

KARAKTERISTIK TEKTONIK DAN PERIODE ULANG GEMPABUMI PADA SESAR CIMANDIRI JAWA BARAT TECTONICS CHARACTERISTICS AND EARTHQUAKE RECURRENCE PERIOD IN CIMANDIRI FAULT, WEST JAVA

Rendi Aris Munandar^{1,*} dan Riw Sulsaladin²

¹⁾ Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Banyumas, 53122

²⁾ BMKG Observatori Geofisika Palabuhanratu, Palabuhanratu, Sukabumi, 43364

*Email: rendi.munandar@mhs.unsoed.ac.id, riw.sulsaladin@bmkgo.go.id

ABSTRAK

Sesar Cimandiri merupakan salah satu sesar aktif di daratan Jawa bagian barat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik tektonik pada sesar Cimandiri dengan melihat dari nilai *a*-value dan *b*-value serta periode ulang terjadinya gempa dengan menggunakan metode Least Square dan metode Likelihood. Data yang digunakan adalah data dari BMKG dan USGS periode 1980-2020. Hasil penelitian untuk metode Least Square diperoleh nilai *a*-value pada kedalaman dangkal sebesar 2,386 serta pada kedalaman menengah sebesar 1,540 dan nilai *b*-value yang diperoleh pada kedalaman dangkal sebesar 0,538 serta pada kedalaman menengah sebesar 0,213. Sedangkan untuk metode Likelihood diperoleh nilai *a*-value pada kedalaman dangkal sebesar 3,905 serta pada kedalaman menengah sebesar 3,735 dan nilai *b*-value yang diperoleh pada kedalaman dangkal sebesar 0,483 serta pada kedalaman menengah sebesar 0,395. Dari analisis *a*-value dan *b*-value, karakteristik tektonik pada sesar Cimandiri menandakan bahwa aktifitas seismik tergolong tinggi. Selanjutnya dari keseluruhan periode ulang gempa tercepat pada metode Least Square sekitar 1,645 tahun (1,7 tahun) dan periode ulang gempa terlama sekitar 6,756 tahun (6,8 tahun). Sedangkan pada metode Likelihood periode ulang gempa tercepat sekitar 0,105 tahun (1,3 bulan) dan periode ulang gempa terlama sekitar 1,475 tahun atau 1,5 tahun.

Kata kunci: Sesar Cimandiri, Least Square, Likelihood, *a*-value, *b*-value, periode ulang.

ABSTRACT

The Cimandiri Fault is one of the active faults on the western part of Java. This study aims to determine the tectonic characteristics of the Cimandiri fault by looking at the *a*-value and *b*-value as well as the return period of the earthquake using the Least Square method and Likelihood method. The data used are data from BMKG and USGS for the period 1980-2020. The results of the research for the Least Square method obtained the *a*-value at a shallow depth of 2,386 and at an intermediate depth of 1,540 and the *b*-value obtained at a shallow depth of 0,538 and an intermediate depth of 0.213. As for the Likelihood method, the *a*-value is obtained at a shallow depth of 3,905 and at a medium depth of 3,735 and a *b*-value obtained at a shallow depth of 0,483 and an intermediate depth of 0,395. From the *a*-value and *b*-value analysis, the tectonic characteristics of the Cimandiri fault indicate that seismic activity is high. Furthermore, from the whole, the fastest earthquake return period on the Least Square method is around 1,645 years (1,7 years) and the longest earthquake return period is around 6,756 years (6.8 years). Whereas in the Likelihood method, the fastest earthquake return period is around 0,105 years (1,3 months) and the longest earthquake return period is around 1,475 years or 1,5 years.

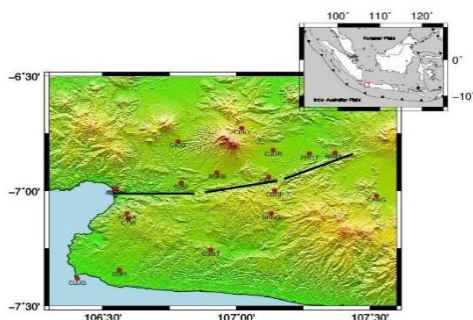
Keywords: Cimandiri Fault, Least Square, Likelihood, *a*-value, *b*-value, repeat period.

1. Pendahuluan

Wilayah Jawa bagian barat dikenal memiliki tingkat kerawanan gempa yang cukup tinggi. Hal tersebut disebabkan karena pada wilayah tersebut terdapat zona tumbukan lempeng yang menyebabkan struktur geologinya relatif kompleks, sehingga didalamnya berkembang struktur lipatan dan struktur sesar dengan seismisitas yang tinggi (Haryanto dkk, 2017). Pada wilayah Jawa bagian barat, setidaknya dijumpai enam struktur sesar regional yaitu sesar Cimandiri, sesar Cipeles, sesar Baribis, sesar Lembang, sesar Palabuhanratu dan sesar Citanduy [1].

Sesar Cimandiri merupakan sesar yang paling berperan terhadap sebaran batuan berumur Paleogen di wilayah Jawa bagian barat. Sesar (patahan) Cimandiri merupakan sesar regional yang terbentang mulai dari teluk Palabuhanratu (Sukabumi) sampai Gunung Tangkubanprahu-Gunung Burangrang (Subang-Bandung Utara). Bahkan menurut beberapa penelitian diperkirakan panjang dari sesar Cimandiri ini mencapai 100 km [2]. Sebagai sesar aktif, sesar Cimandiri bergerak dengan kecepatan geser 4-6 mm per tahun [3].

Secara kegempaan, data pergerakan dari GPS, data seismisitas dan sejarah gempabumi di sekitar zona sesar Cimandiri secara umum menunjukkan bahwa sesar ini merupakan sesar yang sangat aktif [4].



Gambar 1. Struktur Sesar Cimandiri [5].

Berdasarkan sejarah gempabumi tercatat ada beberapa kejadian gempabumi merusak yang terjadi di daerah lajur sesar Cimandiri di antaranya gempabumi Palabuhan ratu (1900), gempabumi Cibadak (1973), gempabumi Gandasoli (1982), gempabumi Padalarang (1910), gempabumi Tanjungsari (1972), gempabumi Conggeang (1948) dan gempabumi Kabupaten Sukabumi (2001) [6].

Berdasarkan fakta tersebut, maka perlu dilakukan penelitian yang komprehensif untuk mendapatkan karakteristik tektonik dan periode ulang gempa pada sesar Cimandiri dengan menggunakan metode *Least Square* dan *Likelihood*, sehingga dengan melakukan analisis terhadap karakteristik dan periode ulang gempabumi tersebut, khususnya untuk gempa dengan magnitudo besar, maka akan dapat dengan mudah untuk memperkirakan kapan gempa besar akan kembali terjadi di daerah lajur sesar Cimandiri tersebut dan akan lebih mudah dalam melakukan antisipasinya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai *a-value* dan *b-value* dengan menggunakan metode *Least Square* dan metode *Likelihood*, untuk mengetahui karakteristik tektonik sesar Cimandiri dan Untuk mengetahui periode ulang gempabumi di sesar Cimandiri dengan menggunakan metode *Least Square* dan metode *Likelihood*.

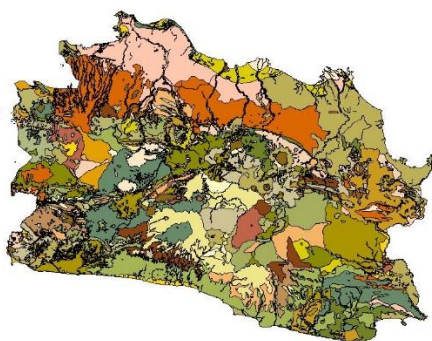
2. Tinjauan Pustaka

2.1. Gambaran Tektonik Jawa Bagian Barat

Daerah penelitian secara tepatnya berada di daerah Jawa bagian barat, yaitu sesar Cimandiri yang merupakan sesar regional aktif. Daerah ini dipilih karena aktivitas seismik atau kegempaan tergolong sangat tinggi, sehingga dapat dikatakan daerah ini

cukup aktif secara tektonik. Struktur regional Jawa bagian barat setidaknya memiliki empat pola struktur akibat adanya aktifitas tektonik yaitu berupa struktur perlipatan dan pensesaran yang diakibatkan oleh pengangkatan.

Daerah Jawa bagian barat, diketahui adanya banyak kelurusan bentang alam yang diduga merupakan hasil proses pensesaran. Dimana, jalur sesar tersebut umumnya berarah barat-timur, utara-selatan, timur laut-barat daya dan barat laut-tenggara.



Gambar 2. Peta Geologi Jawa Barat [7]

2.2. Sesar Cimandiri

Sesar (patahan) Cimandiri merupakan salah satu sesar aktif di daratan Jawa bagian barat yang diperkirakan mencapai panjang sekitar 100 km, membentang mulai dari muara Sungai Cimandiri di Palabuhanratu, Kabupaten Sukabumi, lalu mengarah ke timur laut melewati Kabupaten Cianjur, Kabupaten Bandung Barat, dan Kabupaten Subang. Bentuk morfologinya terekam dalam bentangan Teluk Palabuhanratu hingga selatan Kota Sukabumi berupa kelurusan sepanjang lembah Cimandiri [8].

Mekanisme sesar Cimandiri ini adalah sesar geser aktif dengan pergeseran relatif 4-6 mm per tahun. Secara kolektif Pergerakan sesar geser Cimandiri ini dapat terekam dari kenampakan pada bawah permukaannya. Dimana jika diamati dari penampang bawah permukaan

data seismik, maka akan nampak struktur bunga, dimana struktur bunga ini muncul karena seretan dari pergerakan sesar mendatar. Struktur bunga ini terekam pada kawasan Palabuhanratu [9].

2.4. Metode Least Square

Metode *Least Square* disebut sebagai suatu analisis statistik yang memanfaatkan hubungan antara dua variabel atau lebih yang memiliki tingkat error yang kecil [10]. Metode *Least Square* ini merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menentukan persamaan tren data yang terdiri atas analisis, *time series* dengan dua kasus data genap dan ganjil [11].

Dalam melakukan analisis untuk mengetahui seberapa jauh hubungan antar variabelnya maka digunakan satu variabel bebas dan satu variabel terikat. Dalam metode *Least Square* ini digunakan untuk data-data yang mempunyai hubungan korelasi linier seperti pada persamaan (1) dan persamaan (2).

$$b = \frac{n \sum (X_i \cdot Y_i) - (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i)}{(n \sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \quad (1)$$

Sedangkan nilai a dengan persamaan (2).

$$a = \frac{\sum Y_i - b \sum X_i}{n} \quad (2)$$

2.5. Metode Likelihood

Metode *likelihood* merupakan sebuah metode yang digunakan untuk memecahkan tentang masalah statistik seismologi [12]. Dimana dalam menentukan analisis aktivitas gempa tingkat seismisitas dan tektoniknya digunakan persamaan Guttenberg-Richter (1954) seperti pada persamaan (3).

$$\hat{b} = \frac{\log e}{\hat{M} - M_0} \quad (3)$$

Sedangkan nilai a dapat dicari dengan hubungan frekuensi kumulatif. Dengan nilai a yang diperhitungkan dari hubungan frekuensi kumulatif $M \geq M_0$ adalah seperti persamaan (4).

$$\hat{a} = \log N(M + M_0) + \log(\hat{b} \ln 10) + M_0 \hat{b} \quad (4)$$

Dipergunakan nilai pengamatan dari $N(M_0)$, di peroleh nilai \hat{a} yang sesuai dengan distribusi magnitudo yang nyata [13].

2.6. Indeks Seismisitas

Waktu pengamatan dan distribusi magnitudo gempa, dapat diketahui dengan memperkirakan jumlah rata-rata per tahun gempabumi, yaitu dengan melakukan analisis terhadap data-data yang bersesuaian untuk gempabumi tanpa gempa susulan dan gempa *swarm*. Parameter yang dihitung sebagai indeks seismisitas akan memberikan kemungkinan mengenai perkiraan aktivitas gempa pada suatu daerah.

Indeks seimisitas gempa dengan magnitudo besar atau sama dengan 5,0 SR ($N1(M \geq 5)$) menggambarkan total kejadian gempabumi rata-rata per tahun dan dapat ditentukan berdasarkan persamaan (5) [14] :

$$N1(M \geq M_0) = 10^{(a - \log(b \ln 10) - \log \Delta T) - b M_0} \quad (5)$$

2.7. Periode Ulang

Dengan cara statistik yang ada, gempabumi yang pernah terjadi di suatu daerah tertentu dapat diperkirakan kapan waktu terjadinya gempabumi dengan kekuatan yang

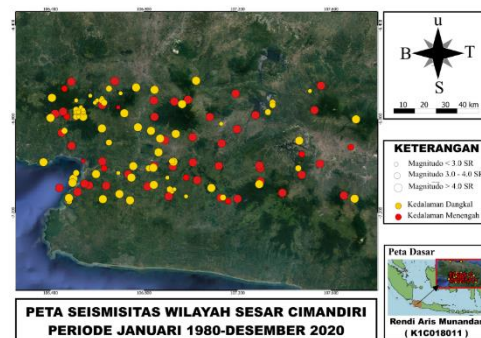
sama akan terulang lagi, sehingga dapat ditekan sekecil mungkin kerusakan yang mungkin terjadi [15]. Untuk mendapatkan peluang terjadinya gempabumi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 6 :

$$\theta(M \geq M_0) = \frac{1}{N1(M \geq M_0)} \quad (6)$$

3. Metodologi

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang karakteristik tektonik dan periode ulang gempa bumi untuk mengetahui kondisi tektonik dan periode ulang gempa di sesar Cimandiri koordinat 6.630°-7.150° LS dan 106.370°-107.850° BT. yang dilakukan pada periode Januari 1980 – Desember 2020 (41 tahun) yang dilakukan dengan menggunakan metode *Least Square* dan metode *Likelihood*. Adapun tempat pengambilan data sekunder telah dilakukan di Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan situs USGS.



Gambar 3. Peta seismisitas wilayah sesar Cimandiri periode Januari 1980-Desember 2020.

3.2. Prosedur Kerja



4. Hasil dan Pembahasan

Secara regional sesar Cimandiri berada pada koordinat 6.630° LS – 7.150° LS dan 106.370° BT – 107.880° BT. Banyaknya data gempa yang

diperoleh dari BMKG dan situs USGS adalah 165 kejadian gempabumi dengan magnitudo 2.5 SR – 7.4 SR serta kedalaman 0 - 300 km yang diambil dari periode 41 tahun terakhir. Dalam hal ini penelitian dibagi menjadi

2 kedalaman yaitu kedalaman dangkal dan kedalaman menengah. Hal tersebut untuk mempermudah dalam menganalisa perbandingan *a-value* dan *b-value*nya.

Data gempa yang digunakan pada penelitian ini adalah data gempabumi yang diperoleh dari BMKG dan USGS dengan rentang waktu 41 tahun terakhir yang diperoleh sebanyak 165 kejadian gempa dengan magnitudo 2,5 SR – 7,4 SR dan kedalaman 0 - 300 km. Dari data gempa tersebut maka diperoleh nilai *a-value* dan *b-value* yang bervariasi, dari nilai yang diperoleh dapat ditentukan karakteristik sesar Cimandiri dan wilayah manakah yang memiliki tingkat seismisitas yang tinggi berdasarkan nilai yang diperoleh, serta periode ulang yang terjadi pada sesar Cimandiri.

a. Perbandingan nilai *a-value* dan *b-value* dengan menggunakan metode *Least Square* dan metode *Likelihood*

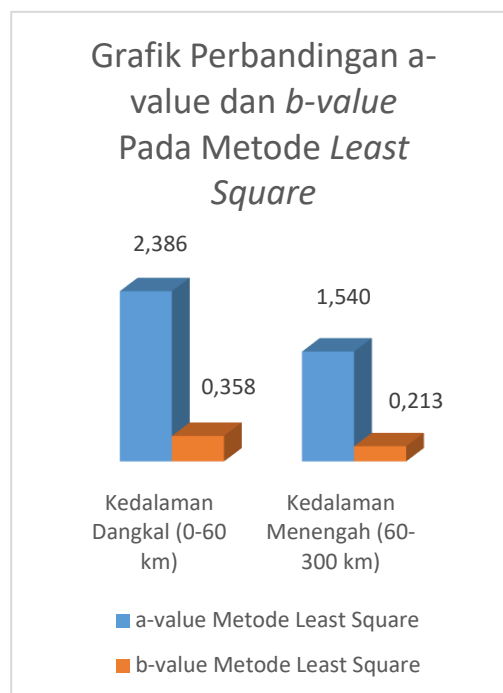
Perbandingan kedua metode yang digunakan baik metode *Least Square* maupun metode *Likelihood* di peroleh interval nilai untuk kedua metode tersebut apakah memiliki jarak interval yang jauh atau mendekati.

Perhitungan *a-value* dan *b-value* pada metode *least square* dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2). Sedangkan perhitungan *a-value* dan *b-value* pada metode *Likelihood* dilakukan dengan menggunakan persamaan (3) dan persamaan (4).

Berdasarkan hasil perhitungan *a-value* dan *b-value*, maka didapat nilai perbandingan nilai *a-value* dan *b-value* dengan metode *least square* dan metode *Likelihood* adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Analisis keseluruhan *a-value* dan *b-value* pada metode *Least Square*

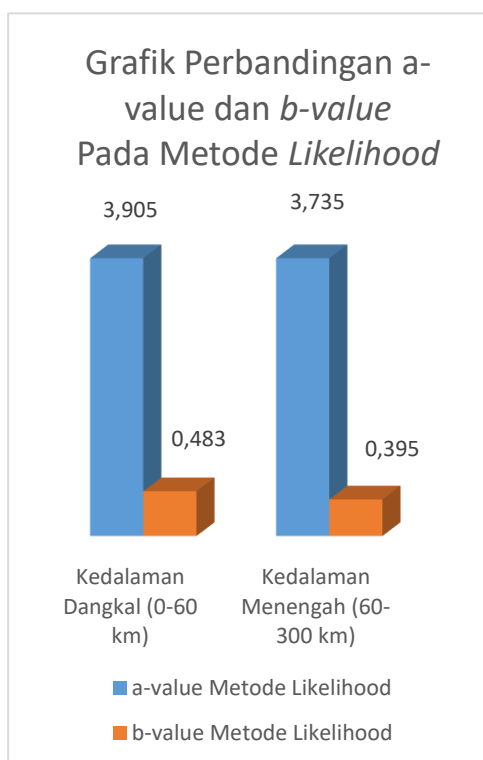
Kedalaman	Least Square	
	<i>a-value</i>	<i>b-value</i>
Kedalaman Dangkal	2.386	0.358
Kedalaman Menengah	1.540	0.213



Gambar 4. Grafik Perbandingan *a-value* dan *b-value* pada metode *Least Square*.

Tabel 2. Analisis keseluruhan *a-value* dan *b-value* pada metode *Likelihood*.

Kedalaman	Likelihood	
	<i>a-value</i>	<i>b-value</i>
Kedalaman Dangkal	3.905	0.483
Kedalaman Menengah	3.735	0.395



Gambar 5. Grafik Perbandingan *a-value* dan *b-value* pada metode *Likelihood*

Berdasarkan hasil yang diperoleh dimana nilai *b-value* di daerah tersebut merupakan parameter kerapuhan batuan sedangkan nilai *a-value*nya menyatakan tingkat seismisitas di wilayah tersebut, karena tingkat seismisitas di suatu wilayah salah satu parameternya adalah nilai *a-value* dan *b-value*.

Sehingga hasil analisis dan pengolahan dari data yang diperoleh menyatakan bahwa tingkat seismisitas di wilayah sesar Cimandiri dengan menggunakan kedua metode ini bervariasi. Dimana dengan metode *Least Square* diperoleh nilai *a-value* pada kedalaman dangkal sebesar 2,386 serta pada kedalaman menengah sebesar 1,540 dan nilai *b-value* yang diperoleh pada kedalaman dangkal sebesar 0,538 serta pada kedalaman menengah sebesar 0,213. Sedangkan untuk metode *Likelihood* diperoleh nilai *a-value* pada kedalaman dangkal sebesar 3,905

serta pada kedalaman menengah sebesar 3,735 dan nilai *b-value* yang diperoleh pada kedalaman dangkal sebesar 0,483 serta pada kedalaman menengah sebesar 0,395. Sehingga berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut dapat disimpulkan bahwa sesar Cimandiri ini memiliki tingkat seismisitas yang tinggi atau daerah rawan gempa dan kerapuhan batumannya yang tinggi.

b. Analisis karakteristik tektonik sesar Cimandiri

Karakteristik tektonik ialah bagaimana sifat tektonik di daerah sesar Cimandiri tersebut. Sifat yang dimaksud adalah dapat ditinjau dari *a-value* (aktivitas gempa) dan dapat juga di tinjau dari *b-value* (kondisi batuan setempat). Telah terlihat jelas bahwa dengan menggunakan metode *least square* maupun metode *likelihood* nilai dari *a-value* (aktivitas gempa) lebih tinggi dibandingkan *b-value* (kondisi batuan setempat). Hal ini menandakan bahwa aktifitas seismik pada sesar Cimandiri tergolong tinggi serta memiliki tingkat seismisitas yang tinggi atau daerah rawan gempa dan kerapuhan batumannya yang tinggi. Sedangkan untuk kondisi bantuan atau *b-value* erat kaitannya dengan tektonik. Makin besar nilai *b-value* makin besar pula tingkat kerapuhan batumannya.

c. Perhitungan indeks seismisitas dan periode ulang gempa pada metode *Least Square* dan metode *Likelihood*

Setelah didapat nilai *a-value* dan *b-value*, selanjutnya menentukan nilai indeks seismisitasnya. Dimana dalam menentukan nilai indeks seismisitas yang dihitung yaitu pada Magnitudo $M \geq 3.0$ SR, $M \geq 4.0$ SR dan $M \leq 5.0$ SR. yang dilakukan dengan menggunakan persamaan (5). Sehingga didapat nilai indeks seismisitas, seperti yang terlihat pada tabel 10.

Tabel 3. Hasil analisis indeks seismisitas pada kedua metode.

Kedalaman	Indek Seismisitas					
	Least Square			Likelihood		
	≥ 3.0	≥ 4.0	≥ 5.0	≥ 3.0	≥ 4.0	≥ 5.0
Kedalaman Dangkal	0.607	0.266	0.166	6.267	2.061	0.678
Kedalaman Menengah	0.394	0.242	0.148	9.515	3.832	1.543

Berdasarkan tabel 3 didapat hasil analisis pada metode *Least Square*, kedalaman dangkal dengan gempa di atas $M \geq 3.0$ SR memiliki nilai indeks seimisitas paling besar di antara yang lainnya yaitu sebesar 0,607 artinya rata-rata per tahun gempa terjadi sebanyak 1 kali dengan periode ulangnya 1,6 tahun dan untuk seimisitas terkecil yaitu pada kedalaman menengah dengan gempa di atas $M \geq 5.0$ SR yaitu sebesar 0,148 dengan periode ulangnya 6,8 tahun. Sedangkan pada metode *Likelihood* indeks seimisitas paling besar adalah berada pada kedalaman menengah dengan gempa di atas $M \geq 3.0$ SR, dimana indeks seismisitasnya sebesar 9,515 yang artinya rata-rata per tahun

gempa terjadi sebanyak 10 kali dengan periode ulangnya sekitar 0,105 tahun (1,3 bulan) dan untuk indeks seimisitas terkecil berada pada kedalaman dangkal dengan gempa di atas $M \geq 3.0$ SR, dimana nilai indeks seimisitasnya adalah sebesar 0,678 yang artinya rata-rata per tahun gempa terjadi sebanyak 1 kali dengan periode ulangnya 1.5 tahun.

Setelah indeks seimisitas didapatkan maka selanjutnya mencari periode ulang pada metode *least square* dan metode *likelihood* tersebut dengan menggunakan persamaan (6). Sehingga didapat nilai periode ulag gempabumi pada sesar Cimandiri, seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis periode ulang gempabumi pada kedua metode.

Kedalaman	Periode Ulang Gempa					
	Least Square			Likelihood		
	≥ 3.0	≥ 4.0	≥ 5.0	≥ 3.0	≥ 4.0	≥ 5.0
Kedalaman Dangkal	1.647	3.759	6.024	0.160	0.485	1.475
Kedalaman Menengah	2.538	4.132	6.756	0.105	0.261	0.648

Berdasarkan tabel 4 didapat hasil analisis diatas menyatakan bahwa periode ulang gempa tercepat pada metode *Least Square* berada pada kedalaman dangkal dengan gempa diatas $M \geq 3.0$ SR seperti yang terlihat pada tabel 11 yaitu sekitar 1,645 tahun atau 1,7 tahun dan periode ulang gempa terlama pada metode *Least Square* berada pada kedalaman menengah dengan gempa diatas $M \geq$

5.0 SR seperti yang terlihat pada tabel 4 yaitu sekitar 6,756 tahun atau 6,8 tahun. Sedangkan pada metode *Likelihood* periode ulang gempa tercepat berada pada kedalaman menengah dengan gempa diatas $M \geq 3.0$ SR seperti yang terlihat pada tabel 4 yaitu sekitar 0,105 tahun atau 1,3 bulan dan periode ulang gempa terlama pada metode *Likelihood* berada pada kedalaman dangkal

dengan gempa di atas $M \geq 5.0$ SR seperti yang terlihat pada tabel 11 yaitu sekitar 1,475 tahun atau 1,5 tahun.

Dari hasil yang diperoleh untuk periode ulang gempa dengan menggunakan kedua metode tersebut, metode *Least Square* akan memiliki periode ulang lebih lama dibandingkan dengan metode *Likelihood*. Dari kedua metode yang digunakan memiliki interval nilai yang berbeda, hal tersebut dikarenakan setiap metode memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing.

5. Penutup

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisis dan pengolahan dengan metode *Least Square* diperoleh nilai *a-value* pada kedalaman dangkal sebesar 2,386 serta pada kedalaman menengah sebesar 1,540 dan nilai *b-value* yang diperoleh pada kedalaman dangkal sebesar 0,538 serta pada kedalaman menengah sebesar 0,213. Sedangkan untuk metode *Likelihood* diperoleh nilai *a-value* pada kedalaman dangkal sebesar 3,905 serta pada kedalaman menengah sebesar 3,735 dan nilai *b-value* yang diperoleh pada kedalaman dangkal sebesar 0,483 serta pada kedalaman menengah sebesar 0,395.
2. Dari analisis *a-value* dan *b-value*, karakteristik tektonik pada sesar Cimandiri menandakan bahwa aktifitas seismik tergolong tinggi.
3. Berdasarkan hasil analisis *a-value*, *b-value* dan indeks seismisitasnya periode ulang gempa tercepat pada metode *Least Square* sekitar 1,645 tahun

(1,7 tahun) dan periode ulang gempa terlama sekitar 6,756 tahun (6,8 tahun). Sedangkan pada metode *Likelihood* periode ulang gempa tercepat sekitar 0,105 tahun (1,3 bulan) dan periode ulang gempa terlama sekitar 1,475 tahun atau 1,5 tahun.

5.2. Saran

Saran yang diberikan pada penelitian selanjutnya sebaiknya dalam pengambilan data bisa mengambil data dari sumber yang lain agar data yang diperoleh bisa lebih banyak sehingga hasil yang diperoleh bisa lebih akurat dan gunakan persamaan yang lain agar diketahui perbandingan nilai yang diperoleh dengan menggunakan metode yang lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Kepala seluruh jajaran Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Observatori Geofisika Palabuhanratu yang telah mengizinkan melakukan penelitian. Selain itu ucapan terima kasih ini juga ditujukan kepada Ketua Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jenderal Soedirman yang telah memberikan fasilitas selama melakukan penelitian. Ucapan terima kasih ini juga ditujukan kepada semua pihak yang telah membantu dalam kelancaran dan kemudahan selama melakukan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Haryanto, I., Sukiyah, E., Ilmi, N. N., Sendjaja, Y. A., & Sunardi, E. (2015). Tectonics Activity and Volcanism Influence to the Garut and Leles Basins Configuration and the Implication on Environmental Geology. *International Journal of Science*

- and Research (IJSR), vol 6., 2287-2292.
- [2] Haryanto, I., & Edy. (2014). Pengaruh Sesar Cimandiri Terhadap Morfologi Daerah Padalarang. *Bulletin Of Scientific Contribution, Volume 12, Nomor 2.*, 78- 83.
- [3] Indrajati, R., Abdullah, C. I., & Natawidja, D. H. (2018). Distribusi Channel Stepness Index Zona Sesar Cimandiri Untuk Identifikasi Jalur Sesar Aktif. *Bulletin Of Geology, Vol. 2, No. 2.*, 217-228.
- [4] Abidin, H. Z., Andreas, H., Kato, T., Ito, T., Meilano, I., Kimata, F., Harjono, H. (2009). Crustal Deformation Studies in Java (Indonesia) using GPS. *Jurnal of Earthquake and Tsunami, 3(2)*, 77-88.
- [5] Safitri dkk. (2018). Strain Variation along Cimandiri Fault, West Java Based on Continuous and Campaign GPS Observation From 2006-2016. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 132 012027.
- [6] Gaffar, E. Z. (2006). *Deformasi Kerak Bumi Segmen-Segmen Sesar Cimandiri*. Bandung: Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI.
- [7] Peta Geologi Jawa Barat. (2020). <https://galerigis.com/peta-geologi-jawa-barat/>. Diakses 15 Juli 2021.
- [8] Haryanto, I., & Edy. (2014). Pengaruh Sesar Cimandiri Terhadap Morfologi Daerah Padalarang. *Bulletin Of Scientific Contribution, Volume 12, Nomor 2.*, 78- 83.
- [9] Susilohadi, Gaedicke, C., & Erhardt., A. (2005). Neogene Structures and Sedimentation History anlong The Sunda Forearc Basin off Southwest Sumatera and Southwest Java. *International Journal of Marine Geology, Vol. 219.*, 133-154.
- [10] Rusdin. (2009). Analisa Statistik Seismitas Sulawesi Selatan dan Sekitarnya (Tahun 1938 – 2008). Jakarta: Akademi Meteorologi dan Geofisika.
- [11] Hariri, F. R. (2016). Metode Least Square Untuk Prediksi Penjualan Sari Kedelai Rosi. *Jurnal SIMETRIS, Vol 7 No 2*, 731-736.
- [12] Hariani. (2018). Karakteristik Tektonik Dan Periode Ulang Gempa Bumi Pada Sesar Matano Sulawesi Selatan. In Skripsi. Makasar: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makasar.
- [13] Suryani, Thesa Adi. (2007) Analisis Komparatif Nilai Parameter Sismotektonik Dari Hubungan Magnitudo-Kumulatif Dan Nonkumulatif Untuk Jawa Timur Menggunakan Metode Kuadrat Terkecil Dan Metode Maksimum Likelihood Dari Data BMG dan USGS Tahun 1973 - 2003. Skripsi. Semarang. FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- [14] Welker, P. (1965). Statistical Analysis of Earthquakes Occurance in Japan. *Bulletin of IISEE, Vol. 2*.
- [15] Hariani, L, M. S., & Wahyuni, A. (2018). Karakteristik Tektonik dan Periode Ulang Gempabumi Pada Sesar Matano Sulawesi Selatan. *JFT. No. 2, Vol. 5*, 147-157.