

BAB I PENDAHULUAN

A. Analisis Situasi

Gempa bumi tektonik pada tanggal 27 Mei 2006 yang lalu tidak hanya memporakporandakan wilayah Kabupaten Bantul Provinsi D.I. Yogyakarta dan Kabupaten Klaten Provinsi Jawa Tengah saja, akan tetapi juga sebagian wilayah di Kabupaten Kulon Progo D.I. Yogyakarta. Pada kenyataannya sebagian wilayah Kabupaten Kulon Progo khususnya wilayah Kecamatan Sentolo bagian selatan yaitu Desa Salamrejo dan Tuksono serta Desa Ngentakrejo dan Gulurejo Kecamatan Lendah tidak kalah parah bila dibandingkan dengan dua wilayah kabupaten lain.

Kerusakan akibat dampak gempa bumi tersebut khususnya tempat tinggal di beberapa desa di wilayah Kabupaten Kulon Progo tersebut ternyata juga menarik perhatian bagi pemberi bantuan. Walaupun bantuan dari berbagai pihak pada saat itu telah diterima oleh masyarakat kondisi rekonstruksi bangunan di wilayah korban gempa tersebut terlihat sangat lamban. Sebab sampai saat pelaksanaan program PPM belum terjadi perubahan yang signifikan terhadap pembangunan kembali tempat tinggal yang rusak tersebut.

Kondisi di atas disebabkan karena bantuan dana rekonstruksi yang diterima oleh masyarakat relatif kecil, sementara kebutuhan bahan bangunan untuk pemenuhan pembangunan kembali rumah tinggal sangat besar jumlahnya. Selain itu, untuk dapat segera membangun kembali rumah tinggal yang rusak diperlukan tenaga atau tukang terampil yang tidak sedikit, sementara jumlah tenaga tukang di wilayah terkena gempa bumi tersebut sangat terbatas jumlahnya.

Di samping permasalahan di atas, satu hal yang sangat penting untuk diperhatikan adalah pembangunan kembali berbagai bentuk bangunan yang

terkena musibah gempa harus dikerjakan oleh para tukang dan ahli yang mengetahui konstruksi bangunan tahan gempa. Hal ini penting artinya agar bilamana terjadi peristiwa yang sama kerusakan yang terjadi tidak separah seperti yang terjadi pada saat terjadinya gempa bumi tektonik pada tanggal 27 Mei 2006 yang lalu. Hal yang lebih penting lagi adalah, setiap terjadi bencana alam khususnya gempa bumi harus dapat menekan seminimal mungkin jumlah korban jiwa khususnya manusia.

Oleh karena itu, untuk dapat membangun kembali berbagai bangunan yang rusak bahkan yang roboh, di samping diperlukan biaya juga pengetahuan dan keterampilan tentang konstruksi bangunan tahan gempa tersebut. Kebutuhan biaya perbaikan dan pembangunan kembali dapat diperoleh dari para donator atau pemerintah dalam wujud bantuan dana rekonstruksi gempa. Akan tetapi, pengetahuan, pemahaman, dan keterampilan tentang konstruksi bangunan tahan gempa tidak sangat kecil kemungkinannya diberikan oleh para donator. Oleh karena itu, para korban gempa di wilayah Kabupaten Kulon Progo perlu diberikan bantuan pengetahuan dan keterampilan teknis aplikasi konstruksi bangunan tahan gempa melalui program kegiatan PPM khususnya dari perguruan tinggi yang memiliki tim ahli dari Jurusan Teknik Sipil yang dalam hal ini berasal dari Lembaga Penagbdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Yogyakarta (LPM UNY).

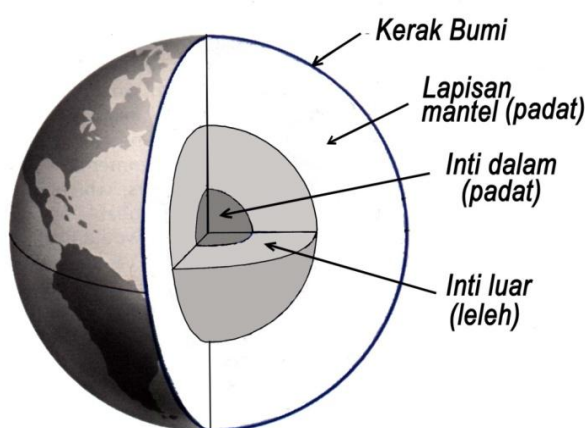
B. Tinjauan Pustaka

1. Pendahuluan

Bumi merupakan planet ketiga dari delapan planet yang ada dalam tata surya, yang usianya diperkirakan telah mencapai 4,6 milyar tahun. Jarak antara bumi dengan matahari adalah 149,6 juta kilometer atau 1 *AU* (*astronomical unit*). Di atas permukaan bumi terdapat lapisan udara

(atmosfer) dan medan magnet (magnetosfer), yang melindungi permukaan bumi dari angin, matahari, sinar ultra ungu, dan radiasi dari luar angkasa. Lapisan udara ini menyelimuti bumi hingga ketinggian sekitar 700 kilometer.

Bumi mempunyai diameter sepanjang 12.756 kilometer, yang terbagi menjadi berapa lapisan yaitu: lapisan kerak bumi atau *crust*, mantel, dan inti bumi. Untuk lebih jelasnya lapisan kerak bumi ini dilukiskan sebagaimana digambarkan pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Kerak Bumi

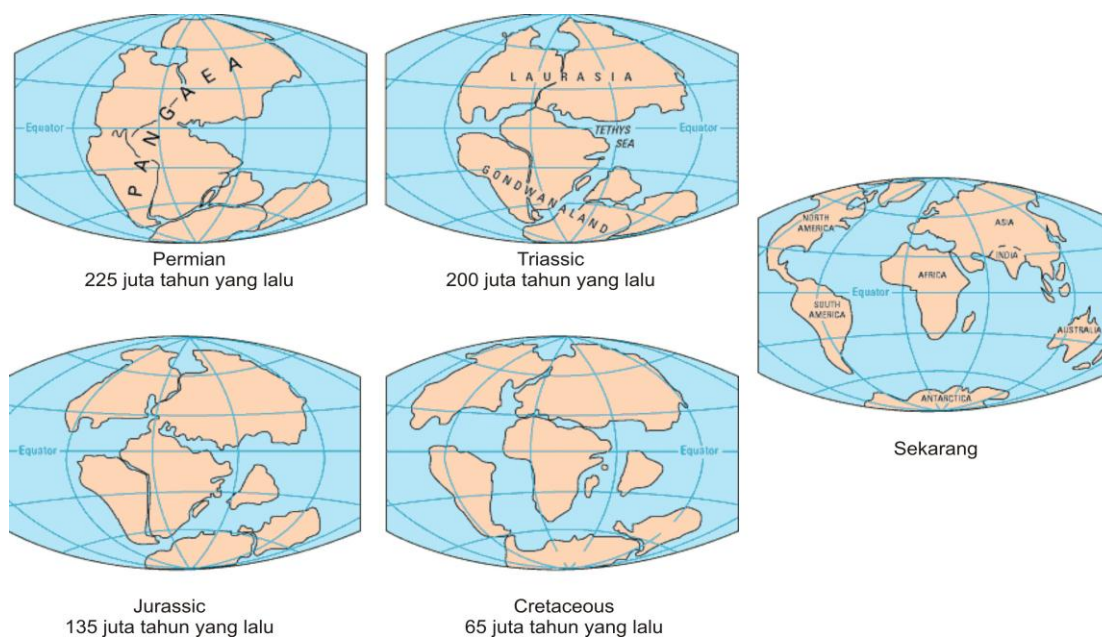
Penjelasan dari Gambar 1 tersebut di atas adalah sebagai berikut.

- Inti dalam yaitu bagian yang mempunyai sifat padat (*solid*).
- Inti luar (*outer core*) berupa cairan pekat (*liquid*), dengan ketebalan antara 2.900 km sampai 5.100 km, yang kaya dengan kandungan besi dan nikel, dengan suhu berkisar 4.500°C.
- Mantel bumi terdiri dari dua bagian, yaitu: mantel luar dengan ketebalan 40 sampai 400 km, yang memiliki kerapatan antara 3,3 sampai 4,3 gm/cm³, dan mantel dalam dengan ketebalan 900 sampai 2.700 km, yang banyak mengandung senyawa padat MgO dan SiO₂.

d. Kerak bumi merupakan lapisan paling luar, yang memiliki sifat: keras, padat, dan relatif dingin, dengan ketebalan 70 sampai 100 km, dan tersusun dari batuan beku, batuan sedimen, dan batuan ubahan.

Permukaan bumi, merupakan bagian dari kerak bumi, yang terdiri atas 71% luasan berupa lautan yang diselimuti air, dan 29% luasan berupa daratan (benua dan pulau).

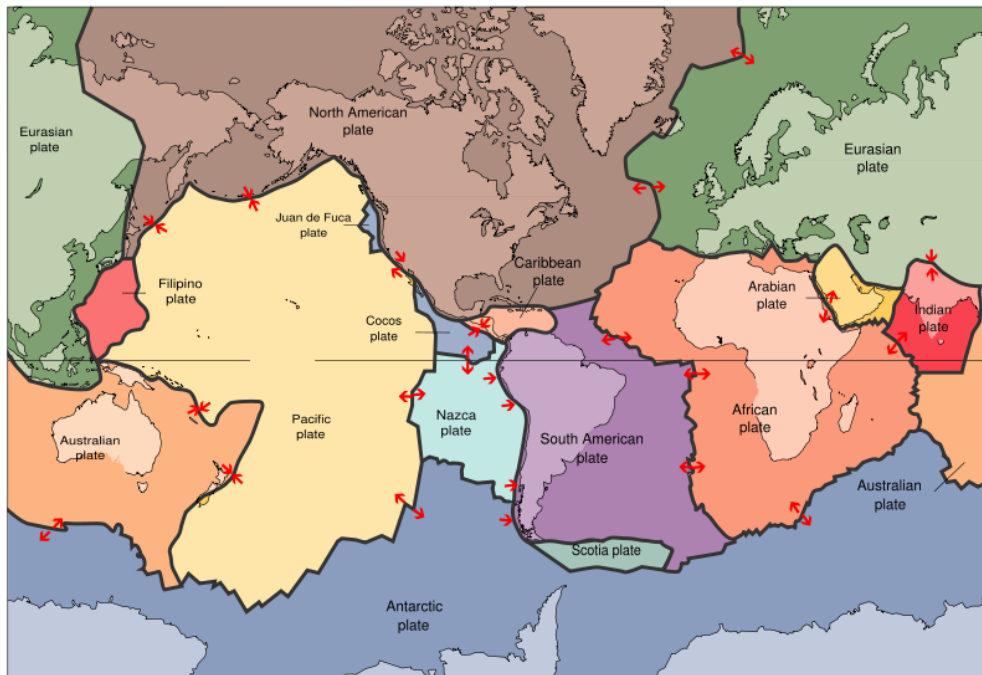
Pada masa awal pembentukan bumi, seluruh benua merupakan satu daratan yang amat luas, belum terbagi-bagi oleh pergeseran kerak bumi. Daratan tersebut disebut Pangea (*Pangæan Supercontinent*), lihat Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2: Pergerakan Lempeng Bumi

Pergerakan lapisan kerak bumi ini selanjutnya dapat diterangkan dengan teori lempeng tektonik. Lempeng tektonik adalah segmen keras kerak bumi yang disokong oleh magma di bawahnya. Terdapat sekitar 12 lempeng tektonik di atas muka bumi, di antaranya: Lempeng Eurasia, Indo-Australia, Pasifik, Afrika, Nasca, Amerika Utara, Amerika Selatan, Lautan

Philipina, Karibia, Cocos, Scotia, dan Lempeng Antartika. Oleh karena posisi lempeng-lempeng tektonik berada di atas lapisan magma panas yang kental, maka lempeng-lempeng tektonik ini bebas bergerak dan saling bergesekan satu sama lain.



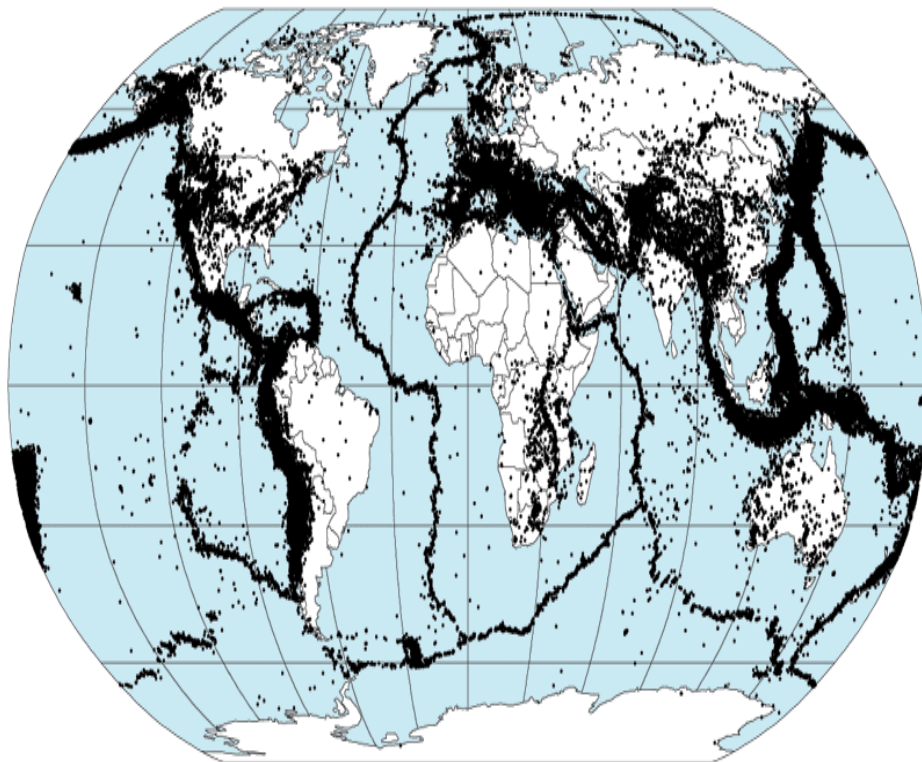
Gambar 3. Batas-batas Lempeng di Muka Bumi

Pergerakan antar lempeng tektonik ini tidak berjalan secara perlahan-lahan. Sebaliknya, pergeseran antara tanah dan batu, yang membentuk lempeng tektonik, menyebabkan pergeseran itu berjalan tersentak-sentak. Pergerakan inilah yang menyebabkan terjadinya gempa bumi.

Daratan, dan juga dasar lautan, karena terjadinya pergerakan lempengan secara perlahan-lahan akan dibawa ke arah kedudukan baru. Batas lempeng-lempeng di muka bumi ditandai dengan adanya lingkaran/jalur gempa bumi dan rangkaian gunung berapi. Keadaan ini muncul sebagai akibat terkumpulnya energi saat terjadi desakan/gesekan antar lempeng yang saling berbatasan, sehingga dapat mengubah bentuk

muka bumi. Terdapat tiga jalur gempa utama di atas muka bumi, yaitu: Jalur Gempa Pasifik, Trans-Asiatic, dan Mid-Atlantic.

Indonesia merupakan daerah kepulauan yang sangat luas, dan di wilayah ini terjadi pertemuan antara Lempeng Eurasia, Indo-Australia, Pasifik, dan Lautan Philipina. Selain itu, Indonesia juga dilalui dua jalur gempa, yaitu: Circum Pacific, dan Trans Asiatic.



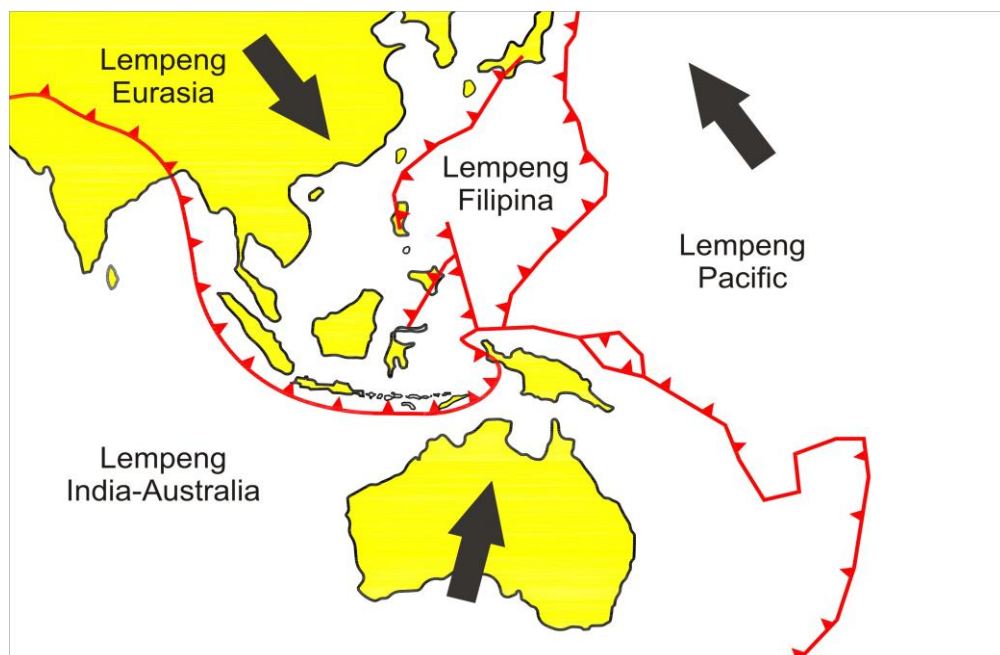
Gambar 4. Pusat-Pusat Gempa di Dunia, 1963–1998

2. Gempa Bumi

Gempa dapat didefinisikan sebagai getaran bumi yang terasa di permukaan, karena pelepasan energi yang cepat sebagai akibat dari pergeseran tanah pada lapisan kerak bumi. Berdasarkan penyebabnya, gempa bumi dapat dikelompokkan ke dalam lima kategori, yaitu:

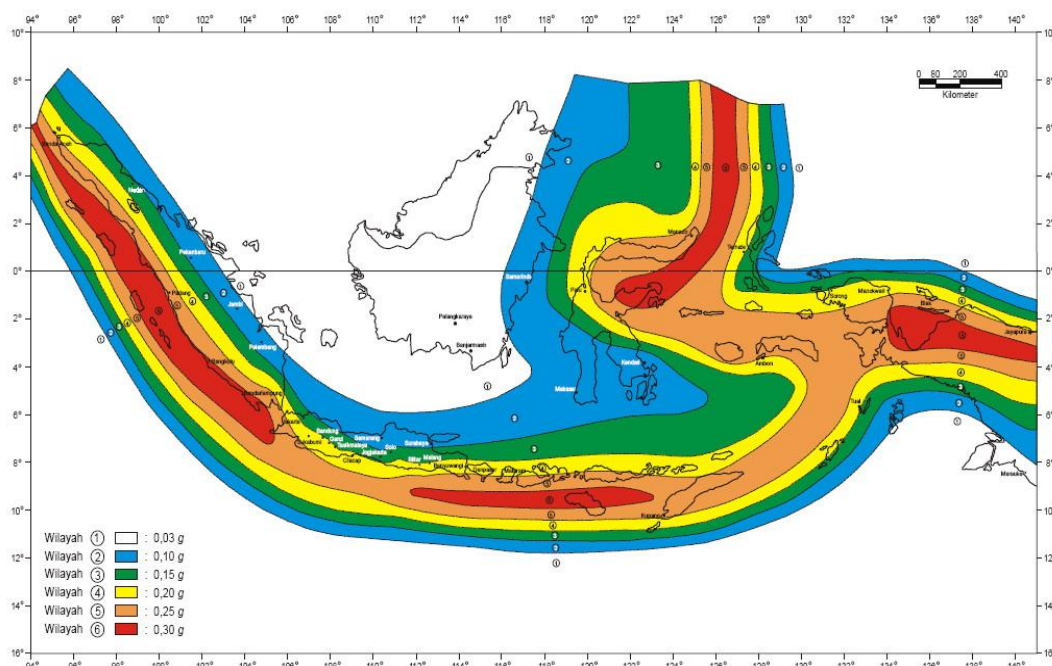
- a. Gempa tektonik: getaran akibat pergerakan pada lempeng bumi atau daerah patahan (sesar).
- b. Gempa vulkanik: getaran akibat pergerakan magma gunung berapi.
- c. Gempa tanah runtuh: getaran akibat reruntuhan gua di bawah tanah.
- d. Gempa meteorik: akibat benda angkasa (meteor) jatuh di muka bumi.
- e. Gempa akibat aktivitas manusia: misalnya akibat penggunaan bahan peledak dalam kegiatan penambangan.

Sebelum terjadinya gempa bumi, pada sebagian kerak bumi terdapat bidang-bidang pertemuan antar lempeng yang selalu bergerak dengan kecepatan berkisar antara 2 sampai 15 cm per tahun. Selain itu, pada sebagian lapisan kerak bumi, juga dijumpai patahan/sesar yang merupakan retakan pada permukaan kerak bumi, sebagai akibat bekerjanya gaya-gaya tektonik dari proses pergerakan lempeng. Hal tersebut mampu meretakkan permukaan kerak bumi hingga jauh dari daerah pertemuan antar lempeng.



Gambar 5. Penyebaran Lempeng Bumi di Wilayah Indonesia

Wilayah Indonesia, secara geologis, merupakan pertemuan empat lempeng utama lapisan lithosphere, yaitu lempeng Pasifik, India-Australia, Eurasia, dan lempeng Lautan Philipina seperti terlihat pada Gambar 5. Selain itu, Indonesia juga menjadi daerah bertemunya dua jalur gempa, yaitu *Circum Pasific Earthquake Belt* dan *Trans Asiatic Earthquake Belt*. Karena tingginya aktifitas *seismic* dan vulkanik, kepulauan Indonesia termasuk salah satu wilayah di dunia dengan tingkat resiko gempa yang cukup tinggi. Peta pembagian wilayah gempa di Indonesia disusun berdasarkan kemungkinan besarnya percepatan tanah maksimum dengan kala ulang tertentu. Dalam tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung (SNI 03-1726-2002), Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 Wilayah Gempa seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6. Wilayah Gempa 1 (putih) adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah, sedangkan Wilayah Gempa 6 (merah) tingkat kegempaannya paling tinggi.



Gambar 6. Peta Pembagian Wilayah Gempa Indonesia (sumber: SNI-1726-2002)

3. Dampak Gempa Bumi

Berbagai fenomena alam yang dapat dijumpai sebagai akibat terjadinya gempa bumi, diantaranya:

a. Getaran Bumi

Pada saat terjadi gempa bumi, gelombang gempa dirambatkan dari sumber kejadian ke permukaan bumi. Pada saat gelombang ini mencapai permukaan, terjadilah getaran-getaran bumi yang berlangsung selama beberapa detik hingga beberapa menit. Kekuatan dan lamanya getaran pada lokasi tertentu, bergantung pada besaran dan jaraknya ke pusat gempa serta karakteristik lokasi itu sendiri. Meskipun mayoritas gelombang dirambatkan melalui batuan, tetapi pada saat mencapai permukaan, media rambatan yang digunakan adalah tanah, sehingga karakteristik tanah akan berfungsi sebagai “penyaring” dari gelombang gempa. Pada lokasi yang berdekatan dengan pusat gempa, getaran yang terjadi dapat mengakibatkan kerusakan berat pada bangunan di atasnya.

b. Sesar, Patahan/Graben

Pada saat gempa dan pelepasan energi, patahan yang telah ada akan bergeser sehingga struktur di atas patahan mengalami deformasi yang amat besar. Kadang-kadang menimbulkan graben dan amblesan yang cukup dalam, sehingga kerusakan infrastruktur tidak dapat dihindari.

c. Perubahan Morfologi dan Elevasi Muka Bumi

Gempa tidak jarang menimbulkan perubahan morfologi dan elevasi muka bumi. Terjadinya amblesan dan longsoran besar dapat secara drastis menyebabkan perubahan bentuk muka tanah.

d. Longsoran

Gempa yang kuat dapat mengakibatkan longsoran pada lereng-lereng yang labil maupun pada konstruksi tanah yang masih baru. Longsoran ini sangat mungkin terjadi pada lapisan tanah di bagian permukaan berada dalam keadaan lepas.

e. Liquifaksi (*Liquefaction*)

Liquifaksi merupakan fenomena terjadinya pembuburan pada tanah. Pada peristiwa ini, getaran akibat gempa menyebabkan naiknya tekanan air pori di dalam tanah, sehingga tanah kehilangan kuat gesernya, dan dengan demikian juga kehilangan daya dukungnya. Tanah akan mengalir ke permukaan menyebabkan bangunan terangkat dan tenggelam setelah peristiwa itu, sedangkan lereng akan mengalir. Karena fenomena ini terjadi pada pasir yang jenuh, maka pada umumnya daerah yang mengalami liquifaksi adalah daerah di sekitar sungai atau pantai. Fenomena liquifaksi biasanya disertai dengan *sand boil* di permukaan tanah. Hal ini menunjukkan terjadinya tekanan air pori yang sangat tinggi di bawah tanah.

f. Tsunami

Berasal dari bahasa Jepang, yang berarti "**ombak besar di pelabuhan**", tsunami adalah gelombang pasang sehingga air laut naik secara drastis dan masuk hingga ke daratan. Fenomena ini dapat disebabkan oleh gempa bumi dangkal di dasar samudera, letusan gunung berapi yang terletak di lautan (misal Gunung Krakatau), atau hantaman meteor di dasar laut. Gelombang tsunami dapat mencapai ketinggian 30 meter atau lebih. Gempa di Aceh pada tanggal 26 Desember 2004 merupakan contoh gempa yang disertai tsunami, akibat pergerakan lempeng di pantai barat Sumatra, yang disertai gelombang pasang air laut, hingga mengakibatkan jumlah korban jiwa lebih dari 165.000 orang, dan merupakan bencana terbesar dalam 100 tahun terakhir ini.

Terjadinya tsunami, dapat ditandai dengan adanya fenomena berikut:

- 1) Terjadi gempa dangkal di dasar laut (dengan kedalaman sumber gempa kurang dari 30 km), dan tumbukan lempeng-lempeng bumi mengakibatkan terjadinya patahan ke arah vertikal.
- 2) Kekuatan gempa yang terjadi mencapai 6,5 Skala Richter.
- 3) Permukaan air laut di pantai tiba-tiba surut.
- 4) Muncul ombak besar yang tidak seperti biasanya.

- 5) Suara gemuruh atau ledakan dari tengah laut.
- 6) Bau garam yang menyengat.

4. Ukuran Kekuatan dan Intensitas Lokal Gempa

Kekuatan gempa (*magnitude*) adalah jumlah/besaran energi yang dilepaskan selama terjadinya gempa bumi. Intensitas adalah penilaian terhadap pengaruh gempa bumi pada suatu wilayah tertentu, dan tidak dapat dihubungkan secara langsung dengan kekuatan/*magnitude* gempa.

a. Kekuatan/*Magnitude*

Ukuran kekuatan gempa, yang diterima secara luas, adalah Skala Richter. Kekuatan/*magnitude* berhubungan dengan catatan deformasi maksimum dari bagian gelombang permukaan (gelombang yang merupakan refleksi/penyebaran gelombang badan setelah mencapai permukaan) pada seismogram, yang direkam dengan seismograf Wood-Anderson standar pada jarak maksimum 100 km dari *epicenter*, hingga cukup sensitif terhadap berbagai kedalaman sumber gempa. Kekuatan/*magnitude* dapat dihitung berdasarkan bagian gelombang badan (gelombang yang bergerak dari pusat gempa ke stasiun pengukur) dari seismogram, untuk memperkirakan energi gempa yang dilepaskan. Meskipun demikian, besarnya energi yang terukur dikonversikan pada besaran Skala Richter untuk keperluan pelaporan.

Hubungan antara besaran energi yang dilepas saat gempa (E), dan besaran Skala Richter (M), dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\log E = 11,4 + 1,5.M$$

E diukur dalam erg (dyne.cm)

Berdasarkan Persamaan di atas, setiap kenaikan 1 (satu) Skala Richter, berarti terdapat peningkatan energi sebesar 31,6 kali lipat, dan kenaikan 2 (dua) Skala Richter berarti terdapat peningkatan energi sebesar 1000 kali lipat.

Semakin besar hasil konversi energi gempa ke dalam Skala Richter, semakin luas pula daerah yang menderita kerusakan akibat getaran yang

ditimbulkan. Skala Richter dan gejala fisik yang teramati dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Skala Richter

Skala Richter	Gejala fisik di sekitar epicentrum
<2	Umumnya tak terasa, tapi terekam
2.0 – 2.9	Getaran hampir terasa, belum terasa oleh kebanyakan orang
3.0 – 3.9	Terasa oleh sebagian kecil orang
4.0 – 4.9	Terasa oleh hampir semua orang
5.0 – 5.9	Getaran menimbulkan kerusakan
6.0 – 6.9	Menimbulkan kerusakan pada daerah padat penduduk
7.0 – 7.9	Gempa besar, getaran kuat, menimbulkan kerusakan besar
8.0 – 8.9	Gempa dahsyat, getaran sangat kuat, kehancuran dekat epicentrum

b. Intensitas

Intensitas gempa merupakan gambaran tingkat kerusakan yang timbul pada suatu lokasi tertentu, akibat terjadinya gempa bumi. Ukuran yang sering digunakan adalah Intensitas Modifikasi Mercalli (*Modified Mercalli Intensity*) yang diusulkan oleh Mercalli (1902), kemudian disempurnakan oleh Wood dan Neumann (1931), dan dilanjutkan oleh Richter (1958). Meskipun skala intensitas ini bersifat lokal dan sangat subyektif, namun hingga sekarang masih banyak digunakan. Intensitas *Modified Mercalli*, dan kenampakan-kenampakan fisik yang dapat diamati, disajikan secara lengkap pada Tabel 2.

Tabel 2. Intensitas *Modified Mercalli*

MMI	Kerusakan yang Dapat Diamati
I	Tidak terasa oleh manusia, hanya tercatat oleh alat yang peka
II	Terasa oleh orang yang sedang beristirahat, terutama orang yang berada di lantai dua atau lantai di atasnya

MMI	Kerusakan yang Dapat Diamati
III	Benda-benda yang tergantung bergoyang, bergetar ringan
IV	Getaran seperti truk lewat. Jendela, pintu, dan barang pecah-belah bergemerincing.
V	Terasa oleh orang di luar gedung. Orang tidur terbangun. Benda-benda di atas meja menjadi tidak stabil, terguling atau jatuh. Pintu bergerak membuka-menutup.
VI	Terasa oleh semua orang. Banyak orang ketakutan dan ke luar rumah. Sulit berjalan kaki. Kaca jendela dan daun pintu pecah. Meja-kursi bergerak. Plaster tembok mutu D retak-retak.
VII	Sulit berdiri. Terasa oleh pengendara sepeda motor dan mobil. Tembok mutu D retak dan rusak, plaster lepas, genteng di atap jatuh. Tembok mutu C retak. Rawa dan kolam bergelombang. Longsor kecil pada lereng-lereng pasir dan kerikil.
VIII	Pengemudi mobil terganggu. Tembok mutu C rusak, tembok mutu B retak-retak, tetapi tembok mutu A masih baik. Menara air jatuh. Gedung berportal bergerak, bila tidak diangkur dengan pondasinya. Tanah basah retak-retak, terutama pada lereng yang curam.
IX	Semua orang panik. Tembok mutu C rusak berat, beberapa runtuh, tembok mutu B rusak. Portal gedung, bila tidak diangkur, lepas dari pondasinya. Pipa-pipa dalam tanah patah.
X	Sebagian besar struktur portal dan temboknya rusak berikutan pondasinya. Beberapa bangunan kayu dan jembatan rusak. Banyak terjadi tanah longsor. Air di sungai dan kolam muncrat ke tepinya. Tanggul dan bendungan rusak berat. Pada daerah yang datar, pasir dan lumpur bergerak-gerak. Rel kereta api sedikit bengkok.
XI	Rel kereta api rusak berat. Pipa dalam tanah rusak berat.
XII	Terjadi kerusakan total. Batu-batu besar berpindah tempat. Benda-benda terlempar ke udara.

Klasifikasi Mutu Tembok dalam Tabel di atas:

A : Bata dengan mortar dan cara pembuatan yang baik, dilengkapi baja tulangan dan dirancang mampu menahan beban horisontal.

- B : Bata dengan mortar dan cara pembuatan yang baik, dilengkapi baja tulangan, tetapi tidak dirancang secara detail untuk menahan beban horisontal.
- C : Bata dengan mortar dan cara pembuatan yang cukup baik. Hubungan pada bagian sudut dengan kolom dan pintu/jendela cukup baik (dilengkapi angkur), tetapi tidak dipasang baja tulangan dan tidak diperhitungkan untuk menahan gaya horisontal.
- D : Digunakan bahan-bahan berkualitas rendah (bata tidak dibakar, spesi dari tanah liat, dan seterusnya). Cara pengerjaannya juga kurang baik, sangat lemah untuk menahan gaya horisontal.

5. Masalah Kegempaan di Indonesia

Menurut Surono (2005), masalah-masalah utama dalam bidang kegempaan yang saat ini dihadapi oleh masyarakat Indonesia antara lain, adalah:

- a. Tingkat kerentanan dinamika geologi destruktif di suatu wilayah (letusan gunung api, gempa bumi, tsunami serta gerakan tanah) telah dapat dipelajari dan diketahui dengan pasti, sehingga daerah rawan bencana telah dapat dipetakan. Meskipun demikian, hingga saat ini belum tersedia teknologi yang mampu memperkirakan secara pasti waktu kejadian dan besarnya daya rusak yang dapat ditimbulkan.
- b. Tanggapan masyarakat terhadap bencana alam masih cenderung bersifat reaktif (bereaksi setelah terjadinya bencana) daripada preventif. Demikian pula kecenderungan kebijakan-kebijakan penanggulangan bencana oleh pemerintah Indonesia.
- c. Masih banyak masyarakat yang bertempat tinggal di daerah rawan bencana, tetapi belum memahami tata cara mitigasi dan penanggulangannya.

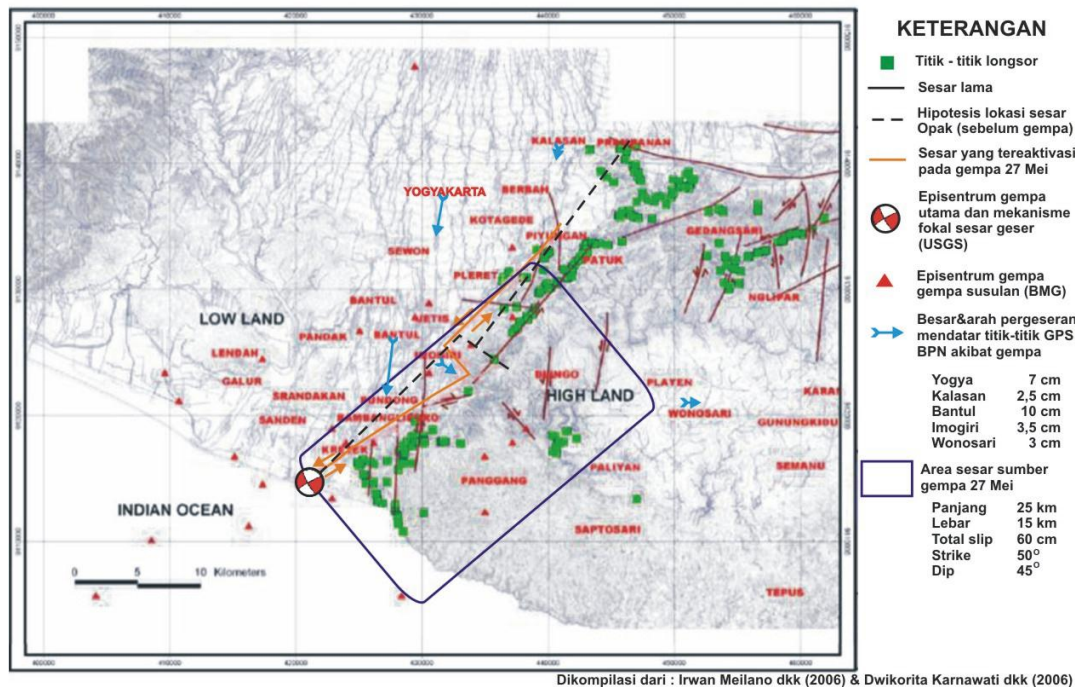
d. Sosialisasi tentang cara-cara mitigasi dan penanggulangan bencana, yang dilakukan sebelum terjadi bencana, kurang mendapatkan respon yang positif dari masyarakat setempat. Hal ini dikarenakan, meskipun suatu wilayah telah dipetakan sebagai daerah rawan bencana, namun dalam jangka waktu yang cukup lama tidak mengalami bencana, sehingga masyarakat tidak bersikap waspada. Akibatnya, ketika bencana tersebut benar-benar terjadi, korban jiwa dan kerugian yang ditimbulkannya sangat besar.

Mitigasi dapat dilakukan dengan cara: (1) menghilangkan sumber bencana, (2) melakukan relokasi, dan (3) menerapkan teknologi preventif untuk mencegah kerugian akibat bencana. Dalam kaitannya dengan masalah gempa di Indonesia, cara yang paling efektif dan mungkin dapat dilakukan adalah cara ketiga, yaitu dengan mensosialisasikan teknologi bangunan tahan gempa.

6. Mekanisme Kerja Beban Gempa pada Struktur Bangunan

Pergerakan lapisan bumi akan mengakibatkan terjadinya tekanan pada bidang pertemuan lempeng ataupun patahan/sesar, sehingga akan terjadi penimbunan energi di sepanjang bidang tersebut. Setelah terjadi penimbunan energi dalam waktu yang relatif lama, akumulasi energi menjadi cukup kuat untuk menggeser bidang pertemuan dan menghasilkan pusat gempa, yang diikuti dengan pelepasan energi secara cepat sebagai gelombang gempa yang menjalar ke segala arah. Gelombang gempa tersebut menyebabkan pergerakan lapisan tanah, yang selanjutnya akan mengakibatkan terjadinya goyangan pada struktur bangunan yang berada di atasnya, sehingga terjadi gaya inersia dan deformasi pada bangunan tersebut. Contoh kasus ini terjadi di wilayah Propinsi Daerah Istimewa

Yogyakarta dan Jawa Tengah bagian selatan, akibat pergerakan sesar Opak seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta Sesar Opak (Sumber Gempa Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah Bagian Selatan pada Tanggal 27 Mei 2006)

a. Gaya Inersia Akibat Gempa pada Struktur Bangunan

Gempa bumi menyebabkan goyangan pada tanah sehingga bagian dasar bangunan di atasnya akan ikut tergoyang. Sesuai hukum kelembaman Newton, meskipun bagian dasar bangunan bergerak bersama tanah, tetapi atap bangunan cenderung tetap berada di posisinya. Oleh karena dinding dan tiang-tiang saling berhubungan dengan atap, maka atap akan terseret bersama rumah. Keadaan ini mirip dengan saat kita berdiri di dalam bus kota, dan tiba-tiba bus tersebut berjalan. Kaki kita bergerak bersama bus, sedangkan badan kita terdorong ke belakang. Kecenderungan untuk tetap pada posisi semula seperti di atas disebut inersia. Pada bangunan, karena dinding atau tiang bersifat fleksibel, arah gerakan atap akan berbeda dengan gerakan tanah.

Pada suatu rangkaian struktur bangunan, yang atapnya ditopang di atas tiang, saat tanah bergerak, bangunan akan turut bergerak dan pada bagian atas akan mengalami gaya inersia. Bila atap mempunyai massa M dan mengalami percepatan a , maka akan terjadi gaya inersia sebesar massa M dikalikan percepatan a , dengan arah berlawanan dengan percepatan gerak tanah. Dengan demikian, semakin besar massa bangunan, semakin besar pula gaya inersia yang ditimbulkan. Oleh karena itu, bangunan yang menggunakan material yang lebih ringan, akan lebih tahan terhadap goyangan akibat gempa bumi.

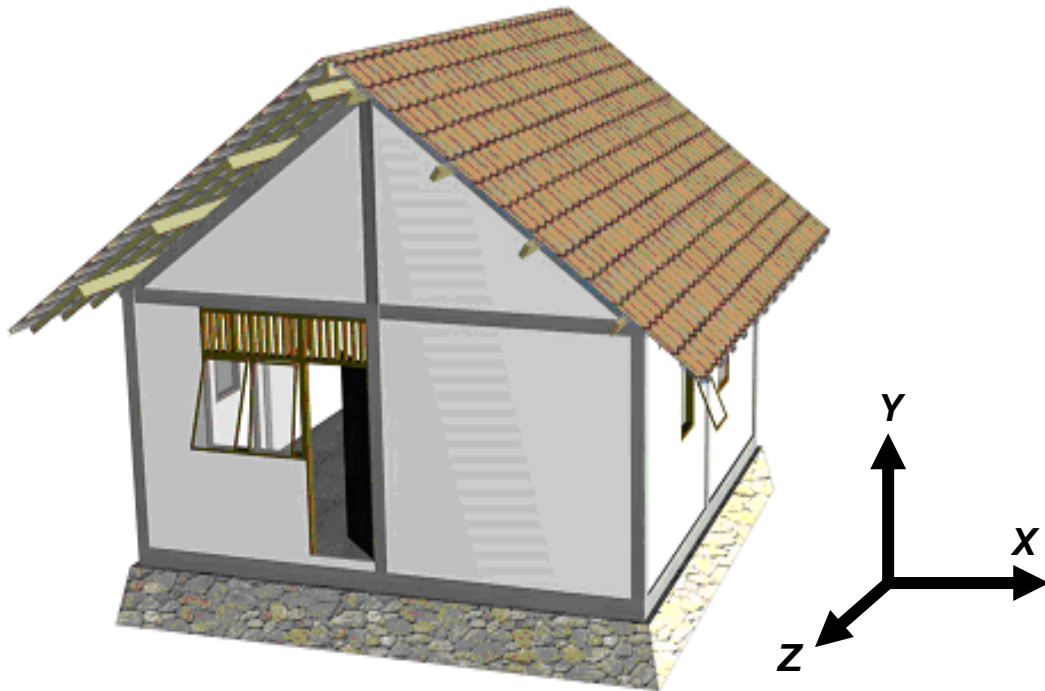
b. Deformasi pada Struktur Bangunan

Gaya inersia dari bagian atas bangunan ditransfer ke tanah melalui kolom (tiang), dan menimbulkan gaya pada kolom. Gaya pada kolom juga bisa ditinjau dengan cara lain. Saat terjadi gempa, ujung-ujung kolom bergoyang, sehingga terjadi simpangan sebesar u dari sumbu awalnya, seperti terlihat pada Gambar 8. Karena kelenturannya, kolom akan berusaha kembali ke posisi tegak semula. Dengan kata lain, kolom melawan deformasi. Pada posisi vertikal, kolom-kolom tidak mendukung gaya horisontal, tetapi saat bergoyang terjadi gaya di dalam kolom. Semakin besar perpindahan horisontal u , antara bagian atas dan bawah kolom, semakin besar gaya inersia pada kolom. Besarnya gaya di dalam kolom sebanding dengan perpindahan relatif antar ujung-ujungnya dikalikan dengan kekakuan kolom.



Gambar 8. Deformasi Bangunan Akibat Gempa Bumi

Pada prinsipnya Gempa bumi menyebabkan gerakan ke tiga arah, dua arah mendatar X dan Z , serta satu arah vertikal Y . Saat terjadi gempa, tanah bergoyang secara acak ke tiga arah tersebut. Bangunan dirancang untuk menahan gaya berat (gravitasi), baik berat sendiri maupun berat pengguna dan barang-barang yang ada di atasnya. Besarnya gaya berat, yang arahnya vertikal, adalah perkalian antara massa dengan percepatan gravitasi dengan arah ke bawah ($-Y$). Gaya ke bawah ini disebut gaya gravitasi. Percepatan vertikal, pada saat gempa, menambah dan mengurangi gaya gravitasi tersebut. Karena dalam perencanaan bangunan diberlakukan angka keamanan, umumnya tambahan gaya vertikal tersebut mampu ditahan oleh struktur. Akan tetapi goyangan pada arah datar (X dan Z) mungkin tidak dapat ditahan oleh struktur yang tidak dirancang untuk kondisi gempa. Oleh karena itu, di daerah gempa, struktur harus dirancang untuk menahan gaya horisontal yang terjadi saat gempa bumi.



Gambar 9. Komponen Gaya Gempa pada Struktur Bangunan

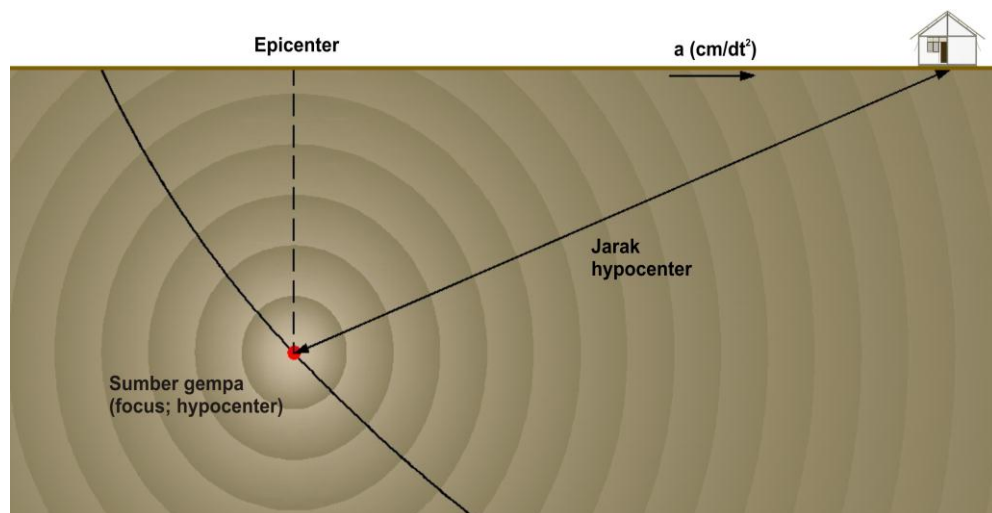
Prinsip dasar dari struktur bangunan sederhana tahan gempa adalah membuat seluruh struktur bangunan menjadi satu kesatuan yang utuh (*monolith*), sehingga beban dapat ditanggung dan disalurkan secara bersama-sama dan proposional. Bangunan juga harus bersifat daktail, sehingga dapat bertahan apabila mengalami terjadinya perubahan bentuk yang diakibatkan oleh gempa.

7. Penyebab Kerusakan Akibat Gempa dan Cara Pencegahannya

Penyebab kerusakan yang terjadi pada struktur bangunan, setelah terjadinya gempa bumi, dapat dikelompokkan ke dalam tiga karakteristik utama yaitu:

a. Kekuatan dan Durasi Gempa

Ukuran gempa yang dapat langsung mempengaruhi struktur bangunan adalah besarnya percepatan maksimum muka tanah (*Peak Ground Acceleration/PGA*) di daerah yang dilanda gempa tersebut. Besarnya percepatan muka tanah, pada saat dilanda gempa, tidak sama di satu tempat dengan tempat yang lain, karena semakin jauh dari sumber gempa, percepatan maksimum permukaan tanah akan semakin kecil. Besarnya percepatan maksimum muka tanah/*PGA* (a) di suatu daerah tergantung pada energi gempa, jarak hiposenter, dan kondisi tanah sebagai media rambatan gelombang gempa. Terjadinya gempa bumi yang lebih lama durasinya tentu akan menimbulkan kerusakan yang lebih parah pada struktur bangunan.



Gambar 10. Rambatan Gelombang Gempa

b. Kondisi Geologi dan Tanah Setempat

Pengalaman menunjukkan bahwa kondisi geologi dan tanah setempat sangat mempengaruhi gerakan permukaan tanah saat dilanda gempa. Wilayah Indonesia, secara geologis, merupakan pertemuan empat

lempeng utama lapisan lithosphere yaitu lempeng Pasifik, India-Australia, Eurasia dan lempeng Lautan Philipina. Selain itu, Indonesia juga menjadi daerah bertemunya dua jalur gempa, yaitu *Circum Pasific Earthquake Belt* dan *Trans Asiatic Earthquake Belt*. Dengan tingginya aktifitas *seismic* dan vulkanik, kepulauan Indonesia termasuk salah satu wilayah di dunia dengan tingkat resiko gempa cukup tinggi. Tingkat kerusakan di suatu wilayah, selain dipengaruhi oleh kondisi geologis, juga sangat tergantung pada kondisi tanahnya. Semakin keras lapisan tanah yang ada, akan semakin kecil percepatan permukaan tanah yang terjadi, sehingga semakin kecil juga resiko kerusakan pada struktur bangunan.

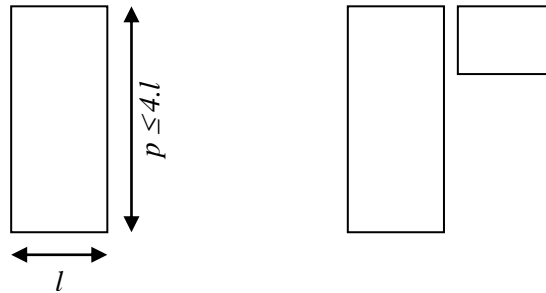
c. Sistem Struktur dan Kualitas Bangunan

Struktur tahan gempa merupakan struktur yang terletak di daerah rawan gempa, yang dirancang untuk mampu menahan beban lateral-inersial yang mungkin terjadi. Dalam perancangan struktur juga perlu diperhitungkan keseimbangan antara kekakuan dan pelepasan energi. Filosofi bangunan tahan gempa adalah:

- 1) Pada saat terjadi gempa kecil, tidak boleh terjadi kerusakan apapun pada bangunan,
- 2) Pada saat gempa berkekuatan menengah, bagian non struktur boleh terjadi kerusakan, tetapi tidak boleh terjadi kerusakan pada bagian struktural, dan
- 3) Pada saat terjadi gempa besar, boleh terjadi kerusakan pada bagian struktur, tetapi tidak boleh terjadi keruntuhan agar tidak terdapat korban jiwa.

Pada bangunan sederhana, hal-hal penting yang harus diperhatikan, di antaranya, adalah:

- 1) Bentuk denah bangunan diusahakan simetris, jika tidak, maka perlu diadakan pemisahan struktur.



Gambar 11. Denah Bangunan yang Ideal

- 2) Kualitas bahan yang baik (memenuhi standar),
- Semen: dalam kemasan 40/50 kg, kering, tidak mengeras, warna seragam,
 - Pasir: dari darat/sungai, bebas dari lumpur dan kotoran zat organik,
 - Kerikil: dari darat/sungai, bebas dari lumpur dan kotoran zat organik, ukuran maksimum 2 cm, sebaiknya berupa batu pecah/split,
 - Air: tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, layak untuk diminum,
 - Batu bata: ukuran minimum 5x10x20 cm, ukurannya seragam, setiap sudutnya siku, tidak sompel, tidak gampang pecah/retak, dan tidak melengkung,
 - Kayu: kering, lurus, tidak banyak mata kayu, tidak retak-retak, telah dilakukan pengawetan,
 - Batu belah: permukaannya kasar, tidak licin,
 - Baja tulangan: bukan baja bekas, lurus, tidak berkarat, ukurannya sesuai standar.
- 3) Kekuatan dan kekakuan struktur yang mampu menahan beban kerja ke arah vertikal dan gaya lateral akibat beban gempa. Dinding tembok dibingkai dengan sloof, kolom, balok lintel, dan balok ring dari beton

bertulang setiap luasan dinding maksimum 9 m^2 , atau kolom dipasang setiap jarak maksimum 3 m.

- 4) Keseluruhan struktur menjadi kesatuan utuh (monolith), setiap detail sambungan dipasang dengan benar.
- 5) Semaksimal mungkin diupayakan menggunakan bahan yang ringan dan bersifat daktail/ulet, agar bangunan yang dihasilkan tidak terlalu berat namun juga tidak terlalu langsing.
- 6) Tahapan konstruksi dilaksanakan dengan benar: cara pengadukan, penuangan, dan pemadatan beton, dilakukan sesuai dengan aturan. Pencampuran beton tidak boleh menggunakan terlalu banyak air, dan pada saat pengecoran kolom, tinggi jatuh pengecoran tidak boleh lebih dari satu meter. Pemadatan dilakukan dengan menggunakan potongan baja tulangan yang ditumpulkan, atau dengan vibrator.

8. Tindakan kesiapsiagaan

Merencanakan kesiapsiagaan terhadap bencana tidak hanya mencakup perencanaan fisik bangunan belaka. Setiap orang dalam rumah sebaiknya tahu apa yang harus dilakukan, dan ke mana harus pergi bila situasi darurat terjadi.

Tindakan kesiapsiagaan untuk menghadapi gempa dilakukan dalam beberapa tahap:

a. Sebelum Gempa Bumi Terjadi

- 1) Mengetahui apa yang disebut gempa bumi.
- 2) Memastikan bahwa struktur dan letak rumah yang ditinggali dapat terhindar dari bahaya yang disebabkan gempa bumi (longsor, likuifaksi atau bahaya lainnya).
- 3) Mengevaluasi dan merenovasi ulang struktur bangunan yang ditempati, agar terhindar dari bahaya gempa bumi.
- 4) Mengetahui lingkungan tempat kerja dan rumah tinggal:
 - a) Memperhatikan letak pintu, *lift*, serta tangga darurat, agar apabila terjadi gempa bumi, sudah mengetahui tempat paling aman untuk berlindung, dan jalur aman untuk ke luar gedung.

- b) Mempelajari cara melakukan Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan (P3K).
 - c) Mempelajari cara menggunakan alat-alat pemadam kebakaran.
 - d) Mencatat nomor telepon dan alamat penting yang dapat dihubungi pada saat terjadi gempa bumi.
- 5) Melakukan persiapan rutin pada tempat kerja dan rumah tinggal:
- a) Perabotan (lemari, cabinet, dan perabot lainnya) diatur menempel pada dinding (dipaku/diikat), untuk menghindari jatuh, roboh, dan bergesernya benda-benda tersebut pada saat terjadi gempa bumi.
 - b) Menyimpan bahan yang mudah terbakar pada tempat yang tidak mudah pecah, dan ditempatkan di lokasi yang aman, agar terhindar dari kemungkinan terjadinya kebakaran.
 - c) Selalu mematikan kran air, gas, dan listrik apabila sedang tidak digunakan.
- 6) Penyebab celaka yang paling banyak pada saat gempa bumi adalah akibat tertimpa material. Oleh sebab itu, harus dilakukan:
- a) Pengaturan letak benda; benda yang berat sedapat mungkin ditempatkan di bagian bawah (lantai).
 - b) Pemeriksaan kestabilan benda yang tergantung, yang dapat jatuh pada saat gempa bumi terjadi (misalnya: lampu, hiasan dinding, dan lain-lain).
- 7) Menyediakan peralatan-peralatan darurat sebagai berikut:
- a) Kotak P3K.
 - b) Senter/lampu *battery*.
 - c) Radio.
 - d) Makanan, suplemen, dan air.

b. Saat Gempa Bumi Terjadi

- 1) Tidak perlu panik, dan bersikap tenang.
- 2) Jika berada dalam bangunan:
 - a) tidak panik,

- b) melindungi kepala dan badan dari reruntuhan bangunan (dengan bersembunyi di bawah meja, dan lain-lain).
 - c) mencari tempat yang paling aman dari reruntuhan guncangan.
 - d) berlari keluar, apabila masih dapat dilakukan.
- 3) Jika berada di luar bangunan atau area terbuka:
- a) tidak panik
 - b) menghindar dari bangunan yang ada di sekitar (seperti gedung, tiang listrik, pohon dan lain-lain).
 - c) Memperhatikan tempat berpijak, dan menghindar apabila terjadi rekahan tanah.
- 4) Jika sedang mengendarai mobil:
- a) keluar, turun dan menjauh dari mobil, selanjutnya menghindar jika terjadi pergeseran atau kebakaran.
 - b) menghindar dari bangunan yang ada di sekitar (seperti gedung, tiang listrik, pohon, dan lain-lain).
- 5) Jika bertempat tinggal atau berada di pantai, segera menjauhi pantai untuk menghindar dari kemungkinan terjadinya tsunami.
- 6) Jika bertempat tinggal di daerah pegunungan, segera menghindar dari daerah yang rawan longsor.

c. Sesudah Terjadi Gempa Bumi

- 1) Jika berada dalam bangunan:
- a) keluar dari bangunan tersebut dengan tertib (tidak berebutan).
 - b) tidak menggunakan tangga berjalan atau *lift*, tetapi menggunakan tangga biasa.
 - c) memeriksa jika ada yang terluka, dan segera melakukan P3K.
 - d) menelepon/meminta pertolongan, apabila terjadi ditemui korban luka parah.
- 2) Memeriksa lingkungan sekitar:
- a) memeriksa kemungkinan terjadinya kebakaran.
 - b) memeriksa apakah terjadi kebocoran gas.
 - c) memeriksa kemungkinan terjadinya arus pendek.

- d) memeriksa aliran dan pipa air.
 - e) memeriksa segala hal yang dapat membahayakan (mematikan listrik, tidak menyalakan api, dan seterusnya).
- 3) Tidak memasuki bangunan yang rusak setelah terjadinya gempa bumi, karena kemungkinan masih terdapat reruntuhan.
 - 4) Tidak berjalan di sekitar daerah gempa, karena kemungkinan akan terjadinya bahaya.
 - 5) Berkumpul di tempat evakuasi.
 - 6) Membantu orang yang terluka atau orang yang terjebak di dalam reruntuhan
 - 7) Mendengarkan informasi mengenai gempa dari radio (apabila terjadi gempa susulan).
 - 8) Mengisi angket, yang diberikan oleh instansi terkait, untuk mengetahui seberapa besar kerusakan yang terjadi.

BAB II

TUJUAN DAN MANFAAT KEGIATAN

A. Tujuan Kegiatan

Kondisi baru yang ingin dicapai dalam kegiatan PPM ini adalah agar para warga desa yang terkena gempa bumi di Kabupaten Kulon Progo:

1. Memiliki pengetahuan tentang gempa bumi khususnya penyebab dan akibat yang dapat ditimbulkan.
2. Memiliki pengetahuan tentang tanda-tanda akan terjadinya gempa bumi.
3. Memiliki pengetahuan dalam menganalisis penyebab robohnya bangunan yang disebabkan adanya gempa bumi berdasarkan kondisi runtuh di lapangan.
4. Memiliki pengetahuan tentang prinsip bangunan tahan gempa khususnya tentang kualitas bahan bangunan, bentuk bangunan, perkuatan tembok (slof, kolom, dan balok).
5. Memiliki pengetahuan tentang membuat konstruksi struktur bangunan (slof, kolom, dan balok) dengan benar.
6. Memiliki pengetahuan bahan bangunan yang dapat diaplikasi untuk pembangunan rumah tinggal di pedesaan yang tahan gempa.
7. Memiliki pengetahuan dalam pembuatan konstruksi pondasi bangunan sederhana yang tahan gempa.
8. Memiliki pengetahuan dan keterampilan dalam merakit tulangan untuk konstruksi bangunan sederhana tahan gempa dengan benar.
9. Memiliki pengetahuan dan keterampilan dalam penempatan dan pemasangan kosen pintu, jendela, dan ventilasi untuk bangunan sederhana tahan gempa dengan benar.

10. Memiliki pengetahuan tentang pemilihan bahan bangunan untuk penutup atap dengan tepat.
11. Memiliki pengetahuan dan keterampilan dalam pembuatan rangka atap untuk bangunan tahan gempa dengan benar.

B. Manfaat Kegiatan

Setelah kegiatan PPM ini selesai dilaksanakan diharapkan dapat memberi manfaat terutama bagi:

1. Para warga desa yang terkena gempa bumi di Desa Ngentakrejo, Kecamatan Lendah, Kabupaten Kulon Progo terutama bagi mereka yang rumahnya rusak ringan, sedang, maupun berat dalam hal: (1) pemahaman bangunan tahan gempa, (2) pemilihan bahan bangunan yang baik, (3) pembuatan bentuk bangunan, (4) pembuatan struktur bangunan, (5) aplikasi pembangunan rumah tinggal yang tahan gempa, dan (6) dimiliki rumah tinggal yang tahan gempa sehingga mereka merasa nyaman dan aman bila terjadi peristiwa serupa.
2. Perangkat desa dapat membantu meringankan beban warganya khususnya bagi yang terkena gempa bumi di wilayah Desa Ngentakrejo, Kecamatan Lendah, Kabupaten Kulon Progo pada tanggal 27 Mei 2006.
3. Tim pengabdian dapat mengamalkan sebagian ilmu pengetahuan dan keterampilan yang dimiliki sehingga dapat memberikan manfaat bagi masyarakat luas khususnya mengenai bangunan rumah tinggal sederhana yang tahan gempa.

BAB III

KERANGKA PEMECAHAN MASALAH

Warga masyarakat korban gempa memiliki banyak permasalahan karena keadaan ekonomi yang kurang mendukung dan hilang serta rusaknya bangunan rumah tinggal dan harta bendanya. Kondisi tersebut merupakan tantangan dan sekaligus sebagai peringatan agar mereka sadar arti pentingnya bangunan tahan gempa. Hal tersebut perlu disadari oleh semua warga di wilayah Desa Ngentakrejo, mengingat begitu banyaknya rumah warga yang rusak akibat dari gempa bumi yang terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 tersebut.

Dengan kondisi seperti diuraikan di atas, materi kegiatan PPM terkait dengan aplikasi bangunan tahan gempa menitik beratkan pada hal-hal:

1. Pengetahuan tentang gempa bumi khususnya penyebab dan akibat yang dapat ditimbulkan.
2. Pengetahuan tentang tanda-tanda akan terjadinya gempa bumi.
3. Pengetahuan dalam menganalisis penyebab robohnya bangunan yang disebabkan adanya gempa bumi berdasarkan kondisi runtuh di lapangan.
4. Pengetahuan tentang prinsip bangunan tahan gempa khususnya tentang kualitas bahan bangunan, bentuk bangunan, perkuatan tembok (slof, kolom, dan balok).
5. Pengetahuan tentang pembuatan konstruksi struktur bangunan tahan gempa (slof, kolom, dan balok).
6. Pengetahuan tentang bahan bangunan yang dapat diaplikasi untuk pembangunan rumah tinggal di pedesaan yang tahan gempa.
7. Pengetahuan tentang pembuatan konstruksi pondasi bangunan sederhana yang tahan gempa.

8. Pengetahuan dan pendampingan dalam merakit tulangan untuk konstruksi bangunan sederhana tahan gempa.
9. Pengetahuan dan pendampingan dalam penempatan dan pemasangan kosen pintu, jendela, dan ventilasi untuk bangunan sederhana tahan gempa.
10. Pengetahuan dalam pemilihan bahan bangunan untuk penutup atap bangunan sederhana yang tahan gempa.
11. Pengetahuan dan pendampingan dalam pembuatan rangka atap untuk bangunan sederhana tahan gempa.

Program pengabdian pada masyarakat ini akan dapat berhasil dengan baik apabila ada kerja sama antara perangkat desa, tim pengabdian, dan para warga korban gempa. Perangkat desa dapat menyediakan fasilitas tempat, mengkoordinir warganya dan memberi nasehat dalam posisinya sebagai pemimpin dalam masyarakat. Perangkat desa dan lembaga sosial kemasyarakatan yang ada secara bersama-sama dapat memotivasi warga desanya untuk mengikuti kegiatan PPM dan berniat untuk mengaplikasikannya setelah selesai pelatihan baik itu ketika masa rekonstruksi maupun pasca konstruksi.

Untuk mencapai tujuan tersebut, maka kerangka pemecahan masalahnya direncanakan sebagai berikut: (1) Pemberian stimulan yang berupa bahan bangunan yang berupa besi tulangan, semen, dan pasir, (2) Pemberian ceramah tentang: (a) gempa bumi, (b) prinsip bangunan tahan gempa, (c) pemilihan bahan bangunan yang baik, (d) teknik pembuatan pondasi, (e) teknik pembuatan perkuatan bangunan struktur (slof, kolom, dan balok), (f) teknik pemasangan tembok, (g) teknik penempatan dan pemasangan kosen pintu, jendela, dan ventilasi, (h) teknik pemilihan dan pemasangan rangka atap bangunan; (3) Pelatihan keterampilan pembuatan dan pendampingan rekonstruksi bangunan yang rusak akibat gempa bumi baik itu yang rusak ringan, sedang, maupun berat.

BAB IV PELAKSANAAN KEGIATAN

A. Realisasi Pemecahan Masalah

Realisasi pemecahan masalah dalam pelaksanaan kegiatan PPM "Aplikasi Bangunan Tahan Gempa" ini yaitu sebagai berikut:

1. Pemberian stimulan berupa besi beton, semen, dan pasir untuk percontohan aplikasi bangunan sederhana tahan gempa.
2. Pemberian pengetahuan tentang bangunan tahan gempa dapat berjalan dengan baik dan lancar khususnya mengenai:
 - a. Pengetahuan tentang gempa bumi khususnya penyebab dan akibat yang dapat ditimbulkan.
 - b. Pengetahuan tentang tanda-tanda akan terjadinya gempa bumi.
 - c. Pengetahuan dalam menganalisis penyebab robohnya bangunan yang disebabkan adanya gempa bumi berdasarkan kondisi runtuh di lapangan.
 - d. Pengetahuan tentang prinsip bangunan tahan gempa khususnya tentang kualitas bahan bangunan, bentuk bangunan, perkuatan tembok (slof, kolom, dan balok).
 - e. Pengetahuan tentang pembuatan konstruksi struktur bangunan tahan gempa (slof, kolom, dan balok).
 - f. Pengetahuan tentang bahan bangunan yang dapat diaplikasi untuk pembangunan rumah tinggal di pedesaan yang tahan gempa.
 - g. Pengetahuan tentang pembuatan konstruksi pondasi bangunan sederhana yang tahan gempa.
 - h. Pengetahuan dan pendampingan dalam merakit tulangan untuk konstruksi bangunan sederhana tahan gempa.

- i. Pengetahuan dan pendampingan dalam penempatan dan pemasangan kosen pintu, jendela, dan ventilasi untuk bangunan sederhana tahan gempa.
 - j. Pengetahuan dalam pemilihan bahan bangunan untuk penutup atap bangunan sederhana yang tahan gempa.
 - k. Pengetahuan dan pendampingan dalam pembuatan rangka atap untuk bangunan sederhana tahan gempa.
3. Ceramah bangunan tahan gempa sebagai pendukung dalam rekonstruksi bangunan yang rusak akibat gempa bumi dapat disampaikan dengan metode ceramah dan tanya jawab oleh salah seorang anggota Tim Pelaksana Kegiatan (Slamet Widodo, ST, MT.).
 4. Pelatihan teknis dan pendampingan rekonstruksi bangunan yang rusak akibat gempa dapat terlaksana dengan baik yang dilakukan oleh Ketua Tim Pelaksana bersama dua orang anggota tim dan dibantu oleh tiga orang mahasiswa dari Program Studi Teknik Sipil Jenjang D-3 Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNY.
 5. Dengan pembekalan materi seperti diuraikan di atas dirasa cukup beralasan bahwa para Perangkat Desa dan warga Desa Ngentakrejo, Kecamatan Lendah, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta baik itu yang rumahnya rusak ringan, sedang, dan berat maupun yang tidak rusak sama sekali akan mempunyai bekal pengetahuan dan keterampilan dalam membangun bangunan rumah tinggal sederhana yang tahan gempa.

B. Khalayak Sasaran yang Strategis

Khalayak sasaran yang strategis merupakan pihak perantara yang akan turut berperan secara aktif dalam usaha tercapainya program kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Sebagai khalayak sasaran yang strategis yaitu perangkat desa terutama Lurah Desa Ngentakrejo, Kepala Urusan Kesejahteraan Masyarakat (Kaur Kesra), dan Kepala Dusun di

wilayah Desa Ngentakrejo yang mempunyai hubungan langsung ke masyarakat setempat, para anggota Badan Perwakilan Desa (BPD) Desa Ngentakrejo.

Dengan adanya khalayak sasaran yang strategis tersebut khususnya para perangkat desa, BPD, dan tokoh masyarakat dapat berfungsi untuk menstransfer pengetahuan dan keterampilan kepada warga masyarakat yang lain secara meluas baik pada saat masa rekonstruksi maupun pasca rekonstruksi di masa yang akan mendatang. Hal ini, dikarenakan kegiatan pelatihan dan pendampingan dari LPM UNY bersifat hanya sementara dan kegiatan PPM tersebut setiap tahun akan selalu berganti topik dan khalayak sasarannya.

Sedangkan sebagai khalayak sasarannya yaitu para warga Desa Ngentakrejo; khususnya bagi mereka yang rumahnya rusak baik itu rusak ringan, sedang, maupun berat akibat adanya gempa bumi pada tanggal 27 Mei 2006 yang lalu.

C. Metode Kegiatan

Materi kegiatan pengabdian pada masyarakat ini berisi pengetahuan tentang gempa bumi dan aplikasi bangunan sederhana tahan gempa. Selain itu, juga diberikan kegiatan pendampingan di lapangan agar benar-benar dihasilkan bangunan rumah tinggal yang tahan gempa

Metode kegiatan yang sesuai untuk menyampaikan materi tersebut adalah: (1) ceramah dan Tanya jawab, (2) diskusi, (3) demonstrasi dan pendampingan, dan (4) praktek langsung di lapangan. Metode ceramah dan diskusi digunakan untuk menyampaikan bangunan tahan gempa, sedangkan metode demonstrasi, pendampingan, dan praktek di lapangan digunakan untuk menyampaikan materi keterampilan dalam pembangunan rumah tinggal sederhana yang tahan gempa.

D. Jadwal Kegiatan

Kegiatan pengabdian pada masyarakat ini dilaksanakan dengan jadwal kegiatan sebagai berikut (lihat Tabel 3).

Tabel 3. Jadwal Pelaksanaan Pengabdian Kepada Masyarakat Aplikasi Konstruksi Bangunan Tahan Gempa

No.	Macam Kegiatan	Bulan Ke			
		1	2	3	4
1.	Persiapan dan survei lokasi kegiatan	■			
2.	Pengadaan bahan bangunan	■			
3.	Ceramah tentang gempa dan praktek teknik pembuatan bangunan tahan gempa		■		
4.	Pendampingan pelaksanaan pembangunan rumah tinggal sederhana tahan gempa masa rekonstruksi			■	
5.	Evaluasi pelaksanaan kegiatan PPM				■
6.	Pembuatan laporan akhir kegiatan PPM				■

BAB V

HASIL DAN EVALUASI KEGIATAN

A. Hasil Kegiatan

Terdapat dua kelompok warga masyarakat yang menjadi sasaran dalam kegiatan PPM ini yang kesemuanya berada di wilayah Dusun Temben. Mengingat begitu parahnya kerusakan rumah di kedua mesyarakat sasaran kegiatan PPM ini, maka kegiatan ini diawali dengan pemberian sarana yang dapat digunakan sebagai pendukung dalam pengadaan bahan bangunan yang memanfaatkan bahan local khususnya pasir. Oleh akrena itu hasil kegiatan PPM ini diawali dengan: (1) pemberian cetakan batako berukuran 40x20x10 cm masing-masing sebanyak dua buah untuk setiap lokasi, (2) Pasir masing-masing sebanyak dua rit truck, (3) Sepuluh zak semen *merk* Gresik untuk masing-masing kelompok, (3) Pemberian ceramah tentang materi pembuatan bahan bangunan khususnya yang berbahan pasir, (4) Pemberian ceramah dan demonstrasi teknik pembuatan batako yang berkualitas baik, (5) Teknik pembuatan batako melalui praktek langsung di lapangan, (6) pemberian ceramah tentang bangunan sederhana tahan gempa, (7) aplikasi bagunan tahan gempa dengan memanfaatkan produksi bahan bangunan yang dibuat sendiri oleh warga masyarakat, dan (8) pendampingan pembangunan kembali rumah warga masyarakat yang rusak akibat gempa.

B. Evaluasi Kegiatan

Evaluasi kegiatan PPM ini dilaksanakan dengan cara melihat minat peserta khususnya para warga masyarakat dalam mengikuti semua bentuk kegiatan dalam rangka perbaikan tempat tinggalnya yang rusak akibat gempa bumi pada tanggal 27 Mei 2006 dua tahun yang lalu dengan memanfaatkan bahan bangunan lokal khususnya pasir. Evaluasi kegiatan PPM dilihat dari hasil praktek khalayak sasaran dalam proses pembangunan kembali rumah tinggal yang rusak serta sejauhmana kualitas bangunan yang dihasilkan sehingga menjadi sebuah bangunan yang tahan gempa.

Tolok ukur keberhasilan dilihat dari penyelesaian pekerjaan memahami konsep bangunan tahan gempa dan aplikasinya dalam kegiatan praktek di lapangan selama pelaksanaan PPM ini berlangsung. Di samping itu, juga dilakukan evaluasi secara berkala tentang bagaimana pelaksanaan rekonstruksi di lapangan dengan memanfaatkan bahan-bahan bangunan berbahan pasir di lingkungan Dusun Dusun Temben Desa Ngentakrejo, Kecamatan Lendah, Kulon Progo, D.I. Yogyakarta.

Ditinjau dari kualitas bangunan yang dihasilkan, para warga di kedua kelompok sasaran kegiatan PPM telah dapat memproduksi bahan bangunan khususnya batako dengan kualitas yang baik bahkan jauh lebih baik dari kualitas batako yang beredar di pasaran guna menunjang program rekonstruksi bangunan rumah tinggal mereka yang rusak akibat gempa bumi tersebut. Hal tersebut dikarenakan, batako yang dicetak warga di kedua kelompok sasaran PPM tersebut dengan perbandingan campuran 1 PC : 12 PS tidak seperti yang kebanyakan beredar di pasaran yaitu dengan perbandingan 1 PC : 15 PS.

Avaluasi lain difokuskan pada, aplikasi pembangunan kembali rumah yang dimulai dari: (1) bentuk denah rumah, (2) bentuk dan ukuran pondasi bangunan, (3) konstruksi struktur bangunan (slof, kolom, dan ring balk), beserta pemasangan tulungannya, (4) teknik pemasangan konsen pintu, jendela, dan ventilasi, (5) teknik dan cara pemasangan tembok, (6) konstruksi rangka atap, dan (7) pemilihan bahan bangunan.

Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan secara kontinyu tersebut diperoleh hasil bahwa khalayak sasaran telah memahami konsep pembangunan rumah tahan gempa dan dapat mengaplikasikannya di lapangan dengan baik (lihat Gambar d l bawah ini.



Gambar 12. Contoh Rumah Hasil Pedampingan Aplikasi Bangunan Tahan Gempa



Gambar 13. Contoh Konstruksi Rangka Atap Beton Tahan Gempa

C. Faktor Pendukung

Berbagai hal yang dirasakan dapat mendukung kelancaran pelaksanaan program PPM ini guna memberikan bekal pengetahuan dan keterampilan dalam mengaplikasikan bangunan tahan gempa guna mengatasi permasalahan rekonstruksi rumah yang dihadapi oleh warga Dusun Temben Desa Ngentakrejo Kecamatan Lendah, Kulon Progo, D.I. Yogyakarta adalah sebagai berikut.

1. Adanya kerjasama yang baik antara Tim Pelaksana Kegiatan dengan perangkat desa dan partisipasi aktif dari peserta pelatihan dalam menyumbangkan gagasan, koreksi, dan masukan selama proses pemberian materi dan praktek aplikasi bangunan sederhana tahan di lapangan.
2. Adanya kerjasama yang baik antara perangkat desa dan warga masyarakat dengan Tim Pelaksana Pengabdian khususnya dalam penyediaan peralatan dan fasilitas dalam pelaksanaan kegiatan ceramah dan pelaksanaan pendampingan rekonstruksi bangunan tempat tinggal sesuai dengan pedoman yang berlaku.
3. Tersedia bahan baku untuk pembuatan batako khususnya pasir dan semen sehingga cukup mudah untuk mendapatkannya.
4. Adanya bantuan dan kerjasama yang baik dari pihak LPM UNY khusus Ketua LPM dan stafnya dalam memperlancar semua program yang terkait penyelesaian PPM ini.

D. Faktor Penghambat

Secara teknis dapat dikatakan sebagai penghambat dalam penyelesaian program PPM ini adalah tidak ada. Artinya semua bentuk kegiatan, baik dari saat mulai mendisain sampai dengan merealisasikannya program kegiatan dan pelaksanaan PPM di lapangan dapat diselesaikan

dengan baik tanpa ada hambatan yang berarti. Dengan kondisi yang demikian, para warga Dusun Temben yang menjadi khalayak sasaran kegiatan PPM telah dapat merealisasikan rekonstruksi bangunan rumah tinggalnya tanpa adanya keragu-raguan sedikitpun khususnya yang terkait dengan teknik pelaksanaan pembangunannya.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan paparan dan hasil pelaksanaan program PPM ini selanjutnya dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut.

1. Secara umum para warga warga Dusun Temben, Desa Ngentakrejo, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta telah memahami konsep bangunan tahan gempa khususnya untuk rumah tinggal sederhana.
2. Setelah diberikan pelatihan dan pendampingan secara intensif para warga Dusun Temben, Desa Ngentakrejo, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta dapat mengaplikasikan teori dan pengetahuan konsep bangunan tahan gempa dalam kegiatan rekonstruksi rumah tinggalnya.
3. Secara umum pelaksanaan kegiatan PPM ini tidak ada hambatan yang berarti. Namun, bila ditinjau dari aspek pengembangan untuk konstruksi bangunan yang lebih besar, mereka masih memerlukan bimbingan lebih lanjut terutama dalam hal pengetahuan teknik struktur bangunan tahan gempanya.
4. Proses rekontruksi bangunan sederhana tahan gempa yang dilaksanakan oleh warga Dusun Temben, Desa Ngentakrejo, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta adalah diawali dengan pemilihan dan pengadaan bahan bangunan yang akan digunakan, pembuatan pondasi, pemasangan slof, pemasangan dinding beserta kosen pintu dan jendelanya, pemasangan kolom dan ring balk, dan pemasangan struktur atapnya.

B. Saran-saran

Dalam rangka untuk menjaga warga masyarakat Dusun Temben, Desa Ngentakrejo, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta terkait dengan masalah bangunan tahan gempa, maka saran-saran berikut dapat dijadikan acuan dalam pelaksanaan pembangunan rumah tinggal di masa mendatang.

1. Untuk dapat membuat rumah tinggal yang tahan gempa, pemilihan bahan bangunan yang berkualitas (mempunyai kekuatan yang tinggi), perlu diperhatikan.
2. Bentuk denah bangunan harus diusahakan memenuhi syarat sebagai bangunan tahan gempa.
3. Pembuatan pondasi bangunan harus disesuaikan dengan kondisi dan kekuatan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan.
4. Struktur bangunan (slof, kolom, dan ring balk) harus dibuat sesuai dengan aturan.
5. Penampatan pintu, jendela, dan ventilasi tidak boleh dilakukan secara sembarangan, artinya jangan sampai memperlemah kekuatan struktur bangunannya.
6. Penggunaan besi beton (kualitas dan dimensinya) harus sesuai dengan fungsi struktur bangunan tersebut.
7. Bangunan rumah yang menggunakan rangka atap beton, konstruksi dan dimensinya harus disesuaikan dengan kekuatan struktur bangunan di bawahnya.
8. Teknik penyambungan besi beton harus dilakukan secara benar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2002), SNI 03-2847-2002: *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim, (2002), SNI 15-2049-2004: *Semen Portland*, Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim, (2006), *Pedoman Membangun Rumah Sederhana Tahan Gempa*, Available On:<http://www.tahangempa.org>
- Badan Meteorologi & Geofisika, (2006), *Apa yang Harus Anda Kerjakan Sebelum, Saat dan Sesudah Terjadi Gempa Bumi*, Available On: <http://www.bmq.go.id>
- Gideon Hadi Kusuma dan Vis, W.C., (1994), *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Istimawan Dipohusodo, (1999), *Struktur Beton Bertulang*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Kardiyono Tjokrodinuljo, (1997), *Teknik Gempa*, Yogyakarta: Penerbit Nafiri.
- Nawy, E.G., (1996), *Reinforced Concrete: A Fundamental Approach 3rd edition*, New York: Prentice Hall.
- Park, R. and Paulay, T., (1975), *Reinforced Concrete Structures*, New York: John Wiley & Sons. Inc.
- Paulay, T. and Priestley, M.J.N., (1992), *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, New York: John Wiley & Sons. Inc.
- Surono, (2005), "Mitigasi Bencana Geologi di Indonesia, Studi Kasus Hasil Pemeriksaan Bencana Gempa Bumi-Tsunami di Propinsi Nanggroe Aceh Darussalam Tanggal 26 Desember 2004", *Prosiding: Diskusi Mitigasi pasca Bencana Alam Gempa Bumi dan Tsunami Aceh*, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, 18 Januari 2005.
- Teddy Boen, 2001, "Impact of Earthquake on School Buildings in Indonesia", *UNCRD International Workshop and Symposium: Earthquake Safer World in the 21*, Kobe.
- Teddy Boen, 2001, "Dasar-Dasar Membangun Bangunan Tembokan Tahan Gempa", *Bahan Pelatihan Fasilitator Pembangunan Perumahan*, Jakarta.