

KAJIAN AWAL TENTANG b Value GEMPA BUMI DI SUMATRA TAHUN 1964-2013

Madlazim

Jurusan Fisika FMIPA UNESA
lazim@fisikaunesa.net

Abstrak

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis tren gempa bumi di Sumatra dan kemungkinan implikasinya terhadap gempa bumi yang akan datang dengan menggunakan b value sebagai *precursor*. Data statistik gempa bumi yang digunakan adalah gempa bumi dengan magnitudo mulai dari 4 sampai 8,5 dan dengan kedalaman 0 sampai 70 km. Selanjutnya data tersebut dianalisis dengan metode statistik dengan formula empirik dari Gutenberg and Richter. Kecenderungan kejadian gempa bumi semakin meningkat selama 49 tahun terakhir. Bahkan setelah gempa bumi tahun 2004 peningkatan kejadian gempa bumi semakin tajam. Hal ini diduga disebabkan oleh proses pencapaian keseimbangan energi yang dialami oleh lempeng, sehingga terjadi gempa bumi-gempa bumi susulan yang berkelanjutan sampai terjadi keseimbangan energi. Nilai konstanta b value gempa bumi di Sumatra tergolong rendah, yaitu 0,865. Nilai ini menggambarkan tingkat stress yang tinggi, sehingga peluang besar terjadinya gempa bumi besar akan terjadi lagi di Sumatra.

Kata kunci: b value, *precursor* , tren gempa bumi, gempa bumi yang akan datang

1. PENDAHULUAN

Kulit terluar bumi terdiri dari sejumlah lempeng atau bisa diistilahkan "piring" yang kondisinya hampir kaku yang secara perlahan bergerak melawan atau saling menjauh satu dengan lainnya. Gerakan lempeng-lempeng ini merupakan fitur geologi yang menyediakan kondisi yang memungkinkan terjadinya gempa bumi besar terjadi. Gempa bumi-gempa bumi berpeluang besar dapat terjadi di batas antar lempeng dan sesar di mana saja dan kapan saja, tetapi sedikit sekali pengetahuan manusia untuk memahami *precursor* atau peringatan pendahuluan sebelum gempa bumi-gempa bumi tersebut terjadi. Gempa bumi yang paling ekstrim terjadi di dekat atau di batas antar lempeng tersebut. Gesekan antar lempeng menimbulkan tekanan dan regangan. Tekanan dan regangan yang terjadi antar batas lempeng, yang disebabkan oleh gerakan dari lempeng terhadap lempeng lain, yang "terpendam" di batas lempeng dapat berupa energi elastis yang tersimpan. Batuan pada lempeng memiliki batas elastisitas, ketika energi gesekan antar lempeng melebihi elastisitas batuan, maka akan terjadi proses pelepasan energi. Energi ini dilepaskan secara tiba-tiba, sehingga terjadi gempa bumi. Energi ini selanjutnya menimbulkan efek gelombang elastis yang dapat menyebar secara luas, sehingga dapat dirasakan di perairan maupun di daratan. Gempa bumi kuat juga dapat memicu gunung berapi meletus, di sekitar atau lebih jauh, meskipun hal ini tidak selalu terjadi, karena bergantung pada keadaan dapur magma pada saat itu.

Di Sumatra terdapat dua kondisi geologi yang dapat menyebabkan gempa bumi, yaitu zona subduksi yang merupakan batas antar lempeng Indo-Australia yang menunjani ke lempeng Euro-Asia. Ada dua penyebab utama gempa bumi di Sumatra, yaitu: (1) zona subduksi lempeng yang terletak di perairan Sumatra yang berpotensi menimbulkan gempa bumi dengan

magnitudo relatif lebih besar sehingga sangat mungkin bisa menimbulkan tsunami. (2) zona sesar Sumatra yang juga dikenal sebagai sesar Semangko atau Sumatra Fault Zone (SFZ). Zona ini membelah pulau Sumatra menjadi dua, membentang sepanjang pegunungan Bukit Barisan, dari teluk Semangko di Selat Sunda sampai wilayah Aceh di Utara (Natawidjaja, 2002).

Gempa bumi-gempa bumi yang terjadi di Sumatra merupakan implikasi geodinamik dari deformasi aktif di sekitar Sunda dan Java *trench*. Vektor slip dari geodinamik dari Sunda dan Java *trench* mendorong SFZ (McCaffrey, 1991).

Di sepanjang lepas pantai barat Sumatera, Lempeng Indo-Australia menyusup di bawah Lempeng Euro-Asia dengan arah yang miring (sekitar 40-45 derajat). Penunjaman miring tersebut mengakibatkan terbentuknya Zona Sesar Sumatera (SFZ), yaitu suatu zona sesar geser menganan, yang memanjang dari ujung utara hingga ujung selatan Pulau Sumatera. Namun di sepanjang lepas pantai selatan Pulau Jawa, Lempeng Indo-Australian menyusup Lempeng Eurasia dengan arah normal sehingga tidak terbentuk suatu zona sesar seperti yang ada di Sumatera.

Panjang daerah sesar Sumatra 1900 km dan melintasi beberapa busur vulkanik aktif di sepanjang pulau Sumatra. SFZ bersebelahan dan sejajar dengan sesar Mentawai. Pada ujung bagian utara, daerah sesar Sumatra menyebar di laut Andaman. Pada bagian selatan berakhir di selat Sunda.

Di antara zona subduksi dan SFZ ada juga sesar minor yang juga cukup aktif, yaitu sesar Mentawai, sesar Andaman dan beberapa sesar minor lainnya. Sumatra Barat merupakan batas lempeng samudra (*continental*) yang terdiri dari dua sistem sesar, yaitu sistem sesar *strike-slip* yang berputar ke kanan (*dextral*) dan subduksi antarmuka *dip-slip* yang memiliki pengaruh lebih besar (Lasitha et al., 2006). Konvergensi kemiringan yang menghadap

ke utara dari lempeng Hindia dan Australia bergerak menuju Asia Tenggara dengan kecepatan 60 mm/yr (Prawirodirdjo et al., 1997). Konvergensi lempeng dibagi menjadi slip yang parallel terhadap *trench* yang ditampung oleh sesar Sumatra dan slip yang tegak lurus yang terakomodir oleh antarmuka zona subduksi. Sesar Sumatra telah menyebabkan belasan gempa dengan kekuatan $7 \leq M_w \leq 7.7$, juga beberapa gempa bumi kecil yang terjadi hampir di semua segmen.

Artikel ini akan menyajikan hasil riset tentang kajian statistik tentang gempa bumi di Sumatra yang terjadi mulai 1964 sampai tahun 2013. Penelitian ini berupaya untuk menjawab permasalahan bagaimana tren gempa bumi di Sumatra dan kemungkinan implikasinya terhadap gempa bumi yang akan datang dengan menggunakan *b value* sebagai *precursor*.

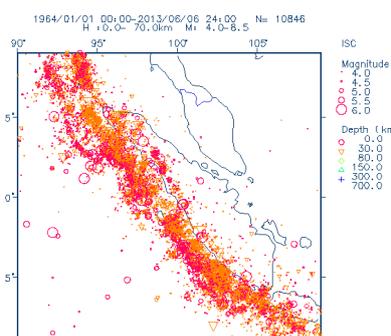
2. METODE

Daerah penelitian ini meliputi daerah Sumatra dengan batas lintang -10° sampai dengan 10° dan bujur 90° sampai dengan 110° . Data statistik gempa bumi yang digunakan adalah gempa bumi dengan magnitudo mulai dari 4 sampai 8,5 dan dengan kedalaman 0 sampai 70 km. Untuk gempa bumi dengan magnitudo 8 ke atas yang bersumber dari katalog International Seismological Centre (ISC) dengan jangka waktu mulai tahun 1964 sampai dengan 2013 (Gb. 1). Selanjutnya data tersebut dianalisis dengan metode statistik dengan formula empirik dari Gutenberg and Richter (1944). Sampai saat ini belum ada metode

yang mampu menandingi keakuratan dari formula empiris tersebut terkait kemampuannya dalam menjelaskan masalah sesismisitas dengan lebih baik. Metode ini telah digunakan secara luas dan telah teruji secara meyakinkan keakuratannya. Secara matematis formula tersebut dapat dituliskan:

$$\text{Log } N = a - bM, \text{ dengan } M = 10^{a-bM}.$$

N adalah jumlah gempa bumi, M adalah magnitudo gempa bumi, a dan b adalah konstanta real yang bernilai positif. Konstanta a menggambarkan aktivitas seismik dan b menggambarkan karakteristik tekanan yang dialami oleh medium medium. Formula empirik dari Gutenberg and Richter tersebut dapat menjelaskan dengan baik terkait sesismisitas gempa bumi dengan magnitudo antara 4,5 sampai dengan 7,0. Sedangkan untuk gempa bumi dengan magnitudo di atas 7,0 formula tersebut perlu dimodifikasi karena kemungkinan besar terjadi deviasi linieritas, dengan nilai log N cenderung tidak linier terhadap M. Jumlah gempa bumi dengan M lebih besar dari 7,0 sedikit, jumlah N cenderung kecil untuk M besar ($> 7,0$). Oleh karena itu perlu dimasukkan faktor magnitudo momen (M_w), $M_w = (2 \log M_0)/3 - 10,73$, dengan M_0 adalah momen skalar dalam satuan dyne-cm. Selanjutnya dapat diketahui hubungan $\log N = a - \beta \log M_0$. Dengan $\beta \sim 2/3$ (Kulhanek, 2005). Metode ini diimplementasi ke dalam software TSEIS web versi 1.0 yang bisa diakses di <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/db/harvard/>



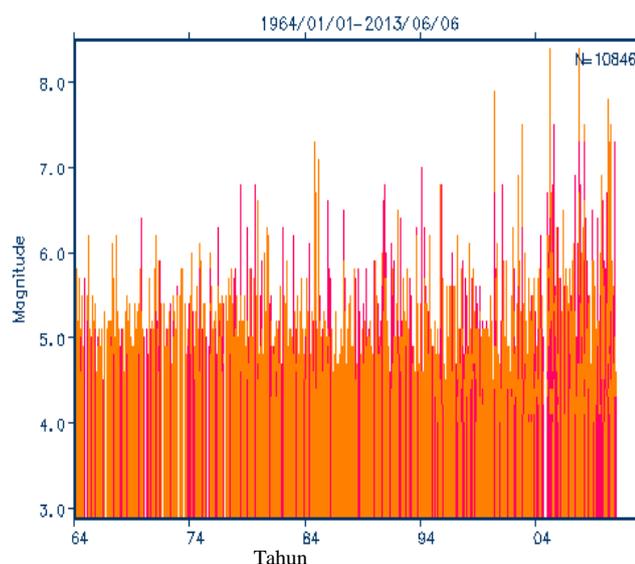
Gambar 1. Kondisi sesmisitas di daerah penelitian

3. HASIL DAN DISKUSI

Berikut adalah gambar yang menunjukkan bagaimana variasi magnitudo gempa bumi sebagai fungsi waktu dan jumlah semua gempa bumi yang terjadi di Sumatra dalam 49 tahun terakhir (Gb. 2 dan Gb. 3). Ketiga gambar tersebut melibatkan semua gempa bumi baik gempa bumi besar (mulai 7,0 sd 8,5) maupun kecil dan sedang (mulai 4,0 sd 6,9) yang telah terjadi di daerah penelitian, selama periode 49 tahun. Kelengkapan data gempa bumi yang tersedia mulai dari magnitudo 4 sampai dengan 8,5 adalah terkait dengan peningkatan perkembangan teknologi seismograf. Tentu saja, dalam 25 tahun terakhir, gempa bumi dengan magnitudo yang lebih tergolong kecil telah dapat direkam oleh seismograf karena peningkatan teknologi informasi dan komunikasi serta jumlah stasiun seismograf di seluruh dunia semakin membaik. Peningkatan ini telah membantu pusat seismologi untuk menemukan banyak gempa bumi kecil yang terdeteksi dalam beberapa dekade sebelumnya. Oleh karena itu, tren kenaikan tidak terduga dalam ketiga gambar tersebut, meskipun kenaikan jumlah gempa bumi besar akan menjadi lebih penting untuk penilaian tren

gempa bumi karena gempa bumi besar memiliki dampak yang lebih besar terhadap medium dan bangunan di permukaan bumi. Untuk gempa bumi yang berkekuatan 7 atau di atas dapat dengan mudah diidentifikasi oleh sejumlah seismograf. Gambar 2 menunjukkan bahwa magnitudo gempa bumi dari tahun ke tahun cenderung lebih besar, puncaknya pada tahun 2004 terjadi gempa mega besar dengan kekuatan 9,0 (Global CMT) atau 8,5 (ISC).

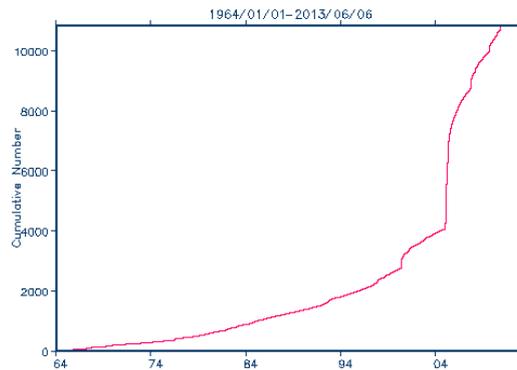
Fluktuasi dalam jumlah gempa selama bertahun-tahun seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3 menunjukkan bagaimana gempa bumi yang tak terduga, dan melihat dari tahun ke tahun dapat ditentukan analisis kecenderungan kejadian gempa bumi. Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa ada kecenderungan kejadian gempa bumi yang semakin meningkat dari tahun ke tahun. Bahkan setelah gempa bumi tahun 2004 kecenderungan kejadian gempa bumi semakin tajam. Hal ini diduga disebabkan oleh proses pencapaian keseimbangan stress yang dialami oleh lempeng, sehingga terjadi gempa bumi-gempa bumi susulan yang berkelanjutan sampai terjadi keseimbangan energi (<http://earthquake.usgs.gov/>).



Gamba 2. Magnitudo gempa bumi yang berjumlah 10.846 kejadian vs tahun terjadinya

Gempa bumi besar jarang terjadi dibandingkan gempa bumi dengan kekuatan rendah yang terjadi lebih teratur dan sering. Gempa bumi besar dinilai memiliki dampak

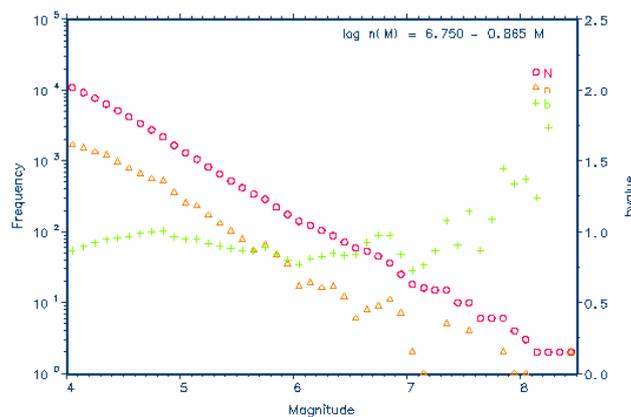
yang lebih besar pada jangkauan geografis dan kerusakan, dan lebih mungkin untuk secara akurat dicatat selama jangka waktu yang lama.



Gambar 3. Kecenderungan gempa bumi di Sumatra

Kejadian gempa bumi masa lalu tidak bisa serta merta dianggap sebagai indikasi yang jelas tentang tren gempa bumi masa depan (sayangnya banyak ilmuwan cenderung menganggap sering dengan hanya memproyeksikan ke depan pada tren yang ada, tanpa mempertimbangkan faktor-faktor lain, seperti b value dan lainnya.) sehingga kita harus berhati-hati bagaimana peristiwa masa lalu diinterpretasikan. Namun, yang jelas saat ini kita hidup dalam waktu ketika frekuensi gempa meningkat, itu akan menarik untuk melihat apakah dalam waktu dekat ke depan tetap terjadi gempa bumi dengan tren yang semakin meningkat seperti saat ini.

Kajian perubahan *b-value* terhadap waktu sering dilakukan untuk membuktikan layak tidaknya dijadikan sebagai *precursor* gempa bumi baik dalam skala *short-term*, *medium term* maupun *long-term*. Hasil studi ini menemukan nilai rerata *b value* sebesar 0,865 (Gb. 4). Nilai ini kurang dari 1 seperti beberapa bulan sebelum terjadinya gempa bumi besar tahun 2004. Hasil penelitian Nuannin (2006) menunjukkan bahwa gempa-gempa besar dalam skala *medium-term* sering didahului dengan peningkatan *b-value* sampai nilai 2,36 kemudian diikuti penurunan sampai di bawa nilai 1 dalam beberapa bulan sebelum kejadian gempa bumi mega besar tahun 2004 di Sumatra.



Gambar 4. Frekuensi gempa bumi vs magnitudonya untuk menghitung *b value*.

Dari persamaan linier dapat diketahui nilai $a = 6,750$ dan nilai $b = 0,865$

Hanya saja dalam penelitian ini, tidak dilakukan kajian variasi *b value* terhadap waktu dan ruang, sehingga tidak dapat diketahui daerah Sumatra bagian yang mana yang memiliki *b value* yang rendah dan sebelum *b value* turun apakah didahului dengan *b value* yang naik. Kajian *b value* rerata ini tidak menunjukkan perubahan (variasi terhadap ruang dan waktu). Oleh karena itu, kajian ini perlu dilanjutkan kajian variasi *b value* terhadap waktu dan ruang agar dapat digunakan sebagai *precursor* gempa bumi dengan lebih valid dan terukur.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada tim ISC (<http://www.isc.ac.uk/>) yang telah menyediakan dan terus meng-*update* katalog data gempa bumi. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada TSEIS web versi 1.0 yang telah menyediakan *software* implementasi dari statistik seismologi.

4. KESIMPULAN

Kecenderungan kejadian gempa bumi semakin meningkat selama 49 tahun terakhir. Bahkan setelah gempa bumi tahun 2004 peningkatan kejadian gempa bumi semakin tajam. Hal ini diduga disebabkan oleh proses pencapaian keseimbangan energi yang dialami oleh lempeng, sehingga terjadi gempa bumi-gempa bumi susulan yang berkelanjutan sampai terjadi keseimbangan energi. Nilai konstanta *b value* gempa bumi rerata di Sumatra

tergolong rendah, yaitu 0,865. Nilai ini menggambarkan tingkat stress yang tinggi, sehingga peluang besar terjadinya gempa bumi besar akan terjadi lagi di Sumatra.

References

- Gutenberg, B., and C. Richter (1944), Frequency of earthquakes in California, Bull. Seismol. Soc. Am., 34, 185-188.
- Lasitha, S., Radhakrishna, M., and Sanu, T.D., 2006. Seismically Active deformation in the Sumatra-Java Trench-arc region: Geodynamic Implications, *Current Science*, 90. No. 5.
- McCaffrey, R, 1991, Slip vectors and stretching of the Sumatran fore arc, *Geology*, 19, 881-884. DOI:10.1130/0091-7613(1991)019<0881:SVASOT>2.3.CO ;2
- Natawidjaya, D.H, 2002, Neotectonics of the Sumatra Fault and Paleogeodesy of the Sumatra Subduction Zone, California Institute of Technology Pasadena, California (Thesis).
- Nuannin, Paiboon (2006). The Potential of *b-value* Variations as Earthquake Precursors for Small and Large Events, Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 183
- nterseismic strain segmentation at the Sumatra subduction zone, *Geophysical Research Letters*, 24, 2601-2604.