

KAITAN *b* VALUE DENGAN MAGNITUDO DAN FREKUENSI GEMPA BUMI MENGUNAKAN METODE GUTENBERG-RICHTER DI SUMATERA UTARA TAHUN 2002-2012

Ikhlusal Amalia, Madlazim

Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Surabaya

e-mail : ikhlas.amel@yahoo.com

Abstrak

Secara geologis, posisi Sumatera Utara terletak pada pertemuan lempeng Indo-Australia yang menunjam lempeng Euroasia, dengan kondisi seperti ini menyebabkan Sumatera Utara beberapa kali mengalami tumbukan dari proses tektonik tersebut. Hal ini mengakibatkan terbentuknya rangkaian jalur patahan, rekahan dan lipatan disertai dengan kegiatan vulkanik. Sehingga gempa bumi berpeluang besar dapat terjadi di Sumatera Utara. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kaitan *b* value dengan magnitudo dan frekuensi gempa bumi menggunakan metode Gutenberg-Richter di Sumatera Utara tahun 2002-2012. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data parameter gempa bumi yang diperoleh dari web Harvard dengan magnitudo 4.0 sampai 9.0 dan kedalaman 0 sampai 100 km pada koordinat -4^o sampai 4^o LU dan 95^o-105^o BT. Berdasarkan data nilai *b* value dapat menggambarkan tingkat *stress* yang sedang terjadi, nilai *b* value mengalami penurunan sesaat sebelum gempa bumi besar hal ini mengindikasikan terjadi kenaikan *stress* pada batuan dan *b* value mengalami kenaikan sesaat setelah gempa bumi besar hal tersebut berkorelasi dengan tingkat *stress* yang rendah karena energi yang tersimpan dalam batuan telah terlepas. Sedangkan frekuensi semakin sedikit dengan bertambah besarnya magnitudo, sehingga *b* value juga bertambah kecil. Dengan mengetahui perubahan nilai *b* value terhadap magnitudo gempa bumi, dapat digunakan sebagai *precursor* dan juga memprediksi gempa bumi yang akan datang di Sumatera Utara.

Kata kunci : *b* value, magnitudo, frekuensi gempa bumi

Abstract

Geologically, north of Sumatra stands on indo-australia slab which penetrate euroasia slab. With this condition, it's not surprised that north of sumatra experiences collision in many times from the tectonic process. This result in formation of break, crack, and crease line series accompanied by vulcanic activities. Therefore, earthquake in north of sumatra has a big chance to happen. Aim of this research is to analyze correlation between *b* value and magnitude of earthquake using Gutenberg-Richter method in north of sumatra in periode of 2002 to 2012. Data used in this research is parameter data of earthquake obtained from Harvard website by magnitude 4.0 to 9.0 and depth 0 to 100 km on coordinate of -4^o NL to 4^o NL and 95^o WL to 105^o WL. Based on data of *b* value, it can describe the on going stress level. *b* value experiences reduction shortly before the massive earthquake, this indicates stress escalation on the rock and high *b* value after the massive earthquake earthquake that correlated with lower levels of stress due because potential energy in the rock has been excluded. While the fewer frequencies with increasing magnitude of magnitude, so that a small *b* value also increases. By knowing alteration of *b* value to magnitude of earthquake, so *b* value can be used as precursor and also to predict earthquake in North of Sumatera in the future.

Key words : *b* value, magnitude, frequency of earthquake

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang rawan gempa bumi. Hal ini dikarenakan letak indonesia pada pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik, lempeng Eurasia yang bergerak satu sama lain; lempeng Indo- Australia yang bergerak ke utara, lempeng Pasifik yang bergerak ke barat, lempeng Eurasia yang bergerak relatif ke selatan (Edwiza, 2008). Gerakan yang diakibatkan ketiga lempeng tersebut bisa menimbulkan terjadinya patahan aktif yang merupakan generator seismisitas di indonesia (Hadi dkk, 2010).

Lempeng tektonik merupakan bagian keras kerak bumi yang mengapung diatas astenosfer yang cair dan panas. Oleh karena itu, lempeng tektonik bebas bergerak dan saling berinteraksi satu sama lain. Pergerakan lempeng tektonik tersebut membawa energi potensial pada medium yang dilaluinya. Pergerakan lempeng yang terus menerus menekan batuan hingga batas elastisitas batuan tidak mampu lagi menahan sehingga energi potensial tersebut terakumulasi menjadi energi kinetik dan terjadilah gempa bumi (BMKG, 5 Desember 2013).

Sumatera Utara yang terletak pada -4^o- 4^o LU dan 95^o-105^o BT merupakan salah satu zona tektonik aktif di Indonesia. Hal ini dikarenakan Sumatera Utara terletak di antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia.

Inilah yang menyebabkan Sumatera Utara sering mengalami gempa tektonik dangkal hingga besar (Akbar dan Santosa, 2012).

Dengan adanya informasi mengenai tingkat seismisitas di Sumatera Utara, baik masyarakat maupun pemerintah harus selalu siap dan waspada apabila bencana ini datang kembali. Maka perlu adanya upaya mitigasi untuk mencegah dampak buruk dari bencana gempa bumi tersebut.

Salah satu upaya mitigasi bencana gempa bumi adalah dengan mengetahui tingkat *stress* batuan Sumatera Utara serta memprediksi gempa bumi - gempa bumi yang akan datang. Pendekatan secara statistik menggunakan *b value* dengan formula dari Gutenberg-Richter dapat diterapkan dalam menganalisis dan memprediksi gempa bumi yang akan datang sehingga *b value* dapat digunakan sebagai *precursor* gempa bumi (Madlazim, 2013). Secara matematis metode Gutenberg-Richter dituliskan sebagai berikut :

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

Dimana :

- $n(M)$ = jumlah gempa bumi
- a = parameter seismik yang besarnya bergantung pada banyaknya gempa bumi
- b = karakteristik tekanan yang dialami oleh medium
- M = magnitudo gempa

Nilai *b value* memberikan korelasi pada tingkat *stress* yang terjadi, dimana nilainya bergantung pada karakter tektonik dan struktur material suatu wilayah. Nilai *b value* yang relatif rendah, berhubungan dengan tingkat *stress* yang tinggi dan berpeluang terjadinya gempa besar. Namun sebaliknya nilai *b value* yang tinggi, berhubungan dengan tingkat *stress* yang rendah (telah terjadi gempa bumi besar). (Alabi dkk, 2013).

Karena *b value* merupakan salah satu parameter gempa bumi dan masih sedikit penelitian mengenai *b value* terhadap kejadian gempa bumi, maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis kaitan *b value* dengan magnitudo dan frekuensi gempa bumi menggunakan metode Gutenberg-Richter di wilayah Sumatera Utara.

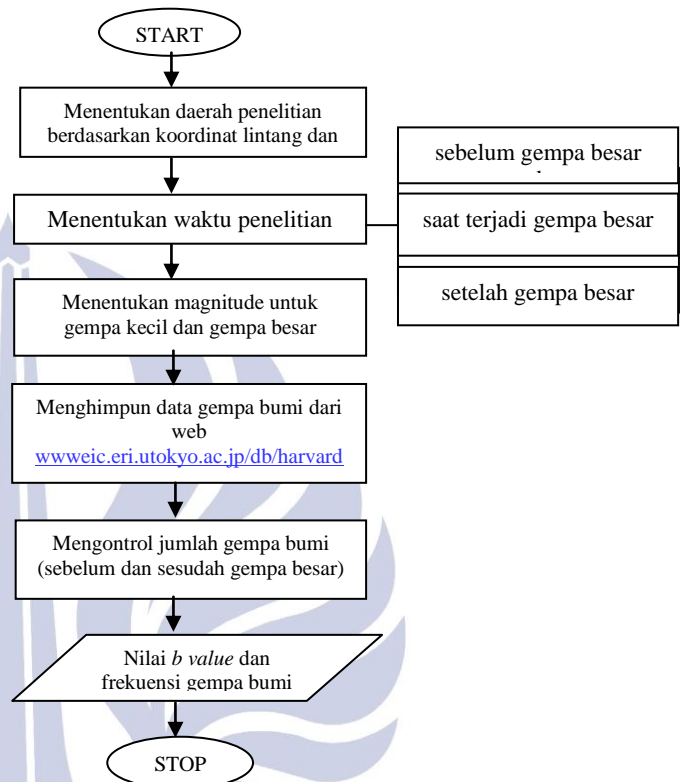
METODE

Penelitian tentang kaitan *b value* dengan magnitudo dan frekuensi gempa bumi ini menggunakan metode Gutenberg-Richter yang dirumuskan pada persamaan 1.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data dari katalog Harvard yang di akses secara *online* melalui situs (<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/db/harvard/>) periode 11 Agustus 2002 hingga 19 April 2012.

Parameter yang digunakan dalam menentukan *b value* dan frekuensi gempa bumi terdiri dari magnitudo gempa bumi yaitu 4.0 sampai 9.0, kedalaman gempa bumi yaitu 0-100 km, koordinat wilayah Sumatera Utara-4° sampai 4° LU dan 95° sampai 105° BT.

Tahapan pengolahan data adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram alir penelitian untuk menentukan *b value* dan frekuensi gempa bumi

Setelah *b value* pada tiga waktu kejadian gempa bumi di dapatkan selanjutnya di olah menggunakan Microsoft Excel. Kemudian menghasilkan grafik hubungan *b value* dan magnitudo.

Hasil analisis data yang diperoleh yaitu nilai *b*, dan frekuensi gempa bumi yang digunakan untuk menganalisis tingkat *stress* batuan yang terjadi daerah penelitian. Kemudian dibuat suatu grafik hubungan atau korelasi *b value* dengan magnitudo dan *b value* dengan frekuensi gempa bumi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari web Harvard dimana setiap data terdiri dari tiga waktu kejadian gempa bumi yaitu sebelum terjadi gempa bumi besar, saat terjadi gempa bumi besar, dan setelah terjadi gempa bumi besar. Sehingga dapat ditarik grafik hubungan *b value* dengan magnitudo tiap kejadian gempa bumi sebagai berikut:

Tabel 1 Data 1 pada 11 Agustus 2002-24 Desember 2004

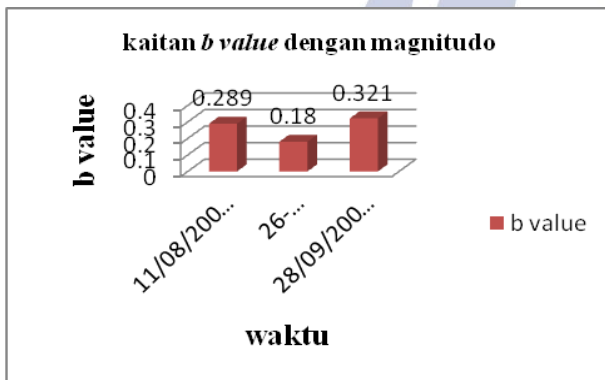
No	Depth (Km)	Magnitudo (SR)	<i>b value</i>	N (jml.gempa)
1	100	4.0 - 9.0	0.289	111
2		4.0 - 9.0	0.180	3
3		4.0 - 9.0	0.321	110

Dari hasil di atas diperoleh persamaan sebagai berikut :

1. $\log n(M)=2.012-0.289M$
2. $\log n(M)=0.196-0.180M$
3. $\log n(M)=2.179-0.321M$

Keterangan

1. Sebelum gempa besar 11/08/2002 - 25/09/2003
2. Saat gempa besar 26-27/09/2003
3. Setelah gempa besar 28/09/2003-24/12/2004



Gambar 2 Grafik 1 kaitan *b value* dengan magnitudo

Tabel 2 Data 2 pada 13 Maret 2005-06 Oktober 2005

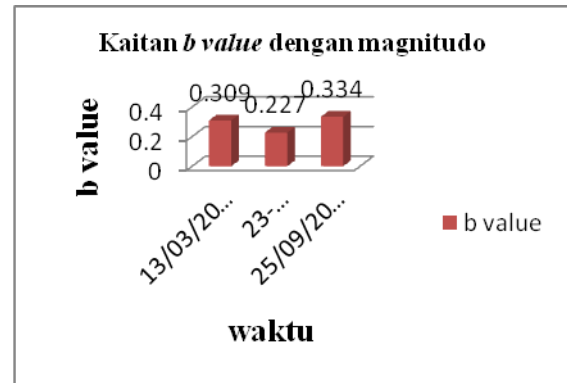
No	Depth (Km)	Magnitudo (SR)	<i>b value</i>	N (jml.gempa)
1	100	4.0 - 9.0	0.309	53
2		4.0 - 9.0	0.227	3
3		4.0 - 9.0	0.334	53

Dari hasil di atas diperoleh persamaan sebagai berikut :

1. $\log n(M)=1.796-0.309M$
2. $\log n(M)=0.090-0.227M$
3. $\log n(M)=1.929-0.334M$

Keterangan

1. Sebelum gempa besar 13/03/2005-22/07/2005
2. Saat gempa besar 23-24/07/2005
3. Setelah gempa besar 25/07/2005-06/10/2005



Gambar 3 Grafik 2 kaitan *b value* dengan magnitudo

Tabel 3 Data 3 pada 27 Juli 2005 - 01 Maret 2006

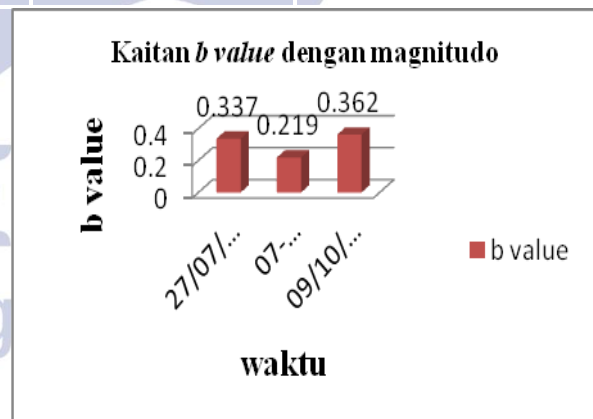
No	Depth (Km)	Magnitudo (SR)	<i>b value</i>	N (jml.gempa)
1	100	4.0 - 9.0	0.337	53
2		4.0 - 9.0	0.219	7
3		4.0 - 9.0	0.362	53

Dari hasil di atas diperoleh persamaan sebagai berikut :

1. $\log n(M)=1.944-0.337M$
2. $\log n(M)=0.416-0.219M$
3. $\log n(M)=2.149-0.362M$

Keterangan

1. Sebelum gempa besar 27/07/2005 - 06/10/2005
2. Saat gempa besar 07-08/10/2005
3. Setelah gempa besar 09/10/2005-01/03/2006



Gambar 4 Grafik 3 kaitan *b value* dengan magnitudo

Tabel 4 Data 4 pada 28 Maret 2006 - 25 Juli 2009

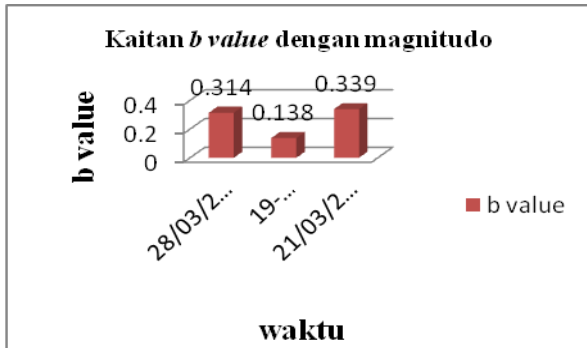
No	Depth (Km)	Magnitudo (SR)	<i>b value</i>	N (jml.gempa)
1	100	4.0 - 9.0	0.314	200
2		4.0 - 9.0	0.138	1
3		4.0 - 9.0	0.339	198

Dari hasil di atas diperoleh persamaan sebagai berikut :

1. $\log n(M)=2.402-0.314M$
2. $\log n(M)=0.954-0.138M$
3. $\log n(M)=2.560-0.339M$

Keterangan

1. Sebelum gempa besar 28/03/2006 - 18/03/2008
2. Saat gempa besar 19-20/03/2008
3. Setelah gempa besar 21/03/2008-25/07/2009



Gambar 5 Grafik 4 kaitan *b value* dengan magnitudo

Tabel 5 Data 5 pada 27 Januari 2009 - 10 Juni 2010

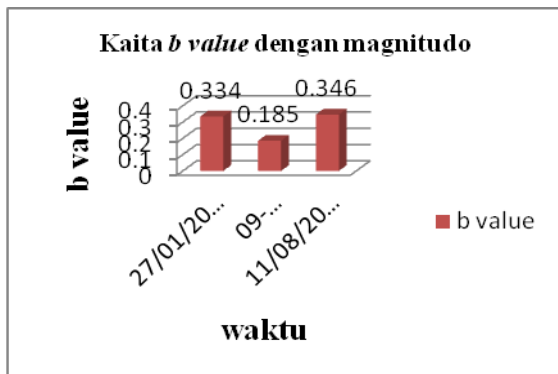
No	Depth (Km)	Magnitudo (SR)	<i>b value</i>	N (jml.gempa)
1	100	4.0 - 9.0	0.334	81
2		4.0 - 9.0	0.185	2
3		4.0 - 9.0	0.346	82

Dari hasil di atas diperoleh persamaan sebagai berikut :

1. $\log n(M)=2.113-0.334M$
2. $\log n(M)=0.340-0.185M$
3. $\log n(M)=2.217-0.346M$

Keterangan

1. Sebelum gempa besar 27/01/2009 - 08/08/2009
2. Saat gempa besar 09-10/08/2009
3. Setelah gempa besar 11/08/2009-10/06/2010



Gambar 6 Grafik 5 kaitan *b value* dengan magnitudo

Tabel 6 Data 6 pada 11 September 2009-04 Januari 2011

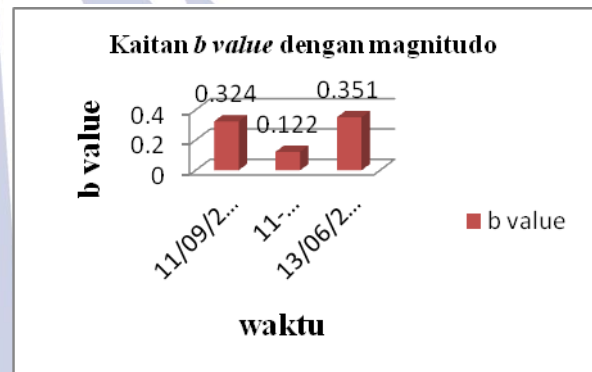
No	Depth (Km)	Magnitudo (SR)	<i>b value</i>	N (jml.gempa)
1	100	4.0 - 9.0	0.324	72
2		4.0 - 9.0	0.122	1
3		4.0 - 9.0	0.351	72

Dari hasil di atas diperoleh persamaan sebagai berikut :

1. $\log n(M)=2.010-0.324M$
2. $\log n(M)=0.793-0.122M$
3. $\log n(M)=2.184-0.351M$

Keterangan

1. Sebelum gempa besar 11/09/2009 - 10/06/2010
2. Saat gempa besar 11-12/06/2010
3. Setelah gempa besar 13/06/2010-14/01/2011



Gambar 7 Grafik 6 kaitan *b value* dengan magnitudo

Tabel 7 Data 7 pada 20 Januari 2011 – 19 April 2012

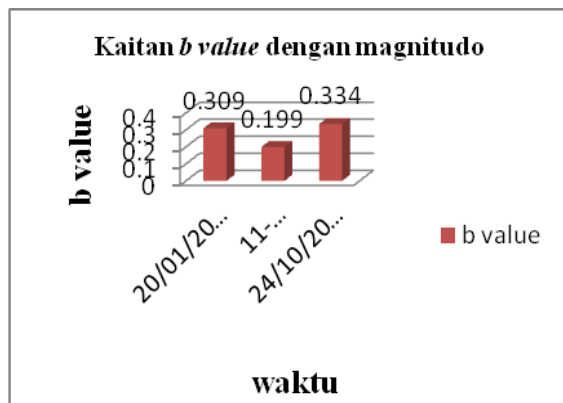
No	Depth (Km)	Magnitudo (SR)	<i>b value</i>	N (jml.gempa)
1	100	4.0 - 9.0	0.309	56
2		4.0 - 9.0	0.199	3
3		4.0 - 9.0	0.334	56

Dari hasil di atas diperoleh persamaan sebagai berikut :

1. $\log n(M)=1.821-0.309M$
2. $\log n(M)=0.076-0.199M$
3. $\log n(M)=1.951-0.334M$

Keterangan

1. Sebelum gempa besar 20/01/2011 - 21/10/2011
2. Saat gempa besar 11-12/06/2010
3. Setelah gempa besar 24/10/2011-19/04/2012



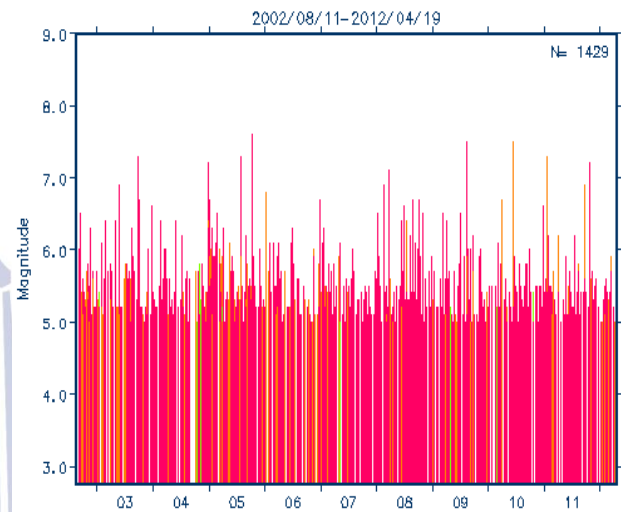
Gambar 8 Grafik 7 kaitan *b value* dengan magnitudo

Nilai *b value* dapat menunjukkan tingkat kerapuhan batuan. Semakin tinggi nilai *b value* maka semakin tua dan rapuh batuan di wilayah tersebut sehingga aktifitas seismik wilayah tersebut juga semakin besar. Selain untuk menganalisis tingkat kerapuhan batuan, *b value* juga bisa menggambarkan kondisi *stress* batuan suatu wilayah. Nilai *b value* yang rendah berkorelasi dengan tingkat *stress* yang tinggi, namun bila nilai *b value* yang tinggi berkorelasi dengan tingkat *stress* yang rendah.

Dari hasil yang didapatkan dengan mengontrol jumlah dan magnitudo gempa bumi pada setiap data pada Gambar 2 sampai 8 menunjukkan perubahan nilai *b value* pada tiga waktu penelitian yaitu sebelum gempa bumi besar ($M < 7$), saat terjadinya gempa bumi besar ($M > 7$), dan setelah gempa bumi besar ($M < 7$). Perubahan nilai *b value* ini berhubungan dengan kerak bumi yang pecah dan membentuk lempeng yang saling berpasangan. Pergerakan lempeng tersebut perlahan dengan saling bergesekan, menekan, dan mendesak bebatuan. Akibatnya, terjadi perubahan tingkat tekanan pada batuan.

Nilai *b value* mengalami penurunan sesaat sebelum gempa bumi besar, hal tersebut mengindikasikan adanya kenaikan *stress* di dalam batuan. Tingkat *stress* batuan yang tinggi tersebut tersimpan energi yang besar, hingga pada batas elastisitas batuan tidak mampu menahan *stress* tersebut dan terjadilah gempa bumi dengan magnitudo besar yaitu $M > 7$. Namun sebaliknya, nilai *b value* mengalami kenaikan sesaat setelah gempa bumi besar, hal tersebut berkorelasi dengan tingkat *stress* yang rendah. Kenaikan *b value* ini mengindikasikan telah terjadi gempa bumi besar karena energi yang tersimpan dalam batuan telah dikeluarkan dalam bentuk gempa bumi dengan magnitudo diatas 7.0 SR. Oleh karena itu nilai *b value* yang mengalami penurunan dapat digunakan sebagai *precursor* (peringatan pendahuluan sebelum gempa bumi terjadi) meskipun belum tahu pasti kapan dan dimana gempa bumi tersebut terjadi.

Data gempa bumi selama kurun waktu 2002 sampai 2012 terlihat pada gambar 9, gambar tersebut menunjukkan bahwa Sumatera Utara merupakan daerah yang mempunyai keaktifan gempa bumi tektonik yang cukup tinggi. Hal tersebut ditunjukkan dengan data gempa bumi dengan magnitudo 4.0 sampai 9.0.



Gambar 9 Magnitudo gempa bumi vs tahun terjadinya

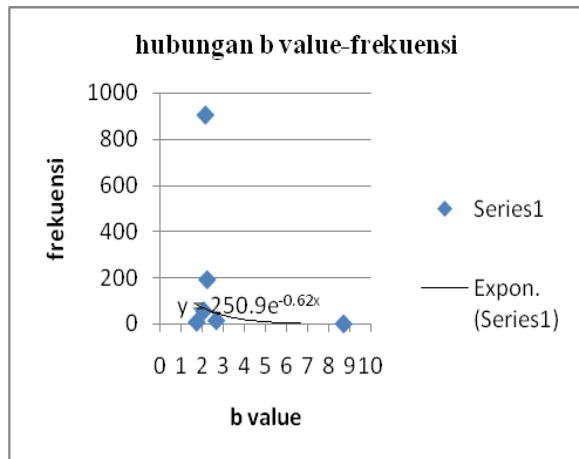
Dari gambar di atas dapat di buat tabel distribusi frekuensi gempa bumi dan *b value* setiap magnitudo.

Tabel 8 Data Hubungan *b value* dengan magnitudo

No	Waktu	Magnitudo	<i>b value</i>	Jumlah
1	11/8/2002 sampai	5.1-5.5	2.148	904
2		5.6-6.0	2.23	192
3		6.1-6.5	2.072	57
4	19/04/2012	6.6-7.0	2.659	15
5		7.1-7.5	1.737	8
6		7.6-8.0	8.686	1

Dari gambar 9 tersebut terekam data peristiwa gempa bumi sebanyak 1.429 kali dan gempa bumi yang sering terjadi adalah gempa bumi dengan magnitudo antara 5.0 sampai 5.5 dibandingkan dengan gempa bumi diatas 7.0. Hal ini sebabkan oleh gelombang seismik yang melalui medium batuan sebagian diredam dan sebagian lagi diteruskan. Gelombang seismik yang diteruskan menghasilkan gempa bumi dengan kekuatan rendah yaitu antara 4.0 sampai 6.9 SR, namun bila gelombang seismik yang teredam tersebut terkumpul pada batuan dan secara terus-menerus menekan batuan yang dilaluinya, maka batuan tersebut menyimpan energi potensial yang sangat besar hingga pada batas elastisitas batuan tidak dapat lagi menahan tekanan gelombang seismik sehingga terakumulasi menjadi gempa bumi

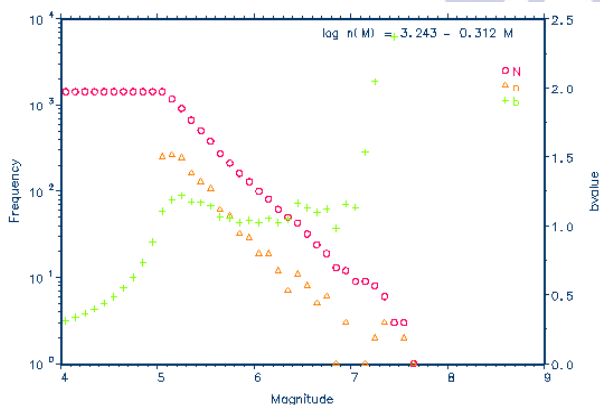
besar ($M > 7$). Oleh karena itu gempa bumi besar jarang terjadi. Dari uraian tersebut dapat ditarik grafik hubungan *b value* dengan frekuensi gempa bumi sebagai berikut.



Gambar 10 Hubungan frekuensi gempa bumi, dengan *b value*

dari gambar 10 terlihat bahwa hubungan frekuensi gempa bumi dengan *b value* adalah berbanding lurus. Frekuensi gempa bumi bertambah banyak, bila nilai *b value* tinggi. Hal ini dikarenakan tingkat *stress* pada batuan rendah, sehingga gelombang seismik diteruskan berupa gempa bumi kecil. Namun frekuensi gempa bumi semakin sedikit dengan bertambah besarnya magnitudo gempa bumi. Hal tersebut berhubungan dengan tingkat *stress* yang terjadi pada batuan semakin besar. Tingkat *stress* yang besar berkorelasi dengan nilai *b value* yang rendah, rendahnya nilai *b value* menandakan besarnya energi yang tersimpan pada batuan. Sehingga *b value* dapat digunakan sebagai *precursor*.

Selama kurun waktu 2002 hingga 2012 di dapatkan hubungan *b value*, magnitudo dan frekuensi sebagai berikut.



Gambar 11 Hubungan frekuensi gempa bumi, magnitudo dan *b value*

Keterangan

o N = frekuensi gempa bumi, kedalaman <30

Δ n = frekuensi gempa bumi, kedalaman <80

+b = *b value*

Dari gambar 11 tersebut terlihat bahwa frekuensi gempa bumi (o N) semakin sedikit dengan bertambah besarnya magnitudo gempa bumi. Hal tersebut berhubungan dengan tingkat *stress* yang terjadi pada batuan semakin besar. Tingkat *stress* yang besar berkorelasi dengan nilai *b value* yang rendah. Begitu juga dengan frekuensi gempa bumi (Δ n) jumlahnya berkurang seiring dengan bertambah besarnya magnitudo gempa bumi. Nilai *b value* yang mengalami penurunan dapat digunakan untuk memprediksi gempa bumi besar yang akan terjadi. Dan *b value* mengalami kenaikan setelah gempa bumi besar yang di iringi dengan bertambah banyaknya jumlah gempa bumi dengan magnitudo rendah.

Gambar 11 dengan menggunakan persamaan 1 menunjukkan bahwa nilai *b value* sebesar 0.312. Nilai *b value* tersebut tergolong rendah karena di bawah 1. Rendahnya nilai *b value* menandakan tingginya *stress* yang sedang terjadi. Hal ini menunjukkan peluang besar terjadinya gempa bumi besar yang merusak dan menyebabkan banyak dampak negatif di Sumatera Utara.

PENUTUP

Simpulan

Hasil analisa data menggunakan metode Gutenberg-Richter di Sumatera Utara tahun 2002 sampai 2012 dapat disimpulkan bahwa:

1. *b value* menunjukkan korelasi cukup tinggi dengan terjadinya gempa bumi besar ($M > 7$). Gempa besar terjadi saat *b value* sedang mengalami penurunan dan *b value* mengalami kenaikan tidak lama setelah gempa besar.
2. Frekuensi gempa bumi semakin sedikit seiring dengan bertambah besarnya magnitudo gempa bumi, sehingga *b value* juga semakin kecil.

Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik maka disarankan untuk melakukan hal berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan kaitan *b value* terhadap waktu dan ruang supaya dapat digunakan sebagai *precursor* gempa bumi dengan lebih baik dan akurat
2. Pengambilan data sebanyak-banyaknya, karena semakin banyak data yang diambil maka hasil yang didapatkan memiliki peluang lebih baik dan akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Harvard (<http://www.eri.utokyo.ac.jp/db/harvard/>) yang telah menyediakan akses data gempa bumi untuk mengolah data penelitian penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, G.W dan Santosa, B.J. 2012. *Model inverse 1D struktur lapisan kerak bumi dengan metode algoritma genetik di provinsi Sumatera Utara Indonesia*. Jurnal sains POMITS, Vol. 1, No. 1, -7.
- Alabi, Aderemi A dkk. 2013. Seismicity Pattern in Southern Africa from 1986 to 2009. *Earth Science Research*, Vol. 2, No. 2.
- Badan Meteorologi dan Geofisika. 2012. Struktur Bumi. <http://bmkg.stageoflampung.com/main/index.php?ase=inatews-gempaetc>. Diakses pada tanggal 5 Januari 2014.
- Edwiza, Daz. 2008. Kajian terhadap indeks bahaya seismik regional rata-rata Sumatera Barat. Vol. 1, No. 29, Thn. XV.
- Hadi, A.I dkk. 2010. Studi analisis parameter gempa Bengkulu berdasarkan data Single-Station dan Multi-station serta pola sebarannya. *Berkala Fisika*, Vol. 13, No. 4, hal 105 – 112.
- Harvard CMT Earthquake Catalog. <http://www.eri.utokyo.ac.jp/db/harvard/>. Diakses pada tanggal 17 maret 2014.
- Madlazim. 2013. *Kajian awal tentang b value gempa bumi di Sumatera tahun 1964-2013*. Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA), Vol. 3, No. 1 .

