

MENENTUKAN PELUANG DAN PERIODE ULANG GEMPA DENGAN MAGNITUDE TERTENTU BERDASARKAN MODEL GUTTENBERG - RITCHER

Tati Zera

Prodi Fisika, FST UIN Syarif Hidayatullah, Jln. Ir. H. Juanda no. 95 Ciputat, Jakarta

email: tati_zera@uinjkt.ac.id

Abstrak

Salah satu model sederhana prediksi gempa bumi yang dibangun berdasarkan hubungan magnitudo (kekuatan gempa) dengan frekuensi kumulatif kejadiannya adalah model yang mengacu pada persamaan Gutenberg - Richter. Telah dilakukan pengujian terhadap model tersebut dengan suatu simulasi penentuan peluang dan periode ulang gempa dengan kekuatan tertentu. Eksekusi model terhadap 204 data gempa bumi dengan magnitudo ≥ 5 SR dan kedalaman pusat gempa < 100 Km yang terjadi selama Januari 1910 sampai Januari 2010 di wilayah Barat pulau Jawa dengan batas Geografis 6° – 8° LS dan 105° – 109° BT, menunjukkan bahwa gempa dengan kekuatan yang lebih kecil mempunyai periode ulang yang lebih singkat dan peluang terjadinya lebih besar. Sedangkan gempa dengan kekuatan lebih besar mempunyai periode ulang lebih panjang dan peluang terjadinya lebih kecil. Pengujian terhadap data tersebut juga menghasilkan nilai *indeks seismisitas* $a = 0.06 - 1.38$ dan nilai *kerentanan batuan* b sebesar $0.63 - 1.19$ yang menggambarkan resistensi daerah tersebut terhadap kejadian gempa. Periode ulang (100 tahun) terbesar = 99,9% berada pada wilayah 3 dengan periode ulang 19 tahun dan indeks seismisitas gempa terbesar terbesar 1,38

Abstract

A simple model of earthquake prediction can be constructed based on Magnitude and cumulative frequency relation by Gutenberg - Richter equation. It is carried out a probability determined simulation and quake repetition period with a certain magnitude to examine the model. Executing the model to 204 earthquakes data with > 5 RS of magnitude and > 100 km hypocentre which occurred in January 1910 to January 2010 in West Java region at $6^{\circ} - 8^{\circ}$ N and $105^{\circ} - 109^{\circ}$ W, shown that the earthquake with low magnitude has shorter repetition period and bigger probability to occur. On the other hand the earthquake with higher magnitude has longer repetition period and has small probability to occur. By conducting the model test, it is obtained the *seismicity index*, $a = 9.46$ and the *rock resistance*, $b = 1.265$, which is showing the resistance of that region to a quake. The highest repetition periods (100 years) = 99,9% is in 3rd area with 19 year and seismicity index for highest quake is 1.38.

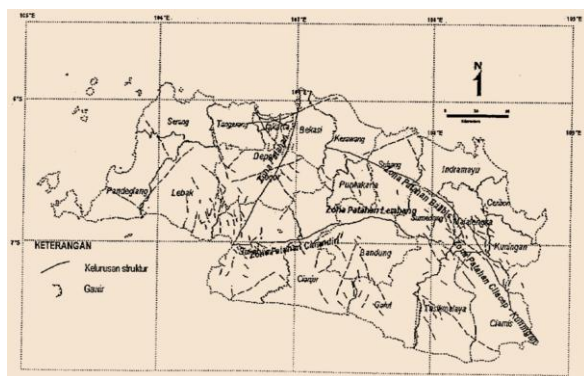
Keywords: Earthquake Prediction, Gutenberg-Richter, seismicity index, rock resistance.

1. Pendahuluan

Bagian Barat pulau Jawa yang terbentang pada wilayah 6° - 8° LS dan 105° - 109° BT merupakan bagian wilayah kepulauan Indonesia yang terletak pada lempeng tektonik Samudera Hindia-Australia yang bergerak ke utara dengan kecepatan 70 mm pertahun dan menunjam di bawah bagian lempeng tektonik Benua Eurasia. Lokasi ini menjadi daerah dengan tingkat aktivitas gempabumi yang cukup tinggi. Dalam kerangka geotektonik, wilayah ini dikelompokkan menjadi empat zona utama patahan. Zona-zona patahan tersebut adalah zona patahan Cimandiri dan zona patahan Lembang yang berjurus Timur Laut-Barat Daya serta zona patahan Baribis dan zona patahan Cilacap-Kuningan yang berjurus Barat Laut-Tenggara.

Berdasarkan fakta yang ada, di bagian Barat pulau Jawa Barat memiliki sejarah panjang gempabumi merusak, diantaranya adalah gempabumi Kuningan tahun 1875, gempabumi Tasikmalaya tahun 1979, gempabumi Majalengka tahun 1990, gempabumi Sukabumi tahun 2000, 633, gempabumi Gunung Halu 2005, gempabumi dan Tsunami Pangandaran tahun 2006.

Dari tinjauan tektonik dan distribusi kegempaan dapat dilihat secara umum wilayah Jawa bagian Barat mempunyai peluang terjadinya gempabumi tektonik yang tinggi, namun dengan metode statistik akan dapat diketahui secara numerik tingkat kegempaan, indeks seismisitas, probabilitas terjadinya gempabumi, dan periode ulang kejadian gempabumi untuk magnitude tertentu. Peluang terjadinya gempabumi dengan kekuatan yang sama yang pernah terjadi di suatu daerah tertentu juga dapat diperkirakan, sehingga dapat diminimalisir kerusakan yang mungkin terjadi.



Gambar 1. Zona patahan aktif di wilayah Jawa bagian Barat

Berdasarkan formulasi Gutenberg-Richter (1) suatu daerah dapat dikatakan memiliki tingkat aktivitas gempabumi yang tinggi jika nilai b nya kecil. Nilai b berkaitan langsung dengan karakteristik tektonik dari setiap wilayah dan

menunjukkan parameter seismotektonik pada daerah tersebut yang berhubungan dengan kerentanan batuan. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan *indeks seismisitas a*, *nilai b*, *peluang terjadinya gempa dengan magnitude tertentu serta periode ulangnya* berdasarkan persamaan Gutenberg-Richter dengan dukungan fakta dan data historis kejadian gempa bumi merusak sejak Januari 1910 sampai Januari 2010 (100 tahun).

2. Metode Penelitian

Parameter seismotektonik suatu wilayah dapat diketahui dari relasi Gutenberg-Richter atau hubungan *magnitude-frekuensi* (Gutenberg and Richter, 1942) yang dituliskan sebagai

$$\log N(M) = a - bM \quad (1)$$

dimana $N(M)$ adalah jumlah gempabumi dengan magnitude M , a dan b adalah konstanta, dimana nilai a merupakan parameter seismik atau indeks seismisitas yang besarnya bergantung pada banyaknya gempa dan untuk wilayah tertentu. Nilai b merupakan parameter tektonik yang menunjukkan karakteristik seismotektonik wilayah tersebut.

Data yang digunakan pada penelitian adalah data gempabumi yang terjadi di wilayah dengan batas geografis 6° - 8° LS dan 105° - 109° BT dengan magnitude ≥ 5 dan kedalaman pusat gempabumi ≤ 100 km, (gempa dangkal) yang berjumlah sebanyak 204 kejadian gempa. Agar lebih spesifik dan terperinci maka wilayah penelitian tersebut dibagi menjadi 7 wilayah. Gambaran seismisitas dan pembagian wilayah penelitian di tunjukkan pada gambar 2



Gambar 2. Seismisitas dan pembagian wilayah penelitian

Dua parameter seismotektonik yang sering digunakan dalam menganalisa berbagai hal menyangkut gempa bumi adalah *indeks seismisitas a* yang menunjukkan intensitas kejadian gempa bumi di suatu daerah tertentu dan *nilai b*

yang menunjukkan nilai kerentanan batuan. Dalam formulasi Guttenberg – Richter, nilai **a** dan **b** merupakan konstanta dalam hal ini ditentukan dengan metode *likelihood maksimum* yang telah diformulasikan oleh Utsu (1967), yaitu

$$\hat{b} = \frac{\log e}{M - M_0} \quad 2)$$

Dimana $e = 2,71828$, $\overline{M}$ adalah magnitude rata-rata dan M_0 adalah magnitude minimum. Selanjutnya perhitungan nilai indeks seismisitas **a**, ditentukan dengan menggunakan formula berikut :

$$a = \log N(M > M_0) + \log(\hat{b} \ln 10) + M_0 \hat{b} \quad 3)$$

Perhitungan probabilitas (peluang) terjadinya gempa (**P**) dengan magnitude **M** untuk beberapa nilai waktu **T** yaitu 10 tahun, 30 tahun, 50 tahun dan 100 tahun dengan formula berikut :

$$P(M, T) = (1 - e^{-N_1(M)T}) \quad 4)$$

Sedangkan perhitungan periode ulang (**Q**) kejadian gempabumi merusak didapatkan dengan menggunakan formula :

$$\Theta = \frac{1}{N, M} \quad 5)$$

dengan **N** adalah jumlah kejadian gempa bumi dengan magnitude **M**.

3. Hasil dan Pembahasan

Dengan menggunakan metode Likelihood Maksimum sebagaimana yang telah dibahas dan diuraikan diatas, diperoleh nilai **a** (indeks seismisitas) dan **b** untuk ke tujuh grid wilayah sebagaimana pada gambar 2, diperoleh hasil sebagai berikut;

Tabel 1. Hasil pernilai indeks seismisitas **a** dan **b**.

Wilayah	$\hat{a}$	$\hat{b}$
1	6.34	0.85
2	6.45	0.96
3	5.45	0.63
4	7.22	1.19
5	7.86	1.18
6	7.88	1.19
7	5.99	0.90

3.1. Nilai **b** (kerentanan batuan)

Tabel 1. Menunjukkan bahwa **a** mempunyai nilai dalam rentang 5,45 – 7.88 dan nilai **b** berkisar 0.63 - 1.19.

Harga **b** berhubungan dengan sifat kerentanan batuan. Nilai **b** besar berarti kondisi batuan di daerah tersebut rentan terhadap resiko gempa bumi. Dan sebaliknya jika nilai **b** kecil berarti bahwa batuan di daerah tersebut kurang rentan terhadap resiko gempa bumi. Dari tabel 1. nilai terendah **b** terdapat pada wilayah 3 dengan nilai 0.63 yang berarti bahwa wilayah 3 lah yang mempunyai kerentanan batuan terendah dibanding wilayah lainnya dan berarti bahwa wilayah 3 mempunyai resiko kerentanan batuan yang terendah. Dan nilai terbesar **b** (1.19) berada pada wilayah 4 dan 6. Artinya wilayah 4 dan 6 adalah wilayah yang mempunyai tingkat stress yang tinggi dan yang mempunyai potensi resiko gempa yang tinggi juga di banding wilayah lainnya. Namun jika dilihat dari data pada tabel 2, wilayah ini memiliki frekuensi gempa yang paling kecil di banding wilayah lainnya. Hal ini dimungkinkan karena nilai **b** yang diperoleh pada penelitian ini tidak bergantung pada aktifitas kegempaan pada daerah pengamatan karena nilai **b** yang rendah pada wilayah tersebut disebabkan oleh akumulasi stress yang belum dilepaskan.

3.2. Indeks Seismisitas

Untuk menghitung jumlah rata-rata gempabumi pertahun dengan magnitude tertentu digunakan nilai indeks seimisitas (**a**). Nilai **a** untuk distribusi kumulatif ditentukan dengan metode likelihood maksimum dengan menghitung indeks seismisitas gempa bumi dengan $M \geq 5$. Hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2. Perbandingan parameter aktifitas seismik dan indeks seismisitas tiap wilayah

Wilayah	$\hat{a}_1$	$\hat{a}'$	$\hat{a}_1'$	$N_1^{(M \geq 5)}$
1	4.34	6.05	4.05	0.63
2	4.45	6.11	4.11	0.20
3	3.45	5.29	3.29	1.38
4	5.22	6.79	4.79	0.06
5	5.86	7.43	5.43	0.33
6	5.88	7.45	5.45	0.31
7	3.99	5.68	3.68	0.15

Indeks seismisitas merupakan normalisasi dari jumlah gempabumi pertahun. Daerah dengan indeks seismisitas tinggi merupakan rawan bencana gempa bumi. Hasil perhitungan indeks seismisitas pertahun untuk 7 wilayah berkisar antara 0.06 s/d 1.38, dimana untuk wilayah 3 memiliki indeks seismisitas lebih tinggi dibandingkan wilayah

lainnya yaitu sebesar 1.38. Sedangkan wilayah 4 memiliki indeks seismisitas lebih kecil dibandingkan wilayah lainnya yaitu sebesar 0.06.

3.3. Probabilitas Kejadian Gempabumi

Untuk menghitung besar peluang terjadinya gempabumi diambil periode $T=10, 30, 50$, dan 100 . Sedangkan magnitude yang dipilih adalah $M \geq 5$ SR dengan asumsi gempa tersebut berpotensi merusak. Parameter yang dihitung sebagai indeks seismisitas akan memberikan kemudahan bagi kita untuk mengetahui kemungkinan terjadinya paling sedikit satu kali terjadi gempa besar (merusak) di suatu daerah dalam jangka waktu tertentu.

Hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 4 (besarnya peluang) dan 5 (periode ulang), untuk masing – masing wilayah dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Probabilitas kejadian gempa untuk periode T (tahun) dan nilai rata-rata periode ulang gempa merusak pada tiap wilayah

Wilayah	Indeks Seismisitas	$T=10 \text{ Thn}$ (%)	$T=30 \text{ Thn}$ (%)	$T=50 \text{ Thn}$ (%)	$T=100 \text{ Thn}$ (%)	θ (Tahun)
1	0.019	17.4	43.5	61.4	85.1	53
2	0.012	88.6	30.3	45.2	69.8	83
3	0.054	41.8	46.3	93.3	99.6	19
4	0.004	4	11.4	18.2	33	250
5	0.004	4	11.4	18.2	33	250
6	0.004	4	11.4	18.2	33	250
7	0.015	14.4	36.3	52.8	77.7	67

Periode ulang yang pendek mengindikasikan seringnya kejadian gempa bumi pada suatu wilayah dan sebaliknya periode ulang yang panjang menunjukkan gempa bumi jarang sekali terjadi. Periode ulang yang pendek ini akan berkorelasi dengan harga indeks seismisitas yang tinggi dan mengindikasikan tingginya frekuensi kejadian gempa bumi di daerah tersebut. Demikian juga sebaliknya. Hasil perhitungan pada semua wilayah memperlihatkan bahwa periode ulang paling singkat adalah 19 tahun pada wilayah 3 dengan nilai indeks seismisitas 0.054 (tertinggi) dan paling lama 250 tahun pada wilayah 4, 5, dan 6 dengan indeks seismisitas 0,004 (terendah). Peluang terjadinya gempa merusak tertinggi berada pada periode ulang $T = 100$ tahun dengan peluang 99.6 % yang artinya dalam waktu seratus tahun pasti terjadi gempa bumi merusak. Dengan memperhatikan harga peluang terjadinya gempa bumi yang tinggi pada wilayah 4 dan harga indeks seismisitasnya yang tertinggi, dapat dikatakan bahwa daerah paling beresiko mengalami gempa bumi merusak adalah wilayah 4.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa data gempa dari periode Februari 1910 s/d September 2010 dengan menggunakan metode likelihood maksimum untuk daerah Jawa bagian Barat dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan nilai b untuk 7 wilayah dengan $M \geq 5$ SR nilainya berkisar antara 0.63 - 1.19 dengan indeks seismisitas pertahun 0.06 - 1.38.
2. Peluang terbesar kejadian gempa berada pada wilayah 3 untuk periode 100 tahun sebesar 99.9% dengan periode ulang gempa tercepat yaitu 19 tahun. Periode ulang yang pendek biasanya berkorelasi dengan wilayah dengan aktifitas kegempaan yang relatif tinggi, dan sebaliknya.
3. Probabilitas terkecil kejadian gempa bumi berada pada wilayah 4, 5 dan 6 dengan periode ulang terbesar 250 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

Jurnal

- [1] Welkner, Peter. *Stastical Analysis of Eartquake Occurance in Japan 1926 – 1952*. BUSBE, Vol 2 Hal 1-27. 1945
- [2] Soehaimi, A. *Seismotektonik dan Kegempaan Wilayah Jawa*. Jurnal Geologi Indonesia, Vol.3 Hal 227-240. 2008.
- [3] Rohadi, Supriyanto. Grandis, Hendra. A. Ratag, Mezak. *Studi Potensi Seismotektonik sebagai Precursor Tingkat Kegempaan di Wilayah Sumatera*. Jurnal Meteorologi dan Geofisika. Vol.9 No.2 November 2008. BMKG. Jakarta. 2008.
- [4] Rohadi, Supriyanto. Grandis, Hendra. A. Ratag, Mezak. *Studi Variasi Seismisitas Zona Subduksi Jawa*. Jurnal Meteorologi dan Geofisika. Vol.8 No.1 Juli 2007. BMKG. Jakarta.2007.
- [5] Rohadi, Supriyanto. *Distribusi Spasial dan Temporal Seismotektonik Wilayah Subduksi Jawa*. Jurnal Megasains 1 (4) Hal 180-188. BMKG. Jakarta.

Buku

- [1] Prawirodikromo, Widodo, *Seismologi Rekayasa Kegempaan*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta (2012), ISBN 978-602-229-110-7, p. 232-237

- [2] P.Utomo, Edi. Tohari, Adrin. Soebowo, Eko. Subardyanto. *Studi Kebijakan IPTEK, Zona Resiko Bencana Geologi Jawa Barat*. Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI. Bandung. 2003.

Prosiding

- [1] Sulaiman, Rasyidi. T. Gunawan, Mohamad. Pasaribu, Robert. *Analisis Statistik Keaktifan Gempabumi di Indonesia Tahun 1900-1998*. Jurnal Prosiding.