

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

Bidang Ilmu : MIPA

LAPORAN PENELITIAN HIBAH BERSAING



UNIVERSITAS NEGERI PADANG	
TANGGAL TEL :	11 Juni 2010
NOMOR HARDA :	Hd
KOLEKSI :	F1
NO. INVENTARIS :	263/Hd/ 2010 m, (1)
KLASIFIKASI :	550 Fau m. 1

MONITORING AKTIVITAS SESAR DI SEGMENT SIANOK DAN SEGMENT SUMANI MENGGUNAKAN METODE GAYABERAT-MIKRO *TIME-LAPSE*

Oleh

Dr. Ahmad Fauzi, M.Si (Peneliti Utama)
Dr. Badrul Mustafa Kemal, DEA (Anggota Peneliti)

Dibiayai oleh
Dana DIPA PD2M Ditjen Dikti Depdiknas
Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Nomor 84/H35.2/DP2M-HB/KU/2008
Tanggal 16 April 2008

DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS NEGERI PADANG
NOVEMBER 2008

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

1. Judul Penelitian : **Monitoring Aktivitas Sesar Di Segmen Sianok Dan Segmen Sumani Menggunakan Metode Gayaberat-Mikro Time Lapse**

2. Ketua Peneliti

- a) Nama Lengkap : Dr. Ahmad Fauzi, M.Si
- b) Jenis Kelamin : Laki-laki
- c) NIP : 132 051 380
- d) Jabatan Fungsional : Lektor
- e) Jabatan Struktural : 1. Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNP
2. Ketua PUSLIT PSDA-MBA, Lembaga Penelitian UNP
- f) Bidang keahlian : Fisika/Geofisika Terapan
- g) Fakultas/Jurusan : FMIPA UNP/Fisika
- h) Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang
- i) Alamat Surat : PUSLIT PSDA-MBA, Lembaga Penelitian UNP
- j) Alamat rumah : Jl. Barabah No.1 Kel.Air Tawar Barat, Kota Padang
- k) Telp/Faks : 0751-443450
- l) HP : 0812 6641 580
- m) E-mail : afz_id@yahoo.com
- n) Tim peneliti

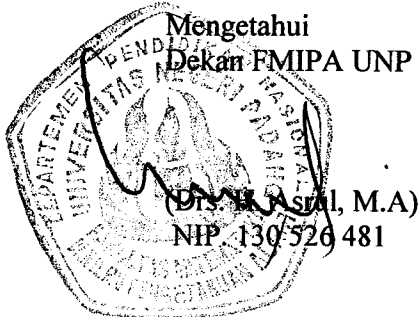
No	Nama dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Jurusan/ Fakultas	Perguruan Tinggi
1	Dr. Ahmad Fauzi, M.Si	Fisika/Geofisika terapan	Fisika/ FMIPA	UNP
2	Dr. Badrul Mustafa Kemal, DEA	Geofisika	Tek. Sipil/ Teknik	UNAND

3. Pendanaan dan jangka waktu penelitian :

- a) Jangka waktu penelitian yang diusulkan : 3 tahun
- b) Biaya total yang diusulkan : Rp 150.000.000,-
- c) Biaya yang disetujui tahun I : Rp 50.000.000,-

Padang , 10 November 2008

Mengetahui
Dekan FMIPA UNP

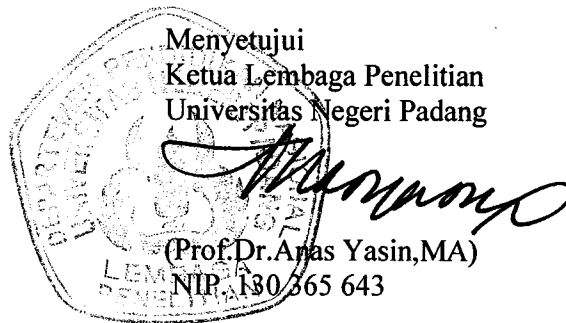


(Dr. H. Asri, M.A)
NIP. 130 526 481

Ketua Peneliti

(Dr. Ahmad Fauzi, M.Si)
NIP. 132 051 380

Menyetujui
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang



(Prof. Dr. Anas Yasin, MA)
NIP. 130 365 643

LAPORAN DAN SUMMARY

Aktivitas sesar di sepanjang Sesar Sumatera diyakini sebagai penyebab utama gempa-gempa yang terjadi di sepanjang pulau Sumatera. Bagaimana hubungan antara aktivitas sesar dengan kejadian gempabumi sampai saat ini belum sepenuhnya terungkap. Hasil penelitian awal menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara gerak sesar dengan pola kontur anomali gayabermikro time-lapse. Karakteristik dari pola dan distribusi anomali gayabermikro time-lapse dapat menggambarkan jenis gerakan sesar seperti *strike-slip*, *dip-slip*, *tensile* atau *oblique-slip*.

Tujuan umum penelitian adalah mempelajari perilaku dasar gerakan sesar di sepanjang pulau Sumatera khususnya di segmen Sianok dan Sumani, menggunakan metode gayabermikro terhadap ruang dan waktu (baca : anomali gayabermikro 4D atau time-lapse). Tujuan khusus penelitian adalah (1) menghitung respon teoritik dari anomali gayabermikro-time lapse yang disebabkan oleh aktivitas sesar, (2) mengembangkan model, algoritma dan pemrograman untuk mengestimasi parameter-parameter sesar (3) mengembangkan metode estimasi dari anomali yang terkontaminasi dengan bising dan (4) mengaplikasikan metode pada lapangan di Segmen Sumani dan Segmen Sianok. Tujuan (1) dan (4) sudah tercapai pada tahun 2008 dan tujuan (2) dan (3) akan dicapai pada tahun 2009.

Untuk mencapai tujuan penelitian dilakukan tiga pendekatan ilmiah yaitu studi pustaka, pemodelan dan studi kasus. Studi pustaka bertujuan untuk mendapatkan "*the state of the art*" penelitian gayabermikro dalam studi dinamika sesar serta penelitian-penelitian lain yang relevan di daerah studi kasus seperti studi neotektonik, jaringan GPS dan sejarah triangulasi. Pendekatan pemodelan bertujuan untuk membangun model ideal tentang gerakan sesar dan kemudian menghitung respon anomali-gayabermikro time-lapse secara teoritik. Pendekatan studi kasus bertujuan untuk menerapkan metode pada data lapangan. Pada tahun 2008 telah dilakukan mencakup pemodelan, pengumpulan data, pengolahan data, analisis data dan penafsiran data. Sedangkan pada tahun kedua (2009) akan dilakukan modifikasi teori, pengembangan metode, pengumpulan data pada waktu selanjutnya.

Hasil penerapan metode pada data sintetik menunjukkan bahwa pola kontur anomali-mikro time lapse hasil pemodelan dapat menunjukkan jenis-jenis gerak sesar seperti : *strike-slip*, *dip-slip*, *tensile* dan *oblique-slip*, namun nilai anomali hasil pemodelan cukup kecil yaitu 1-3 $\mu\text{Gal}/\text{tahun}$. Ini berarti diperlukan strategi khusus dalam pengumpulan data agar anomali yang kecil tersebut dapat diukur dengan gravimeter. Hasil penerapan metode pada data lapangan menunjukkan bahwa anomali gayabermikro time lapse hasil pengamatan pada periode 2005-2008 searah dengan jalur utama Sesar Sumatera. Posisi anomali tinggi berdekatan dengan posisi episenter gempabumi tanggal 6 Maret 2007. Namun demikian, parameter-parameter yang berasosiasi dengan pergerakan sesar belum bisa diturunkan dari data lapangan karena pola kontur anomali hasil pengamatan tidak *fit* dengan pola kontur anomali hasil pemodelan. Ini berarti diperlukan pengembangan metode dan modifikasi teori pada tahap selanjutnya

untuk menentukan parameter-parameter yang berasosiasi dengan pergerakan sesar di daerah penelitian. Hasil lain yang menarik untuk dikaji adalah muka air Danau Singkarak turun sampai 8 cm selama survei tanggal 1-6 Agustus 2008 atau turun sampai 79 cm selama kurun waktu 2005-2008. Dragert (1981) mengungkapkan bahwa efek gayaberas akibat perubahan muka air danau dapat mencapai $60\mu\text{Gal}$ selama 3 tahun seperti kasus di Buttle Lake, kepulauan Vancouver, British Columbia. Bagaimana hubungan anomali gayaberas-mikro time lapse dengan perubahan muka air Danau Singkarak, sampai saat ini belum diketahui. Ini berarti diperlukan penelitian lanjutan pada tahun 2009 untuk menghitung nilai anomali gayaberas-mikro time lapse terhadap perubahan muka air Danau Singkarak. Informasi ini diperlukan untuk mengoreksi pengaruh perubahan muka air Danau Singkarak terhadap data.

Luaran penelitian pemodelan dengan judul “ *Respon Anomali Gaya-berat-Mikro Time-Lapse Secara Teoritik Yang Disebabkan Oleh Aktivitas Sesar* “ telah dipublikasikan dalam **Seminar dan Rapat Tahunan (SEMIRATA) BKS PTN Indonesia Wilayah Barat bidang MIPA tahun 2008** bertempat di Universitas Bengkulu tanggal 13-14 Mei 2008. Sedangkan data “ *Anomali Gayaberas-Mikro Time-Lapse periode tahun 2005-2008 Daerah Batas Antara Segmen Sianok Dan Sumani* telah dipublikasikan dalam dalam **SEMINAR NASIONAL FISIKA yang dilaksanakan di Universitas Negeri Padang tanggal 23-24 Agustus 2008**. Makalah lengkap yang berjudul “ *The time lapse microgravity anomaly is caused the activity fault in Sianok and Sumani segment*” akan diusulkan untuk diterbitkan dalam salah satu jurnal terakreditasi pada akhir tahun kedua. Hasil penelitian diharap dapat digunakan oleh instansi terkait sebagai usaha mitigasi bencana gempabumi pada masa mendatang di daerah penelitian

PRAKATA

Kegiatan penelitian mendukung pengembangan ilmu serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

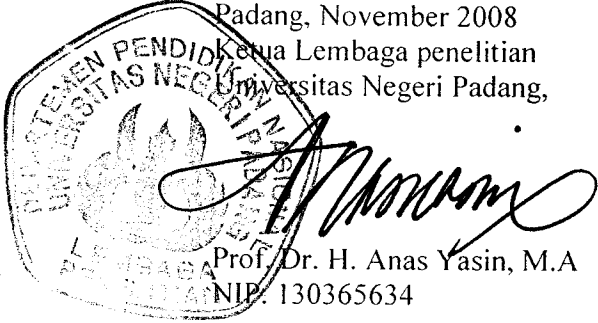
Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Ditjen Dikti Depdiknas dengan surat perjanjian Nomor: 84/H35.2/DP2M-HB/KU/2008 tanggal 16 April 2008, dengan judul *Monitoring Aktivitas Sesar Di Segmen Sianok Dan Segmen Sumani Menggunakan Metode Gayaberat-Mikro Time Lapse*.

Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitannya dengan permasalahan penelitian tersebut diatas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang telah dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Disamping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijaksanaan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian, kemudian untuk tujuan diseminasi, hasil penelitian ini telah diseminarkan ditingkat nasional. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya, dan peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu pelaksanaan penelitian ini. Secara khusus, kami menyampaikan terima kasih kepada Direktur penelitian dan Pengabdian kepada masyarakat, Ditjen Dikti Depdiknas yang telah memberikan dana untuk pelaksanaan penelitian ini. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang terjalin selama ini, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan dan semoga kerjasama yang baik ini kan menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang

Terima kasih

Padang, November 2008
Kepala Lembaga penelitian
Universitas Negeri Padang,

Prof. Dr. H. Anas Yasin, M.A
NIP. 130365634

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
A. LAPORAN PENELITIAN	
RINGKASAN DAN SUMARY	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar belakang	1
1.2. Urgensi (Keutamaan) Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. State of art bidang metode gayaberat-mikro time-lapse	4
2.2. Hasil yang sudah dicapai	6
2.3. Studi pendahuluan yang sudah dilaksanakan	12
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
3.1. Tujuan penelitian	21
3.2. Manfaat penelitian	23
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1. Lokasi penelitian	24
4.2. Alat dan Bahan Penelitian	25
4.3. Teknik Pengumpulan Data	27
4.4. Teknik Pengolahan data	32
4.5. Teknik Analisa dan Penafsiran data	34
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1. Hasil Penelitian	36
5.2. Pembahasan	49
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1. Kesimpulan	55
6.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	61
B. DRAF ARTIKEL ILMIAH	98
C. SINOPSIS PENELITIAN LANJUTAN	116

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Evolusi gayaberas di Blok Qinghai-Xizang, Cina, selama 1992-2001	5
Tabel 2.2 Parameter-parameter sesar menggunakan model prisma sisi tegak	8
Tabel 2.3 Nilai gayaberas-mikro pada saat τ_1 dan τ_2 serta peta anomali gayaberas-mikro time-lapse selang waktu $\Delta\tau=\tau_2-\tau_1$ dari model prisma sisi tegak	9
Tabel 2.4 Nilai maksimum dari anomali gayaberas-mikro time-lapse yang disebabkan oleh laju slip sebesar 5m/tahun dan 23mm/tahun menggunakan model prisma sisi tegak	11
Tabel 2.5 Parameter-parameter sesar di segmen Sumani.	14
Tabel 2.6 Parameter-parameter sesar di segmen Sianok.	14
Tabel 4.1 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian	25
Tabel 4.1 Bahan-bahan penelitian	27
Tabel 6.1 Nama-nama stasiun yang tidak diikuti dalam pengolahan data	50

DAFTAR GAMBAR

	halaman	
Gambar 1.1	Gambar 1(a) Peta anomali gayaberat-mikro lokal di Nagari Gunung Rajo dan sekitarnya ((<i>Ahmad Fauzi dan Syafriani, 2005</i>), (b) posisi pusat gempabumi tanggal 6 Maret 2007	2
Gambar 2.1	Geometri sesar dan laju slip berdasarkan model prisma sisi tegak	7
Gambar 2.2	Pola anomali gayaberat-mikro time-lapse disebabkan oleh pergerakan sesar komponen (a) <i>strike-slip</i> , $x=23\text{mm/tahun}$, (b) <i>dip-slip</i> , $y=23\text{mm/tahun}$, (c) <i>tensile</i> , $z=23\text{mm/tahun}$, dan (d) <i>oblique-slip</i> , $x=23\text{mm/tahun}$, $y=23\text{mm/tahun}$. {Interval kontor : $0,8\mu\text{Gal}$ untuk (a),(b),(d) dan $0,08\mu\text{Gal}$ untuk (c); koordinat dalam km, jarak antar titik amat adalah 0,5 km}	10
Gambar 2.3	Sebuah hipotesis tentang evolusi graben Singkarak merepresentasikan offset total dari Segmen Sumani dan Sianok (<i>Sumber: Sieh and Natawidjaya, 2000</i>)	16
Gambar 2.4	Komponen laju slip di segmen Sumani dan Sianok diturunkan dari data triangulasi dan GPS (<i>Sumber : Prawirodirdjo, dkk., 2000</i>)	17
Gambar 2.5	Penampang laju slip, kedalaman dan jarak-ortogonal sesar di segmen Sumani dan segmen Sianok (<i>Sumber : Genrich, dkk., 2000</i> , Kode S0.4 dan S0.8 melambangkan segmen Sumani dan Sianok)	17
Gambar 2.6	Penampang sesar di segmen Sumani diturunkan dari penampang anomali gayaberat menggunakan teknik dekonvolusi (<i>Sumber : Fauzi, dkk., 2000</i>)	19
Gambar 2.7	Gambar 2.7. Peta anomali gayaberat-mikro lokal tahun 2005 setelah dikombinasikan dengan peta jalan di daerah penelitian. Daerah yang terletak di dalam kotak berwarna merah (Nagari Gunung Rajo) diduga sebagai sesar utama	20
Gambar 4.2	Lokasi penelitian	24
Gambar 4.2	(a) Alat-alat ukur, (b) Alat transportasi	25
Gambar 4.3	Lokasi titik pangkal tingkat II (a) BMG TBG, (b) BMG PP	29
Gambar 4.4	Lokasi stasiun pangkal pembantu (a) REKTORAT, (b) LABFIS, (c) SKA dan (d) BS.	30
Gambar 5.1	Peta geologi lembar Solok dan Padang (<i>Sumber : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G), Bandung</i>)	34
Gambar 5.2	Nilai gayaberat efek tide pada tanggal (a) 2 Agustus 2008, (b) 3 Agustus 2008, (c) 4 Agustus 2008, dan (d) 5 Agustus 2008	40
Gambar 5.3	Nilai gayaberat efek drift pada tanggal (a) 2 Agustus 2008, (b) 3 Agustus 2008, (c) 4 Agustus 2008, (d) 5 Agustus 2008	41
Gambar 5.4	Data curah hujan rata-rata didaerah selatan Danau Singkarak pada tanggal 1 Juli s/d 5 Agustus tahun 2008 (<i>Sumber : Intake Malalo, Komplek PLTA Singkarak, Kecamatan Batipuh Selatan, Kabupaten Tanah Datar</i>). Waktu yang	42

diberi tanda kotak garis putus putus adalah waktu penelitian ini dilakukan yang mengindikasikan musim panas.

Gambar 5.5	Data perubahan muka air Danau Singkarak yang diukur setiap jam selama survai atau selama 120jam..	43
Gambar 5.6	Posisi muka air Danau Singkarak (a) menunjukkan angka 361,80 m pada tanggal 1-23 November 2005 dan (b) angka 361,02 m pada tanggal 2-5 Agustus 2008.	44
Gambar 5.7	Peta anomali gayaberat mikro lokal tahun 2008 setelah dikombinasian dengan peta jalan	45
Gambar 5.8	Peta Anomali gayaberat mikro time lapse periode 2005-2000	48
Gambar 5.9	Peta anomali gayaberat-mikro time lapse setelah dikombinasikan dengan peta geologi daerah penelitian	51
Gambar 5.10	Posisi epicenter gempabumi tanggal 6 Maret 2007 versi USGS.	52

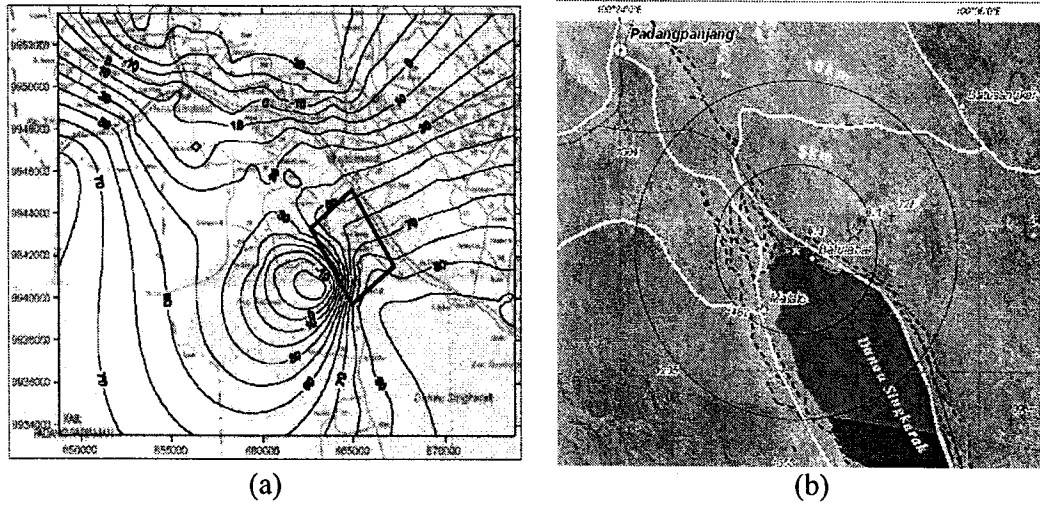
DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran A Data gayabarat-mikro di segmen Sumani dan Segmen sianok	61
Lampiran B Data perubahan air Danau Singkarak	78
Lampiran C Personalia penelitian	79
Lampiran D Foto-foto beberapa stasiun di daerah penelitian	81
Lampiran E MoU antara UNP dan BMG serta MoA antara Jurusan Fisika FMIPA UNP dan Koordinator BMG Sumatera Barat	88

BAB I PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Kejadian gempa bumi di Sumatera Barat pada tanggal 6 Maret 2007 tidak hanya mengejutkan masyarakat awam tetapi juga para ilmuwan karena daerah tersebut baru saja dilanda gempa bumi besar pada tanggal 21 Juni 2004 yang lalu. Sepanjang tercatat sejarah, di daerah tersebut telah terjadi tiga kali gempa bumi besar yaitu tahun 1822, 1926 dan 1943. Sebetulnya, Kemal dan Fauzi (2001) telah mengungkapkan bahwa selagi geodinamika pulau Sumatera masih berjalan, maka gempa bumi akan selalu terjadi di masa mendatang dengan berbagai ukuran, kekuatan dan kedalaman sumbernya. Kejadian gempa bumi tektonik pada tanggal 6 Maret 2007 seakan-akan menegaskan pernyataan tersebut. Gempa bumi yang berpusat pada posisi 0,53S dan 100,53 E pada kedalaman 30 km berkekuatan $M=6,3$ versi USGS meluluh lantakan daerah –daerah disekitar kecamatan batipuah kabupaten tanah datar Nagari Gunung Rajo. Survai lapangan pada hari kedua pasca gempa menunjukkan bahwa Nagari Gunung Rajo, adalah nagari yang mengalami kerusakan terparah. Sebelumnya kejadian gempa bumi, Fauzi dan Syafriani (2005a & 2005b) telah mengidentifikasi keberadaan sebuah anomali gayaberat-mikro yang telah diduga sebuah sesar besar di Nagari Gunung Rajo yang diperlihatkan pada Gambar 1(a) dan dibandingkan dengan posisi pusat gempa bumi pada tanggal 6 Maret 2007 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1(b).



Gambar 1(a) Peta anomali gayabarat-mikro lokal di Nagari Gunung Rajo dan sekitarnya ((Ahmad Fauzi dan Syafriani, 2005), (b) posisi pusat gempa bumi tanggal 6 Maret 2007.

Widiantoro (2007) mengungkapkan bahwa prediksi gempa bumi: kapan (t)? di mana (x,y)? berapa besar (M)? dan berapa dalam (h)? adalah sangat sulit karena variabelnya sangat komplek sehingga gempa belum berhasil diprediksi terutama untuk jangka pendek. Usaha mitigasi bahaya gempa dan prediksi gempa perlu terus ditingkatkan. Salah satu adalah melakukan monitoring aktivitas sesar secara terus menerus. Adanya korelasi antara peta anomali gayabarat-mikro lokal dengan posisi pusat gempa tanggal 6 Maret 2007 seperti diperlihatkan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa metoda gayabarat-mikro time-lapse atau (time-lapse) dapat digunakan untuk memantau aktivitas sesar secara jangka panjang. Luaran hasil penelitian diharapkan dapat digunakan oleh pihak-pihak terkait seperti Perguruan Tinggi, Lembaga Penelitian dan Pemda sebagai sumber informasi ilmiah bagi usaha mitigasi bencana gempabumi di masa-masa mendatang di daerah peneliian.

1.2. Urgensi (Keutamaan) Penelitian

Ada empat alasan pokok pemilihan daerah studi kasus dan pentingnya penelitian adalah (1) di segmen Sumani dan segmen Sianok (atau segmen Singkarak) sudah terjadi 5 kali gempa bumi besar yang merusak tahun 1822, 1926, 1943, 2004, 2007, (2) terdapat Stasiun BMG di Padang Panjang yang menjadi mitra Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang dalam memantau aktivitas sesar secara kontinu dan konsisten, (3) pergerakan sesar di segmen Sumani dan Sianok cukup tinggi yaitu 23 mm/tahun, sehingga potensi gempa bumi pada masa mendatang sangat tinggi, (4) telah dikumpulkan data awal berupa peta anomali gayaberat-mikro lokal sebelum kejadian gempa bumi tahun 2005 sehingga sudah tersedia data *base line*. Sebagai salah satu tindak lanjut dari penelitian hasil hibah bersaing ini maka telah dilakukan Kesepakatan Bersama (MoU) antara UNP dan BMG Pusat No:597/H35.1.5.4/KS/2008 dan No: HK.303/722/XI/PPI-2008 tertanggal 24 September 2008 dan Perjanjian Kerjasama (MoA) antara Jurusan Fisika UNP dengan Koordinator BMG Sumatera Barat pada tanggal yang sama. Ini berarti monitoring aktivitas sesar di sepanjang Pulau Sumatera khususnya di segmen Sumani dan Sianok akan dapat dilakukan secara terus menerus dengan bantuan peralatan dari BMG Pusat, Jakarta.

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1 State of art dalam bidang metode gayaberat-mikro time-lapse

Dalam waktu lima tahun terakhir telah terjadi perkembangan sangat mengesankan dalam bidang gayaberat khususnya untuk proses monitoring. Hal ini dibuktikan dengan telah diterapkan metode tersebut pada berbagai proses monitoring seperti injeksi uap (Fauzi, 2006), injeksi air (Santoso, dkk., 2004), amblesan dan penurunan airtanah di Semarang (Kadir, dkk., 2004). Perkembangan dalam bidang gayaberat dipicu oleh peningkatan dalam ketelitian alat dan perbaikan dalam teknik survai. Saat ini ketelitian alat ukur gayaberat telah meningkat dari mGal ke μ Gal sehingga metode ini di kenal sebagai metode gayaberat-mikro (*microgravity*). Sedangkan perbaikan dalam teknik survai ditandai dengan perubahan dari survai 3D menjadi survai time-lapse dimana waktu adalah dimensi ke-4, sehingga metode ini dikenal dengan nama metode gayaberat-mikro time-lapse atau gayaberat-mikro *time-lapse*. Dengan kemampuan seperti ini, metode gayaberat-mikro menjadi alternatif baru dalam memecahkan masalah-masalah dinamika di bawah permukaan seperti pemantauan reservoir panas bumi (Allis dan Hunt, 1986; Akasaka dan Nakanishi, 2000; Kamah dkk., 2000), injeksi air (Santoso dkk, 2004), gas (van Galderen dkk., 1999) dan amblesan (Branston dan Styles, 2003; Kadir dkk., 2004). Namun hingga kini, bagaimana penerapan metoda gayaberat-mikro time-lapse untuk monitoring aktivitas sesar belum pernah dipublikasikan, sehingga penelitian ini adalah yang

pertama di Indonesia dalam menerapkan metoda gayaberat-mikro time-lapse untuk proses monitoring aktivitas sesar.

Peneliti-peneliti di luar negeri telah lama menggunakan metoda gayaberat untuk mendeteksi pergerakan sesar khususnya sebelum dan setelah kejadian gempabumi. Barnes (1966) melaporkan survei sebelum dan setelah gempabumi Alaska tahun 1964 mengindikasikan pertambahan gayaberat lebih dari 200 μ Gal. Kisslinger (1975) melaporkan variasi gayaberat sebesar 80 μ Gal selama gempabumi “swarm” di Matsushiro, Jepang, sepanjang tahun 1965-1967. Hagiwara (1978) telah mengukur perubahan gayaberat sebesar 30 μ Gal sebagai tanda-tanda gempabumi di Izu Peninsula, Jepang antara tahun 1974-1976. Chen et.al., (1979) melaporkan perubahan gayaberat sebesar -325 μ Gal dan +165 μ Gal yang mendahului gempabumi Haicheng tahun 1975 dan gempabumi Tangshan tahun 1976 secara berturut-turut. Yoshida, et.al., (1999) menunjukkan terdapat perubahan gayaberat sampai 30 μ Gal sebelum dan setelah kejadian gempabumi “swarm” Izu Peninsula, Jepang, pada tahun 1997 dan gempabumi ini berhubungan dengan aktivitas sesar Kita-Izu. Penelitian yang lebih rinci dari Yi-qing, dkk., (2004) menunjukkan bahwa terdapat evolusi gayaberat dalam ruang dan waktu (baca : anomali gayaberat-mikro time-lapse) dengan aktivitas gempabumi selama 1992-2001 di Blok Qinghai-Xizang, dan hasilnya ditampilkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Evolusi gayaberat di Blok Qinghai-Xizang, Cina, selama 1992-2001

Periode pengamatan	Amplitudo $\Delta g(\mu\text{Gal})$	Magnitudo gempabumi
1992~1994	-10 ~ +25	$M_s = 5\sim 6$ Wuwei, Yongdeng dan Lanzhou
1995~1996	-20 ~ +40	$M_s = 5,8$ Yongdeng, $M_s = 5,4$ Tianzhu
1997~1998	-40 ~ +30	$M_s = 4,6$ Haiyuan, $M_s = 4,6$ Zhongning
1999~2000	-30 ~ +30	$M_s = 5,9$ Jingtai
2000~2001	-30 ~ +30	

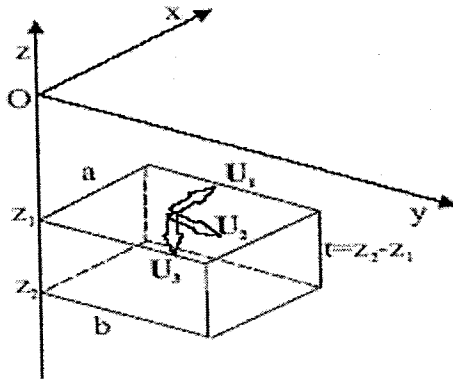
(Sumber : Yi-Qing, 2004)

Peristiwa gempabumi yang selalu terjadi berulang di sepanjang Sesar Sumatera khususnya di segmen Sumani dan Sianok hendaknya mendapat perhatian yang serius dari berbagai pihak karena telah banyak menelan korban jiwa dan harta. Penerapan metoda gayaberat-mikro time-lapse untuk memantau aktivitas sesar di daerah tersebut adalah penting dan mendesak mengingat di daerah tersebut telah pernah terjadi 5 kali gempabumi besar yaitu tahun 1822, 1926, 1943, 2004, dan 2007. Hasil penelitian ini akan memberi kontribusi penting terhadap perkembangan IPTKES khususnya teknologi monitoring gempa bumi sebagai upaya mitigasi bencana alam gempabumi.

2.2 Hasil yang sudah dicapai

Untuk membayangkan pergerakan sesar di segmen Sumani dan segmen Sianok, peneliti utama telah mengusulkan sebuah model prisma sisi tegak dan model dislokasi elastik sesar. Model prisma sisi tegak telah digunakan oleh beberapa peneliti-peneliti untuk memodelkan injeksi uap (Fauzi, 2006; Fauzi, dkk., 2005; Fauzi, dkk., 2004), waterflood (Hare, dkk., 1999) dan amblesan tanah di Semarang (Kadir, dkk., 2004).

Sebuah sesar dalam koordinat Kartesian berdasarkan model prisma sisi tegak dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan sumbu-x adalah sejajar terhadap arah *strike* dari sesar. Besaran U_1 , U_2 , U_3 merupakan komponen *strike-slip*, *dip-slip*, dan *tensile* dari sesar dimana a adalah panjang sesar, b adalah lebar sesar, z_1 dan z_2 adalah kedalaman atas dan bawah dari sesar dan $t = z_2 - z_1$ adalah ketebalan sesar.



Gambar 2.1. Geometri sesar dan laju slip berdasarkan model prisma sisi tegak.

Rumusan teoritik gayaberat yang disebabkan oleh prisma sisi tegak telah diturunkan oleh Plouff (1976) dan dapat ditulis sebagai berikut

$$g(x, y, z) = G\rho \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 s \left[z_k \tan^{-1} \frac{a_i b_j}{z_k R_{ijk}} - a_i \ln(R_{ijk} + b_j) - b_j \ln(R_{ijk} + a_i) \right] \quad (2-1)$$

dimana $R_{ijk} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, $s = s_i s_j s_k$, $s_1 = -1$ dan $s_2 = +1$, G adalah konstanta gayaberat umum, dan ρ adalah rapat massa. Perubahan gayaberat yang disebabkan oleh pergerakan sesar komponen *strike-slip*, *dip-slip*, *tensile* dan *oblique-slip* dapat didekati dengan cara mengubah koordinat prisma ke arah sumbu-x, sumbu-y atau sumbu z dan bidang-xy. Selisih antara nilai gayaberat sebelum dan setelah perubahan koordinat prisma disebut anomali gayaberat-mikro time-lapse yang berasosiasi sebagai pergerakan sesar.

Peneliti utama menurunkan algoritma pada pers.(2-1) dalam bahasa MATLAB versi 7.0.1.24704 (Release 14). Algoritma pemrograman dapat dilihat pada lampiran C. Untuk aplikasi pada sintetik, sebuah model sesar dari prisma sisi tegak yang digunakan untuk memodelkan gerak sesar. Parameter-parameter sesar adalah panjang sesar 25 km, lebar sesar adalah 20 km, kedalaman atas sesar adalah 0,5 km, kedalaman bawah sesar adalah 20 km, luas area adalah 60 km x 60 km, jarak antar stasiun adalah 0,5 km, jumlah total stasiun adalah 120x120 titik, rapat massa batuan diasumsikan 1 g/cm³ dan laju slip diasumsi 5 m/tahun. Untuk lebih jelasnya, parameter-parameter sesar yang digunakan untuk menghitung respon gayabarat-mikro secara teoritik dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Parameter-parameter sesar menggunakan model prisma sisi tegak

Parameter sesar	a (km)	b (km)	z ₁ (km)	z ₂ (km)	U ₁ (m/tahun)	U ₂ (m/tahun)	U ₃ (m/tahun)
<i>Strike-slip</i>	25	20	0,5	20	5	0	0
<i>Dip-slip</i>	25	20	0,5	20	0	5	0
<i>Tensile</i>	25	20	0,5	20	0	0	5
<i>Oblique-slip</i>	25	20	0,5	20	5	5	0

Untuk membayangkan gerakan sesar menggunakan prisma sisi tegak sesuai dengan parameter-parameter sesar pada Tabel 2.2, peneliti utama mengusulkan dua buah prisma sisi tegak P1 dan P2. Prisma P1 adalah model sesar sebelum bergerak pada waktu τ_1 dengan efek gayaberatnya adalah $g(x,y,z,\tau_1)$ sedangkan prisma P2 adalah model sesar setelah bergerak pada waktu τ_2 dengan efek gayaberatnya adalah $g(x,y,z,\tau_2)$. Anomali gayabarat-mikro time-lapse dalam