

GEOGRAFI SUMATERA BARAT DAN BENCANA ALAM GEMPA BUMI

Drs. Sutarman Karim, M.Si)*
Dosen dan pegawai universitas Negeri Padang)*

INTISARI

Sumatera Barat merupakan daerah dilalui oleh dua patahan besar akibat pergerakan lempeng tektonik Eurasia dengan Indo-Australia. Tumbukan kedua lempeng tersebut terjadi di wilayah bagian barat Kepulauan Mentawai. Kejadian gempabumi dan letusan gunungapi berasosiasi dengan pergerakan lempeng, seperti gempabumi dan aktifnya gunungapi di Sumatera Barat dan Kerinci Provinsi Jambi. Besaran dan intensitas gempabumi yang terjadi di Sumatera barat sangat tergantung pusat gempa dan kondisi geologisnya. Makalah ini bertujuan mengungkapkan faktor pemicu bencana alam gempabumi di Sumatera Barat yang berasosiasi dengan (1) subduksi, (2) sesar mendatar dan (3) sesar naik.

A. Pendahuluan

Sumatera Barat secara astronomis terletak antar $0^{\circ} 54' \text{ LU} - 3^{\circ} 30' \text{ LS}$ serta antara $98^{\circ} 36' - 102^{\circ} 53' \text{ BT}$. Luas daratan mencapai $42.297,30 \text{ km}^2$ dengan luas perairan $2,59\%$ yang berarti $2,17\%$ dari daratan Indonesia yang luasnya lebih dari 1,9 juta km^2 . Provinsi Sumatera barat diapit oleh 4 provinsi yaitu Sumatera Utara, Jambi, Riau, dan Bengkulu. Provinsi Sumatera Barat yang terdiri dari 18 daerah Tingkat II (Sumatera Barat dalam Angka, 2006).

Topografi daerah Sumatera Barat bervariasi antara datar, bergelombang, dan berbukit-bukit sampai pegunungan dengan ketinggian dari permukaan laut antara 2 m sampai 927 m. Di daerah ini terdapat 18 buah gunung, diantaranya terdapat gunungapi yang masih aktif yaitu gunung Merapi, Tandikat, dan Talang. Terdapat sebanyak 256 sungai besar/kecil yang mengalir pada daerah ini.

Dilihat secara geologis Sumatera Barat diapit oleh dua jalur gempa, karena Sumatera Barat terletak pada salah satu daerah pertemuan dua lempeng tektonik (zona subduksi lempeng) yang terletak di laut sebelah Barat Kepulauan Mentawai dan zona patahan Sumatera yang terletak di sepanjang Bukit Barisan (Danny, 2005).

*) *Dosen Jurusan Geografi FIS Universitas Negeri Padang*

*) *Disampaikan pada Seminar Bencana Alam Tanggal 5 Februari 2011 di Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Padang*

NO. INVENTARIS :	551.220	953 8	tan g. 1
NO. INVENTARIS :	68 (Hd)	2011-9.1	
NO. INVENTARIS :	K1		
NO. INVENTARIS :	Hd		1
NO. INVENTARIS :	10-2-2011		
Earthquakes - Sumbar			

Sumatera Barat selain terletak pada daerah perbukitan, tetapi juga terletak berhadapan langsung dengan lautan Hindia yang dicirikan gelombang laut yang besar dan abrasi yang tinggi dengan panjang garis pantai 375 km. Daerah Tingkat II yang berhadapan langsung dengan laut yaitu Kab. Pesisir Selatan, Kab. Padang Pariaman, Kab. Pasaman Barat, Kab. Mentawai, Kota Padang dan Kota Pariaman yang umumnya mempunyai jumlah penduduk padat dan bermukim sepanjang pantai.

Curah hujan di Sumatera Barat cukup tinggi, data dari beberapa stasiun pengamat menunjukkan jumlah curah hujan setahun berkisar antara 1785 mm dan 5615 mm. Jumlah hari hujan 198 hari dalam setahun. Fenomena ini akan berkaitan dengan besar bencana banjir dan longsor lahan di Sumatera Barat. Jumlah penduduk Sumatera Barat pada akhir tahun 1998 mencapai 3 991 092 jiwa dengan kepadatan 94 jiwa per km, laju pertumbuhan penduduk 1,90%. Berdasarkan komposisi penduduk, Sumatera Barat dicirikan penduduk muda artinya penduduk di bawah umur 15 tahun cukup besar 42,44%. Secara total penduduk laki-laki lebih sedikit dari pada penduduk perempuan dengan sex ratio 94. Penduduk tersebut umumnya bermata pencarian sebagai petani dan nelayan (Sumatera Barat dalam Angka, 2006).

Berdasarkan kondisi geografis Sumatera Barat di atas, maka daerah Sumatera Barat, merupakan daerah paling rawan dengan bencana alam, baik yang disebabkan oleh tenaga eksogen seperti gerakan massa batuan (*mass movement*) seperti, longsor lahan, rayapan tanah, lumpur mengalir, batuan yang berguling, batu yang jatuh serta banjir dan arus/gelombang laut dengan abrasi pantai. Hal ini akan diperparah lagi jika dipicu dengan topografi yang kasar, curah hujan yang tinggi dan getaran gempa bumi serta penduduk padat yang kesadaran lingkungannya masih kurang. Bencana alam yang disebabkan oleh tenaga endogen seperti tektonik, vulkanisma dan seisme. Semua fenomena alam di atas akan memicu meningkatnya intensitas bencana alam di Sumatera Barat.

Luasnya ruang lingkup bencana alam di Sumatera Barat, maka dalam makalah ini akan dibicarakan hanya kondisi geografis dan bencana alam gempa bumi di Sumatera Barat, sesuai dengan topik pembicaraan kita. Gempa bumi merupakan bencana alam menyeluruh, artinya bencana alam gempa bumi akan mengancam seluruh daerah di Sumatera Barat, baik daerah yang terletak di pantai, maupun di perbukitan. Hal ini yang menyebabkan pemerintah sangat antusias memasukan bencana alam ke dalam kurikulum mulai dari Tingkat SD sampai ke Tingkat SLTA di Sumatera Barat.

B. Kondisi Geologis Sumatera Barat

Dilihat secara geologis Sumatera Barat diapit oleh dua jalur gempa, karena Sumatera Barat terletak pada salah satu daerah pertemuan dua lempeng tektonik (zona subduksi lempeng) yang terletak di laut sebelah Barat Kepulauan Mentawai dan zona patahan Sumatera yang terletak di sepanjang Bukit Barisan (Danny, 2005).



1. Pertemuan Dua Lempeng Tektonik

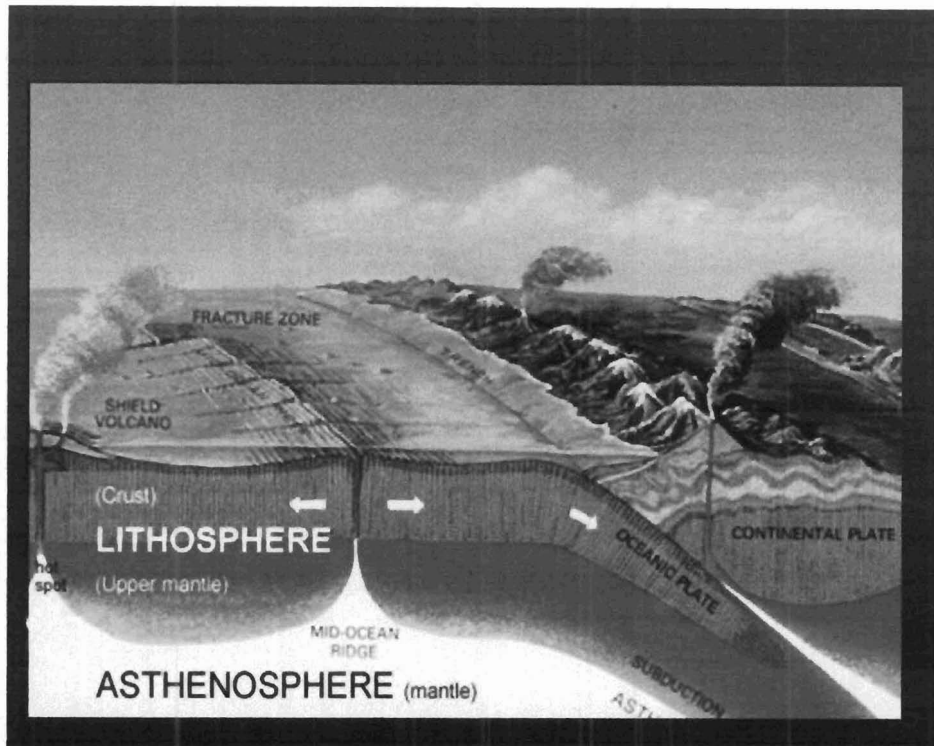
Menurut Sutikno (2001) teori tektonik lempeng muncul sebagai perkembangan lebih lanjut dari teori apungan benua menyebutkan bahwa bumi ini semula terdiri dari satu benua raksasa, kemudian saling memisah. Banyak bukti bahwa benua-benua yang ada sekarang ini dulunya gandeng, kemudian memisah satu sama lainnya. Proses pemisahan tersebut belum dapat terungkap mekanisme dalam teori apungan benua, baru dengan teori lempeng tektonik mekanisme pemisahan antar benua tersebut dapat dipahami. Teori lempeng tektonik didasari oleh fakta bahwa bumi itu terdiri dari beberapa lapisan yang mempunyai sifat fisik dan plastisitasnya berbeda, yaitu kerak bumi, kulit bumi dan inti bumi. Kerak dan kulit bumi bersifat tegar, sedangkan inti bumi bagian atas bersifat panas dan lunak (*viscous*) yang disebut dengan astenosfer atau akar pegunungan. Kerak bumi dan kulit bumi yang tegar tersebut mengapung pada astenosfer yang lunak dan panas; kulit bumi dan kerak bumi yang tegar dan tersusun oleh berbagai batuan tersebut pecah/retak menjadi fragmen raksasa yang disebut dengan **lempeng tektonik**.

Menurut Natural Disaster (2007) lapisan terluar bumi terbuat dari suatu lempengan tipis dan keras yang masing-masing saling bergerak relatif terhadap yang lain. Gerakan ini terjadi secara terus menerus sejak bumi ini tercipta hingga sekarang. Teori lempeng tektonik muncul sejak tahun 1960-an, dan hingga kini teori ini telah berhasil menjelaskan berbagai peristiwa geologi, seperti gempa bumi, tsunami, dan meletusnya gunungapi, juga tentang bagaimana terbentuknya gunung, benua dan samudera. Lempeng tektonik terbentuk oleh kerak benua (*continental crust*) atau kerak samudera (*oceanic crust*), dan lapisan batuan teratas dari mantel bumi (*Earth's mantle*).

Kerak benua dan kerak samudera, berserta lapisan teratas mantel ini dinamakan litosfer. Kepadatan material pada kerak samudera lebih tinggi dibandingkan kepadatan pada kerak bumi. Demikian pula elemen-elemen zat pada kerak samudera (*mafik*) lebih berat dibandingkan elemen-elemen pada kerak benua (*felsik*). Di bawah litosfer terdapat lapisan batuan cair yang dinamakan Astenosfer, karena suhu dan tekanan di lapisan astenosfer ini sangat tinggi, batu-batuan di lapisan bergerak mengalir seperti cairan (*fluit*).

Ketika suatu lempeng samudera menujam ke bawah lempeng benua, lempeng ini masuk ke lapisan astenosfer (Gambar. 2) yang suhunya lebih tinggi, kemudian meleleh. Pada lapisan litosfer tepat di atasnya, terbentuklah deretan gunungapi (*Volcanic mountain range*), sementara di dasar laut tepat dibagian terjadi penujaman, terbentuknya parit samudera (*oceanic trench*).

Indonesia berada di dekat batas lempeng tektonik Eurasia dan Indo-Australia, jenis batas antara kedua lempeng ini disebut dengan gerakan konvergen. Australia adalah lempeng yang menujam ke bawah lempeng Eurasi. Akibatnya pergerakan lempeng tersebut di Sumatera Barat terbentuknya deretan gunungapi di Bukit Barisan dan parit samudera (Subduksi) di sebelah Barat Kepulauan Mentawai. Lempeng tektonik terus bergerak, satu saat gerakannya mengalami gesekan atau benturan yang cukup keras. Bila itu terjadi timbullah gempa dan tsunami dan meningkatnya kenaikan magma ke permukaan. Jadi tidak heran bila terjadi gempa yang bersumber dari dasar laut Samudera Hindia, yang seringkali diikuti tsunami, aktivitas gunung berapi di sepanjang pulau Sumatera, juga turut meningkat.



Sumber:

Litosfer terpecah ke dalam beberapa lempeng tektonik yang ada di bumi, berdasarkan arah pergerakannya, perbatasan lempeng tektonik yang satu dengan lainnya (*plate boundaries*) terbagi dalam 3 jenis, divergen, konvergen dan transform. Selain tiga gerakan di atas ada jenis lain yang cukup kompleks namun jarang, yaitu pertemuan simpang tiga (*triple junction*) dimana tiga lempeng kerak bertemu.

Gempa bumi terjadi diawali dengan akumulasi stress di sekitar batas lempeng, sehingga aktivitas gempa banyak disini. Walaupun konsentrasi akumulasi stress akibat tabrakan lempeng berada di sekitar batas lempeng, akibatnya bias jauh sampai beberapa ratus kilometer dari batas lempeng, karena ada pelimpahan stress kerak bumi, sehingga ada daerah aktif gempa di luar daerah pertemuan lempeng. Kasus sesar sumatera umpamanya adalah sesar yang dibentuk oleh pelimpahan stress tabrakan lempeng Indo-Australia dengan Eurasia dengan sudut tabrakan miring terhadap garis batas. Kemiringan ini menyebabkan timbulnya sesar Sumatran dimana konsentrasi akumulasi stress atau pusat-pusat gempa di daerah ini. Berdasarkan pergerakan lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasi, maka sebelah Barat Pulau Sumatera terpecah-pecah menjadi beberapa segmen.

Menurut ahli gempa dari Pusat Penelitian Geoteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Hilman, Natawijaya (2005), ada tujuh segmen pusat

gempa bumi besar di Zona Subduksi Barat Sumatera yaitu: (1) Aceh-Andaman, (2) Simeulu, (3) Nias, (4) Kepulauan Batu, (5) Siberut, (6) Sipora-Pagai dan (7) Enggano. Masing-masing segmen dapat menimbulkan gempa besar di atas 7 SR yang selalu berulang dalam jangka 100 hingga 300 tahun. Segmen mirip wilayah di lapisan bumi tempat terjadinya gempa. Misalnya daerah Siberut adalah daerah pertemuan lempeng Samudera dan lempeng Benua di bawah pulau Siberut yang lebih luas dari Pulau Siberut itu sendiri. Biasanya gempa besar terjadi di Segmen ini. Namun dua segmen bisa mengalami gempa sekaligus, sehingga kekuatan gempanya lebih dahsyat. Gempa yang menyebabkan tsunami di Aceh pada 26 Desember 2004 dengan kekuatan 9 magnitudo bersumber di segmen Andaman sekaligus segmen Simeulue. Gempa besar segmen ini yang disusul tsunami juga pernah terjadi 300 tahun silam. Gempa besar di segmen Simeulue terakhir terjadi pada tahun 2002 dengan kekuatan 7 Magnitudo tetapi gempa ini tidak menimbulkan tsunami.

Gempa di segmen Nias pada tanggal 28 Maret 2005 luasnya hingga ke segmen Kepulauan Batu. Gempa dengan kekuatan 8,7 Magnitudo tidak menimbulkan tsunami. Gempa di segmen Nias terakhir terjadi pada tahun 1907 (hampir 100 tahun silam). Sebelumnya segmen Nias pernah mendatangkan gempa dahsyat 8,5 Magnitudo pada Februari 1861 (46 tahun sebelumnya). Gempa ini menyebabkan tsunami yang menelan ribuan orang korban.

Segmen kepulauan Batu sebelum mengalami gempa besar yang sama dengan Nias pada 28 Maret 2005 pada 70 tahun silam, yaitu pada tahun 1935 dengan kekuatan 7,7 Magnitudo. Segmen Siberut terakhir mengalami gempa besar pada tahun 1797 dengan kekuatan 8,3 Magnitudo. Gempa besar ini juga sekaligus terjadi di segmen Sipora. Gempa ini menyebabkan tsunami setinggi 10 meter yang menghantam daerah-daerah pesisir Sumatera Barat, Bengkulu, hingga ke Sibolga. Di Padang berdasarkan catatan sejarah Belanda, tsunami mencapai 10 meter.

Segmen Enggano mengalami gempa besar terakhir pada tahun 2000 dengan kekuatan 7,8 Magnitudo. Gempa ini tidak menimbulkan tsunami, namun merubuhkan rumah-rumah penduduk, terutama di Kota Bengkulu dan menewaskan ratusan korban.

Selanjut menurut Hilman gempa besar yang kadangkala disusul tsunami akan selalu terjadi di tujuh segmen ini dalam periode 100 hingga 300 tahun. Gempa besar ini disebabkan oleh tekanan yang dilakukan lempeng Samudera ke lempeng Benua sehingga permukaan bumi tempat pulau-pulau di sepanjang Barat Sumatera bergerak 5 hingga 6 cm setiap tahunnya.

2. Dilalui Patahan Semangko (Zona Patahan Sumatera)

Zona Patahan Sumatera menghasilkan gempa besar yang juga menelan banyak korban, seperti Padang Panjang, Bukittinggi dan Kerinci adalah tiga daerah yang termasuk dalam zona ini yang selalu mendapat giliran dilanda gempa besar. Padang Panjang pada tahun 1926 pernah dilanda gempa besar 6,7 SR yang merontokan hampir seluruh rumah, Bukittinggi pada tahun 1943 dengan kekuatan 7,3 SR, Kerinci dilanda gempa besar pada tahun 1995 dengan 7,0 SR. Gempa besar juga pernah melanda Kerinci 86 tahun sebelumnya yaitu 1909 dengan 7,6 SR.

Menurut sejarah geologi bahwa masa Plistosin di Indonesia yang ditandai oleh gejala pembentukan pegunungan yang kuat. Di Sumatera pada kala Plistosin Bawah ditandai oleh gerak-gerak mendatar yang bersifat dextral dan meliputi seluruh bagian memanjang Pulau Sumatera. Di Sepanjang poros Pulau Sumatera, membentang suatu jalur sesar, dimulai dari Aceh di utara dan berakhir di Teluk Semangko di Lampung dengan panjang 1650 Km. Gejala tektonik ini telah banyak menarik perhatian para ahli sejak lama. Pola sesar ini yang kemudian dikenal sebagai "*Semangko Zone*" yang dianggap sebagai bangun (struktur) graben atau lurah besar ((Asikin, 1976)

Philippi (1917), Van ES (1919) dan Rutten (1927) menggambarkan struktur tersebut mulai dari Aceh sampai Teluk Semangko yang kesemuanya didasarkan kepada bentuk topografi yang berupa lembah-lembah yang sempit, dalam dan memanjang. Rutten bahkan menghubungkannya dengan lurah-lurah dan danau-danau yang dalam.

Di Sumatera Utara jalur ini banyak yang berbentuk lurah, sedang Sumatera Tengah berupa cekungan-cekungan yang arahnya sejajar dengan poros Pulau Sumatera (D. Singkarak). Di Sumatera Selatan terutama terbentuk cekungan-cekungan berair yang dibatasi oleh bidang-bidang sesar dan daerah yang berawarawa.

Van Bemmelen sebagai orang pertama yang memberikan gejala ini secara detail telah memberi nama "*Semangko Fault Zone*". Kemudian menyusul Westerveld (1953) memberikan penjelasan tentang hubungan antara erupsi tufabatuapung yang sama dengan sesar tersebut, mengusulkan nama "*The Great Sumatran Fault Trough System*". Kedua ahli ini sependapat bahwa sistem sesar tersebut merupakan suatu graben.

Katili dan Hehuwat (1967) mempelajari sifat-sifat dari sesar ini secara lebih detail lagi, dan mendapatkan banyak alasan serta bukti-bukti yang memperlihatkan bahwa jalur sesar Semangko pada banyak bagian telah mengalami gerak-gerak mendatar pada waktu-waktu terakhir. Alasan-alasan dan bukti-bukti yang dikemukakan antara lain:

- a. Bentuknya yang lurus menyolok dan dapat diamati sepanjang hampir 500 Km di Sumatera Utara. Bentuk sesar demikian umumnya sangat khas untuk suatu sesar dengan pergeserannya utama mendatar.
- b. Di beberapa tempat di Sumatera Tengah dan Sumatera Selatan terlihat dengan jelas adanya pergeseran-pergeseran pada arah sungai mengkanan (*dextral*)
- c. Dari penyebaran batuan sepanjang daerah sesar, kedudukan dari pada batuan yang digeser memperlihatkan pergerakan ke kanan sebanyak hampir 20-25 km
- d. Pergeseran mendatar juga dapat diamati setelah terjadinya gempa tektonik di dataran tinggi Padang.

Menurut Fauzi (2006) berdasarkan tinjauan pustaka, daerah-daerah yang terletak antara antara Bukittinggi dan Solok dilalui oleh Sistem Sesar Sumatera. Sistem sesar pada daerah tersebut dapat dibagi menjadi dua segmen yaitu Segmen Sumani dan Segmen Sianok. Berikut ini akan dibahas karakteristik masing-masing segmen tersebut.

a. Segmen Sumani

Segmen Sumani terletak pada posisi $1,0^{\circ}\text{S}$ s/d $0,5^{\circ}\text{S}$. Panjang segmen ini adalah 60 km dan merentang dari daerah vulkanik Danau Diatas sampai arah baratdaya Danau Singkarak. Dua pasang sesar *oblique normal* membentuk topografi sangat curam dengan ketinggian 400 m dari permukaan danau. Struktur sesar di segmen Sumani lebih menyerupai graben daripada kaldera vulkanik dan dapat diamati di lapangan berupa bukit linier setinggi 10-30 m, membentang dari ujung selatan Danau Singkarak ke arah selatan melewati sebelah baratdaya kota Solok.

Jalur sesar ini dapat terus diikuti ke arah selatan berupa bukit linier yang terputus-putus, kelurusan sungai/lembah ataupun pembentukan pola aliran sungai. Ujung selatan dari segmen ini berupa zona “*transtensional (pull-apart)*” yang besar ditandai dengan kemunculan Danau Dibawah dan Danau Diatas, sebagai akibat gaya tarikan tektonik pada tiap-tiap kejadian gempabumi.

Sepanjang tercatat dalam sejarah, di segmen Sumani pernah terjadi dua gempabumi besar yaitu tahun 1926 ($M_s \sim 7$) dan tahun 1943 ($M_s = 7,6$).

Natawidjaja,dkk., (1995) menyatakan bahwa ada fenomena alam yang sangat menarik antara gempabumi tahun 1926 dan 1943 yaitu kedua-duanya mempunyai dua kali kejadian gempabumi utama atau "*double main shocks*". Gempabumi tahun 1926 mempunyai rekaman seismik dan informasi paling lengkap tercatat terjadi dalam dua kali gempa utama, pertama terjadi pukul 10.04 pagi tanggal 4 Agustus 1926 dan kedua terjadi sekitar 3 jam setelah gempa pertama yaitu pukul 12.57 siang hari. Gempabumi pertama tercatat mempunyai $M_s=6,75$ dan gempa kedua mempunyai $M_s=6,5$ (Untung, dkk., 1985).

Kedua gempabumi tahun 1926 dan 1943 ini terlihat jelas perbedaan letak titik pusatnya. Natawidjaja,dkk., (1995) menyatakan bahwa gempabumi tahun 1926 melibatkan segmen Sianok sedangkan gempabumi tahun 1943 melibatkan segmen Sumani. Hal ini jelas ditunjukkan oleh pola distribusi intensitas gempabumi yang menunjukkan intensitas maksimal gempabumi tahun 1926 di daerah Padang Panjang, sedangkan gempabumi tahun 1943 di daerah Alahan Panjang. Gempa pertama tahun 1926 melibatkan segmen sesar Sumani dengan letak episenter di sekitar Danau Singkarak-Solok. Gempa kedua tahun 1926 melibatkan segmen Sianok dengan episenter di sekitar Padang Panjang. Kejadian gempabumi tahun 1943, gempa kedua melibatkan segmen Sumani dengan letak episenter diduga di daerah Alahan Panjang. Gempa kedua terjadi 7 jam lebih dulu dari gempa pertama dan mempunyai episenter jauh di sebelah selatan. Untung, dkk., (1985) memperkirakan bahwa letak episenter gempa pertama tahun 1943 adalah sekitar 200 km sebelah selatan dari Alahan Panjang.

Kerusakan segmen Sumani diakibatkan oleh gempa kedua dari dua gempabumi besar $M_s =7,4$ pada tanggal 9 Juni 1943. Intensitas kuat mengindikasikan bahwa ujung sesar arah baratdaya terekahkan di dekat danau (Untung,dkk, 1985) menyimpulkan bahwa *offset lateral*-menganan sampai 2 m terbentuk dekat kota Solok, tetapi Natawidjaja, dkk., (1995) hanya dapat menverifikasi offset sampai 1m. Analisis data geodesi mendukung *dextral slip* sebesar ~1 m. Intensitas tinggi didekat Danau Dibawah dan Danau Diatas menemukan bahwa bagian segmen arah tenggara terekahkan dan berakhir di segmen Suliti sebelah baratdaya.

Gempa pertama dari dua gempabumi besar pada tanggal 4 Agustus 1926 dirasakan sangat keras pada zona di sepanjang segmen Sumani. Gempabumi lain pada tanggal 1 Oktober 1822 dirasakan sangat keras antara Gunung Merapi dan Gunung Talang. Gempabumi ini mungkin yang menyebabkan terbentuknya rekahan dari

segmen Sumani. Genrich, dkk., (2000) menunjukkan akumulasi regangan di segmen Sumani selama awal sampai pertengahan tahun 1990 konsisten dengan dextral slip sebesar 23 ± 5 mm/tahun.

c. Segmen Sianok

Segmen Sianok terletak pada posisi $0,7^{\circ}\text{S}$ s/d $0,1^{\circ}\text{N}$. Panjang segmen ini adalah 90 km dan merentang dari tepi Danau Singkarak sampai katulistiwa dengan lebar 10 km didekat baratdaya Gunung Merapi dan 18 km di Danau Singkarak. Segmen sesar Sianok dapat dengan mudah diikuti dari fotoudara dan peta tofografi berupa struktur kelurusan yang tegar membentang dari daerah Kumpulan-Bonjol sampai ke ujung utara Danau Singkarak.

Di daerah antara antara Bukit Tinggi dan Danau Maninjau jalur sesar ini membentang mengiris lapisan horizontal yaitu tebal dari Tufa Maninjau. Penampakan morfologi yang umum dijumpai adalah kelurusan dari lembah dalam hasil torehan sungai yang bica mencapai 100 m atau lebih, termasuk lembah Sianok yang terkenal.

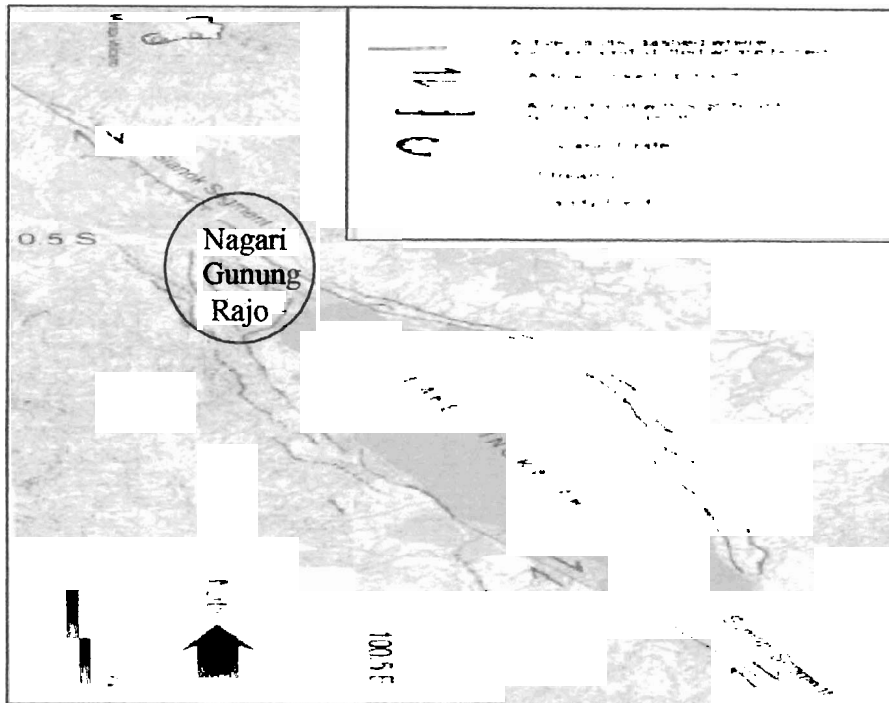
Di lembah Sianok sesar aktif ini tepat melewati Desa Koto Gadang dan Desa Jambak. Patahan aktif pada tanah dataran kadang bisa diamati di lapangan berupa punggung/undak tanah yang memanjang setinggi beberapa meter, meskipun morfologi sesar ini agak sukar dikenali akibat aktifitas manusia. Di ujung utara segmen Sianok (tepatnya disekitar desas Sipisang-Bonjol) garis sesar terputus membentuk satu struktur “transtensional/step over” yang memisahkan segmen ini dengan segmen sesar di utaranya.

Segmen sesar Sianok menerus kearah selatan melewati bagian timurlaut kota Padang Panjang kemudian menoreh endapan breksi dan lava Gunung Merapi di kaki lereng sebelah baratdayanya. Lebih ke selatan lagi yaitu utara Danau Singkarak terlihat ada satu pola diskontinuitas/segmentasi ditandai dengan percabangan sesar untuk kemudian berhenti ditepi utara Danau Singkarak. Natawidjaya, dkk., (1995) beranggapan bahwa Danau Singkarak terbentuk akibat mekanisme amblesan yang diakibatkan oleh pergerakan sesar aktif sesar Sumatera. Tipe struktur yang mengontrol bentuk Danau Singkarak ini, berdasarkan geometrinya yang berbentuk oval diantara dua segmen sesar yang lurus, kemungkinan merupakan “*negative flower structures*” yang lazim dijumpai di segmen sesar Sumatera atau sistim sesar geser di dunia.

Sepanjang tercatat dalam sejarah di segmen Sianok pernah terjadi dua gempabumi besar yaitu tahun 1822 ($M_s \sim 7$) dan tahun 1926 ($M_s \sim 7$). Gempa kedua dari dua gempabumi besar pada tanggal 4 Agustus 1926 dirasakan sangat besar sepanjang arah tenggara dari segmen Sianok. Hal ini konsisten dengan pengamatan Visher (1927) dalam Sieh and Natawidjaja (2000) dimana sesar terekahkan antara Bukittinggi dan Singkarak. Genrich, dkk., (2000) menunjukkan akumulasi regangan di segmen Sianok selama awal sampai pertengahan tahun 1990 konsisten dengan dextral slip sebesar 23 ± 3 mm/tahun.

Batas antara segmen Sumani dan Sianok dekat graben Singkarak diperlihatkan pada Gambar 3. Lokasi terparah pada kejadian gempabumi tanggal 16 Februari 2004 dan 6 Maret 2007 adalah desa Gunung Rajo terletak pada ujung utara segmen Sumani dan Desa Pitalah terletak pada ujung selatan segmen Sianok. pada tanah dataran kadang bisa diamati di lapangan berupa punggungan/undak tanah yang memanjang setinggi beberapa meter, meskipun morfologi sesar ini agak sukar dikenali akibat aktifitas manusia. Di ujung utara segmen Sianok (tepatnya disekitar desor Sipisang-Bonjol) garis sesar terputus membentuk satu struktur “transtensional/step over” yang memisahkan segmen ini dengan segmen sesar di utaranya.

Segmen sesar Sianok menerus ke arah selatan melewati bagian timurlaut kota Padang Panjang kemudian menoreh endapan breksi dan lava Gunung Merapi di kaki lereng sebelah baratdayanya. Lebih ke selatan lagi yaitu utara Danau Singkarak terlihat ada satu pola diskontinuitas/segmentasi ditandai dengan percabangan sesar untuk kemudian berhenti ditepi utara Danau Singkarak. Natawidjaya, dkk., (1995) beranggapan bahwa Danau Singkarak terbentuk akibat mekanisme amblesan yang diakibatkan oleh pergerakan sesar aktif sesar Sumatera. Tipe struktur yang mengontrol bentuk Danau Singkarak ini, berdasarkan geometrinya yang berbentuk oval diantara dua segmen sesar yang lurus, kemungkinan merupakan “*negative flower structures*” yang lazim dijumpai di segmen sesar Sumatera atau sistim sesar geser di dunia.



Gambar 3. Peta segmen Sumani dan Sianok dekat graben Singkarak (*Sumber: Sieh and Natawidjaya, 2000*)

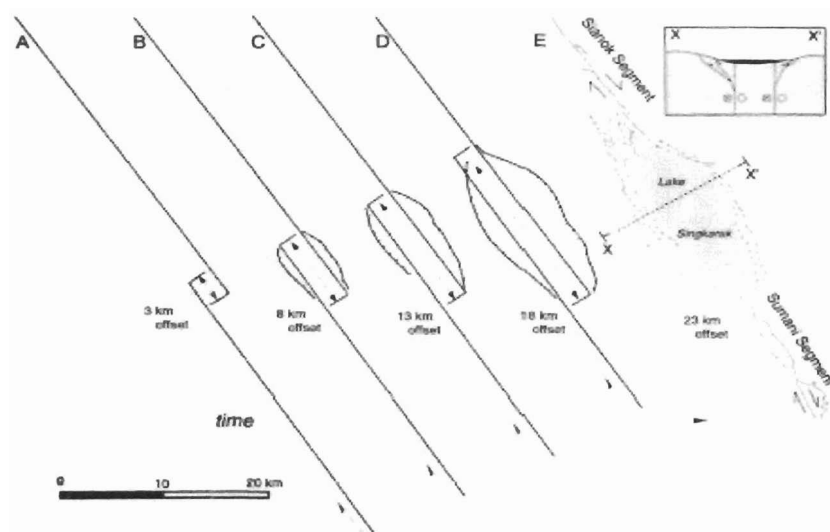
Sepanjang tercatat dalam sejarah di segmen Sianok pernah terjadi dua gempa bumi besar yaitu tahun 1822 ($M_s \sim 7$) dan tahun 1926 ($M_s \sim 7$). Gempa kedua dari dua gempa bumi besar pada tanggal 4 Agustus 1926 dirasakan sangat besar sepanjang arah tenggara dari segmen Sianok. Hal ini konsisten dengan pengamatan Visser (1927) dalam Sieh and Natawidjaya (2000) dimana sesar terekahkan antara Bukittinggi dan Singkarak. Genrich, dkk, (2000) menunjukkan akumulasi regangan di segmen Sianok selama awal sampai pertengahan tahun 1990 konsisten dengan dextral slip sebesar 23 ± 3 mm/tahun.

c. Laju Slip Sesar di Segmen Sumani dan Sianok

Salah satu parameter utama sesar aktif adalah laju pergerakan relatif antara dua blok yang dipisahkan sesar tersebut atau dikenal dengan nama laju slip. Sangat umum dijumpai di daerah Sumatera bahwa besaran laju slip bisa ditentukan dari besarnya pergeseran atau perpindahan (*offset*) sungai yang melewati garis-garis tersebut. Di wilayah tutupan endapan Tufa Maninjau antara Bukit Tinggi dan Danau Maninjau terdapat indikasi yang sangat baik dari perpindahan aliran sungai sebesar 700 m. Hasil penentuan umur radiometrik mengindikasikan umurnya sekitar 60.000 tahun.

Berdasarkan data-data ini diperoleh laju slip adalah 12 mm/tahun di segmen Sianok (Natawidjaya, dkk.,1995).

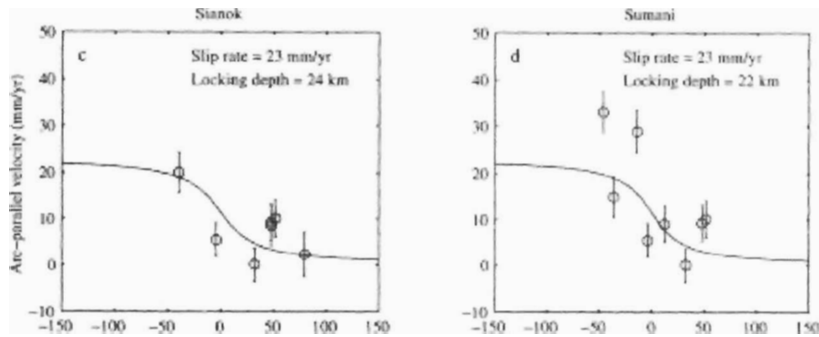
Hipotesis tentang evolusi graben Singkarak telah diusulkan oleh Sieh and Natawidjaya (2000) seperti diperlihatkan pada Gambar 4



Gambar. 4. Sebuah hipotesis tentang evolusi graben Singkarak merepresentasikan offset total dari Segmen Sumani dan Sianok (*Sumber: Sieh and Natawidjaya, 2000*)

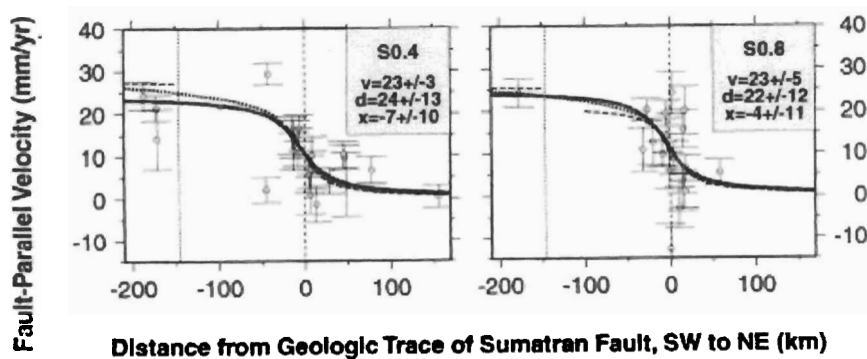
Bellier and Sebrier (1994) mengatakan bahwa dominasi batuan vulkano berumur Plio-Pleistosen pada graben Singkarak mengindikasikan bahwa graben berumur kurang dari 1000 tahun. Bila panjang offset total pada dua garis segmen strike-slip saat ini adalah adalah ~23 km maka laju slip sesar di segmen Singkarak adalah 23 mm/tahun. Hasil ini konsisten dengan pengukuran GPS dan sejarah triangulasi di segmen tersebut.

Prawirodirdjo, dkk., (2000) telah menurunkan laju slip dari data GPS dan triangulasi di sepanjang segmen Sumani dan Sianok dan hasilnya diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Komponen laju slip di segmen Sumani dan Sianok diturunkan dari data triangulasi dan GPS (*Sumber : Prawirodirdjo, dkk., 2000*)

Berdasarkan Gambar. 5. dapat disimpulkan bahwa laju slip di segmen Sumani dan Sianok adalah adalah 23 mm/tahun dengan asumsi kedalaman sesar adalah 24 km di segmen Sianok dan 22 km di segmen Sumani. Selanjutnya Genrich, dkk., (2000) melaporkan hasil estimasi laju slip dan kedalaman sesar di segmen Sumani dan Sianok berdasarkan pemodelan dislokasi elastik dari data GPS dan triangulasi, hasilnya diperlihatkan pada Gambar 6



Gambar 6 Penampang laju slip, kedalaman dan jarak-ortogonal sesar di segmen Sumani dan segmen Sianok (*Sumber : Genrich, dkk., 2000, Kode S0.4 dan S0.8 melambangkan segmen Sumani dan Sianok*)

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, maka peneliti utama membuat kesimpulan tentang parameter-parameter sesar dan laju slip di Segmen Sumani dan Sianok seperti ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Untuk memudahkan pembuatan algoritma dan pemrograman, laju slip sesar dalam penelitian ini diasumsikan sama ke segala arah.

Tabel 1. Parameter-parameter sesar di segmen Sumani.

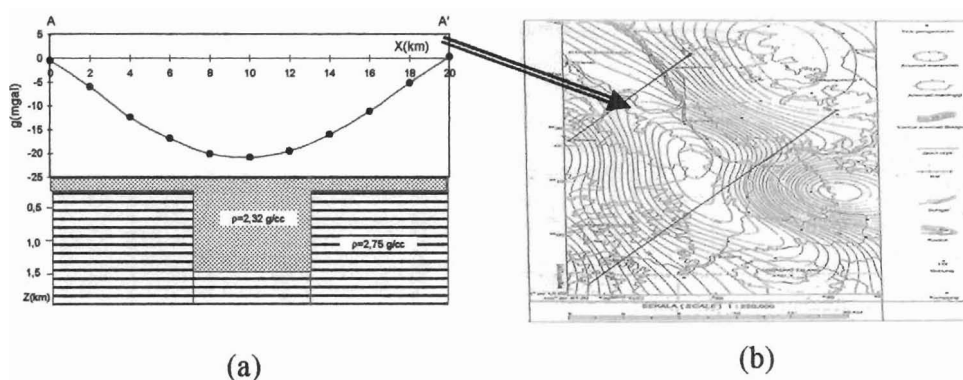
Parameter sesar	L (km)	W (km)	δ (°)	D (km)	u_1 (mm/thn)	u_2 (mm/thn)	u_3 (mm/thn)
<i>Strike-slip</i>	60	?	90	22±12	23±5	0	0
<i>Dip-slip</i>	60	?	90	22±12	0	23±5	0
<i>Tensile</i>	60	?	90	22±12	0	0	23±5
<i>Oblique-slip</i>	60	?	90	22±12	23±5	23±5	0

Tabel 2. Parameter-parameter sesar di segmen Sianok.

Parameter sesar	L (km)	W (km)	δ (°)	D (km)	u_1 (mm/thn)	u_2 (mm/thn)	u_3 (mm/thn)
<i>Strike-slip</i>	90	10-18	90	24±13	23±3	0	0
<i>Dip-slip</i>	90	10-18	90	24±13	0	23±3	0
<i>Tensile</i>	90	10-18	90	24±13	0	0	23±3
<i>Oblique-slip</i>	90	10-18	90	24±13	23±3	23±3	0

E. Studi Gayaberat untuk Memodelkan Struktur Sesar di Segmen Singkarak

Fauzi, dkk (2000) telah memodelkan struktur sesar yang memotong Nagari Rawang dan Parak Gadang di segmen Singkarak berdasarkan data anomali gayaberat 2D dan hasilnya diperlihatkan pada Gambar 6



Gambar 6. (a) Penampang A-A' antara Nagari Rawang dan Parak Gadang dekat Nagari Sumani yang memotong jalur sesar di Segmen Sumani, dan (b) adalah peta anomali Bouguer lembar Solok (Sumber : Fauzi, dkk., 2000)

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa daerah-daerah yang terletak pada pada bidang sesar akan mengalami resiko kerusakan tertinggi. Ini dibuktikan pada kejadian gempa bumi tanggal 6 Maret 2007 dimana Nagari Sumani termasuk salah satu daerah yang mengalami kerusakan parah di Kodya Solok.

C. Penutup

Sumatera Barat mempunyai tingkat kerawanan bencana alam tinggi, karena letaknya di lalui oleh dua patahan besar, beriklim tropis basah, mempunyai garis pantai yang panjang, dan relief yang kasar. Gempabumi dan tsunami merupakan salah satu bencana alam yang sangat ditakuti oleh penduduk, selain bencana alam seperti longsor, banjir, abrasi pantai dan letusan gunungapi.

Sumber gempa bumi di Sumatera Barat di wilayah pertemuan lempeng Eurasia dengan Indo-Australia (subduksi) di bagian barat Kepulauan Mentawai dan wilayah sepanjang patahan Semangko. Wilayah Sumatera Barat sangat aktif bencana gempa bumi atas dasarnya terbagi atas tiga yaitu: (1) gempa bumi yang berasosiasi dengan subduksi, (2) gempa yang berasosiasi dengan struktur sesar mendatar dan (3) gempa yang berasosiasi dengan sesar naik. Wilayah episentrum gempa di Sumatera Barat terbagi dalam segmen-segmen yaitu di laut segmen Siberut dan segmen Sipora, sedangkan di darat segmen Sumani, dan segmen Sianok. Kedua wilayah ini merupakan pusat sumber kejadian gempa bumi di Sumatera Barat.

DAFTAR PUSTAKA

MILIT. ESTAKOOR
UNIV. NEGERI PADANG

tan
g:1

- Barnes, D.F., 1966, *Gravity changes during the Alaska earthquake*, J.Geophys.Res., 71, p.451-456
- Bemmelen, R.W. van. 1949, *The Geology of Indonesia*, Martinus Nijhoff the Hague.
- Fauzi, A., dan Syafriani, 2005, Penerapan metode gayaberat-mikro 4D untuk mendeteksi pergerakan sesar di Segmen Singkarak, Laporan Akhir , PRSD-MIPA, RISTEK.
- Fauzi, A., Kadir, WGA., Dahrin, D., dan Santoso, J., 2000, *Dekonvolusi Gayaberat 2-D untuk Menafsirkan Kedalaman Sesar di Segmen Singkarak*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan-Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (PIT-HAGI) ke-25, Bandung, 3-4 Oktober 2000
- Genrich, J.F., Bock., Y., McCaffrey, R., Prawirodirjo, L., Steven, C.W., Puntodewo, S.S.O., Subarya, C., and Wdowinski, S., 2000, Distribution of slip at the northern Sumatera fault system, J. Geophysy.Res.,105, p.327-341.
- Hagiwara, Y., 1978, *Gravity change associated with seismic activities, in Earthquake Precursors*, edited by C. Kisslinger and Z.Suzuki, p.137-146, Japan Scientific Societies Press, Tokyo.
- Hare, J.L., Ferguson, J.F., Aiken, C.L.V., and Brady, J.L., 1999, The 4-D microgravity method for waterflood, surveillance : A model study for the Prudhoe Bay reservoir, Alaska : Geophysics, 64(1), p.78-87.
- Hery Haryono, 1994. Deformasi Kerak Bumi antar lempeng di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Mitigasi Bencana alam, 16-17 September. Yogyakarta: Badan Penerbit Fakultas Geografi UGM
- Katili, J.A. 1980. Neotectonic of Indonesia. Jakarta Directorate General of Mines
- Kemal, B.M., dan Fauzi, A., 2001, *Geodinamika Pulau Sumatera dan Implikasinya Terhadap Potensi Bencana Alam Geologi*, EKSAKTA, Vol.1(2) 2001
- Kisslinger, C., 1975, *Processes during the Matsushiro, Japan, earthquake swarm as revealed by leveling, gravity, and spring-flow observations*, Geology, 3, p.57-62.
- Natawidjaya, D.H., Kumoro, Y, dan Suprijanto, J., 1995, Gempabumi tektonik daerah Bukittinggi-Muaralabuh : Hubungan segmentasi sesar aktif dengan gempabumi tahun 1926 dan 1943: Prosiding seminar sehari Geoteknologi dan Industrialisasi-LIPI.

- Natawijaya, D., dan Komoro, Y., 1995, *Gempa tektonik daerah Bukitting-Muaralabuh : hubungan segmentasi sesar aktif dengan gempabumi tahun 1926 dan 1943*, Prosiding Hasil-hasil Penelitian Puslitbang Geoteknologi-LIPI.
- Natawijaya, D., dan Sieh, E.S., 1994, *Neotektonik Sistem Sesar Sumatera*, Prosiding Hasil-hasil Penelitian Puslitbang Geoteknologi-LIPI
- Plouff, D., 1976, *Gravity and magnetic field of polygonal prisms and application to magnetic terrain corrections*, *Geophysics*, 41(4), p.727-741.
- Prawirodirjo, L., Bock, Y., Genrich, J.F., Puntodewo, S.S.O., Rais, J., Subarya, C., and Sutisna, S., 2000, One century of tectonic deformation along the Sumatran fault from triangulation and Global Positioning System surveys, *J. Geophys. Res.*, 105, p.343-361.
- Sieh, K., and Natawidjaya, D., 2000, Neotectonics of the Sumatran fault, Indonesia, *J. Geophys. Res.*, 105, p.295-326.
- Sutikno. 1994. Pendekatan Geomorfologi untuk Mitigasi Bencana Alam Akibat Gerakan Massa Batuan. Prosiding Seminar Nasional Mitigasi Bencana Alam, 16-17 September 1994. Yogyakarta: Badan Penerbit Fakultas Geografi UGM
- Untung, M., Buyung, N., Kertapati, E., Undang and Allen, C., 1985, Rupture long the Great Sumatran Fault, Indonesia, during the earthquakes of 1926 and 1943, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 75, 313-317.
- Widiantoro, S., 2007, *Gempabumi dan tomografi pulau Sumatera*, makalah disampaikan dalam seminar dan diskusi singkat dengan tema : **Potensi Bencana Alam Sumatera Barat: Gempa Bumi, Tsunami dan Dampak Perubahan Iklim**, diselenggarakan di Padang tanggal 26 Maret 2007.
- Yi-qing, Z., Gui-zhi, Z., and XU Yun-ma, 2004, Gravity evolution and earthquake activities of the northeastern edge of Qinghai-Xizang block, *ACTA SEISMOLOGICA SINICA*, Vol.17., Nov., 2004, Supp. (76~84).
- Yoshida, S., Seta, G., Okubo, S., and Kobayashi, S., 1979, *Absolute gravity change associated with the March 1997 earthquake swarm in the Izu Peninsula, Japan*, *Earth Planets Space*, 51, p.3-12

