

**STUDI ANALISIS VARIASI SPASIAL PARAMETER
SEISMOTEKTONIK UNTUK MENGETAHUI KONDISI STRESS LOKAL
DAN MEMETAKAN TINGKAT KEAKTIFAN KEGEMPAAN
DI SUMATERA BARAT DAN SEKITARNYA**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Jurusan Fisika Sebagai Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh :

FURQON DAWAM RAHARJO

1207447 / 2012

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2016**

PERSETUJUAN SKRIPSI

**STUDI ANALISIS VARIASI SPASIAL PARAMETER SEISMOTEKTONIK
UNTUK MENGETAHUI KONDISI STRESS LOKAL DAN MEMETAKAN
TINGKAT KEAKTIFAN KEGEMPAAN DI SUMATERA BARAT DAN
SEKITARNYA**

Nama : Furqon Dawam Raharjo
NIM : 1207447
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 29 Februari 2016

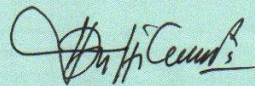
Disetujui Oleh:

Pembimbing I,



Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 19740305 199802 2 001

Pembimbing II,



Andiyansyah Z. Sabarani, S.Si, M.DM
NIP. 19780521 200604 1 004

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi

Program Studi Fisika Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Padang

Judul : Studi Analisis Variasi Spasial Parameter Seismotektonik
Untuk Mengetahui Kondisi Stress Lokal Dan
Memetakan Tingkat Keaktifan Kegempaan Di Sumatera
Barat Dan Sekitarnya.

Nama : Furqon Dawam Raharjo

NIM : 1207447

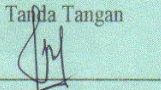
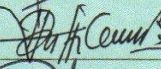
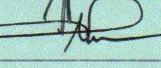
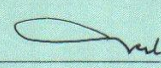
Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 29 Februari 2016

Tim Penguji

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D	1. 
2. Sekretaris	: Andiyansyah Z. Sabarani, M.DM	2. 
3. Anggota	: Dr. H.Ahmad Fauzi, M.Si	3. 
4. Anggota	: Drs. Akmam, M.Si	4. 
5. Anggota	: Drs. Mahrizal, M.Si	5. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar – benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah lazim.

Padang, 26 Februari 2016

Yang menyatakan



Furqon Dawam Raharjo

ABSTRAK

Furqon Dawam R: Studi Analisis Variasi Spasial Parameter Seismotektonik Untuk Mengetahui Kondisi Stress Lokal Dan Memetakan Tingkat Keaktifan Kegempaan Di Sumatera Barat Dan Sekitarnya.

Wilayah Sumatera Barat merupakan salah satu wilayah yang memiliki aktivitas kegempaan yang cukup tinggi, sehingga berpotensi terjadinya gempabumi besar dan merusak. Guna memahami proses terjadinya gempabumi besar dan merusak perlu mengetahui kondisi stress lokal dan tingkat aktivitas kegempaan dengan cara menganalisis parameter seismotektonik (nilai-a) dan (nilai-b).

Parameter seismotektonik (nilai-a) dan (nilai-b) rendah dapat diinterpretasikan dengan tingkat aktivitas kegempaan yang rendah dan kondisi stress lokal batuan yang tinggi, sebaliknya pada (nilai-a) dan (nilai-b) yang tinggi. Penelitian ini menggunakan hubungan distribusi frekuensi-magnitudo gempabumi dengan pendekatan metode *likelihood* kemudian diolah dengan *software* ZMAP versi 6,0 yang berbentuk *graphic user interface* (GUI) berbasis matlab. Data yang digunakan pada penelitian ini berasal dari USGS dan BMKG dengan periode observasi 1960 – 2015, kedalaman gempabumi yang digunakan pada gempabumi dangkal ($h < 60$ km dan menengah (h) 60-350 km dengan magnitudo gempabumi ($M > 4,0$ SR).

Pada kedalaman dangkal ($h < 60$ hasil variasi spasial parameter seismotektonik (nilai-a) dan (nilai-b) rendah berkisar antara 5,0 – 6,5 dan 0,8 – 1,0 yang teramati di Pulau Nias bagian selatan, di sepanjang pantai barat Sumatera bagian utara, di sebagian zona sesar aktif Sumatera bagian utara, di sekitar kepulauan Mentawai dan sebagian di zona sesar aktif Sumatera tepatnya di wilayah Solok dan Solok Selatan. Sedangkan pada kedalaman menengah (h) 60–350 km variasi spasial parameter seismotektonik (nilai-a) dan (nilai-b) rendah berkisar 4,0 – 5,0 dan 0,7 – 0,8 dan teramati di bagian tenggara pulau Batu-Kepulauan Nias dan di sebelah barat Padang. Dengan demikian wilayah-wilayah tersebut berpotensi terjadinya gempabumi besar dan merusak.

Kata kunci : Stress lokal, keaktifan kegempaan, nilai-a dan nilai-b.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis haturkan terima kasih kehadiran ALLAH SWT karena dengan segala Rahman dan RahimNya, penulis telah dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “ Studi Analisis Variasi Spasial Parameter Seismotektonik Untuk Mengetahui Kondisi Stress dan Memetakan Tingkat Aktivitas Kegempaan di Sumatera Barat dan Sekitarnya”. Penulisan tugas akhir ini adalah sebagai syarat dalam menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis mendapat banyak bantuan, dukungan dan doa dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua ku tercinta Drs. H. Tjetjep Safrudin (Bapak) dan Hj. Nurrochmah (Ibu) dan Kedua Mertuaku tercinta Marjulis (Bapak Mertua) dan Gadis (Ibu Mertua) yang telah memberikan Doa dan Semangat.
2. Istriku tercinta Zeltriani, M.Si dan Anak perempuan ku tersayang Azzahra Izzatunnisa yang selalu memberikan Doa, semangat dan dukungannya kepada penulis.
3. Kedua Kakakku tercinta Rizki Putri Utami, SE dan Mohamad Adi, ST yang telah memberikan doa dan dukungannya.
4. Ibu Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D selaku pembimbing I.
5. Bapak Andiyansyah Z. Sabarani, S.Si, M.DM selaku pembimbing II.

6. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si selaku ketua jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Padang.
7. Ibu Dra. Hidayati, M.Si selaku Ketua Prodi Jurusan Fisika dan Penasehat Akademik.
8. Bapak Dr. H. Ahmad Fauzi, M.Si, Bapak Drs. Akmam, M.Si, dan Bapak Drs. Mahrizal M.Si selaku tim penguji.
9. BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melanjutkan studi S1 jurusan fisika di FMIPA Universitas Negeri Padang.
10. Bpk. Rahmat Triyono, S.T, Dipl.Seis, M.Sc selaku Kepala Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang.
11. Kawan-kawan di Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang.
12. Bapak dan Ibu staff pengajar jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Padang.
13. Mas Pepen Supendi, S.T yang telah mengajarkan software ZMAP V 6,0 sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
14. Teman-teman kuliah angkatan 2012 jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang yang telah memberikan semangatnya.

Penulis sadar dalam tugas akhir ini masih banyak kekurangan oleh karena itu penulis berharap kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini. Dengan demikian penulis berharap mudah-mudahan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca maupun penulis.

Padang, Februari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Batasan Masalah.....	5
E. Pertanyaan Penelitian.....	6
F. Kontribusi Penelitian	7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Gempabumi	8
B. Mekanisme Terjadinya Gempabumi	12
C. Stress dan Strain	13
D. Tektonik Indonesia	14
E. Tektonik Sumatera.....	17
F. Distribusi Frekuensi Dengan Magnitudo Gempabumi	22
G. Metode Maksimum Likelihood.....	24
H. Variasi Spasial Parameter Seismotektonik.....	25
I. Stress Lokal Tektonik	27
J. Tingkat Keaktifan Kegempaan.....	28
K. Penelitian Relevan.....	29
L. Kerangka Berfikir	30
M. Hipotesis Penelitian	31

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	32
B. Variabel Penelitian	32
C. Data.....	32
D. Teknik Pengumpulan Data.....	33
E. Teknik Pengolahan Data.....	34
F. Teknik Interpretasi Data	35

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	37
B. Pembahasan	57

BAB V . PENUTUP

A. Kesimpulan.....	64
B. Saran.....	65

DAFTAR PUSTAKA	66
----------------------	----

LAMPIRAN.....	70
---------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Beberapa Variasi Spasial Parameter Nilai-b.....	36
2. Hasil Nilai-a, Nilai-b dan <i>Magnitude Completeness</i> di Zona A Pada Kedalaman Dangkal ($h < 60$ Km	40
3. Hasil Nilai-a, Nilai-b dan <i>Magnitude Completeness</i> di Zona A Pada Kedalaman Menengah ($h < 60 - 350$ Km.....	42
4. Hasil Nilai-a, Nilai-b dan <i>Magnitude Completeness</i> di Zona B Pada Kedalaman Dangkal ($h < 60$ Km	44
5. Hasil Nilai-a, Nilai-b dan <i>Magnitude Completeness</i> di Zona B Pada Kedalaman Dangkal ($h < 60 - 350$ Km.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pergerakan Jenis Lempeng Tektonik.....	9
2. Mekanisme Terjadinya Gempabumi	13
3. Hubungan Stress dan Strain	14
4. Peta Lempeng Utama di Indonesia.....	15
5. Sketsa Sesar / Patahan aktif	16
6. Tektonik Regional Pulau Sumatera	17
7. Peta Tektonik Sumatera Barat	19
8. Peta 4 Segmen Sesar Aktif yang Berada di Daratan Wilayah Sumatera barat	21
9. Kurva Distribusi Frekuensi dengan Magnitudo Gempabumi.....	23
10. Korelasi nilai-a terhadap magnitudo gempabumi.....	28
11. Contoh pemetaan variasi spasial nilai-a dan nilai-b	29
12. Diagram Kerangka Berfikir	31
13. Daerah Penelitian Pada Wilayah Sumatera Barat dan Sekitarnya	33
14. Diagram Alir Dalam Pengolahan Data.....	35
15. Peta Seismisitas di Wilayah Sumatera Barat dan Sekitarnya Dengan Kedalaman Dangkal (h) < 60 Km	37
16. Peta Seismisitas di Wilayah Sumatera Barat dan Sekitarnya Dengan Kedalaman Menengah (h) < 60 - 350 Km	38
17. Distribusi Frekuensi - Magnitude Gempabumi di Zona A Pada Kedalaman dangkal (h) < 60 km	39
18. Distribusi Frekuensi - Magnitude Gempabumi di Zona A Pada Kedalaman menengah (h) 60 – 350 km	41
19. Distribusi Frekuensi - Magnitude Gempabumi di Zona B Pada Kedalaman dangkal (h) < 60 km.....	43
20. Distribusi Frekuensi - Magnitude Gempabumi di Zona B Pada Kedalaman menengah (h) 60 – 350 km	45

21.	Peta Pemetaan Variasi Spasial Nilai-b di Zona A Pada Kedalaman dangkal (h) < 60 km	47
22.	Peta Pemetaan Variasi Spasial Nilai-a di Zona A Pada Kedalaman dangkal (h) < 60 km	48
23.	Peta Pemetaan Variasi Spasial Nilai-b di Zona A Pada Kedalaman menengah (h) 60 – 350 km.....	49
24.	Peta Pemetaan Variasi Spasial Nilai-a di Zona A Pada Kedalaman menengah (h) 60 – 350 km.....	50
25.	Peta Pemetaan Variasi Spasial Nilai-b di Zona B Pada Kedalaman dangkal (h) < 60 km	51
26.	Peta Pemetaan Variasi Spasial Nilai-a di Zona B Pada Kedalaman dangkal (h) < 60 km	52
27.	Peta Pemetaan Variasi Spasial Nilai-b di Zona B Pada Kedalaman menengah (h) 60 – 350 km.....	53
28.	Peta Pemetaan Variasi Spasial Nilai-a di Zona B Pada Kedalaman menengah (h) 60 – 350 km.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tektonik wilayah Indonesia sebagian besar dipengaruhi oleh adanya empat lempeng besar aktif dunia yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Filipina. Mekanisme pergerakan keempat lempeng ini konvergen yang saling menunjam sehingga terbentuk barisan gunung api, dan sesar/patahan.

Wilayah Sumatera dilalui oleh pertemuan dua lempeng besar yang aktif yaitu lempeng Indo – Australia dan lempeng Eurasia. Lempeng Indo – Australia bergerak secara miring kemudian menabrak lempeng Eurasia yang relatif diam. Disamping itu di wilayah Sumatera juga terdapat sesar aktif yang disebut sebagai sistem sesar Sumatera atau "*Sumatera Fault System*". Sesar aktif ini bergerak secara *dekstral* mengakanan yang membentang pulau Sumatera. Menurut Sieh dan Natawidjaja (2000 : 3) sesar aktif Sumatera dibagi menjadi 20 segmen utama yang panjangnya sekitar 35 s.d 200 km tiap segmen. Di wilayah Sumatera Barat sendiri dilalui oleh 4 segmen sesar aktif, yaitu segmen sesar Sumpur, segmen sesar Sianok, segmen sesar Sumani, dan segmen sesar Suliti yang berpotensi menghasilkan gempa bumi besar. Di sepanjang pantai wilayah Sumatera Barat juga berpotensi gempa bumi besar karena berhadapan langsung dengan zona penunjaman lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Gempa bumi besar dan merusak sudah banyak terjadi di wilayah

Sumatera Barat dan Sekitarnya, antara lain gempa bumi Padang Panjang tahun 2007 dengan Mw 6,4 dan 6,3, gempa bumi Pariaman tahun 2009 dengan Mw 7,6 dan gempa bumi Pagai Selatan Kep.Mentawai tahun 2010 dengan Mw 7,2.

Proses yang menyebabkan terjadinya gempa bumi besar dan merusak di suatu wilayah perlu dipahami dengan kondisi stress lokal tektonik dan tingkat keaktifan kegempaan. Kondisi stress lokal ini dapat diketahui dengan menggunakan metode variasi spasial parameter seismotektonik (nilai-b) dan (nilai-a) berdasarkan hubungan distribusi frekuensi–magnitudo yang dikemukakan oleh Gutenberg dan Richter (1944 : 4) dengan pendekatan metode *Likelihood*. Secara statistik variasi spasial seismotektonik mengalami perubahan secara signifikan di daerah pertambangan, *regime stress* seperti di *slab-subduction*, di sepanjang daerah patahan dan di daerah aktivitas vulkanik (Wiemer and Wyss : 1997).

Variasi spasial parameter tektonik nilai-b yang rendah mencerminkan kondisi stress lokal batuan yang tinggi dan sebaliknya pada nilai-b yang tinggi. Sedangkan parameter spasial seismisitas nilai-a yang rendah mencerminkan tingkat keaktifan kegempaan yang rendah dan sebaliknya pada nilai-a yang tinggi. Suatu wilayah yang memiliki kondisi stress lokal tektonik yang tinggi memiliki nilai-b sekitar 0.4 – 0.9, kemudian kondisi stress lokal tektonik yang rendah memiliki nilai-b lebih dari 1.2 (Amelung and King : 1997 ; Wiemer and Wyss : 1997).

Penggunaan metode ini telah banyak dilakukan oleh beberapa ahli seismologi sebelumnya, seperti yang pernah dilakukan oleh Y.Z. Zhao (2008 :

5) tentang *mapping the b-value along the Longmenshan fault zone before and after the 12 May 2008* dimana mendapatkan suatu pola dimana pada kejadian gempabumi besar dan merusak, seperti gempabumi Wen-chuan (Mw.8) 12 Mei 2008 disekitar dekat episenter menghasilkan anomali nilai-b yang rendah (*low b-value*). Penelitian oleh Rohadi dkk (2007 : 1) tentang Variasi Spasial Seismisitas di Zona Subduksi Jawa, Rohadi dkk mengatakan pada nilai-a yang rendah menunjukkan aktivitas kegempaan yang rendah yang berarti adanya akumulasi energi di wilayah tersebut. Oleh karena itu menurut Schorlemmer & Wiemer : (2005 : 3) variasi spasial parameter seismotektonik menjadi salah satu metode yang cukup tepat untuk mengetahui kondisi stress lokal tektonik dan tingkat aktivitas kegempaan di suatu wilayah.

Mengingat tingginya aktivitas kegempaan dan banyak peristiwa gempabumi besar yang terjadi di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya, maka peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul "Studi Variasi Spasial Seismotektonik Untuk Mengetahui Kondisi Stress Lokal Tektonik dan Memetakan Tingkat Aktivitas Kegempaan di wilayah Sumatera Barat dan Sekitarnya.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka masalah penelitian yang akan dianalisis oleh penulis dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana sebaran seismisitas di wilayah Sumatera Barat dan Sekitarnya dengan kedalaman dangkal (h) < 60 km dan menengah (h) $60 - 350$ km.
2. Bagaimana distribusi frekuensi magnitudo gempabumi di Sumatera Barat dan sekitarnya pada kedalaman dangkal (h) > 60 km dan menengah (h) $60 - 350$ km.
3. Bagaimana variasi spasial parameter seismisitas (nilai-a) dan (nilai-b) di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya pada kedalaman dangkal (h) > 60 km dan menengah (h) $60 - 350$ km.
4. Bagaimana kondisi stress lokal tektonik berdasarkan variasi spasial tektonik (nilai-b) di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya pada kedalaman dangkal (h) > 60 km dan menengah (h) $60 - 350$ km.
5. Bagaimana tingkat keaktifan kegempaan berdasarkan variasi spasial seismisitas (nilai-a) di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya pada kedalaman dangkal (h) > 60 km dan menengah (h) $60 - 350$ km.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian pada tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui sebaran seismisitas di wilayah Sumatera Barat dan Sekitarnya dengan kedalaman dangkal (h) < 60 km dan menengah (h) $60 - 350$ km.
2. Mengetahui distribusi frekuensi magnitudo gempabumi di Sumatera Barat dan sekitarnya pada kedalaman dangkal (h) > 60 km dan menengah (h) $60 - 350$ km.

3. Menentukan variasi spasial seismotektonik (nilai-a) dan (nilai-b) di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya pada kedalaman dangkal (h) > 60 km dan menengah (h) $60 - 350$ km.
4. Mengetahui kondisi stress lokal tektonik berdasarkan variasi spasial tektonik (nilai-b) di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya pada kedalaman dangkal (h) > 60 km dan menengah (h) $60 - 350$ km.
5. Memetakan tingkat keaktifan kegempaan berdasarkan variasi spasial seismisitas (nilai-a) di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya pada kedalaman dangkal (h) > 60 km dan menengah (h) $60 - 350$ km.

D. Batasan Masalah

Berdasarkan pada rumusan masalah yang telah dibahas, maka batasan masalah penelitian ini adalah :

1. Wilayah aktivitas kegempaan dan kondisi stress yang diamati adalah wilayah Sumatera Barat dan Sekitarnya dengan batas koordinat 95° BT – 104.0° BT dan 4° LS – 2° LU.
2. Data yang digunakan adalah data katalog gempabumi yang berasal dari *National Earthquakes Information Center U.S. Geology Survey (NEIC/USGS)* dan BMKG.
3. Periode pengamatan tahun 1960 – 2015, parameter gempabumi dengan kedalaman dangkal (h) < 60 km dan menengah (h) $60 - 350$ km dan magnitudo gempabumi ($M > 4,0$ SR).

E. Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian ini untuk dapat memberikan jawaban pada masalah yang peneliti kemukakan, maka perlu dirumuskan pertanyaan penelitian, yaitu :

1. Bagaimana sebaran seismisitas di wilayah Sumatera Barat dan Sekitarnya dengan kedalaman dangkal ($h < 60$ km dan menengah (h) $60 - 350$ km ?
2. Bagaimana menentukan distribusi frekuensi magnitudo gempabumi di Sumatera Barat dan sekitarnya pada kedalaman dangkal ($h > 60$ km dan menengah (h) $60 - 350$ km.
3. Berapa variasi spasial seismotektonik (nilai-a) dan (nilai-b) di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya pada kedalaman dangkal ($h > 60$ km dan menengah (h) $60 - 350$ km.
4. Bagaimana kondisi stress lokal berdasarkan variasi spasial tektonik (nilai-b) di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya pada kedalaman dangkal ($h > 60$ km dan menengah (h) $60 - 350$ km.
5. Bagaimana tingkat keaktifan kegempaan berdasarkan variasi spasial seismisitas (nilai-a) di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya pada kedalaman dangkal ($h > 60$ km dan menengah (h) $60 - 350$ km.

F. Kontribusi Penelitian

1. Memberikan informasi sebaran seismisitas di wilayah Sumatera Barat dan Sekitarnya pada kedalaman dangkal ($h < 60$ km dan menengah (h) 60 – 350 km.
2. Memberikan informasi sebaran kondisi stress lokal dan tingkat keaktifan kegempaan di Sumatera Barat dan Sekitarnya.
3. Sebagai masukan bagi pengambil kebijakan sebagai upaya untuk mitigasi bencana gempabumi.

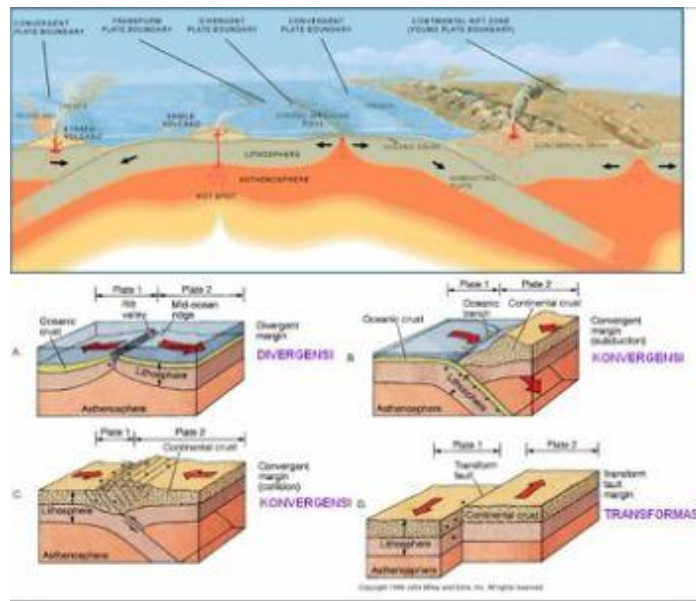
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Gempabumi

Gempabumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi dipermukaan bumi akibat pelepasan energi didalam bumi secara tiba – tiba yang menciptakan gelombang seismik. Bila dua buah lempeng saling bertumbukkan di daerah batas antara dua lempeng akan terjadi tegangan (Ibrahim G dan Subarjo : 2004). Salah satu lempeng akan menyusup ke bawah lempeng yang lain, masuk kebawah astenosfer. Pada umumnya lempeng samudra akan menyusup kebawah lempeng benua, hal ini disebabkan karena lempeng samudra mempunyai densitas yang besar dibandingkan dengan lempeng benua (Ibrahim G dan Subarjo : 2004).

Gempabumi terjadi disepanjang batas atau berasosiasi dengan batas pertemuan lempeng tektonik. Batas pertemuan lempeng dapat dibedakan atas tiga bentuk utama yaitu konvergen, divergen, dan sesar mendatar. Pada bentuk konvergen lempeng yang satu relatif bergerak menyusup dibawah lempeng yang lain. Zona tumbukkan ini diindikasikan dengan adanya palung laut (*trench*), dan sering disebut juga dengan zona subduksi atau zona Wadati-Benioff.



Gambar 1. Pegerakkan Jenis Lempeng Tektonik
(Ibrahim G dan Subarjo : 2004)

Zona tumbukkan menyusup sampai kedalaman 700 km dibawah permukaan bumi di lapisan astenosfer. Bentuk konvergen berasosiasi terhadap sumber gempa yang terjadi dan pembentukan gunung api. Pada bentuk divergen kedua lempeng saling menjauh sehingga selalu membentuk material baru dari dalam bumi yang menyebabkan munculnya pegunungan didasar laut yang disebut punggung tengah samudera (*mid oceanic ridge*), sedangkan pada jenis sesar mendatar kedua lempeng saling bergerak mendatar (Ibrahim G dan Subarjo : 2004).

Akibat pergerakan lempeng tektonik, maka disekitar daerah perbatasan lempeng tektonik akan terjadi akumulasi energi yang disebabkan baik karena tekanan, regangan maupun gesekan. Energi yang terakumulasi ini jika melewati batas kemampuan atau ketahanan batuan akan menyebabkan

patahnya lapisan batuan tersebut. Energi yang dilepaskan pada saat terjadinya patahan tersebut dapat berupa energi deformasi, energi gelombang dan lain-lain. Energi deformasi ini dapat terlihat pada perubahan bentuk sesudah terjadinya patahan, misalnya pergeseran. Sedangkan energi gelombang menjalar melalui medium elastis yang dilewatinya dan dapat dirasakan sangat kuat di daerah terjadinya gempa bumi tersebut.

Gempa bumi selain terjadi di perbatasan lempeng juga terjadi pada patahan-patahan lokal yang pada dasarnya merupakan akibat dari pergerakan lempeng juga. Gempa bumi yang terjadi di perbatasan lempeng biasa disebut gempa *interplate*. Sedangkan yang terjadi pada patahan lokal yang berada pada satu lempeng disebut gempa *intraplate*. Bentuk pertemuan lempeng ada tiga macam, dengan demikian gempa *interplate* juga bisa terjadi tiga macam, yaitu:

1. Gempa bumi yang terjadi di sepanjang sistem rift dimana lempeng samudera terbentuk.
2. Gempa bumi yang terjadi di sepanjang sistem subduksi dimana lempeng samudera menyusup ke bawah lempeng kontinen.
3. Gempa bumi yang terjadi di sepanjang sistem patahan transform atau sesar geser dimana pertemuan lempeng tektonik saling menggeser secara horizontal.

Gempa bumi *interplate* di Indonesia banyak terjadi dilaut dengan kedalaman dangkal dan yang terjadi di daratan kedalaman fokusnya menengah sampai dalam bisa mencapai kedalaman 700 km. Sedangkan gempa bumi

intraplate di Indonesia mempunyai kedalaman sumber relatif dalam dan bisa terjadi di darat dan di laut. Gempabumi merupakan fenomena alam yang bersifat merusak dan menimbulkan bencana.

Gempabumi dapat digolongkan menjadi empat jenis, yaitu :

1. Gempabumi Vulkanik (gempabumi gunung api)

Gempabumi ini terjadi akibat adanya aktivitas magma, yang biasa terjadi sebelum gunung api meletus. Apabila keaktifannya semakin tinggi maka akan menyebabkan timbulnya ledakan yang juga akan menimbulkan terjadinya gempabumi. Gempabumi tersebut hanya terasa di sekitar gunung api tersebut.

2. Gempabumi Tektonik

Gempabumi ini disebabkan oleh adanya aktifitas tektonik, yaitu pergeseran lempeng tektonik secara mendadak yang mempunyai kekuatan dari yang sangat kecil hingga yang sangat besar. Gempabumi ini dapat menimbulkan kerusakan atau bencana alam di bumi, getaran bumi yang kuat mampu menjalar keseluruh bagian dalam bumi.

3. Gempabumi Runtuhan

Gempabumi ini biasanya terjadi pada daerah kapur ataupun daerah pertambangan, gempabumi ini jarang terjadi dan bersifat lokal.

4. Gempabumi Buatan

Gempabumi buatan adalah gempabumi yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti peledakan dinamit, nuklir atau palu yang dipukulkan ke permukaan bumi.

Menurut Subarjo dan Gunawan (2004 : 2), atau magnitudo (M) gempabumi dapat dibedakan atas :

1. Gempabumi sangat besar dengan magnitudo lebih besar dari 8 SR
2. Gempabumi besar dengan magnitudo antara 7 SR – 8 SR.
3. Gempabumi merusak magnitudo antara 5 – 6 SR.
4. Gempabumi sedang magnitudo antara 4 – 5 SR.
5. Gempabumi kecil dengan magnitudo antara 3 – 4 SR.
6. Gempabumi mikro dengan magnitudo antara 1 – 3 SR.
7. Gempabumi ultra mikro dengan magnitudo lebih kecil dari 1 SR.

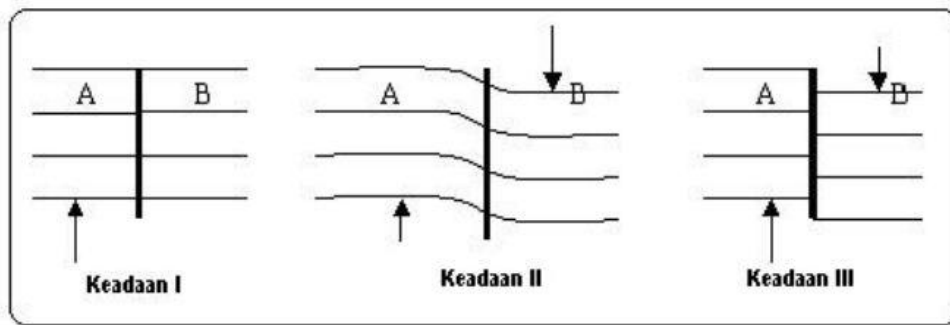
Berdasarkan kedalaman sumber (h), gempabumi digolongkan atas :

1. Gempabumi dalam $h > 350$ km.
2. Gempabumi menengah $60 < h < 350$ km.
3. Gempabumi dangkal $h < 60$ km.

(Ibrahim G dan Subarjo : 2004)

B. Mekanisme Terjadinya Gempabumi

Gempabumi tektonik terjadi karena adanya proses pergerakan lempeng yaitu berupa tumbukkan, pelipatan pergeseran, dan atau penyusupan yang berpengaruh terhadap media yang dilewati proses tersebut. Di daerah pertemuan lempeng akan timbul suatu tegangan diakibatkan oleh tumbukkan dan pergeseran antar lempeng serta sifat-sifat elastis suatu batuan. Tegangan pada batuan akan terkumpul terus-menerus sehingga sesuai dengan karakteristik suatu batuan yang akan sampai pada titik patah. Dimana pada saat tersebut energi yang terkumpul selama terjadi proses tegangan akan dilepaskan pada waktu itulah gempabumi terjadi.



Gambar 2. Mekanisme Terjadinya Gempabumi Pada Suatu Medium yang Dikenai Suatu Gaya (Ibrahim G dan Subarjo : 2004).

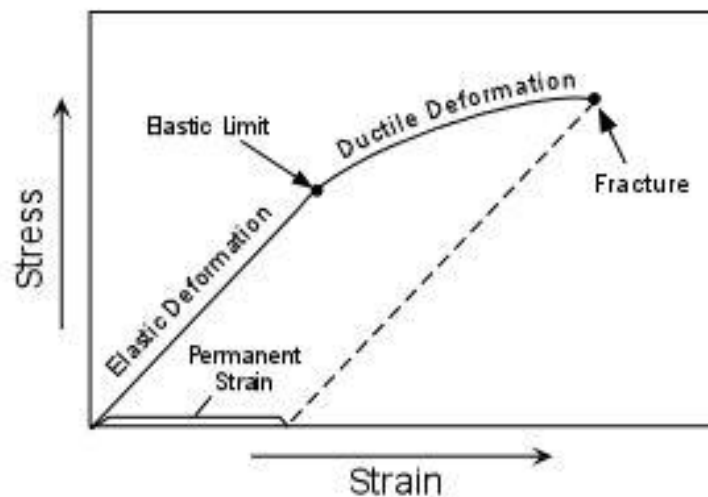
Pada gambar 2, menjelaskan tahap – tahap mekanisme terjadinya gempabumi :

1. Pada keadaan I. Suatu medium belum mengalami perubahan bentuk (deformasi), akan tetapi medium tersebut sedang terkena gaya/tekanan dan mengalami pembangkitan stress secara terus-menerus.
2. Pada keadaan II. Medium tersebut sudah mulai mengalami perubahan bentuk (deformasi) karena sudah tidak kuat lagi menahan gaya/tekanan yang sudah melampaui batas elastisitasnya.
3. Pada keadaan III. Medium tersebut telah patah, kemudian gaya/tekanan didalam medium mengalami proses pengumpulan energi kembali diwaktu yang akan datang. Dengan demikian teori ini dikenal dengan nama ” *Elastic Rebound Theory* ”

C. Stress dan Strain

Stress merupakan gaya yang bekerja pada suatu unit area, sedangkan strain adalah jika suatu material dikenai gaya / stress maka titik-titik di dalam material tersebut berpindah/bergerak. Perpindahan ini disebut dengan *displacement*.

Perubahan bentuk / volume akibat adanya gaya/stress disebut sebagai deformasi. Penyebab deformasi bila dikenai gaya maka benda / materi akan terdeformasi.



Gambar 3. Hubungan Stress dan Strain (Scholz : 1968)

Pada gambar 3, hubungan antara stress dan strain berbanding lurus (linear), jika stress meningkat secara terus-menerus maka akan terjadi perubahan elastis (*elastic deformation*) dan apabila sudah sampai pada titik kritis maka akan mengalami *ductile deformation* kemudian pada akhirnya terjadi retakan (*fracture*). Penentuan parameter seismotektonik (nilai-a) dan (nilai-b) ini akan menggambarkan kondisi tektonik yang berkaitan dengan stress batuan dan akumulasi energi gempabumi yang didasarkan seismisitas di suatu wilayah.

D. Tektonik Indonesia

Negara Indonesia merupakan negara kepulauan yang mempunyai tatanan tektonik yang cukup kompleks. Tatanan tektonik Indonesia sebagian besar dipengaruhi oleh adanya aktivitas tektonik empat (4) lempeng besar

Australia dan Eurasia berada di laut merupakan sumber gempa dangkal dan men-subduksi ke arah utara sehingga dibagian barat berturut-turut ke utara disekitar Jawa – Nusa Tenggara merupakan sumber gempa menengah dan dalam (Ibrahim G dan Subarjo : 2004).



Gambar 5. Sketsa Sesar/patahan Aktif di Indonesia.

(Ibrahim G dan Subarjo : 2004)

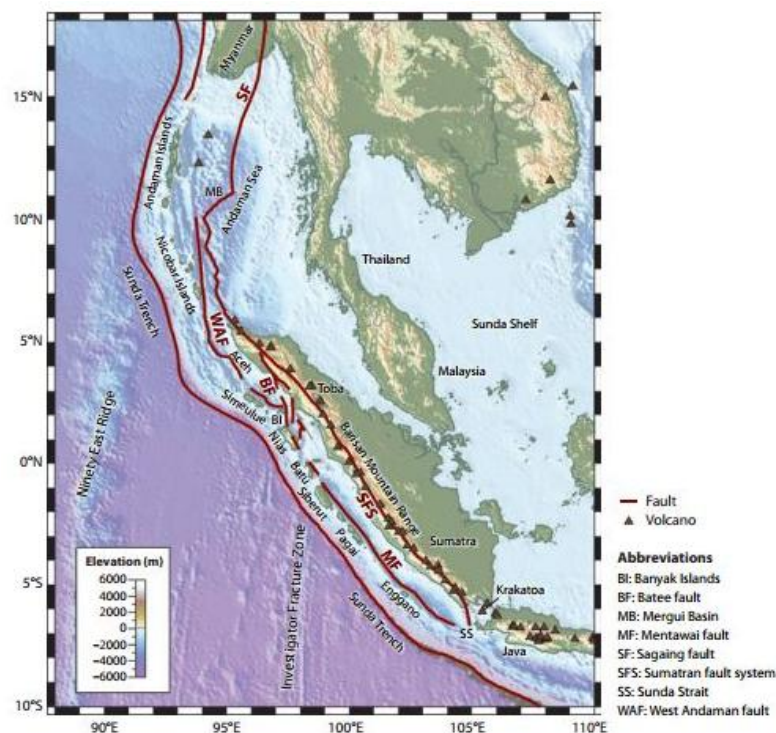
Pada gambar 5 diatas, di daratan Indonesia juga terdapat sumber-sumber gempabumi dangkal yang disebabkan karena aktivitas sesar/patahan. Sesar/patahan aktif di Indonesia, contohnya di Pulau Sumatera terdapat sesar aktif Sumatera, disebagaian Jawa Barat terdapat sumber-sumber gempabumi dangkal karena aktivitas sesar/patahan Cimandiri di Sukabumi dan sesar/patahan Lembang di Bandung dan lain-lain.

Gempa – gempa dangkal di bagian timur Indonesia selain berasosiasi dengan pertemuan lempeng juga disebabkan oleh sesar/patahan aktif seperti

sesar/patahan Palu Koro, sesar/patahan Sorong, sesar/patahan Seram, dan lain-lain (Ibrahim G dan Subarjo : 2004). Beberapa tempat di Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, Maluku, Sulawesi dan Irian rentan terhadap bencana gempa bumi baik yang bersifat langsung maupun tak langsung seperti tsunami dan longsor.

E. Tekonik Sumatera

Wilayah Sumatera berada di zona tumbukkan tektonik lempeng besar aktif yaitu lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Lempeng Indo-Australia memanjang dari Sumatera sampai Andaman dan kedua lempeng ini diakomodasi oleh adanya gaya konvergen sehingga menyebabkan banyak terjadinya kegempaan dan aktivitas vulkanik di Sumatera seperti yang terlihat pada gambar 6.



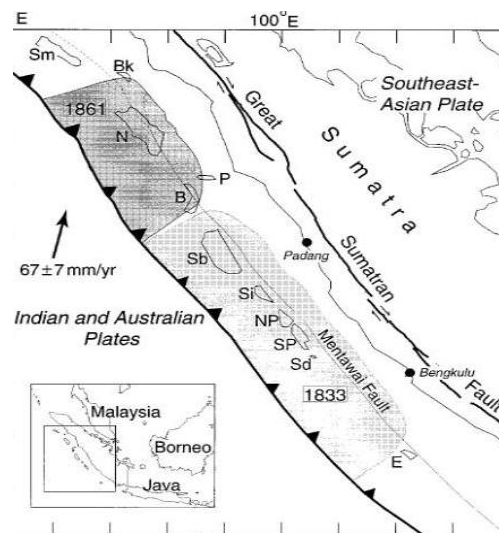
Gambar 6. Tektonik Regional Pulau Sumatera (Newcomb et al : 1987)

Menurut Natawidjaja, D.H (2003 : 2) menyatakan pergerakan relatif lempeng Indo-Australia dan Eurasia sangat cepat. Kecepatannya menurun sekitar 44 mm/year di Sumatera bagian selatan dan bertambah cepat di Sumatera bagian utara sekitar 63 mm/year. Kecepatan pergerakan kedua ini lempeng ini mempengaruhi aktivitas tektonik di wilayah Sumatera.

Strain yang terakumulasi sangat besar di sepanjang lempeng Indo-Australia, dimana *litosphere* subduksi lempeng Indo-Australia menabrak lempeng Sunda dengan kedalaman dangkal kurang dari ($h < 60$ km) (Sieh and Natawidjaja : 2000). *Energy strain* pada lempeng Indo-Australia dan Eurasia juga berasosiasi pada deformasi *subducting-slab* yang cukup dalam, dengan kedalaman kurang dari (< 300 km) di Sumatera dan (< 150 km) di sepanjang kepulauan Andaman. Meningkatnya gaya *oblique convergence* antara pergerakan dua lempeng tektonik ini di sebelah barat laut diakomodasi oleh banyaknya even gempa bumi dipermukaan (*crustal seismicity*) (Sieh and Natawidjaja : 2000).

Sumatera Barat merupakan salah satu wilayah yang berada di pantai barat Sumatera, dengan tingkat aktivitas seismik/kegempaan sangat tinggi di Indonesia. Hal ini disebabkan karena lokasi Sumatera Barat berada di zona lempeng tektonik besar yang aktif, yaitu lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Pertemuan kedua lempeng ini bersifat konvergen dan lempeng Indo-Australia bergerak ke arah utara kemudian men-subduksi terhadap lempeng Eurasia secara menyerong (*oblique*) dengan kemiringan (*dip*) yang landai (Natawidjaja dan W.Triyoso : 2007). Salah satu akibat dari pergerakan kedua

lempeng tersebut, maka muncul deretan kepulauan Mentawai dan juga membentuk jalur sesar Mentawai (*Mentawai fault*) yang berada diantara selat Mentawai. Batas penunjaman kedua lempeng tersebut berupa palung laut dalam di sepanjang pantai barat Sumatera sampai kepulauan Andaman. Menurut Natawidjaja, D.H (2003 : 2) lempeng Indo-Australia yang menunjam ke bawah lempeng Eurasia memiliki kecepatan sekitar 50 – 60 mm/tahun.



Gambar 7. Peta Tektonik Sumatera Barat (Natawidjaja : 2003)

Bidang kontak zona penunjaman di Sumatera Barat dapat diamati dari data seismisitasnya sampai kedalaman sekitar 300 Km (Natawidjaja : 2003). Lempeng Indo-Australia yang terus – menerus men-subduksi lempeng Eurasia (Sumatera) mengakibatkan terbentuknya bidang kontak zona penunjaman dangkal atau yang disebut ”*Megathrust*” (mega patahan naik yang berkemiringan landai)(Sieh et al : 2007). Efek dari penunjaman miring ini menyebabkan di wilayah Sumatera barat memiliki tingkat aktivitas

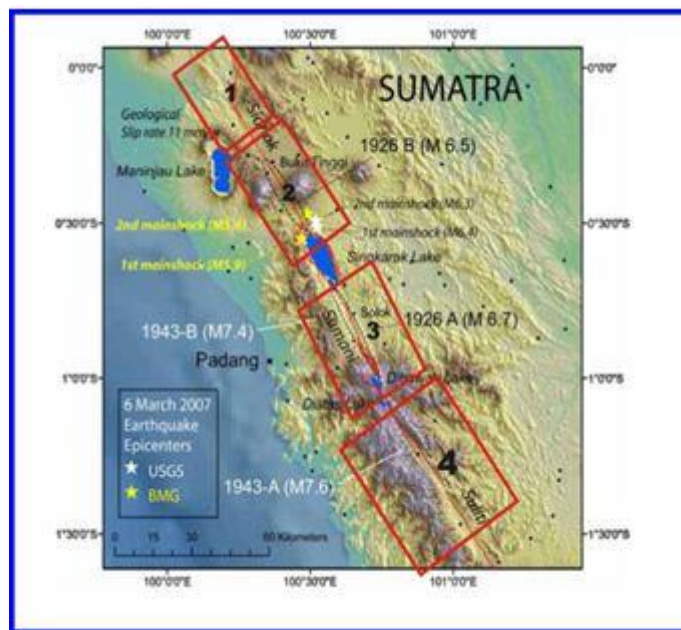
seismik/kegempaan yang sangat tinggi dan berpotensi terjadinya gempabumi tektonik besar disepanjang segmen pertemuan kedua lempeng tersebut.

Aktifitas seismik/kegempaan di wilayah Sumatera Barat tidak hanya terjadi di sepanjang zona penunjaman lempeng saja, melainkan juga terjadi di daratan Sumatera. Aktifitas seismik/kegempaan yang terjadi di daratan Sumatera barat dipengaruhi oleh lempeng Indo-Australia yang bergerak secara konvergensi menyerong (*oblique*) terhadap lempeng Eurasia (Sumatera) sehingga menimbulkan gaya komponen horizontal yang sejajar dengan arah palung (*trench*) pulau Sumatera (Danny Hilman : 2007).

Karena adanya gaya inilah maka terbentuk sesar besar Sumatera (*the great Sumatera fault*). Sesar besar Sumatera mempunyai panjang 1900 Km melintasi di sepanjang punggung Sumatera atau pegunungan bukit barisan. Sesar besar Sumatera bergerak ke arah barat laut pulau Sumatera dengan sistem pergerakan *strike slip right lateral* (sesar geser dekstral menganan) (Natawidjaja dan W.Triyoso : 2007).

Sesar aktif Sumatera mempunyai kecepatan gerak dari hanya 2.5 mm/tahun di selatan, kemudian bertambah cepat ke utara menjadi sekitar 30 mm/tahun di danau Toba (Natawidjaja dan W.Triyoso : 2007). Kecepatan gerak ini menentukan periode ulang gempa, makin cepat geraknya akan makin sering gempanya, kecepatan gerak sesar aktif ini dikontrol oleh bentuk batas lempeng Sumatera yang melengkung.

Berdasarkan pemetaan detil yang dilakukan oleh Sieh dan Natawidjaja (2000 : 4) sesar aktif Sumatera dibagi menjadi 20 segmen utama yang panjangnya 35 s/d 200 Km.



Gambar 8. Peta 4 Segmen Sesar Aktif yang Berada di Daratan Wilayah Sumatera Barat (Natawidjaja and Triyoso : 2007).

Pada gambar 8 terlihat wilayah Sumatera Barat sendiri terdiri dari 4 segmen sesar aktif diantaranya sebagai berikut :

1. Segmen sumpur terletak di wilayah Sumatera barat bagian utara, tepatnya di kota Lubuk Sikaping dan Rao, sesar aktif segmen sumpur mempunyai panjang 35 Km.
2. Segmen Sianok terletak di wilayah Sumatera barat bagian tengah. Segmen Sianok melewati 3 Kab/kota yaitu Bukittinggi, Kab.Agam dan Padang Panjang. Sesar aktif segmen Sianok mempunyai panjang 90 Km.

3. Segmen Sumani terletak di selatan Danau Singkarak, pada segmen ini melintasi 2 Kab/kota yaitu Kab.Solok dan Kota Solok. Sesar aktif segmen Sumani mempunyai panjang 60 Km.
4. Segmen Suliti terletak di wilayah Sumatera Barat bagian selatan, segmen aktif suliti melewati Solok Selatan dan Danau di bawah dan di atas. Sesar aktif segmen Suliti mempunyai panjang 60 Km.

Keberadaan ke-empat segmen di wilayah Sumatera Barat ini sangat jelas, banyak ditemukannya bukit – bukit di sekitar wilayah Sumatera Barat (Natawidjaja and Triyoso : 2007).

F. Distribusi Frekuensi Dengan Magnitudo Gempabumi

Hubungan frekuensi dan magnitudo gempabumi merupakan sebaran tingkat aktivitas kegempaan disuatu wilayah dan menjadi suatu hubungan dasar dari statistik seismologi. Hubungan frekuensi dan magnitudo gempabumi (*frequency – magnitude distribution*) pertama kali dikemukakan oleh *Gutenberg and Richter, 1944* dan *Ishimoto – lida 1939*, yang memenuhi persamaan :

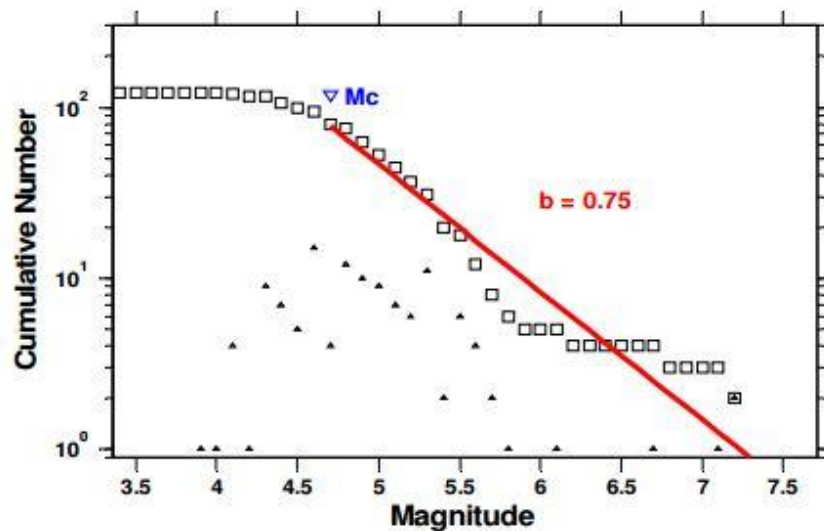
$$\log N(M) = a - bM \dots\dots\dots (1)$$

dimana : N (M) = Jumlah kumulatif gempabumi dengan magnitudo M

a dan b = Konstanta

M = Magnitudo gempabumi

Hubungan jumlah kumulatif frekuensi gempabumi terhadap magnitudo gempabumi dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Kurva Hubungan Frekuensi Dengan Magnitudo Gempabumi (Stein and Wyssession : 2003)

Kurva diatas menjelaskan tentang hubungan frekuensi dan magnitude gempabumi. Semakin rendah magnitude ($M < 4.5$) maka semakin tinggi frekuensi gempabumi, sedangkan sebaliknya untuk magnitude yang tinggi ($M > 5.0$).

Nilai konstanta a merupakan parameter seismik yang besarnya bergantung pada penentuan *volume* dan *time window* atau suatu tetapan yang besarnya tergantung pada periode, luas daerah dan aktivitas daerah pengamatan. Semakin besar nilai konstanta a berarti menunjukkan daerah tersebut sangat aktif terhadap gempabumi, kemudian sebaliknya untuk nilai konstanta a yang kecil.

Nilai konstanta b merupakan parameter tektonik suatu daerah dimana terjadi gempabumi dan tergantung dari sifat batuan setempat. Secara global nilai konstanta b mendekati 1, yang berarti 10 kali penurunan aktivitas kegempaan dan menunjukkan jumlah relatif dari getaran yang besar dan yang

kecil. Nilai konstanta a dan b dapat ditentukan dengan menggunakan metode maksimum likelihood.

G. Metode Maksimum Likelihood

Metode maksimum fungsi *likelihood* merupakan suatu metoda statistik yang sangat sesuai sekali untuk memecahkan beberapa masalah tentang seismologi. Bila suatu fungsi distribusi probabilitas $f(X, \theta)$ dengan parameter θ , maka fungsi *likelihood* sebagai berikut :

$$P(X_i, \theta) = f(X_i, \theta), f(X_2, \theta) \dots \dots \dots f(X_n, \theta) \dots \dots \dots (2)$$

Bahwa estimasi maksimum *likelihood* dari θ adalah nilai fungsi maksimum $P(X_i, \theta)$, untuk perhitungan yang bersesuaian, penurunan dari $\log P(X_i, \theta)$ untuk mendapatkan nilai maksimum dari θ yaitu :

$$\frac{D \log P}{D \theta} = 0 \dots \dots \dots (3)$$

D = penurunan parsial

Menurut Aki (1965) bahwa metode ini dipergunakan untuk masalah hubungan antara frekuensi gempa dari magnitudo. Suatu fungsi distribusi probabilitas dari m dapat ditulis kedalam bentuk :

$$f(M, b') = b' \cdot \theta^{-b'(m-m_0)} \dots \dots \dots (4)$$

$$m \geq m_0$$

dimana $b' = b \cdot \ln 10$ ($\ln 10 = 2.303$)

bersesuaian dengan fungsi *likelihood* yang ditunjukkan sebagai berikut :

$$P = (b')^N \cdot \theta^{(-b' \cdot (\sum M_i - N \cdot M_0))'} \dots \dots \dots (5)$$

dalam hubungan ini diperoleh bahwa estimasi maksimum *likelihood* dari nilai konstanta b yang ditunjukkan sebagai berikut : $e = 2.71828$, $\log e = 0.434$

$$b = \frac{\log e}{\bar{m} - m_0} \text{ dan } m = \frac{\sum m_0}{\sum n} = \frac{\sum X.N}{\sum N} \dots\dots\dots(6)$$

dimana $\bar{m}$ = magnitudo rata – rata dari data gempa

m_0 = magnitudo minimum dari data gempa

$\log e = 0.4343$

Menurut Utsu (1965 : 1) ditunjukkan metoda yang diberikan ini lebih baik dan teliti daripada penentuan kuadrat terkecil, dengan manfaatnya bahwa kejadian ini untuk data gempabumi yang kecil.

H. Variasi Spasial Parameter Seismotektonik

Parameter seismotektonik terdiri dari konstanta nilai-a dan nilai-b. Konstanta nilai-a adalah suatu konstanta dalam statistik seismologi yang mencerminkan tingkat seismisitas disuatu daerah yang sedang diamati yang bergantung pada periode pengamatan, luas daerah pengamatan dan jumlah gempabumi di daerah tersebut (Rohadi, dkk : 2008). Semakin tinggi nilai-a berarti daerah tersebut memiliki tingkat aktifitas kegempaan yang tinggi, sebaliknya untuk nilai-a yang rendah. Sedangkan konstanta nilai-b adalah suatu nilai/konstanta dalam statistik seismologi yang menggambarkan keadaan kondisi stress disuatu wilayah yang berasosiasi dengan aktivitas kegempaan. Nilai-b ini bervariasi terhadap daerah dan kedalaman gempabumi, serta bergantung pada keheterogenan dan distribusi ruang stress dari volume batuan yang menjadi sumber gempabumi (Rohadi : 2007).

Pengamatan variasi spasial nilai- b sampai saat ini menjadi metode untuk mengamati *local effective stress* (Scholz : 1968). Secara statistik variasi nilai- b akan berubah secara signifikan didaerah pertambangan (Urbancic et al : 1992) daerah *regime stress* seperti di *slab-subduction* (Wyss et al : 2001), sepanjang daerah sesar (Wiemer and Wyss : 1997), dan di zona gempa bumi susulan (Wiemer and katsumata : 1999). Nilai- b yang rendah berasosiasi dengan kondisi *local stress* yang tinggi disuatu wilayah, begitu sebaliknya pada nilai- b yang tinggi, akan tetapi pada area gunung api (*volcano*), nilai variasi nilai- b cukup tinggi dan teramati didekat *magma chamber*. Menurut Wyss et al., (2001 : 3) dizona *slab-subduction* dengan kedalaman 140 – 150 km mempunyai nilai- b yang tinggi (*high b-value*) karena dengan kedalaman tersebut terdapat magma. Sedangkan pada zona sesar pada umumnya memiliki nilai- b yang rendah dengan *static stress drop* ($\Delta\sigma$) yang tinggi. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan perubahan nilai- b :

1. Meningkatnya suhu panas di inti bumi, material heterogen dan densitas (Mogi :1962).
2. Adanya peningkatan *shear stress* dan *effective stress* disekitar bagian sesar (Scholz : 1968 ; Urbancic et al : 1992 dan Wyss : 1973)

Menurut Mogi (1962 : 2) nilai variasi spasial nilai- b berkorelasi positif pada material yang heterogen dan nilai- b akan meningkat pada kondisi medium yang tidak homogen. Tetapi jika pada suatu wilayah sering menghasilkan gempa-gempa kecil dan jarang menghasilkan gempa besar

maka kurva frekuensi – magnitude akan semakin tajam dan gradien kurva nilai-b akan lebih besar.

Bagian sesar dengan nilai variasi spasial nilai-b yang rendah dapat mendeskripsikan sebagai daerah ” *asperities*”. *Asperities* merupakan daerah yang memiliki konsentrasi *stress* tinggi dengan besar nilai-b sekitar 0.4 – 0.7. Sedangkan bagian sesar dengan nilai variasi spasial nilai-b tinggi dapat mendeskripsikan sebagai daerah ” *creeping*”. Daerah *creeping* merupakan bagian sesar aktif yang mengalami *slip* dan tidak terjadi akumulasi *stress* dengan besar nilai-b sekitar > 1.2 (Wiemer and Wyss : 1997).

I. Stress Lokal Tektonik

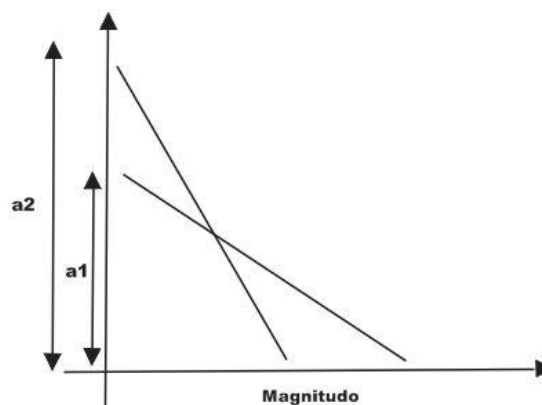
Stress merupakan gaya yang bekerja pada suatu unit area. Stress yang bekerja pada suatu bidang pada umumnya terdiri dari dua stress, yaitu : normal stress dan shear stress. Normal stress ialah stress yang bekerja tegak lurus bidang, sedangkan shear stress ialah stress yang bekerja sejajar pada bidang. Stress lokal tektonik merupakan gaya yang bekerja di suatu wilayah yang berasal dari aktivitas tektonik, seperti aktivitas subduksi, aktivitas sesar/patahan atau aktivitas vulkanik.

Menurut Scholz (1968) menyatakan bahwa nilai parameter seismotektonik nilai-b memiliki hubungan yang jelas terhadap stress di dalam suatu volume batuan. Dalam eksperimennya, ia mengamati bahwa penurunan nilai-b berhubungan dengan kenaikan stress didalam batuan.

J. Tingkat Keaktifan Kegempaan

Tingkat keaktifan kegempaan disuatu wilayah dapat ditentukan berdasarkan parameter seismisitas (nilai- a) atau dapat dilihat dengan seismisitas/kegempaan. Jika sebaran seismisitas/kegempaan disuatu wilayah cukup tinggi, maka menandakan pada wilayah tersebut memiliki kegempaan yang aktif, sebaliknya pada sebaran seismisitas/kegempaan yang rendah. Pada suatu wilayah jika sering terjadi gempabumi atau tingkat kegempaannya cukup aktif, berarti di wilayah tersebut energi gempabumi tidak terakumulasi atau tidak mengalami *asperity* dan kondisi stress lokal tektonik cukup rendah. Sedangkan jika pada suatu wilayah seismik aktif jarang terjadi gempabumi atau tingkat keaktifan kegempaan rendah, maka diindikasikan di wilayah tersebut sedang mengalami akumulasi energi gempabumi.

Tingkat keaktifan kegempaan berdasarkan parameter seismisitas (nilai- a) memiliki korelasi terhadap magnitudo. Korelasi ini dapat dilihat pada gambar 10.

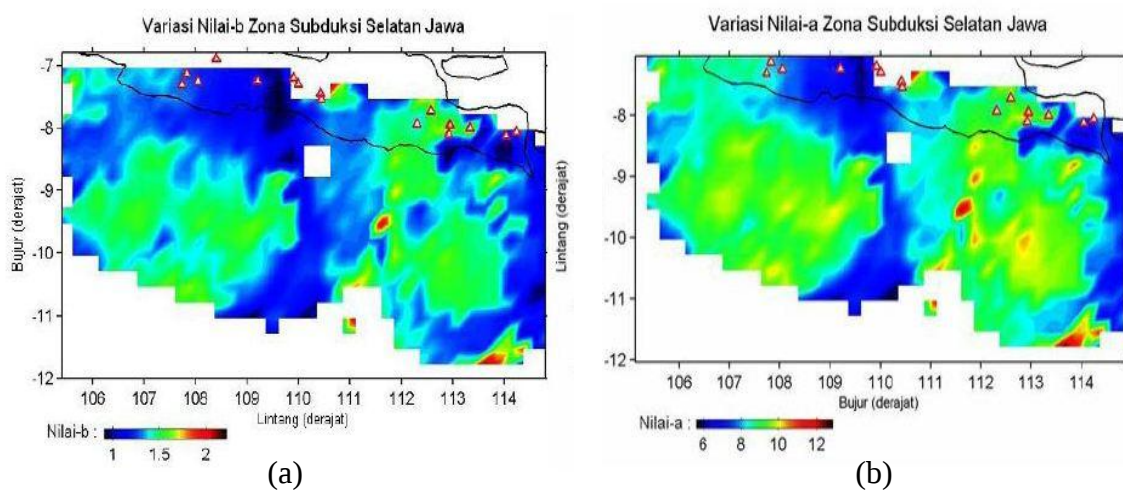


Gambar 10. Korelasi Nilai- a Terhadap Magnitudo Gempabumi.

Pada gambar 10 menunjukkan tingkat keaktifan kegempaan pada nilai – a1 lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai–a2. Hal ini berarti tingkat keaktifan kegempaan pada nilai–a1 yang rendah jarang terjadi event gempabumi namun berpotensi atau berpeluang untuk terjadinya gempabumi besar dan merusak.

K. Penelitian Relevan

Penelitian yang relevan pada penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh : Rohadi, dkk (2007) yang berjudul Studi Variasi Spasial Seismisitas di Zona Subduksi Jawa. Hasil penelitian dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Contoh Pemetaan Variasi Spasial Parameter Seismotektonik Nilai-a dan Nilai-b di Zona Subduksi Selatan Jawa, gambar a). variasi nilai-b, b). variasi nilai-a (Rohadi., 2007)

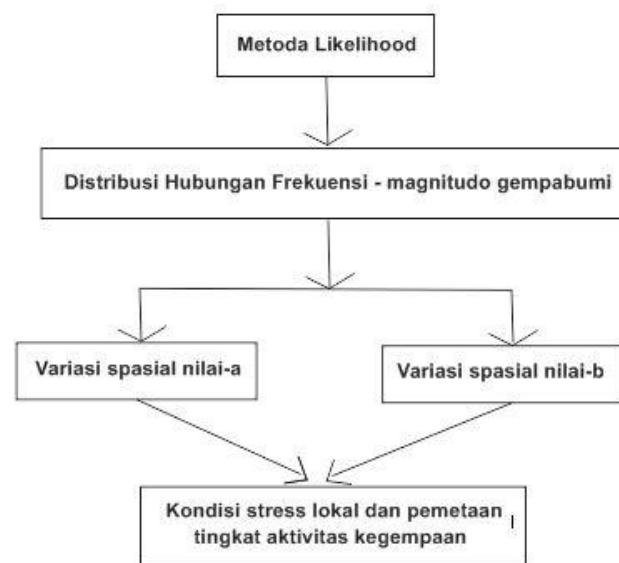
Pada gambar 11 diatas, diperoleh hasil variasi spasial minimum nilai-b 0,8 dan nilai maksimum 2,3, kemudian variasi spasial minimum nilai-a sekitar 6 dan nilai maksimum sekitar 12. Dalam penelitiannya menunjukkan adanya anomali nilai-b dan nilai-a rendah dibagian barat dan timur di zona subduksi

Jawa. Menurut para ahli kebumihan sebelumnya, bahwa nilai-b dan nilai-a rendah menggambarkan kondisi stress lokal tektonik yang tinggi dan tingkat aktivitas kegempaan yang rendah berarti adanya akumulasi energi (*asperity*). Berikut ditampilkan contoh gambar pemetaan variasi spasial seismisitas di zona subduksi Jawa.

Penelitian tersebut memberikan gambaran dan sasaran yang hampir sama, yaitu untuk menentukan variasi spasial parameter seismotektonik (nilai-a) dan (nilai-b) untuk mengetahui kondisi stress lokal dan tingkat aktivitas kegempaan disuatu wilayah.

L. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir pada penelitian ini menggunakan metoda likelihood. Pada prinsipnya metoda likelihood merupakan bagian dari statistik seismologi yang menggunakan hubungan frekuensi-magnitudo gempabumi. Hubungan frekuensi – magnitudo berupa persamaan garis lurus, yang dipengaruhi oleh beberapa konstanta parameter seismisitas dan parameter tektonik. Diagram kerangka berfikir pada penelitian ini, ditampilkan pada gambar 12,



Gambar 12. Kerangka Berfikir Dalam Penelitian

Pada gambar 12, untuk memperoleh hubungan frekuensi-magnitudo gempabumi dan variasi spasial parameter seismotektonik (nilai-a) dan (nilai-b) di dalam penelitian ini diolah dan dianalisa dengan bantuan *software* ZMAP versi 6,0. Data masukkan di dalam *software* ZMAP versi 6,0 ini berupa parameter gempabumi yaitu bujur, lintang, tahun, bulan, tanggal, magnitudo, kedalaman, jam dan menit.

M. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan dari tujuan dan rumusan masalah dalam penelitian ini, maka diperoleh hipotesis penelitian yaitu variasi spasial parameter seismotektonik (nilai-a) dan (nilai-b) di Sumatera barat dan sekitarnya cukup rendah karena masih menyimpan stress yang relatif tinggi dan tingkat aktivitas kegempaan yang rendah sehingga dapat menyebabkan terjadinya peristiwa gempabumi besar dan merusak.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis variasi spasial parameter seismotektonik, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sebaran seismisitas / kegempaan yang cukup tinggi di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya pada kedalaman dangkal (h) < 60 km berada di bagian barat, bagian selatan pulau Nias-Gn. Sitoli, di sekitar bagian timur pulau Siberut dan di sekitar pulau Pagai Selatan. Kemudian untuk sebaran seismisitas/kegempaan yang relatif tinggi pada kedalaman menengah (h) $60 - 350$ km di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya sebagian besar berada di sepanjang pinggiran pantai barat Sumatera dan di daratan Sumatera Barat tepatnya di Bukitbarisan.
2. Secara umum parameter tektonik (nilai- b) pada kedalaman dangkal (h) < 60 km dan menengah (h) $60 - 350$ km berdasarkan distribusi frekuensi dengan magnitudo gempabumi di zona A diperoleh 0,939 dan 1,11 dan zona B sebesar 0,882 dan 1,11 kemudian untuk parameter seismisitas (nilai- a) pada zona A sebesar 7.14 dan 6,84 dan di zona B diperoleh 6,84 dan 7,3.
3. Variasi spasial nilai- a dan nilai- b untuk kedalaman dangkal (h) < 60 km di zona A sekitar 5,0 sampai 12,0 dan 0,8 sampai 2,2, kemudian untuk zona B diperoleh sekitar 5,0 sampai 10,0 dan 0,8 sampai 1,8. Sedangkan pada kedalaman menengah (h) $60-350$ km didapatkan variasi spasial nilai- a dan

nilai-b untuk zona A sekitar 4,0 sampai 10,0 dan 0,6 sampai 1,6, kemudian di zona B sekitar 4,0 sampai 10,0 dan 0,6 sampai 1,8.

4. Berdasarkan analisis variasi spasial parameter seismotektonik (nilai-a) dan (nilai-b) diperoleh pemetaan kondisi stress yang tinggi terjadi dibagian selatan pulau Nias, disepanjang pantai barat Sumatera bagian utara, di zona sesar aktif Sumatera tepatnya di wilayah Lubuk Sikaping, Solok Selatan, disekitar kepulauan Mentawai, di sekitar bagian tenggara pulau Batu dan disebelah barat Padang.
5. Pemetaan tingkat keaktifan kegempaan yang tinggi terjadi dibagian barat pulau Nias, disekitar pulau Pagai Selatan, di zona sesar aktif Sumatera tepatnya di wilayah Kerinci, di sepanjang perairan barat Sumatera bagian utara dan di sepanjang perairan barat Pesisir Selatan.

B. Saran

Berdasarkan hasil analisis variasi spasial parameter seismotektonik, maka di zona A dan zona B di wilayah Sumatera barat dan sekitarnya yang memiliki tingkat keaktifan kegempaan dan kondisi stress lokal yang relatif tinggi perlu diwaspadai dan siap siaga dari ancaman bencana gempabumi, sebagai upaya mitigasi bencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Aki, K., 1965, Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N = a - bM$ and its confidence limits, *Bulletin of the earthquake Research Institute*, Tokyo University, 43, pp. 237-239.
- Amelung, F., and G. King. (1997). Earthquake scaling laws for creeping and non-creeping fault, *Geophysisc. Res. Lett.*, 24, 507-510,.
- Ngadmanto, D,. (2012). Penentuan Potensi Gempabumi Merusak Berdasarkan Parameter Kegempaan Di Wilayah Busur Banda. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. Vol. 8 No.1 Juli 2012 : 16 – 22.
- Gibowicz, S.J. (1973), Variation of the frequency-magnitude relation during earthquake sequence in New Zealand, *Bull. Seimol. Soc. Am*, 63, 517 – 528.
- Gutenberg, B. And Richter, C, F., (1944). Frequency of earthquake in California, *Bull. Seismol. Soc. Am*. 34, hal. 185 – 188.
- Heety, A. L., Emad, A. M., (2011). Variation of b -value in the earthquake frequency-magnitude distribution with depth in the intraplate regions, *International Journal of Basic & Applied Sciences*, 11, p29.
- Ishimoto, M., and K. Iida. (1939). Observations of earthquakes registered with the microseismograph constructed recently, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 17, 443-478,.
- Ibrahim, G., Subardjo, (2004). *Pengetahuan Seismologi*. Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.

- Mogi, K., (1962). Magnitude-frequency relationship for elastic shocks accompanying fractures of various materials and some related problems in earthquakes. *Bull. Earthquake. Res. Let. Univ.Tokyo*. 40 : 831 – 883.
- Natawidjaja, D.H.,(2003). Neotectonics of the Sumatran Fault and paleogeodesy of the Sumatran subduction zone.
- Natawidjaja, D.H., and W. Triyoso. (2007) The Sumatran fault zone: from source to hazard, 1 (No.1), 21-47.
- Nuannin, P.-, Kulhanek, O. And Parson, L., (2005). Spatial and Temporal b value anomalies preceding the devastating off coast of NW Sumatra earthquakes of december 26, 2004. *Geophys. Res. Let.*, 32 L 11307.
- Newcomb, K.R., and W.R. McCann. (1987). Seismic history and seismotectonics of the Sunda Arc, *Journal of Geophysical Research*, 92, 421-439,.
- Rohadi, dkk. (2007). Variasi Spasial Seismisitas di Zona Subduksi Jawa. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. Vol. 8 No.1 Juli 2007 : 42 - 47
- Scholz, C. H., (1968). The frequency – magnitude relation of microfracturing in rock and its relation to earthquake, *Bull. Seismol. Soc. Am*, 58, hal . 399 – 415.
- Stein, S., Wyssession, M., (2003). *An introduction to seismology, earthquakes, and earth structure*, Blackwell Publishing, Boston.
- Sieh, K., and Natawidjaja, D.H., (2000). Neotectonics of the Sumatera fault, Indonesia. *Journal of Geophysical Research* , 105, B12, pp. 28, 295- 28, 326.

- Schorlemmer, D. and Wiemer, S. (2005). Earth science: Microseismicity data forecast rupture area, *Nature*, 434, 1086, doi:10.1038/4341086a,.
- Urbancic, T.I., C.I. Trifu, J.M. Long, and R.P. Young. (1992). Space-time correlations of b-values with stress release, *PAGEOP*, 139, 449-462,.
- Utsu, T., (1965). A method for 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,.
- Wiemer, S. & Wyss, M., (1997), Mapping the frequency-magnitude distribution in asperities: An improved technique to calculate recurrence time?, *J. Geophys. Res.*, 102, 15, 115 – 15, 128.
- Wiemer, S., (2001). A software package to Analyze Seismicity: ZMAP, *Seismol. Res. Lett*, vol.72, 373-382.
- Wiemer, S., and K. Katsumata.(1999). Spatial variability of seismicity parameters in aftershock zones, *J. Geophys. Res.*, 104, 13 135 – 13, 151, 1999.
- Wiemer, S., and J. Benoit, (1996). Mapping the b-value anomaly at 100 km depth in the Alaska and New Zealand subduction zones, *Geophys. Res. Lett.*, 23, 1557-1560,.
- Wyss, M., S. Wiemer, and S. Tsuboi, (2001). Mapping b-value anomalies in the subducting slabs beneath Japan, using the JUNE data, *Bull. Seism. Soc. Am.*, submitted.

Wyss, M.,(1973). Towards a physical understanding of the earthquake frequency distribution, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 31, 341-359.

Zhao. Y.Z et al.,(2008). Mapping the b-value along the Longmenshan fault zone before and after the 12 May 2008. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 8, 1375–1385.