

**B-VALUE STUDY AS A SEISMICITY ANALYSIS  
BASED ON EARTHQUAKE DATA FOR THE 1914-2020 PERIOD  
(CASE STUDY: BENGKULU PROVINCE)**

**STUDI B-VALUE SEBAGAI ANALISIS SEISMISITAS BERDASARKAN  
DATA GEMPABUMI PERIODE 1914-2020  
(STUDI KASUS: PROVINSI BENGKULU)**

Selly Tri Daiana<sup>1</sup>, Nurhidayah, Linda Handayani<sup>2</sup>  
Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi  
Jl. Jambi – Muara Bulian No.KM. 15. Mendalo Darat  
e-mail: selly.daiana@gmail.com

**Abstract**

*One of the provinces on the island of Sumatra that is most vulnerable to earthquakes is Bengkulu Province, whose territory is located in the zone where the Indo-Australian and Eurasian tectonic plates meet, which is the main trigger for high earthquake activity in the Bengkulu province. This research was conducted to identify the distribution of seismicity, b-value, a-value, earthquake return period and the possibility of earthquakes in the Bengkulu Province using the Maximum Likelihood method. Earthquake data used in this study are earthquake data from the USGS catalog for 106 years 1914-2020 with a completeness magnitude 5.3 and depth (h)  $\geq$  8.9 km located at 5o 40' - 2o 0' South Latitude and 40' - 104o. 0' BT. Latitude and longitude data are divided into 2 parts based on the distribution of the epicenter of the earthquake. The results showed that the distribution of earthquakes in Bengkulu Province was 1442 earthquakes during the last 106 years. The distribution of seismicity in Bengkulu Province is quite high. From the analysis using ZMAP software, the results of the distribution of b-value in the Bengkulu Province show that the sea area has a b-value that tends to be lower with a variation of 1.5–1.9, with the eastern to southeastern Bengkulu sea waters being the area with the highest b-value variation. Meanwhile, the b-value for land areas with a higher variation is between 2.8–3.2, which is an area close to the coast with an earthquake return period with a magnitude of 6-7 ranging from 4-7000 years.*

**Keywords:** *b-value, a-value, earthquake, seismicity, maximum likelihood*

**Abstrak**

Salah satu Provinsi di pulau Sumatera yang paling rentan terhadap bencana gempa bumi ialah Provinsi Bengkulu, yang wilayahnya terletak pada zona pertemuan lempeng tektonik Indo- Australia dan Eurasia yang merupakan pemicu utama tingginya aktivitas gempa bumi di wilayah Provinsi Bengkulu. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi distribusi kegempaan, b-value, a-value, periode ulang gempa bumi dan kemungkinan gempa di wilayah Provinsi Bengkulu dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood*. Data gempabumi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data gempabumi dari katalog USGS tahun 1914-2020 kurun waktu 106 tahun dengan *magnitudo completeness* 5.3 dan kedalaman (h)  $\geq$  8.9 km yang berlokasi di 5o 40' – 2o 0' LS dan 40' – 104o 0' BT. Data *latitude* dan *longitude* di bagi menjadi 2 bagian berdasarkan sebaran episenter gempa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi kegempaan di Provinsi Bengkulu sebanyak 1442 kejadian gempa selama 106 tahun terakhir. Distribusi kegempaan di Provinsi Bengkulu cukup tinggi. Dari analisis menggunakan *software* ZMAP diperoleh dari hasil distribusi b-value wilayah Provinsi

Bengkulu terlihat wilayah laut memiliki *b-value* yang cenderung lebih rendah dengan variasi 1.5–1.9, dengan wilayah perairan laut Bengkulu timur hingga tenggara merupakan wilayah dengan variasi *b-value* tertinggi. Sedangkan untuk *b-value* wilayah darat dengan variasi yang lebih tinggi yaitu antara 2.8–3.2, yang merupakan Wilayah yang dekat dengan pinggir pantai dengan periode ulang gempa dengan magnitudo 6-7 berkisar antara 4 – 7000 tahun.

**Kata kunci:** nilai-b, nilai-a, gempa bumi, seismisitas, *maximum likelihood*.

## 1. PENDAHULUAN

### 3.1 Latar Belakang

Pulau Sumatera merupakan salah satu wilayah yang memiliki tatanan tektonik yang cukup unik, sehingga banyak pakar geologi dan kebumihayatan yang memberikan perhatian khusus terhadap pulau ini. Hal ini dikarenakan pulau Sumatera memiliki dua kondisi geologi yang dapat mempengaruhi aktivitas seismik dan kondisi tektonika pulau Sumatera. Pertama adalah zona subduksi yang merupakan batas antar lempeng Indo-Australia yang menunjam ke dalam lempeng Eurasia (Madlazim, 2013). Kedua zona sesar Sumatera yang dikenal sebagai sesar Semangko atau *Sumateran Fault Zone* (SFZ) (Sieh & Natawidjaja, 2000).

Salah satu Provinsi di pulau Sumatera yang paling rentan terhadap bencana gempa bumi ialah Provinsi Bengkulu, yang wilayahnya terletak pada zona pertemuan lempeng tektonik Indo-Australia dan Eurasia yang merupakan pemicu utama tingginya aktivitas gempa bumi di wilayah Provinsi Bengkulu (Hadi et al., 2010). Wilayah Bengkulu juga berada di antara dua patahan aktif yakni patahan Mentawai dan Semangko disebelah timur menjadi penyebab terjadinya gempa bumi di sekitar wilayah Bengkulu Utara. Kondisi ini menjadikan Provinsi Bengkulu sebagai daerah paling rawan terhadap bencana gempa bumi (Harlianto & Muhamad, 2018).

Di Provinsi Bengkulu telah digoncang dua kali gempa tektonik berskala besar hanya dalam kurun waktu yang relatif singkat yaitu pada tahun 2000 dan tahun 2007 menyebabkan lebih dari 90 orang meninggal dunia, 18.928 tempat tinggal rusak ringan dan 10.460 rusak berat, serta kerusakan sarana dan prasarana umum lainnya ([www.pu.go.id](http://www.pu.go.id)).

Berdasarkan teori tektonik lempeng, mekanisme terbentuknya gempa tektonik Bengkulu diakibatkan lempeng tektonik yang bergerak menunjam pada salah satu lempeng *subduction* (penyusupan), lempeng Indo-Australia bergerak masuk di dasar lempeng Eurasia sehingga tercipta zona subduksi. Pertemuan lempeng ini menyebabkan terjadinya retakan/patahan pada zona subduksi (*subduction zone*),

sehingga terjadi getaran yang memicu gempa bumi tektonik. Berdasarkan data tahun 1900-2010, sekitar 95% sumber gempa bumi tektonik berada di bawah Samudra Hindia yang berbatasan langsung dengan Provinsi Bengkulu (Hadi et al., 2010).

Seismisitas merupakan ukuran untuk membandingkan aktivitas seismik antara satu daerah dengan daerah lain. Parameter-parameter seismisitas merupakan harga numerik yang dapat digunakan sebagai ukuran tingkat kegempaan suatu daerah. Parameter seismisitas terdiri dari keaktifan seismik (*a-value*) dan tingkat kerapuhan batuan (*b-value*) (Harlianto & Muhamad, 2018). *B-value* erat sekali kaitannya dengan keadaan tektonik daerah yang sedang diamati, dimana *b-value* bervariasi secara sistematis dan diperkirakan nilainya berkisar sekitar 1.0 (Schorlemmer & Winner, 2004).

Metode yang digunakan untuk menentukan nilai parameter seismotektonik di suatu wilayah dikenal dengan metode *Gutenberg-Richter*. Relasi ini menyatakan bahwa frekuensi atau jumlah gempa bumi adalah merupakan karakteristik basis dari aktifitas seismik di suatu daerah selama selang waktu tertentu. Dimana frekuensi terjadinya gempa dengan magnitudo  $M \geq m$  persatuan waktu, menurun secara eksponensial berbanding lurus dengan meningkatnya magnitudo gempa. Sedangkan untuk menghitung nilai parameter seismisitas (nilai *a* dan *b*) di suatu wilayah menggunakan fungsi *likelihood* berdasarkan persamaan *Gutenberg-Richter* (Pasau et al., 2017).

### 3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- Untuk menentukan hubungan frekuensi kejadian gempa bumi dengan magnitudo gempa di Provinsi Bengkulu pada tahun 1914-2020.
- Untuk mengetahui tingkat seismisitas dari hasil distribusi *b-value* di Provinsi Bengkulu pada tahun 1914-2020.
- Untuk mengetahui periode ulang gempa merusak yang dapat terjadi dimasa depan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 1.1. Bahan

Dalam penelitian ini, sumber daya yang digunakan berupa data gempabumi dari situs USGS dan artikel-artikel yang diperoleh dari buku, laporan ataupun jurnal ilmiah terkait studi yang diterbitkan secara nasional maupun internasional. Hasil dari studi literatur terhadap artikel-artikel tersebut digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini.

### 1.2. Metode

Data gempabumi berasal dari katalog USGS wilayah Provinsi Bengkulu, meliputi batas 5° 40' – 2o 0' LS dan 40' – 104o 0' BT, kurun waktu 1914 - 2020. Data gempabumi katalog USGS berjumlah 1442 dengan magnitudo terkecil 5.0 dengan kedalaman 8.9 km – 228.8 km setelah dilakukan dekluster katalog jumlahnya menjadi 1294 gempabumi. Dekluster data gempabumi bertujuan untuk menghilangkan pengaruh *aftershok* sehingga diperoleh gempabumi yang *independent*. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada *software* Zmap

6.0 untuk mendapatkan distribusi *b-value* periode perulangan gempa yang akan diinterpretasikan.

**Pengolahan Data.** Tahapan utama pengolahan data meliputi :

- Studi literatur dengan menelaah pustaka yang berhubungan dan mendukung penelitian ini.
- Mengumpulkan data kejadian gempa di Provinsi Bengkulu dari website USGS.
- Melakukan seleksi data dan penyeragaman magnitudo (*mb*) dan dekluster katalog.
- Perhitungan nilai-*b*, nilai-*a*, periode ulang menggunakan *software* Zmap 6.0.

### Relasi *Guttenberg-Richter*.

Metode ini digunakan untuk data-data yang mempunyai korelasi linier, yang menjelaskan hubungan antara frekuensi kejadian gempabumi (*N*) dengan magnitudo

(*M*) yang dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\text{Log } N(M) = a - bM \quad (1)$$

### Arti Fisis dari Konstanta *a*

Konstanta *a* merupakan salah satu parameter seismik yang menunjukkan tingkat keaktifan seismik pada suatu lokasi. Keaktifan seismik ini juga dipengaruhi oleh tingkat *stress* batuan atau *b-value*. Nilai dari tingkat seismisitas di suatu daerah yang sedang diamati tergantung dari tiga faktor:

- Periode pengamatan;
- Luas daerah pengamatan;
- Seismisitas di daerah tersebut (Rusdin,2009).

### Arti Fisis Konstanta *b*

Nilai *b* menunjukkan kemiringan atau gradien dari persamaan linier dari hubungan frekuensi kejadian gempa bumi dengan magnitudo. Penurunan *b-value* berbanding lurus dengan peningkatan tingkat *stress* sebelum terjadinya gempabumi yang besar. *B-value* bervariasi di setiap wilayah bergantung dengan struktur batuan penyusun bawah permukaannya (Shohaya et al.,2013).

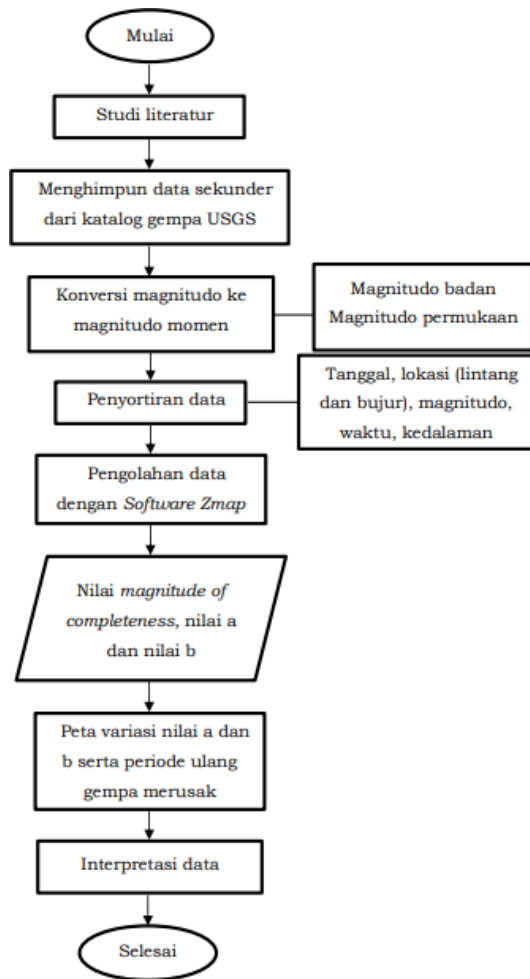
Dimana Nilai *a* dan *b* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *likelihood*, yang dapat digunakan juga untuk memecahkan beberapa masalah mengenai statistik seismologi lainnya. Dalam kajian analisis aktivitas gempa untuk tingkat seismisitas dan tektonik digunakan rumus berdasarkan persamaan *Guttenberg-Richter* (1944) menggunakan fungsi *likelihood* sebagai berikut:

$$a = \log N + \log (b \ln 10) + M0b \quad (3)$$

Sehingga jumlah gempa per tahun secara teoritis dihitung dengan mengurangi nilai *a* dengan periode observasi (*T*) menggunakan persamaan berikut:

$$a1 = a - \log T \quad (\text{Utsu,1965}) \quad (4)$$

Tahapan pengolahan data secara garis besar seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram pengolahan data gempa

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Wilayah Laut

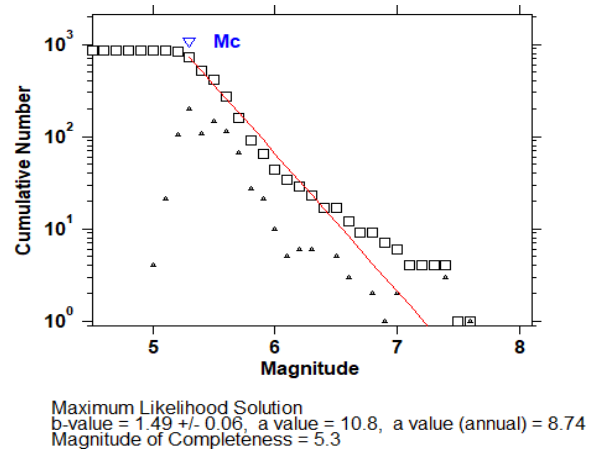
##### 3.1.1 Hubungan Frekuensi Kejadian Gempa Bumi dengan Magnitudo

Kejadian gempa bumi di wilayah laut Provinsi Bengkulu terdapat 1066 data dalam kurun waktu 106 tahun. data tersebut di input melalui software Zmap

6.0 dan kemudian difilter untuk menghilangkan *fareshock* dan *aftershock* sehingga tersisa 1063 data. Parameter paling dibutuhkan dalam menentukan *a-value* dan *b-value* yaitu *Magnitude of completeness*

( $M_c$ ), diperlukan deskripsi akurat dari  $M_c$  lokal karena nilai  $M_c$  pada setiap wilayah

bervariasi. Nilai  $M_c$  dapat dilihat pada plot distribusi frekuensi magnitudo menggunakan metode *maximum likelihood*. Hubungan magnitudo dan jumlah kejadian gempa bumi yang terjadi digambarkan oleh grafik distribusi frekuensi magnitudo sebagai berikut:



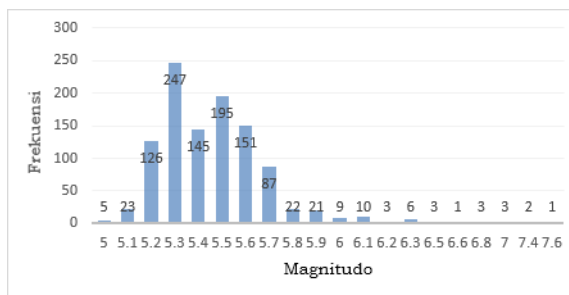
Gambar 2. Grafik distribusi frekuensi-magnitudo kegempaan di wilayah laut dengan metode *maximum likelihood*

Distribusi frekuensi magnitudo pada gambar 2, menggambarkan distribusi katalog tentang hubungan magnitudo dan jumlah gempabumi yang terjadi. Dengan menggunakan metode *maximum likelihood* diperoleh parameter seismisitas secara umum yaitu nilai *b* sebesar  $1.49 \pm 0.06$ , *a-value* sebesar 10.8 dengan nilai tahunan 8.74 dan nilai  $M_c$  5.3. *A-value* menunjukkan tingkat keaktifan seismik, wilayah laut dengan *a-value* sebesar 10.8 yang menunjukkan wilayah laut Provinsi Bengkulu memiliki aktivitas kegempaan yang tinggi yang diakibatkan oleh aktivitas lempeng tektonik di wilayah sumatera memiliki tingkat keaktifan tinggi. *B-value* sebesar 1.49 yang menunjukkan kemiringan atau gradien dari persamaan linier hubungan frekuensi kejadian gempa bumi dan magnitudo. *B-value* erat sekali hubungannya dengan keadaan tektonik daerah yang sedang diamati dan tergantung dari sifat batuan setempat dan menggambarkan aktivitas *stress* lokal, dalam hal ini adalah kerapuhan batuan.

Sedangkan untuk nilai *Magnitude of completeness* untuk wilayah laut adalah sebesar 5.3. *Magnitude of completeness*

adalah batas magnitudo terendah dimana 100% kejadian gempa di suatu daerah pada rentang periode pengamatan yang telah ditentukan tercatat seluruhnya oleh jaringan seismograf stasiun gempa daerah tersebut. Artinya semua gempa bumi di wilayah laut Provinsi Bengkulu diatas skala magnitudo 5.3 telah tercatat seluruhnya dalam katalog periode 1914– 2020(selama 106 tahun). Perlu diperhatikan bahwa nilai  $M_c$  menggambarkan kualitas dari katalog gempa yang digunakan. Jika nilai  $M_c$  terlalu tinggi artinya penggunaan sampel data kurang atau terlalu sedikit, tetapi jika nilai  $M_c$  terlalu rendah parameter kegempaan yang diinput salah(Rydelek & Sacks,1989).

Dari grafik distribusi frekuensi-magnitudo kegempaan wilayah laut dengan menggunakan metode *maximum likelihood* maka dapat ditarik grafik pendistribusian jumlah gempa bumi sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram frekuensi kejadian gempa wilayah laut

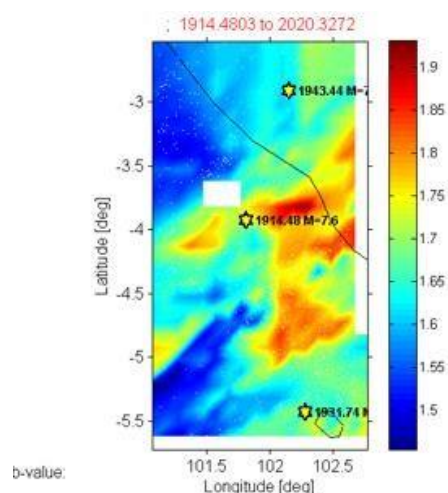
Sebanyak 1063 kejadian gempa di Provinsi Bengkulu bersumber di wilayah laut. Dengan gempa bermagnitudo 5.3 memiliki frekuensi tertinggi yaitu sebanyak 247 kejadian, disusul gempa bermagnitudo 5.5 sebanyak 195 kejadian, 5.6 sebanyak 151 kejadian, 5.4 sebanyak 145 kejadian, 5.2 dengan 126 kejadian, dan 5.7 dengan 87 kejadian. Sedangkan untuk frekuensi gempa yang paling sedikit terjadi dimulai dari gempa bermagnitudo 5.1 sebanyak 23 kejadian, 5.8 sebanyak 22 kejadian, 5.9 dengan 21 kejadian, 6.1 dengan 10 kejadian, 6.0 dengan 9 kejadian, 6.3 dengan 3 kejadian gempa, 6.2 6.5 6.8 7 dengan masing-masing 3 kali kejadian, 7.4 dengan 2 kali kejadian dan 7.6 dengan frekuensi kejadian terendah yaitu 1 kali. Wilayah laut Provinsi Bengkulu didominasi oleh jenis gempa merusak pada rentang magnitudo 5.0-6.8 dan jenis gempa besar pada rentang

magnitudo 7.0-7.6 dengan frekuensi yang lebih sedikit namun menyebabkan kerusakan yang jauh lebih besar.

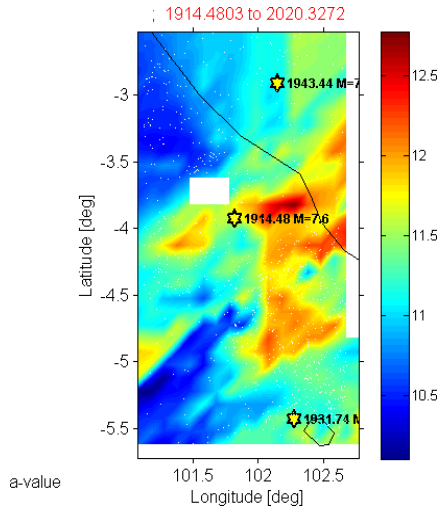
Tingginya aktivitas gempa yang terjadi di wilayah laut dengan tipe gempa merusak hingga besar, disebabkan oleh 2 pemicu utama yaitu, aktivitas sesar Mentawai di sebelah timur yang termasuk jenis sesar naik aktif dengan jarak 150 km dari zona subduksi sesar ini dapat menyebabkan gempa dengan magnitudo 5-8 yang tergolong gempa sedang hingga besar. Pemicu utama lainnya yang berperan besar pada tingginya aktivitas gempa di wilayah laut Provinsi Bengkulu ialah aktivitas zona subduksi, yaitu zona pertemuan antara lempeng Indo-Australia yang menyusup ke bawah lempeng Eurasia. Zona subduksi ini berjarak 150 km dari sesar Mentawai, dengan pergerakan rata-rata tahunan untuk lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara-timur laut dengan kecepatan 7 cm/tahun dan lempeng Eurasia yang bergerak ke arah barat daya dengan kecepatan 13 cm/tahun. Biasanya struktur batuan

di wilayah laut lebih tidak homogen dibanding wilayah darat. Energi yang dihasilkan oleh pertemuan 2 lempeng besar dunia ini akan memberikan *stress* atau tekanan yang besar terhadap struktur batuan di atasnya, yang akan mengakibatkan struktur batuan mudah mengalami deformasi yang akan memicu gempa.

### 3.1.2 Seismisitas Wilayah Laut



Gambar 4. Peta distribusi b-value wilayah laut



Gambar 5. Peta distribusi a-value wilayah laut

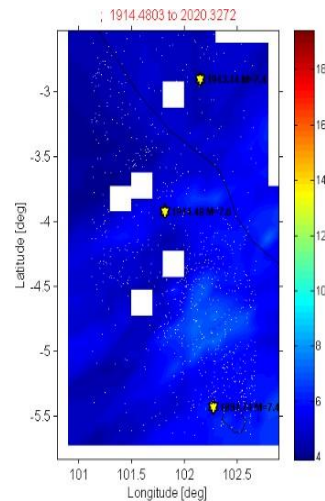
Dari hasil distribusi b-value pada Gambar 4, wilayah laut Provinsi Bengkulu memiliki b- value antara 1.5-1.9 dengan gradasi biru tua hingga merah tua. Dengan b-value terendah hingga sedang pada rentang 1.5-1.7 dengan gradasi warna biru tua hingga hijau. Sedangkan untuk b-value sedang hingga tinggi pada rentang nilai 1.75-1.9 dengan gradasi warna kuning hingga merah tua. Wilayah perairan laut Bengkulu timur hingga tenggara merupakan wilayah dengan variasi b-value tertinggi, yang merupakan wilayah yang berada disekitar zona subduksi serta sesar mentawai. dengan variasi

b-value >1 mendindikasikan bahwa wilayah laut Provinsi Bengkulu memiliki tingkat seismisitas yang tinggi

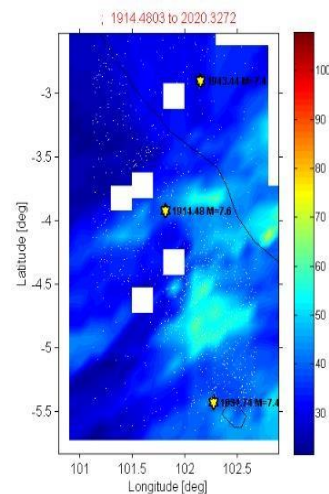
Distribusi a-value pada Gambar 5, tampak mirip dengan sebaran b-value. Hal ini serupa dengan pernyataan Rohadi (2009), yaitu pola distribusi nilai-b dan nilai-a memiliki kesesuaian dimana wilayah dengan nilai-b tinggi bersesuaian dengan nilai-a yang tinggi. Variasi a-value untuk wilayah laut Provinsi Bengkulu berkisar antara 10.5–12.5, dengan gradasi warna biru tua hingga merah tua. Daerah dengan keaktifan seismik (a- value) terendah hingga sedang berada pada rentang 10.5-11.5 dengan gradasi warna biru tua hingga hijau. Sedangkan daerah dengan tingkat keaktifan seismik sedang hingga tinggi berada pada rentang 11.8-12.5 dengan gradasi warna kuning sampai merah tua pada wilayah perairan laut Bengkulu timur hingga

tenggara merupakan. Merupakan wilayah yang berada disekitar zona subduksi serta sesar mentawai. Dengan a-value >10 menandakan tingginya tingkat aktivitas gempa bumi di wilayah ini. Maka dari hasil distribusi tersebut dapat disimpulkan bahwa wilayah laut Provinsi Bengkulu memiliki tingkat seismisitas yang tinggi

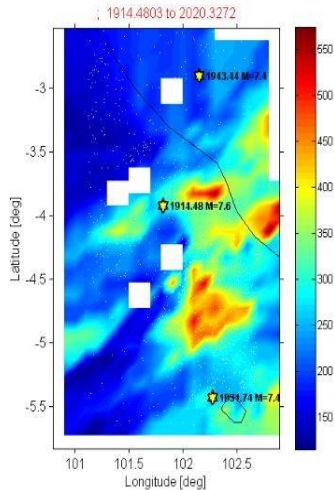
### 3.1.3 Peta Periode Ulang Gempa



Gambar 6. Mapping periode ulang gempa bermagnitudo 6.0



Gambar 7. Mapping periode ulang gempa bermagnitudo 6.5



Gambar 8. Mapping periode ulang gempa bermagnitudo 7.0

Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa periode ulang gempa dengan magnitudo 6.0 memiliki periode ulang pendek dengan gradasi warna biru tua hingga biru saja dengan rentang periode ulang 4-8 tahun saja yang termasuk kedalam wilayah dengan periode pendek untuk seluruh wilayah laut Provinsi Bengkulu. Kemungkinan terjadinya suatu gempa kembali pada periode pendek dari suatu gempa sangat berkorelasi dengan *a-b value* yang tinggi.

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa periode ulang gempa dengan magnitudo 6.5 memiliki periode ulang yaitu dengan gradasi warna biru tua hingga hijau pada rentang periode 30-70 tahun yang tergolong kedalam wilayah dengan periode menengah. Dengan sebegini besar wilayah laut Provinsi Bengkulu merupakan wilayah dengan periode ulang pendek 30-50 tahun dan hanya sebagian kecil wilayah timur dan tenggara dengan periode ulang 60-70 tahun. Sedangkan pada Gambar 8 menunjukkan bahwa periode ulang gempa dengan magnitudo 7.0 memiliki periode ulang

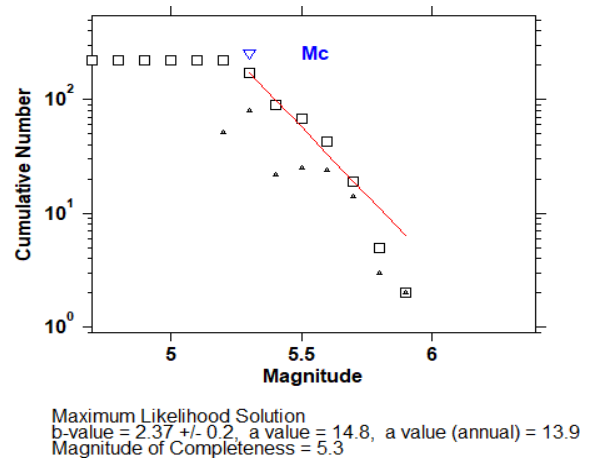
dengan gradasi warna biru tua hingga merah dengan rentang periode 150-500 tahun yang tergolong kedalam wilayah dengan periode ulang panjang. Wilayah dengan periode menengah meliputi sebagian wilayah barat daya hingga utara dengan periode 150-250 tahun. Sedangkan

wilayah dengan periode panjang yaitu sebagian wilayah timur laut hingga tenggara. Kemungkinan terjadinya suatu gempa kembali pada periode menengah dari suatu gempa sangat berkorelasi dengan *a-b value* yang tinggi.

### 3.2 Wilayah Darat

#### 3.2.1 Hubungan frekuensi kejadian gempa bumi dengan magnitudo

Kejadian gempa bumi di wilayah darat Provinsi Bengkulu terdapat 228 data dalam kurun waktu 106 tahun data tersebut di input melalui *software* Zmap 6.0 dan kemudian dilakukan *decluster* untuk menghilangkan *fareshock* dan *aftershock*. Hubungan magnitudo dan jumlah kejadian gempa bumi yang terjadi digambarkan oleh grafik distribusi frekuensi magnitudo sebagai berikut:

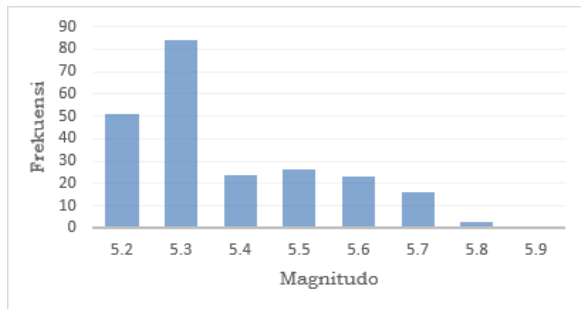


Gambar 9. Grafik distribusi frekuensi-magnitudo kegempaan di wilayah darat dengan metode *maximum likelihood*

Diperoleh parameter seismisitas secara umum yaitu *b-value* sebesar  $2.37 \pm 0.2$ , *a-value* sebesar 14.8 dengan nilai rata-rata tahunan 13.9 dan nilai *Mc* 5.3. *A-value* menunjukkan tingkat keaktifan seismik, wilayah laut dengan *a-value* sebesar 14.8 yang menunjukkan wilayah darat Provinsi Bengkulu memiliki aktivitas kegempaan yang tinggi. Didapatkan *b-value* sebesar 2.37 yang menunjukkan kemiringan atau gradien dari persamaan linier hubungan frekuensi kejadian gempa bumi dan magnitudo.



Dari grafik distribusi frekuensi-magnitudo kegempaan wilayah darat dengan menggunakan metode *maximum likelihood* maka dapat ditarik grafik pendistribusian jumlah gempa bumi sebagai berikut:

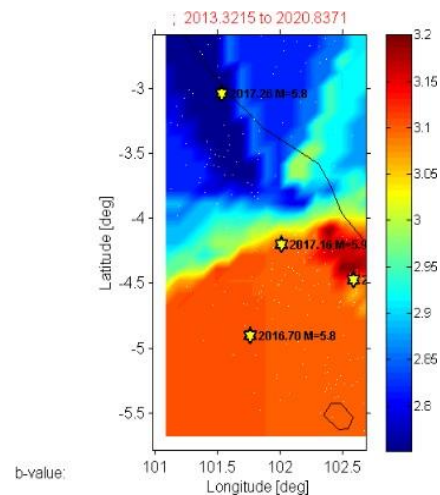


Gambar 10. Diagram frekuensi kejadian gempa wilayah darat

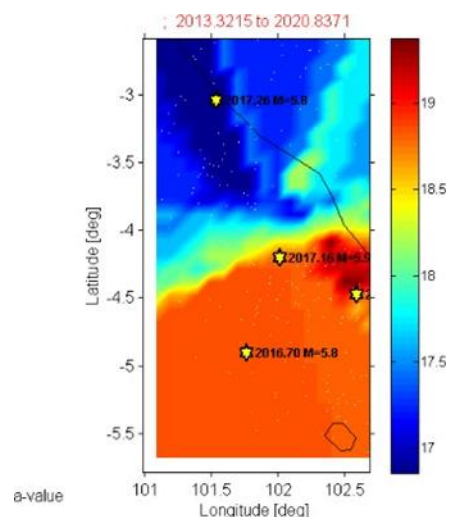
Terlihat wilayah darat Provinsi Bengkulu merupakan wilayah dengan sebaran episenter yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan wilayah laut. Hanya terdapat 228 kejadian gempa saja yang terjadi di Provinsi Bengkulu yang berada di wilayah daratan. Dengan gempa bermagnitudo 5.3 memiliki frekuensi tertinggi yaitu sebanyak 84 kejadian, disusul gempa bermagnitudo 5.2 sebanyak 51 kejadian, gempa bermagnitudo 5.5 sebanyak 26 kejadian, gempa bermagnitudo 5.4 sebanyak 24 kejadian, gempa bermagnitudo 5.6 dengan 23 kejadian, dan gempa bermagnitudo 5.7 dengan 16 kejadian. Sedangkan untuk frekuensi gempa yang paling sedikit terjadi dimulai dari gempa bermagnitudo 5.8 sebanyak 3 kejadian, gempa bermagnitudo 5.9 sebanyak 1 kejadian.

Gempa di wilayah darat didominasi seluruhnya oleh tipe gempa merusak pada rentang magnitudo 5.2-5.9. Tingkat aktivitas gempa yang jauh lebih sedikit jika dibandingkan wilayah laut, disebabkan oleh sumber utama gempa yang hanya berasal dari aktivitas sesar semangko saja. Sesar semangko memiliki pegeseran rata-rata tahunan hanya sebesar 10- 30 mm/tahun, jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan pergeseran rata-rata tahunan untuk sesar mentawai dan zona subduksi di wilayah lau yang jauh lebih besar yaitu 10x lipat dari sesar semangko.

### 3.2.2 Seismisitas Wilayah Darat



Gambar 11. Peta distribusi b-value wilayah darat



Gambar 12. Peta distribusi a-value wilayah darat

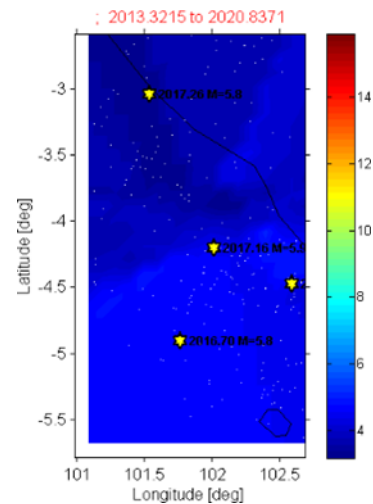
Dari Gambar 11, wilayah darat Provinsi Bengkulu memiliki b-value bervariasi yaitu 2.8-3.2 dengan gradasi warna biru tua hingga merah tua. Dengan b-value terendah pada rentang 2.8-3 dengan gradasi warna biru tua hingga hijau, yang berada di wilayah yang dipengaruhi oleh aktivitas sesar semangko serta cekungan sumatera yang menyebabkan struktur bantuan penyusun memiliki tingkat kerapuhan yang lebih rendah. Sedangkan wilayah dengan b-value tertinggi pada rentang 3.05-3.2 dengan gradasi warna kuning sampai merah tua, yang merupakan Wilayah yang dekat dengan pinggir pantai. Dengan variasi b-

*value* >1 mendindikasikan bahwa wilayah darat Provinsi Bengkulu memiliki tingkat seismisitas yang tinggi. Hal ini dapat terjadi dikarenakan wilayah yang dekat dengan pinggir pantai, dengan batuan penyusun batuan Pra Tersier dan Tersier telah mengalami pelapukan, serta endapan kuarter umumnya bersifat urai, lepas, lunak, belum kompak (*unconsolidate*) dan memperkuat efek guncangan ketika terjadi gempa sehingga rawan guncangan gempa bumi ([www.vsi.esdm.go.id](http://www.vsi.esdm.go.id)).

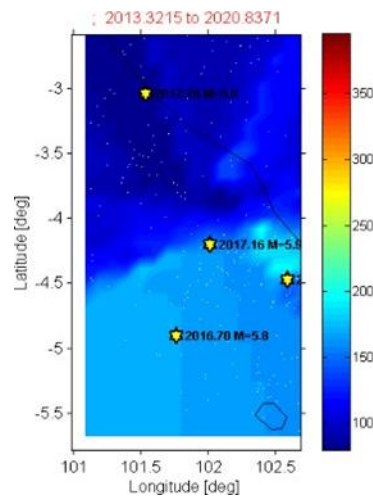
Pada Gambar 12, sebaran *a-value* tampak

mirip dengan sebaran *b-value*. Hal ini serupa dengan pernyataan Rohadi (2009), yaitu pola distribusi *b-value* dan *a-value* memiliki kesesuaian yaitu wilayah dengan *b-value* tinggi bersesuaian dengan nilai-*a* yang tinggi. Variasi *a-value* berkisar antara 17.0–19.0, dengan gradasi warna biru tua hingga merah tua. Daerah dengan tingkat keaktifan seismik (*a-value*) rendah hingga sedang berada pada rentang nilai 17.0-18.4 dengan gradasi warna biru tua hingga hijau, yang merupakan daerah yang berada dekat dengan sesar semangko. Sedangkan daerah dengan tingkat keaktifan seismik sedang hingga tinggi berada pada rentang nilai 18.5-19.0 dengan gradasi warna kuning sampai merah tua, yang merupakan wilayah yang berada dekat dengan pinggir pantai. Dengan variasi *a-value* >10 menandakan tingginya tingkat aktivitas gempa bumi atau wilayah dengan tingkat seismisitas yang tinggi. Daerah dengan *a-value* yang tinggi mengindikasikan daerah tersebut memiliki keaktifan seismik yang tinggi, ditandai dengan cukup banyaknya episenter gempa yang berada di wilayah daratan. Tingginya tingkat keaktifan seismik ini juga dipengaruhi oleh *b-value*, jika tingkat stress pada struktur batuan juga tinggi maka akan menjadi salah satu penyebab utama untuk terjadinya gempa di wilayah tersebut. Umumnya wilayah darat memiliki struktur batuan penyusun yang lebih muda dibandingkan wilayah laut yang cenderung lebih tua. Struktur batuan yang lebih muda ini lah yang mampu menahan stress dalam jumlah yang lebih besar.

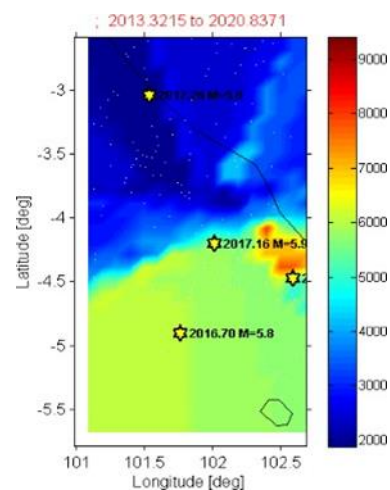
### 3.2.3 Peta Periode Ulang Gempa



Gambar 13. Mapping periode ulang gempa bermagnitudo 6.0



Gambar 14. Mapping periode ulang gempa bermagnitudo 6.5



Gambar 15. Mapping periode ulang gempa bermagnitudo 7.0

Pada Gambar 13 menunjukkan periode ulang gempa dengan magnitudo 6.0 yang memiliki periode ulang dengan gradasi warna biru tua hingga biru pada rentang periode 4-6 tahun saja untuk seluruh wilayah darat Provinsi Bengkulu yang tergolong kedalam wilayah dengan periode ulang pendek. Jika dibandingkan dengan periode ulang dengan magnitudo yang sama di wilayah laut memiliki pola distribusi yang sama. Kemungkinan terjadinya suatu gempa kembali pada wilayah dengan periode pendek sangat berkorelasi dengan *a-b value* yang tinggi.

Pada Gambar 14 menunjukkan bahwa periode ulang gempa dengan magnitudo 6.5 dengan gradasi warna biru tua hingga biru toska dengan rentang 100-200 tahun yang tergolong kedalam wilayah dengan periode menengah. Dengan sebagian besar wilayah utara yaitu kabupaten Lebong, Rejang Lebong dan Kepahiang merupakan wilayah dengan periode ulang 100 tahun. Seluruh wilayah selatan adalah wilayah dengan periode ulang 150-200 tahun. Jika dibandingkan dengan periode ulang untuk magnitudo yang sama di wilayah laut cenderung lebih pendek.

Pada Gambar 15 menunjukkan bahwa periode ulang gempa dengan magnitudo 7.0 dengan gradasi warna biru tua hingga oranye dengan rentang 2000-7000 tahun yang tergolong kedalam wilayah dengan periode panjang. Wilayah utara merupakan wilayah dengan periode ulang 2000-4000 tahun, sedangkan sebagian besar wilayah selatan dengan periode ulang 5000-6000 tahun dan sebagian kecil dengan periode 7000 tahun. Jika dibandingkan dengan periode ulang untuk magnitudo yang sama di wilayah laut yang jauh lebih cepat. Cepat atau lambatnya periode ulang gempa di suatu wilayah dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya struktur batuan penyusun serta *b-value* wilayah tersebut.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Frekuensi kejadian gempa akan menurun seiring dengan peningkatan magnitudo. Wilayah Provinsi Bengkulu

didominasi oleh jenis gempa merusak dengan magnitudo 5.0- 6.0 dengan frekuensi gempa terbanyak adalah 5.3 untuk wilayah darat dan wilayah laut.

2. Dari hasil distribusi *b-value* wilayah Provinsi Bengkulu terlihat wilayah laut memiliki *b-value* yang cenderung lebih rendah dengan variasi 1.5–1.9, dengan wilayah perairan laut Bengkulu timur hingga tenggara merupakan wilayah dengan variasi *b-value* tertinggi. Sedangkan untuk *b-value* wilayah darat dengan variasi yang lebih tinggi yaitu antara 2.8–3.2, yang merupakan Wilayah yang dekat dengan pinggir pantai.
3. Periode ulang gempa merusak untuk wilayah darat Provinsi Bengkulu lebih panjang yaitu 4- 7000 tahun. Sedangkan periode ulang gempa wilayah laut hanya 4-550 tahun saja.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Hadi, A . I . , Suhendra., dan Efriyadi. 2010. Studi Analisis Parameter Gempa Bengkulu Berdasarkan Data Single-Station dan Multi-Station serta Pola Sebarannya. Berkala Fisika Vol 13 N0 4 : 105.
- Hadi, A . I . , Suhendra dan Manik, O. O. 2013. Pemetaan Gempa Bumi Berdasarkan Tingkat Keaktifan Gempa Di Provinsi Bengkulu Periode 1971-2011. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung : 269.
- Harlianto, Budi., dan M. Farid. 2018. Pemetaan *B Value* Untuk Identifikasi Kerentanan Wilayah Terhadap Gempabumi Dengan Mempertimbangkan Kepadatan Penduduk Di Kabupaten Bengkulu Utara. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu: Bengkulu.
- Kanamori, Hiroo. 1983 . Magnitude Scale and Quantification of Earthquakes. Tectonophysics Vol 93 No 3 : 185-199.
- Madlazim. 2013. Kajian Awal Tentang *b Value* Gempa Bumi Di Sumatera Tahun 1964-2013. Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya(JPFA) Vol 3 No 1 : 43.

- Pasau, Guntur., Ferdy dan Gerald H. Tamuntuan. 2017. Pengamatan Seismisitas Gempa Bumi Di Wilayah Pulau Sulawesi Menggunakan Perubahan Nilai a-b. *Jurnal Mipa Unsrat Online* Vol 6 No 1 : 31-35.
- Rohadi, Supriyanto. 2009. Distribusi Spasial dan Temporal Seismotektonik Wilayah Subduksi Jawa. *Megasains* Vol 1 No 4 :180-188.
- Rusdin, A. A. 2009. Analisa Statistik Seismitas Sulawesi Selatan dan Sekitarnya (Tahun 1938 – 2008). Jakarta: Akademi Meteorologi dan Geofisika.
- Rydelek, Paul.A, dan I. Selwyn Sacks. 1989. Testing The Completeness Of Earthquake Catalogues And The Hypothesis Of Self- Similarity. *Nature*. No 337: 251-253.
- Schorlemmer, D., dan Winner, S. 2004. Earthquake Statistic at Parkfield: Stationary of *b-Values*. *Journal of Geophysical Research* Vol 109.
- Shohaya, J . N., Uswatun, C., Afifi, M., Lilik, W. P., dan Madlazim. 2013. Survey dan Analisis Seismisitas Wilayah Jawa Timur Berdasarkan Data Gempa Bumi Periode 1999-2013 Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)* Vol 3 No 2 : 20.
- Sieh, K., dan Natawidjaja, D. H. 2000. Neotectonics of the Sumatran Fault, Indonesia. *Journal of Geophysical Research* Vol 105 No 12 : 28.295 – 28.326.
- Utsu, T. 1965. A method for determining the *value* of *b* in the formula  $\log n = a - bM$  showing the magnitude-frequency relation for earthquakes (with English summary) . *Geophys. Bull. Hokkaido Univ* Vol 13 : 99-103.
- [www.pu.go.id](http://www.pu.go.id), diakses pada tanggal 14 desember 2020.
- [www.vsi.esdm.go.id](http://www.vsi.esdm.go.id), diakses pada tanggal 01 juni 2021.