	Persentase Tingkat Kerusakan
1	Penutup atap : 	$\begin{aligned} \text{Luas A} &= (c+d) \times (e+f) \times 1.2 \\ &= (3 + 1.5) \times (1+28) \times 1.2 = \\ &= 156.6 \text{ m}^2 \\ \text{Luas B} &= (a+b) \times (e+f) \times 1.2 \\ &= 156.6 \text{ m}^2 \\ \text{Luas C} &= \text{Luas penutup yang rusak} \\ &= 0 \\ \text{Tingkat Kerusakan Penutup Atap} &= \\ &= \frac{\text{Luas C}}{(\text{Luas A} + \text{Luas B})} \times 100\% \\ &= \frac{0}{168+168} \times 100\% = 0\% \end{aligned}$
2	Rangka Atap : 	$\begin{aligned} \text{Luas A} &= (c+d) \times (e+f) \times 1.2 \\ &= 156.6 \text{ m}^2 \\ \text{Luas B} &= (a+b) \times (e+f) \times 1.2 \\ &= 156.6 \text{ m}^2 \\ \text{Luas C} &= \text{Luas rangka atap yang rusak} \\ &= 0 \\ \text{Tingkat Kerusakan Rangka Atap} &= \\ &= \frac{\text{Luas C}}{(\text{Luas A} + \text{Luas B})} \times 100\% \\ &= \frac{0}{168+168} \times 100\% = 0\% \\ \text{Tingkat kerusakan kuda-kuda} &= - \\ &= \frac{\text{Jumlah kuda-kuda yang rusak}}{\text{jumlah kuda-kuda ruang tersebut}} \times 100\% \end{aligned}$
3	Rangka plafond : 	$\begin{aligned} \text{Luas total rangka plafond ruangan} &= \\ &= (a+b) \times c \\ &= (6+1.5) \times 28 = 210 \text{ m}^2 \\ \text{Luas rangka yang rusak} &= \text{Luas (A) + (B)} \\ &= 0 \\ \text{Persentase tingkat kerusakan} &= \\ &= \frac{\text{Luas (A)+(B)}}{((a+b) \times c)} \times 100\% \\ &= \frac{0}{229.5} \times 100\% = 0\% \end{aligned}$

Tabel 3.10 Hasil perhitungan tingkat kerusakan komponen bangunan berdasarkan PU (Hamdi, 2014)(Lanjutan)

NO	Komponen Bangunan	Persentase Tingkat Kerusakan
4		<p>Luas total penutup plafond ruangan = <math>(a+b) \times c</math>  <math>= 210 \text{ m}^2</math></p> <p>Luas penutup plafond yang rusak =            Luas (A) + (B)  <math>= 0 \text{ m}^2</math></p> <p>Persentase tingkat kerusakan =  <math>\frac{\text{Luas (A)+(B)}}{(a+b) \times c} \times 100\%</math>  <math>= \frac{0}{210} \times 100\% = 0\%</math></p>
5		<p>Jumlah kolom + ring balok ruangan = A  <math>= 10+13 = 23</math></p> <p>Jumlah Kolom + ring balok yang rusak = B  <math>= 1+0 = 1</math></p> <p>Persentase tingkat kerusakan = <math>B / A \times 100\%</math>  <math>= \frac{1}{23} \times 100\% = 4.35\%</math></p>
6		<p>Luas (A)+(B)+(C)+(D) = luas total dinding ruangan.  <math>= (6 \times 3.5 + 7 \times 3.5 + 6 \times 3.5 + 7 \times 3.5) = 91 \times 8 = 728 \text{ m}^2</math></p> <p>Luas (A)+(C) = luas total dinding/cat dinding yang rusak.  <math>= (6 \times 3.5) + (6 \times 3.5) + (6 \times 3.5) = 63 \text{ m}^2</math></p> <p>Persentase tingkat kerusakan = Luas dinding yang rusak/luas total x 100%  <math>= \frac{63}{728} \times 100\% = 8.654\%</math></p>

Komponen Standar Penilaian Tingkat Kerusakan Gedung Sekolah  
 Tabel 3.11 Hasil perhitungan standar penilaian tingkat kerusakan gedung (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			0
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			0
3	Dinding	a. Kolom+ring balk	9,66	100	4,35	0,42021
		b. Pasangan bata	13,68	100	0	0
		c. Cat dinding	1,65	100	8,654	0,143
		Bobot Komponen (%) =	24,99			0,56321

Komponen Standar Penilaian Tingkat Kerusakan Gedung Sekolah  
Tabel 3.11 Hasil perhitungan standar penilaian tingkat kerusakan gedung  
(Hamdi, 2014)

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			0,56321

Catatan :

Rusak ringan : s/d 30%

Rusak sedang : s/d 45%

Rusak berat : s/d 60%

Rusak total : s/d 100%

Dari hasil penilaian kerentanan gedung dengan berdasarkan standar pekerjaan umum (PU) tersebut diperoleh nilai sebesar 0,56321%, nilai ini merupakan nilai yang masuk dalam kategori rusak ringan.

#### **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 dari Dinas yang menangani masalah pekerjaan umum atau tata bangunan setempat, ataupun dari Sekolah Menengah Kejuruan Teknik terdekat. 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.