

**ANALISISDESKRIPTIF SISTEM INSTRUMENTASIAACCELEROGRAPH
DAN DATA HASIL PENGUKURAN PERCEPATAN TANAHPADANG
PANJANG**

SKRIPSI

*Diajukan Kepada Tim Penguji SkripsiJurusan Físika Sebagai Salah Satu
Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



**Oleh:
ANISA
NIM. 84160**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2012**

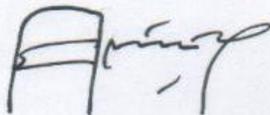
PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Analisis Deskriptif Sistem Instrumentasi Accelerograph dan
Data Hasil Pengukuran Percepatan Tanah Padang Panjang
Nama : Anisa
NIM : 84160 /2007
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 29 Desember 2011

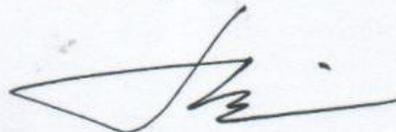
Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Drs. H. Asrizal, M.Si
NIP. 196606031992031001

Pembimbing II,



Drs. H.M.Taufik Gunawan, Dipl, Seis
NIP. 19600916 198103 1 002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Anisa
NIM : 84160
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

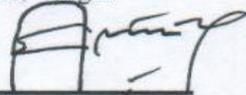
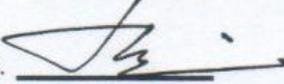
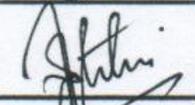
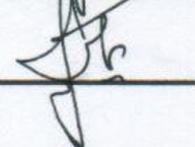
dengan judul

ANALISIS DESKRIPTIF SISTEM INSTRUMENTASI ACCELEROGRAPH DAN DATA HASIL PENGUKURAN PERCEPATAN TANAH PADANG PANJANG

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 16 Januari 2012

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. H. Asrizal, M.Si	1. 
2. Sekretaris	: Drs. H. M. Taufik Gunawan, Dipl, Seis	2. 
3. Anggota	: Dra. Yenni Darvina, M.Si	3. 
4. Anggota	: Drs. Letmi Dwiridal, M.Si	4. 
5. Anggota	: Dr. Yulkifli, S.Pd, 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 orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, Januari2012

Yang Menyatakan,

Anisa

ABSTRAK

Anisa : Analisis Deskriptif Sistem Instrumentasi Accelerograph Dan Data Hasil Pengukuran Percepatan Tanah Padang Panjang

Seismologi merupakan ilmu pengetahuan yang membahas mengenai gempabumi dan getaran tanah. Seismologi tidak akan berarti tanpa adanya instrumen. Untuk mengukur nilai percepatan tanah yang diakibatkan oleh gempabumi digunakanlah alat yang disebut Accelerograph. Penelitian terhadap instrumen ini bertujuan untuk mendeskripsikan tentang komponen penyusun instrumen, dan data hasil pengukuran.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan teknik pengumpulan data dan observasi yang dilakukan di BMKG Padang Panjang. Alat yang diteliti adalah Accelerograph tipe ETNA seri ALTUS 6134. Hasil penelitian ini berupa deskripsi dari tiap-tiap komponen pembangun Accelerograph dan deskripsi analisis data pengukuran gelombang percepatan tanah untuk lima kejadian gempabumi menggunakan program SMA (*Strong Motion Accelerograph*).

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dikemukakan hasil penelitian. Pertama, Sensor yang digunakan adalah sensor jenis *EpiSensor Tri-axial Force Balance Accelerometer* dengan frekuensi hingga 200 Hz. Pengolahan sinyal didukung oleh Analog Devices AD 771685 yang digunakan sebagai ADC, mikrokontroler jenis Motorola seri MC68HC16Z. Semua rangkaian tersebut tersusun dalam sebuah box yang disebut dengan Accelerograph. Kedua, dari lima data yang diambil, gempabumi tanggal 15 Oktober 2009 dengan magnitudegempabumi 3,8 SR, kedalaman 3,2 Km dari permukaan laut dan jarak 81,1 Km mempunyai nilai resultan percepatan tanah 1,593729 gal, Gempabumi tanggal 30 Oktober 2009 dengan magnitudegempabumi 3,9 SR, kedalaman 3,9 Km dari permukaan laut dan jarak 70,1 Km mempunyai nilai resultan percepatan tanah 1,831668 gal, Gempabumi tanggal 20 November 2009 dengan magnitudegempabumi 3,8 SR, kedalaman 10 Km dari permukaan laut dan jarak 97,41 Km mempunyai nilai resultan percepatan tanah 0,995211 gal, Gempabumi tanggal 30 November 2009 dengan magnitudegempabumi 4,2 SR, kedalaman 10 Km dari permukaan laut dan jarak 91,97 Km mempunyai nilai resultan percepatan tanah 1,05409 gal, dan Gempabumi tanggal 26 Februari 2010 dengan magnitudegempabumi 3,6 SR, kedalaman 10 Km dari permukaan laut dan jarak 85,12 Km mempunyai nilai resultan percepatan tanah 1,151462 gal. Nilai percepatan tanah yang dihasilkan bergantung kepada magnituded dan jarak gempa. Semakin besar magnituded dan semakin dekat jarak gempa maka nilai percepatan tanah akan semakin besar.

Kata Kunci: Instrumen, Percepatan Tanah, Deskripsi, Accelerograph

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah, penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya pada peneliti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sebagai judul penelitian yaitu “Analisis Deskriptif Sistem Instrumentasi Accelerograph dan Data Hasil Pengukuran Percepatan Tanah Padang Panjang”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Dengan dasar ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. H. Asrizal, M.Si sebagai Pembimbing I yang telah mengarahkan penelitian mulai dari perencanaan, pelaksanaan, dan pelaporan tugas akhir.
2. Bapak Drs. H. Mohammad Taufik Gunawan, Dipl, Seis sebagai Pembimbing II yang telah mengarahkan penelitian mulai dari perencanaan, pelaksanaan, dan pelaporan tugas akhir.
3. Ibu Dra. Yenni Darvina, M.Si, Bapak Drs. Letmi Dwiridal, M.Si, dan Bapak Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si sebagai dosen penguji pada Tugas Akhir ini.
4. Bapak Drs. Akmam, M.Si sebagai Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNP.
5. Ibu Dra. Yurnetti, M.Pd sebagai Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA UNP.
6. Ibu Dra. Hidayati, M.Si sebagai Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika FMIPA UNP dan sekaligus sebagai pembimbing akademik.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika FMIPA UNP.
8. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP, khususnya angkatan 2007.
9. Irma Kurniawati, S.Si dan semua Staf BMKG Padang Panjang yang telah membantu peneliti dalam melakukan penelitian.
10. Kedua orang tua dan semua anggota keluarga yang telah memberikan motivasi dan dorongan kepada penulis.

11. Semua pihak yang telah membantu penulis untuk mewujudkan dan menyelesaikan studi yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Peneliti menyadari bahwa dalam tulisan laporan skripsi ini masih terdapat kesalahan dan kelemahan. Untuk itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Peneliti berharap mudah-mudahan skripsi ini berguna bagi pembaca semua.

Padang, Januari 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I . PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Perumusan Masalah.....	4
C. Pembatasan Masalah	5
D. Pertanyaan Penelitian	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II.KAJIAN PUSTAKA	7
A. Instrumen dan Pengukuran	7
B. Analisis Deskriptif.....	8
C. Gempabumi.....	9
D. Percepatan Tanah	17
E. Instrumen Accelerograph.....	21
1. Sensor accelerometer	23
2. ADC (<i>Analog to Converter Digital</i>)	24

3. GPS (<i>Global Positioning System</i>).....	30
4. <i>Display</i>	32
BAB III. METODE PENELITIAN	33
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	33
B. Jenis Penelitian.....	34
C. Teknik Pengumpulan Data.....	35
D. Teknik Analisis Instrumen dan Data.....	36
1. Analisis Instrumen.....	36
2. Analisis Data	36
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
A. Hasil Penelitian	38
1. Analisis Deskriptif Sistem Instrumen.....	38
2. Hasil Deskripsi Data Hasil Pengukuran Accelerograph.....	56
B. Pembahasan.....	86
BAB V. PENUTUP.....	89
A. Kesimpulan	89
B. Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bentuk dan Pola Rambatan Gelombang Primer.....	10
Gambar 2. Bentuk dan Pola Rambatan Gelombang Sekunder.....	12
Gambar 3. Bentuk Perambatan Gelombang <i>Reyleigh</i> dan Gelombang <i>Love</i>	13
Gambar 4. Komponen Accelerograph	22
Gambar 5. Proses Pengkonversian Analog ke Digital	24
Gambar 6. <i>Analog to Digital Converter</i> (Bambang:2009:5) (a) Dasar Hubungan (b) Karakteristik Ideal pada 3 Bit ADC	25
Gambar 7. Blok Diagram <i>Succesive-Approximation</i> ADC.....	28
Gambar 8. Blok Diagram <i>Dual-Ramp Converter</i>	29
Gambar 9. Blok Diagram <i>Parallel Converter</i>	30
Gambar 10. Antena GPS	31
Gambar 11. Orbit Satelit GPS	32
Gambar 12: Blok Diagram ETNA.....	39
Gambar 13. Bentuk Fisik Baterai Accelerograph dan <i>Toggle Swith</i>	40
Gambar 14. Bentuk Fisik Sensor Accelerometer	41
Gambar 15. Letak masing-masing Sensor	42
Gambar 16. Blok Diagram dari Accelerometer.....	43
Gambar 17. Pengolahan Sinyal Sensor.....	44
Gambar 18. Blok Diagram Subsistem ADC	46
Gambar 19. ADC / DSP Subsistem	47
Gambar 20. Fungsional Blok DiagramAD 771685	48
Gambar 21. PIN KoneksiAD 771685	49

Gambar 22. Aliran Data ETNA	51
Gambar 23. Antena GPS Accelerograph	53
Gambar 24. Blok Diagram MCU Subsistem.....	54
Gambar 25. PIN Konektor MC68HC16Z.....	54
Gambar 26. PIN Koneksi Maxim MAX248	55
Gambar 27. Konektor pada Accelerograph.....	56
Gambar 28. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 15 Oktober 2009	59
Gambar 29. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 15 Oktober 2009 pada Komponen E.....	60
Gambar 30. Piking Percepatan Tanah Tanggal 15 Oktober 2009 pada Komponen E.....	60
Gambar 31. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 15 Oktober 2009 pada Komponen N	61
Gambar 32. Piking Percepatan Tanah Tanggal 15 Oktober 2009 pada Komponen N	61
Gambar 33. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 15 Oktober 2009 pada Komponen Z.....	62
Gambar 34. Piking Percepatan Tanah Tanggal 15 Oktober 2009 pada Komponen N	62
Gambar 35. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 30 Oktober 2009	64
Gambar 36. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 30 Oktober 2009 pada Komponen E.....	65
Gambar 37. Piking Percepatan Tanah Tanggal 30 Oktober 2009 pada Komponen E.....	65
Gambar 38. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 30 Oktober 2009 pada Komponen N	66
Gambar 39. Piking Percepatan Tanah Tanggal 30 Oktober 2009 pada Komponen N	66

Gambar 40. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 30 Oktober 2009 pada Komponen Z.....	67
Gambar 41. Piking Percepatan Tanah Tanggal 30 Oktober 2009 pada Komponen Z.....	67
Gambar 42. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 20November 2009.....	69
Gambar 43. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 20November 2009 pada Komponen E.....	69
Gambar 44. Piking Percepatan Tanah Tanggal 20November 2009 pada Komponen E.....	70
Gambar 45. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 20November 2009 pada Komponen N	70
Gambar 46. Piking Percepatan Tanah Tanggal 20November 2009 pada Komponen N	71
Gambar 47. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 20 November 2009 pada Komponen Z.....	71
Gambar 48. Piking Percepatan Tanah Tanggal 20 November 2009 pada Komponen N	72
Gambar 49. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 30 November 2009.....	73
Gambar 50. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 30 November 2009 pada Komponen E.....	74
Gambar 51. Piking Percepatan Tanah Tanggal 30 November 2009 pada Komponen E.....	74
Gambar 52. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 30 November 2009 pada Komponen N	75
Gambar 53. Piking Percepatan Tanah Tanggal 30 November 2009 pada Komponen N	75
Gambar 54. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 30 November 2009 pada Komponen Z.....	76
Gambar 55. Piking Percepatan Tanah Tanggal 30 November 2009pada Komponen Z.....	76

Gambar 56. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 26Februari 2010.....	78
Gambar 57. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 26 Februari 2010 pada Komponen E	79
Gambar 58. Piking Percepatan Tanah Tanggal 26 Februari 2010 pada Komponen E.....	79
Gambar 59. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 26 Februari 2010 pada Komponen N	80
Gambar 60. Piking Percepatan Tanah Tanggal 26 Februari 2010 pada Komponen N	80
Gambar 61. Gelombang Percepatan Tanah Tanggal 26 Februari 2010 pada Komponen Z.....	81
Gambar 62. Piking Percepatan Tanah Tanggal 26 Februari 2010 pada Komponen Z.....	81
Gambar 63. Hubungan Percepatan Tanah dan Tegangan pada komponen E	83
Gambar 64. Hubungan Percepatan Tanah dan Tegangan pada komponen N.....	84
Gambar 65. Hubungan Percepatan Tanah dan Tegangan pada komponen Z	85

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jadwal Penelitian.....	33
Tabel 2. Spesifikasi Sensor Accelerometer.....	43
Tabel 3. Keterangan PIN Analog Devices AD 7716	49
Tabel 4. Spesifikasi Maxim MAX248	52
Tabel 5. Data yang Terekam Accelerograph Tanggal 15 Oktober 2009	63
Tabel 6. Data yang Terekam Accelerograph Tanggal 30Oktober 2009	68
Tabel 7. Data yang Terekam Accelerograph Tanggal 20November 2009.....	72
Tabel 8. Data yang Terekam Accelerograph Tanggal 30 November 2009.....	77
Tabel 9. Data yang Terekam Accelerograph Tanggal 26 Februari 2010.....	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Surat Pernyataan Penelitian.....	93
Lampiran 2 : Foto BMKG Padang Panjang	94
Lampiran 3 : Ruang Operasional.....	95
Lampiran 4 : Ruang Alat dan Letak Accelerograph.....	96
Lampiran 5 : Nilai Tegangan Percepatan Tanah Tanggal 15 Oktober 2009.....	97
Lampiran 6 : Nilai Tegangan Percepatan Tanah Tanggal 30 Oktober 2009.....	99
Lampiran 7 : Nilai Tegangan Percepatan Tanah Tanggal 20 November 2009..	101
Lampiran 8 : Nilai Tegangan Percepatan Tanah Tanggal 30 November 2009...	103
Lampiran 9 : Nilai Tegangan Percepatan Tanah Tanggal 26 Februari 2010	105
Lampiran 10 : Spesifikasi Alat	107

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Fisika merupakan ilmu pengetahuan yang pesat kemajuannya pada saat ini. Setiap kegiatan yang dilakukan manusia disekelilingnya selalu ada ilmu-ilmu fisika. Sebagai contoh mata dapat melihat ketika ada cahaya, adanya arus listrik ketika dua kutub yang mempunyai beda potensial dihubungkan, perasaan dingin ketika kulit menyentuh es, dan masih banyak ilmu fisika lainnya yang terjadi dalam kehidupan manusia. Selain itu ilmu fisika juga menjawab mengenai fenomena alam.

Fenomena alam merupakan hal yang terjadi dalam kehidupan manusia di dunia. Fenomena alam tidak diciptakan oleh manusia, namun dapat berpengaruh terhadap kehidupan manusia. Sebagai contoh fenomena alam adalah halo matahari, halo bulan, gerhana matahari dan gerhana bulan merupakan fenomena alam yang dapat menarik masyarakat untuk melihatnya. Fenomena ini tidak memberikan dampak pada manusia. Letusan gunung berapi, gempa bumi, tsunami dan tornado merupakan fenomena alam yang dianggap berbahaya dan dapat menimbulkan kerusakan.

Fenomena alam yang terjadi dapat dianalisis melalui instrumentasi yang ada. Penggunaan instrumen berguna untuk menentukan harga besaran yang berubah-ubah yang berada di batas-batas harga tertentu dan untuk mendapatkan nilai pengukuran yang lebih akurat. Contoh penggunaan instrumen adalah untuk

mengukur besaran pada gempabumi. Saat terjadi gempabumi banyak besaran-besaran gempabumi yang akan diukur seperti magnitude, hiposenter, episenter, waktu, dan intensitas dari gempabumi.

Gempabumi merupakan salah satu dari fenomena alam yang sering terjadi dan bukanlah suatu hal yang baru bagi kehidupan manusia. Gempabumi terjadi disebabkan oleh pergerakan lempeng bumi, aktivitas sesar di permukaan bumi, pergerakan geomorfologi secara lokal seperti runtuh tanah, aktivitas gunung api dan ledakan nuklir. Salah satu akibat gempabumi adalah robohnya bangunan-bangunan. Robohnya bangunan juga dipengaruhi oleh kondisi geografis tanah tersebut. Apabila bangunan terletak pada tanah yang padat maka resiko bangunan tersebut roboh akan berkurang.

Kondisi geologi tanah suatu tempat sangat berpengaruh terhadap struktur bangunan di atasnya. Struktur tanah bisa berubah, salah satunya disebabkan oleh gempabumi. Gempabumi akan menimbulkan pergerakan tanah permukaan pada suatu daerah. Semakin besar nilai percepatan tanah permukaan yang ditimbulkan akibat gempabumi maka resiko robohnya bangunan akan semakin besar.

Percepatan gelombang gempa yang sampai ke permukaan bumi disebut percepatan tanah. Setiap terjadinya gempabumi akan menghasilkan nilai percepatan tanah disuatu tempat. Percepatan tanah yang digunakan untuk pembangunan adalah percepatan tanah maksimum. Dengan mengetahui nilai ini, kondisi tanah pada suatu tempat dapat diperhitungkan. Hal ini penting untuk mengurangi resiko runtuhnya bangunan akibat pergerakan tanah dari gempabumi.

Untuk mengukur nilai percepatan tanah disuatu wilayah dibutuhkan suatu alat yang disebut accelerograph.

Accelerograph merupakan suatu instrumen yang penting untuk mengukur percepatan tanah yang terjadi disuatu wilayah. Pada umumnya alat pengukur percepatan tanah ini banyak digunakan di daerah perkotaan yang populasinya padat penduduk. Accelerograph berfungsi untuk mengetahui keadaan tanah akibat gempabumi, sehingga dapat dirancang bagaimana jenis bangunan yang sesuai dengan keadaan tanah yang telah diukur percepatan tanahnya. Dengan adanya informasi dari accelerograph terhadap gempa-gempa kecil dan kuat dapat dicirikan karakteristik semua jenis permukaan tanah yang dapat digunakan untuk konstruksi bangunannya sebelum gempa yang besar terjadi.

Banyak penelitian yang dilakukan berhubungan dengan gempabumi dan percepatan tanah permukaan. Percepatan tanah yang telah diteliti nilainya didapat dari pendekatan persamaan yang telah ada. Tahap-tahap untuk penelitian menggunakan persamaan ini cukup sulit, pertama diambil nilai magnitude, membuat peta seismitas berdasarkan data gempa yang telah diperoleh, setelah itu juga harus mempunyai data periode dominan tanah. Tahap selanjutnya yaitu menentukan koordinat-koordinat titik dimana percepatan tanah akan diukur. Kemudian menghitung jarak episenter, setelah itu baru dihitung nilai percepatan tanah di tempat tersebut. Setelah mendapatkan harga percepatan tanah maksimum, lalu dihitung besar nilai intensitas dan membuat peta kontur percepatan tanah.

Accelerograph membantu dalam penelitian percepatan tanah. Dengan adanya accelerograph penelitian dapat dilakukan dengan cepat. Langkah pertama

yaitu mengambil data gempabumi dari seiscamp. Data gempa akan dicocokkan dengan data yang terekam oleh accelerograph yang dapat mempermudah memilih apakah data tersebut data percepatan tanah akibat gempabumi atau data tersebut adalah noise.

Instrumen accelerograph ini dapat memberikan data percepatan tanah dengan cepat. Alat ini tidak hanya dapat mengukur percepatan tanah, secara tidak langsung accelerograph juga dapat mengukur magnitude gempabumi. Pada saat terjadi gempabumi yang besar maka seismograph alat pengukur gempabumi akan mengalami *off scale*, accelerograph akan tetap merekam kejadian selama terjadi gempabumi. Data yang tercatat oleh accerograph dapat dianalisis untuk dijadikan data gempabumi.

Pemahaman mengenai gempabumi dan percepatan tanah sudah semakin mendalam. Namun bukan penelitian mengenai instrumen yang digunakan untuk mengukur gempabumi dan percepatan tanah. Penelitian mengenai instrumen ini bermanfaat sebagai pedoman perbaikan jika terjadi kerusakan pada alat dan untuk mengetahui kekurangan yang terdapat pada alat, sehingga dapat dikembangkan lagi. Disini peneliti tertarik untuk menganalisis sistem instrumen pada accelerograph. Karena itu sebagai judul penelitian ini adalah “Analisis Sistem Instrumentasi Accelerograph dan Data Hasil Pengukuran Percepatan Tanah Padang Panjang”.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang diuraikan maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini. Sebagai perumusan masalah adalah:

“Bagaimana analisis deskriptif sistem instrumentasi accelerograph dan data hasil pengukuran percepatan tanah Padang Panjang?”.

C. Pembatasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah karena adanya keterbatasan pengetahuan dan kemampuan peneliti, maka perlu dilakukan pembatasan masalah. Sebagai pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Deskripsi instrumen accelerograph meliputi: sensor, blok diagram dan prinsip kerja instrumen.
2. Analisis accelerograph yang diteliti adalah accelerograph tipe ETNA seri ALTUS 6134.

D. Pertanyaan Penelitian

Untuk menjawab permasalahan dalam penelitian ini perlu dikemukakan beberapa pertanyaan. Sebagai pertanyaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis proses kerja dari accelerograph tipe ETNA seri ALTUS 6134.
2. Bagaimana hasil pengukuran percepatan tanah dari instrumen accelerograph tipe ETNA seri ALTUS 6134.

E. Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mendeskripsikan proses kerja dari accelerograph tipe ETNA seri ALTUS 6134.

2. Mendeskripsikan hasil pengukuran percepatan tanah dari instrumen accelerograph tipe ETNA seri ALTUS 6134.

F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi:

1. Kelompok kajian Elektronika dan instrumentasi dalam pengembangan instrumen pengukuran percepatan tanah.
2. BMKG untuk memberikan sebuah manual instrumen pengukur percepatan tanah dalam karya ilmiah.
3. Peneliti lain, sebagai sumber ide dan referensi dalam pengembangan sistem pengukuran percepatan tanah.
4. Peneliti, sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi Fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang penelitian Fisika.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Instrumen dan Pengukuran

Instrumen merupakan suatu alat yang sangat penting dalam suatu sistem pengukuran. Penggunaan instrumen berguna untuk menentukan besaran yang berubah-ubah yang berada dibatas harga tertentu. Instrumen mempunyai peranan yang sangat penting, karena instrumen berfungsi untuk mengungkap fakta menjadi data. Instrumen adalah alat-alat atau piranti yang digunakan dalam pengukuran dan pengendalian sistem yang lebih besar (Suparni: 2009).

Secara umum instrumen mempunyai tiga fungsi utama yaitu: sebagai alat pengukuran, alat analisis, dan sebagai alat kendali. Menurut Rahayu (2009), "Instrumen sebagai alat analisis digunakan untuk menganalisa fungsi-fungsi pembangun sistem. Instrumen sebagai alat kendali digunakan untuk membantu mengendalikan suatu sistem yang tidak mampu dilakukan oleh manusia. Instrumen sebagai alat pengukuran meliputi instrumen survei atau statistik". Instrumen survei digunakan untuk pengukuran dalam melakukan survey lapangan seperti mengukur tekanan, suhu, kelembaban dan lain sebagainya.

Pengukuran adalah proses mendapatkan standar untuk setiap besaran yang tidak terdefinisi. Menurut Raldi (2004), "mengukur adalah membandingkan parameter pada obyek yang diukur terhadap besaran yang telah distandarkan, sedangkan pengukuran merupakan suatu usaha untuk mendapatkan informasi deskriptif-kuantitatif dari variabel-variabel Fisika dan Kimia suatu zat atau benda

yang diukur, misalnya panjang 1 m atau massa 1 kg dan sebagainya". Data yang didapat dari hasil pengukuran adalah data kualitatif dan data kuantitatif. Dari data kualitatif diperoleh berupa sebuah pernyataan simpulan, sedangkan dari data kuantitatif diperoleh berupa nilai atau angka dari pengukuran. Data kuantitatif digolongkan menjadi dua jenis, yaitu: data empiris dan data terproses. Data empiris adalah data yang diperoleh langsung saat pengukuran dan data terproses adalah data yang didapat setelah dilakukan pengolahan tertentu.

B. Analisis Deskriptif

Analisis berasal dari kata 'analisis" dari bahasa Yunani. Istilah tersebut kemudian diserap ke dalam bahasa Latin yang mempunyai arti yaitu: Ane = kembali, dan Luein = melepas. Berdasarkan asal kata itulah analisis kini diartikan sebagai upaya pemisahan atau penguraian satu kesatuan materi bahan menjadi komponen senyawa-senyawa penyusunnya, sehingga hasil (data) yang diperoleh dapat dikaji lebih lanjut (Anang, dkk, 2005: 1).

Deskriptif merupakan penjabaran atau penguraian tentang sesuatu secara jelas dengan apa adanya (Dendy, dkk, 2008: 337). Analisis deskriptif merupakan penguraian secara utuh dari sebuah instrumen dengan tujuan untuk memberikan gambaran tentang perangkat sistem baik komponen penyusun maupun sistem kerja dari instrumen tersebut. Analisis deskriptif berfungsi untuk memberikan gambaran umum tentang data yang telah diperoleh. Gambaran umum ini digunakan untuk melihat karakteristik data yang telah diperoleh.

C. Gempabumi

Gempabumi merupakan fenomena alam yang tidak asing lagi. Sumatera Barat merupakan wilayah yang sering terjadi gempabumi. Gempabumi adalah pergeseran yang terjadi secara tiba-tiba yang diakibatkan oleh pergerakan lempeng dan menghasilkan getaran yang disebut gelombang seismik. Hal ini sesuai dengan pendapat Danny (2008:14) yang menyatakan bahwa “Gempabumi adalah peristiwa guncangan bumi karena penjalaran gelombang seismik dari suatu sumber gelombang kejut (*shock wave*) yang diakibatkan oleh pelepasan akumulasi tekanan di bawah permukaan bumi secara tiba-tiba”.

Berdasarkan penyebabnya jenis gempa bumi dikelompokkan menjadi empat kelompok yaitu gempabumi tektonik, gempabumi vulkanik, gempabumi runtuh dan gempabumi buatan. Gempa tektonik merupakan gempabumi yang disebabkan oleh pergerakan lempeng tektonik bumi. Menurut Muhammad, dkk (2010:6)

Gempabumi tektonik merupakan gempa yang disebabkan oleh aktivitas tektonik seperti pergeseran lempeng-lempeng tektonik yang mendadak, pergeseran ini menghasilkan tegangan pada batuan kulit bumi. Apabila tegangan tersebut sudah sangat besar dan batuan tersebut tidak mampu menahan, maka akan terjadi patahan pada kulit bumi tersebut. Patahan tersebut akan melepaskan energi sebagai usaha kembali ke keadaan semula, pelepasan energi inilah yang menimbulkan getaran pada permukaan bumi yang disebut dengan gempa bumi tektonik.

Gempabumi tektonik ini merupakan jenis gempabumi yang merusak dan menimbulkan bencana di muka bumi, getaran gempa yang kuat mampu menjalar keseluruh bagian bumi.

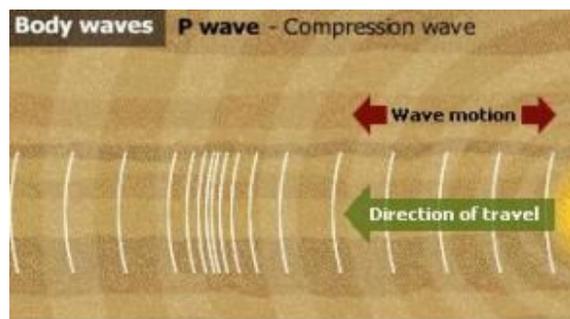
Gempabumi vulkanik merupakan gempa yang disebabkan oleh aktivitas vulkanik dari gunung berapi. Gempabumi vulkanik terjadi akibat aktivitas magma yang biasa terjadi sebelum gunung api meletus. Apabila keaktifannya semakin

tinggi maka akan mengakibatkan ledakan yang juga akan mengakibatkan gempabumi. Gempabumi ini biasanya bersifat lokal. Disisi lain gempabumi runtuh terjadi akibat runtuhnya tanah yang berukuran besar sehingga menghasilkan getaran pada permukaan tanah, biasanya gempa ini sering terjadi pada daerah kapur, sedangkan gempa buatan terjadi akibat adanya aktivitas manusia seperti peledakan besar.

Secara umum ada dua jenis gelombang gempabumi yaitu gelombang badan yang menjalar pada bagian dalam bumi dan gelombang permukaan yang menjalar pada bagian permukaan bumi. Dua jenis gelombang gempabumi tersebut akan dibahas sebagai berikut:

1. Gelombang Badan

Gelombang badan merupakan gelombang yang menjalar pada bagian dalam bumi. Muhammad, dkk (2010: 77) menyatakan bahwa “Gelombang badan (*Body Wave*) merupakan gelombang yang menjalar melalui bagian dalam bumi. Gelombang ini biasa disebut dengan *free wave* karena dapat menjalar ke segala arah didalam bumi”. Gelombang badan ini terdiri atas gelombang primer dan gelombang sekunder. Bentuk pola rambatan gelombang primer seperti Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk dan Pola Rambatan Gelombang Primer (Bagus: 2010)

Gelombang Primer (*Pprimary wave*) merupakan gelombang longitudinal yang arah geraknya sejajar dengan arah perambatan gelombangnya, bentuk rambatan gelombang primer dapat dilihat pada Gambar 1. Menurut Bagus (2010) “Gelombang primer merupakan gelombang seismik yang merambat disela – sela bebatuan dengan kecepatan 6-7 km/detik”. Hal ini sejalan dengan pendapat Gunawan (2004: 17) yang menyatakan bahwa “gelombang primer disebut juga dengan gelombang kompresional karena kecepatannya paling tinggi diantara gelombang yang lain dan tiba pertama kali”.

Kecepatan gelombang P (V_p) tergantung pada konstanta Lamé, Rigiditas, dan Densitas dari medium yang dilaluinya. Kecepatan ini dirumuskan sebagai berikut (sumber: Gunawan, 2004: 18):

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

V_p = Kecepatan gelombang primer

μ = Rigiditas medium

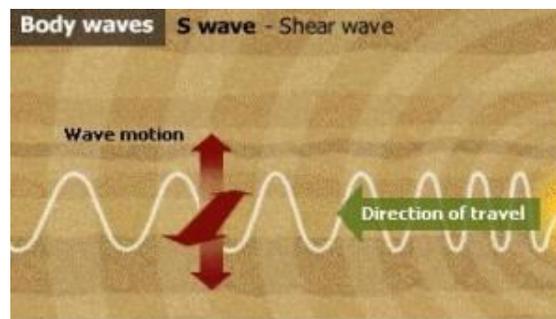
ρ = Densitas

λ = Konstanta lamé

Gelombang primer menjalar pada medium yang homogen, kecepatannya akan bertambah seiring bertambahnya kedalaman. Disaat gelombang merambat pada bidang batas antara dua medium yang memiliki densitas yang berbeda maka gelombang tersebut akan mengalami pembiasan dan pemantulan sesuai dengan hukum sinelius. Berdasarkan rumusan pada Persamaan (1) dapat dilihat bahwa

gelombang primer dapat menjalar pada medium yang bersifat cair yang memiliki rengiditas atau kekuatan geser yang bernilai 0. Pada material yang sama, gelombang primer merambat lebih cepat melalui zat berwujud cair dari pada melalui zat berwujud padat.

Gelombang sekunder (*secondary wave*) merupakan gelombang transversal yang arah gerakanya tegak lurus dengan arah perambatan gelombangnya. Bagus (2010) menyatakan bahwa “Gelombang sekunder merambat disela bebatuan dengan kecepatan 3,5 km/detik. Bentuk dan pola rambatan gelombang sekunder ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk dan Pola Rambatan Gelombang Sekunder (Bagus: 2010)

Gelombang S ini hanya mampu menjalar pada medium padat seperti batuan, tidak mampu menjalar pada medium cair karena kecepatan akan bernilai nol saat melewati medium dengan rigiditas nol. Berbeda dengan gelombang P yang mampu menjalar pada medium padat dan cair namun tidak mampu menembus inti bumi. Kecepatan penjalaran gelombang S lebih kecil dibandingkan kecepatan gelombang P, adapun rumusannya sebagai berikut (sumber: Gunawan, 2004: 18):

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

V_s = Kecepatan gelombang sekunder

μ = Rigiditas medium

ρ = Densitas

Kecepatan Gelombang S dipengaruhi oleh rigiditas dan densitas, dapat diartikan bahwa gelombang S akan merambat lebih cepat pada material yang memiliki rigiditas yang besar dan tidak mampu menjalar pada material yang memiliki nilai rigiditas 0 seperti zat cair. Pada material yang sama, gelombang S selalu merambat lebih lambat dibandingkan gelombang P. Oleh sebab itu gelombang P adalah gelombang yang pertama kali terekam oleh seismograf.

2. Gelombang Permukaan

Gelombang Permukaan merupakan gelombang elastis yang menjalar disepanjang permukaan bumi. Gunawan (2004: 19) menyatakan bahwa gelombang permukaan terikat harus menjalar melalui suatu lapisan dan permukaan, gelombang permukaan yang sering tercatat oleh seismograf adalah Gelombang *Love*, dan Gelombang *Reyleigh*. Dua gelombang ini memiliki pola rambatan yang berbeda, sehingga menghasilkan efek yang berbeda pula terhadap pergerakan tanah. Pola rambatan tersebut tergambar pada Gambar 3.



Gambar 3. Bentuk Perambatan Gelombang *Reyleigh* dan Gelombang *Love* (Bagus: 2010)

Kedua gelombang ini paling banyak menimbulkan kerusakan karena getarannya yang sangat kuat dibandingkan gelombang badan yang sampai kepermukaan bumi. Sejalan dengan hal tersebut Bagus (2010) menambahkan bahwa “Gelombang *reyleigh* menimbulkan efek gerakan tanah yang sirkular, hasilnya tanah bergerak naik turun seperti ombak dilaut, sedangkan gelombang *love* menimbulkan efek gerakan tanah yang horizontal dan tidak menghasilkan perpindahan vertikal. Pendapat ini juga didukung oleh Rahmat (2011: 31) yang menjelaskan bahwa “Gelombang *love* adalah gelombang geser (*S-wave*) yang terpolarisasi secara horizontal dan tidak menghasilkan perpindahan vertical dan Gelombang *reyleigh* adalah gelombang yang menjalar di permukaan bebas medium berlapis maupun homogeny dengan pergerakan menyerupai ellip”.

Gelombang *love* merambat pada permukaan bebas medium berlapis dengan gerak partikel seperti gelombang SH (gerakan partikel horizontal). Gelombang *love* terjadi akibat interaksi antara gelombang SH dengan permukaan tanah. Dan gelombang *reyleigh* terjadi akibat interaksi gelombang SV (gerakan partikel vertikal) dengan permukaan tanah. Kecepatan merambat gelombang *reyleigh* lebih lambat dari pada gelombang *love*.

Gempabumi mempunyai kekuatan yang berbeda-beda. Kekuatan gempabumi dapat dilihat dari magnitude dari getaran gempabumi. Menurut Gunawan (2004 : 39) “magnitude yang digunakan BMKG untuk menyatakan kekuatan gempabumi secara instrumental adalah magnitude lokal (M_L), magnitude bodi (M_b) dan magnitude durasi (M_D)”.

a. Magnitude Lokal (M_L)

Magnitude lokal (M_L) pertama kali diperkenalkan oleh Richter di awal tahun 1930-an dengan menggunakan data kejadian gempa bumi di daerah California yang direkam oleh Seismograf Woods-Anderson. Menurutnya dengan mengetahui jarak episenter ke seismograf dan mengukur amplitude maksimum dari sinyal yang tercatat di seismograf maka dapat dilakukan pendekatan untuk mengetahui besarnya gempa bumi yang terjadi. Magnitude lokal mempunyai rumus empiris sebagai berikut :

$$M_L = \log a + 3 \log \Delta - 2.92 \dots \dots \dots (3)$$

Dengan a = amplitude getaran tanah (μm), Δ = jarak Stasiun pencatat ke sumber gempa bumi (km) dengan $\Delta \leq 600$ km.

Rumusan magnitude lokal ini hanya berlaku untuk satu wilayah, sehingga dikembangkan lagi jenis magnitude yang lebih tepat untuk penggunaan yang lebih luas dan umum.

b. Magnitude bodi (M_b)

Terbatasnya penggunaan magnitude lokal untuk jarak tertentu membuat dikembangkannya tipe magnitude yang bisa digunakan secara luas. Salah satunya adalah m_b atau magnitude bodi (Body-Wave Magnitude). Magnitude ini didefinisikan berdasarkan catatan amplitude dari gelombang P yang menjalar melalui bagian dalam bumi. Secara umum dirumuskan dengan persamaan :

$$m_b = \log (a / T) + Q (h, \Delta) \dots \dots \dots (4)$$

Dengan a = amplitudo getaran (μm), T = periode getaran (detik) dan Q (h, Δ) = koreksi jarak Δ dan kedalaman h yang didapatkan dari pendekatan empiris.

c. Magnitude durasi (M_D)

Selain dua magnitude diatas diperkenalkan Magnitude Durasi (Duration Magnitude) yang merupakan fungsi dari total durasi sinyal seismik. Magnitudo Durasi (M_D) untuk suatu stasiun pengamat persamaannya adalah :

$$M_D = a_1 + a_2 \log \tau + a_3 \Delta + a_4 h \dots \dots \dots (5)$$

Dengan M_D = magnitudo durasi, τ = durasi sinyal (detik), Δ = jarak episenter (km), h = kedalaman hiposenter (km) dan a_1, a_2, a_3 , dan a_4 adalah konstanta empiris.

Magnitude durasi sangat berguna dalam kasus sinyal yang sangat besar amplitudanya (off-scale) yang mengaburkan jangkauan dinamis sistem pencatat sehingga memungkinkan terjadinya kesalahan pembacaan apabila dilakukan estimasi menggunakan ML .

Gempabumi yang merusak dapat menelan korban jiwa. Banyaknya korban bukan karena gempanya namun karena struktur bangunan yang tidak sesuai dengan keadaan suatu daerah terhadap percepatan tanah. Besar kerusakan dapat dilihat dari intensitas gempabumi pada suatu daerah. Untuk mengurangi besar kerusakan pada suatu daerah maka dapat diukur nilai percepatan tanah yang diakibatkan oleh gempabumi di daerah tersebut.

D. Percepatan Tanah

Percepatan tanah terjadi akibat guncangan yang diberikan akibat gelombang gempa. Meskipun gempabumi yang terjadi mempunyai kekuatan yang kecil tetapi tetap sangat membahayakan kehidupan manusia. Salah satu hal yang penting dalam penelitian seismologi adalah mengetahui kerusakan akibat getaran gempabumi terhadap bangunan-bangunan di setiap tempat. Hal ini diperlukan untuk menyesuaikan kekuatan bangunan yang akan dibangun di daerah tersebut.

Parameter percepatan gelombang seismik atau sering disebut percepatan tanah merupakan salah satu parameter yang penting dalam seismologi teknik atau rekayasa gempabumi. Menurut Daz (2008) “Percepatan tanah adalah percepatan gelombang gempa yang sampai ke permukaan bumi dengan satuan cm/dt^2 dan diukur dengan alat yang disebut *accelerograph*”. Nilai percepatan tanah yang akan diperhitungkan sebagai salah satu bagian dalam perencanaan bangunan tahan gempa adalah nilai percepatan tanah maksimum. Menurut Rahmat (2011 : 37) “percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration (PGA)* adalah nilai terbesar percepatan tanah pada suatu tempat akibat getaran gempabumi dalam periode waktu tertentu”.

Parameter getaran gelombang gempa yang dicatat oleh *seismograph* adalah kecepatan dalam satuan cm/dt , simpangandalam satuan mikrometer, dan percepatan dalam satuan gal atau cm/dt^2 . Pendapat ini sesuai dengan Gunawan (2004: 46) yang menyatakan bahwa “Parameter getaran gelombang gempa yang dicatat oleh seismograf umumnya adalah simpangan kecepatan atau velocity dalam satuan kine (cm/dt). Selain velocity tentunya parameter yang lain seperti displacement (simpangan dalam satuan micrometer) dan percepatan (acceleration

dalam satuan gal atau cm/dt^2) juga dapat ditentukan". *Displacement* merupakan perpindahan materi dalam penjalaran gelombang seismik. Berdasarkan waktu yang diperlukan untuk perpindahan materi oleh gelombang dapat diketahui kecepataannya. Percepatan dapat diketahui dengan perubahan kecepatan.

Nilai percepatan tanah yang didapat sangat bermanfaat untuk merancang konstruksi bangunan tahan gempa yang sesuai dengan kondisi tanah tersebut. Bangunan-bangunan tahan gempa dapat dibuat sehingga bila terjadi gempabumi yang bagaimanapun kuatnya tidak akan mempunyai reaksi. Nilai percepatan tanah untuk membuat rancangan bangunan tahan gempa ini tidak hanya dapat dihitung dengan menggunakan alat, namun juga dapat dihitung dengan menggunakan cara pendekatan dari data historis gempabumi. Secara empiris percepatan tanah dapat dihitung dengan konversi parameter gempa (lokasi dan magnitudo) kedalam percepatan suatu lokasi. Menurut M. Taufik (2010: 126), beberapa formula pendekatan antara lain:

a. Hubungan rumus Richter

$$I_0 = 1,5 (M - 0,5)$$

$$\text{Log } a = I/3 - 0,5 \dots\dots\dots (6)$$

Dimana M adalah magnitudo, I_0 adalah intensitas pada tempat yang akan dicari dan a adalah percepatan tanah pada tempat yang dicari dalam satuan cm/dt^2 atau gal.

b. Hubungan rumus Murphy dan O'Brein

$$\text{Log } a = 0,14I + 0,24M - 0,68\log\Delta + 0,7 \dots\dots\dots (7)$$

Dimana a adalah percepatan tanah pada tempat yang akan dicari, I adalah intensitas gempa bumi pada tempat yang akan dicari, M adalah magnitudo dan Δ adalah jarak episenter dalam Km.

c. Hubungan rumus Esteva

$$a = 5.600(\exp^{0.5M})/(r + 40)^2 \dots\dots\dots (8)$$

untuk menghitung percepatan tanah a pada persamaan (1) dan (2), perlu mengetahui besarnya intensita I pada tempat yang akan dicari.

Selain rumus-rumus empiris yang telah dikemukakan masih banyak formula lain yang memasukkan variabel periode waktu, periode dominan tanah, yaitu antara lain:

a. Model percepatan tanah pada permukaan secara empiris oleh Mc. Guirre

R.K (1963) ditulis sebagai berikut:

$$\alpha = 472,3 * 10^{0,278M} * (R+25)^{-1,301} \dots\dots\dots (9)$$

Ket: α = Percepatan getaran tanah (gal)

M = Magnitude gelombang permukaan (SR)

R = Jarak hiposenter (Km)

$$\sqrt{\Delta^2 + h^2}$$

Δ = Jarak episenter (Km)

h = Kedalaman sumber gempa (Km)

b. Model percepatan tanah rumusan Kawashumi (1950):

$$\text{Log } \alpha = M - 5,45 - 0,00084 (R - 100) + (\text{Log } \frac{100}{R}) \times (\frac{1}{0,4342}) \dots\dots\dots (10)$$

Ket: α = Percepatan getaran tanah (gal)

R = Jarak hiposenter (Km)

$$\sqrt{\Delta^2 + h^2}$$

h = Kedalaman sumber gempa (Km)

M = Magnitude gelombang permukaan (SR)

Δ = Jarak episenter (Km)

- c. Model empiris yang menggunakan data periode dominan tanah yang merupakan hasil pengukuran di lapangan dengan menggunakan alat mikrotremeter. Dengan data periode dominan tanah pada permukaan dapat dihitung dengan rumus Kanai (1966):

$$\alpha = G(T) \times \alpha_0 \dots\dots\dots (11)$$

$$\alpha_0 = \left(\frac{1}{T}\right) \times 10^{0,06M - \left(1,66 + \frac{3,6}{\Delta}\right) \log \Delta + (0,167 - 1,83)/\Delta} \dots\dots\dots (12)$$

$$G(T) = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{T}{Tg}\right)^2 + \left(\frac{0,2}{\sqrt{Tg} \times T}\right)^2}} \dots\dots\dots (13)$$

Ket: α = Percepatan tanah permukaan (gal)

$G(T)$ = Faktor pembesaran

T = Periode gelombang gempa(detik)

Tg = Periode dominan Tanah(detik)

M = Magnitudo gelombang permukaan (SR)

Δ = Jarak hiposenter

Intensitas dan percepatan tanah akibat getaran bumi merupakan dua parameter yang saling berhubungan. Kedua parameter ini sangat penting dalam perencanaan bangunan tahan gempa bumi. Menurut Hapsoro (2005) ada beberapa faktor yang memberikan pengaruh gempa bumi terhadap bangunan, yaitu: kekuatan gempa bumi (mekanisme), hiposenter, jarak dan medium yang dilalui

gelombang gempa, faktor perbesaran getaran tanah oleh lapisan tanah setempat, orientasi bangunan, resonansi antara tanah dan bangunan, durasi gelombang seismik, konstruksi dan material bangunan. Dari kutipan dapat dikemukakan bahwa semakin besar magnitude dan semakin dekat jarak sumber gempabumi maka akan dihasilkan nilai percepatan tanah yang besar. Nilai percepatan tanah ini akan memberikan pengaruh terhadap konstruksi bangunan yang ada.

E. Instrumen Accelerograph

Perkembangan seismologi saat ini semakin pesat, ilmu pengetahuan mengenai seismologi ini dibantu oleh adanya instrumen. Instrumen yang digunakan untuk mengukur nilai percepatan tanah adalah accelerograph. Accelerograph atau *Strong Motionseismograph* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur percepatan tanah ketika terjadi getaran di permukaan tanah akibat gempabumi (Buletin BMKG Padang Panjang). Pendapat yang sama juga disampaikan oleh Hapsoro (2005) “Accelerograph atau *Strong Motionseismograph* adalah instrumen yang digunakan untuk merekam guncangan permukaan tanah yang sangat kuat yang mengukur percepatan permukaan tanah”. Pada umumnya peralatan accelerograph ditempatkan pada daerah – daerah perkotaan yang populasinya lebih padat akan penduduk, dimana diperuntukkan untuk investigasi variasi terhadap respon guncangan karena struktur geologi daerah setempat.

Pada saat terjadi gempabumi, data accelerograph bisa bermanfaat bagi kehidupan masyarakat terutama dalam hal pembangunan. Dengan adanya informasi dari accelerograph terhadap gempa - gempa kecil dan kuat dapat

dicirikan karakteristik semua jenis permukaan tanah yang dapat digunakan untuk konstruksi bangunan. Daerah rawan gempa bumi dapat dirancang konstruksi bangunannya sebelum gempa bumi yang besar terjadi. Rekaman getaran tanah akan sangat berarti untuk keamanan bangunan. Informasinya juga dapat dijadikan masukan terhadap pengambil keputusan dalam rencana pengembangan kota. Pembangunan akan disesuaikan dengan bagaimana keadaan tanah pada saat gempa bumi yang direkam oleh accelerograph.



Gambar 4. Komponen Accelerograph

Accelerograph menggunakan sensor accelerometer. *Accelerometer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran (vibrasi), dan mengukur percepatan akibat gravitasi (inklinasi). Dengan kata lain *Accelerometer* merupakan perangkat elektronik yang mengubah besaran percepatan gerak benda menjadi bentuk sinyal listrik.

1. Sensor Accelerometer

Sensor adalah alat untuk mendeteksi / mengukur sesuatu yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Hal ini didukung oleh Lilik (2010: 3) "Sensor adalah

jenis transduser yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus”.

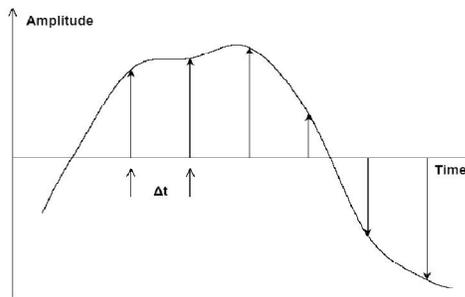
Accelerograph menggunakan sensor accelerometer. Accelerometer adalah sebuah transduser yang berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, ataupun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi. Menurut Vidi (2011: 2) “accelerometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran (*vibrasi*), dan mengukur percepatan akibat gravitasi (*inklinasi*)”. Dengan kata lain accelerometer merupakan perangkat elektronik yang mengubah besaran percepatan gerak benda menjadi bentuk sinyal listrik.

Prinsip kerja dari transduser ini berdasarkan hukum fisika bahwa apabila suatu konduktor digerakkan melalui suatu medan magnet, atau jika suatu medan magnet digerakkan melalui suatu konduktor, maka akan timbul suatu tegangan induksi pada konduktor tersebut. Accelerometer yang diletakkan di permukaan bumi dapat mendeteksi percepatan 1g (ukuran gravitasi bumi) pada titik vertikalnya, untuk percepatan yang dikarenakan oleh pergerakan horizontal maka accelerometer akan mengukur percepatannya secara langsung ketika bergerak secara horizontal. Hal ini sesuai dengan tipe dan jenis sensor accelerometer yang digunakan karena setiap jenis sensor berbeda-beda sesuai dengan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pembuatnya.

2. ADC (*Analog to Converter Digital*)

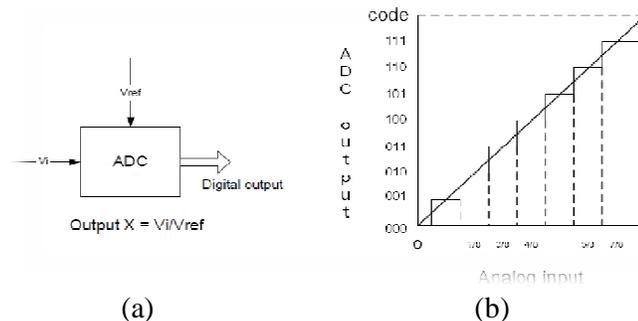
ADC (*Analog to Digital Converter*) merupakan sebuah instrumen yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yang terbaca oleh

komputer. Menurut Martalata (2010: 8) “Sebuah *Analog to Digital Converter* (biasanya disingkat ADC, A/D atau A to D) adalah sebuah rangkaian elektronik yang berfungsi mengubah sinyal kontinu (analog) menjadi keluaran diskrit (digital)”. ADC berfungsi untuk mengubah tegangan menjadi bilangan digital biner, karena komputer hanya mengenal data berkode biner. Proses pengkonversian analog kedigital mencakup dua tahap, yaitu sinyal disampling pada interval waktu diskontinu dan tiap-tiap sampel dinyatakan dalam bentuk bilangan dan outputnya dalam kode digital. Gambar 5 menunjukkan sinyal yang diukur pada interval waktu Δt .



Gambar 5. Proses Pengkonversian Analog ke Digital
(Bambang, 2009: 5)

Pengubah analog ke digital (ADC) merupakan operasi perbandingan, input sinyal analog V_i dikonversikan kedalam fraksi dengan membandingkan terhadap sinyal referensi V_{ref} . Output digital dari konverter dikodekan mewakili fraksi tersebut, seperti ilustrasi pada Gambar 6. Jika kode output konverter terdiri atas n bit, maka bilangan diskrit tingkat output adalah 2^n .



(a) (b)
 Gambar 6. *Analog to Digital Converter* (Bambang, 2009: 5)
 (a) Dasar Hubungan
 (b) Karakteristik Ideal pada 3 Bit ADC

Berdasarkan Gambar 6 nilai output merupakan perbandingan antara tegangan masukan V_i dengan tegangan referensi V_{ref} dengan rumusan seperti Persamaan (3) (sumber: Bambang, 2009: 6):

$$V_o = \frac{V_i}{V_{ref}} \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan :

V_o = Tegangan output (V)

V_i = Tegangan input (V)

V_{ref} = Tegangan referensi (V)

Nilai tegangan keluaran dari ADC tersebut bergantung pada nilai tegangan masukan yang berasal dari sensor atau seismometer. Tegangan yang besar akan dihasilkan pada saat terjadi gempa dengan kekuatan yang besar sehingga energi besar yang dilepaskan menghasilkan tegangan yang besar pada keluaran sensor. Setiap tingkat (kuantum) output adalah nilai analog diantara dua batas yang berbeda yang disebut ukuran *Least Significant Bit (LSB)*.

Seluruh nilai analog pada tingkat yang diberikan menggambarkan kode digital yang sama, secara umum berkaitan dengan nilai tengah. Karena sinyal

input dapat berbeda pada tingkat nilai tengah sampai sebesar $\pm \frac{1}{2}$ LSB dan masih dinyatakan pada kode output yang sama, maka akan terdapat ketidakpastian kuantisasi sebesar $\pm \frac{1}{2}$ LSB untuk setiap proses konversi analog ke digital.

Pengubah analog kedigital (ADC) merupakan komponen utama pada *card* digital sinyal seismik. ADC ini diperlukan karena komputer hanya dapat mengolah data dalam bentuk digital. Berdasarkan cara kerjanya ADC dibedakan antara lain:

a. *Counter atau Tracking* ADC

Counter merupakan suatu rangkaian logika sekuensial yang dapat berfungsi untuk menghitung jumlah pulsa yang masuk yang dinyatakan dalam bentuk bilangan biner (Deddy:1989:128). Jenis ADC ini mempergunakan Pencacah atau *counter* untuk menimbulkan output internal DAC hingga sama atau melampaui tegangan sinyal input. *Counter* akan *reset* pada permulaan konversi dan kemudian bertambah satu bit pada setiap *clock cycle*. Output DAC menimbulkan LSB pada satu waktu. Komparator akan berhenti mengkonter ketika tegangan DAC menimbulkan tingkat sinyal input.

Tipe tracking ini menggunakan prinsip pencacahan naik turun (*up-down counter*). Menurut Deddy (1989: 132):

Suatu rangkaian elektronik yang mempergunakan sistem digital sering memerlukan suatu alat pencacah yang dapat menghitung keatas dan kebawah. Alat pencacah yang dapat melakukan perhitungan seperti itu disebut *binary up-down counter* yang dapat menghitung keatas dan kebawah dengan mengatur suatu alat pengontrol tertentu

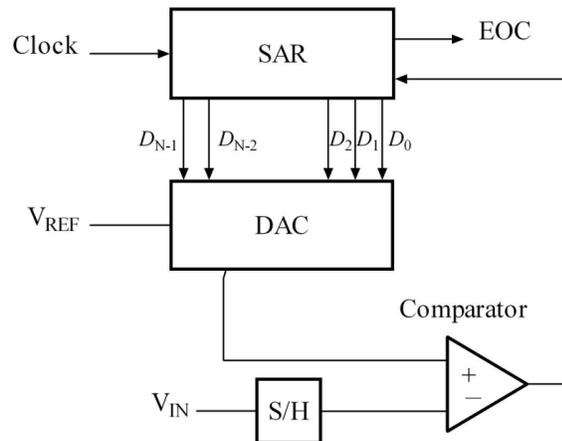
Pencacah biner akan mendapat masukan *clock* secara kontinu dan hitungan akan bertambah atau berkurang tergantung pada kontrol dari pencacah apakah sedang

naik (*up counter*) atau turun (*down counter*). ADC tipe ini tidak menguntungkan jika digunakan pada sistem yang memerlukan waktu konversi masukan yang singkat, sekalipun pada bagian masukan tipe ini tidak memerlukan rangkaian *sample hold*. ADC tipe ini sangat tergantung pada kecepatan waktu pencacahan, semakin lama waktu yang digunakan maka proses konversi akan semakin singkat.

b. *Succesive-Approximation* ADC

ADC tipe *Succesive-Approximation* merupakan suatu konverter yang paling sering ditemukan dalam desain perangkat keras yang menggunakan ADC. Tipe ini memiliki kecepatan konversi yang cukup tinggi, meskipun dari segi harga relatif mahal. ADC ini juga menggunakan internal DAC. DAC pada *Succesive-Approximation* ADC menimbulkan tegangan untuk tingkat sinyal input pada n *clock* untuk n bit ADC.

Cara ini akan menghasilkan waktu konversi yang lebih pendek dan tidak tergantung pada tingkat sinyal input. Hal ini didasarkan pada pendekatan sinyal input dengan kode biner dan kemudian berturut-turut memperbaiki pendekatan untuk setiap bit pada kode hingga didapatkan pendekatan yang terbaik. Untuk setiap tahapan, nilai biner yang ada pada pendekatan disimpan dalam *Succesive-Approximation Register* (SAR).



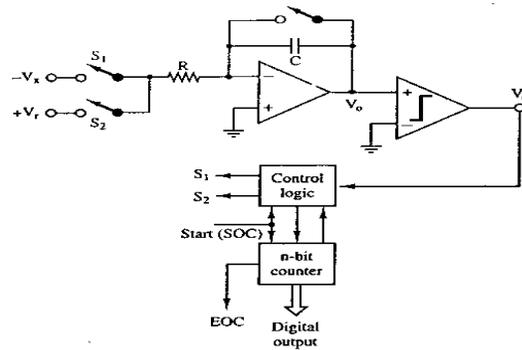
Gambar 7. Blok Diagram *Successive-Approximation* ADC

(Sumber: Bambang, 2009: 13)

Gambar 7 menunjukkan skema dasar atau blok diagram untuk 3 bit ADC, dimana konversi selalu dimulai dari MSB (*Most Significant Bit*) SAR. Hal ini berkaitan dengan perkiraan awal setengah skala penuh sinyal input. Jika output DAC melampaui tegangan input, maka komparator akan mematikan MSB, jika tidak komparator ini membiarkan MSB untuk hidup. Konversi ini berjalan terus hingga LSB. Pada keadaan ini isi SAR pada register output mendekati nilai biner terbaik dari sinyal input dan kemudian menjadikannya sebagai output berupa bilangan biner digital.

c. *Duall-Ramp Converter*

Duall ramp converter merupakan ADC yang beroperasi berdasarkan waktu konversi yang terdiri dari dua interval integrasi terpisah. Seperti yang terlihat pada Gambar 8 cara kerja *duall ramp converter* pertama V_x yang belum diketahui diintegrasikan untuk periode waktu yang diketahui. Lalu nilai dari hasil integrasi ini dibandingkan dengan tegangan referensi yang telah diketahui.



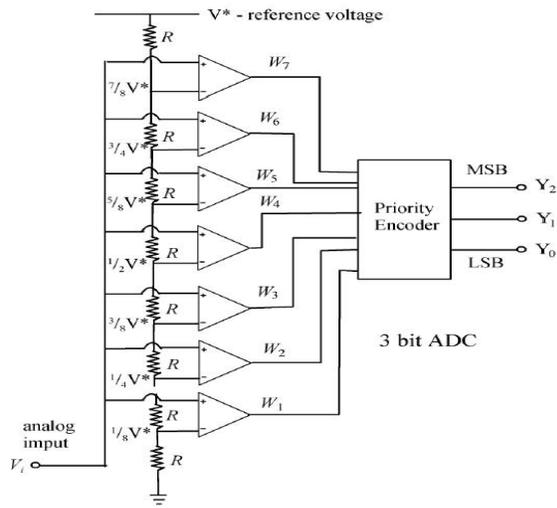
Gambar 8. Blok Diagram *Dual-Ramp Converter*

(Sumber: Bambang, 2009: 16)

Pada permulaan konversi, *counter* reset dan integrator akan *reset* pada tegangan negatif. Input yang belum diketahui (V_x) dihubungkan dengan input integrator melalui saklar S_1 . V_x diintegrasikan pada periode yang tetap $T_1 = 2^n/f_c$ yang bekerja ketika output melalui 0. Pada waktu T_1 , *counter* akan *overflow* dan menyebabkan S_1 off dan input referensi terhubung ke integrator melalui saklar S_2 . Output integrator turun hingga melewati 0 dan komparator berubah keadaan yang menandakan akhir konversi. Nilai *counter* menyatakan nilai biner yang terkonversi dari V_x yang belum diketahui.

d. *Parallel ADC*

Tipe ADC *parallel* ini pada dasarnya berupa sekumpulan komparator *parallel* seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Input analog yang diberikan secara simultan ke beberapa komparator. Masing-masing komparator mempunyai satu input yang dihubungkan ke tegangan referensi yang berbeda. Tegangan referensi pada masing-masing komparator adalah nilai analog pada satu bagian LSB. Semua komparator pada saat $V_{in} > V_{ref}$ keadaan output berubah saat V_{in} diberikan. Sebaliknya keadaan output tidak akan berubah saat $V_{in} < V_{ref}$.



Gambar 9. Blok Diagram *Parallel Converter*

(Sumber: Bambang, 2009: 18)

Waktu konversi dari ADC tipe ini sangat cepat, yaitu sekitar 30 ns. Sehingga output digital diperoleh dengan cepat setelah waktu pada komparator dan waktu panjalaran pada logic decoding selesai. Satu komparator diperlukan untuk setiap kemungkinan output bit konfigurasi $2^n - 1$, dengan n merupakan jumlah bit. Maka 16 bit komparator *parallel* dibutuhkan $2^{16} - 1 = 65535$ komparator.(Bambang, 2009: 18).

3. GPS (*Global Positioning System*)

GPS adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi posisi dan waktu suatu tempat. Menurut Bambang (2009:1) menyatakan bahwa GPS merupakan sistem koordinat global yang dapat menentukan koordinat posisi benda dimana saja di bumi, baik koordinat lintang, bujur, maupun ketinggiannya. Sejalan dengan pernyataan Jean (2001: 9) yang menyatakan bahwa GPS merupakan sebuah proses yang digunakan untuk menentukan posisi suatu titik pada globe baik posisi, lokasi, daerah survey maupun penentuan waktu.

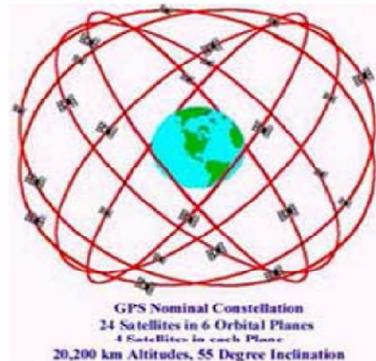
Untuk dapat menggunakan GPS harus ada 3 segmen penting yaitu satelit, pengontrol dan penerima. Satelit berfungsi untuk menerima dan menyimpan data yang ditransmisikan oleh stasiun-stasiun pengontrol dan memancarkan sinyal serta informasi secara kontinu ke pesawat penerima atau *receiver*. Pengontrol berfungsi untuk mengendalikan dan mengontrol satelit dari bumi, baik dalam mengecek kesehatan satelit, penentuan dan prediksi orbit, dan sinkronisasi waktu antar satelit serta mengirim data ke satelit. Sedangkan *receiver* atau penerima berfungsi menerima data dari satelit dan memprosesnya.

Pada prinsipnya *GPS receiver* memancarkan gelombang mikro, dengan menggunakan sinyal satelit yang diterima dilakukan triangulasi posisi dengan cara mengukur lama perjalanan waktu sinyal dikirim dari satelit. Kemudian mengalikannya dengan kecepatan cahaya untuk menentukan secara tepat jarak *GPS receiver* dari satelit. Dengan mengunci minimum tiga sinyal dari satelit yang berbeda maka *receiver* dapat menghitung posisi tetap sebuah titik dalam koordinat lintang dan bujur.



Gambar 10. Antena GPS

Satelit GPS yang mengorbit bumi, dengan orbit dan kedudukan yang tetap, seluruhnya berjumlah 24 buah aktif bekerja dan 3 buah sisanya adalah cadangan.



Gambar 11. Orbit Satelit GPS (Bambang, 2009:7)

Sistem GPS dapat memberikan data koordinat global karena didukung oleh informasi dari 24 satelit yang ada pada ketinggian orbit sekitar 11.000 mil diatas bumi. Satelit-satelit tersebut terbagi atas 6 bidang orbit yang berbeda (Gambar 13) dengan masing-masing bidang orbit diisi oleh 4 satelit. Dengan konfigurasi seperti ini, maka setiap titik dibumi akan dapat ditentukan koordinatnya oleh GPS setiap saat selama 24 jam.

4. *Display*

Output dari accelerograph yang telah disimpan didalam memori accelerograph dapat diolah dan disimpan pada komputer. Komputer juga di manfaat kan untuk menampilkan pembacaan gelombang accelerograph. Untuk mendownload data yang digunakan pada accelerograph adalah SMA (*Strong Motion Accelerograph*) dan untuk pengolahan dan pembacaan data digunakan software QTWN (*Quick Talk For Windows*).

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisis deskriptif yang telah dilakukan pada sistem instrumentasi Accelerograph dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem instrumentasi Accelerograph ini menggunakan sensor *EpiSensor Tri-axial Force Balance Accelerometer* yang sensitif terhadap getaran dengan frekuensi 1-50 Hz dengan suplay tegangan 12V. Jenis ADC yang digunakan adalah AD 771685. Setelah sinyal menjadi sinyal analog sinyal akan dilewatkan ke mikrokontroller yang berfungsi sebagai pengendali seluruh sistem. Mikrokontroller yang digunakan adalah mikrokontroller Motorola seri MC68HC16Z.
2. Dari data hasil analisis yang telah dilakukan terlihat bahwa nilai percepatan tanah dipengaruhi oleh magnitudo dan jarak gempabumi. Semakin besar magnitudo dan semakin dekat jarak sumber gempabumi maka nilai percepatan tanah yang dihasilkan akan semakin besar. Hubungan antara nilai percepatan tanah maksimum dengan tegangan maksimum berbanding lurus, dimana semakin besar nilai percepatan tanah maka semakin besar pula nilai tegangan yang dihasilkan.

B. SARAN

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian dan kendala yang dihadapi pada penelitian ini dikemukakan beberapa saran sebagai berikut:

1. Jumlah Accelerograph sebaiknya ditambah agar didapat beberapa nilai percepatan tanah yang lebih akurat dan dapat dijadikan hasil perbandingan.
2. Dengan adanya deskripsi tentang instrumentasi accelerograph ini, peneliti lain dapat memikirkan dan menciptakan accelerograph yang lebih bagus dan lebih murah dibandingkan dengan alat yang telah ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Anang, M, Legowo, dkk. 2005. *Analisis Pangan*. Semarang : UNDIP.
- Anonim. *Analog devices LC²MOS 22-Bit Data Acquisition System, AD7716*. USA : One Technology Way.
- Anonim. 2002. *Etna Digital Recorder*. USA : Kinematics, Inc.
- Anonim. 2004. *HC 16 Data Sheet*. USA : Freescale Semiconductor, Inc.
- Anonim.2004.*Max220-Max249 Data Sheet*. Texas: Texas Instruments Incorporated.
- BagusRengga. 2010. *Earthqueck*.<http://bagusrengga.wordpress.com>
- Bambang S Prayitno. 2009. *Digital seismograf*. Jakarta : BMKG Pusat.
- Bambang S Prayitno. 2009. *Instrumen Seismologi*. Jakarta: BMKG Pusat.
- Danny Hilman Natawidjaja. 2008. *Pedoman analisis Bahaya Dan Risiko Bencana Gempabumi*. Laporan Penelitian.
- Daz Edwiza. 2008. *Analisis Terhadap Intensitas dan Percepatan Tanah Maksimum Gempa Sumbar*. Padang : Unand.
- Daz Edwiza & Sri, Novita. 2008. *Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metoda Kanai*. Padang: Unand.
- Deddy R. 1989. *Mengenal Teknik Digital*. Bandung : Sinar Baru.
- Dendy Sugono, dkk. 2008. *Kamus Bahasa Indonesia*. Jakarta: Pusat Bahasa.
- Gunawan Ibrahim, Subardjo. 2004. *Pengetahuan Seismologi*. BMKG.
- Hartoto. 2009. *Penelitian Deskriptif*.
- Hapsoro Agung Nugroho, Sukendro. 2005. *Penggunaan Data Signal Accelerograph MR-4000 untuk menentukan Harga Percepatan Tanah pada Stasiun Geofisika Sanglah Denpasar*. Denpasar : Stasiun Geofisika.
- Iin Tri Rahayu, Tris Ardi Ardani. 2004. *Observasi dan Wawancara*. Malang: Bayumedia.
- Jean M Z. 2001. *GPS Basic*. Swiss.
- Martalata. 2010. *KWH Meter Elektronik*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Mostaghel, Ahmadi. 2005. *Estimation of The Peak Horizontal Ground Acceleration Based on Peak Accelerations of The Components*. Amerika.
- Muhammad Taufik Gunawan, Sunarjo, Sugung Pribadi. 2010. *Gempabumi, Edisi Populer*. BMKG.

- Rahmat Nurhidayat. 2011. *Analisa Percepatan Tanah Maksimum serta Hubungan Percepatan Getaran Tanah dengan Intensitas di Pulau Jawa menggunakan Metode Gutenberg Richter dan Metode Muphy O'brein*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional "VETERAN".
- Raldi Artono Koestoer. 2004. *Pengukuran Teknik*. Jakarta : Teknik Mesin FTUI.
- Suparni Setyowati Rahayu. 2009. *Klasifikasi Instrumentasi*. Artikel. www.Chem_is_try.org. Diakses tanggal 29-06-2011, pukul 06:40.
- Vidi Rahman Alma'i, Wahyudi, Iwan Setiawan. 2011. *Aplikasi Sensor Accelerometer Pada Deteksi Posisi*. Semarang: UNDIP
- Zulnaidi. 2007. *Metode Penelitian*. USU.



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN GEOFISIKA PADANG PANJANG

Alamat : Jl. Sutan Syahrir, Silaing Bawah - Padang Panjang 27118, Telp. (0752) 82236, 484236

Fax. (0752) 82236, e-mail: stageof_ppi@yahoo.com/ stageof.padangpanjang@bmgk.go.id

SURAT PERNYATAAN PENELITIAN

Nomor : KP.003 / 18 / XII / PPI-2011

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Sugeng Prayitno, ST
NIP : 19700725 199403 1 001
Pangkat/Golongan : Penata /III-c
Jabatan : Kasie Observasi
Unit Organisasi : Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa :

Nama : ANISA
NIM/TM : 84160/2007
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas : Universitas Negeri Padang (UNP)

Telah melaksanakan penelitian di Stasiun Geofisika Padang Panjang dalam rangka menyelesaikan Skripsi :

Judul : Analisis Deskriptif Sistem Instrumentasi Accelerograph dan Data Hasil Pengukuran Percepatan Tanah Padang Panjang
Waktu Penelitian : Juli - Desember 2011
Tempat : Ruang Operasional BMKG Padang Panjang

Demikian pernyataan dari kami, untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Padang Panjang, Desember 2011

KEPALA SEKSI OBSERVASI
STASIUN GEOFISIKA KLAS I
PADANG PANJANG



SUGENG PRAYITNO, ST
NIP. 19700725 199403 1 001