

ANALISIS DISTRIBUSI SPASIAL DAN TEMPORAL SEISMOTEKTONIK WILAYAH SULAWESI BAGIAN SELATAN DAN BARAT BERDASARKAN NILAI-b DENGAN METODE MAKSIMUM LIKELIHOOD

Imanuela Indah Pertiwi¹, Muhammad Arsyad², dan Pariabti Palloan²

¹BMKG Balai Besar Wilayah IV Makassar

e-mail: imanuela.indah@gmail.com

²Jurusan Fisika Universitas Negeri Makassar, Makassar

Abstract: *Analysis of Spacial and Temporal Distribution of Seismotectonic in South and West Region of Sulawesi Based on the b-Value by Using Maximum Likelihood Method. This study was correlational descriptive research is aimed to determined the spatial and temporal distribution seimotektonik the southern and western Sulawesi (2°S-6°S and 118° 45'BT-120° 52'E). The variables in this study are the magnitude data of earthquake and the fractal dimension. Data obtained from IRIS catalog (Incorporated Research Institutions for Seismology) and BMKG. Technique of data analysis used the analysis of spatial distribution seismotektonik based on the b-value, and a-value, as well as analysis of temporal distribution seismotektonik based on the variation of b-value with time and and the fractal dimension,. The method used in determining the b-value is the Maximum Likelihood method with the help of software Zmap. Based on the results of the analysis indicate that the area Mamuju, Palopo, Mamasa, Rantepao and the surrounding area is a big chance for the occurrence of earthquakes with large magnitude and recurrence events in rapin intervals. Conversely, regions Pangkajene, Ujung Pandang, Sungguminasa, Takalar, Jeneponto, Bantaeng, Bulukumba, Sinjai, and the surrounding area is an area with a very small chance for the occurrence of earthquakes with a large magnitude and recurrence events in a relatively long time intervals. Temporal distribution seismotektonik patterns (b-value distribution with time) showed that the b-value decreases dramatically when an earthquake will occur with a large magnitude and the time interval between events is very fast.*

Abstrak: *Analisis Distribusi Spasial dan Temporal Seismotektonik Wilayah Sulawesi Bagian Selatan dan Barat Berdasarkan Nilai-b dengan Metode Maksimum Likelihood.* Penelitian ini adalah penelitian deskriptif bersifat korelasional yang bertujuan untuk mengetahui distribusi spasial dan temporal seismotektonik wilayah Sulawesi bagian selatan dan barat (2° LS-6° LS dan 118°45' BT-120°52' BT). Variabel dalam penelitian ini adalah data magnitude gempa bumi dan dimensi fraktal. Data magnitude diperoleh dari katalog IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology) dan BMKG. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis distribusi spasial seismotektonik yang didasarkan pada nilai-b, dan nilai-a, serta analisis distribusi temporal seismotektonik yang didasarkan pada variasi nilai-b terhadap waktu dan dimensi fraktal. Metode yang digunakan dalam menentukan nilai-b adalah metode Maksimum Likelihood dengan bantuan software Zmap. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa daerah Mamuju, Palopo, Mamasa, Rantepao dan sekitarnya adalah daerah yang berpeluang besar untuk terjadinya gempa bumi dengan magnitude besar dan perulangan kejadian gempa bumi dalam interval waktu yang cepat. Sebaliknya, daerah Pangkajene, Ujung Pandang, Sungguminasa, Takalar, Jeneponto, Bantaeng, Bulukumba, Sinjai, dan sekitarnya adalah daerah dengan peluang yang sangat kecil untuk terjadinya gempabumi dengan magnitude yang besar dan perulangan kejadian gempa bumi dalam interval waktu yang relatif lama. Pola distribusi temporal seismotektonik (distribusi nilai-b terhadap waktu) menunjukkan bahwa, nilai-b menurun secara drastis ketika akan terjadi gempa bumi dengan magnitude yang besar dan interval waktu antar kejadian sangat cepat.

Kata Kunci : nilai-b, nilai-a, dimensi fraktal, distribusi spasial, distribusi temporal

Pada level *micro plate* yang lebih detail, dapat melihat adanya tumbukan antara blok sunda bagian tenggara dengan blok sula yang membentuk pulau Sulawesi sekarang ini. Akomodasi tumbukan diantaranya adalah Sesar Palu Koro pada batas Barat daya, Sesar Matano pada batas Selatan, dan subduksi di bawah lengan utara Sulawesi (Palung Sulawesi) pada batas utara.

Daerah dengan batas 2° LS-6° LS dan 118°45' BT-120°52' BT memiliki karakteristik gempa bumi yang beruntun, dimulai dengan gempa pendahuluan, gempa utama dan selanjutnya diikuti oleh gempa-gempa susulan (Sulaiman, R. dkk, 2002). Gempa bumi yang terjadi di wilayah Sulawesi bagian selatan dan barat pada umumnya berkedalaman dangkal dan menengah. Distribusi gempa bumi secara

tidak langsung dapat dianggap sebagai fraktal, sehingga dapat dicirikan di dalam dimensinya (D), sementara seismisitas dapat dikarakterisasi dengan parameter tektonik (nilai-b) dan dimensi fraktal (D).

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 fraktal 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.

Untuk mengetahui potensi kegempaan dan parameter precursor gempa bumi serta waktu perulangan gempa bumi di wilayah Sulawesi bagian selatan dan barat maka dilakukan analisis distribusi spasial dan temporal seismotektonik berdasarkan nilai-b.

METODE

Dalam penelitian ini, daerah penelitian dibagi menjadi 4 cluster berdasarkan distribusi kejadian gempa, yaitu :

- a. Cluster 1 : 2° LS–3° LS dan 118.75° BT–120.86° BT.
- b. Cluster 2 : 3.001° LS–4.5° LS dan 118.75° BT–119.5° BT.
- c. Cluster 3 : 3.001° LS–4.5° LS dan 119.501° BT–120.86° BT.
- d. Cluster 4 : 4.501° LS–6° LS dan 118.75° BT–120.86° BT.

Peta pembagian cluster dapat dilihat dalam gambar 1.

Data parameter gempa bumi wilayah Sulawesi bagian selatan dan barat (2° LS–6° LS dan 118°45’ BT–120°52’ BT) yang diperoleh dari katalog IRIS tahun 1980-2008 disortir untuk digunakan sebagai data analisis, sedangkan untuk data validasi digunakan katalog BMKG tahun 2009-2010.

Distribusi frekuensi magnitudo diplot untuk melihat kelengkapan data sehingga diketahui nilai *magnitude completeness*-nya (Mc). Nilai-a, nilai-b (parameter tektonik) dihitung dengan menggunakan metode *likelihood* berdasarkan persamaan empiris Guttentberg-Richte berikut:

$$\text{Log}(N) = a' - bM \dots\dots\dots (1)$$

dengan $a' = a - \log(b \ln 10)$, dimana :

N = jumlah kumulatif gempa bumi pada wilayah kajian dengan magnitudo lebih besar atau sama dengan M.

a = parameter model regresi yang menyatakan kondisi seismik tahunan

b = parameter model regresi yang menyatakan kondisi tektonik.

Jika fungsi distribusi probabilitas yang bergantung pada parameter a dan b adalah f(M,b), maka fungsi likelihood didefinisikan sebagai:

$$P(M,b) = f(M_1,b), f(M_2,b), \dots, f(M_i,b) \dots\dots\dots (2)$$

dengan M_i dan b masing-masing adalah magnitudo dan parameter kemiringan garis lurus (gradien) pada persamaan (1) yang belum diketahui.

Estimasi likelihood dari b adalah harga parameter yang memaksimalkan fungsi P(M,b). Nilai estimasi b dapat diperoleh melalui

$$\frac{\partial \ln P}{\partial b} = 0 \dots\dots\dots (3)$$

Jika metode ini diterapkan pada masalah hubungan magnitudo-frekuensi, fungsi distribusi probabilitas M_i adalah

$$f(M_i, b') = b' e^{-b'(M_i - M_o)}, \quad M_i > M_o \dots\dots (4)$$

dengan $b' = b \ln 10$.

Fungsi likelihood sampel:

$$P = (b')^N \exp \left[-b' \left[\sum_{i=1}^N M_i - N M_o \right] \right] \dots\dots (5)$$

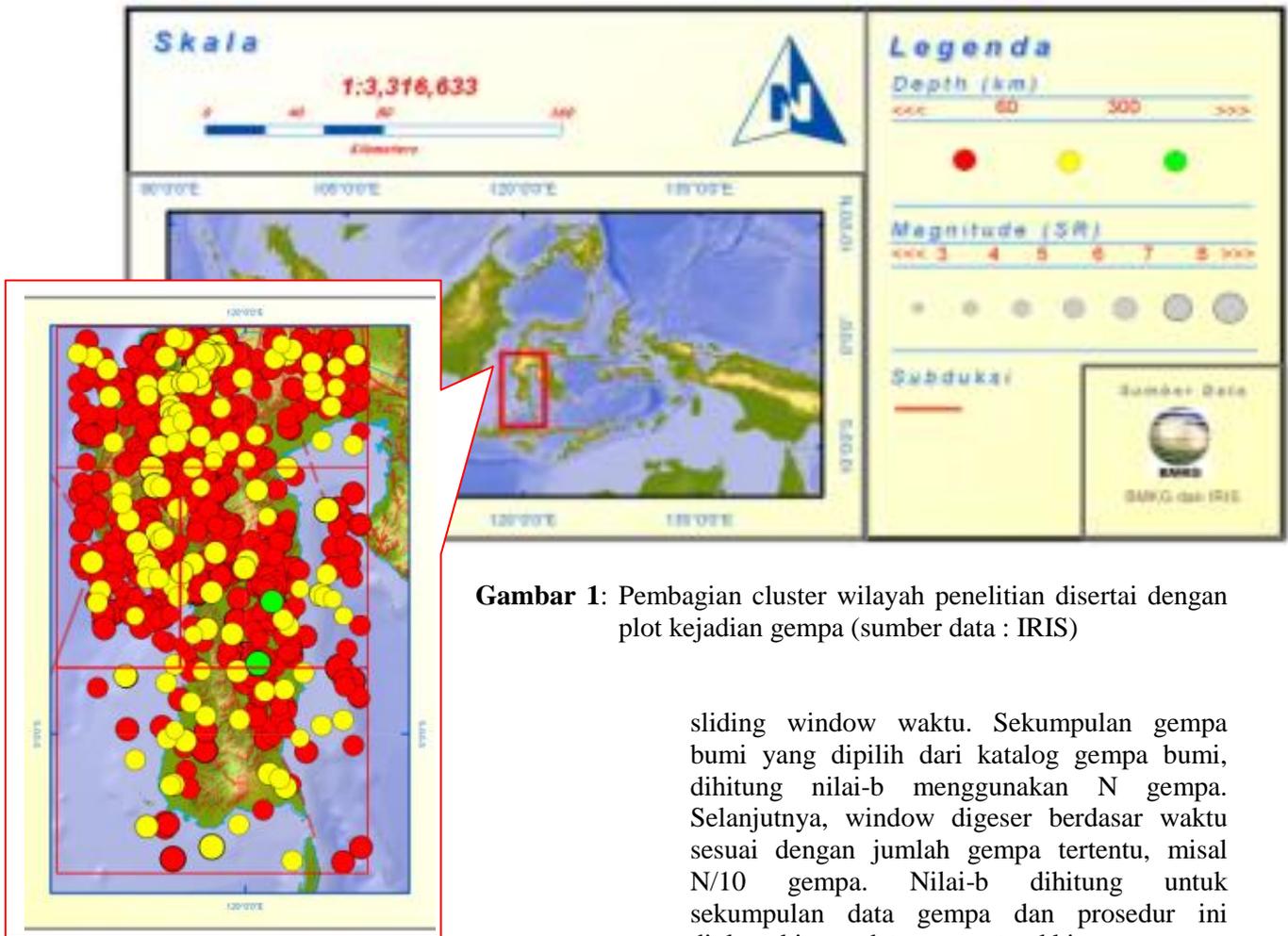
dari persamaan di atas, diperoleh estimasi likelihood nilai-b adalah :

$$b = \frac{\log e}{\bar{M} - M_o} \dots\dots\dots (6)$$

dan estimasi nilai-a pada persamaan (1) adalah:

$$a = \log N + \log(b \ln 10) + M_o b \dots\dots\dots (7)$$

dengan N, \bar{M} dan M_o masing-masing adalah jumlah kumulatif data yang digunakan, magnitudo rata-rata dan magnitudo terkecil dalam blok volume yang dikaji.



Gambar 1: Pembagian cluster wilayah penelitian disertai dengan plot kejadian gempa (sumber data : IRIS)

Selanjutnya, distribusi spasial nilai-a dan nilai-b dianalisis untuk mengetahui potensi kejadian gempa bumi. Pada perhitungan nilai-b, wilayah penelitian dibagi menjadi grid-grid dan nilai-b dihitung untuk tiap titik grid. Dengan menggunakan metode ini, radius divariasikan terhadap jumlah gempa tertentu di wilayah tersebut.

Wilayah dengan nilai-b yang rendah biasanya berkorelasi dengan tingkat stress yang tinggi, sedangkan nilai-b yang tinggi berkorelasi dengan tingkat stress yang rendah. Hal ini berarti bahwa wilayah dengan nilai-b yang rendah berpotensi lebih besar akan terjadi gempa bumi (Reiter, Leon. 1991). Selain itu, wilayah dengan heterogenitas yang besar berkorelasi dengan nilai-b yang tinggi (Molchan *et al.*, 1999). Hal ini berarti bahwa wilayah dengan nilai-b yang lebih rendah dibandingkan nilai-b di wilayah sekitarnya, memiliki batuan yang lebih homogen.

Distribusi tempotal variasi nilai-b dianalisis untuk mengetahui pola distribusi nilai-b sebagai precursor gempa bumi dan dimensi fraktal untuk mengetahui selang waktu perulangan kejadian gempa bumi. Dalam menganalisis variasi nilai-b digunakan metode

sliding window waktu. Sekumpulan gempa bumi yang dipilih dari katalog gempa bumi, dihitung nilai-b menggunakan N gempa. Selanjutnya, window digeser berdasar waktu sesuai dengan jumlah gempa tertentu, misal N/10 gempa. Nilai-b dihitung untuk sekumpulan data gempa dan prosedur ini diulang hingga data gempa terakhir.

Geometri bidang sesar adalah fenomena fraktal sehingga derajat ketidakteraturannya dapat dikuantifikasikan dengan dimensi fraktal D. Nilai D yang besar berasosiasi dengan geometri yang lebih tidak teratur dan sebaliknya. Geometri yang lebih tidak teratur akan mengakibatkan koefisien gesek pada sistem sesar yang lebih besar dan waktu perulangan gempa yang lebih lama. Sebaliknya, nilai D yang kecil menunjukkan geometri yang teratur sehingga mengakibatkan koefisien gesek sistem sesar yang lebih kecil dan waktu perulangan gempa yang lebih singkat (Pietgen, dkk., 1990 dikutip dalam Capra, 1996).

Hubungan antara nilai-b dan dimensi fraktal dalam tulisan Bambang telah banyak diteliti oleh para ahli. Aki (1981) menyatakan hubungan yang sederhana antara nilai-b dengan dimensi fraktal, D memiliki korelasi yang positif dan dinyatakan dalam persamaan :

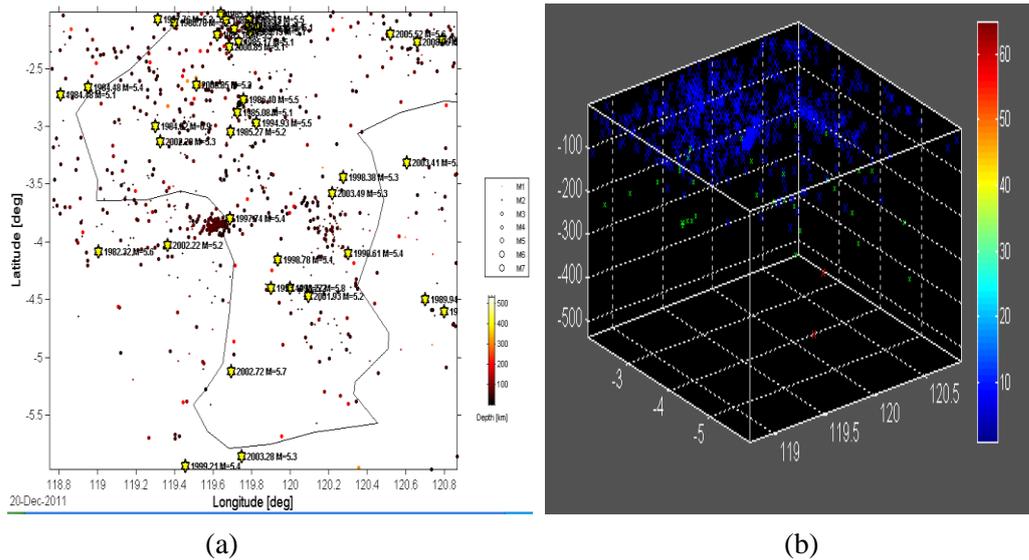
$$D = \frac{3b}{c} \dots\dots\dots (8)$$

dimana :
 D = dimensi fraktal
 b = nilai-b dari relasi Guttenberg-Richter

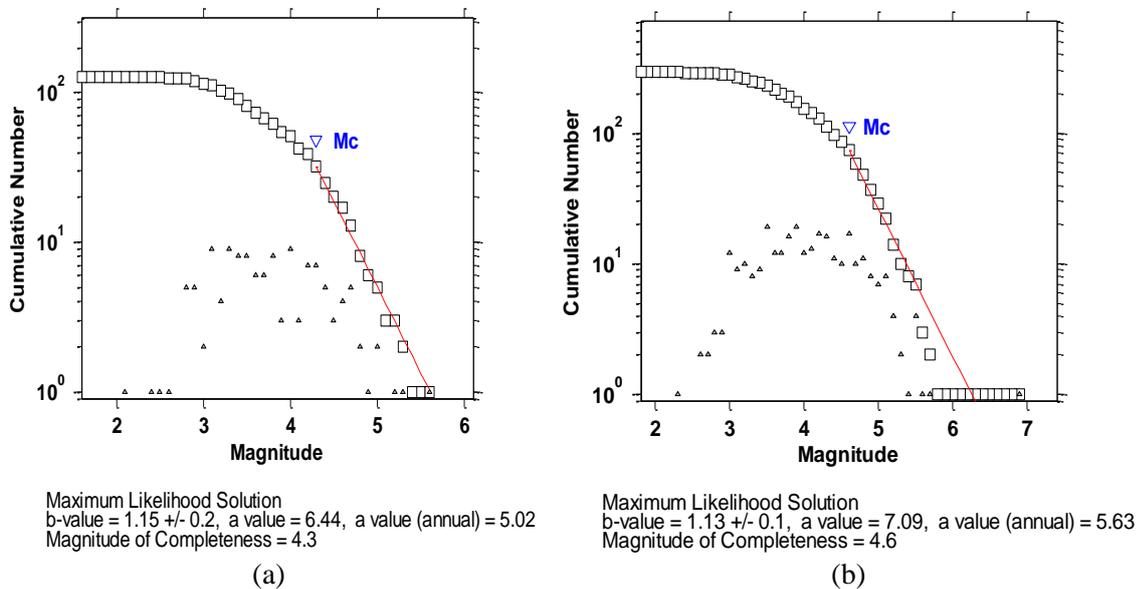
c = konstanta yang tergantung pada durasi relatif dari sumber seismik dan konstanta waktu sistem pencatatan. Untuk batu kristal nilai c dianggap 3,0, untuk zona subduksi (100-700 km) nilai ini disarankan untuk 2,4 dan untuk sebagian besar studi gempa konstanta ini bernilai 1,5 (Kanamori dan Anderson, 1975).

HASIL DAN PEMBAHASAN

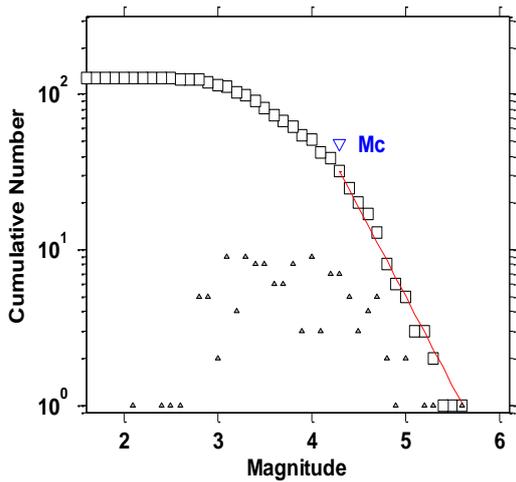
Plot kejadian gempa bumi di wilayah penelitian dengan menggunakan program Zmap pada matlab ditunjukkan dalam gambar 2. Berdasarkan peta seismisitas tersebut, dan dilakukan pengolahan lanjutan masih dengan program Zmap, diperoleh hasil distribusi frekuensi-magnitude yang juga memberikan besar *magnitude completeness*, nilai-a, dan nilai-b, dengan metode maksimum likelihood kategori ‘best combination’ pada gambar 1.



Gambar 1. Plot seismisitas kejadian gempa bumi di wilayah Sulawesi bagian Selatan dan Barat berdasarkan kedalaman tahun 1980-2008 (a) 1 dimensi dimana bintang kuning menggambarkan kejadian gempa bumi dengan magnitude>5, (b) 3 dimensi (sumber data : IRIS)

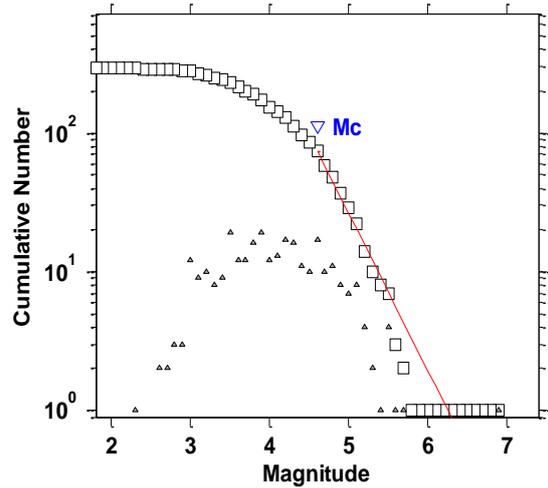


Gambar 2. Grafik distribusi frekuensi kumulatif-magnitude dari kegempaan di wilayah Sulawesi bagian Selatan dan Barat tahun 1980-2008 (Δ : frekuensi non kumulatif, □ : frekuensi kumulatif)



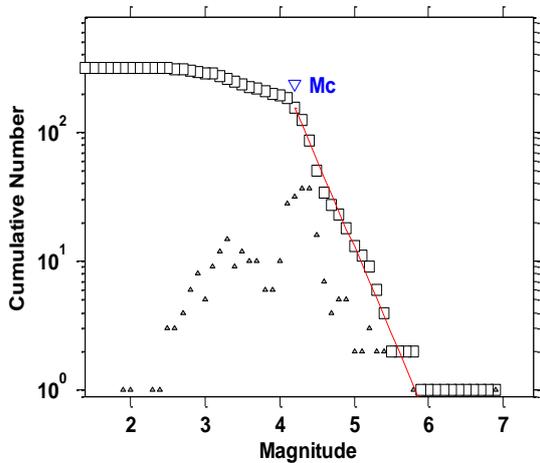
Maximum Likelihood Solution
 b-value = 1.15 +/- 0.2, a value = 6.44, a value (annual) = 5.02
 Magnitude of Completeness = 4.3

(a)



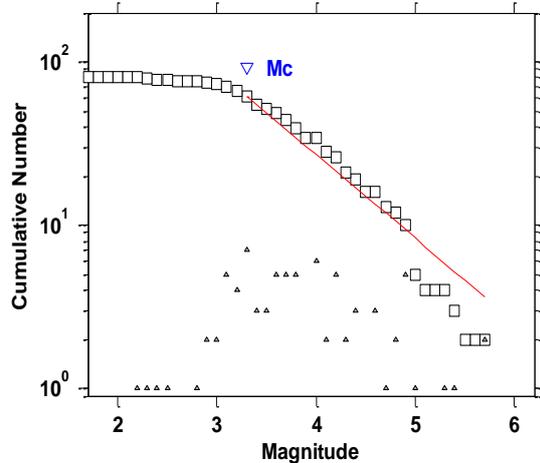
Maximum Likelihood Solution
 b-value = 1.13 +/- 0.1, a value = 7.09, a value (annual) = 5.63
 Magnitude of Completeness = 4.6

(b)



Maximum Likelihood Solution
 b-value = 1.35 +/- 0.1, a value = 7.85, a value (annual) = 6.42
 Magnitude of Completeness = 4.2

(c)



Maximum Likelihood Solution
 b-value = 0.513 +/- 0.05, a value = 3.48, a value (annual) = 2.11
 Magnitude of Completeness = 3.3

(d)

Gambar 3 : Distribusi frekuensi-magnitudo wilayah penelitian berdasarkan kejadian gempa bumi tahun 1980-2008 (a) cluster 1, (b) cluster 2, (c) cluster 3, dan (d) cluster 4 (Δ :frekuensi non kumulatif, \square :frekuensi kumulatif)

Dapat dilihat pada gambar diatas, besarnya *magnitude completeness* adalah 4.3. Ini berarti bahwa frekuensi kejadian gempa bumi dengan magnitudo lebih besar dari 4.3 di wilayah ini akan semakin berkurang. Nilai-b yang merupakan kemiringan/*slope* grafik frekuensi-magnitudo di wilayah Sulawesi bagian selatan dan barat berkisar antara 1.01-1.13, nilai-a adalah 7.08 dan dimensi fraktal berkisar 1.69-1.73.

Nilai-a yang diperoleh menunjukkan bahwa wilayah Sulawesi bagian selatan dan barat merupakan wilayah dengan aktivitas seismik yang besar.

Tidak semua daerah di wilayah tersebut menunjukkan aktivitas seismik yang besar. Oleh karena itu, wilayah penelitian dibagi menjadi 4 cluster berdasarkan distribusi kejadian gempa. Hasil distribusi frekuensi-magnitudo dari kejadian gempa bumi di

masing-masing cluster dapat dilihat pada gambar 3.

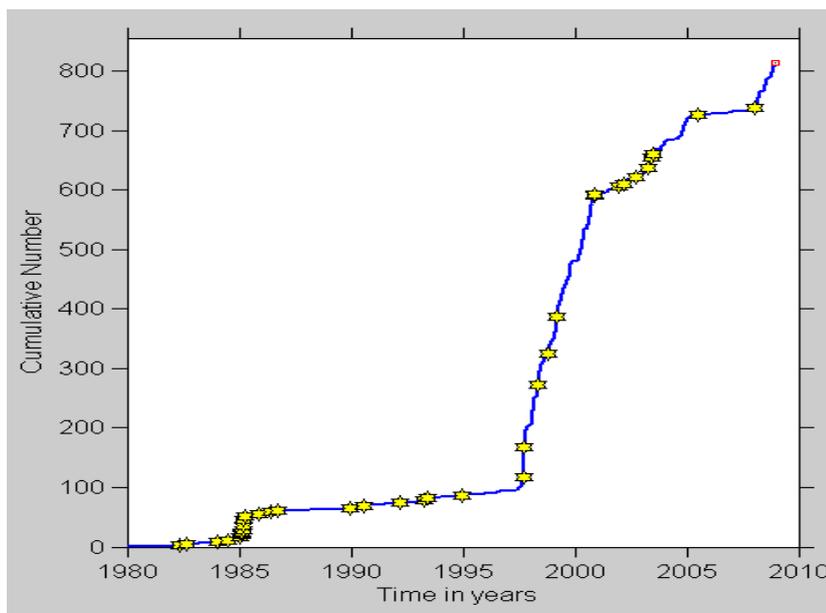
Nilai-a, nilai-b, dan dimensi fraktal untuk masing-masing cluster wilayah penelitian dapat disajikan dalam bentuk tabel 1. Nilai-nilai tersebut merupakan indikator dalam analisis distribusi spasial seismotektonik.

Tabel 1. Tabel nilai-b, nilai-a, dan dimensi fraktal untuk 4 cluster wilayah penelitian

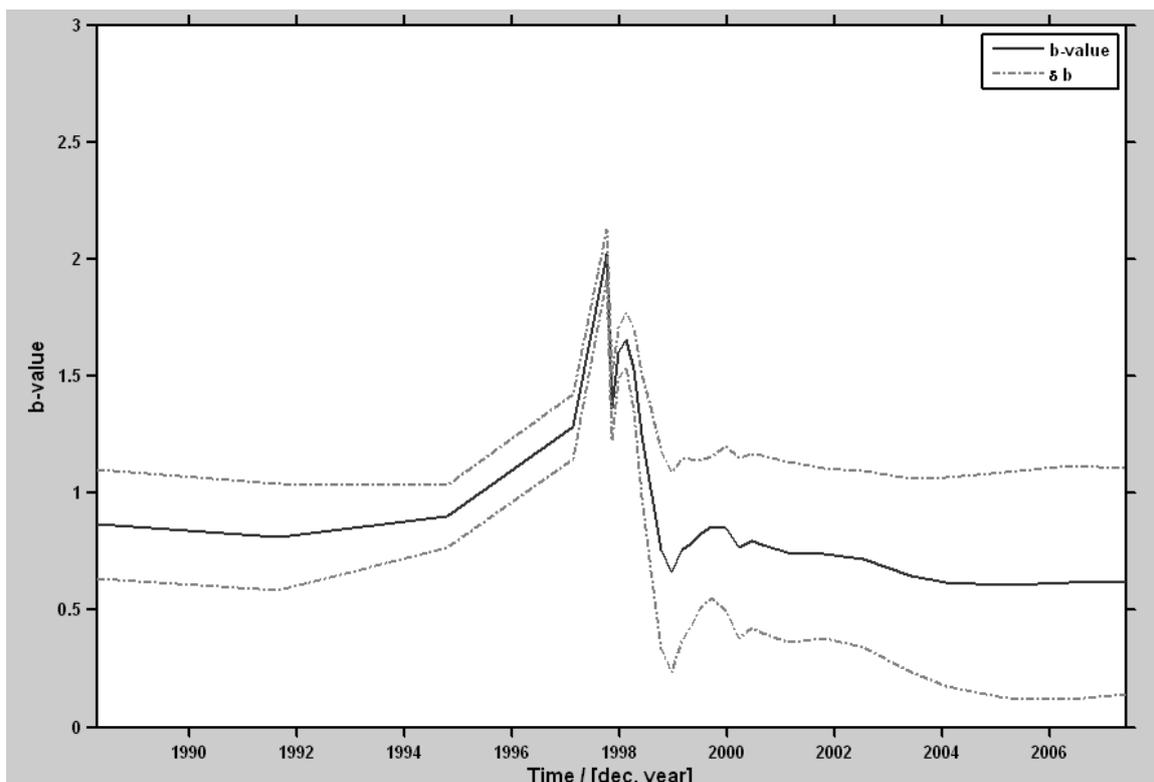
Pembagian Cluster	Nilai-b	Nilai-a	Dimensi Fraktal
Cluster 1 (Mamuju, Palopo, Mamasa, Rantepao, dan sekitarnya)	1.03-1.23	7.09	2.27-2.33
Cluster 2 (Majene, Polewali, Pinrang, Pare-Pare, Wattansoppeng, Baru, dan sekitarnya)	0.95-1.35	6.44	2.01-2.13
Cluster 3 (Enrekang, Watampone, Sidenreng, Sengkang, Makale, Siwa, dan sekitarnya)	1.25-1.45	7.85	1.19-1.25
Cluster 4 (Pangkajene, Ujung Pandang, Sungguminasa, Takalar, Jeneponto, Bantaeng, Bulukumba, Sinjai, dan sekitarnya)	0.463-0.563	3.48	1.74-1.98

Distribusi temporal seismotektonik (distribusi nilai-b terhadap waktu) pada wilayah Sulawesi bagian selatan dan barat dapat dilihat pada grafik dalam gambar 4 dan 5. Berdasarkan kedua gambar tersebut dapat diinterpretasikan bahwa aktifitas kejadian gempa bumi dengan magnitudo lebih besar dari 5 dan terjadi dalam interval waktu antar kejadian yang singkat dicirikan dengan nilai-b yang rendah, sebaliknya aktifitas gempa bumi dengan magnitudo lebih besar dari 5 terjadi dalam interval waktu antar kejadian yang lama dicirikan dengan nilai yang tinggi.

Berdasarkan hasil yang diperoleh (tabel 1), nilai-b terbesar berada di wilayah penelitian cluster 3 yaitu daerah Enrekang, Watampone, Sidenreng, Sengkang, Makale, Siwa dan sekitarnya. Nilai-b besar selanjutnya adalah cluster 1 (Mamuju, Palopo, Mamasa, Rantepao dan sekitarnya), diikuti oleh cluster 2 dan 4. Berdasarkan data kejadian gempa yang telah dianalisa, di wilayah penelitian cluster 1 dan 3 telah terjadi gempa besar dengan magnitudo lebih besar dari 5 dalam frekuensi yang relatif banyak dibandingkan dengan wilayah penelitian cluster 2 dan 4, yaitu gempa bumi tanggal 8 Januari 1984 dengan magnitudo 6.9 untuk cluster 1 dan gempa bumi tanggal 9 Desember 1989 dengan magnitudo 6.9 untuk cluster 3.



Gambar 4. Grafik hasil analisa time series, menunjukkan frekuensi kumulatif kejadian gempa bumi terhadap waktu (bintang kuning merupakan kejadian gempa bumi dengan magnitudo>5)



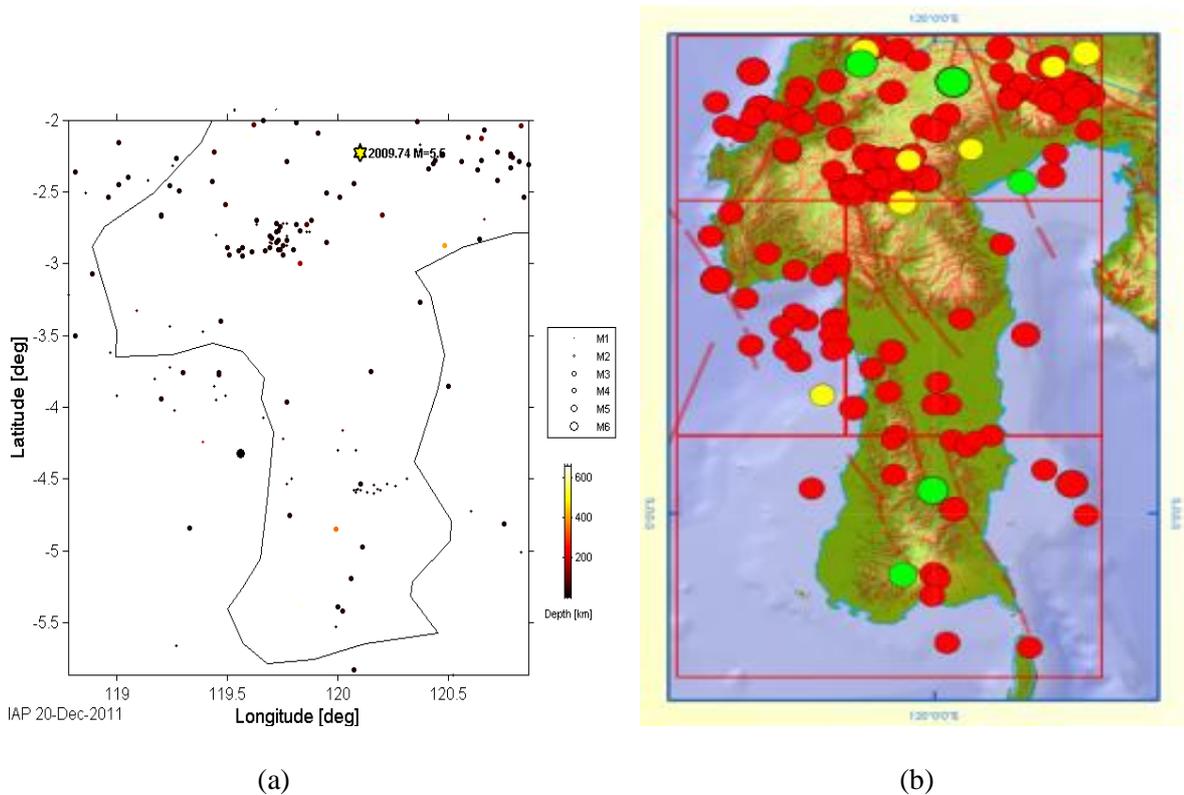
Gambar 5. Distribusi nilai-b terhadap waktu

Nilai dimensi fraktal terbesar dihasilkan di wilayah penelitian cluster 1, selanjutnya diikuti oleh wilayah penelitian cluster 2, cluster 4, dan nilai dimensi fraktal terkecil dihasilkan di wilayah penelitian cluster 3. Berdasarkan hasil tersebut, maka daerah di Sulawesi bagian Selatan dan Barat yang berpotensi untuk terjadinya perulangan gempa bumi dalam interval waktu yang singkat adalah daerah Enrekang, Watampone, Sidenreng, Sengkang, Makale, Siwa dan sekitarnya. Daerah Mamuju, Palopo, Mamasa, Rantepao, dan sekitarnya adalah daerah yang memiliki peluang terjadinya perulangan gempa bumi dalam selang waktu yang lama.

Validasi dilakukan terhadap data gempa bumi yang digunakan dalam proses analisa (data tahun 1998-2008) dengan data gempa bumi yang terjadi setelah tahun 2008 yaitu tahun 2009-2010 untuk membuktikan pernyataan hasil analisa yang telah diperoleh.

Dengan memperhatikan peta kejadian gempa bumi (gambar 4.6) dan data distribusi

kejadian gempa bumi (lampiran 5, 6, 7, 8) tahun 2009-2010, dapat dilihat bahwa beberapa gempa bumi dengan magnitudo relatif besar dan interval waktu perulangan kejadian gempa bumi yang relatif cepat telah terjadi di wilayah dengan nilai-b yang relatif besar yaitu wilayah penelitian cluster 1 (daerah Mamuju, Palopo, Mamasa, Rantepao dan sekitarnya), bukan pada daerah dengan nilai-b terbesar (cluster 3). Selain itu tingkat seismisitas yang tinggi diperlihatkan oleh wilayah penelitian cluster 1, daerah dengan nilai-a terbesar kedua. Hal ini dapat dipahami, sebab wilayah cluster 1 memiliki *magnitude completeness* (kelemahan magnitudo) yang lebih besar di bandingkan dengan wilayah penelitian cluster lainnya, yaitu 4.6. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa gempa-gempa dengan magnitudo yang besar terjadi pada wilayah penelitian ini. Kejadian gempa bumi di wilayah penelitian cluster 1 masih dipengaruhi oleh keaktifan sesar Palu Koro dan sesar Matano.



Gambar 6. Gempa bumi yang terjadi setelah tahun 2008 sebagai validasi (a) program Zmap (b) program Arcview Gis (sumber data: BMKG).

Pada hasil validasi, wilayah penelitian cluster 3 tidak memperlihatkan tingkat seismisitas yang tinggi dan interval waktu perulangan kejadian gempa bumi lebih lama dibandingkan dengan wilayah penelitian cluster lain. Hal ini dapat dijelaskan bahwa daerah Enrekang, Watampone, Sidenreng, Sengkang, Makale, Siwa dan sekitarnya yang termasuk dalam wilayah penelitian tersebut, dilewati oleh sesar Saddang yang pada tahun 2009-2010 tidak menunjukkan keaktifan yang signifikan. Wilayah penelitian cluster 2 (Majene, Polewali, Pinrang, Pare-Pare, Wattansoppeng, Barru, dan sekitarnya) merupakan wilayah yang menunjukkan tingkat seismisitas terbesar kedua. Pernyataan tersebut dapat diperkuat dengan adanya sesar Pastonoster dan pemekaran samudera di Selat Makassar yang bergerak ke arah Barat dan Timur yang memicu kejadian gempa bumi di wilayah penelitian ini. Tingkat seismisitas tertinggi ketiga adalah wilayah penelitian cluster 4 (Pangkajene, Ujung Pandang, Sungguminasa, Takalar, Jeneponto, Bantaeng, Bulukumba, Sinjai, dan sekitarnya), sebab wilayah ini dilalui oleh sesar Walanae.

Melihat penjelasan di atas, maka nilai-a, nilai-b, dan dimensi fraktal hasil analisis serta

hasil validasi bertentangan dengan pernyataan yang menyatakan bahwa nilai-b tinggi berkorelasi dengan tingkat stress yang rendah, sehingga memiliki peluang terjadinya gempa besar atau sebaliknya, serta pernyataan dimensi fraktal yang besar memiliki perulangan kejadian gempa bumi dalam interval waktu yang lama atau sebaliknya.

Merujuk pada gambar 5, analisis distribusi nilai-b sebagai precursor gempa bumi dapat dilihat bahwa penurunan nilai-b dapat dijadikan sebagai indikator akan terjadi gempa bumi dengan magnitudo yang besar dan interval waktu antar kejadian yang relatif cepat.

SIMPULAN

Besar magnitudo completeness (kelengkapan magnitudo) di wilayah Sulawesi bagian selatan dan barat adalah 4.3 yang berarti bahwa frekuensi kejadian gempa bumi di wilayah ini akan berkurang untuk magnitudo lebih besar dari 4.3.

Distribusi spasial seismotektonik menunjukkan nilai-b dan nilai-a yang relatif tinggi menginterpretasikan bahwa daerah Mamuju, Palopo, Mamasa, Rantepao dan sekitarnya adalah daerah yang berpotensi besar

untuk terjadinya gempa bumi dengan magnitudo besar.

Nilai-b dan nilai-a yang rendah menginterpretasikan bahwa daerah Pangkajene, Ujung Pandang, Sungguminasa, Takalar, Jeneponto, Bantaeng, Bulukumba, Sinjai, dan sekitarnya adalah daerah yang berpeluang sangat kecil untuk terjadinya gempabumi dengan magnitudo yang besar.

Distribusi temporal seismotektonik berdasarkan dimensi fraktal menunjukkan nilai dimensi fraktal yang kecil menginterpretasikan daerah Mamuju, Palopo, Mamasa, Rantepao dan sekitarnya adalah daerah yang memiliki peluang selang waktu perulangan gempa bumi yang cepat, dan nilai dimensi fraktal yang besar menginterpretasikan daerah Pangkajene, Ujung Pandang, Sungguminasa, Takalar, Jeneponto, Bantaeng, Bulukumba, Sinjai, dan sekitarnya adalah daerah dengan perulangan kejadian gempa bumi dalam interval waktu yang relatif lama.

Distribusi nilai-b terhadap waktu di wilayah Sulawesi bagian selatan dan barat menunjukkan nilai-b menurun secara drastis ketika akan terjadi gempa bumi dengan magnitudo yang besar dan interval waktu antar kejadian sangat cepat. Pernyataan ini hanya sebagai precursor gempa bumi bukan sebagai prediksi gempa bumi.

DAFTAR RUJUKAN

- Das, Shamita., Boatwright, John., Scholz, Christopher. (1986) *Earthquake Source Mechanics*, Washington DC : American Geophysical Union.
- Dimri, VP. *Fractal Analysis of Aftershock Sequene of the Bhuj Earthquake A Wavelet-Based Approach*, India : National Gephysical Research Institute, Hyderabad 500 007. (<http://www.ias.ac.in>)
- Dimri, VP. *Fractal Behaviour of The Earth System, Hal 11*, India : National Gephysical Research Institute, Hyderabad 500 007. (<http://books.google.co.id>)
- Hudson, J.A. (1992) *Rock Characterization, ISRM Symposium Eurock '92*, British Geotechnical Society.
- Katili, J.A. (1980) *Geotectonics of Indonesia a Modern View*, Department of Geology, Bandung Institute of Technology.

- Nazir, Moh. (2005). *Metode Penelitian*, Ciawi : Ghalia Indonesia.
- Reiter, Leon. (1991). *Earthquake Hazard Analysis*, New York : Columbia University Press.
- Restuning Galih, Dodi., Handayani, Lina. (2007) *Pemetaan Pola Terjadinya Gempa Bumi Di Indonesia Dengan Metode Fraktal*, Bandung : Pusat Penelitian Geoteknologi, LIPI.
- Rohadi, Suprianto. *Distribusi Spasial dan Temporal Seismotektonik Wilayah Subduksi Jawa*, Buletin Megasains 1 (4). Padang : Global Atmosphere Watch Bukit Kota Tabang
- Sukmono, Sigit. (1997). *Analisa Fraktal Mekanika Kegempaan Sistem Sesar Sumatera*, Bandung : Perpustakaan Digital ITB.
- Sunardi, Bambang. (2009). *Analisis Fraktal dan Rasio Slip Daerah Bali-NTB Berdasarkan Pemetaan Variasi Parameter Tektonik*, Seismologi. (<http://daily-sunardi.blogspot.com>)
- Turcotte, Donald, L. (1997) *Fractals and Chaos in Geology and Geophysics (second edition)*, New York : Cambridge University Press. (<http://books.google.co.id>)