

MITIGASI BENCANA DAN ANALISIS RESIKO GEMPA PADA BANGUNAN GEDUNG DI YOGYAKARTA

Margeritha Agustina Morib¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta

e-mail : margerithaagustina@yahoo.co.id

INTISARI

Gelombang gempa bumi dapat berupa gelombang primer (P-wave) dan gelombang sekunder (S-wave). Gelombang primer memiliki arah longitudinal terhadap pusat gempa (focus), seperti pegas dan merenggang-memampat namun memiliki energy rendah. Sedangkan gelombang sekunder berarah transversal (tegak lurus gelombang primer), yang memiliki energy lebih kuat. Gelombang primer memiliki kecepatan 1,5 kali lebih cepat daripada gelombang sekunder sehingga gelombang primer datang lebih cepat.

Pada tahap pengurangan resiko (reduction phase) selain menetapkan peraturan para tenaga ahli di bidang teknik sipil perlu untuk melakukan screening visual secara cepat (rapid visual screening) dan juga evaluasi secara mendetail pada bangunan eksisting untuk mengetahui seberapa besar tingkat resiko bangunan tersebut apabila terjadi gempa dan apakah perlu dilakukan perkuatan bangunan sebelum terjadi gempa (retrofit and strengthening).

Mitigasi bencana gempa perlu diterapkan di daerah Yogyakarta karena faktor resiko gempa yang tinggi di daerah ini, yaitu adanya patahan oya-opak sehingga diperlukan peta zonasi gempa local (microsoning). Selain itu, perlu diterapkan peraturan mengenai struktur bangunan tahan gempa dan ketentuan teknis minimum untuk bangunan-bangunan public dan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat jika terjadi ancaman gempa.

1. Pendahuluan

Secara geologi, wilayah Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik aktif yaitu Lempeng Indo-Australia di bagian selatan, Lempeng Eurasia di bagian utara dan Lempeng Pasifik di bagian Timur. Ketiga lempengan tersebut bergerak dan saling bertumbukan sehingga Lempeng Indo-Australia menunjam ke bawah Lempeng Eurasia dan menimbulkan gempa bumi, jalur gunung api dan sesar atau patahan. Penunjaman (subduction) lempeng Indo-Australia yang bergerak relative ke utara dengan lempeng Eurasia yang berkerak ke selatan menimbulkan jalur gempa bumi dan rangkaian gunung

api aktif sepanjang Pulau Sumatera, Pulau Jawa, Bali dan Nusa Tenggara sejajar dengan jalur penunjaman, maupun pada jalur patahan regional seperti Patahan Sumatra/Semangko dan Patahan Oya-Opak di Yogyakarta.

Dengan kondisi geologi yang demikian, ancaman bencana di wilayah Indonesia sangat besar dan sepertinya tinggal menunggu waktu. Secara khusus di Yogyakarta dimana terdapat Patahan Oya-Opak menyebabkan potensi bencana gempa yang cukup besar. Pada tanggal 27 Mei 2006, Yogyakarta diguncang gempa bumi tektonik sebesar 5,9 SR (BMG), pada kedalaman focus $d = 11,3$ km dan berjarak epicentre $s = 30$ km dari kota Yogyakarta selama kurang lebih 57 detik dan mengakibatkan hilangnya lebih 6.000 korban jiwa, 50.000 luka-luka, 200.000 rumah tinggal masyarakat dan bangunan gedung hancur serta kerugian material lebih dari 2,92 milyar dollar. Melihat hal tersebut maka upaya mitigasi bencana menjadi hal yang sangat penting dan perlu dikembangkan dan disosialisasikan di wilayah Yogyakarta.

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 24 tahun 2007 (Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, 2007) mitigasi diartikan sebagai serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Pembangunan fisik dalam hal ini dapat diartikan sebagai upaya merancang bangunan baru, merenovasi atau merehabilitasi atau memperkuat atau mengganti/membangun ulang bangunan (*renovation, rehabilitation and reconstruction*). Sedangkan penyadaran dan peningkatan kemampuan dapat diartikan sebagai upaya memberi pemahaman kepada masyarakat atas keamanan bangunan yang sedang digunakan dan prosedur yang harus dilaksanakan apabila bangunan itu mengalami ancaman bencana (Priyosulistyo, 2011).

Sedangkan pengurangan risiko bencana menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) adalah upaya sistematis untuk mengembangkan dan menerapkan kebijakan, strategis dan tindakan yang dapat meminimalisir jatuhnya korban jiwa dan hilang atau rusaknya asset serta harta benda akibat bencana, baik melalui upaya mitigasi bencana (pencegahan, peningkatan kesiapsiagaan) ataupun upaya mengurangi kerentanan (fisik, material, social, kelembagaan dan prilaku/sikap).

Untuk memahami konsep mitigasi bencana dan analisis resiko gempa maka ada beberapa istilah penting yang perlu dipahami. Dalam buku Indeks Rawan Bencana

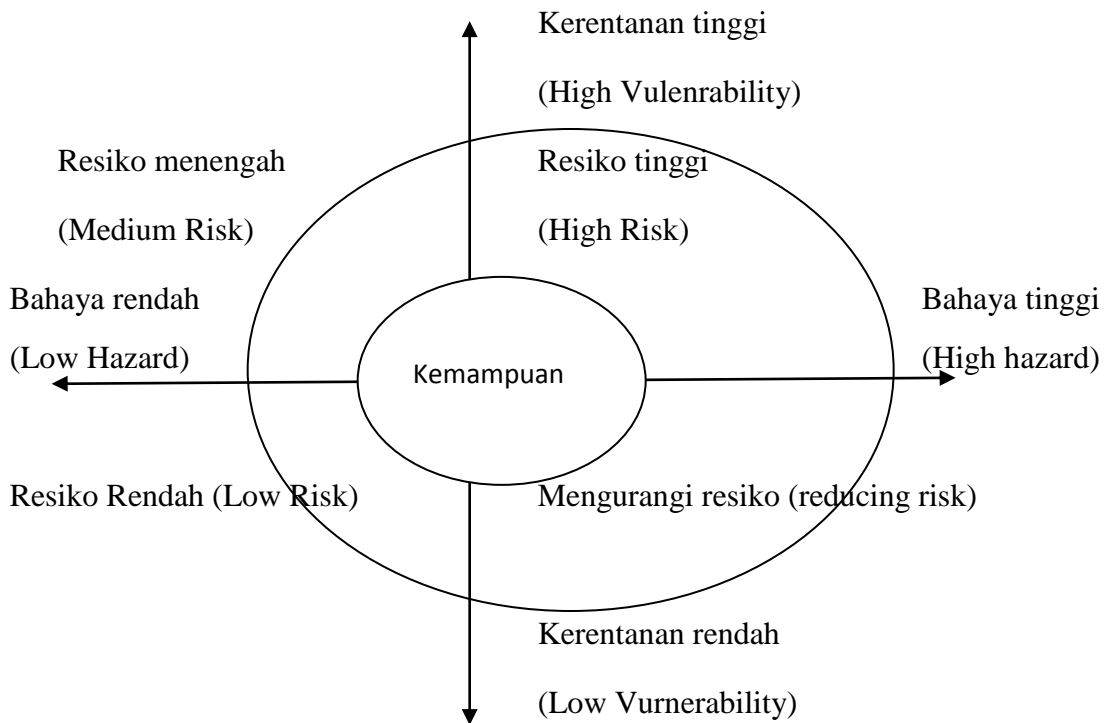
Indonesia yang diterbitkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) tahun 2011 disebutkan bahwa bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh factor alam dan atau factor non alam maupun factor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis. Sedangkan bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam, antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan dan tanah longsor. Bencana gempa bumi tektonik merupakan salah satu dari bencana alam yang kadang memicu bencana lain (yaitu tsunami, gunung meletus, gempa bumi vulkanik, kebakaran dan tanah longsor) serta memiliki potensi merusak bangunan dalam cakupan luas dan belum dapat diduga waktu kejadiannya.

Mitigasi bencana berkaitan dengan bahaya/ancaman (*hazard*), resiko (*risk*), kerentanan (*vulnerability*) dan kapasitas (*capacity*). Bahaya/ancaman (*hazard*) adalah suatu kejadian atau peristiwa yang mempunyai potensi dapat menimbulkan kerusakan, kehilangan jiwa manusia atau kerusakan lingkungan. Risiko (*risk*) adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta dan gangguan kegiatan masyarakat. Kerentanan (*vulnerability*) adalah suatu kondisi yang ditentukan oleh factor-faktor atau proses-proses fisik, social, ekonomii dan lingkungan yang mengakibatkan peningkatan kerawanan masyarakat dalam menghadapi bahaya (*hazard*). Kemampuan (*capacity*) adalah penguasaan sumberdaya, cara dan kekuatan yang memungkinkan mereka untuk mempersiapkan diri, mencegah, menjinakkan, menanggulangi, mempertahankan diri serta dengan cepat memulihkan diri dari akibat bencana. Konsep resiko memenuhi rumusan :

$$R = \frac{H V}{C} \dots\dots\dots (1.1)$$

dengan $R =$ Risk /Risiko, $H =$ Hazard / ancaman, $V =$ Vulnerability / kerentanan, $C =$ Capacity / kapasitas.

Pengurangan resiko dapat dilakukan dengan mengurangi kerentanan dan menaikkan kemampuan sedangkan ancaman tidak dapat kita kendalikan karena tergantung factor alam. Konsep resiko gempa dapat dilihat dalam gambar 1 berikut .



Gambar 1 Konsep Resiko Gempa

2. Bumi dan Gempa Bumi

Menurut para ahli geologi bumi terdiri dari beberapa lapisan yaitu lapisan bola inti panas dan cair (core, radius \pm 3500 km yang merupakan lapisan paling dalam, dibungkus oleh lapisan material yang lebih kental hingga padat (mantel, dengan tebal \pm 2900 km) dan lebih ke luar dibungkus oleh lapisan kerak yang keras dan kuat (crust, tebal 10 – 40 km). Lapisan paling atas dari mantel dan lapisan kerak disebut lithosphere dan lapisan lebih dalam disebut asthenosphere. Lapisan lithosphere terpotong-potong menjadi 7 hingga 8 lempengan tektonik (plate tectonics), dan bergerak dengan kecepatan antara 0-100 mm/tahun. Lempengan-lempengan itu ada yang saling menjauhi, menggeser menyamping dan ada yang saling mendekati atau satu lempengan menghujam yang lain (subduction). Hunjaman lempengan yang bergerak relative ini menimbulkan tegangan pada kedua permukaan sentuhnya yang semakin lama semakin meningkat dan dapat runtuh secara tiba-tiba sehingga menimbulkan gelombang gempa bumi.

Gelombang gempa bumi dapat berupa gelombang primer (*P-wave*) dan gelombang sekunder (*S-wave*). Gelombang primer memiliki arah longitudinal terhadap pusat gempa (*focus*), seperti pegas dan merenggang-memampat namun memiliki energy rendah.

Sedangkan gelombang sekunder berarah transversal (tegak lurus gelombang primer), yang memiliki energy lebih kuat. Gelombang primer memiliki kecepatan 1,5 kali lebih cepat daripada gelombang sekunder sehingga gelombang primer datang lebih cepat.

3. Resiko gempa

Peristiwa gempa merupakan suatu peristiwa acak yang tidak dapat diramalkan secara tepat baik waktu, besar dan lokasinya. Analisa kegempaan hanya dapat dilakukan dengan memperkirakan berapa probabilitas terjadinya gempa di suatu daerah dengan intensitas tertentu selama periode ulang tertentu. Probabilitas ini mencerminkan terjadinya resiko gempa. Resiko gempa (R_N) adalah kemungkinan terjadinya suatu gempa dengan intensitas (percepatan, kecepatan, lamanya guncangan) serta perioda ulang rata-rata tertentu, selama suatu masa guna (*lifetime*) bangunan. Dalam analisis resiko gempa dikenal pula resiko tahunan (R_A). Periode ulang rata-rata (T) dari suatu intensitas merupakan perbandingan terbalik dari resiko tahunan.

$$T = \frac{1}{R_A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Resiko yang akan dicari untuk suatu jangka waktu yang pasti biasanya dihubungkan dengan umur bangunan yang ditinjau. Dengan asumsi bahwa resiko-resiko dalam tahun-tahun yang berurutan tidak saling bergantung, maka hubungan antara resiko per tahun (R_A) dan resiko dalam jangka waktu N tahun (R_N) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$R_N = 1 - (1 - R_A)^N \dots\dots\dots (2.2)$$

Berdasarkan besarnya waktu perioda ulang rata-rata ataupun resiko tahunan, *Federation Internationale de la Precontrainte* (FIP, 1977) telah membuat klasifikasi tingkatan beban gempa kedalam tiga kategori, yaitu :

- a. Sedang, dengan waktu ulang rata-rata 10 - 20 tahun.
- b. Kuat, dengan waktu ulang rata-rata 50 - 100 tahun.
- c. Sangat kuat, dengan waktu ulang rata-rata 100 - 500 tahun.

Analisis resiko gempa memerlukan nilai percepatan tanah akibat gempa. Pada analisis resiko gempa apabila lokasi yang ditinjau tidak mempunyai data rekaman gempa,

maka untuk memperkirakan besarnya percepatan maksimum tanah digunakan fungsi atenuasi. Yang dimaksud dengan fungsi atenuasi adalah suatu fungsi yang menggambarkan korelasi antara intensitas gerakan tanah setempat (i) dan *magnitude* (M) serta jarak (R) dari suatu sumber titik dalam daerah sumber. Fungsi atenuasi merupakan alat yang penting dalam implementasi resiko kegempaan dalam perencanaan bangunan tahan gempa. Faktor-faktor yang mempengaruhi fungsi atenuasi adalah sebagai berikut :

- a. **Mekanisme Gempa.** Gempa-gempa besar biasanya terjadi karena pergeseran tiba-tiba lempeng tektonik yang mengakibatkan terlepasnya energi yang sangat besar. Pergeseran lempeng tektonik ini bisa terjadi pada daerah subduction, ataupun pada patahan yang tampak di permukaan bumi. Gempa yang terjadi pada daerah subduction biasanya merupakan gempa dalam yang mempunyai kandungan frekwensi yang berbeda dengan gempa dangkal. Oleh karena itu sebagaimana yang diusulkan oleh Idriss (1991), rumus-rumus atenuasi untuk gempa subduction harus dipisahkan dari gempa strike slip.
- b. **Jarak Episenter.** Respon spektrum dari gempa yang tercatat pada batuan mempunyai bentuk yang berbeda tergantung jarak episenternya (*near, mid* dan *far field*). Jitno et. Al (1995) menyajikan hasil analisis gempa Loma Prieta, yang dilakukan Mohraz (1992), yang memperlihatkan adanya pengaruh jarak episenter terhadap bentuk respon spektra.
- c. **Kondisi Tanah Lokal.** Juga mempunyai peran yang sangat penting dalam menentukan respon suatu daerah terhadap gelombang gempa. Respon gempa yang tiba di batuan dasar bisa diperkuat, diperlemah atau berubah kandungan frekwensinya karena tersaringnya getaran berfrekwensi tinggi.

4. Upaya mengurangi resiko gempa

Alat untuk merekam gempa bumi pertama kali ditemukan di China pada AD 132 oleh Zhang Heng dari dinasti Han yang disebut *Houfeng Didong Yi* yang hanya menggunakan bola-bola yang diletakkan di atas mangkok perunggu pada delapan arah mata angin (<http://en.wikipedia.org>). Hal ini menunjukkan bahwa manusia di masa lalu sudah sadar akan adanya bahaya gempa bumi dan menciptakan instrumentasi untuk memprediksi kejadian gempa, meskipun tentu saja dengan teknologi yang masih sangat sederhana.

Saat ini alat yang banyak digunakan untuk mengetahui lokasi yang pernah/seeding mengalami gempa bumi besar dan untuk mendapatkan data yang akurat tentang letak pusat

gempa bumi (epicentre) adalah Seismometer. Saat ini alat tersebut telah berkembang sangat pesat sehingga gempa bumi mikro dan lemah dengan frekuensi 0,0012 Hz sampai 500 Hz dapat direkam. Apabila kecepatan gelombang primer dan sekunder pada suatu media (tanah) dapat ditentukan dan perbedaan waktu antara datangnya gelombang primer dan sekunder (Δt) maka jarak (radius posisi) sumber gempa bumi (s) dapat dihitung melalui persamaan fisika sederhana, bahwa jarak sama dengan kecepatan dikalikan waktu tempuh. Sebuah alat seismometer hanya bisa menunjukkan satu perbedaan waktu tempuh sehingga untuk mengetahui lebih tepat posisi pusat gempa bumi di permukaan (epicentre) diperlukan sedikitnya tiga alat seismometer.

Melalui perhitungan statistic dapat diketahui kemungkinan terjadinya gempa bumi, p (%) yang memiliki periode ulang rencana tertentu, T (tahun) dalam rentang waktu umum bangunan yang direncanakan, L (tahun), melalui persamaan $p(\%) = (1 - \exp^{-L/T})$ (Kardiyono, 1997; Najoran, 1989). Semakin kecil nilai banding L/T atau dengan kata lain semakin besar periode ulang rencana (T) untuk umum bangunan tertentu (L), akan semakin kecil pula kemungkinan terjadinya gempa bumi dengan periode ulang rencana (T) itu, dan sebaliknya.

Penelitian terhadap kajian gempa bumi berskala nasional telah menghasilkan peta zona gempa nasional yang selalu direvisi dari waktu ke waktu. Tetapi kebutuhan akan peta zona gempa berskala local (mikrozonasi) yang belum banyak dilakukan di daerah. Dengan menggunakan peta zona gempa local maka perencanaan tata bangunan dan lingkungan dapat disusun dan akan akan mendukung kegiatan mitigasi dan pencegahan kerusakan oleh gempa bumi (*earthquake mitigation and prevention*) (Piyosulistyo, 2010). Di Yogyakarta saat ini masih dikembangkan peta zona gempa local yang akan membagi zonasi gempa sampai kepada tingkat kecamatan.

5. Mitigasi keruntuhan bangunan gedung

Gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta menimbulkan dampak yang sangat besar bagi kehidupan masyarakat di kota ini. Lebih dari 200.000 bangunan rumah tinggal masyarakat dan bangunan gedung yang runtuh akibat getaran gempa yang berlangsung selama 57 detik tersebut. Bencana gempa bumi sebenarnya tidak mematikan tetapi runtuhnya sebagian atau keseluruhan struktur bangunan dan kepanikan/kecemasan

masyarakat akibat gempa yang menimbulkan korban jiwa. Kesadaran dan pemahaman masyarakat akan kemungkinan terjadinya bencana dan bagaimana mengelola dan mengatasi bencana tersebut jauh lebih penting. Selain itu dalam rangka upaya mitigasi bencana gempa maka pemerintah, para ahli serta pihak-pihak terkait perlu untuk selalu menetapkan peraturan terbaru yang diterbitkan setelah melalui proses lesson learn dari kejadian gempa sebelumnya. Peraturan tersebut menjadi pedoman bagi setiap perencana struktur dan pelaku dunia konstruksi serta masyarakat umum dalam membangun struktur bangunan tahan gempa.

Selain peraturan penetapan peta gempa sampai kepada mikrozonasi sangatlah penting dilakukan. Saat ini peta gempa nasional Indonesia telah ada dan telah disepakati bersama, tetapi peta gempa local untuk masing-masing daerah belum semuanya ada. Peta zonasi local dapat dipergunakan untuk mempertimbangkan dan menetapkan tata bangunan dan lingkungan. Banyak ahli struktur saat ini hanya menggunakan peta zonasi nasional yang bersifat global karena tidak tersedianya peta zonasi local/mikro (microzoning), sehingga pengaruh frekuensi alami dan factor amplifikasi tanah pada bangunan yang direncanakan tidak diperhitungkan (Priyosulistyo, 2010).

Penyebab kerusakan lain dari bangunan bertingkat adalah adanya tingkat lemah (soft storey) yang umumnya berada pada bangunan paling bawah, dimana gaya gempa lateral terbesar. Seringkali arsitek dengan idealismenya ingin memanfaatkan semaksimal mungkin ruangan di lantai paling bawah untuk fasilitas umum karena kemudahan aksesibilita bagi seluruh pengunjung. Namun jika tingkat atasnya jauh lebih kaku dibandingkan tingkat di bawahnya maka konsentrasi tegangan beralih pada bagian yang paling lemah dan kemungkinan terjadi tingkat lemah besar. Oleh karena itu perlu kompromi antara ahli arsitektur dan ahli struktur bangunan.

Selain itu kurangnya kualitas beton dan material yang digunakan serta tidak sesuainya antara mutu beton yang digunakan saat perencanaan dan saat pelaksanaan menyebabkan kekuatan struktur beton menurun. Kurangnya pemahaman terhadap fungsi tulangan baja pengikat pada kolom (sengkang/begel) juga menjadi penyebab gagalnya struktur beton bertulang. Kualitas beton yang rendah akan menyebabkan tulangan baja tarik tidak bekerja secara maksimal, karena beton akan hancur lebih dini sebelum tulangan baja mengalami leleh. Baja tulangan tertekan akan melekuk lebih dini oleh tidak terpenuhinya

syarat sengkang pengikat minimal. Kreusakan getas ini sangat tidak diinginkan karena dapat menyebabkan kegagalan geseer yang mendadak. Kesalahan pada pendetailan sambungan dan joint balok kolom juga sering mengakibatkan kegagalan struktur.

Pada tahap pengurangan resiko (reduction phase) selain menetapkan peraturan para tenaga ahli di bidang teknik sipil perlu untuk melakukan screening visual secara cepat (*rapid visual screening*) dan juga evaluasi secara mendetail pada bangunan eksisting untuk mengetahui seberapa besar tingkat resiko bangunan tersebut apabila terjadi gempa dan apakah perlu dilakukan perkuatan bangunan sebelum terjadi gempa (*retrofit and strengthening*).

Upaya mitigasi terakhir dan paling penting adalah meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat jika terjadi ancaman gempa. Pemerintah perlu untuk membuat jalur-jalur evakuasi di setiap daerah dan diberi tanda, selain itu setiap bangunan gedung wajib memberi jalur evakuasi jika terjadi kondisi darurat. Alarm peringatan dini tanda bahaya harus diaktifkan dan perlu untuk menetapkan titik kumpul (*meeting point*) untuk memudahkan memobilisasi massa. Drill atau latihan rutin juga perlu dilakukan di gedung-gedung perkantoran, sekolah-sekolah, kampus bahkan untuk penduduk di perumahan. Dan yang terakhir adalah menyiapkan peralatan dan logistic yang diperlukan apabila terjadi bencana.

6. Kesimpulan

Kesimpulan dari makalah ini adalah bahwa :

- a. Mitigasi bencana gempa perlu diterapkan di daerah Yogyakarta karena factor resiko gempa yang tinggi di daerah ini, yaitu adanya patahan oya-opak.
- b. Perlunya peta zonasi gempa local (*microsoning*).
- c. Perlunya penerapan peraturan mengenai struktur bangunan tahan gempa dan ketentuan teknis minimum untuk bangunan public.
- d. Upaya meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat jika terjadi ancaman gempa perlu ditingkatkan.

Daftar Pustaka

Satyarno, I., 2012 “Diktat kuliah Topik Spesial”

Priyosulistyo, H, 2010 “Mitigasi Bencana Gempa Bumi Pada Bangunan Gedung dan Jembatan- Suatu Upaya Mencegah Korban Jiwa”

BNPB, 2011 “Indeks Rawan Bencana Indonesia”

Darjanto, H, 2005, “Analisa Resiko GempaKasus : Proyek Pengeboran Minyak Di Tiaka *Field*”, Neutron, Vol. 5, No. 1