

**ANALISIS DESKRIPTIF SISTEM INSTRUMEN SEISMOGRAF
PORTABEL DIGITAL TIGA KOMPONEN PC DRUM DAN
DATA HASIL PENGUKURANNYA**

Tugas Akhir

*Diajukan Kepada Tim Penguji Tugas Akhir Jurusan Físika Sebagai Salah Satu
Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



Oleh:

ZELTRIANI

NIM. 84153

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2011**

PERSETUJUAN SKRIPSI

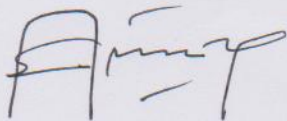
ANALISIS DESKRIPTIF SISTEM INSTRUMEN SEISMOGRAF PORTABEL DIGITAL TIGA KOMPONEN PC DRUM DAN DATA HASIL PENGUKURANNYA

Nama : Zeltriani
NIM : 84153
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : FMIPA

Padang, Desember 2010

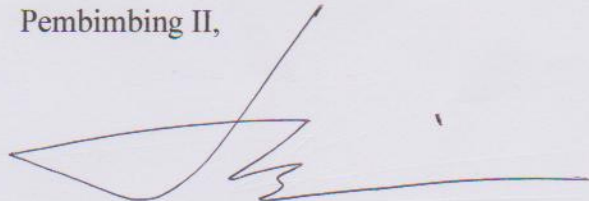
Disetujui oleh :

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Drs. H Mohammad Taufik Gunawan, Dipl. Seis.
NIP. 19731023 200012 2 002

PENGESAHAN

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

Judul : Analisis Deskriptif Sistem Instrumen Seismograf Portabel
Digital Tiga Komponen PC Drum dan Data Hasil
Pengukurannya

Nama : Zeltriani

NIM : 84153

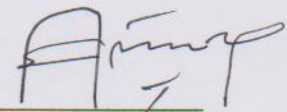
Prog. Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : MIPA

Padang, 10 Agustus 2011

Tim Penguji

	Nama	Tanda tangan
1. Ketua	: H. Asrizal, M.Si.	1. 
2. Sekretaris	: Drs. H. Mohammad Taufik G., Dipl. Seis.	2. 
3. Anggota	: Dr. Ahmad Fauzi, M.Si.	3. 
4. Anggota	: Dr. Yulkifli, M.Si.	4. 
5. Anggota	: Drs. Hufri, M.Si.	5. 

ABSTRAK

Zeltriani : Analisis Deskriptif Sistem Instrumen Seismograf Portabel Digital Tiga Komponen PC Drum dan Data Hasil Pengukurannya

Seismologi akan menjadi ilmu pengetahuan yang tak berarti tanpa adanya instrumen. Instrumen pada seismologi dibutuhkan dalam proses pengukuran parameter gempabumi, yang biasa disebut dengan seismograf. Seismograf merupakan sebuah sistem pengukuran yang terdiri dari satu unit seismometer, digitizer, dan *display* yang berfungsi dalam proses pengukuran parameter gempabumi. Penelitian terhadap instrumen seismograf ini bertujuan untuk mendeskripsikan tentang komponen penyusun instrumen. Deskripsi ini bermanfaat untuk memberikan gambaran tentang sensor yang digunakan, komponen pembangun digitizer seperti ADC dan rangkaian pengolahan sinyal lainnya, dan juga mendeskripsikan analisis bentuk rekaman gelombang gempa yang direkam oleh seismograf.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan teknik pengumpulan data observasi alat yang dilakukan di BMKG Padang Panjang. Alat yang diteliti dan dianalisis adalah seismograf digital tiga komponen PC Drum. Hasil penelitian ini berupa deskripsi dari tiap-tiap komponen pembangun seismograf dan deskripsi hasil analisis data pengukurannya berupa rekaman gelombang gempa untuk tiga kejadian gempabumi menggunakan program WgsnPlot.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dikemukakan dua hasil penelitian. Pertama, sensor yang digunakan adalah sensor jenis CME 3111 yang sensitif terhadap getaran dengan frekuensi 1-50 Hz. Digitizer yang digunakan dibangun oleh rangkaian amplifier menggunakan IC LT1007, FN444CN, dan FN 442CN, ADC dengan menggunakan IC LT1605 dan mikrokontroler jenis PIC 18F452 serta rangkaian *interface* menggunakan maxim 3100, maxim 232 dan rangkaian regulator arus sebagai pengatur jumlah arus yang digunakan. Semua rangkaian tersebut tersusun dalam sebuah box yang disebut dengan PC Drum. Kedua, dari analisis tiga tampilan gelombang gempa yang terekam dengan menggunakan metoda *single station 3 component* dan WgsnPlot didapatkan bahwa alat ini dapat dioptimalkan dalam pengukuran gempa lokal dengan tingkat kesalahan yang berbanding lurus dengan jarak episenter dari stasiun.

Kata Kunci : Instrumen, Seismograf, Deskripsi, PC Drum

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah, penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya pada peneliti sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis Deskriptif Sistem Instrumen Seismograf Portable Digital Tiga Komponen PC Drum dan Data Hasil Pengukurannya”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan 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 Bapak Drs. H. Mohammad Taufik Gunawan, Dipl, Seis sebagai Pembimbing II yang telah mengarahkan penelitian mulai dari perencanaan, pelaksanaan, dan pelaporan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Ahmad Fauzi, M.Si, Bapak Drs. Hufri, M.Si, dan Bapak Dr. Yulkifli , M.Si sebagai dosen penguji pada Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dra. Hidayati, M.Si sebagai Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika FMIPA UNP.
5. Bapak Drs. Harman Amir, M.Si sebagai Penasehat Akademik.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika FMIPA UNP.
7. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP, khususnya angkatan 2007.
8. Semua Staf BMKG Padang Panjang yang telah membantu peneliti dalam melakukan penelitian.
9. Kedua orang tua dan semua anggota keluarga yang telah memberikan motivasi dan dorongan kepada penulis

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

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

Padang, Agustus 2011

Peneliti

DAFTAR ISI

Hal

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PERSETUJUAN

HALAMAN PENGESAHAN

ABSTRAK i

KATA PENGANTAR..... ii

DAFTAR ISI..... iv

DAFTAR TABEL vi

DAFTAR GAMBAR..... vii

DAFTAR LAMPIRAN xi

BAB I . PENDAHULUAN..... 1

A. Latar Belakang Masalah 1

B. Perumusan Masalah 4

B. Pembatasan Masalah..... 4

D. Pertanyaan Penelitian..... 5

C. Tujuan Penelitian 5

C. Manfaat Penelitian 6

BAB II . KAJIAN PUSTAKA..... 7

A. Instrumen Pengukuran 7

B. Analisis Deskriptif 8

C. Gempabumi..... 9

1. Gelombang Badan	10
2. Gelombang Permukaan	13
D. Instrumen Seismograf Digital.....	14
1. Seismometer	16
2. Pengubah Analog Ke Digital atau ADC	21
3. <i>Global Positioning Sistem</i> atau GPS	27
4. <i>Display</i>	30
BAB III. METODELOGI PENELITIAN.....	32
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	32
B. Jenis Penelitian.....	33
C. Teknik Pengumpulan Data.....	34
D. Teknik Analisis Instrumen dan Data	35
1. Analisis Instrumen	35
2. Analisis Data	36
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
A. Hasil Penelitian	41
1. Analisis Deskriptif Sistem Instrumen.....	41
2. Analisis Tampilan Pada <i>Display</i> Komputer	71
B. Pembahasan	83
BAB IV. PENUTUP	87
A. Kesimpulan	87
B. Saran	88
DAFTAR KEPUSTAKAAN.....	89

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
1. Jadwal Kegiatan Penelitian.....	32
2. Spesifikasi Seismometer <i>Short periode</i> CME 3111	44
3. Koneksi Pin DB 9 Dengan GPS	50
4. Pin Koneksi DB 26 Pada PC Drum	58
5. Koneksi Pin PIC 18F452	63
6. Fungsi Koneksi Pin IC Max3100	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
1. Bentuk dan Pola Rambatan Gelombang Primer.....	11
2. Bentuk dan Pola Rambatan Gelombang Sekunder	12
3. Bentuk Perambatan Gelombang <i>Reyleigh</i> dan Gelombang <i>Love</i>	14
4. Blok Diagram Sistem Seismograf Digital.....	16
5. (a) Prinsip Dasar Sistem Inersia	
(b) <i>Velocity Tranducer Sistem Inersia</i>	19
6. Prinsip Sederhana <i>Force-Balance Accelerometer</i> (FBA)	20
7. Fase Gelombang Antara Pergerakan Tanah	
Dengan Pergerakan Seismomter	21
8. Proses Pengkonversian Analog ke Digital	22
9. <i>Analog to Digital Converter</i>	
(a) Dasar Hubungan	
(b) Karakteristik ideal pada 3 bit ADC	23
10. Blok Diagram <i>Succesive-Aproximation ADC</i>	26
11. Blok Diagram <i>Dual-Ramp Converter</i>	27
12. Blok Diagram <i>Parallel Converter</i>	28
13. Orbit Satelit GPS.....	30
14. Antena GPS.....	31
15. Monitor Rekaman Sinyal Seimik Pada Seismograf Digital.....	32
16. Diagram Kerja Instrumen.....	37

17. Metoda <i>Single Station 3 Component</i>	38
18. Analisis Arah Datang Gempa Menggunakan Metoda <i>Single Station 3 Component</i>	39
19. Blok Diagram Sistem Pengukuran Instrumen Seismograf Portabel Digital Tiga Komponen PC Drum	42
20. Seismometer <i>Short periode</i> CME 3111	44
21. Instalasi dan Koneksi Seismometer	45
22. <i>Chanel</i> Sinyal Tiga Komponen.....	46
23. Bentuk Sinyal Tiga Komponen Pada Saat Kalibrasi	46
24. Adaptor Pada Sistem PC Drum.....	48
25. Antena GPS PC Drum.....	49
26. Koneksi Digitizer Pada PC Drum	49
27. <i>Interconnection Port Serial</i> DB 9 Pada GPS	50
28. Sistem Digitizer PC Drum	51
29. Bentuk Rangkaian Penyusun Sistem Digitizer PC Drum	52
30. Rangkaian Amplifier Pada PC Drum.....	53
31. Rangkaian Amplifier Menggunakan LT1007 Pada PC Drum	54
32 (a) Bentuk Fisik IC LT 1007/LT1037	
(b) Rangkaian Aplikasi LT 1007/LT1037	54
33. Rangkaian Amplifier Menggunakan IC LF444CN Pada PC Drum.....	55
34 (a) Bentuk Fisik IC LF444CN	
(b) Rangkaian Skema Diagram IC LF444CN.....	56
35. Rangkaian Amplifier Menggunakan IC LF442CN Pada PC Drum.....	57

36. (a) Bentuk Fisik IC LF442CN	
(b) Rangkaian Aplikasi IC LF442CN	57
37. Hubungan <i>I/O Conector</i> DB 26	58
38. Rangkaian LM 2574N Pada PC Drum.....	59
39. (a) Pin Koneksi IC LM2574	
(b) Rangkaian Aplikasi LM 2574N	60
40. Rangkaian ADC menggunakan IC LTC1605CN.....	61
41. (a) Bentuk Fisik IC LT1605CN	
(b) Rangkaian Aplikasi IC LTC1605CN	62
42. Bentuk Fisik PIC 18F452.....	64
43. (a) Rangkaian Pengontrolan Menggunakan PIC 18F452 Pada PC Drum	
(b) Rangkaian Aplikasi PIC 18F45C2	66
44. Rangkaian Interface Data.....	67
45. (a) Bentuk Fisik Maxim232	
(b) Rangkaian Aplikasi Hubungan RS232 Menggunakan Max232.....	68
46. (a) Bentuk Fisik Maxim3100	
(b) Rangkaian Aplikasi Maxim3100.....	69
47. Koneksi RS232 Dengan Komputer	70
48. Gambar Tampilan Gelombang Gempa Pada WinSDR.....	71
49. Tampilan Sinyal Gempabumi Tanggal 20 November 2010	
Pada WgsnPlot.....	73
50. Tampilan Gelombang Pertama Sinyal Gempabumi Tanggal	
20 November 2010 Pada WgsnPlot	74

51. Peta Lokasi Episenter Gempabumi Tanggal 20 November 2010	75
52. Tampilan Sinyal Gempabumi Tanggal 04 Januari 2011	
Pada WgsnPlot.....	77
53. Tampilan Gelombang Pertama Sinyal Gempabumi Tanggal	
04 Januari 2011 Pada WgsnPlot	78
54. Peta Lokasi Episenter Gempabumi Tanggal 04 Januari 2011	79
55. Tampilan Sinyal Gempabumi Tanggal 05 Januari 2011	
Pada WgsnPlot.....	80
56. Tampilan Gelombang Pertama Sinyal Gempabumi Tanggal	
05 Januari 2011 Pada WgsnPlot	81
57. Peta Lokasi Episenter Gempabumi Tanggal 05 Januari 2011	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
1. Seismograf Portabel Tiga Komponen PC Drum.....	91
2. Rangkaian Amplifier Pada Sistem Digitizer PC Drum	92
3. Rangkaian ADC dan Pengontrolan Pada Sistem Digitizer Pada PC Drum	93
4. Tampilan Sinyal Gempabumi Tanggal 04 Januari 2011 Pada WgsnPlot	94
4. Tampilan Sinyal Gempabumi Tanggal 05 Januari 2011 Pada WgsnPlot	95
5. Tampilan Sinyal Gempabumi Tanggal 20 November 2010 Pada WgsnPlot	96
6. Peta Lokasi Episenter Gempabumi Tanggal 04 Januari 2011, 05 Januari 2011 dan 20 November 2010	97
6. Surat Izin Penelitian	98

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pesatnya kemajuan teknologi dan informasi saat ini tidak terlepas dari peranan fisika yang mendasari segala bidang ilmu pengetahuan. Fisika lahir dari pola pikir dan rasa ingin tahu manusia untuk mengungkap fenomena alam. Dari rasa ingin tahu timbul ide, gagasan, dan konsep. Ide, gagasan dan konsep tersebut dapat dikembangkan melalui metoda ilmiah sehingga menghasilkan suatu perumusan yang akan menjawab fenomena alam yang terjadi.

Fenomena alam merupakan suatu gejala atau peristiwa yang ditimbulkan oleh alam. Fenomena alam yang sering terjadi di bumi adalah seperti Gunung Meletus, Banjir, Gempabumi, Tsunami, Angin Topan, dan Tanah Longsor. Setiap gejala alam tersebut dapat dipelajari melalui ilmu fisika. Salah satu fenomena alam yang sering menjadi pembahasan dewasa ini adalah gempabumi.

Gempabumi merupakan fenomena alam yang terjadi akibat pergerakan lempeng kerak bumi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Gunawan (2004:3) yang menyatakan bahwa “Pergerakan lempeng bumi menghasilkan energi yang akan terlepas kepermukaan berupa getaran yang disebut gempabumi”. Setiap kejadian gempabumi akan menghasilkan informasi seismik berupa rekaman sinyal berbentuk gelombang yang setelah melalui proses manual atau non manual akan menjadi data bacaan fase. Informasi seismik selanjutnya akan mengalami proses pengumpulan, pengolahan, dan analisis sehingga menjadi parameter gempabumi.

Proses yang berhubungan dengan gempabumi dan pengukurannya dipelajari dalam suatu bidang ilmu yang disebut dengan seismologi.

Seismologi akan menjadi ilmu pengetahuan yang tak berarti tanpa adanya instrumen. Instrumen pada seismologi dibutuhkan dalam proses pengukuran parameter gempabumi, yang biasa disebut dengan seismograf. Seismograf merupakan sebuah sistem pengukuran yang terdiri dari satu unit seismometer, *data logger*, dan *recorder* yang berfungsi dalam proses pengukuran parameter gempabumi. Seismograf yang digunakan bisa berupa seismograf analog dan seismograf digital. Seismograf analog merupakan seismograf yang hasil bacaan gelombang gempa yang ditangkap oleh sensor dapat dibaca berupa grafik gelombang yang tergambar pada kertas pias. Melalui analisis secara manual didapatkan parameter gempabumi yang diinginkan.

Seismograf digital merupakan seismograf yang sistem pembacaan dan pengolahan data parameter gempabumi dihasilkan melalui proses digital. Sistem ini dikenal jauh lebih efektif dibandingkan sistem manual, karena dengan sistem digital analisis parameter gempa dapat dilakukan dengan mudah dan lebih teliti. Hal ini didukung oleh mudahnya proses pengolahan sinyal yang terbaca. Sinyal gempa yang terbaca pada sistem digital dapat diproses sesuai kebutuhan, seperti *zooming*, *filterisasi*, dan sebagainya. Dengan cara ini hasil pengukuran yang dihasilkan akan lebih cepat, mudah, dan akurat bila dibandingkan dengan pengukuran menggunakan sistem seismograf analog. Salah satu seismograf portabel digital yang sering digunakan adalah seismograf portabel digital tiga komponen PC Drum.

Seismograf portabel digital tiga komponen PC Drum merupakan seismograf tiga komponen yang berfungsi dalam merekam parameter gempabumi yang bersifat lokal dalam jarak kurang dari 600 km dari stasiun (Gunawan:2004:36). Sementara itu untuk gempa dengan jangkauan luas menggunakan seismograf broadband yang terhubung dengan jaringan internet. Keunggulan seismograf portabel ini adalah pada analisis gempa lokal, disaat terjadi gangguan jaringan akibat gempabumi, seismograf ini tetap bekerja karena tidak ada koneksi dengan jaringan internet. Disamping itu seismograf jenis portabel ini dapat dibawa atau dipindah-pindahkan sesuai kebutuhan, yang biasa digunakan pada saat survei.

Pemahaman tentang instrumen seismograf ini dibutuhkan untuk mengetahui komponen penyusun rangkaian sistem serta prinsip kerja sistem dalam mengukur dan mendapatkan parameter gempabumi. Pemahaman yang baik dapat mempermudah operator dalam mengoperasikan alat tersebut. Disamping itu pemahaman tentang rangkaian penyusun sistem dan prinsip kerja instrumen dapat membantu operator dalam mengatasi masalah kinerja alat dan dapat mengungkap kekurangan dari instrumen tersebut.

Penelitian yang berhubungan dengan gempa bumi banyak dilakukan, namun pada umumnya penelitian tersebut berhubungan dengan pengolahan data hasil pengukuran, bukan tentang bagaimana instrumen tersebut bekerja serta komponen apa yang membangun sistem sehingga mampu menghasilkan keluaran yang diinginkan. Untuk itu perlu pembahasan yang lebih mendalam tentang instrumen dan data hasil pengukurannya. Penelitian ini menghasilkan gambaran tentang instrumen lengkap dengan komponen penyusun dan prinsip kerjanya serta analisis

data hasil pengukurannya berupa analisis arah gelombang pertama dengan menggunakan metoda *Single Station 3 Component* dan membandingkan dengan hasil pengukuran pada seismograf multistasiun seiscamp-3 untuk mengetahui tingkat kebenaran hasil pengukuran. Keunggulan dari penelitian ini terdapat pada luaran yang diharapkan, yaitu dapat menjadi bahan acuan dan pertimbangan untuk memperbaiki alat dimasa yang akan datang melalui pandangan terhadap kekurangan alat. Karena itu sebagai judul dari penelitian ini adalah “*Analisis Deskriptif Sistem Instrumen Seismograf Portabel Digital Tiga Komponen PC Drum dan Data Hasil Pengukurannya*”.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang diuraikan maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini. Sebagai perumusan masalah adalah: “Bagaimana hasil analisis deskriptif dari sistem instrumen seismograf portabel digital tiga komponen PC Drum dan perbandingan hasil pengukurannya dengan data pada seismograf multistasiun seiscamp-3?”

C. Pembatasan Masalah

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

1. Deskripsi instrumen seismograf portabel PC Drum meliputi: sensor, antena GPS, power, dan rangkaian sistem digitizer atau ADC.

2. Data hasil pengukuran yang diteliti berupa durasi dan arah gelombang pertama yang terekam pada *display* untuk tiga peristiwa gempabumi dan membandingkan hasil analisis dengan seismograf multistasiun seiscamp-3.

C. Pertanyaan Penelitian

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

1. Bagaimana hasil deskripsi dari sistem instrumen yang meliputi sensor, antena GPS, *power*, dan rangkaian sistem digitizer atau ADC ?
2. Bagaimana hasil deskripsi dan perbandingan dari analisis durasi dan arah gelombang pertama pada PC Drum dengan data pada seiscamp-3 ?

D. Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan tentang sistem seismograf portabel digital tiga komponen PC Drum. Secara khusus, tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mendeskripsikan tentang sensor, antena GPS, *power*, dan rangkaian sistem digitizer atau ADC.
2. Mendeskripsikan dan membandingkan hasil analisis durasi dan arah gelombang pertama gempabumi pada PC Drum dengan data pada seiscamp-3 guna mengetahui tingkat ketelitian alat.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi:

1. Jurusan Fisika dalam mengembangkan dan menerapkan materi perkuliahan tentang gempa bumi dan pengukurannya.
2. Kelompok kajian Elektronika dan Instrumentasi dalam pengembangan instrumen pengukuran parameter gempa bumi.
3. Kelompok kajian Fisika Bumi dalam pengembangan dan penerapan perkuliahan tentang gempa bumi.
4. BMKG untuk memberikan sebuah manual instrumen pengukur parameter gempa bumi dalam bentuk karya ilmiah.
5. Peneliti lain, sebagai sumber ide dan referensi dalam pengembangan sistem pengukuran gempa bumi.
6. Peneliti, sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi Fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang penelitian fisika.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Instrumen Pengukuran

Setiap alat yang digunakan dan dioperasikan dalam sebuah pabrik dilengkapi dengan instrumen untuk mengukur parameter-parameter tertentu sesuai dengan kondisi operasi yang dibutuhkan. Menurut Suparni (2009) “Instrumen adalah alat-alat atau piranti yang digunakan dalam pengukuran dan pengendalian sistem yang lebih besar”. Secara umum instrumen mempunyai tiga fungsi utama yaitu: sebagai alat pengukuran, alat analisis, dan sebagai alat kendali.

Instrumen sebagai alat pengukuran meliputi instrumen survei atau statistik. Instrumen survei digunakan untuk pengukuran dalam melakukan survei lapangan seperti mengukur tekanan, suhu, kelembaban, dan lain sebagainya. Instrumen sebagai alat analisis digunakan dalam proses analisis suatu parameter yang biasa dijumpai dalam bidang Kimia, Kedokteran, dan Geofisika. Disisi lain instrumen sebagai alat kendali banyak ditemukan dalam bidang elektronika, industri dan pabrik-pabrik.

Instrumen yang berfungsi dalam pengukuran digunakan untuk mengukur suatu besaran. Mengukur adalah membandingkan hasil pengukuran pada objek yang diukur terhadap besaran yang telah distandarkan. Menurut Raldi (2004:1)

Pengukuran merupakan suatu usaha untuk mendapatkan informasi deskriptif kuantitatif dari variabel-variabel fisika dan kimia suatu zat atau benda yang diukur. Besaran merupakan sesuatu yang dapat diukur, yang dinyatakan dengan angka atau nilai yang memiliki satuan. Pengukuran suatu besaran biasanya dilakukan menggunakan alat ukur.

Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran terdiri dari dua jenis, yaitu alat ukur analog dan alat ukur digital.

Alat ukur analog merupakan alat ukur yang pembacaan hasil pengukuran dilakukan melalui pembacaan skala yang ditunjukkan langsung oleh alat ukur.

Menurut Deddy (1989:2)

Alat ukur analog menggunakan sistem analog dengan besaran nilai keluaran (output) yang berubah secara kontinu sesuai dengan besaran nilai masukan (input), sehingga nilai rentangan antara dua buah input dapat diketahui. Pada sistem digital nilai output dan input memiliki hubungan yang bersifat diskrit yang apabila terdapat dua masukan maka nilai keluaran akan memberikan salah satu atau dua kemungkinan kondisi "ya" atau "tidak" atau dengan pengertian digit "1" atau "0"

Pemakaian sistem digital telah banyak menggantikan sistem analog. Pembacaan data hasil pengukuran menggunakan alat ukur digital lebih mudah dan lebih akurat. Pengamat dapat membaca langsung nilai hasil pengukuran tanpa melalui pembacaan skala.

B. Analisis Deskriptif

Analisis berasal dari kata "analisis" dari bahasa Yunani yang kemudian istilah ini diserap kedalam bahasa latin yaitu *Ana* berarti kembali dan *Luein* berarti melepas. Berdasarkan kata itu analisis kini diartikan sebagai upaya pemisahan atau penguraian suatu kesatuan materi atau bahan menjadi komponen-komponen penyusunnya, sehingga hasil yang diperoleh dapat dikaji lebih lanjut (Anang : 2005). Analisis sistem merupakan penguraian dari suatu sistem secara utuh kedalam bagian-bagian komponennya dengan maksud untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi permasalahan, kesempatan, dan hambatan yang terjadi serta kebutuhan yang diharapkan sehingga diperoleh suatu usulan perbaikan (Ida Ayu).

Deskriptif merupakan penjabaran atau penguraian tentang sesuatu secara jelas dengan apa adanya (Depdiknas:2008). Analisis deskriptif merupakan penguraian secara utuh dari suatu sistem untuk memberikan gambaran umum dari suatu objek yang dapat digunakan sebagai acuan untuk melihat karakteristik data atau objek yang diperoleh. Disisi lain analisis deskriptif suatu instrumen dapat diartikan sebagai penguraian secara utuh dari sebuah instrumen dengan tujuan untuk memberikan gambaran tentang perangkat sistem baik komponen penyusun maupun sistem kerja dari instrumen tersebut.

Tujuan umum dari analisis deskriptif ini adalah untuk memberikan gambaran secara sistematis tentang suatu sistem tanpa adanya manipulasi data dan tanpa membandingkan suatu variabel yang dianalisis dengan variabel yang lain (Hartoto: 2009) . Data yang diambil dan dianalisis adalah data yang telah ada dan kemudian mengungkapkan keunggulan serta kekurangan dari sistem dengan maksud untuk memikirkan perbaikan dimasa depan.

C. Gempabumi

Gempabumi merupakan getaran yang terjadi dipermukaan bumi. Hal ini sesuai dengan pendapat Dhany (2008 : 14) yang menyatakan bahwa “Gempabumi adalah peristiwa goncangan 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”. Gempabumi biasanya disebabkan oleh pergerakan lempeng bumi dan aktivitas gunung berapi.

Pergerakan lempeng tektonik akan menghasilkan akumulasi energi disekitar perbatasan lempeng akibat tekanan, regangan, dan gesekan. Jika melewati batas

kemampuan atau ketahanan batuan disekitarnya energi tersebut akan terlepas dan menghasilkan patahan. Proses patahan tersebut mengeluarkan energi yang menjalar sebagai gelombang seismik. Hal ini sejalan dengan pernyataan M Taufik (2009:72) yang menyatakan bahwa :

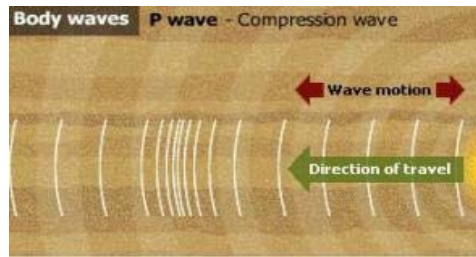
Gelombang seismik adalah gelombang elastik yang menjalar keseluruhan bagian dalam bumi dan melalui permukaan bumi, akibat adanya lapisan batuan yang patah secara tiba – tiba atau adanya suatu ledakan. Gelombang seismik juga merupakan strain dinamik atau strain elastik yang berubah terhadap waktu yang merambat melalui material elastik seperti batuan sebagai tanggapan terhadap suatu gangguan dinamik.

Gelombang seismik tersebut menjalar melalui permukaan bumi dan merambat melalui material elastik dengan pola rambatan dan kecepatan yang berbeda-beda berdasarkan jenis gelombangnya.

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. M Taufik (2009 : 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:

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

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 liquid 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 geraknya 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 rumusnya seperti Persamaan (2)

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

Keterangan :

V_s = Kecepatan gelombang sekunder

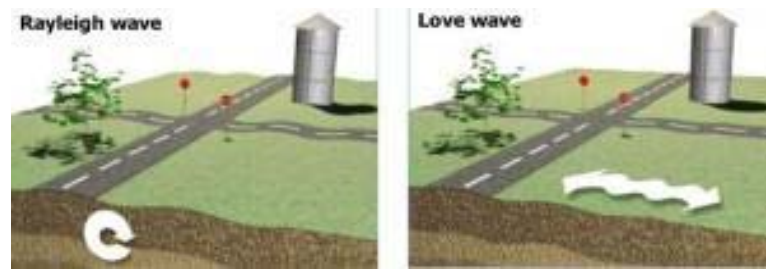
μ = Rigiditas medium

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.

D. Instrumen Seismograf Digital

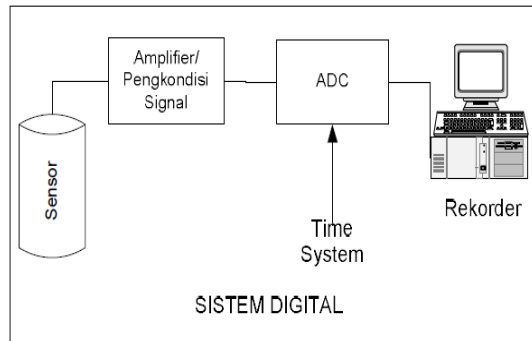
Instrumen pendeteksi gempa bumi disebut dengan seismograf yang dilengkapi dengan rekaman data atau seismogram, serta sistem perhitungan waktu pencatatan getaran tanah hasil perambatan gelombang gempabumi (Gunawan : 2010). Menurut Bruce A Bolt (1985 : 201) “ *The Purpose of seismograph is to record the ground movement at a particular point of the Earth’s surface in an earthquake*”. Berdasarkan kutipan tersebut terlihat bahwa sebuah seismograf dirancang dengan tujuan untuk merekam pergerakan partikel pada permukaan bumi pada saat terjadinya gempabumi. Idealnya seismograf digunakan untuk mengukur pergerakan tanah secara vertikal dan horizontal.

Biasanya seismograf modern digunakan untuk merekam pergerakan tanah dengan menggunakan alat yang dapat merespon pergerakan tanah yang disebut dengan seismometer, dan tampilan dari hasil rekaman ini disebut dengan seismogram. Seismogram tergambar sebagai rekaman gelombang gempabumi selama kurun waktu tertentu sesuai dengan lamanya getaran gempa bumi dapat terekam. Instrumen ini dapat memberikan berbagai informasi tentang gempabumi seperti waktu kejadian, posisi episenter, kekuatan (magnitude), kedalaman dan parameter lainnya. Seismograf yang banyak digunakan pada zaman sekarang ini sudah berupa seismograf digital.

Seismograf digital merupakan sebuah sistem instrumen pendeteksi gempa bumi yang hasil pembacaan seismogramnya ditampilkan dan diproses dalam bentuk digital, sedangkan pada sistem analog semua proses dan penampilan data parameter gempa yang terukur adalah secara manual. Seismograf digital dapat menampilkan bentuk gelombang sinyal yang ditangkap oleh sensor kedalam bentuk sinyal atau gelombang gempa yang sama dengan hasil rekaman pada seismograf analog.

Kelebihan dari sistem digital ini terdapat pada proses analisis dan proses pengolahan sinyalnya dapat lebih mudah karena sinyal yang terbaca dapat difilter, diperbesar atau diperkecil. Hal ini dapat mempermudah proses pengukuran dan lebih meningkatkan ketelitian hasil pengukuran yang diperoleh. Sebuah seismograf digital terdiri serangkaian sistem instrumen yang bekerja sama, yaitu seismometer sebagai sensor, rangkaian pengkondisian sinyal, alat pengkonversi sinyal analog

kedigital (ADC), dan PC sebagai *display*. Blok diagram sistem seismograf digital secara umum seperti Gambar 4.



Gambar 4. Blok Diagram Sistem Seismograf Digital (Gunawan : 2010)

Secara umum sebuah seismograf digital sederhana terdiri dari instrumen seperti Gambar 4 yang terhubung dan saling bekerja sama sehingga menghasilkan parameter ukur dari hasil pendeteksi gempabumi. Pada Gambar 4 terlihat bahwa sebuah seismograf digital terdiri dari seismometer, amplifier, ADC, *time system* (GPS) dan komputer sebagai *recorder*. Seismograf digital yang telah banyak digunakan dalam dunia seismologi adalah seperti Seismograf PC Drum, Seiscomp_3, dan Miniregional.

PC drum merupakan sebuah data logger seismik yang mengintegrasikan akuisisi data, *display*, dan analisis data kedalam satu unit sederhana. Inoue (2004:147) menyatakan bahwa “*The PC Drum is a Windows based seismic data logger that integrates data acquisition, display and simple analysis into one unit*”. Alat ini menggunakan seismometer jenis *short periode* yang bersifat portabel dan terhubung secara langsung dengan menggunakan kabel penghubung ke *display*.

Dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, PC Drum telah dikembangkan menjadi sebuah rekaman data seismik dan analisis dengan biaya

yang rendah yang terdiri dari sensor sebagai seismometer, ADC (*Analog To Digital converter*), Antena GPS (*Global Positioning Sistem*) dan PC (*Personal Computare*). Komponen-komponen tersebut dihubungkan menjadi sebuah konfigurasi instrumen seismologi yang dapat merekam, menganalisis, dan menampilkan data seismik secara langsung. Komponen penyusun seismograf digital tersebut akan dibahas sebagai berikut:

1. Seismometer

Seismometer merupakan sebuah sensor seismik. Menurut Bambang (2009:1) “Seismometer merupakan sebuah sensor seismik yang digunakan untuk mengukur getaran tanah saat adanya guncangan oleh suatu gangguan”. Getaran tanah ini bersifat dinamik dan seismometer juga memberikan variabel fisik yang dinamik dari getaran tersebut. Sebuah seismometer bekerja seperti layaknya sensor dengan input berupa getaran tanah yang dinyatakan dalam variabel kinematik seperti perpindahan, kecepatan, dan percepatan. Sedangkan untuk outputnya berupa tegangan atau pergeseran pena recorder pada seismograf analog.

Pada umumnya seismometer dikelompokkan menjadi dua kategori yaitu seismometer pasif dan seismometer aktif. Seismometer pasif tidak memerlukan *power* untuk beroperasi, seperti contoh *SPS-1 Ranger Kinematic*. Seismometer aktif memerlukan *power* untuk beroperasi yaitu seperti pada seismometer *short periode* CME 3011, CME 3111, *short periode* L4-3D Gercel, L3Dlitte, *Broadband Gulaph*, CME-3T, CME 4011, *Broadband* STS-2, dan lain sebagainya (Bambang:2009:1).

Berdasarkan jangkauannya seismometer dibagi atas empat tipe yaitu *short periode*, *long periode*, *broadband* dan *very broadband* seismometer. *Short periode* seismometer merupakan seismometer yang dapat mendeteksi frekuensi gempa bumi pada lokasi kejadian dalam jangkauan yang relatif dekat dari keberadaan sensor dengan *range* frekuensi 1 - 50 Hz, biasanya seismometer ini dipasang pada satu stasiun yang sama dan digunakan untuk merekam peristiwa gempa bumi regional dengan jarak kurang dari 600 km dari stasiun. Seismometer yang tergolong jenis ini seperti SS-1 *Kinemetrik Pasif*, *Geotech S13* dan *Mark Product L-4C* aktif, *short periode* CME 3011, CME 3111. Disamping itu Seismometer *long periode* mampu menangkap getaran dengan frekuensi 0.03-0,05 Hz. Getaran gempa yang ditangkap oleh kedua tipe seismometer ini bersifat gempa lokal yang biasanya digunakan pada seismograf tradisional.

Seismometer Broadband adalah seismometer jenis broadband yang dapat mendeteksi frekuensi dari berbagai macam amplitudo gelombang dengan kemampuannya menangkap getaran berfrekuensi 0.01-50 Hz. Range frekuensi seismometer *broadband* ini tergolong besar dibandingkan short dan long periode.. Seismometer yang tergolong jenis ini adalah Guralp, CMG-3T, CME-40T, CME 4011, CME 4111, dan STS-2. Seismometer *very broadband* memiliki range frekuensi yang sangat lebar yaitu 0.0028-50 Hz, dengan demikian dapat merekam gempa mikro. Biasanya seismometer jenis ini digunakan untuk *research interior* bumi yang membutuhkan alat pendeteksi getaran yang memiliki sensitifitas yang sangat tinggi.

Pada prinsipnya sebuah seismograf tradisional umumnya menggunakan sistem inersia untuk mengukur gerakan massa. Sistem ini memiliki keterbatasan dalam sensitivitas terhadap frekuensi rendah, gaya inersia yang dihasilkan oleh pergerakan tanah menggerakkan massa dari posisi setimbang. Persamaan untuk menghitung frekuensi ayunan massa tersebut adalah seperti Persamaan (3).:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \dots\dots\dots(3)$$

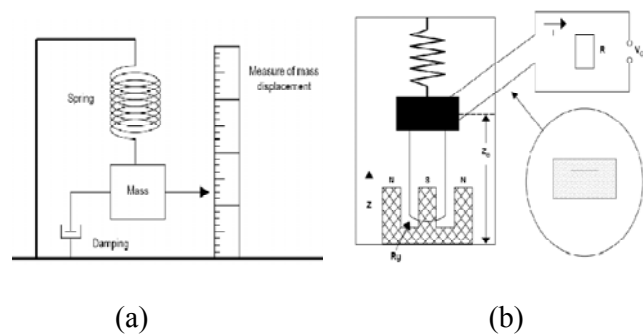
keterangan

f_0 = Frekuensi ayunan massa (Hz)

k = Konstanta pegas (n/m)

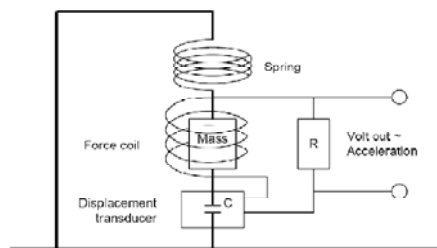
m = Massa (kg)

Seismometer inersia jenis transduser kecepatan (*velocity transducer*) mengukur pergerakan inti dan massa terhadap magnet tetap. Output dari inti sebanding dengan kecepatan dengan massa relatif terhadap frame atau wadah yang sering disebut dengan Seismometer transduser kecepatan elektromagnetik (*Elektromagnetik Seismometer Velocity Transducer*) yang dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. (a) Prinsip Dasar Sistem Inersia
(b) *Velocity Transducer System Inersia* (Bambang :2009:2)

Sebuah seismometer broadband dirancang berdasarkan prinsip Akselometer gaya seimbang atau *Force Balance accelerometer (FBA)* seperti Gambar 6, dimana gaya luar yang bekerja pada massa sensor dikompensasi oleh gaya elektronik dalam arah yang berlawanan sehingga massa dalam kondisi stasioner atau mendekati stasioner getaran kecil yang diperlukan dalam mendeteksi pergerakan sebuah massa. Gaya balik tersebut dibangkitkan oleh sebuah transduser gaya elektromagnetik atau *elektromagnetik force transducer*.



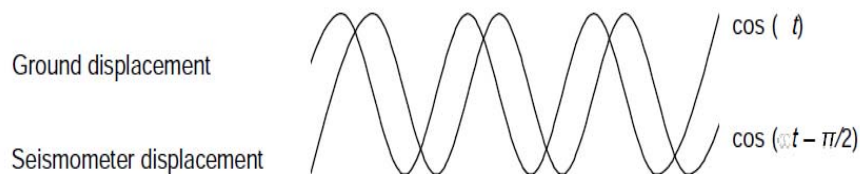
Gambar 6. Prinsip Sederhana *Force –Balance Accelerometer (FBA)*
(Bambang:2009:3)

Pada prinsipnya sistem gaya seimbang ini memiliki lebar pita yang terbatas karena tidak dapat menghindari keterlambatan dalam lingkaran umpan balik, meskipun demikian pada frekuensi yang efektif, sistem ini mendorong gaya untuk bergerak dengan membangkitkan suatu gaya balik yang sebanding dengan gerakan tanah. Disaat gaya tersebut sebanding dengan arus pada transduser, maka arus, tegangan resistor dan tegangan output akan sebanding. Dengan demikian, dengan mengukur arus kita telah mengukur percepatan tanah.

Sebuah seismometer modern bekerja secara elektronik yang tidak lagi menggunakan pena dan drum. Seismometer ini terdiri dari massa, kumparan yang dililitkan pada massa dan pegas seperti pada Gambar 6. Saat terjadi gempa bumi getaran tanah akan menyebabkan massa bergerak dan gerakan ini menghasilkan

tegangan listrik pada kumparan akibat adanya pengaruh medan magnet kumparan. Dengan modifikasi susunan pegas, beban dan kumparan, seismometer dapat merekam gerakan tanah pada berbagai arah secara vertikal dan horizontal. Seismometer yang mampu menangkap getaran tanah secara vertikal dan horizontal menggunakan sensor tiga komponen yaitu vertikal (Z) dan horizontal (N-S, dan E-W). Ketiga sensor ini tersusun dalam sebuah unit seismometer yang disebut dengan seismometer tiga komponen.

Tegangan output dari seismometer ini sebanding dengan kecepatan pergerakan tanah yang terjadi akibat penjalaran gelombang gempabumi. Adapun bentuk persamaan antara bentuk gelombang pergerakan tanah dengan gelombang hasil rekaman dari seismometer terlihat pada Gambar 7

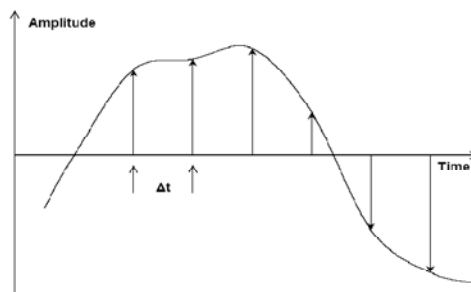


Gambar 7. Phase Gelombang Antara Pergerakan Tanah Dengan Pergerakan seismometer

Seismometer juga merekam gerakan tanah yang disebabkan oleh berbagai jenis sumber getaran alami dan getaran buatan manusia, seperti mobil dan truk lewat, ombak lautan yang menghantam pantai. Namun bentuk rekaman sinyal antara gempa bumi dan bukan gempabumi (noise) dapat dibedakan baik lewat bentuk gelombang, durasi dan periode gelombangnya.

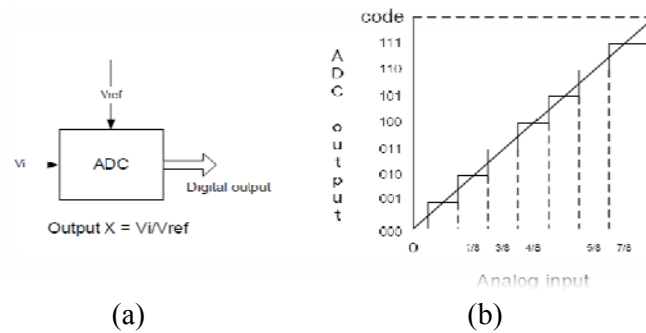
2. Pengubah Analog ke Digital atau ADC

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 8 menunjukkan sinyal yang diukur pada interval waktu Δt .



Gambar 8 . 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 9. Jika kode output koverter terdiri atas n bit, maka bilangan diskrit tingkat output adalah 2^n .



Gambar 9. *Analog to Digital Converter* (Bambang:2009:5)
 (a) Dasar Hubungan
 (b) Karakteristik ideal pada 3 bit ADC

Berdasarkan Gambar 9 nilai output merupakan perbandingan antara tegangan masukan V_i dengan tegangan referensi V_{ref} dengan rumusan seperti Persamaan (4) :

$$V_o = \frac{V_i}{V_{ref}} \dots \dots \dots (4)$$

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):

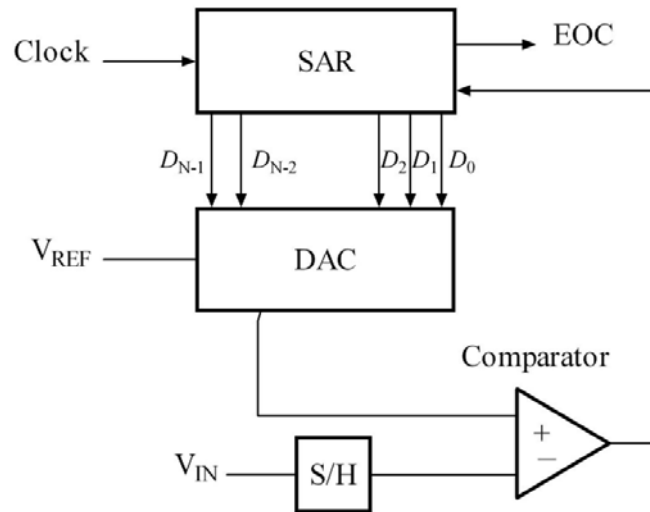
Suatu rangkaian elektronik yang mempergunakan sistem digital sering memerlukan suatu alat pencacah yang dapat menghitung keatas dan kebawah. Alat pencacah yang dapat melakukan perhitungan seperti itu disebut *binary up-down counter* yang dapat menghitung keatas dan kebawah dengan mengatur suatu alat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



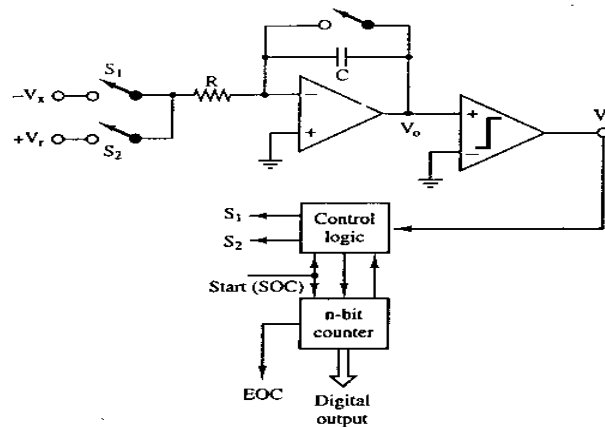
Gambar 10. Blok Diagram *Successive-Approximation* ADC
(Sumber: Bambang.1997:13)

Gambar 10 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 11 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 11. Blok Diagram *Dual-Ramp Converter*

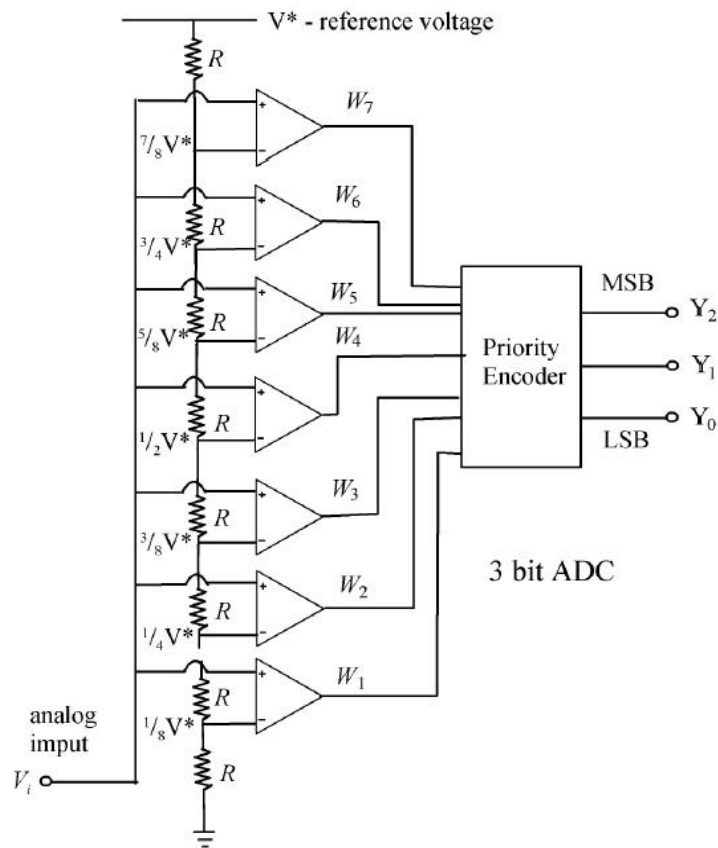
(Sumber: Bambang.1997:16)

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 keintegrator 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 12. Input analog yang diberikan secara simultan kebeberapa komparator. Masing- masing komparator mempunyai satu input yang dihubungkan ketegangan 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 12. Blok Diagram *Parallel Converter*

(Sumber: Bambang.1997:18)

Waktu konversi dari ADC tipe ini sangat cepat, yaitu sekitar 30 ns. Sehingga output digital diperoleh dengan cepat setelah waktu pada komparator dan waktu penalaran 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:1997:18)

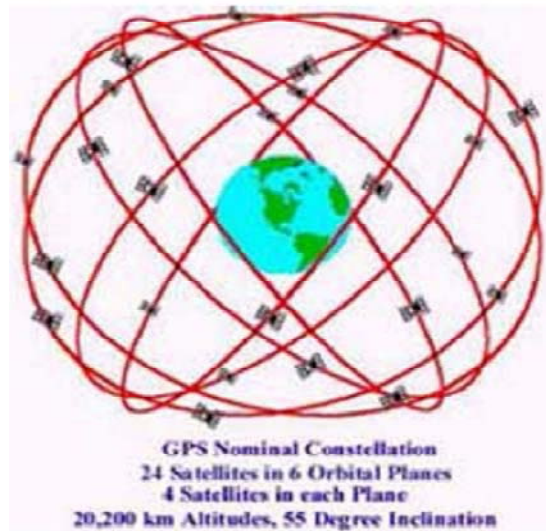
3. *Global Positioning Sistem* atau GPS

GPS merupakan suatu sistem navigasi yang digunakan dalam penentuan suatu posisi. 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.

Dalam penggunaannya GPS memiliki tiga segmen penting. Menurut Winardi “sebuah GPS terdiri dari tiga segmen penting seperti satelit, pengontrol dan penerima”. Satelit bertugas untuk menerima dan menyimpan data yang ditransmisikan oleh stasiun-stasiun pengontrol dan memancarkan sinyal serta informasi secara kontinu ke pesawat penerima atau *receiver*. Pengontrol bertugas 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 bertugas menerima data dari satelit dan memprosesnya. Adapun bentuk orbit satelit GPS seperti pada Gambar 13 yang terdiri dari 24 satelit.

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 di bumi akan dapat ditentukan koordinatnya oleh GPS setiap saat selama 24 jam.



Gambar 13. Orbit Satelit GPS (Bambang, 2009:7)

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. Penggunaan satelit ke-4 membuat *GPS Receiver* dapat menghitung posisi ketinggian titik tersebut terhadap permukaan laut.

Untuk menerima sinyal GPS dari satelit digunakan antena GPS sebagai *GPS receiver*. Bentuk antena GPS yang biasa dipakai adalah seperti Gambar 14.



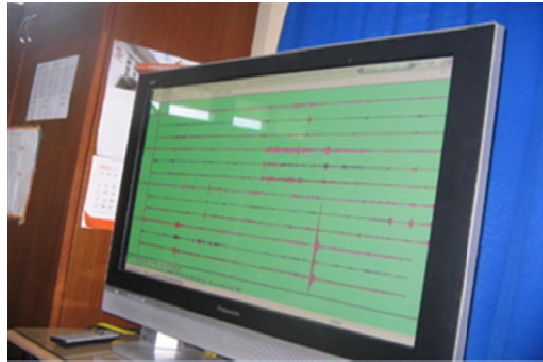
Gambar 14. Antena GPS (<http://www.htcaccessorystore.com>)

Antena GPS tersebut dihubungkan langsung ke PC atau melalui sistem pengolahan sinyal yang disebut ADC. Data sinyal GPS yang diperoleh dari satelit GPS akan terbaca pada PC sebagai informasi waktu dan koordinat lokasi. Dengan demikian koordinat posisi dari suatu tempat dapat ditentukan.

4. Display

Output dari ADC selanjutnya diproses untuk direkam pada media penyimpanan elektronik. Pada proses ini biasanya digunakan komputer untuk mengatur proses pengambilan data dan penyimpanan data. Pola penyimpanan data untuk setiap *digitizer* biasanya memiliki karakter sendiri yang diatur dalam format tertentu, dalam seismologi biasanya dikenal beberapa format data diantara nya: SEED, MSEED, SAC, PSN, WGSN dan lain sebagainya. Data-data seismik yang sudah tersimpan dalam media penyimpan dapat dilakukan beberapa hal seperti melihat sinyal, filter digital, sampai pengolahan data.

Sistem seismograf digital biasanya menggunakan komputer atau laptop sebagai *display* untuk menampilkan rekaman sinyal seismik atau bisa juga menggunakan mikrokontroler yang dapat menyimpan data rekaman gelombang berupa tegangan. Bentuk rekaman sinyal pada PC dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Monitor Rekaman Sinyal Seimik Pada Seismograf Digital.

Tampilan ini merupakan tampilan hasil rekaman saat terjadinya gempa bumi, Untuk melakukan proses analisis dan perlakuan lainnya di proses pada program yang disebut dengan WgsnPlot dan WinQuake. Rekaman sinyal yang telah dikonversi ke WgsnPlot dapat diolah dan diproses sehingga menghasilkan data parameter gempabumi yang diukur. Program WgsnPlot ini hanya menghasilkan data parameter berupa koordinat lintang bujur episenter, durasi, kedalaman dan waktu kejadian gempabumi. Sedangkan untuk menentukan Magnitudo gelombang diperoleh menggunakan analisis pada program WinQuake.

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisis deskriptif yang telah dilakukan pada sistem instrumen seismograf portabel digital tiga komponen PC Drum, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem seismograf PC Drum ini menggunakan sensor jenis CME 3111 yang sensitif terhadap getaran dengan frekuensi 1-50 Hz dengan suplay tegangan sebesar 12 V. Digitizernya disusun oleh rangkaian amplifier jenis op-amp menggunakan IC LT1007, LF444CN, LF442CN, ADC jenis LT1605 untuk mengubah data analog kedigital, PIC 18F452 sebagai kontroller, dan rangkaian regulator arus menggunakan IC LM2547N .
2. Dari hasil analisis data gempa menggunakan metoda *single station* diperoleh data lokasi episenter. Pertama, gempabumi pada tanggal 20 November 2010 terjadi dibarat daya stasiun, dengan koordinat $3,27^{\circ}$ LS – $100,31^{\circ}$ BT, gempabumi pada tanggal 04 Januari 2011 terjadi dibarat daya stasiun juga dengan koordinat 0.47° LS – $99,44^{\circ}$ BT, dan 05 Januari 2011 terjadi dibagian barat daya stasiun, dengan koordinat $2,62^{\circ}$ LS – $100,02^{\circ}$ BT. Kedua Berdasarkan perbandingan dengan data hasil analisis dengan seiscorp-3 terdapat sedikit perbedaan koordinat yang disebabkan oleh tingkat ketelitian analisis serta penggunaan seismometer single stasiun. Sehingga seismograf ini baik digunakan untuk pendeteksian gempa lokal.

B. SARAN

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

1. Penggunaan alat ini lebih dioptimalkan pada pengukuran gempa lokal saja karena tingkat kesalahan akan lebih kecil untuk pengukuran gempa yang dekat dengan stasiun.
2. Menempatkan seismometer pada lokasi yang dekat dengan daerah sumber gempa dan jauh dari pengaruh luar yang dapat menghasilkan noise, agar hasil gelombang gempa yang terekam dapat dianalisis dengan baik tanpa banyak gangguan dari noise.
3. Sebaiknya analisis untuk menentukan arah gelombang pertama pada tiap-tiap komponen bisa lebih teliti lagi agar hasil yang didapatkan bisa lebih tepat.
4. Dengan adanya deskripsi tentang instrumen seismograf ini, peneliti lain dapat memikirkan dan menciptakan seismograf yang lebih bagus dan lebih murah dibandingkan dengan alat yang telah ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Anang , M dkk. 2005. *Analisis Pangan*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Anonim .2006. *PIC18XX2 Data Sheet*. USA : Microchip Technology Inc.
- Anonim , 1985. *LT1007/LT1037 Data Sheet*. USA : Linear Technology Corporation
- Anonim .1997. *LTC1605 Data Sheet* . USA : Linear Technology Corporation.
- Anonim .2004. *Max232 Data Sheet* . Texas : Texas Instruments Incorporated.
- Bagus, R. 2010. *Earthqueck*. [http:// bagusrengga.wordpress.com](http://bagusrengga.wordpress.com)
- Bambang , S P. 2009. *Digital seismograf*. Jakarta : BMKG Pusat.
- Bambang , S P. 2009. *Instrumen Seismologi*. Jakarta: BMKG Pusat.
- Bormann, P. 2002. *Manual Baru Praktek Stasiun Pengamatan Seismologi (MBPS²)*. Jakarta: P.D Habibie Karya.
- Bruce A Bolt. 1985. *An Introduction to the Theory of Seismology*. Nelbourne Sydney: Cambridge University Press.
- Cabrera, O J. 2007. *Transmittal for Handbook No: 7460.8 REV 2*. Public and Indian Housing.
- Deddy, R. 1989. *Mengenal Teknik Digital*. Bandung : Sinar Baru.
- Depdiknas. 2008. *Kamus Besar Bahasa Indonesia Pusat Bahasa..* Jakarta: Gramedia.
- Dhany, H. 2008. *Pedoman Analisis Bahaya dan Resiko Gempabumi*. Laporan Penelitian.
- Gunawan, I. 2004. *Pengetahuan Seismologi* . Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Hartoto. 2009. *Penelitian Deskriptif*. Artikel. <http://www.penalaran-unm.org/index.php/artikel-nalar/penelitian/163-penelitian-deskriptif.html>. Diakses 4/5/2011.
- Ida, Ayu. etc. *Analisis Sistem*. Catatan kuliah Hal 1.
- Inoue, H. 2004. *PC DRUM : A PC- Based Seismic recording and nalysis System*). Jepang : Japan science and Technology Agency.
- Jean, M Z. 2001. *GPS Basic*. Swiss.