

**ANALISIS DISTRIBUSI SPASIAL DAN TEMPORAL  
SEISMOTEKTONIK BERDASARKAN NILAI *B-VALUE* DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *LIKELIHOOD* DI PULAU JAWA**

**ANALYSIS OF SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTION OF  
SEISMOTECTONICS BASED ON *B-VALUE* USING  
THE *LIKELIHOOD* METHOD ON JAVA**

<sup>1)</sup>Linda, <sup>2)</sup>Nasrul Ihsan, <sup>3)</sup>Pariabti Palloan

Universitas Negeri Makassar

Kampus UNM Parangtambung Jln. Daeng Tata Raya, Makassar, 90224

<sup>1)</sup>e-mail : [lindaarifin159@gmail.com](mailto:lindaarifin159@gmail.com)

**Abstract. Analysis Of Spatial And Temporal Distribution Of Seismotectonics Based On *B-Value* Using The Likelihood Method On Java.** *This study was correlational descriptive research is aimed to determined the spatial and temporal distribution seismotektonik in Java Island. Data obtained from ISC catalog (interntional seismological centre) GCMT (global centroid moment tensor) and LIPI from 1935 to 2014. 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. The method used in determining the *b-value* is the Likelihood method with the help of software Zmap. Based on the results of the analysis indicate that the area DKI Jakarta and Banten and the surrounding area is a big chance for the occurrence of earthquakes with large magnitude and recurrence events in rapin intervals. Conversely, regions Jawa Timur, 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.*

**Keywords :** *Spatial Distribution, Seismotektonik Temporal, A-Value, B-Value.*

**Abstrak. Analisis Distribusi Spasial Dan Temporal Seismotektonik Berdasarkan Nilai *B-Value* Dengan Menggunakan Metode *Likelihood* Di Pulau Jawa.** Penelitian ini adalah penelitian deskriptif bersifat korelasional yang bertujuan untuk mengetahui distribusi spasial dan temporal seismotektonik wilayah Pulau Jawa. Data gempa diperoleh dari 2 katalog ISC (*interntional seismological centre*) GCMT (*global centroid moment tensor*) dan LIPI dari tahun 1935-2014. 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. Metode yang digunakan dalam menentukan nilai-*b* adalah metode Likelihood dengan bantuan software Zmap. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa daerah perairan Provinsi DKI Jakarta dan Banten 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, Provinsi Jawa Timur 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 :** distribusi spasial, temporal seismotektonik, a-value, b-value.

## PENDAHULUAN

Gempa bumi sering melanda Indonesia, hal ini dikarenakan Indonesia dilalui oleh tiga lempeng yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik. Pertemuan Indo-Australia dan Eurasia membentang sepanjang barat Sumatera, selatan Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara. Pertemuan lempeng Pasifik terletak di sepanjang Maluku (Rahmadi, 2008).

Menurut Teori *Elastic Rebound* yang dinyatakan oleh seismolog Reid, (K.E Bullen, 1965; B.Bolt, 1988) menyatakan bahwa gempa bumi merupakan gejala alam yang disebabkan oleh pelepasan energi regangan elastis batuan yang disebabkan adanya deformasi batuan yang terjadi di litosfer. Deformasi batuan terjadi akibat adanya tekanan (*stress*) dan tarikan (*strain*) yang terus-menerus pada lapisan bumi menyebabkan daya dukung pada batuan akan mencapai batas maksimum dan mulai terjadi pergeseran dan akhirnya terjadi patahan secara tiba-tiba. Energi stress yang tersimpan akan dilepaskan dalam bentuk getaran yang kita kenal sebagai gempa bumi.

Seismisitas (Aktivitas Seismik) dapat digunakan untuk mengartikan geografi gempabumi, terutama magnitudo atau energi dan distribusinya di atas dan di bawah permukaan bumi. Kata seismisitas dihubungkan dengan pekerjaan Gutenberg Richter (1954) yang klasik. Seismisitas merupakan ukuran untuk membandingkan aktivitas seismik suatu daerah dengan daerah lain. Untuk mengetahui distribusi zona-zona

gempa aktif atau pola aktivitas kegempaan berdasarkan analisa hubungan frekuensi magnitudo dapat diperoleh dengan cara menggambarkan pola sebaran parameter-parameter seismisitas

$$\text{Log } N = a - b M$$

keterangan:

$N$  = banyaknya gempa dengan magnitudo lebih besar dari  $m$  yang terjadi pada periode tertentu.

$a$  = aktivitas seismik

$b$  = parameter tektonik

$M$  = magnitudo

serta periode ulangnya, dan melakukan pemetaan kegempaan untuk mengklasifikasikan suatu daerah dengan daerah lainnya berdasarkan parameter-parameter seismisitas.

Menurut teori patahan (*theory fracture*) bahwa pada waktu terjadinya gempa bumi akan dilepaskan sejumlah energi tertentu akibat patahan yang terjadi secara tiba-tiba dan gelombang seismik yang dipancarkan dapat dirasakan oleh alat seismograf, dapat diketahui bahwa gempa bumi adalah hasil pelepasan energi dari suatu patahan kerak bumi dimana patahan itu merupakan sumber gempa bumi.

Menurut teori lempeng tektonik kerak bumi terpecah-pecah menjadi bagian yang disebut lempeng (plate bumi). Di bumi terdapat tujuh lempeng besar (*Mega Plate*) diantaranya: lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, lempeng Indo-Australia, lempeng

antartika, lempeng Amerika, lempeng Nazca dan lempeng Afrika. Lempeng-lempeng tersebut bergerak dengan arah dan kecepatan berbeda.

Menurut teori konveksi, pergerakan lempeng-lempeng ini disebabkan oleh arus konveksi. Bumi ini tersusun oleh dua bagian yaitu litosfer dan astenosfer. Astenosfer bersifat fluida yang kental dan mempunyai densitas yang lebih kecil dan bersuhu tinggi. Litosfer mempunyai densitas yang lebih besar dan bersifat kaku serta mudah patah, karena gerakan perputaran bumi secara terus menerus maka pada astenosfer yang bersuhu tinggi timbul arus. Arus ini disebut arus konveksi. Arus ini selalu bergerak dari tekanan tinggi ke tempat tekanan yang rendah. Gerakan dari astenosfer akan menggerakkan litosfer yang berada di atasnya. Maka litosfer yang berupa lempeng-lempeng tersebut akan bergerak.

Menurut sumber terjadinya gempa, gempa bumi dikelompokkan menjadi:

- a. gempa vulkanik diakibatkan adanya aktivitas magma dan gas di dalam dapur magma (*batholite*) dan jika gejala tersebut meningkat maka dapat timbul ledakan diikuti gempa bumi
- b. gempa bumi runtuh terjadi karena adanya pergerakan permukaan tanah atau gua runtuh sehingga menimbulkan getaran-getaran.
- c. gempa bumi tektonik disebabkan oleh patahnya suatu struktur lapisan batuan akibat adanya stress yang bekerja terus

dan ini berhubungan erat dengan pergerakan lempeng tektonik,

- d. gempa bumi buatan akibat buatan manusia misalnya, akibat ledakan dinamit atau nuklir, dan
- e. gempa bumi akibat meteor jatuh jarang terjadi.

Setiap kejadian gempa bumi akan menghasilkan informasi seismik berupa rekaman sinyal berbentuk gelombang melalui proses manual atau otomatis akan menjadi data bacaan fase. Informasi seismik selanjutnya mengalami proses pengumpulan data, pengolahan, dan analisa sehingga menjadi parameter gempa bumi. Parameter gempa bumi tersebut, antara lain:

- a. Waktu terjadinya (*origin time*) adalah waktu pada saat terjadinya patahan atau runtuh yang menyebabkan terjadinya penjalaran gelombang seismik atau gempa.
- b. Kedalaman sumber gempa bumi merupakan ukuran kedalaman pusat terjadinya suatu gempa bumi. Kedalaman sumber gempa tersebut bervariasi mulai dari dangkal, menengah dan dalam batasan harganya tergantung dari kondisi tektonik setempat.
- c. Hiposenter merupakan pusat terjadinya gempa bumi di bawah permukaan bumi, sedangkan episenter merupakan titik di permukaan bumi yang merupakan refleksi tegak lurus dari hiposenter. Lokasi hiposenter ditunjukkan dengan koordinat dan kedalaman, sedangkan

lokasi episenter ditunjukkan dengan titik koordinat dipermukaan bumi.

- d. Magnitudo adalah ukuran kekuatan gempa bumi yang menggambarkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempa bumi terjadi dan merupakan hasil pengamatan *seismograph*. Beberapa jenis Magnitudo yaitu Magnitudo Lokal (ML), *Body-Wave Magnitudo* (Mb), *Surface-Wave Magnitudo* (Ms), Magnitude Moment (Mw), dan Magnitude Durasi (Md).

Konsep kekuatan gempa bumi pertama kali diperkenalkan oleh C.F. Richter pada tahun 1935 dengan mengusulkan skala kekuatan logaritma yang lazim disebut sebagai skala *Richter*. Jenis gempa berdasarkan kekuatan gempa (magnitudo), terdiri atas:

- a. Gempa sangat besar (*great earthquake*), yaitu gempa bumi dengan magnitudo  $>8$  SR, gempa ini merupakan gempa merusak.
- b. Gempa besar (*major earthquake*), yaitu gempa bumi dengan magnitudo 7-8 SR.
- c. Gempa sedang (*moderate earthquake*), yaitu gempa bumi dengan magnitudo antara 5-7 SR.
- d. Gempa kecil (*small earthquake*), yaitu gempa bumi dengan magnitudo 3-5 SR.
- e. Gempa mikro (*micro earthquake*), yaitu gempa bumi dengan magnitudo antara 1-3 SR gempa ini merupakan gempa kecil.

Potensi yang ditimbulkan bencana gempa bumi maka, diperlukan upaya mitigasi yang komprehensif berupa identifikasi dan karakterisasi detail terhadap

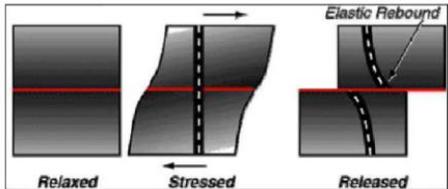
parameter-parameter yang mempengaruhi tingkat kegempaan di kawasan rawan gempa bumi terutama di kota-kota besar yang strategis (Modul Pegawai BMKG, 2014).

Dalam Shohaya (2013) dijelaskan bahwa dinamika tektonik pulau Jawa didominasi oleh pergerakan lempeng Indo-Australia yang relatif bergerak ke utara bertumbukan dengan lempeng Eurasia yang relatif diam. Penunjaman lempeng Indo-Australia berkisar 100-200 km di bawah dan 600 km di utara pulau Jawa. Tunjaman lempeng tersebut mengakibatkan pergerakan unsur-unsur. Kondisi ini menjadikan wilayah pulau Jawa sebagai daerah tektonik aktif dengan tingkat seismisitas yang tinggi.

Dalam Shohaya (2013) dijelaskan bahwa dinamika tektonik pulau Jawa didominasi oleh pergerakan lempeng Indo-Australia yang relative bergerak ke utara bertumbukan dengan lempeng Eurasia yang relatif diam. Penunjaman lempeng Indo-Australia berkisar 100-200 km di bawah dan 600 km di utara pulau Jawa. Tunjaman lempeng tersebut mengakibatkan pergerakan unsur-unsur. Kondisi ini menjadikan wilayah pulau Jawa sebagai daerah tektonik aktif dengan tingkat seismisitas yang tinggi.

Apabila terdapat dua buah gaya yang bekerja dengan arah yang berlawanan pada batuan kulit bumi, maka batuan tersebut akan terdeformasi atau mengalami perubahan bentuk dikarenakan batuan mempunyai sifat elastis. Jika gaya yang bekerja pada batuan dalam waktu yang lama

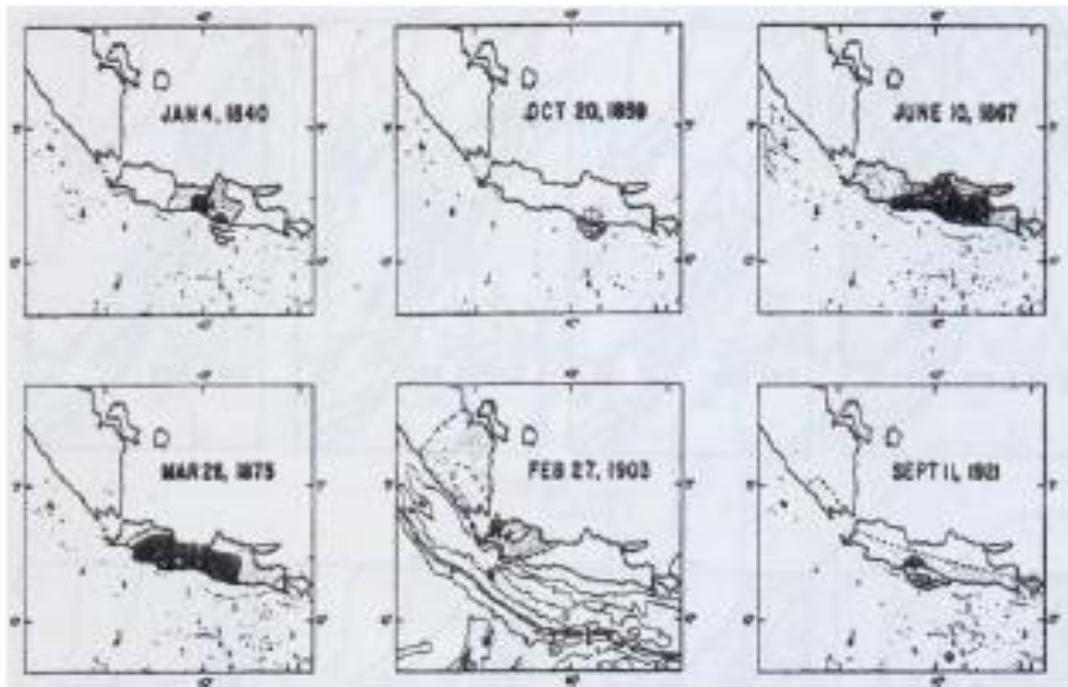
dan terus menerus, maka daya dukung pada batuan akan mencapai batas maksimum dan akan mulai terjadi pergeseran. Akibatnya batuan akan mengalami patahan secara tiba-tiba sepanjang bidang *fault*



**Gambar 1. Proses Deformasi Batuan Yang Mengakibatkan Terjadinya Gempa Bumi.**

Cara untuk menganalisis aktivitas kegempaan suatu daerah dalam upaya mitigasi adalah dengan menganalisis hubungan antara frekuensi dan magnitudo.

Nilai *a* menunjukkan keaktifan seismik daerah yang dipengaruhi oleh tingkat kerapuhan batuan. Nilai tingkat seismisitas di suatu daerah yang sedang diamati tergantung dari periode, luas daerah, dan aktivitas seismik. Semakin besar nilai *a* di suatu daerah berarti daerah tersebut memiliki aktivitas seismik yang tinggi, sebaliknya untuk nilai *a* yang kecil berarti aktivitas seismiknya rendah. Sedangkan nilai *b* menunjukkan kemiringan atau gradien dari persamaan linier hubungan frekuensi gempa bumi dan magnitudo. Dengan kata lain, nilai-*b* adalah parameter tektonik yang menunjukkan jumlah relatif dari gempa bumi yang kecil hingga gempa bumi besar, nilai ini mendekati 1 yang berarti 10 kali penurunan aktivitas terkait dengan kenaikan dalam tiap unit magnitudo.



**Gambar 2. Catatan Gempa Yang Terjadi Dipantai Selatan Jawa Pada 1800an Sampai Dengan Awal 1900an (Berdasarkan Newcomb Dan Mccan, 1987)**

Dari katalog sejarah kegempaan hasil pencatatan Newcomb dan McCan (1987) disebutkan bahwa pernah terjadi gempa dan tsunami di daerah Pantai Selatan Jawa pada tahun 1840, 1859, 1867, 1875 dan 1921. Daerah Jawa Barat secara fisiografis dibagi menjadi 4 zona berdasarkan karakteristik morfologi dan tatanan tektoniknya (van Bemmelen, 1949), yaitu: Zona Dataran Pantai Jakarta, Zona Bogor, Zona Depresi Tengah Jawa Barat (Zona Bandung), dan Zona Pegunungan Selatan. (Arie, 2009).

Metode *likelihood* merupakan suatu metode statistic yang sangat sesuai untuk memecahkan beberapa masalah tentang seismologi. Bila suatu fungsi distribusi probabilitas  $f(x, \theta)$  bergantung pada parameter  $\theta$ , bersesuaian dengan fungsi *likelihood*, didefinisikan sebagai berikut :

$$P(x, \theta) = f(x_1, \theta), f(x_2, \theta) \dots f(x_n, \theta)$$

Bahwa estimasi maksimum *likelihood* dari  $\theta$  adalah nilai fungsi maksimum  $P(x_1, \theta)$  untuk perhitungan yang bersesuaian. Penurunan dari  $\log P(x_1, \theta)$  yang umumnya untuk mendapatkan nilai maksimum dari  $\theta$ , yaitu :

$$\frac{\partial p}{\partial \theta} = 0$$

Menurut Aki (1965) bahwa metode ini dipergunakan untuk masalah hubungan antara frekuensi gempa bumi dan

magnitude. Suatu fungsi distribusi probabilitas  $M$  dapat ditulis kedalam bentuk:

$$f(M, b') = b'e^{-b(M-M_0)}; M \geq M_0$$

Dimana:  $b' = b \cdot \ln 10$

Bersesuaian dengan fungsi *likelihood* yang ditunjukkan sebagai berikut :

$$P = (b')N_e e^{-\{b'(\sum M_1 - NM_0)\}}$$

Dari hubungan ini diperoleh bahwa estimasi *likelihood* maksimum dari  $b$  yang ditunjukkan sebagai berikut :

$$b = \frac{\log e}{M - M_0} \text{ dan } M = \frac{\sum_{i=1}^n Mn}{\sum_{i=1}^n n}$$

dimana:

$M$  : rata-rata megnitude

$M_0$  : nilai minimum magnitude

$\log e$  : 0.4343

Bila diberikan probabilitas untuk 95%. Batas atas dan batas bawah dari nilai  $b$  yang didapatkan menggunakan metode ini adalah menurut Utsu (1965):

$$b = b \left( 1 + \frac{1.960}{\sqrt{N}} \right) \text{ dan } b = b \left( 1 - \frac{1.960}{\sqrt{N}} \right)$$

bersesuaian dengan nilai  $a$  yang diperhitungkan dari hubungan frekuensi kumulatif untuk  $M \geq M_0$  adalah :

$$a = \log N (M > M_0) + \log (b \ln 10) + M_0 b$$

## METODE

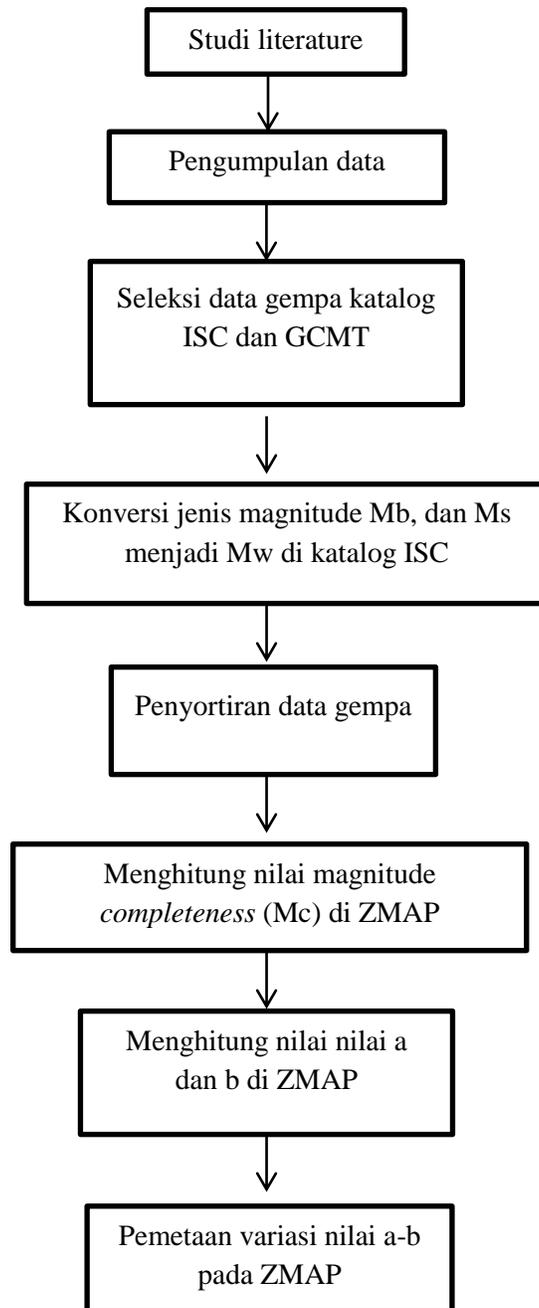
Penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Lokasi penelitian gempa bumi dilakukan di Pulau Jawa. Penelitian ini dilaksanakan selama 1-7 bulan di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Tangerang selatan, Banten.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop, Matlab, dan program Zmap. Bahan penelitian ini adalah data gempa yang telah diteliti oleh LIPI yang terdiri dari Katalog ISC (*International Seismological Centre*) memuat data gempa berupa longitude, latitude, tahun, bulan, tanggal, kedalaman, jam, menit dan dua jenis magnitudo yaitu magnitudo gelombang badan (Mb) dan magnitudo gelombang permukaan (Ms) dari tahun 1935-2014 dan Katalog (*Global Centroid Moment Tensor*) memuat data magnitudo momen (Mo) yang digunakan untuk mengubah 2 jenis magnitudo di katalog ISC menjadi magnitudo momen (Mw) dari tahun 1935-2014.

Pengolahan data dalam penelitian ini yaitu:

1. studi literatur adalah menelaah pustaka yang mendukung penelitian tentang analisis distribusi spasial dan temporal di pulau Jawa
2. pengumpulan data gempa berupa data longitude, latitude, jam, menit, detik, kedalaman, episenter, waktu, moment seismik (Mo), magnitudo gelombang badan (Mb), dan magnitudo gelombang permukaan (Ms) yang di peroleh dari dua katalog gempa ISC dan GCMT tahun 1936-2014.
3. konversi jenis magnitudo gelombang badan (Mb) dan magnitudo gelombang permukaan (Ms) yang terdapat dalam katalog ISC diubah menjadi Mw. Hal ini dilakukan untuk menyeragamkan 2 jenis magnitudo yang terdapat dalam katalog ISC.
4. penyortiran data gempa yang digunakan dalam penelitian ini merupakan gempa utama atau gempa independent sehingga data gempa di sortir dengan menggunakan *software* ZMAP.
5. penentuan nilai *magnitude of completeness* (Mc) merupakan gempa-gempa yang paling sering muncul dalam rentang kejadian gempa tahun 1935-2014. Nilai ini diperoleh dengan menggunakan *software* ZMAP.
6. penentuan nilai a dan b dilakukan dengan membagi 8 wilayah agar lebih teliti, akurat dan karakteristik untuk setiap wilayah itu berbeda-beda. Nilai a dan b dihitung pada masing-masing wilayah menggunakan *software* ZMAP
7. perhitungan nilai parameter gempa secara spasial dan temporal.

Diagram Alir



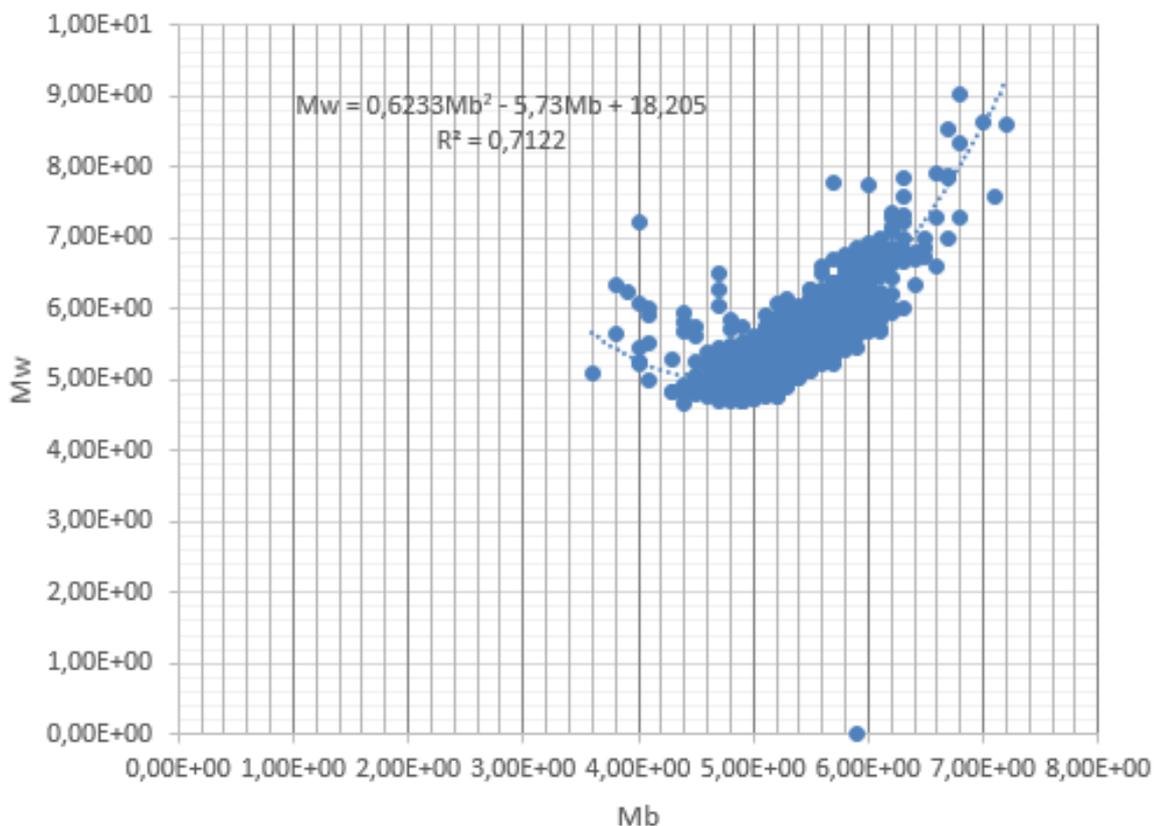
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data gempa dari katalog ISC dan GCMT digabungkan dan ditulis berurutan mulai dari longitude, latitude, tahun, bulan, hari, magnitudo, kedalaman, jam, menit berdasarkan format ASCII. Magnitudo yang digunakan adalah magnitudo momen (Mw), sehingga magnitudo gelombang badan (Mb) dan magnitudo gelombang permukaan (Ms) pada katalog ISC

diubah menjadi magnitudo momen (Mw) dengan memanfaatkan nilai momen seismic (Mo) pada katalog GCMT.

1. Korelasi empirik Mw terhadap Mb.

Momen seismic (Mo) dalam katalog GCMT diubah menjadi Mw dengan menggunakan persamaan  $Mw = \log (Mo) - 10.7$ . Kemudian di plot grafik dengan Mb seperti gambar dibawah ini.

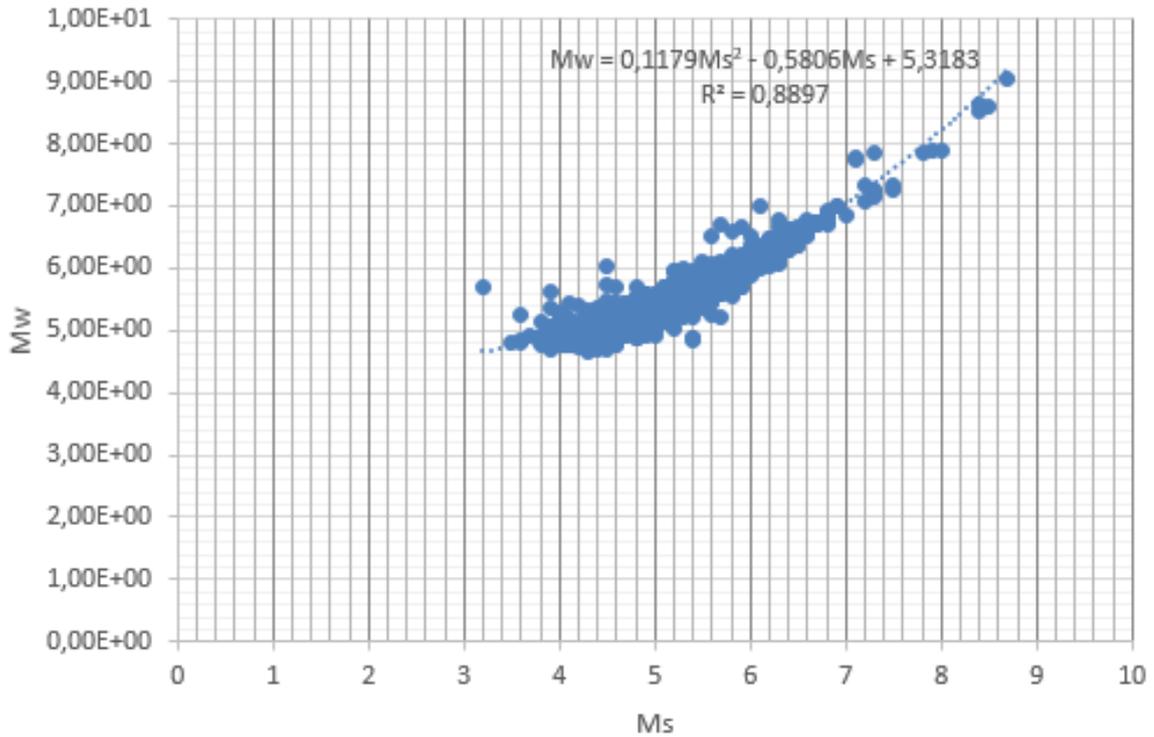


**Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Mw Dengan Mb**

Terlihat bahwa Mw dan Mb tidak membentuk hubungan yang linear melainkan berbentuk polinomial. Persamaan yang terbentuk pada gambar diatas digunakan untuk mengubah Mb di katalog ISC menjadi Mw.

2. Korelasi empirik Mw terhadap Ms

Momen seismic (Mo) dalam katalog GCMT diubah menjadi Mw dengan menggunakan persamaan  $Mw = \log (Mo) - 10.7$ . Kemudian di plot grafik dengan Ms seperti pada gambar dibawah ini

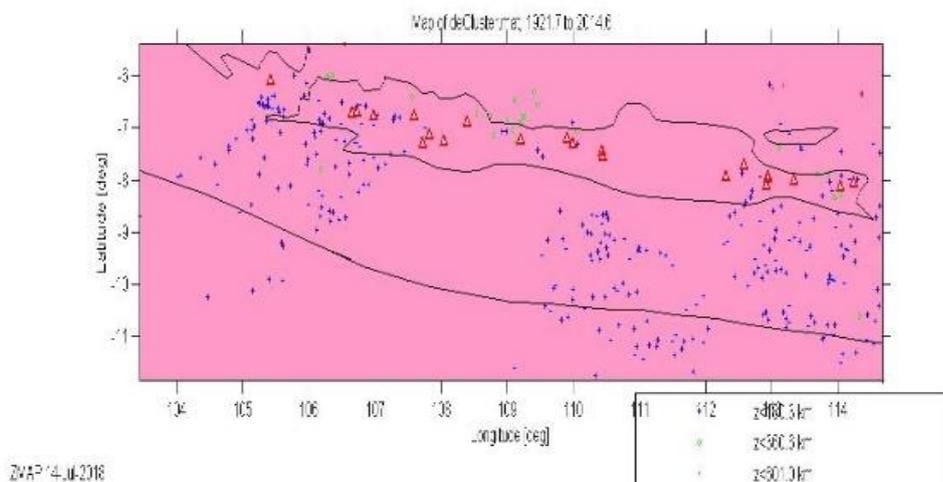


**Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Mw Dengan Ms**

Terlihat bahwa Mw dan Ms tidak membentuk hubungan yang linear melainkan berbentuk polinomial. Persamaan yang terbentuk pada gambar diatas digunakan untuk mengubah Ms di katalog ISC menjadi Mw.

Plot kejadian gempa bumi di pulau Jawa dilakukan dengan cara menginput data ke dalam software MatLab – Zmap maka akan diperoleh peta seismisitas seperti pada gambar dibawah

3. Plot seismisitas kejadian gempa di pulau Jawa



**Gambar 5. Plot Seismisitas Kejadian Gempa Bumi Di Wilayah Pulau Jawa Berdasarkan Kedalaman Tahun 1935-2014 Setelah Di Cluster**

Gambar ini menunjukkan bahwa titik gempa setelah di decluster, dimana decluster disini digunakan untuk menghilangkan efek gempa susulan. Untuk titik berwarna biru kedalamnya yaitu  $z \leq 180.3$  km, titik warna hijau  $z \leq 360.6$  km dan titik warna merah  $z \leq 601.0$  km. Kejadian gempa paling dalam yaitu di titik merah sebesar  $z \leq 601.0$  km.

4. Tingkat aktivitas seismik di pulau Jawa berdasarkan nilai parameter seismisitas dan tektonik

Tingkat seismisitas di wilayah Pulau Jawa dilakukan dengan cara menginput data ke dalam software MatLab – Zmap maka akan diperoleh grafik hubungan antara jumlah kejadian gempa bumi dan magnitudo, dimana pada grafik juga tertera nilai *a-value* dan *b-value*. beberapa parameter aktivitas gempa bumi sebagai berikut :

**Tabel 1.** Nilai Mc Atau Kelemahan Magnitudo Disetiap Wilayah Penelitian

Daerah penelitian	Wilayah	Nilai Mc (SR)
Zona 1	Provinsi DKI Jakarta dan Banten dan sekitarnya	5.2
Zona 2	Provinsi Jawa barat dan sekitarnya	5.1
Zona 3	Provinsi Jawa tengah dan sekitarnya	5.1
Zona 4	Provinsi Jawa timur dan sekitarnya	5.2
Zona 5	Perairan Provinsi DKI Jakarta dan Banten dan sekitarnya	5.1
Zona 6	Perairan Provinsi Jawa barat dan sekitarnya	5.2
Zona 7	Perairan Provinsi Jawa tengah dan sekitarnya	5.3
Zona 8	Perairan Provinsi Jawa timur dan sekitarnya	5.2

Dari tabel diperoleh nilai MC (*Magnitude Completeness*) yang bervariasi. MC (*Magnitude*

*Completeness*) atau kelemahan magnitudo adalah magnitudo yang dominan terjadi di suatu wilayah, dari grafik di atas MC yang paling tinggi berada di wilayah zona 7 yaitu provinsi Jawa Tengah dengan magnitudo 5.3 SR dan MC terendah di wilayah zona 2, 3, 5, yaitu Provinsi Jawa Barat, Provinsi Jawa Tengah dan perairan Provinsi DKI Jakarta dan Banten dengan magnitudo 5.1 SR. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa gempa dengan skala lemah tersebut terjadi pada wilayah penelitian tersebut.

Tingkat seismisitas disuatu wilayah salah satu parameter yang memicu terjadinya gempa adalah tingginya nilai *b-value*, wilayah penelitian dibagi menjadi 8 zona berdasarkan distribusi kejadian gempa. Hasil distribusi frekuensi magnitudo dari kejadian gempa bumi di masing-masing zona. Berikut hasil sebaran nilai pergerakan tektonik melalui Matlab-Zmap diperoleh sebagai berikut.

**Tabel 2.** Nilai B-Value Untuk Setiap Zona

Daerah penelitian	b-value
Zona 1	0.75
Zona 2	0.81
Zona 3	0.83
Zona 4	0.86
Zona 5	1.18
Zona 6	0.8
Zona 7	0.81
Zona 8	0.73

Tingkat seismisitas disuatu wilayah salah satu parameter yang memicu terjadinya gempa adalah tingginya nilai *a-value*. wilayah penelitian dibagi menjadi 8 zona berdasarkan distribusi kejadian gempa. Hasil distribusi spasial dan temporal dari kejadian gempa bumi di masing-masing zona. Maka diperoleh nilai yang bervariasi seperti pada tabel berikut:

**Tabel 3.** Nilai *a*-value untuk setiap zona

Daerah penelitian	<i>a</i> -value
Zona 1	5.46
Zona 2	5.96
Zona 3	6.11
Zona 4	6.39
Zona 5	7.45
Zona 6	5.80
Zona 7	6.05
Zona 8	5.46

Dalam penelitian ini ada dua data yaitu ISC dan GCMT. Kedua data ini di seragamkan berdasarkan kesamaan date, time dan depth sehingga masing-masing data kejadian gempa memiliki nilai *M<sub>w</sub>*, *M<sub>b</sub>* dan *M<sub>s</sub>* tertentu. Selanjutnya distribusi spasial nilai *a* dan nilai-*b* dianalisis untuk mengetahui potensi kejadian gempa bumi. Pada perhitungan nilai *b*, wilayah penelitian dibagi menjadi 8 zona dan nilai-*b* dihitung untuk tiap titik zona. Dengan menggunakan metode *likelihood*, radius divariasikan terhadap jumlah gempa tertentu di wilayah tersebut.

Plot kejadian gempa bumi di wilayah penelitian dengan menggunakan program Zmap ditunjukkan pada gambar 4.3. berdasarkan peta seismisitas tersebut dan dilakukan pengolahan lanjutan masih dengan program zmap, di peroleh hasil distribusi frekuensi-magnitude yang juga memberikan besar *magnitude completeness*, nilai *a*, dan nilai *b* dengan menggunakan metode *likelihood*. Pada penelitian ini ada 8 zona dimana 4 zona 1 sampai 4 itu merupakan daratan pulau jawa sementara 4 segmen berikutnya merupakan yang terletak di daerah perairan pulau jawa seperti yang di tunjukkan gambar 4.12. Tidak semua daerah di wilayah Tersebut menunjukkan aktivitas seismic yang besar, oleh karena itu dibagi menjadi 8 zona berdasarkan distribusi kejadian gempa Nilai *a*-value adalah menunjukkan bahwa wilayah pulau Jawa merupakan wilayah dengan aktivitas seismic yang besar dan nilai *b*-

value yang merupakan kemiringan/*slope* grafik frekuensi magnitude di wilayah pulau Jawa.

Distribusi spasial variasi nilai-*b* dianalisis untuk mengetahui potensi kejadian gempa dan distribusi temporal variasi nilai-*a* dianalisis untuk mengetahui selang waktu perulangan kejadian gempa bumi. Dalam menganalisis variasi nilai-*a* dan *b* digunakan metode *likelihood*.

Titik-titik kejadian gempa setelah dilakukan decluster di tunjukkan pada gambar 4.3. dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa kejadian gempa yang paling sering terjadi adalah gempa yang kedalamannya yaitu  $z \leq 180.3$  km yang ditandai dengan titik berwarna biru kemudian di susul dengan kejadian gempa pada kedalaman  $z \leq 360.6$  km yang ditandai dengan titik warna hijau dan kejadian gempa yang paling sedikit terjadi atau jarang terjadi adalah kejadian gempa pada kedalaman  $z \leq 601.0$  km ditandai dengan segitiga-segitiga berwarna merah.

Gambar 4.12 merupakan gambar pembagian zona lokasi kejadian gempa di pulau jawa. Masing- masing segmen ini kemudian di plot untuk menentukan *b*-value dan *a*-value. Hasil yang diperoleh memperlihatkan nilai *a*-value dan *b*-value yang bervariasi seperti yang diperlihatkan tabel 1. Untuk nilai *a*-value dan *b*-value pada zona 1 (sekitar provinsi Banten dan DKI Jakarta) yaitu *b*-value = 0.75 dan *a*-value = 5.46, untuk zona 2 (sekitar Provinsi Jawa Barat) yaitu nilai *a*-value = 5,96 dan *b*-value = 0.81, untuk zona 3 (sekitar provinsi Jawa Tengah dan Yogyakarta) yaitu nilai *a*-value = 6.11 dan *b*-value = 0.83, untuk zona 4 (sekitar provinsi Jawa Timur) yaitu *a*-value = 6.39 dan *b*-value = 0.86, zona 5 (perairan di bawah sekitar provinsi Banten dan DKI Jakarta) yaitu nilai *a*-value = 7.45 dan *b*-value = 1.18, zona 6 (perairan di bawah sekitar Jawa Barat) yaitu nilai *a*-value = 5.80 dan *b*-value = 0.8, zona 7 (perairan di bawah sekitar Jawa Tengah) yaitu nilai *a*-value

= 6.05 dan b-value = 0.81, zona 8 (perairan di bawah sekitar Jawa Timur) yaitu nilai a-value = 5.46 dan b-value = 0.73. Nilai-b terbesar berada di wilayah penelitian zona 5 yaitu daerah Provinsi DKI Jakarta dan Banten. Nilai-b besar selanjutnya adalah segmen 4 yaitu daerah Provinsi Jawa Timur dan Sekitarnya. Diikuti oleh segmen 3, 2, 7, 1 dan 8. Berdasarkan data kejadian gempa yang telah dianalisa, di wilayah penelitian zona 4 dan 5 telah terjadi gempa besar dengan magnitudo lebih besar dari 5 dalam frekuensi yang relatif banyak dibandingkan dengan wilayah penelitian cluster 3, 2, 7, 1, dan 8.

Secara teori nilai *b* merupakan parameter seismotektonik suatu daerah dimana terjadi gempabumi dan tergantung pada sifat batuan setempat dan berdasarkan hasil penelitian para ahli sebelumnya (Scholz, 1968) menyatakan bahwa nilai parameter seismotektonik rendah biasanya berkorelasi dengan tingkat stress yang tinggi, sedangkan nilai parameter seismotektonik yang tinggi berkorelasi tingkat stress yang rendah. Selain itu, wilayah dengan heterogenitas yang besar berkorelasi dengan harga nilai parameter seismotektonik yang tinggi (Mogi, 1962). Meskipun demikian beberapa ahli mengatakan bahwa nilai parameter seismotektonik ini konstan dan bernilai sekitar 1.

Nilai parameter seismotektonik jika dihubungkan dengan distribusi spasial dan temporal maka nilai parameter seismotektonik menyatakan tingkat kerapuhan batuan. Semakin besar nilai parameter seismotektonik semakin besar pula tingkat kerapuhan batuan. Sebaliknya jika nilai parameter seismotektonik kecil berarti semakin kecil pula tingkat kerapuhan batuan. Dari hasil pengolahan data maka diperoleh nilai parameter seismotektonik terendah terdapat di daerah zona 8 yaitu daerah perairan Provinsi Jawa timur dan sekitarnya dengan nilai yaitu 0.73 dan nilai tertinggi terdapat di daerah zona 5 yaitu daerah perairan

Provinsi DKI Jakarta dan Banten dan sekitarnya dengan nilai yaitu 1.18. Hal ini menunjukkan bahwa daerah zona 5 di dominasi oleh daerah perairan Provinsi DKI Jakarta dan Banten dan sekitarnya sering terjadi gempabumi dengan magnitudo besar karena aktivitas seismik yang tinggi dan potensi terjadinya gempa bumi yang besar karena adanya sesar bayah, sedangkan pada daerah zona 8 di dominasi oleh perairan Provinsi Jawa timur dan sekitarnya, daerah ini sedikit terjadi gempabumi dengan magnitudo besar. Sehingga perlu diwaspadai bahwa di daerah zona 5 ini berpotensi terjadi gempabumi dengan magnitudo yang besar.

Sebagai pembanding (M.Taufik Gunawan dan Wandono) menentukan nilai b-value dan a-value parameter seismotektonik untuk daerah Indonesia dengan menggunakan data dari tahun 1900-1998 dengan pembagian 5 daerah yang berbeda dan diperoleh nilai berkisar antara 0.75 – 1.09.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengatakan bahwa nilai parameter seismotektonik konstan dan bernilai sekitar 1 (satu). Adanya perbedaan nilai ini disebabkan karena adanya perbedaan data dan metode perhitungan yang digunakan. Meskipun demikian sebagian besar berpendapat bahwa nilai parameter seismotektonik bervariasi terhadap daerah dan kedalaman pusat gempa, serta tergantung pada distribusi ruang stress dari volume batuan yang menjadi sumber gempa, hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai parameter seismotektonik yang besar pada daerah segmen 5 yaitu 1.18. (Sulaiman, 2013).

Dari hasil penelitian yang dilakukan, nilai *a* merupakan nilai yang menunjukkan keaktifan seismik pada suatu daerah penelitian. Dari hasil pengolahan data maka diperoleh nilai seismisitas terendah terdapat di daerah zona 8 yaitu daerah Perairan Provinsi Jawa timur dengan nilai 5.46

dan untuk nilai tertinggi terdapat di daerah zona 5 yaitu 7.45. Sehingga sangat wajar daerah ini diguncang gempabumi. Hal ini disebabkan karena dengan melihat lokasi episenter dan hiposenter, tampak gempa yang terjadi akibat sesar aktif di zona sesar bayah dan di picu deformasi batuan dengan mekanisme pergeseran sesar geser (strike slip fault).

Indeks seismisitas merupakan normalisasi dari jumlah gempabumi pertahun. Daerah dengan periode ulang rendah atau indeks seismisitas tinggi merupakan rawan bencana alam.

Adapun periode ulang untuk masing-masing daerah penelitian berbeda satu sama lain, tergantung dari indeks seismisitasnya. Parameter yang dihitung sebagai indeks seismisitas akan memberikan kemudahan untuk mengetahui

kemungkinan terjadinya satu kali atau lebih terjadi gempa besar (merusak) di suatu daerah dalam jangka waktu tertentu.

#### SIMPULAN

Distribusi spasial menunjukkan nilai-b yang tinggi menginterpretasikan bahwa zona 5 yaitu daerah perairan Provinsi DKI Jakarta dan Banten adalah daerah yang berpeluang besar untuk terjadinya gempa bumi dengan magnitude besar.

Distribusi temporal seismotektonik berdasarkan nilai a-value menunjukkan daerah Provinsi DKI Jakarta dan Banten, Provinsi Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur adalah daerah yang memiliki peluang selang waktu perulangan gempa bumi yang lama.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Aki, K. "Maximum Likelihood estimate of b-value in the formula  $\log N = A - b M$  and its confidence limits, Bull" *Earthquake Res.*43 (1965): h. 237-240.
- Baskara, B. (2017). Pemetaan Bahaya Gempa Bumi dan dan Potensi Tsunami di Bali Berdasarkan Nilai Seismitas. *Buletin Fisika*, 20-26.
- Bullen, K.E., dan Bruce, A.B., "An Introduction to The Theory of Seismology". Fourth Edition: Cambridge University Press, 1965.
- Delfebriyadi. (2008). Studi Hazard Kegempaan Wilayah Provinsi Banten dan DKI Jakarta. *Jurnal Teknik Sipil. Universitas Andalas*.
- Desmonda, N. J. (2014). Penentuan Zona Kerentanan Bencana Gempa Bumi Tektonik di Kabupaten Wilayah Malang. *Jurnal Teknik Pomits*.
- Faizah, R. (2013). Probabilitas Kejadian Gempa Bumi pada Masa Mendatang di Zona Sesar Sumatra. *Seminar Nasional Statistika dan Manajemen Kebencanaan*. Yogyakarta: UII.
- Fulki, Ahmad. "Analisis Parameter Gempa, B Value PGA di Daerah Papua." 2011.
- Gunawan, dkk. *Tektonik dan Mineral di Indonesia*. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Great Earthquakes from Long-Period Diffracted P-waves, *Phys. Earth Planet, Inter-31:202-30*.
- Gunawan.T, Wandono.M. *Tinjauan Statistik Resiko Gempa Bumi di Indonesia*. BMG Jakarta.
- Hutapea, B. M. (2007). Analisis Hazard Gempa dan Usukan Ground Motion pada Batuan

- Dasar untuk Kota Jakarta. *Jurnal Toeretic dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*.
- Irsyam, M. (2010). *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Gempa Bumi Indonesia*. Bandung: ITB.
- Kertapati, E.K., *Aktivitas Gempabumi di Indonesia*, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral, Badan Geologi, Pusat Survei Geologi, Bandung.
- Kusuma, L. D. (2013). Analisis Respon Spektra Kota Manado. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 84-93.
- Marsyelina, M. (2014). Karakteristik Mikrotremor dan Analisis Seismitas pada Jalur Sesak Opak. *Jurnal Sains Dasar*, 95-101.
- Muzli, dkk. *Skala Intensitas Gempabumi BMKG*. Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika.
- Nugraha, J. (2014). Analisis Hazard Gempa Bumi dan Isoleismal Untuk Wilayah Jawa-Bali-NTB. *BMKG*.
- Reza, Muhammad. *Studi Mekanisme Sumber Gempa Bumi Nias 2005*. Akademi Meteorologi dan Geofisika. Jakarta, 2008.
- Reiter, Leon. *Earthquake Hazard Analysis*, New York: Columbia University Press, 1991.
- Ruff, L., dan Kanamori H., The Rupture Process and Asperity Distribution of Three. 1983.
- Pasau, G., dan A. Tanauma. 2011. Pemodelan Sumber Gempa di Wilayah Sulawesi Utara Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi. *Journal science of MIPA*. 7:1-5.
- Salim, R. (2014). Analisa Pola Bidang Sesar pada Zona Subduksi pada Wilayah Selatan Sumatera. *Jurnal Teknik Pomits*, 132.
- Santoso, E. (2011). Studi Hazard Seismik dan Hubungannya dengan Intensitas Seismik di Pulau Sumatera dan Sekitarnya. *BMKG*.
- Sulaiman, R. Setiyo Prayitno. B. *Studi Banding b value dengan Metode Kuadrat Terkecil dan Likelihood Maksimum dari data BMG dan USGS untuk daerah Aceh dan Sekitarnya*. BMG. Jakarta, 2003.
- Shearer, P. M. (2009). *Introduction to Seismology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shohaya, J. N. (2013). Survei dan Analisis Seismitas Wilayah Jawa Timur berdasarkan Data Gempa tahun 1999-2013. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya, III*.
- Simanjuntak, A. V. (2017). Perbandingan Energi Gempa Bumi Utama dan Susulan. *Jurnal Fisika Flux*.
- Soehaimi, A. (2008). Seismotektonik dan Potensi Kegempaan Wilayah Jawa. *Jurnal Geologi Indonesia*, 227-240.
- Sulistiyani, Koesuma, S., & Budi, N. (2013). Kajian Indeks Bahaya Seismik Regional Menggunakan Data Seismik Pulau Jawa tahun 1900-2006. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 21.
- Sunusi, N. (2014). *Studi Probabilitas dan Penaksiran Resiko Gempa Melalui Pemodelan Bayesian Point Process*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Tri Wardana, Rahmadi. "Analisa Statistik Tingkat Keaktifan Gempa Bumi di Daerah Jawa Timur dan sekitarnya". Akademi meteorologi dan Geofisika. Jakarta, 2008.
- Utsu, T. (1965), A Method in Determining the value of b in a formula  $\log N = a - bM$  Showing the magnitude frequency for

earthquakes. *Geophys Bull. Hokkaido Univ.*  
13 : 99-103.

Sekitarnya.” *Matematika dan Sains* 9 no. 3,  
2004.

Wandono, dkk. “Analisis Hubungan Frekuensi-  
Magnitudo Gempabumi di Bali dan