

Catatan**Pemetaan Pola Terjadinya Gempa Bumi Di Indonesia Dengan Metode Fraktal****DODI RESTUNING GALIH^a, LINA HANDAYANI^a**^aPusat Penelitian Geoteknologi, LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135

ABSTRACT *Earthquake pattern mapping in Indonesia was done. This mapping conducted for the use of earthquake hazard area zonation, considering Indonesia located in very active tectonic area. Although in general Indonesia is a region with high risk earthquake disaster, the risk at each region is different one from the other. This mapping are done by grouping and differentiating each region in the region by the level of its earthquake hazard risk using fractal analysis. Seismic activities analysis using this theory show that the region of Maluku, Banda and its surroundings are place at the highest for earthquake risk disaster and Kalimantan place at the lowest part.*

Keywords: earthquake, zonation, fractal

PENDAHULUAN

Gempa bumi dan tsunami di Aceh dan Sumatera Utara pada tahun 2004 merupakan pelajaran berharga bagi bangsa Indonesia dan mengingatkan kita kembali bahwa Indonesia terletak di daerah tektonik yang sangat aktif. Pemerintah dan masyarakat harus lebih waspada terhadap bahaya gempa bumi yang tidak dapat diramalkan kejadiannya. Untuk itu dibutuhkan suatu metoda mitigasi bencana gempa bumi yang baik. Pembuatan peta zonasi bahaya gempa bumi dapat dilakukan sebagai langkah awal dalam melakukan mitigasi. Walaupun secara umum wilayah Indonesia termasuk daerah yang rawan bencana gempa bumi tetapi kerentanan terhadap bencana ini di setiap wilayah berbeda-beda.

Salah satu usaha untuk melakukan pembagian atau pengelompokan wilayah rawan bencana gempa bumi adalah dengan melakukan analisis terhadap gempa-gempa yang telah terjadi sebelumnya. Analisis fraktal merupakan salah satu metoda yang dapat dipakai untuk mengelompokkan perulangan suatu kejadian gempa. Istilah *fractal* dibuat oleh Benoit Mandelbrot pada tahun 1975 dari kata latin *fractus* yang artinya patah, rusak atau tidak teratur. Berbagai jenis fraktal awalnya dipelajari sebagai benda matematis. Geometri fraktal adalah cabang matematika yang mempelajari sifat-sifat dan perilaku fraktal. Fraktal dapat membantu menjelaskan banyak situasi yang sulit dideskripsikan menggunakan geometri klasik seperti geometri euklidian dan kalkulus. Fraktal menyangkut bentuk baru geometri, dimana obyek utamanya adalah struktur alam dengan ketidakberaturan dan kekasaran.. beberapa skala (Cahn, 1989). Pohon atau pakis merupakan salah satu contoh fraktal di alam. Bila diambil suatu dari cabang dari satu pohon terlihat bahwa cabang tersebut adalah miniatur dari pohonnya secara keseluruhan yang tidak sama persis, tetapi mirip.

Metoda fraktal ini pernah diaplikasikan di daerah Kalifornia bagian selatan dengan menggunakan catalog gempa tahun 1932 – 1972 (Main dan Burton, 1986). Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa dimensi fraktal (D) untuk daerah Kalifornia bagian selatan adalah 1.78. Angka tersebut menunjukkan aktivitas gempa yang sangat banyak yang berasosiasi dengan keberadaan sesar San Andreas.

Dalam makalah ini metoda fraktal akan digunakan untuk mengetahui besar dimensi fraktal untuk kawasan Indonesia. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran tentang zonasi daerah rawan bencana gempa bumi di Indonesia.

METODOLOGI

Data yang digunakan adalah data gempa dari wilayah Indonesia yang diambil dari katalog gempa bumi milik United States Geological Survey (USGS) tahun 1973-2006. Sebelum digunakan, data di *edit* terlebih dahulu untuk menghilangkan data yang tidak mungkin. Hal ini dilakukan karena pada katalog gempa kadang terdapat nilai *magnitude* 0 atau dibawah 0 karena ada kerusakan pada peralatan pencatatnya.

Setelah itu data dikelompokkan berdasarkan daerah yang diperkirakan mewakili perbedaan tatanan tektonik. Dalam hal ini data dibagi menjadi 7 kelompok yaitu data gempa daerah Jawa, daerah Sumatera, daerah Kalimantan, daerah Sulawesi, daerah Irian Jaya, daerah Bali, Nusa Tenggara Timur dan sekitarnya, daerah Maluku, Halmahera, Banda dan sekitarnya.

Kemudian untuk masing-masing kelompok data dicari hubungan statistik empiris antara jumlah kejadian gempa dengan *magnitude* gempanya. Hubungan statistik empiris antara jumlah kejadian gempa (N) dan *magnitude* gempa (m) yang dipakai adalah persamaan yang dirumuskan oleh Gutenberg-Richter (Gutenberg dan Richter, 1954) sebagai berikut:

$$\log(N) = -b \cdot m + a \quad \dots\dots\dots (1)$$

dimana a dan b adalah konstanta dan N adalah jumlah gempa bumi dengan *magnitude* lebih besar dari m . Persamaan ini menyatakan hubungan statistik empiris antara frekuensi (jumlah kejadian) gempa bumi (N) dengan *magnitude* gempa (m).

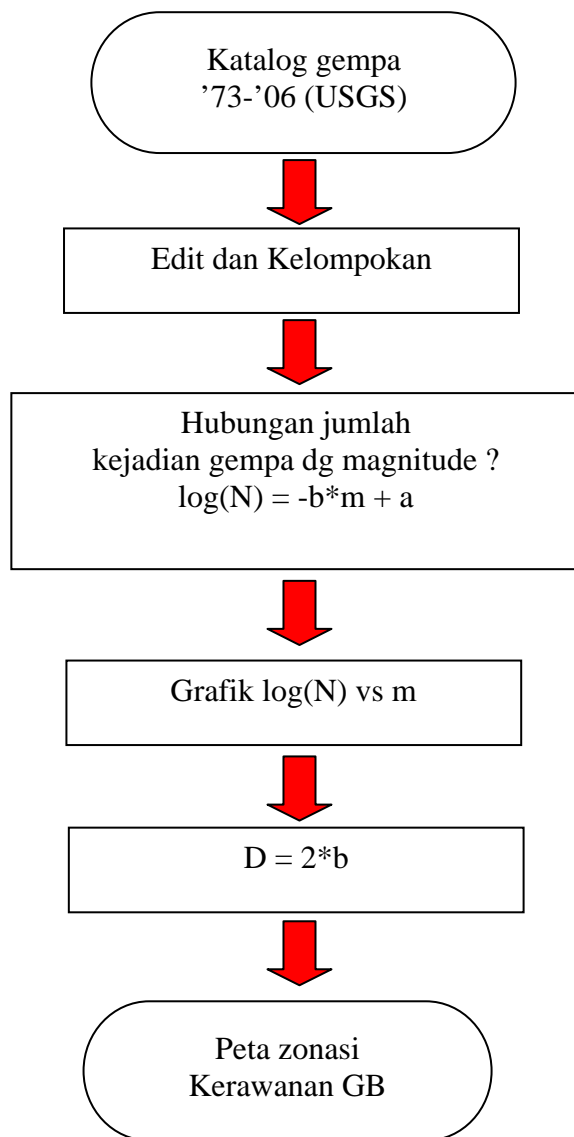
Setelah itu digunakan metoda grafik yang idenya diambil dari Turcotte (1992). Dalam kajian aktivitas gempa, Turcotte (1992) melakukan penurunan rumus sederhana sehingga didapat besaran dimensi fraktal (D) sebagai berikut :

$$D = 2 \cdot b \quad \dots\dots\dots (2)$$

dimana b adalah konstanta yang didapat dari hukum Gutenberg-Richter (persamaan 1).

Untuk metode grafik ini setiap kelompok data dibuat grafik $\log(N)$ vs m . Sebagai contoh, pulau Jawa memiliki jumlah kejadian gempa (N) dengan *magnitude* diatas 3 SR sebanyak 1354 kali, diatas 4 SR sebanyak 1284 kali, diatas 5 SR sebanyak 494 kali, dan diatas 6 SR sebanyak 29 kali. Dengan pendekatan regresi linier dan berdasarkan perumusan dalam persamaan (1) diperoleh nilai b . Dari proses pengerjaan tersebut diperoleh nilai konstanta b untuk setiap kelompok data atau dalam hal ini adalah nilai b untuk setiap wilayah yang telah di tentukan. Kemudian dengan menggunakan persamaan (2) diperoleh nilai dimensi fraktal (D) untuk setiap wilayah atau kelompok data.

Nilai dimensi fraktal setiap kelompok data atau wilayah dijadikan dasar pembuatan zonasi atau pemetaan lokasi rawan bencana gempa bumi. Semakin besar angka dimensi fraktalnya, semakin besar juga kerawanan gempa bumi daerah tersebut. Secara singkat diagram alir metode yang dilakukan untuk mendapatkan peta zonasi kerawanan akan bencana gempa bumi dapat dilihat pada Gambar 1.

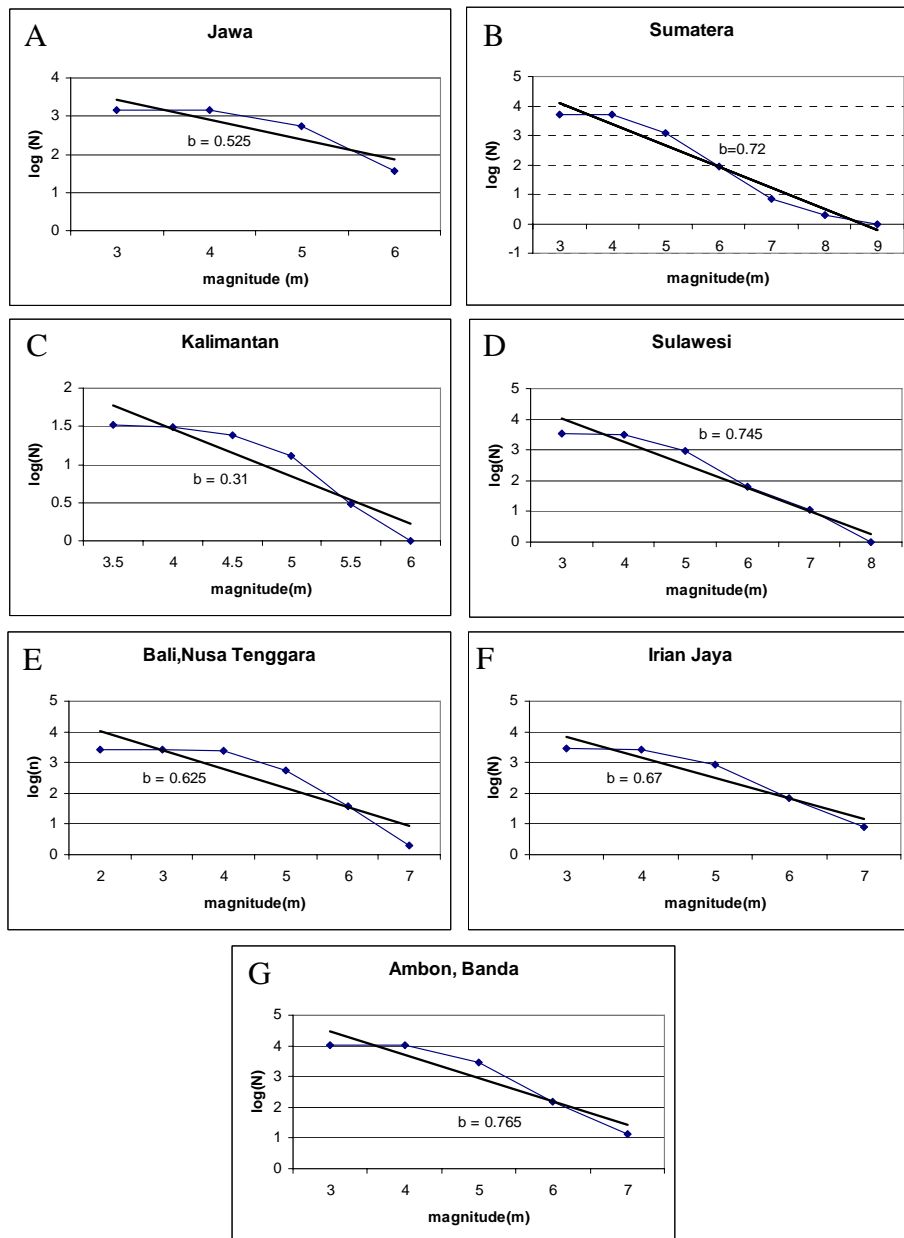


Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian.

HASIL & PEMBAHASAN

Hasil dari pengolahan data dengan metoda grafik adalah nilai konstanta b untuk setiap kelompok data atau wilayah seperti terlihat pada Gambar 2. Setelah nilai b untuk setiap kelompok data diperoleh, maka dengan menggunakan persamaan (2) nilai dimensi fraktal (D) untuk setiap kelompok data

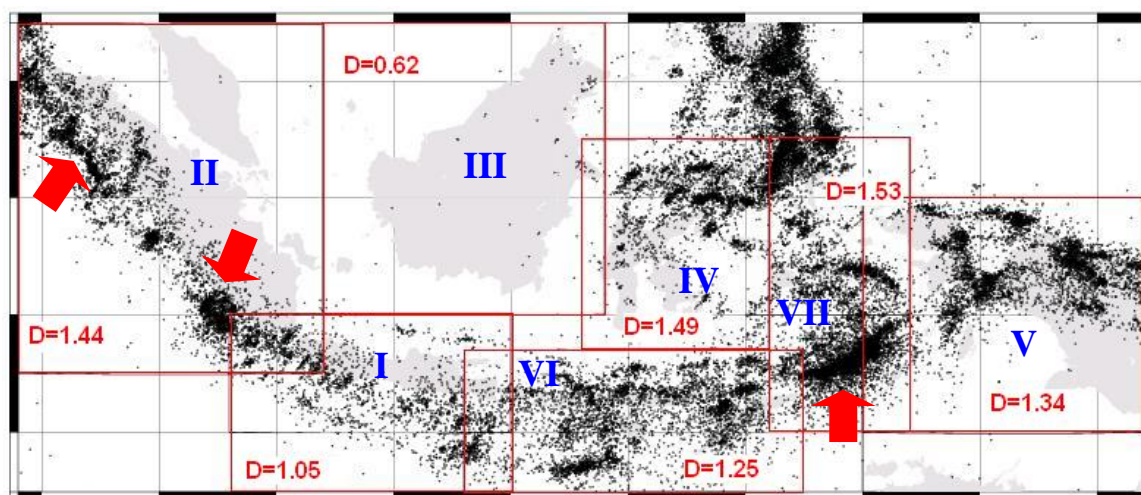
dihitung. Hasil perhitungan ini ditampilkan pada Tabel 1. Nilai konstanta b dan dimensi fraktal D yang tertera pada table 1, kemudian digunakan untuk membuat peta zonasi rawan bencana gempa bumi wilayah Indonesia (Gambar 3).



Gambar 2. Nilai b yang diperoleh untuk setiap kelompok data.

Tabel 1. Hasil pengolahan data, dimensi fraktal setiap wilayah di Indonesia.

Kelompok Data	Nilai b	Dimensi Fraktal (D)
Jawa	0,525	1,05
Sumatera	0,72	1,44
Kalimantan	0,31	0,62
Sulawesi	0,745	1,49
Bali, NTT dan sekitarnya	0,625	1,25
Irian Jaya	0,67	1,34
Maluku, Banda, Halmahera dan sekitarnya	0,765	1,53



Gambar 3. Dimensi Fraktal untuk beberapa kelompok rawan bencana gempa bumi (I=Jawa, II=Sumatera, III=Kalimantan, IV=Sulawesi, V=Irian Jaya, VI=Bali, Lombok, NTT dan sekitarnya, VII=Maluku, Banda, Halmahera & sekitarnya). Titik-titik hitam adalah posisi terjadinya gempa bumi. Angka romawi adalah kelompok dimensi fraktal. Tanda panah merah menunjuk kepada daerah dengan tingkat keseringan gempa tinggi.

PEMBAHASAN

Seperti terlihat pada Gambar 3, wilayah Kalimantan (III) memiliki angka dimensi fraktal yang paling rendah yaitu 0,62. Hal ini sesuai dengan sangat rendahnya frekuensi kejadian gempa di daerah tersebut. Sementara daerah yang lain memiliki angka lebih dari satu yang menunjukkan tingkat kerawanan akan bencana gempa yang cukup tinggi. Daerah Sulawesi (IV), Maluku dan Banda (VII) memiliki potensi tertinggi untuk terjadinya gempa bumi, disusul kemudian oleh Sumatera (II).

Kelompok Irian Jaya (V) dan NTT (VI) memiliki dimensi fraktal sedikit lebih rendah dari Sumatra yang berarti potensi terjadinya bencana gempa bumi di Irian dan NTT lebih rendah dari Sumatra. Sedangkan Jawa (I) memiliki angka fraktal yang paling rendah untuk daerah dengan kerawanan bencana gempa bumi.

Rapat dan seringnya kejadian gempa pada daerah-daerah tertentu (ditunjukkan oleh tanda panah pada Gambar 3) belum tentu memberikan kontribusi yang besar terhadap angka kerawanan akan gempa di daerah tersebut. Walaupun di daerah tertentu banyak terjadi gempa, gempa yang terjadi belum tentu berskala besar sehingga tidak memberikan dampak yang besar ketika terjadi.

Perhitungan fraktal yang digunakan dalam analisa ini merupakan cara yang paling sederhana dari metode fraktal yang ada. Adalah sangat mungkin untuk mengulang perhitungan dengan metoda yang lebih teliti dengan memperhitungkan kedalaman gempa bumi dan/atau *magnitude* gempa. Pengelompokan dengan blok segiempat juga dipilih berdasarkan kemudahannya saja. Untuk yang akan datang, akan dibuat perhitungan dengan pengelompokan yang lebih kecil berupa 'cluster-cluster' lingkaran berjari-jari tertentu.

KESIMPULAN

Analisis frekuensi seismisitas dengan menggunakan teori fraktal menunjukkan hasil yang cukup baik untuk membuat pola pemetaan terjadinya gempa di Indonesia secara umum. Urutan besarnya potensi untuk terjadinya gempa bumi adalah sebagai berikut: Ambon-Banda, Sulawesi, Sumatera, Irian Jaya, NTT, Jawa, dan terakhir dengan sangat minimnya kejadian gempa adalah Kalimantan.

Banyaknya jumlah kejadian gempa bumi disuatu daerah belum tentu membuat daerah tersebut memiliki tingkat kerawanan akan bencana gempa bumi yang tinggi. Untuk studi wilayah yang lebih spesifik dapat dilakukan dengan pengelompokan data yang lebih kecil berupa 'cluster-cluster' lingkaran berjari-jari tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahn, R.W. 1989. Fractal Dimension and Fracture. Nature, 338: 201-201
- Gutenberg, B. dan Richter, C.F. 1954. Seismicity of the Earth and Associated Phenomenon. Princeton Univ. Press.
- Main, I.G. dan Burton, P.W. 1986. Long term earthquake recurrence constrained by tectonic seismic moment release rates. Seis. Soc. Am. Bull.
- Turcotte, D.L. 1992. Fractals and chaos in geology and geophysics. Cambridge Univ. Press.

Naskah masuk: 7 November 2006

Naskah diterima: 8 Agustus 2007