

## GEMPA TEKTONIK DI PULAU SUMBAWA DAN DAMPAKNYA TERHADAP BANGUNAN SIPIL (Suatu Kajian Geologis)

WAHYU HARYADI

Fakultas Teknik Univ. Samawa Sumbawa Besar

### ABSTRAKSI

Struktur geologi dan tektonik Pulau Sumbawa berada di busur kepulauan berarah barat-timur akibat penunjaman lempeng Australia terhadap batas kontinen lempeng Indo-Pasifik di selatan Pulau Sumbawa (Hamilton, 1979 dalam Darman dan Sidi, 2000). Di bagian utara Pulau Sumbawa terdapat lempeng tektonik mikro yang memanjang dari Singaraja-Bali hingga Kabupaten Dompu dan terdapat patahan punggung belahan bumi sehingga berpotensi menimbulkan gempa bumi.

Berdasarkan data catatan kegempaan dari berbagai sumber dimana gempa yang terjadi di pulau Sumbawa umumnya termasuk klasifikasi gempa dangkal (kedalaman fokus < 70 km) dengan kekuatan > 5 Skala Richter sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan sipil seperti gedung, jembatan, jalan, perumahan sampai dengan perubahan permukaan tanah, bahkan mengakibatkan jatuhnya korban jiwa. Jika pusat gempa berada dekat dengan pemukiman, akan terjadi kerusakan bangunan di wilayah tersebut. Untuk itu diperlukan Strategi mitigasi dan upaya pengurangan bencana gempa bumi dalam rangka mengurangi jatuhnya korban jiwa dan materil.

---

*Kata kunci: Gempa tektonik, intensitas gempa, kerusakan bangunan sipil*

### PENDAHULUAN

Wilayah asia tenggara, khususnya Indonesia merupakan laboratorium alam yang amat sempurna dan lengkap guna mempelajari gejala-gejala tektonik, dan dianggap sebagai salah satu kawasan diatas muka bumi yang diperkirakan akan dapat mengungkapkan banyak teka-teki yang berhubungan dengan teori tektonik lempeng, dimana gerak-gerak dan interaksi lempeng-lempengnya masih aktif. Kondisi ini menjadikan Indonesia sebagai daerah tektonik aktif dengan tingkat seismisitas (kegempaan yang tinggi). Hingga kini belum ada teknologi dan pakar yang dapat meramal kapan gempa akan terjadi meski dibantu alat monitoring tercanggih. Pengetahuan manusia baru sebatas pemahaman wilayah yang berpotensi terhadap bahaya gempa.

Secara geologis Indonesia ada pada pertemuan tiga lempeng bumi yaitu Eurasia, Samudera Pasifik dan Indo-Australia. Ketiga lempeng itu bergerak aktif, kecepatan dan arah berbeda dalam kisaran beberapa cm sampai 12 cm per tahun (Kompas, 2 oktober 2009). Pergerakan ini menimbulkan pergeseran lempeng tektonik pada batas lempeng yang berada di selatan Pulau Jawa sampai selatan Bali dan NTT. Daerah yang berada di sepanjang pantai selatan pulau jawa sampai selatan Bali dan NTT rawan dan beresiko terjadi gelombang tsunami karena daerah tersebut berada pada pertemuan lempeng benua, yakni lempeng Eurasia dan indo-australia yang kerap menimbulkan gempa.

Sejalan dengan teori di atas rentetan bencana alam khususnya gempa bumi tektonik terus melanda Kepulauan Nusa Tenggara khususnya pulau Sumbawa. Tercatat tidak kurang dari 10 (sepuluh) kali terjadi gempa tektonik di pulau Sumbawa dengan kekuatan > 5 skala Richter dalam kurun waktu 5 tahun terakhir.

Bertolak dari fenomena di atas, maka menarik bagi penulis untuk melakukan kajian geologis tentang bagaimana tatanan tektonik yang melatar belakangi terjadinya gempa bumi di pulau Sumbawa?, bagaimana dampak gempa tektonik terhadap bangunan sipil?, serta bagaimana strategi mitigasi dan upaya pengurangan bencana gempa bumi?

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode kajian pustaka, yang bersumber baik dari buku-buku, laporan-laporan, media cetak, serta sumber informasi yang ada di internet

**PEMBAHASAN**

**Pengertian Gempa Bumi dan Gempa Tektonik**

Gempa bumi adalah getaran di tanah yang disebabkan oleh gerakan permukaan bumi. Gempa yang dikenal oleh para ahli ada dua macam, yaitu gempa tektonik dan gempa vulkanik. Gempa tektonik terjadi akibat pergeseran lempengan untuk mencari keseimbangan baru. Gempa tektonik disebabkan oleh adanya pelepasan energi regangan elastis batuan pada litosfer. Semakin besar energi yang dilepaskan semakin kuat gempa yang terjadi dan sebaliknya. Terdapat dua teori yang menyatakan proses terjadinya atau asal mula gempa, yaitu pergeseran lempeng (patahan) dan teori kekenyalan elastis. Gerak tiba-tiba sepanjang lempeng merupakan penyebab yang sering terjadi.

Kebanyakan gempa tektonik terjadi di sepanjang perbatasan lempeng. Ketika lempeng bergerak, batas-batas lempeng seperti pusat pemekaran, zona subduksi dan sesar transform, akan menjadi tempat lokasi sebagian besar aktivitas gempabumi yang intens di bumi.

Gempa bumi terjadi selama pergerakan tiba-tiba yang terjadi di sepanjang zona sesar (patahan). Selama periode deformasi yang berlangsung perlahan dan lama, tegangan (*strain*) elastis terbentuk diantara tubuh batuan dari kedua sisi patahannya. Geseran sepanjang bidang sesarnya ditahan oleh gaya gesekan (*friction*) sampai tegangannya terlampaui. Kemudian batuan patah dan saling bergeser sepanjang sesarnya untuk membebaskan sebagian energi yang tersimpan. Dengan demikian, jika telah terjadi gempabumi yang terekam dengan kekuatan > 7 Skala Richter maka gempabumi yang lebih besar kecil kemungkinannya akan terjadi karena batuan tidak cukup kuat untuk menampung lebih banyak energi.

Peristiwa-peristiwa tersebut diatas, seperti terjadinya pergeseran batuan yang menimbulkan gempabumi dan meletusnya gunungapi, disebabkan oleh:

1. Terlepasnya sejumlah energi yang sebelumnya terkumpul dalam batuan (kulit bumi) dalam waktu yang cukup lama.
2. Karena daya tahan dari batuan tersebut sudah tidak mampu lagi menahan desakannya, energi yang sudah terkumpul dalam jumlah yang besar itu dilepas dalam bentuk patahan-patahan dan pergeseran pada kulit bumi, disertai dengan timbulnya getaran-getaran yang merambat di dalam dan di atas permukaan bumi sebagai gelombang-gelombang seismik yang disebut gempabumi.

**Intensitas Gempa**

Skala intensitas dibuat berdasarkan pengamatan manusia terhadap derajat kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bumi pada bangunan. Para ahli seismologi mengukur tingkat besaran gempa berdasarkan skala Richter (lengkapnya Charles F. Richter). Satuan inilah yang menjadi pedoman masyarakat umum mengenal besar kecilnya getaran gempa bumi. Richter telah membuat sebuah sistem pengukuran kekuatan gempa dan tingkat kerusakannya seperti yang terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Daftar intensitas gempa pada skala Richter

No	Kekuatan	Ket	Jumlah rata-rata/tahun	Intensitas dekat Episentrum
1	0 – 1,9	-	700.000	Tercatat, tapi tidak terasa
2	2 – 2,9	-	300.000	Tercatat, tapi tidak terasa
3	3 – 3,9	kecil	40.000	Dirasakan oleh sedikit orang
4	4 – 4,9	Ringan	6.200	Dirasakan oleh banyak orang
5	5 – 5,9	Sedang	800	Agak merusak
6	6 – 6,9	kuat	120	Merusak
7	7 – 7,9	Besar	18	Sangat merusak
8	8 – 8,9	dahsyat	1 dalam 10-20 tahun	menghancurkan

Sumber: Sabaruddin, 2008

Bagi para ahli konstruksi yang dianggap dapat memengaruhi konstruksi bangunan adalah intensitas gempa. Intensitas gempa adalah besar kecilnya getaran permukaan di tempat konstruksi bangunan.

**Klasifikasi Gempa**

Menurut Fowler (1990) dalam sabaruddin (2008), gempa diklasifikasikan berdasarkan kedalaman fokus sebagai berikut (Tabel 2)

Tabel 2. Klasifikasi gempa menurut Fowler (1990) dalam Sabaruddin (2008)

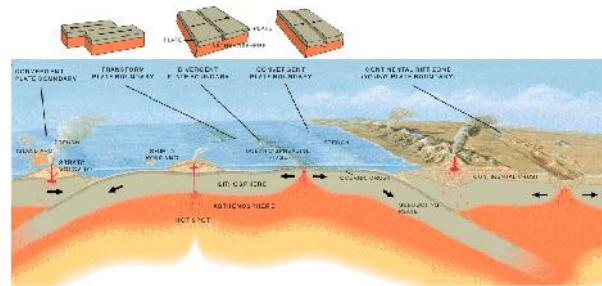
No	Kedalaman fokus	Keterangan
1	Kurang dari 70 km	Gempa Dangkal
2	Kurang dari 300 km	Gempa Menengah
3	Lebih dari 300 km (kadang-kadang > 450 km)	Gempa Dalam

**Pergerakan lempeng litosfer**

Permukaan bumi terbagi menjadi tujuh lempeng besar dan beberapa lempeng kecil. Lempeng-lempeng tersebut bergerak beberapa sentimeter setiap tahun, mengikuti gerakan lapisan mantel cair di bawah lapisan kerak bumi (Gambar 1).



Gambar 1. Lempeng-lempeng tektonik bumi



Gambar 2. Pola interaksi lempeng-lempeng litosfer

Lempeng-lempeng litosfer bergerak dan bergeser satu terhadap lainnya dengan kecepatan (V) dan arah yang berbeda-beda, dan dapat berubah-ubah selama berkembangnya dari waktu ke waktu (HEIRTZLER dan LE PICHON (1968).

Ketika material panas secara gradual bergerak ke atas dari tempat yang lebih dalam di perut bumi dan memancar secara lateral (horisontal), maka hal ini menyebabkan lempeng-lempeng di atasnya senantiasa dalam keadaan bergerak. Akhirnya pergerakan lempeng litosfer bumi ini menghasilkan gempa bumi, aktivitas gunungapi, dan deformasi masa batuan yang besar menjadi pegunungan.

Fenomena pergerakan lempeng litosfer yang dapat menimbulkan gempabumi ini memunculkan pertanyaan “Bagaimanakah suatu energi yang demikian besar yang dapat menimbulkan bencana itu dapat terkumpul dalam kulit bumi?. Secara ilmiah dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Energi yang terkumpul dan di lepas secara berkala itu terbentuk karena adanya gaya yang besar dan bekerja sepanjang waktu di dalam bumi.
2. Adanya gaya yang besar dan mampu menghimpun energi yang besar itu dapat dilihat dari kemampuannya yang menghasilkan pegunungan-pegunungan yang tinggi yang di bentuk dan di angkat dari bahan-bahan yang semula diendapkan di bawah permukaan laut.

Bangun arsitektur dari pegunungan yang menakjubkan dan indah itu merupakan karya besar dari gaya yang bekerja di dalam bumi.

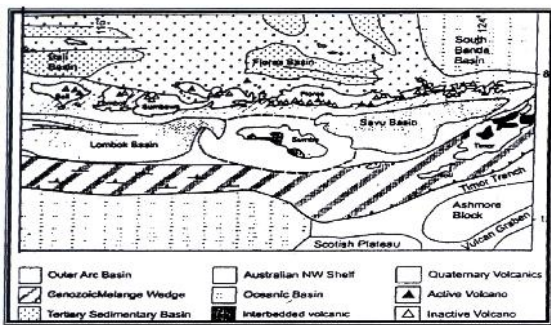
Sebahagian besar kekuatan energi yang merupakan sumber dari gejala tektonik, justru terdapat pada batas antara lempeng-lempeng yang saling bertemu atau bersentuhan. Batasan antara masing-masing lempeng litosfer yang saling bergeser dan berinteraksi itu dapat berwujud sebagai:

1. Palung atau parit laut (*oceanic trench*), apabila dua lempeng saling berbenturan, dimana salah satu dari lempengnya kemudian menunjam dan menyusup kebawah lempeng yang satunya hingga kedalam mantel bumi.
2. Punggungan samudera (*oceanic ridge*), apabila dua lempeng saling bergeser dan memisah diri dengan disertai oleh pembentukan kerak baru
3. Sesar transform, yaitu sesar mendatar yang terdapat di lantai-lantai samudera. Ukurannya sangat panjang

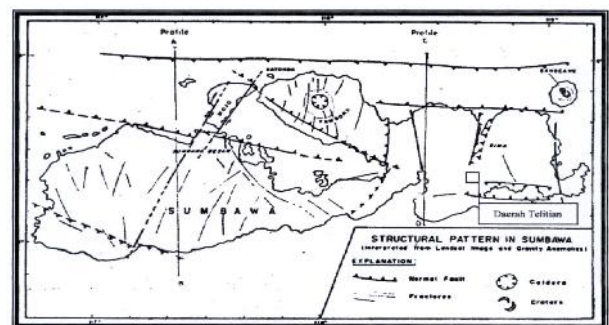
**Pola interaksi lempeng litosfer**

Pada dasarnya terdapat 3 (tiga) jenis interaksi lempeng litosfer, yaitu (1) interaksi konvergen (*convergent*), dimana dua lempeng saling mendekat; (2) interaksi divergen (*divergent*), dimana dua lempeng saling memisah dan; (3) interaksi saling berpapasan secara horisontal (*strike-slip*). (Gambar 2 di atas )

Perlu diperhatikan pula bahwa arah-arah gerak relatifnya pada interaksi itu dapat juga berarah menyerong (*oblique*). Dengan demikian, pada interaksi yang sifatnya konvergen akan menimbulkan suatu gejala tegasan sederhana (*simple shear*).



Gambar 3. Tektonik Setting Kepulauan Sunda (Modifikasi Hamilton, 1979; Parkinson, 1991; dan Mathews, 1992 dalam Darman dan Sidi, 2000)



Gambar 4. Pola Struktur Regional Pulau Sumbawa (Sudradjat dkk, 1998)

**Tatanan Tektonik Kepulauan Nusa Tenggara**

Menurut Hamilton (1979), Pakinson (1991), dan Mathews (1992) (dalam Darman dan Sidi, 2000) menjelaskan bahwa setting tektonik Kepulauan Nusa Tenggara Dapat dibagi menjadi empat tektonik struktur unit (Gambar 3 di atas). Keempat tektonik struktur unit tersebut adalah *Back Arc*, *Inner Arc*, *Fore Arc*, dan *Outher Arc*.

Secara geologi Kepulauan Nusa Tenggara berlokasi di Banda Arc. Batuan tertua penyusun Banda Arc ini adalah batuan vulkanik yang berumur Miosen awal atau 26,2 juta tahun yang lalu. Kondisi ini menyebabkan bagian selatan Sumbawa terdiri atas punggungan-punggungan yang kasar dan tak teratur, yang disayat perlembahan yang berarah timurlaut sampai baratdaya dan timurlaut sampai tenggara. Ketinggian bukit berkisar 800 sampai 1400 meter diatas muka laut. Sedangkan secara morfologi Sumbawa memanjang pada arah barat-timur dan tersayat oleh beberapa lembah yang berarah terutama timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara. Teluk Saleh merupakan lekuk terbesar dan membagi pulau ini atas dua bagian utama, yaitu Sumbawa Barat dan Timur.

**Struktur Geologi**

Struktur geologi dan tektonik Pulau Sumbawa berada di busur kepulauan berarah barat-timur akibat penunjaman lempeng Australia terhadap batas kontinen lempeng Indo-Pasifik di selatan Pulau Sumbawa (Hamilton, 1979, dalam Darman dan Sidi, 2000).

Struktur utama pulau Sumbawa terdiri dari retakan-retakan yang berarah baratlaut-tenggara dan timur laut-barat daya dan retakan-retakan kurang penting berarah utara-selatan dan barat-timur (Gambar 4 di atas).

Retakan-retakan ini merupakan daerah tererosi yang membentuk lembah-lembah dengan kemenerusan yang jelas. Sepanjang lembah di Sumbawa Barat kelurusannya dapat diikuti sampai utara Pulau Moyo, dan terdapat dua bongkah struktur yang memisahkan Sumbawa Barat bagian utara. Sesar ini tampaknya

merupakan sesar jurus (*Strike Slip Fault*), tetapi di lapangan antara Pulau Moyo dan Teluk Saleh tidak dijumpai arah pergeseran sesar normalnya (Sudradjat dkk, 1998).

### **Kepulauan Nusa Tenggara Rawan Gempa Tektonik dan Tsunami**

Gempa bumi yang kerap melanda Indonesia dipicu oleh pergerakan 3 (tiga) lempeng aktif dunia yaitu lempeng Eurasia, lempeng Australia, dan lempeng pasifik. Lempeng Australia bergerak relatif terhadap lempeng Eurasia sehingga kerap menimbulkan gempa di sepanjang pantai selatan Jawa, selatan Bali dan Nusa Tenggara meskipun waktu terjadinya gempa tidak bisa diprediksi. Untuk wilayah Bali-Nusa Tenggara tercatat dari tahun 1629-2006 tidak kurang dari 34 kali dilanda gempa tektonik dan 20 kali terjadi tsunami (Kompas, 3 september 2009)

Di selatan pulau jawa, terdapat lempeng Australia yang bergerak relatif terhadap lempeng Eurasia. Pergerakan ini menimbulkan pergeseran lempeng tektonik pada batas lempeng yang berada di selatan pulau jawa yang diakibatkan terjadinya medan stress atau tekanan-tekanan mulai di batas lempeng sampai beberapa ratus kilometer ke utara dan membentuk sesar-sesar (patahan) regional maupun lokal dimana terjadi pelepasan energi atau stress itu berupa gempa tektonik.

Lempeng Australia juga ikut menjadi bagian dari terbentuknya Kepulauan Nusa Tenggara termasuk Pulau Sumbawa, dimana lempeng Australia yang mempunyai berat jenis lebih besar menyusup kebawah lempeng Sunda Banda (lempeng benua). Hasil penyusupan atau penunjaman (*subduction*) lempeng Australia kedalam lempeng sunda Banda ini menyebabkan terbentuknya Kepulauan Nusa Tenggara. Aktifitas penunjaman ini menurut umur geologi terbentuk pada zaman Tersier (5,2 – 54 juta tahun) dan menghasilkan aktivitas vulkanik sepanjang Kepulauan Nusa Tenggara. Aktivitas vulkanik di sepanjang batas lempeng Australia terkonsentrasi di busur kepulauan Indonesia.

Pulau Sumbawa sendiri merupakan bagian dari busur sunda yang merupakan hasil konvergen lempeng (Paparasi Sunda) sebagai lempeng benua dengan lempeng samudera Hindia yang menghasilkan tatanan tektonik tepi benua aktif.

Potensi gempabumi di pulau Sumbawa sangat mungkin terjadi mengingat di bagian utara Pulau Sumbawa terdapat lempeng tektonik mikro yang memanjang dari Singaraja-Bali hingga Kabupaten Dompu dan terdapat patahan punggung belahan bumi. Ancaman yang berasal dari Selatan yakni di dasar samudra hindia terdapat lempeng samudra yang dinamakan Indo-Australia.

Jika menelusuri sejarah dan struktur geologi seperti yang diuraikan diatas maka dapat ditarik kesimpulan bahwa wilayah Nusa Tenggara khususnya Nusa Tenggara Barat lebih spesifik lagi Pulau Sumbawa merupakan daerah tatanan tektonik aktif. Hal ini juga ditandai dengan masih aktifnya kedua gunungapi di Pulau ini yakni Gunung Tambora yang pernah meletus tahun 1815 dan tercatat sebagai letusan terdahsyat sepanjang sejarah sehingga mempengaruhi iklim di benua Eropa pada masa itu dan dikenal apa yang disebut "the year without a summer" atau tahun tanpa musim panas. Selain gunung Tambora juga terdapat Gunungapi Sangiang yang baru-baru ini mulai aktif kembali dengan mengeluarkan asap dan abu vulkanik sehingga Pulau Sumbawa termasuk kedalam kawasan yang dikelilingi oleh gunung berapi (*ring of fire*) dan lempeng tektonik aktif. Proses pembentukan pegunungan dan gunung berapi tersebut berkaitan erat dengan proses tumbukan lempeng-lempeng tektonik.

Gunung api merupakan bentuk arsitektur akibat proses tumbukan konvergen yakni tumbukan antara lempeng benua dengan lempeng samudera yang saling bertemu (*oceanic-continental convergence*). Berkaitan dengan itu disini dapat dijelaskan bahwa terbentuknya kedua gunungapi aktif diatas merupakan hasil tumbukan antara lempeng samudera Indo-Australia dengan lempeng paparan sunda sebagai lempeng benua yang menghasilkan tatanan tepi benua aktif. Dengan kata lain dampak gempa juga mempengaruhi aktivitas getaran energi di gunung berapi semakin besar. Sehingga selama pergerakan lempeng tektonik masih aktif, bencana alam berupa gempa tektonik dan gempa vulkanik terus mengancam. Meski demikian belum ada pakar yang dapat menyimpulkan hubungan yang linier antara keduanya artinya gempabumi tektonik yang terjadi tidak mesti memicu terjadinya letusan gunungapi atau gempa vulkanik.

### **Beberapa Catatan Gempa Tektonik yang pernah terjadi di Pulau Sumbawa**

Tatanan tektonik (interaksi lempeng litosfer yang saling berpapasan secara horizontal) dan struktur geologi pulau Sumbawa yang dijelaskan diatas menggambarkan betapa daerah ini merupakan jalur

langganan bencana gempabumi. Berkaitan dengan hal tersebut berikut data beberapa gempa tektonik yang pernah terekam oleh seismograf di pulau Sumbawa sbb:

1. Pada tahun 1820, tepatnya 29 Desember, gempa berkekuatan 7,5 SR mengguncang Sumbawa sampai Sulawesi dengan korban jiwa diperkirakan sebanyak 400-500 orang yang tenggelam (Gaung, 15-09-2009)
2. Pada 19 Agustus 1977 pukul 06:08 terjadi gempa yang memicu tsunami dan menyebabkan banyak orang tenggelam. Gempa dengan kekuatan 7,5 SR dengan pusat gempa di Sumbawa, setelah di cek koordinatnya, terletak di sebelah Selatan Sumbawa yaitu sekitar Lunyuk pada kedalaman 33 km. Korban jiwa sebanyak 75 orang. (Gaung, 15-09-2009)
3. Gempa cukup besar juga melanda Sumbawa yaitu pada tahun 2007, dengan kekuatan 6,5 SR dan dilaporkan 3 orang meninggal sebagai korban.
4. Juga pada tahun 2008 gempa dengan kekuatan 6,6 SR mengguncang Utara kabupaten Sumbawa dan merusak 50 rumah penduduk. (Gaung, 15 Sept 2009)
5. Gempa 5,6 SR guncang Sumbawa (Tribun, 10 september 2009)
6. 7 juni 2009. Gempa 5,7 SR di kedalaman 105 km atau di posisi 8,58 derajat LS – 118, 43 derajat BT atau 38 km Baratdaya Raba-Bima.
7. 16 juni 2009. Gempa 5,1 SR berada di posisi 8,58 derajat LS-118,38 derajat BT dan kedalaman 10 km atau 43 km barat daya Raba-BIMA.
8. 9 juli 2009 di posisi 10,9 derajat LS – 117,66 derajat BT. Gempa 5,4 SR di kedalaman 38 km, berada di 255 km tenggara Taliwang.
9. 20 juli 2009 gempa 5,6 SR mengguncang Sumbawa. Data BMKG menyebutkan gempa berada di kedalaman 21 km berada di 8,93 derajat LS – 117,75 derajat BT atau sekitar 60 km tenggara Sumbawa besar,NTB (Sumbawa Ekpres, 21 juli 2009)

Dari rentetan catatan gempa tektonik yang berhasil penulis himpun diatas terdapat 2 (dua) hal menarik yang menjadi penciri gempa tektonik yang pernah terjadi di Pulau Sumbawa yakni; (1)pusat gempa (hiposentrum) berada di lautan dengan kekuatan > 5 SR; dan (2)gempa yang terjadi termasuk klasifikasi gempa dangkal (< 70 km). Kondisi ini sangat berbahaya mengingat gempabumi dangkal menyebabkan guncangan yang hebat di permukaan tanah sehingga banyak bangunan yang rusak. Semakin dangkal pusat gempa, semakin besar guncangan di permukaan tanah. Kita memahami bahwa yang membunuh adalah bangunan yang runtuh akibat tidak tahan gempa atau fondasinya jelek, misalnya karena ada proses pelulukan lapisan pasir dibawah tanah (*liquefaction*) menyebabkan bangunan diatasnya ambles. Korban juga terjadi karena tertimbun longsor yang menimpa bangunan. Semua itu bisa dihindari kalau saja tata ruang dan kode bangunannya mengikuti kaidah mitigasi bencana gempa. Oleh karena itu kita membutuhkan kesiapan yang matang baik bersifat teknis maupun non teknis dalam mempersiapkan diri menyongsong gempa besar, yang sudah menjadi satu keniscayaan akan terjadi di wilayah NTB khususnya Pulau Sumbawa.

### Mitigasi Bencana Gempabumi

Indonesia ditakdirkan sebagai Negara kepulauan dimana sebagian besar pulau-pulaunya dilalui oleh salah satu patahan atau lempeng dunia. Hal ini sangat mungkin terjadi gempa bumi dan tsunami. Untuk itu perlu dilakukan mitigasi bencana alam yakni mengambil tindakan-tindakan untuk mengurangi pengaruh-pengaruh dari bahaya bencana alam, termasuk meminimalkan risiko-risiko bencana alam yang mungkin untuk diantisipasi, yang dilakukan sebelum bencana terjadi. Adapun strategi mitigasi dan upaya pengurangan bencana gempabumi adalah sebagai berikut:

1. Bangunan sipil harus dibangun dengan konstruksi tahan getaran/gempa serta memiliki fleksibilitas untuk menahan getaran khususnya di daerah rawan gempa
2. Menggunakan bahan material yang ringan dan kenyal.  
Prinsip penggunaan bahan material yang ringan dan kenyal yaitu menggunakan bahan-bahan material ringan yang tidak lebih membahayakan jika runtuh dan lebih ringan sehingga tidak sangat membebani struktur yang ada
3. Prinsip massa yang terpisah-pisah, yaitu memecah bangunan dalam beberapa bagian menjadi struktur yang lebih kecil sehingga struktur ini tidak terlalu besar dan terlalu panjang karena jika terkena gempa harus meredam getaran lebih besar
4. Prinsip kekakuan struktur bangunan  
Prinsip ini menjadikan struktur lebih solid terhadap guncangan. Terbukti, struktur kaku seperti beton bertulang jika dibuat dengan baik dapat meredam getaran gempa dengan baik.

5. Perkuatan bangunan dengan mengikuti standar kualitas bangunan
6. Melakukan pemetaan geologi teknik seperti pemetaan permukaan dan bawah permukaan (*subsurface mapping*) dan metode seismic untuk merekam kondisi tanah dibawah permukaan tempat berdirinya bangunan sipil.
7. Pembangunan fasilitas umum dengan standar kualitas yang tinggi
8. Perkuatan bangunan-bangunan vital yang telah ada
9. Zonasi daerah rawan gempabumi dan pengaturan penggunaan lahan
10. Rencana kontinjensi/kedaruratan untuk melatih anggota keluarga dalam menghadapi gempabumi.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Setelah melalui serangkaian kajian di atas, maka ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Daerah yang berada di sepanjang pantai selatan pulau Jawa sampai selatan Bali dan NTT rawan dan beresiko terjadi gelombang tsunami karena daerah tersebut berada pada pertemuan lempeng benua, yakni lempeng Eurasia dan Indo-Australia yang kerap menimbulkan gempa
2. Potensi gempabumi di Pulau Sumbawa sangat mungkin terjadi mengingat di bagian utara Pulau Sumbawa terdapat lempeng tektonik mikro yang memanjang dari Singaraja-Bali hingga Kabupaten Dompu dan terdapat patahan punggung belahan bumi. Ancaman yang berasal dari Selatan yakni di dasar samudra Hindia terdapat lempeng samudra yang dinamakan Indo-Australia.

### Saran-saran

1. Diperlukan sosialisasi yang maksimal kepada masyarakat akan pentingnya bangunan tahan gempa
2. Diperlukan kerjasama yang baik diantara kalangan akademisi dan birokrat sebagaimana bangsa Asia lainnya. Kita bisa mencontoh bangsa Jepang yang dijuluki sebagai "bangsa gempa". Istilah tersebut pertamakali muncul bukan karena gempa yang melahirkan petaka. Sebaliknya, meningkatnya kesadaran tentang gempa di kalangan akademisi dan birokrat Jepang, berujung pada reputasi "Jepang bangsa gempa"
3. Pendidikan dan penyuluhan kepada masyarakat tentang bahaya gempabumi dan cara-cara penyelamatan diri jika terjadi gempa
4. Pemerintah hendaknya lebih memperhatikan kehidupan sosial ekonomi masyarakatnya karena faktor ekonomi merupakan salah satu penyebab masyarakat tidak mampu membangun bangunan fisik yang tahan gempa. Kerentanan fisik bangunan adalah fakta karena terkait kerentanan sosial ekonomi yang menjadi fondasi struktur insentif bagi kemampuan maupun kemauan untuk membiayai rumah dan infrastruktur tahan gempa.

## DAFTAR PUSTAKA

Asikin, Sukendar (1999) *Diktat Kuliah Tektonik*, UPN Veteran Yogyakarta

Darman, H., and Sidi, F.H. 2000, *An Outline of The Geology of Indonesia*, IAGI.

<http://www.google.com/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/40/T>

<http://www.google.com/imgres?imgurl=http://balitbangda.kutaikartanegararakab.go.id/wp-content/uploac>

Lassa, Jonatan (2009). *Masyarakat Sadar Bencana*. (Kompas, 2 oktober 2009)

Sabaruddin, Arief (2008) *Membangun Rumah Sederhana Sehat Tahan Gempa*, Griya Kreasi

Sudradjat, A. 1975, 1998, *Geology Tinjau Sumbawa, Nusa Tenggara Barat*, Direktorat Pertambangan dan Energi, Indonesia.

Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*, The Hague, Martinus Nijhoff, vol. IA. 732 p.