



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGUKURAN PARAMETER GEMPABUMI DI DAERAH
JOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN
SEISMOGRAPH TDS - 303S**

TESIS

**NAMA: DIBYO SUSANTO
NPM: 0906576750**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM MAGISTER INSTRUMENTASI**

**JAKARTA
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGUKURAN PARAMETER GEMPABUMI DI DAERAH
JOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN
SEISMOGRAPH TDS - 303S**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Instrumentasi

**NAMA: DIBYO SUSANTO
NPM: 0906576750**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI MAGISTER INSTRUMENTASI
KEKHUSUSAN INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA**

**JAKARTA
JUNI 2012**

ii

Universitas Indonesia

Keterangan Orisinalitas

Pernyataan Orisinalitas

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dibyو Susanto

NPM : 0906576750

Menyatakan bahwa Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Depok, Juni 2012



Dibyو Susanto

(NPM: 0906576750)

PENGESAHAN

Thesis ini diajukan oleh:

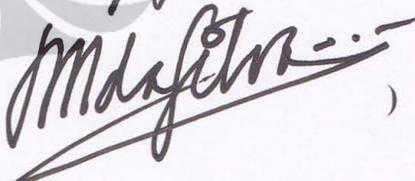
Nama : Dibyو Susanto
NPM : 0906576750
Program Studi : Pasca Sarjana
Judul Thesis : PENGUKURAN PARAMETER GEMPABUMI DI
DAERAH
JOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN
SEISMOGRAPH TDS - 303S

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Fisika pada Program Studi Fisika Instrumentasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Santoso Sukirno ()

Penguji : Dr. Sastra Kusuma Wijaya ()

Penguji : Prof. Dr. BEF Da Silva ()

Penguji : Dr. Cuk Imawan ()

Ditetapkan di: Depok
Tanggal : Juni, 2012

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah.,Tuhan yang penuh Kasih, karena hanya dengan pertolongan dan bimbinganNya maka penulis dapat menyelesaikan Tesis ini yang berjudul :

”PENGUKURAN PARAMETER GEMPABUMI DI DAERAH JOGYAKARTA
DENGAN MENGGUNAKAN SEISMOGRAPH TDS - 303S”

yang mana maksud penyusunan Tesis ini untuk memenuhi salah satu tugas akhir program pasca sarjana/ Magister. Disamping maksud tersebut , Penulis mengharapkan dapat menggali permasalahan instrumentasi agar dikemudian hari dapat memecahkan persoalan – persoalan yang menyangkut peralatan-peralatan pengukuran.

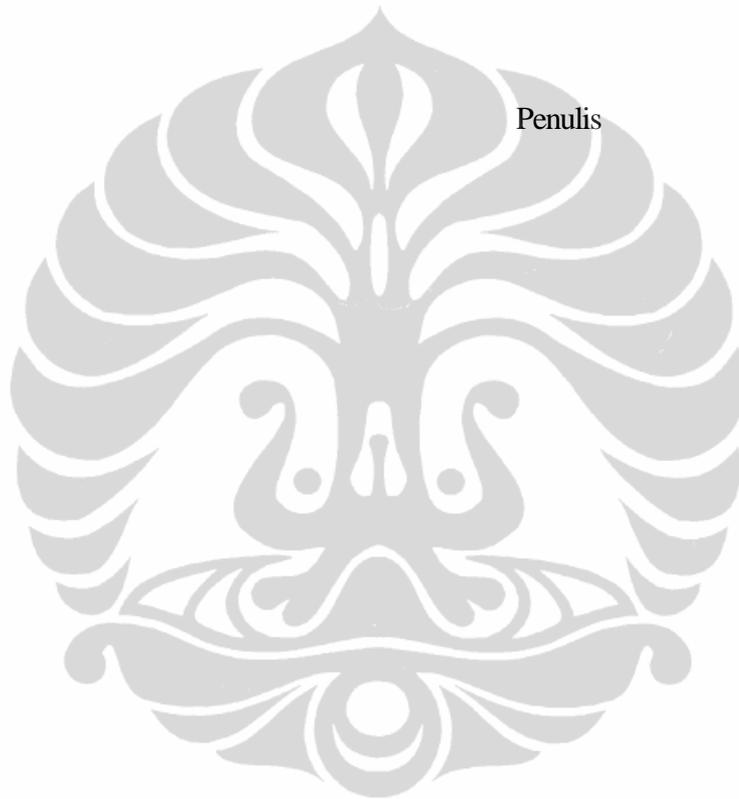
Pada akhirnya, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi sempurnanya Tesis ini., dan juga tak lupa penulis sampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga tesis ini dapat terselesaikan

Dari dasar hati yang paling dalam, penulis sampaikan rasa terima kasih kami kepada:

- Bapak Drs. Sunarjo, MSc. Deputi Bidang Instrumentasi Kalibrasi Rekayasa dan Jaringan., yang telah memberikan semangat dalam penyelesaian tugas – tugas kemahasiswaan.
- Bapak Drs. Subardjo, Dipl.Seis. Kepala Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika beserta staff yang telah memberi dukungan untuk mengikuti program Magister Fisika Instrumentasi.
- Bapak Dr. Santoso Sukirno yang telah memberikan pengetahuan, bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tesis ini.
- Semua rekan mahasiswa yang telah melewati waktu pendidikan bersama – sama dalam duka maupun suka.
- Anak – anakku yang kusayangi., Christiana., Condro dan Yohana.
- Semua Rekan dan Sahabat yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap kiranya tesis ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak dalam rangka optimalisasi pengetahuan dalam bidang instrumentasi dimasa yang akan datang.

Depok, Juni 2012



**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dibyو Susanto
NPM : 0906576750
Program Studi : Pasca Sarjana
Departemen : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas : Fisika Instrumen
Jenis karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

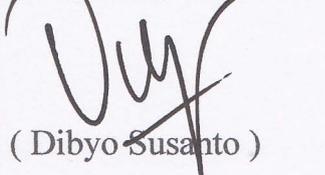
**PENGUKURAN PARAMETER GEMPABUMI DI DAERAH JOGYAKARTA
DENGAN MENGGUNAKAN SEISMOGRAPH TDS - 303S**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : Juni 2012

Yang menyatakan



(Dibyو Susanto)

ABSTRAK

Judul Tesis : Pengukuran Parameter Gempabumi Di Daerah Yogyakarta Dengan Menggunakan Seismograph TDS – 303S

Perkembangan ilmu pengetahuan dalam bidang Geofisika pada umumnya dan ilmu Seismologi pada khususnya tidak dapat lepas dari kemampuan alat ukur yang diperlukan sehingga untuk menunjang kemajuan ilmu tersebut maka perkembangan instrumentasi seismologi mutlak diperlukan, bahkan dalam hal ini menjadi pemicu secara imbal balik dimana kemajuan dalam bidang instrumentasi memicu kemajuan ilmu seismologi atau demikian sebaliknya.

Instrumentasi yang dibuat untuk mendeteksi getaran gempabumi telah mengalami beberapa tahap perubahan dan perkembangan, dikenal dengan nama seismograph, pada awalnya hanya dipakai untuk mencatat adanya getaran yang timbul karena adanya gerakan – gerakan dari lapisan bumi sedangkan bentuk tampilannya sangat sederhana sebagai instrumentasi yang bersifat konvensional dan analog, sedangkan TDS-303S merupakan instrumen yang merepresentasikan perkembangan alat ukur modern berbasis digital dengan berbagai macam aplikasi untuk penyajian data kegunaan (Seismisitas) dan pemroses data hingga menghasilkan parameter-parameter gempabumi seperti magnitude, epicenter, kedalaman gempabumi dan lain-lain .

Penggunaan seismograph TDS-303S dalam pengukuran seismisitas yang dilakukan di Yogyakarta memberikan hasil yang dapat dipertanggung jawabkan dimana hasil analisa data mengindikasikan lokasi yang sesuai dengan fakta di lapangan yang merupakan jalur patahan sedangkan nilai rata-rata kesalahan adalah 0,5 yang menjadi nilai akurasi alat TDS-303S.

KATA KUNCI : Analisis, Seismograph, Pengukuran Seismisitas.

ABSTRACT

Thesis Title : Earthquake Parameters Measurements in Jogyakarta Teritory Using Seismograph TDS – 303S

The development of Geophysics science particulary in the Seismology field can not be separated from the ability of gauges that necessary to support the advancement of the science of seismology . Instrumentation development is absolutely necessary, even in this case, which lead to advances in the advancement in the science of seismology or vice versa.

Instrumentation that designed to detect earthquake vibrations untill now has undergone several stages of change and development. Instrumentation in seismology that called seismograph, at the begining was used only to make recording the movement of the earthsphere and the displayed in simply graph as records while the appearence was very simple as the conventional instrumentation and analog, while recently., TDS-303S is an instrument that represents the development of modern measuring devices based on digital with a wide range of applications for the presentation of seismic data (seismicity) and processing datas to generate the earthquake parameters such as earthquake magnitude, epicenter, depth of earthquakes and others. .

The use of TDS-303S seismograph in seismicity measurements conducted in Yogyakarta provide results that can be justified where the location of the data analysis indicated in accordance with the facts that the epicenters lied on the fault line, while the average error is 0.5 that can be determined as the value of the accuracy of the TDS -303S.

KEY WORDS: Analysa, Seismograph, Seismicity measurement.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
KETERANGAN ORISINALITAS	iii
LAMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Deskripsi Seismograph TDS – 303S	2
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Masalah Penelitian	4
1.6. Penyelesaian Masalah	4
1.7. Tujuan Kegiatan Penelitian	5
1.8. Metodologi Penelitian	5
1.9. Manfaat Penelitian	6
BAB II. LANDASAN TEORI	7
2.1. Dasar – dasar Teori Seismologi	7

2.1.1.	Skala magnitudo gempabumi.....	7
2.1.2.	Pengukuran parameter gempabumi satu titik	10
2.2.	Dasar-dasar Instrumentasi.....	11
2.2.1.	Komponen umum sistem instrumentasi	12
2.2.2.	Prinsip pemrosesan sinyal digital	13
2.2.3.	Analog to Digital Converter (ADC).....	14
2.3.	Kalibrasi Instrumen.....	16
2.4.	Prinsip-prinsip Kalibrasi Instrumen	16
BAB III. METODE PENELITIAN		18
3.1.	Konfigurasi Seismograph TDS – 303S Dalam Pengukuran Gempabumi	18
3.2.	Seismometer Triaxial Type DS – 4A	22
3.2.1.	Mekanisme gerak sensor	24
3.2.2.	Pengkondisi sinyal analog	27
3.2.3.	Prinsip kerja seismometer DS - 04A.....	28
3.2.4.	Fungsi transfer transduser	29
3.3.	Digitiser TDL – 303S.....	31
3.3.1.	Perubahan sinyal analog menjadi sinyal digital.....	32
3.3.2.	Pemrosesan sinyal digital.....	33
3.3.3.	Pusat pengolahan data	33
3.3.4.	Unit display	33
3.4.	Pendukung Operasional TDS – 303S	34
3.4.1.	Sumber tegangan.....	35
3.4.2.	Penerima sinyal satelit	35
3.4.3.	Sistem perekam data.....	35

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Perangkat Lunak TDS – 303 S.....	36
4.2. Kalibrasi Seismograph TDS – 303S dan Pengambilan Data Seismik	39
4.2.1. Hasil kalibrasi alat	39
4.2.1.1. Prosedur kalibrasi pulsa.....	39
4.2.1.2. Prosedur kalibrasi sinyal sinusoidal.....	42
4.3. Pengambilan Data Lapangan dan Analisis	47
4.3.1. Cara pelaksanaan pengambilan data lapangan.....	47
4.3.2. Analisis data	48
4.4. Pengolahan Data Gempabumi.....	49
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
Lampiran	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Pola Skala Richter	9
Gambar 2.2.	Contoh Gerakan Awal Gelombang P	11
Gambar 2.3.	Blok Diagram Sistem Instrumentasi.....	13
Gambar 2.4.	Tahapan Proses Digitasi Sinyal Analog.....	14
Gambar 2.5.	Sampling sinyal kontinu dalam konversi menjadi sinyal Diskrit.....	15
Gambar 3.1.	Konfigurasi Seismograph TDS – 303S.....	19
Gambar 3.2.	Blok Diagram TDS - 303S.....	20
Gambar 3.3.	Blok Diagram Seismomer DS - 04A	23
Gambar 3.4.	Seismometer DS – 04A	24
Gambar 3.5.	Sensor DS – 04A.....	25
Gambar 3.6.	Bagan Sensor DS – 04A.....	26
Gambar 3.7.	Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	27
Gambar 3.8.	Blok Diagram Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	28
Gambar 3.9.	Blok Diagram Fungsi Transfer.....	29
Gambar 3.10.	Perangkat Digitiser Gempabumi TDL – 303S.....	31
Gambar 3.11.	Blok Diagram Digitiser TDL – 303S	32
Gambar 3.12.	Unit Display	34
Gambar 4.1.	Flow Chart TDS 303 – S.....	38
Gambar 4.2.	Tampilan pilihan sinyal kalibrasi	40
Gambar 4.3.	Hasil kalibrasi bentuk pulsa	40
Gambar 4.4.	Tampilan pilihan kalibrasi sinyal sinusoidal	42
Gambar 4.5a.	Hasil kalibrasi sinyal	43
Gambar 4.5b.	Hasil kalibrasi sinyal dengan kerusakan satu kanal.....	44

Gambar 4.6.	Grafik Sensitivitas seismometer otomatis	46
Gambar 4.7.	Tampilan Proses data menggunakan Datapro.exe	49
Gambar 4.8.	Rekaman gempabumi di Yogyakarta	50
Gambar 4.8a.	Tampilan rekaman gempabumi dan bentuk <i>zooming</i>	51
Gambar 4.8b.	Bentuk <i>zooming</i> rekaman even gempabumi komponen U-D.....	52
Gambar 4.8c.	Bentuk <i>zooming</i> rekaman even gempabumi komponen N-S	53
Gambar 4.8d.	Bentuk <i>zooming</i> rekaman even gempabumi komponen E-W.....	54
Gambar 4.9.	Parameter gempabumi hasil program datapro.exe.....	55
Gambar 4.10.	Tampilan peta posisi sumber gempabumi (<i>Epicenter</i>)	56
Gambar 4.11.	Tampilan Peta model Cross Map.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel. 4.1. Respon Frekwensi Sinyal Kalibrasi.....	45
---	-----------



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kemampuan untuk menentukan lokasi sumber gempa bumi dan hasil penghitungan manitude sangat dipengaruhi oleh kemampuan peralatan yang memiliki ketelitian yang menentukan hubungan antara hasil pengukuran dan pergerakan tanah yang sebenarnya. Oleh karena itu dilakukan perancangan suatu sistem akuisisi data yang berbasis komputer sehingga proses pencatatan data lebih cepat, lebih akurat dan sistem penyimpanan data yang praktis sehingga mudah disimpan sebagai data base seperti hard-disk, Compact disc, flash disc dan lain lain dimana pada saat diperlukan dapat diprint-out dalam bentuk grafik ataupun tabel.

TDL-303S (Taide Digital Seismograph-303S) adalah alat pencatat getaran tanah berbasis pada sistem digital, dimana fungsi utama alat tersebut adalah sebagai alat pengindra gempa bumi yang dilengkapi dengan program – program aplikasi sehingga dapat menganalisis data dan menyajikan dalam beberapa model tampilan. Seismograph pada awalnya hanya dipakai untuk mencatat adanya getaran yang timbul karena adanya gerakan – gerakan dari lapisan bumi sedangkan bentuk tampilannya sangat sederhana sebagai instrumentasi yang bersifat konvensional dan analog dengan dimensi yang sangat besar sedangkan sistem pencatatan dengan menggunakan goresan pena dengan tinta atau bahkan pada awalnya menggunakan media kertas pias yang diasapi sehingga berjelaga sebagai alat pencatat yang prosesnya sangat sederhana .

Sampai saat ini BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika) memiliki ratusan alat pemantau getaran seismic stasioner yang mengirimkan data melalui jaringan telekomunikasi ke pusat gempa nasional, yang setelah dianalisis kemudian dipublikasikan untuk kepentingan masyarakat secara umum berdasarkan kriteria-kriteria tertentu terutama lokasi dan besar energi yang

dilepaskan oleh sumber gempa bumi. Selain dari peralatan stasioner ada juga peralatan yang bersifat *mobile (portable)* yang digunakan untuk mengamati getaran gempa bumi secara khusus pada saat terjadi even yang berkekuatan besar guna melakukan pengukuran yang intensif dan lebih mendekati titik sumber gempa bumi sehingga gempa bumi susulan yang terjadi dapat terdeteksi dan tercatat sampai pada pelepasan energi yang sekecil – kecilnya. Seismograph *portable* seperti TDS – 303S juga sering digunakan untuk penelitian-penelitian yang menyangkut keilmuan dalam bidang geofisika seperti *pengukuran seismic pasif, microtermors, focal mechanism* dan lain – lain sehingga bentuk dan dimensi instrumen juga dituntut sepraktis mungkin agar mudah dalam tranportasi yang biasanya menempuh medan bersifat lintas alam.

1.2. Deskripsi Seismograph TDS – 303S

Seismograph digital TDS – 303S merupakan generasi seismograph digital terbaru yang dibuat oleh Zhuhai Taide Enterprise.Co, Ltd., dengan rancangan berbasis pada akuisisi pencatat data seismic yang disebut dengan TDE – 324 CI. Perangkat iini terdiri dari akuisisi data/ kontrol motherboard, unit display, accumulator, set panel surya dan modul GPS., dilengkapi dengan *real time operating system (RTOS)* sehingga memungkinkan untuk pengoperasian secara aktual.

TDS – 303S dilengkapi dengan AD 24 bits, total distorsi harmonis (THD) yang rendah, jangkahan respon dinamis yang lebar, dengan akuisisi data seismik 24 bit, penyimpanan data (*CF Card*) dengan kapasitas 4GB, dengan konsumsi catu daya yang rendah.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Pengukuran parameter gempabumi di Yogyakarta dengan menggunakan seismograph TDS - 303S dilakukan dengan maksud untuk menguji kemampuan instrumen dalam kelaikan operasi, selain itu agar TDS-303S ini dimengerti dalam segi teknis bukan sekedar operasional, karena instrumen ini tergolong baru dan belum pernah dipelajari dan dimengerti secara detail. Selanjutnya dilakukan analisis dengan mempelajari karakteristik instrumen yang menggunakan prinsip-prinsip analog maupun digital dengan cara menguraikan dan meneliti aspek – aspek teknis instrumen sehingga jika terjadi kegagalan operasional dapat diatasi dengan cepat.

Selain daripada maksud diatas, perlu juga dibuat ketentuan standar operasional kerja agar ada kepastian urutan kerja yang pasti sehingga tidak akan terjadi kesalahan dalam operasional, lebih dari itu diharapkan penelitian ini dapat menambah pengetahuan bagi teknisi maupun operator yang bekerja menggunakan instrumen TDS – 303S.

1.4. Batasan Masalah

Dalam tulisan ini, akan dibahas terutama mengenai prinsip kerja TDS 303-S dan teknik kalibrasi serta menganalisis kemungkinan – kemungkinan kerusakan instrumen yang dapat terjadi sehingga jika timbul masalah dalam operasional instrumen dapat diatasi dengan cepat. Dengan mengetahui jenis – jenis kerusakan dan cara memperbaikinya maka dapat diharapkan sistem instrumen dalam operasionalnya menjadi optimal.

Selain daripada bahasan mengenai prinsip kerja TDS – 303S, dilakukan ujicoba lapangan untuk menguji kemampuan seismograph TDS – 303S dalam mengukur parameter gempabumi baik dari segi akurasi, efisiensi, maupun efektifitas. Ujicoba yang dilakukan di daerah Yogyakarta dengan hasil pengukuran dan pengamatan gempabumi yang terdeteksi atau tercatat pada tahun 2011

disertakan untuk melengkapi data-data dan pengolahan dengan menggunakan seismograph TDS-303S.

1.5. Masalah Penelitian

Pengukuran parameter gempabumi adalah pengukuran yang bersifat pengamatan (observasi) karena obyek yang diukur merupakan suatu kejadian alam yang waktu terjadinya tidak dapat dipastikan sehingga untuk mendapatkan hasil pengukuran parameter gempabumi yang terjadi memerlukan waktu pengamatan yang lama. Selain dari masalah waktu, pengukuran yang dilakukan juga harus memperhatikan lokasi atau tempat. Lokasi atau daerah yang baik untuk pengukuran adalah daerah yang frekwensi terjadinya gempabumi terbilang tinggi atau sering terjadi, semakin dekat sumber gempabumi adalah semakin baik karena pengaruh *noise* yang semakin kecil sehingga data yang didapat lebih akurat ditinjau dari segi *human error*.

1.6. Penyelesaian Masalah

Salah satu keuntungan dari seismograph TDS – 303S adalah merupakan alat ukur *mobile (portable)* sehingga untuk pelaksanaan pengukuran parameter gempabumi sangat *flexible* berkenaan dengan lokasi pengukuran yang dipilih, sedangkan bentuk dan ukuran TDS – 303S juga terbilang praktis sehingga tidak banyak masalah nonteknis yang timbul.

Lokasi pengukuran parameter gempabumi sebagai tempat ujicoba seismograph TDS - 303S adalah Yogyakarta karena mengingat bahwa setelah terjadi gempabumi yang mengguncang Daerah Istimewa Yogyakarta pada tanggal 27 Mei 2006, frekwensi terjadinya gempabumi di daerah tersebut cukup tinggi baik gempabumi yang dapat dirasakan manusia maupun yang hanya terdeteksi oleh instrumentasi seperti TDS – 303S.

1.7. Tujuan Kegiatan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan agar pengukuran parameter gempabumi dapat dilakukan dengan menggunakan sistem instrumentasi modern berbasis digital tanpa timbul kendala teknis maupun nonteknis sedangkan data yang dihasilkan lebih baik dan lebih akurat jika dibandingkan dengan instrumen analog dengan efisiensi operasional yang maksimal (100 persen per hari) .

1.8. Metodologi Penelitian

Kegiatan penelitian seismograph TDS - 303S dalam ujicoba pengukuran parameter gempabumi dilakukan dalam kurun waktu bulan Januari 2011 sampai dengan bulan Juni 2012, dengan hasil data pengamatan gempabumi di daerah Jogjakarta dari bulan Januari 2011 sampai dengan Desember 2011.

Metode – metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Penulis dalam kegiatan ini menerapkan metode studi literatur yaitu dengan berusaha mempelajari materi dasar – dasar pengetahuan yang bersesuaian dari buku – buku, artikel, bahan – bahan kuliah, buletin dan journal serta buku manual seismograph TDS – 303S sehingga dapat menjadi referensi dan mendukung kerja dalam kegiatan penelitian ini.

2. Bimbingan dan konsultasi

Hal yang paling penting yang berandil besar adalah bimbingan dari senior – senior dalam pendidikan dan ilmu pengetahuan sehingga menjadi media konsultasi yang sangat membantu dalam penulisan tesis ini serta memberi arahan agar mencapai hasil sesuai dengan yang diharapkan.

3. Studi lapangan

Usaha untuk memahami sistem instrumentasi secara *detail*, dilakukan penelitian secara langsung.

1.9. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian dan ujicoba seismograph TDS – 303S dalam pengukuran parameter gempabumi didapatkan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi dan pengetahuan tentang instrumentasi berbasis digital dan sistem komputerisasi dalam analisa data sehingga
2. Mengatasi masalah “ Gagap Teknologi “ karena uraian dalam penelitian ini sedikit banyak dapat menjembatani kesenjangan dalam pengetahuan antara peralatan konvensional dan peralatan modern yang berbasis digital dan komputer.
3. Pengukuran parameter gempabumi menjadi lebih mudah dan lebih akurat, karena uraian cara pengoperasian instrumen yang jelas memudahkan pelaksanaan pengukuran serta sistem penyimpanan data yang didukung dengan kartu memori (*memory card*) dan memori pada komputer.

BAB II

LANDASAN TEORI

Keterkaitan antara obyek pengukuran dengan alat ukur tidak dapat dipisahkan sehingga dalam pengoperasian instrumen TDS-303S juga diperlukan pengetahuan tentang masalah kebumihan yang menjadi tujuan pengukuran seperti hal-hal yang menyangkut seismisitas, oleh karena itu dalam landasan teori ini diulas teori-teori tentang penentuan parameter gempabumi selain teori yang melandasi karakteristik alat pengukur gempabumi TDS-303S.

2.1. Dasar-dasar Teori Seismologi

Tujuan utama dalam pengukuran seismisitas yang merupakan tugas dan tanggung jawab Seismologis adalah menentukan lokasi sumber gempa yang pasti dan penyebaran energi seismic adalah merupakan salah satu hal yang sangat penting. Dalam prakteknya, parameter gempa bumi yang sering dipublikasikan salah satunya adalah Magnitude gempabumi yang penting dalam keterkaitannya dengan berbagai keperluan penelitian baik tentang studi fisik maupun tentang studi statistik kegempaan.

2.1.1. Skala magnitudo gempabumi

Magnitude adalah suatu besaran skala yang merepresentasikan besarnya kekuatan atau energi seismik yang dilepaskan oleh suatu gempa pada daerah tertentu dimana besaran ini akan berharga sama meskipun dihitung dari stasiun pengamat yang berbeda. Pada dasarnya nilai magnitudo gempa ditentukan berdasar pada besar kecilnya amplitudo gelombang gempa yang merupakan representasi besar energi getaran.

Konsep tentang magnitudo menyatakan bahwa amplitudo gelombang merepresentasikan besar gempabumi dimana besar amplitudo terkoreksi menurun

terhadap jarak bersesuaian dengan penyebaran geometris dan atenuasi.^[3] Skala magnitudo secara umum mempunyai persamaan :

$$M = \log (A/T) + F (h, \Delta) + C \quad (1)$$

Dimana:

A: Amplitude gelombang

T : Periode Dominan

F : Fungsi koreksi amplitudo

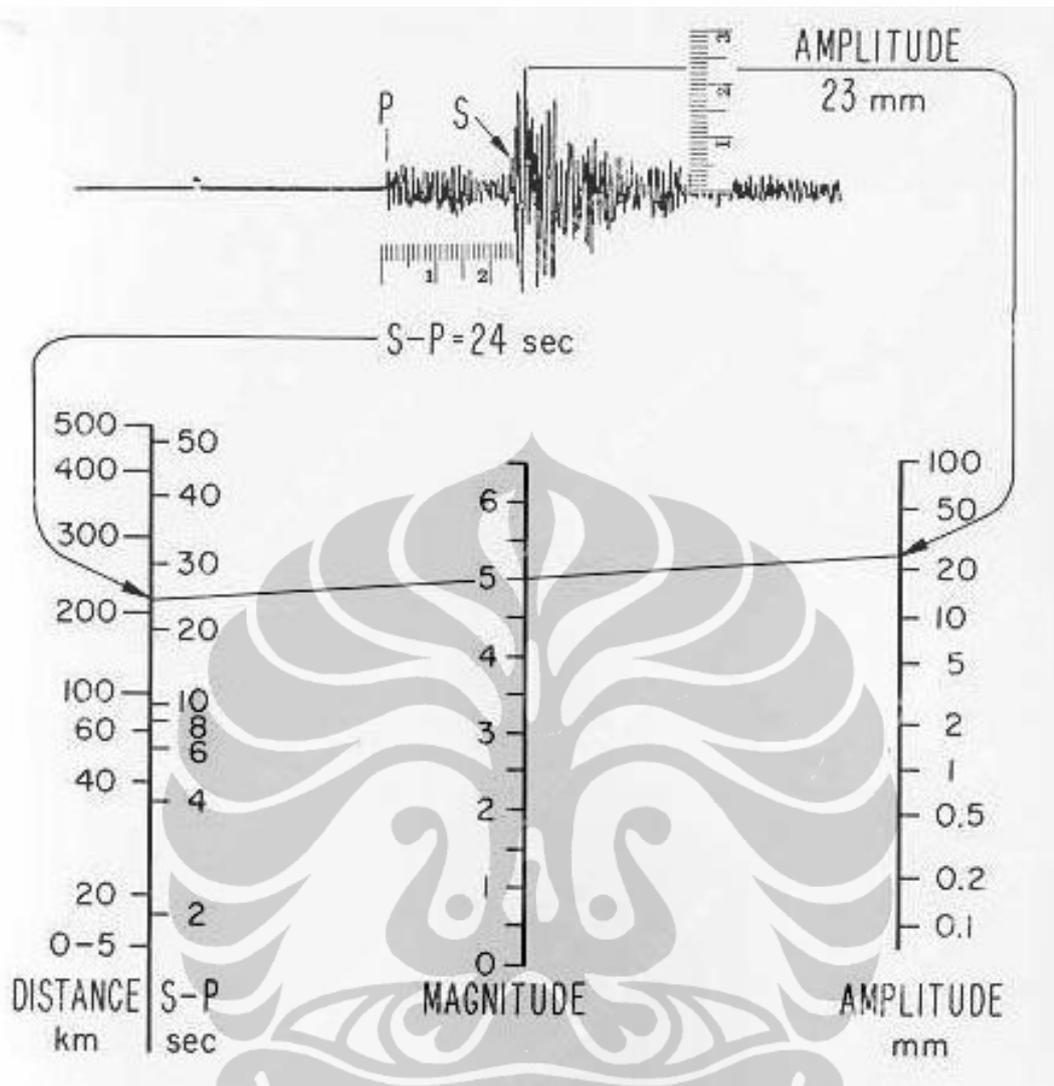
h : Kedalaman sumber gempa bumi

Δ : Jarak epic dengan seismometer

C : Faktor skala regional

Skala magnitudo pada awalnya dikembangkan oleh Richter (1935) untuk menentukan ukuran kekuatan gempa bumi di California bagian selatan hingga berkelanjutan untuk menyatakan magnitudo gempa adalah dengan menggunakan skala ini. Penentuan magnitudo berdasarkan skala Richter diperoleh dari analisis tipe gelombang seismik, berupa rekaman tanah yang tercatat paling besar dengan memperhitungkan koreksi jarak stasiun pencatat ke lokasi epicenter, sedangkan besar magnitudo yang ditentukan adalah magnitudo lokal (M_L) yang di referensikan sebagai “Skala Richter”.

Pada Gambar 6.2. menunjukkan bahwa (M_L) ditentukan dari amplitudo yang diukur pada suatu seismograph yang spesifik , yang dikenal dengan seismograph Wood-Anderson. Magnitudo terbesar yang terjadi yang biasanya adalah gelombang S, diukur dan dikoreksi terhadap jarak antara sumber gempa bumi dengan sensor pengukur, yang ditentukan berdasarkan perbedaan waktu tiba gelombang S dan gelombang P.



Gambar 2.1. Pola Skala Richter

Pada Gambar 2.1. menunjukkan hubungan antara amplitude dan jarak epicentar dan perbedaan waktu tiba gelombang S dengan gelombang P untuk menentukan besar magnitude gempa lokal (M_L). Magnitude ditentukan dengan mengukur amplitude yang terbesar dan perbedaan waktu tiba S-P yang pada Gambar 2.1. tersebut diatas sebagai contoh besar amplitude adalah 23mm dan perbedaan waktu tiba S-P adalah 24 s sehingga didapatkan harga magnitude M_L sebesar 5,0 (diambil dari: "Earthquakes by Bruce A. Bolt, 1993).

2.1.2. Pengukuran parameter gempabumi satu titik

Secara umum, epicenter gempabumi ditentukan dengan menggunakan data waktu tiba getaran gempabumi dari beberapa stasiun pengamatan, namun demikian dapat juga melokalisir sumber gempabumi menggunakan stasiun tunggal dengan menggunakan seismometer triaxial. Bila gelombang P terpolarisasi vertikal dan radial, vektor gerakan gelombang P dapat digunakan radial gelombang P akan dicatat oleh dua seismometer horizontal

N(orth) dan S(outh) dan perbandingan antara amplitude A_E/A_N pada komponen horizontal dipakai untuk menghitung backazimuth dari waktu tiba AZI^[5].

$$AZI = \arctan A_E/A_N \quad (1)$$

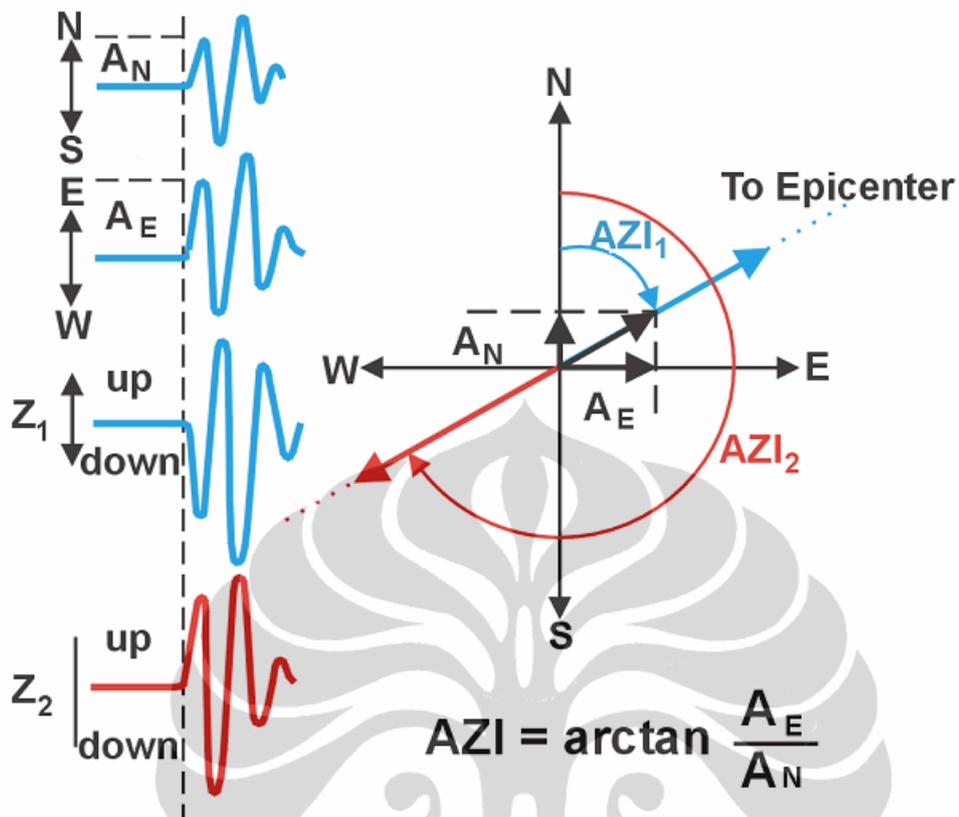
Pada kuadran 180° dapat terjadi dua kemungkinan dimana polaritas pertama dapat naik atau turun sehingga polaritas harus diperhatikan untuk menentukan *backazimuth* dengan benar. Amplitude komponen vertikal A_Z bersama-sama dengan resultante amplitude komponen radial A_R juga digunakan untuk menghitung sudut kejadian semu (*apparent incident*) I_{app} .

$I_{app} = \arctan A_R/A_Z$ dari gelombang P. Walaupun menurut Wiechert(1907) sudut incidence sebenarnya (i_{true}) dari gelombang P adalah:

$$i_{true} = \arcsin (V_P/V_S \times \sin 0.5 i_{app}) \quad (2)$$

dengan beda perhitungan untuk distorsi amplitude terhadap pemantulan pada permukaan bebas. Setelah sudut incidence i dan kecepatan seismik lokal V_c pada stasiun pengamat, *apparent velocity* V_{app} dari phase getaran dengan

$$V_{app} = V_c / \sin i \quad (3)$$



Gambar2.2. Contoh Gerakan Awal gelombang P

Gambar 2.2. menunjukkan arah simpangan/ gerakan awal gelombang P pada seismograph 3 komponen yang mana backazimuth AZI dan sudut Incidence i yang diturunkan dari persamaan 1 dan 2. Bila simpangan pertama gelombang P pada komponen vertikal kearah atas (naik) yang didefinisikan sebagai gerakan pertama kompresi terdeteksi sensor bersesuaian dengan arah gerakan menjauhi sumber kemudian komponen radial gelombang P arahnya menjauhi hypocenter.

2.2. Dasar – dasar Instrumentasi

Instrumentasi secara umum merupakan gabungan dari beberapa sub system atau elemen yang diperlukan untuk menyatakan sesuatu yang menjadi target pengukuran. Sedangkan pengukuran itu sendiri merupakan suatu proses untuk mencari nilai empiris dari suatu besaran standar yang diketahui sehingga

nilai dari pengukuran harus bersifat independen dari pengamat dan harus berasal dari hasil pengamatan.^[2]

2.2.1. Komponen umum sistem instrumentasi.

Penggunaan instrumen dalam mencapai tujuan pengukuran pada umumnya dilengkapi dengan perangkat-perangkat yang dapat memberikan informasi tentang kuantitas hasil pengukuran, baik instrumen analog maupun digital. Berkaitan dengan instrumentasi dan pengukuran., berikut ini adalah hal-hal yang mencakup konsep pengukuran yang meliputi:

1. Besaran yang diukur (Measurand):

Besaran fisis yang diukur dapat berupa besaran biopotensial, tekanan , aliran, dimensi, pergeseran, kecepatan, percepatan, gaya, impedansi, suhu, konsentrasi kimiawi, dan lain-lain.

2. Sensor :

Sensor adalah devais yang dipakai untuk mengkonversi besaran terukur menjadi besaran listrik, sedangkan Transducer digunakan untuk mengubah suatu energi ke energi lainnya.

3. Pengkondisi sinyal:

Suatu perangkat atau rangkaian yang berfungsi untuk memroses data keluaran dari sensor/ Transducer agar dapat diteruskan pada proses monitoring selanjutnya. Pengondisi sinyal biasanya dapat berupa penguat sinyal, attenuator, penggeser fasa, penambahan komponen DC, filter, Pengatur offset, dan lain-lain.

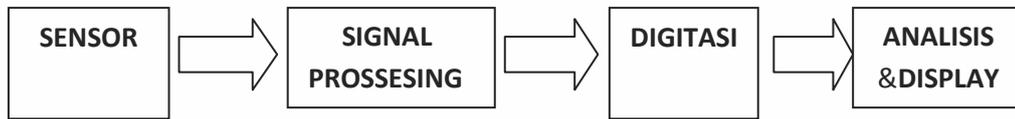
4. Analisis dan Display:

Digitasi, Analisis dan tampilan keluaran baik secara numerik, berupa grafik baik secara diskrit maupun kontinyu, maupun tampilan secara audio maupun visual.

5. Elemen Tambahan:

Pengkalibrasian sinyal, kontrol dan umpan balik, alarm, dan transmisi data ke lokasi remote (sistem telemetry).

Garis besar sistem Instrumentasi secara sederhana dapat digambarkan dalam bentuk blok diagram, seperti terlihat pada Gambar 2.3. di bawah ini.



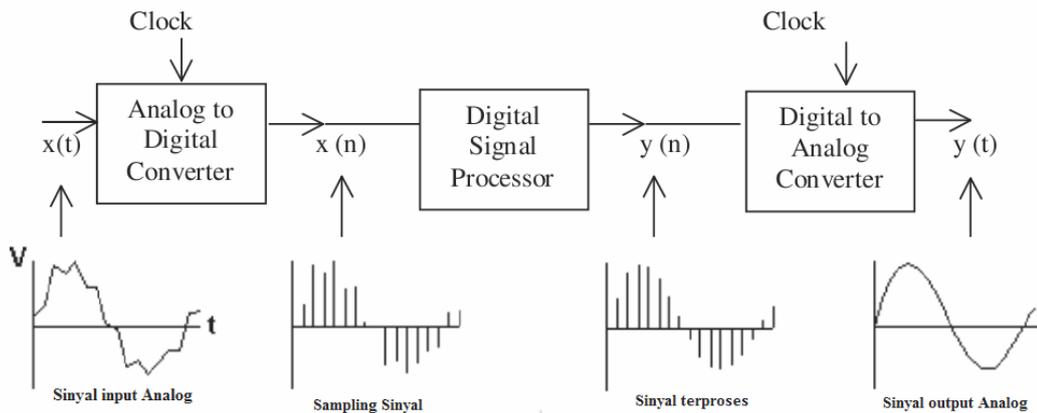
Gambar 2.3. Blok Diagram Sistem instrumentasi

Pada Gambar 2.3. tersebut diatas memperjelas tahapan-tahapan proses pengukuran yang terjadi dalam suatu alat ukur, yang dalam seismograph TDS-303S berdasarkan pada prinsip-prinsip analog dan digitasi sehingga data pengukuran dapat disajikan dengan menggunakan komputer.

2.2.2. Prinsip pemroses sinyal digital

Pemroses sinyal digital atau yang biasa disebut DSP (Digital Signal Processor) adalah merupakan microprosesor yang dirancang khusus untuk optimasi proses sinyal secara aktual (real time) dengan waktu tanggap yang cepat sehingga menghasilkan data langsung tanpa waktu tunda (delay time). Pada garis besarnya DSP berperan sebagai pengubah sinyal analog yang bersifat kontinyu menjadi sinyal digital yang merupakan bilangan-bilangan diskrit dalam bentuk binary, sehingga DSP dilengkapi dengan ADC pada masukan dan DAC pada bagian keluaran.

Fungsi DSP dalam instrumentasi adalah membentuk operasi numeric, transfer data dan pembentukan operasi logika.



Gambar 2.4. Tahapan proses digitasi sinyal analog

Pada Gambar 2.4. memperlihatkan proses kerja DSP dimana sinyal masukan yang bersifat kontinu dikonversikan menjadi bilangan binary, merubah sinyal analog kedalam informasi digital dengan cara sampling. Setelah sinyal diproses sebagai informasi digital kemudian direkontruksi kedalam bentuk semula sebagai sinyal analog.

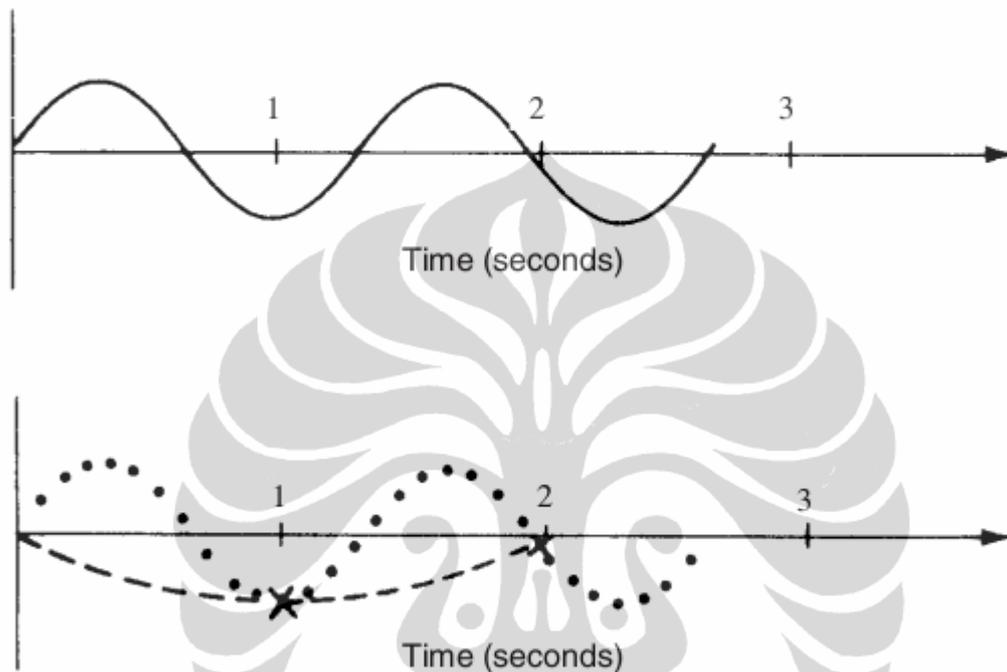
2.2.3. Analog to Digital Converter (ADC)

Dalam instrumentasi digital membutuhkan bentuk sinyal yang bersifat digital (diskrit) sedangkan bentuk sinyal yang dihasilkan transduser bersifat analog, oleh sebab itulah dibutuhkan suatu interface antara keluaran transduser yang analog dengan pemroses sinyal digital yaitu ADC dan yang pada tingkat selanjutnya memerlukan konverter sinyal yang sudah diproses kembali menjadi sinyal analog.

Proses perubahan analog menjadi digital terdiri dari sampling sinyal analog pada interval waktu yang teratur. Setiap sample tegangan analog kemudian diubah menjadi bentuk digital yang bersesuaian dalam batas waktu tertentu, selama terjadinya perubahan harga perubahan sinyal analog.

Pengambilan sampling sinyal analog berikutnya tidak dapat dilakukan sebelum konversi yang dilakukan selesai menjadi bentuk digital. Bentuk tampilan dalam komputer digital dari sinyal analog kontinyu merupakan sequen dari

sampel yang polanya mengikuti bentuk asli dari sinyal analog. Pola sampling yang diambil secara berturut-turut sesuai dengan interval waktu yang disebut dengan sinyal diskrit.^[1]



Gambar 2.5. Sampling sinyal kontinu dalam konversi menjadi sinyal diskrit

Proses perubahan sinyal kontinu menjadi sinyal diskrit dalam ilustrasi suatu sinyal sinusoidal dapat dilihat pada Gambar 2.5. Sebagai contoh proses sampling dimisalkan sinyal tersebut dengan frequency 0,75 cycle/detik dengan sampling rate kira-kira 11 sampling/detik, rekontruksi sampling sesuai dengan sinyal aslinya, beresesuaian dengan amat baik. Jika sampling rate turun maka kesesuaian antara rekontruksi sampling dengan sinyal aslinya kurang baik, jika sampling rate sangat kecil dibanding dengan frequensi sinyal analog maka akan menghasilkan rekontruksi yang salah yang dikenal sebagai gejala Aliasing.

Sedangkan untuk menghindari aliasing ini secara teori diatasi dengan menentukan sampling rate paling tidak lipat dua kali dari frequensi tertinggi sinyal yang disampling. Dalam prakteknya, biasanya dipilih antara lima sampai

sepuluh kali frekuensi sinyal tertinggi sehingga sinyal diskrit yang tersampling mendekati bentuk asli sinyal analog baik dalam amplitude maupun frekuensinya.

2.3. Kalibrasi Instrumen

Kalibrasi peralatan merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan dalam system pengukuran mengingat semua peralatan mengalami perubahan nilai karakteristiknya yang mana perubahan tersebut tergantung pada beberapa faktor, misalnya seperti kondisi lingkungan dimana instrument tersebut dipakai dan seberapa sering dan lamanya pemakaian. Tujuan kalibrasi adalah untuk menentukan kondisi suatu peralatan laik operasi atau tidak dengan prinsip kesesuaian antara keluaran atau indikasi dari suatu perangkat pengukuran dengan standar besaran yang digunakan dalam akurasi tertentu. Proses kalibrasi mutlak dilakukan sehingga ketepatan alat ukur terpenuhi, perlu dilakukan system kalibrasi yang efektif sesuai dengan ketentuan – ketentuan seperti berikut ini:

1. Perangkat baru
2. Perangkat pada satuan waktu tertentu.
3. Perangkat mengalami perpindahan tempat baik sengaja maupun tidak.
4. Perangkat menghasilkan data yang menyangsikan.

2.4. Prinsip-prinsip Kalibrasi Instrumen

Kalibrasi instrumen pada dasarnya dilakukan dengan cara membandingkan keluaran dari instrument ataupun sensor yang sedang diuji dengan suatu instrument yang telah diketahui ketelitiannya pada input yang sama kuantitasnya yang digunakan terhadap kedua instrument tersebut. Prosedur tersebut dilakukan dengan jangkahan input yang mencakup seluruh kemampuan pengukuran instrument maupun sensor. Kalibrasi menjamin ketelitian pengukuran semua instrument dan sensor yang digunakan dalam sistem pengukuran pada semua

jangkah pengukuran, dengan ketentuan bahwa instrumen maupun sensor terkalibrasi digunakan pada keadaan yang sesuai dengan situasi dan kondisi pada saat kalibrasi.

Dalam pemasangan seismometer ini memerlukan beberapa ketentuan yang terkait dengan posisi sensor yang harus diperhatikan.

Secara umum, hal-hal yang perlu diperhatikan dalam instalasi DS-04A adalah:

1. Ds-04A sedapatnya harus jauh dari keramaian; sedapat mungkin tempat-tempat yang berpotensi menimbulkan getaran harus dihindari atau di jauhi.
2. Mencari landasan yang solid seperti batuan atau bedrock guna meningkatkan sensitivitas sensor.
3. Mengarahkan seismometer ke arah mata angin yang sesuai dengan kondisi transducer untuk menghindari kesalahan arah dalam analisis data.
4. Levelling
5. Pemasangan Konektor.

BAB III

METODE PENELITIAN

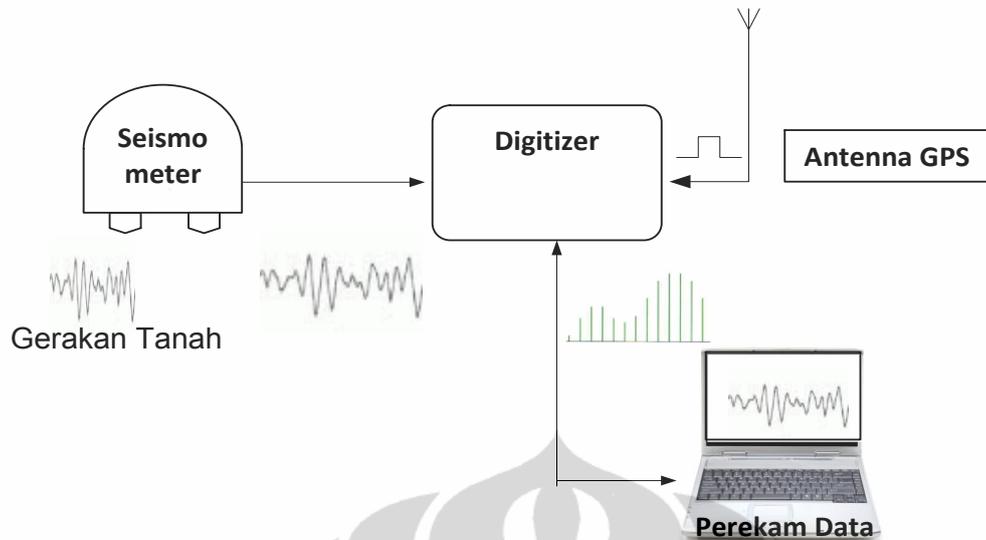
Sebagai instrumen yang berbasis digital, TDS 303-S tentunya membutuhkan alat penerjemah data-data digital yang dihasilkan menjadi data-data yang merupakan representasi data yang sebenarnya atau data hasil pengukuran, maka dari itu dalam operasionalnya TDS 303-S dilengkapi dengan perangkat program yang memungkinkan untuk hal tersebut bahkan juga beberapa program untuk analisis data sehingga data yang didapat bukan sekedar data yang dibaca tetapi juga diproses sehingga menghasilkan informasi data.

3.1. Konfigurasi Seismograph TDS-303S Dalam Pengukuran Gempabumi

Sistem instrumentasi pada dasarnya terdiri dari sensor/transducer, pengkondisi sinyal dan sistem perekam data yang pada awalnya bersifat mekanik atau manual dengan menggunakan tinta dan kertas. Sedangkan sistem instrumentasi dalam perkembangannya menggunakan sistem perekam data dengan memanfaatkan kemajuan teknologi komputer.

Perkembangan sistem instrumentasi tersebut dimungkinkan dengan melakukan perubahan – perubahan atau modifikasi komponen – komponen yang sesuai dengan kondisi teknologi tersebut. Demikian halnya TDS – 303S sebagai instrumentasi yang berbasis komputer juga memerlukan perangkat yang memungkinkan untuk hal tersebut yaitu pengubah sinyal analog menjadi sinyal digital atau digitiser, devais komunikasi data dan system catu daya (Power Supply).

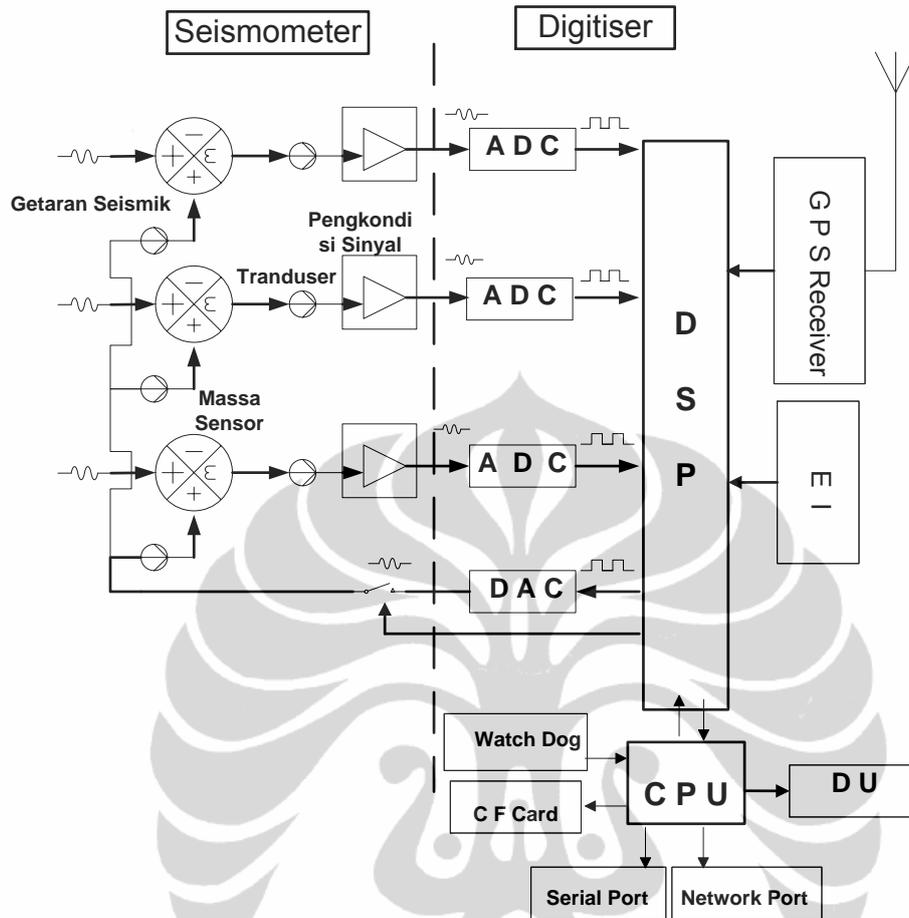
Gambar 3.1. adalah konfigurasi dari komponen – komponen TDS 303-S yang menunjukkan tata sambung dalam operasional kerjanya.



Gambar 3.1. Konfigurasi Seismograph TDS 303-S

Pada Gambar 3.1. terlihat hubungan antara satu alat dengan alat lainnya dan juga bentuk sinyal yang menunjukkan karakter sinyal masukan maupun sinyal keluaran pada tiap-tiap unit alat. Jika diuraikan secara rinci kerja alat dalam proses pengukuran getaran gempa bumi adalah sebagai berikut: Pada saat terjadi gerakan tanah maupun getaran gempa bumi, terjadi gerakan fisik yang merupakan gelombang kontinyu yang dideteksi oleh sensor-sensor didalam seismometer DS.04A. Sinyal yang terdeteksi sensor kemudian di transfer menjadi besaran elektrik, kemudian dikondisikan dengan filter dan amplifier yang terdapat didalam seismometer DS-04A sehingga didapatkan sinyal sinusoidal yang memenuhi syarat sebagai masukan pada digitiser TDL 303S yang bersama-sama dengan masukan pulsa tanda waktu dari GPS membentuk sinyal terdigitasi yang diproses dalam CPU sehingga dapat dibaca pada perangkat komputer sebagai sinyal gempa bumi sesuai dengan bentuk dan karakter aslinya dan dapat dianalisis parameter-parameternya dengan menggunakan aplikasi yang tersedia.

Gambar 3.2. adalah blok diagram elektronis instrument TDS 303-S yang menggambarkan bagian – bagian dari komponen TDS – 303S dengan lebih terinci. Pada Gambar 3.2 diperlihatkan alur proses pengambilan dan pengolahan sinyal gempa bumi dalam TDS 303-S.



Gambar 3.2. Blok Diagram TDS-303S

Keterangan :

- S : Sensor dan tranduser
- OP : Pengkondisi Sinyal
- ADC : Pengubah sinyal analog menjadi sinyal digital
- DAC : Pengubah sinyal digital menjadi sinyal analog
- DSP : Pemroses sinyal digital

GPS Receiver : Penerima sinyal dari sistem satelit

DU : Tampilan parameter instrumen

EI : Pengkondisi program prosesor

CF Card : Penyimpan data

CPU : Pusat Pengolah data

Watch dog : Sistem reset otomatis kegagalan program

Serial Port : Jalur komunikasi data serial

Network Port : Jalur komunikasi data melalui LAN

Uraian kerja rangkaian TDS – 303S sesuai dengan blok diagram yang diperlihatkan pada Gambar 3.2. adalah sebagai berikut:

Sensor seismometer (*S*) yang berupa massa merespon adanya getaran atau gelombang sinyal dengan gerak keatas – kebawah untuk vertikal dan kekanan – kekiri untuk gelombang horisontal. Gerakan massa yang terjadi kemudian akan diubah menjadi gaya listrik oleh tranduser yang merupakan gulungan kawat utama (*Main coil*) yang akan menghasilkan arus listrik sebagai gelombang sinusoidal.

Sinyal keluaran dari tranduser akan diproses dalam digitiser sebagai masukan ADC (Analog to Digital Converter). Sinyal sinusoidal yang masuk ADC akan mengalami proses digitasi sehingga menjadi sinyal digital yang bersifat diskrit berbentuk binary sehingga gelombang getaran dapat diproses dalam DSP (Pemroses Sinyal Digital), sesuai dengan proses perubahan sinyal kontinyu menjadi rangkaian bilangan yang dilakukan berdasarkan interval waktu., maka penerima GPS memberikan pulsa waktu kedalam DSP selain memberikan informasi titik koordinat dan tanda waktu pengamatan.

Sinyal digital yang merupakan keluaran DSP bersama dengan sinyal dari GPS melalui kontrol CPU diteruskan keberbagai unit yang ada seperti CF Card dimana data dari DSP disimpan atau dapat berkomunikasi langsung dengan

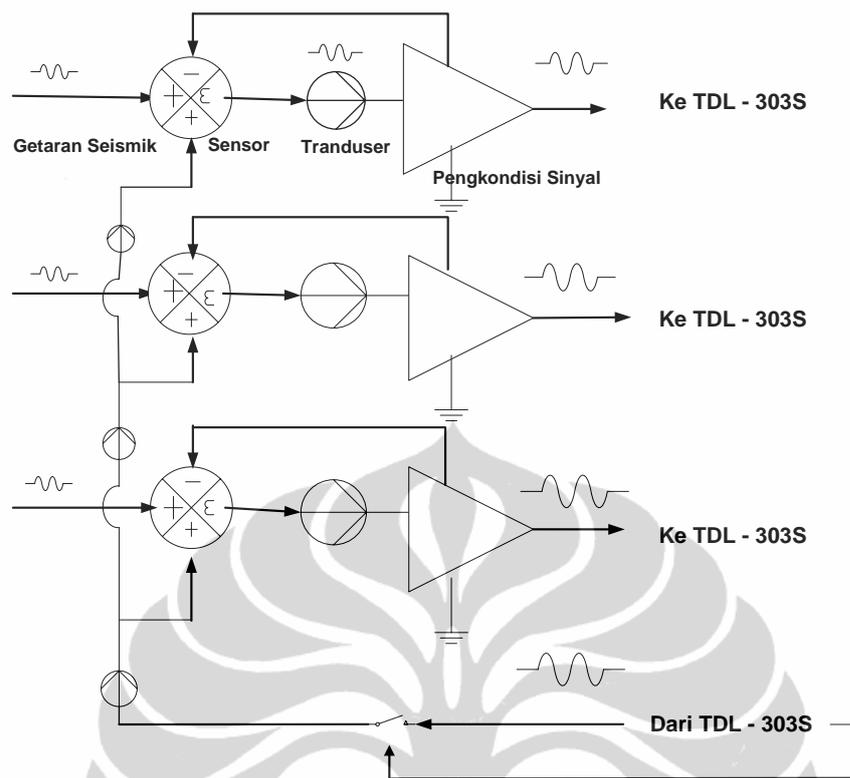
komputer untuk disimpan maupun diproses melalui terminal komunikasi yang tersedia.

3.2. Seismometer Triaxial Type DS-4A

Seperti yang telah disinggung pada bab pendahuluan (Bab. I) bahwa jenis sensor yang dipakai dalam penulisan ini adalah seismometer type DS-4A yang merupakan seismometer Triaxial yaitu seismometer yang memiliki tiga komponen arah pengukuran yaitu :

1. Komponen E-W (*East-West*); yaitu sensor yang mendeteksi getaran bumi dari arah timur- barat.
2. Komponen N-S (*North-South*); yaitu sensor yang mendeteksi getaran bumi dari arah utara-selatan.
3. Komponen U-D (*Up-Down*); yaitu sensor yang mendeteksi getaran bumi keatas dan kebawah .

Komponen-komponen seismometer DS.04A seperti yang telah disebut diatas secara garis besarnya dapat dilihat pada Gambar 3.3. dibawah ini.



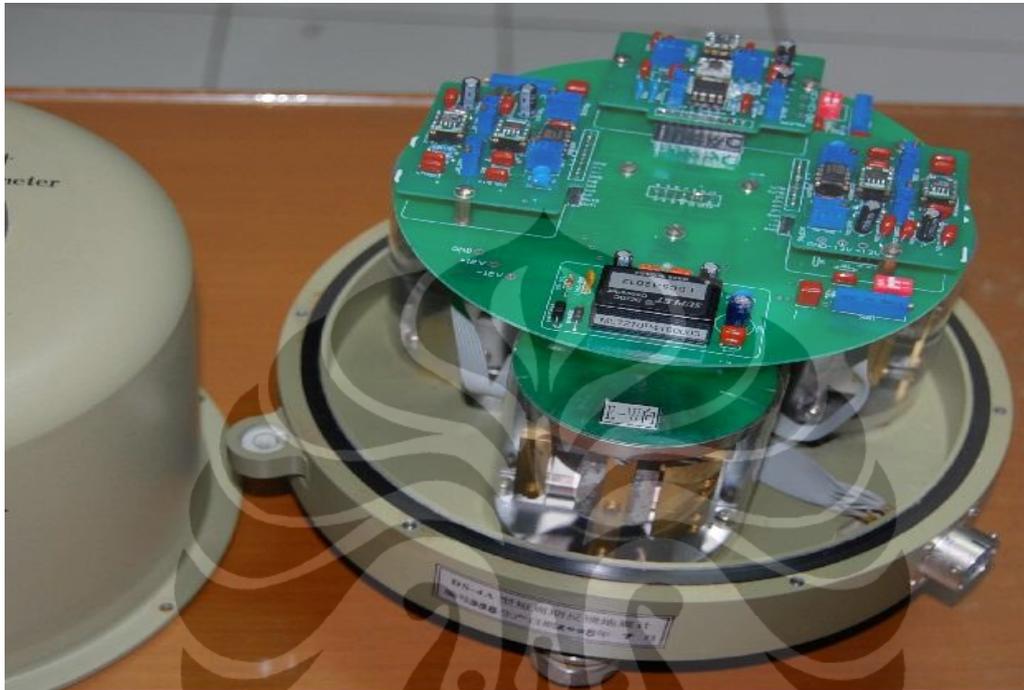
Gambar 3.3. Blok Diagram Seismometer DS-04A

Komponen E-W dan N-S biasa disebut komponen horizontal yaitu gelombang gempa yang datang merupakan gelombang yang tegak lurus terhadap gelombang vertikal (Up-Down).

Seismometer triaxial ini merupakan pengembangan dari seismometer konvensional yang biasanya merupakan monoaxial saja. Dengan system triaxial ini didapat kelebihan bahwa radius dan arah epicenter gempabumi dapat ditentukan sehingga didapatkan hasil pengolahan awal yang cepat dan terarah, berbeda dengan data dengan tranduser monoaxial yang harus mengumpulkan minimal tiga data dari tiga tranducer berbeda lokasi. Dalam seismometer DS-04 A terdapat dua bagian sistem pengubah energi getaran menjadi energi listrik yaitu:

1. Sistem mekanis; yaitu merupakan tranduser yang berfungsi untuk mengubah gaya gerak mekanis menjadi gaya gerak listrik.
2. Sistem elektronik; yaitu sistem yang berfungsi sebagai pemroses awal gaya listrik yang dikeluarkan dari tranduser.

Gambar 3.4. memperlihatkan bagian dalam sensor DS-04A dimana terlihat dibagian bawah merupakan komponen mekanis yaitu transduser dan rangkaian elektronik pada bagian atasnya.



Gambar 3.4. Seismometer DS-04 A

Gambar 3.4. diatas merupakan photo dari bagian dalam seismometer DS. 04A yang terdiri dari rangkaian elektronik dibagian atas, sedangkan dibagian bawahnya adalah bagian mekanis yang merupakan sensor gerak yang merespon setiap getaran yang terjadi pada lapisan bumi.

3.2.1. Mekanisme gerak sensor

Sensor dari seismometer mendeteksi adanya gerakan atau gelombang yang timbul karena pergeseran atau pergerakan lapisan bumi.

Sensor tersebut merupakan suatu massa yang bergerak keatas dan kebawah untuk perasa gelombang longitudinal ataupun kekanan kiri untuk perasa getaran transversal. Transduser yang merupakan pengubah gaya phisik menjadi gaya listrik

merupakan rangkaian yang berupa gulungan kawat atau koil, Transduser ini menggunakan prinsip elektromagnet dimana pergerakan massa akan menimbulkan medan magnet sedangkan pada massa tersebut dikelilingi dengan kumparan yang dikenal sebagai koil dimana kumparan tersebut akan menghasilkan arus listrik oleh karena adanya medan magnet yang timbul karena pergerakan massa.

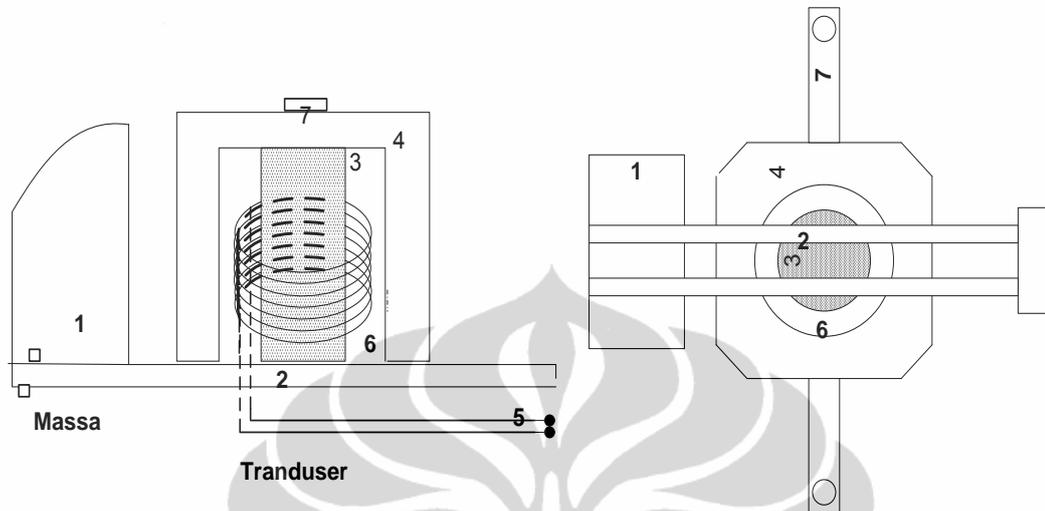
Pada Gambar 3.2. di bawah ini terlihat tiga transduser dalam satu unit DS-04 A sesuai dengan jumlah pengukuran pada tiga arah pergerakan sensor dimana dalam pemasangannya harus disesuaikan dengan posisi komponen-komponennya.



Gambar 3.5. Sensor DS-04A

Gambar 3.4 tersebut diatas memperlihatkan ketiga unit sensor dan transduser yang pada dasarnya mengukur getaran tanah yang menghasilkan keluaran berupa sinyal analog dengan ukuran VS/m yang kemudian akan diproses pada bagian pengkondisi sinyal.

Pada Gambar 3.5 terlihat sensor seismik dengan bagian-bagian dan letak kedudukan sensor.



Gambar 3.6. Bagan Sensor seismik DS-04A tampak samping dan tampak bawah.

Keterangan Gambar:

1. Massa sensor
2. Plat tembaga yang berfungsi sebagai pegas
3. Magnet permanen
4. Logam Netral
5. Kumparan Utama
6. Rongga tempat pergerakan kumparan
7. Plat pemegang logam netral.

Uraian kerja dari sensor seismik DS. 04A seperti pada Gambar 3.6. tersebut adalah sebagai berikut:

Pada saat terjadi getaran bumi yang disebabkan oleh aktivitas gerakan lapisan bumi maka massa sensor akan bergerak naik turun pada sensor vertikal atau bergerak kekanan kiri pada sensor horizontal. Gerakan tersebut akan mengakibatkan plat tembaga yang berhubungan dengan massa dan terhubung langsung dengan magnet permanen bergerak dan menimbulkan arus

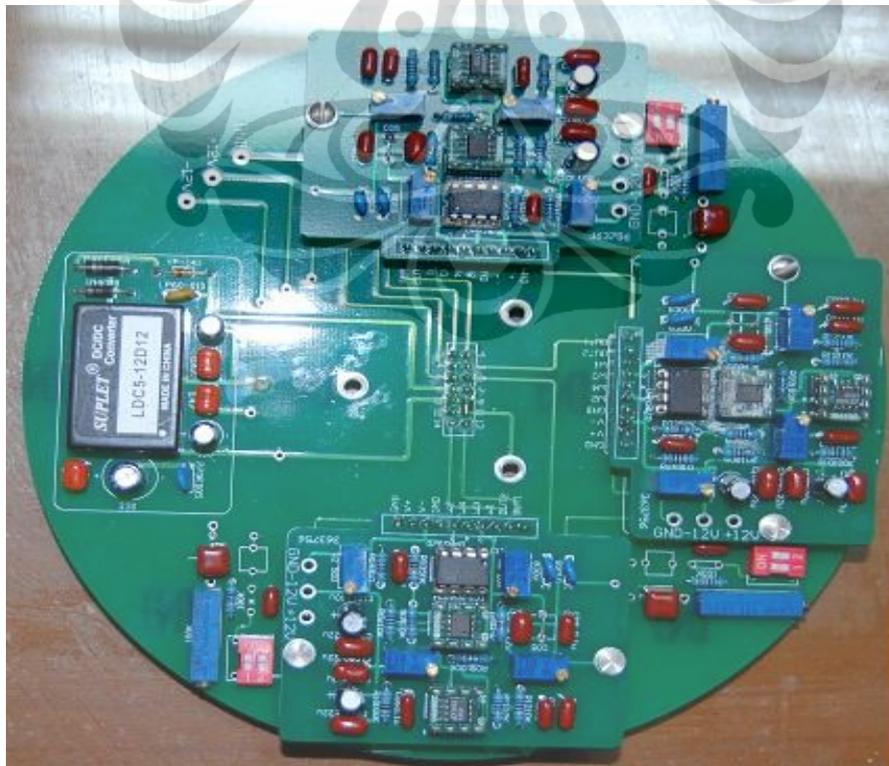
listrik pada kumparan utama yang kemudian menjadi arus masukan pada rangkaian elektronik pengondisi sinyal getaran bumi.

3.2.2. Pengkondisi sinyal analog

Pengkondisi sinyal analog adalah bagian yang ada di dalam unit seismometer DS-04 A, merupakan rangkaian elektronik yang terdiri dari beberapa stage atau tingkatan pemroses sinyal yaitu :

1. Differential amplifier simetris
2. Lowpass filter.
3. Differential output simetris.

Ketiga blok elektronik tersebut dirancang dengan menggunakan operasional amplifier untuk masing - masing komponen pengukuran. Gambar 3.3. adalah bentuk tampilan rangkaian elektronik di dalam unit seismometer DS-04A.

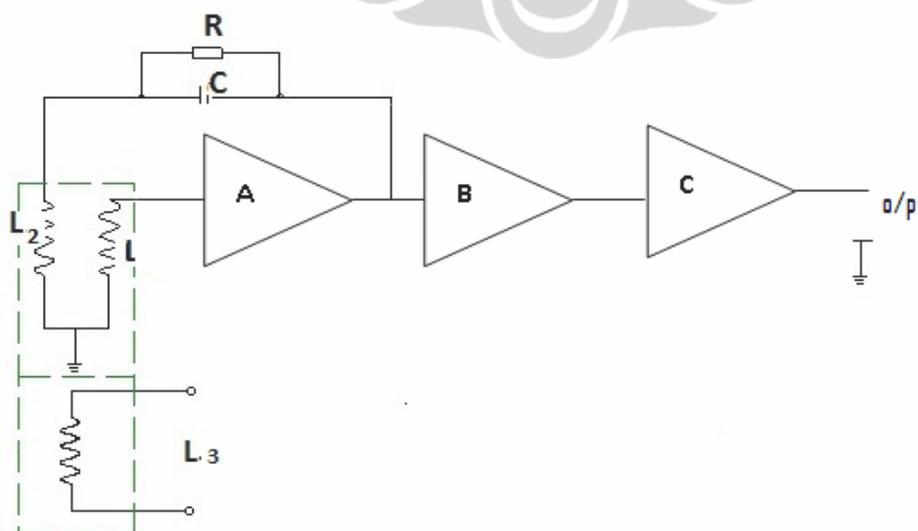


Gambar 3.7. Circuit Pengkondisi Sinyal.

Pada Gambar 3.7. terlihat susunan dan bagian – bagian papan rangkaian pengondisi sinyal yang terdiri dari satu rangkaian perubah tegangan 12 Volt DC menjadi $\pm 5V$ DC sebagai penyedia sumber tegangan operasional amplifier pada rangkaian pengkondisi sinyal yang berjumlah tiga unit sesuai dengan komponen pengukuran getaran seismik.

3.2.3. Prinsip kerja seismometer DS-04A.

Pada dasarnya seismometer DS-04A yang terdiri dari tiga komponen ini menggunakan prinsip-prinsip elektromagnetik dan sistem umpan balik (*Feed Back System*). Konfigurasi sederhana dari DS-04A diperlihatkan pada Gambar 3.7. dengan uraian prinsip kerja sebagai berikut; Pada saat lapisan bumi mengalami pergerakan atau pergeseran (Vibrasi), koil transduser L1 dan koil inertial spring mass akan bergerak relatif terhadap bumi (dasar instrument) dan magnet – magnet yang mempertahankan Gaya inerti. Signal yang dideteksi melalui koil L1 kemudian diperbesar dengan operasional amplifier A dan diumpan balikkan sebagai negatif feed back ke L2 melalui kapasitor C dan resistor R. Selanjutnya suatu gaya yang berlawanan dengan gaya inerti pada koil L2 sehingga gerakan massa terjaga serta memperpanjang frekwensi natural^[5] .



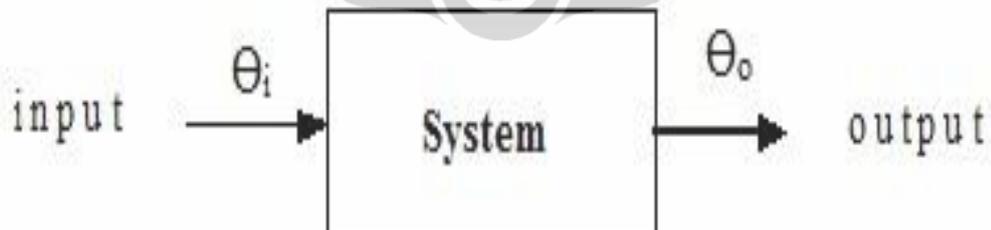
Gambar 3.8. Blok diagram Rangkaian Pengkondisi Sinyal.

Keterangan:

- A : Differential amplifier simetris
- B : Lowpass filter.
- C : Differential output simetris.
- L1 : Koil input.
- L2 : Koil negatif feed back.
- L3 : Koil Kalibrasi.
- R : Resistor.
- C : Kapasitor.

3.2.4. Fungsi transfer transduser

Dalam sistem instrumentasi adalah hal yang sangat penting yang tidak dapat dipisahkan dalam proses pekerjaan pengukuran yaitu Transfer function yang menentukan karakteristik perubahan bentuk pengukuran. Dalam sistem tersebut terdapat beberapa bagian (item) yang dapat disajikan dalam bentuk blok dengan input dan output seperti terlihat pada Gambar 3.8. Dalam bentuk umum, input dinyatakan sebagai θ_i dan output sebagai θ_o



Gambar 3.9. Blok diagram Fungsi Transfer

Transfer function adalah suatu besaran atau konstanta yang merupakan ratio dari suatu keluaran (output) terhadap masukan (input) yang sering dirumuskan sebagai :

$$G = \Theta_o/\Theta_i \quad (3.1)$$

Jika model merupakan persamaan diferensial maka bentuk persamaannya menggunakan Transformasi Laplace dan ini menimbulkan operator kompleks (s) sehingga G yang disebut Transfer function ini secara langsung dapat ditulis sebagai:

$$G(s)= \Theta_o(s) / \Theta_i(s) \quad (3.2)$$

Dalam seismometer DS-04A, transfer function diturunkan bersesuaian dengan parameter-parameter dasar dan rancangan rangkaian elektronik yang dipakai dalam seismometer DS-04 A, maka transfer function yang dapat diturunkan dari model diatas dapat ditulis sebagai :

$$E_2(S)/\Theta (S) = K(S^2)/(S^2+2\omega_1D_1S + \omega_1^2)(S + \omega_2)(S+\omega_3) \quad (3.3)$$

Dimana :

- $E_2(S)$: Tegangan output Seismometer.
- $\Theta (S)$: Velocity Getaran bumi.
- K : Sensitivitas dari velocity.
- S : Laplace operator.
- D_1 : Koefisien damping ; dengan harga standar 0.7
- ω_1 : Frekuensi angulair.
- ω_2 : $2 \Pi f_2$

Pada spesifikasi DS - 04A tercantum harga fungsi transfer yang menyatakan besaran sebagai sensitivitas tegangan output untuk dua pilihan standar 1000VS/m atau 2000VS/m.

3.3. Digitiser TDL-303S

Taide Digital Logic - 303S merupakan alat untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal logika agar sinyal dapat dibaca pada komputer, jadi masukan digitiser adalah sinyal analog dan keluarannya adalah logika yang berbentuk binary. Sinyal analog dari seismometer dimasukkan pada rangkaian ADC yang menghasilkan keluaran berupa sinyal digital sehingga dapat dilanjutkan ke DSP dan diproses menurut program – program aplikasi yang tersedia.

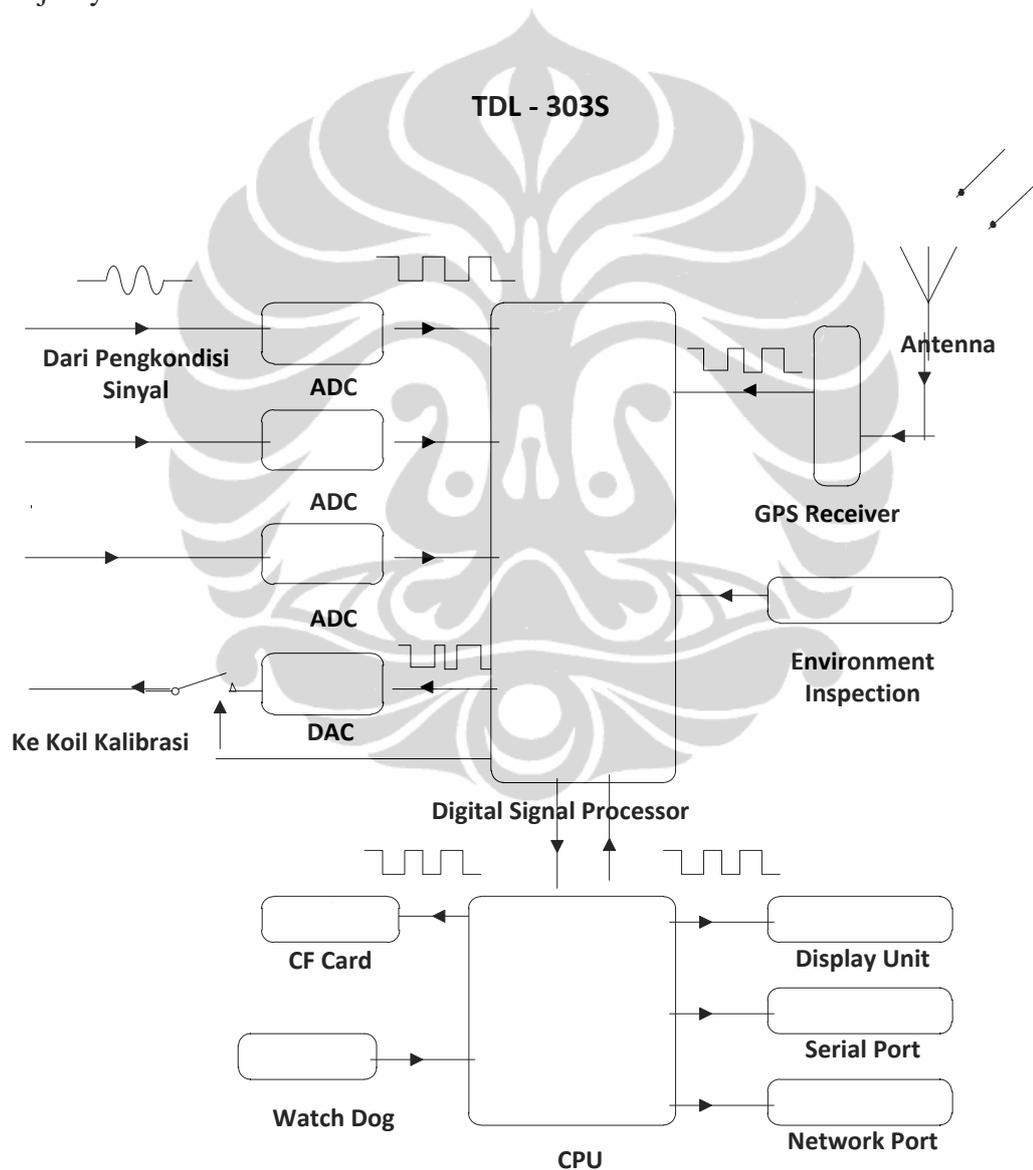


Gambar 3.10. Perangkat Digitiser Gempabumi TDL-303S

Gambar 3.10. adalah bentuk tampilan digitiser getaran gempabumi TDL-303S dalam pengoperasiannya dengan menghubungkan pada sumber catu daya menggunakan adaptor, *guider* antena penerima *sinyal global positioning system* (GPS) dan penghubung ke monitor sebagai tampilan dan penyimpanan data.

3.3.1. Perubah sinyal analog menjadi sinyal digital

Sinyal keluaran dari pengkondisi sinyal pada seismometer merupakan sinyal analog yang bersifat kontinyu sedangkan untuk dapat diproses dalam computer., sinyal harus dirubah kedalam bentuk digital yang bersifat diskrit berbasis binary. Bagian A/D didalam unit TDL – 303S adalah elemen untuk merubah sinyal analog menjadi sinyal digital sehingga data seismic dapat diproses pada tahapan selanjutnya.



Gambar 3. 11. Blok Diagram Digitiser TDL-303S

Gambar 3.11. diatas adalah blok diagram digitiser TDL-303S yang menunjukkan alur data dari pengkondisi sinyal dengan bentuk/ sifat sinyal yang kemudian diproses dalam pembentukan sinyal digitasi sampai dengan alur keluaran atau tampilan pada sistem monitor yang ditunjukkan dengan arah-arah tanda panah.

3.3.2. Pemroses sinyal digital

Pemroses sinyal digital (*Digital Signal processor*) menampung data – data dari seismometer dan tanda waktu yang diterima GPS untuk proses pengamatan aktual atau dapat juga ditambah dengan data – data masukan dari titik pengukuran lain yang kemudian digabungkan untuk selanjutnya dikirimkan ke monitor melalui serial port atau network port.

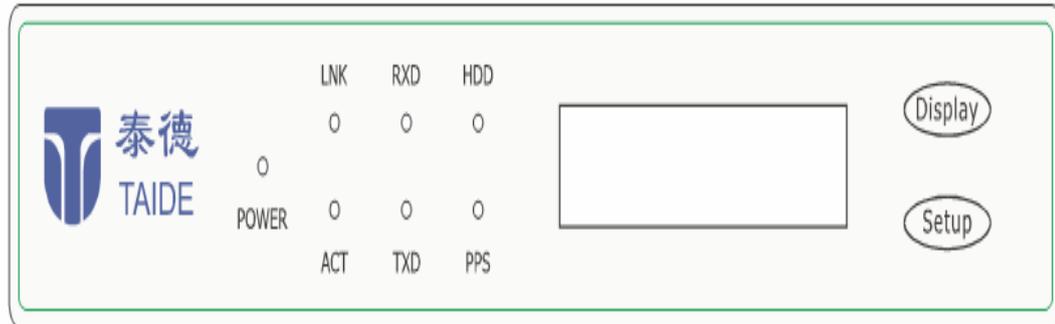
3.3.3. Pusat pengolah data

Pusat Pengolah Data (CPU) adalah tempat dimana paket – paket Program dari software melakukan proses pengolahan sinyal seismic dari satu stasiun tunggal untuk menentukan parametr gempabumi yangmana hal ini tidak dapat dilakukan dengan instrumentasi konvensional.

Spesifikasi hardware terdiri dari prosesor Pentium III atau lebih tinggi, kapasitas memory 128MB atau lebih, Hard disc Driver (HDD) lebih dari 10 GB *free space*, display warna 17' atau lebih dan divais keluaran audio.

3.3.4. Unit Display

Pada bagian casing TDL- 303S bagian atas di-*instal* satu unit Display yang terdiri dari indicator LED, tabung jenis nixie, dan juga saklar tekan seperti terlihat pada Gambar 3. 11. yang member tampilan kondisi operasional peralatan TDS-303S.



Gambar 3. 12. Unit Display

Keterangan Display:

- Power : Indikator menyala merah ketika TDS – 303S pada posisi ON.
- TXD : Indikator menyala hijau ketika digitiser mengirim data melalui serial port.
- HDD : Indikator menyala hijau ketika ketika Digitiser melakukan reads/write pada CF card.
- PPS : Indikator berkedip hijau ketika GPS telah menerima sinyal dari satellite (status A pada tabung nixie), berkelip sekali setiap detik.
- RXD : Indikator berkedip hijau ketika data terkirim melalui serial port dari PC ke Digitiser.
- LINK : Normalnya menyala hijau ketika kabel network terhubung antara Digitiser dan PC atau HUB.
- ACT : Indikator berkedip hijau ketika a PC mengakses Digitiser

3.4. Pendukung Operasional TDS – 303S

Selain instrumen yang telah diuraikan diatas, TDS - 303S memerlukan peralatan lain sebagai penunjang operasional TDS – 303S, meliputi instrumen yang bersifat umum dipakai sehingga tidak sulit untuk mempelajarinya dan mudah didapatkan dipasaran. Komponen – komponen tersebut adalah catu daya, GPS dan alat pencatat gempa yang berupa computer, laptop atau sejenisnya.

3.4.1. Sumber tegangan

TDS – 303S dirancang sebagai instrumentasi *mobile* sehingga perlu diperhatikan ketersediaan sumber tegangan yang sesuai dengan lamanya operasi. TDS – 303S memerlukan tegangan nominal 12V DC, dengan jangkah 6V DC – 18V DC. Dalam unit TDL – 303S dilengkapi dengan dua buah accumulator dengan arus 2.3Ah terhubung parallel sehingga arus totalnya adalah 4,6Ah.

Sumber tegangan tersebut dipergunakan untuk mengoperasikan TDL – 303S dengan konsumsi daya sebesar 0,9W., dan untuk Seismometer DS – 04A dengan konsumsi daya sebesar 0,5W sehingga jika diperhitungkan lama operasional yang dapat dilakukan adalah selama 38 jam tanpa sumber tegangan lain (*external supply*).

3.4.2. Penerima sinyal satelit

Sistem Penerima sinyal satelit (*global positioning system*) memberikan tiga informasi yang dipakai dalam Digital Signal Prosesor yaitu :

1. Status penerimaan GPS yang diindikasikan dengan lingkaran berwarna.
2. Lintang dan Bujur dimana TDS – 303S dioperasikan.
3. Tanda Waktu aktual.

3.4.3. Sistem perekam data

Keluaran dari pemroses sinyal digital (*DSP*) selain dapat disimpan pada CF Card juga dapat disimpan pada memory computer melalui serial port atau network port. Data – data seismik yang sudah tersimpan dalam memory computer atau dalam media penyimpanan data yang lain seperti hard disk untuk selanjutnya dapat diproses sesuai dengan aplikasi yang tersedia.

Sistem perekam data yang dipakai adalah laptop/ notebook untuk pengamatan *mobile* tetapi bias juga memakai komputer atau PC.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan untuk mendapatkan hasil yang baik dalam melakukan pengukuran bergantung pada kemampuan alat yang meliputi sensitivitas, Akurasi, dan lain – lain, oleh karena itu kondisi instrument pengukuran harus selalu tertelusur oleh karena adanya unsur ketidak pastian (*Uncertainty*) dengan melakukan pengkalibrasian sesuai dengan waktu yang ditentukan periodenya.

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan cara mempelajari materi studi kasus secara langsung maupun tidak langsung, dengan mempelajari fisik peralatan yang ada yaitu TDS 303-S maupun secara literatur. Sehubungan dengan fungsi perangkat TDS 303-S untuk mengukur gerakan lapisan tanah maka pengkajian juga menyertakan hasil pengamatan getaran tanah yang dilakukan oleh stasiun geofisika Jogjakarta sehingga diapatkan informasi-informasi penting tentang kegempaan seperti sumber gempa (epicenter), kekuatan gempa (Magnitude) serta kedalaman sumber gempa (hypocentrum).

4.1. Perangkat Lunak TDS – 303S

Perangkat lunak yang digunakan dalam proses seismik terdiri dari beberapa paket yaitu system penerimaan data real time, system data prosesing, dan sebuah system auxiliary software. System penerimaan data real time diimplementasikan sebagai pencatatan keseluruhan bentuk gelombang getaran bumi dan secara otomatis mendeteksi peristiwa terjadinya gempabumi; System data processing diimplementasikan untuk mengidentifikasi phase gempabumi dalam mode interaktif antara manusia - computer dan mengukur parameter-parameter gempabumi; Sedangkan pemakaian auxiliary software adalah untuk tampilan peta elektronik, analisis spektral, seismic data dumping dan peringatan gempabumi.

Perangkat lunak yang tersedia dalam TDS - 303S yang menunjang kemampuan operasional instrumen adalah sebagai berikut:

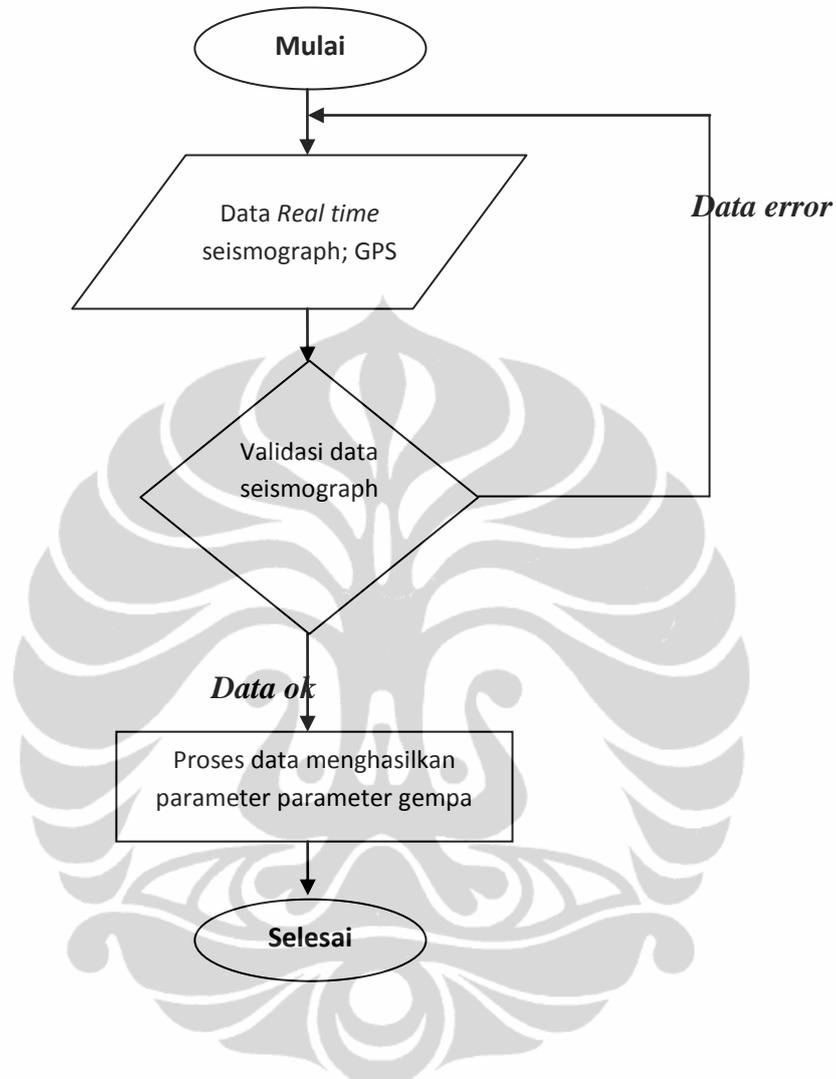
1. MonoSt.exe : Program penerima sinyal Seismograph secara *real time*
2. Netrex.exe : Program pengunduh (*download*) data dari *CF Card* internal .
3. Datapro.exe : Program penganalisis data seismik
4. Fft.exe : Program untuk menganalisis spektrum dari gelombang Bergerak
5. Runrate.exe : Program untuk mengetahui maksimal atau tidaknya data tersimpan.
6. Map.exe : Program untuk menampilkan peta elektronik beserta parameter - parameternya, seperti posisi sumber seismik dan skala intensitasnya
7. Report. Exe : Program grafis untuk menampilkan distribusi gempa selama sebulan.
8. Freq. Exe : Program untuk menganalisis karakteristik frekuensi dari gelombang-gelombang kalibrasi sinusoidal.

TDS4.0 adalah paket yang merupakan perangkat lunak (*soft ware*) yang berfungsi sebagai sistem pengolahan getaran seismik. Dengan menggunakan software TDS4.0 ini dapat dihasilkan lokasi epicenter dengan mengolah sinyal seismik dari satu stasiun pencatat, paket ini bekerja pada pusat pemrosesan data.

Konfigurasi perangkat keras (*hardware*) terdiri dari:

1. Processor Pentium III atau yang lebih tinggi.
2. Memory dengan kapasitas 128M atau lebih.
3. Hard Disc Driver dengan kapasitas 10Gbyte atau lebih.
4. Display 17" warna atau lebih.
5. Operational environment 9X/2000/NT.

Alur kerja dari software TDS.4.0 jika digambarkan dalam flowchart dapat dilihat pada Gambar 3.12. dibawah ini.



Gambar 4.1. Flowchart software TDS.4.0

Gambar 4.1. merupakan gambaran flowchart software TDS.4.0 yang merupakan perangkat pemroses parameter-parameter gempabumi yang terdiri dari sistem penerimaan data *real time*, sistem pemroses data dimana sistem penerimaan data real time diterapkan untuk mendapatkan catatan gerakan gelombang tanah dan secara otomatis mendeteksi even gempabumi; sistem pemroses data yang diimplementasikan untuk identifikasi phase gelombang dan pengukuran parameter-parameter gempabumi dalam mode interaksi menggunakan komputer.

4.2. Kalibrasi Seismograph TDS-303S dan Pengambilan Data Seismik.

Dalam setiap pengoperasian instrumen pada umumnya dan TDS-303S pada khususnya, untuk pengambilan data dilapangan terlebih dulu dilakukan kalibrasi peralatan secara procedural, karena hasil dari kalibrasi yang dilakukan merupakan referensi yang menjamin kondisi peralatan laik operasi. Dengan hasil kalibrasi yang dilakukan dapat dipakai sebagai referensi yang menyatakan bahwa data pengamatan yang diperoleh adalah valid sehingga dalam proses selanjutnya dapat diyakini bahwa hasil pengolahan data tersebut dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya.

4.2.1. Hasil kalibrasi alat

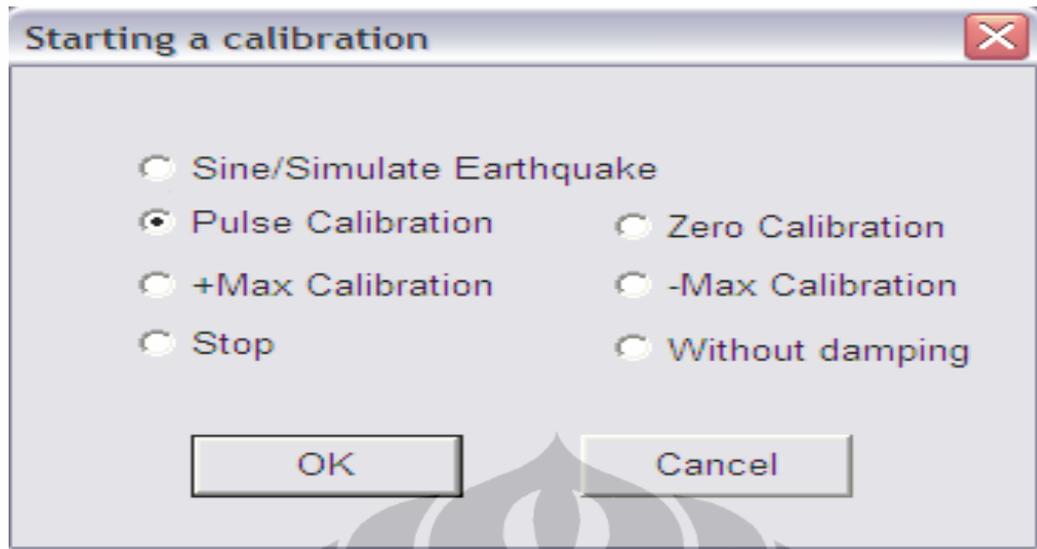
Pengkalibrasian dalam prakteknya hanya dilakukan dengan menggunakan perangkat – perangkat atau kelengkapan – kelengkapan yang tersedia dalam system peralatan TDS 303-S, sedangkan kalibrasi secara manual dengan menggunakan alat – alat kalibrator hanya dilakukan di Laboratorium pada masa – masa tertentu atau pada saat setelah dilakukan perbaikan.

Pada instrument TDS 303-S dilengkapi dengan dua metode kalibrasi yaitu dengan cara :

1. Kalibrasi Pulsa.
2. Kalibrasi sinyal sinusoidal.

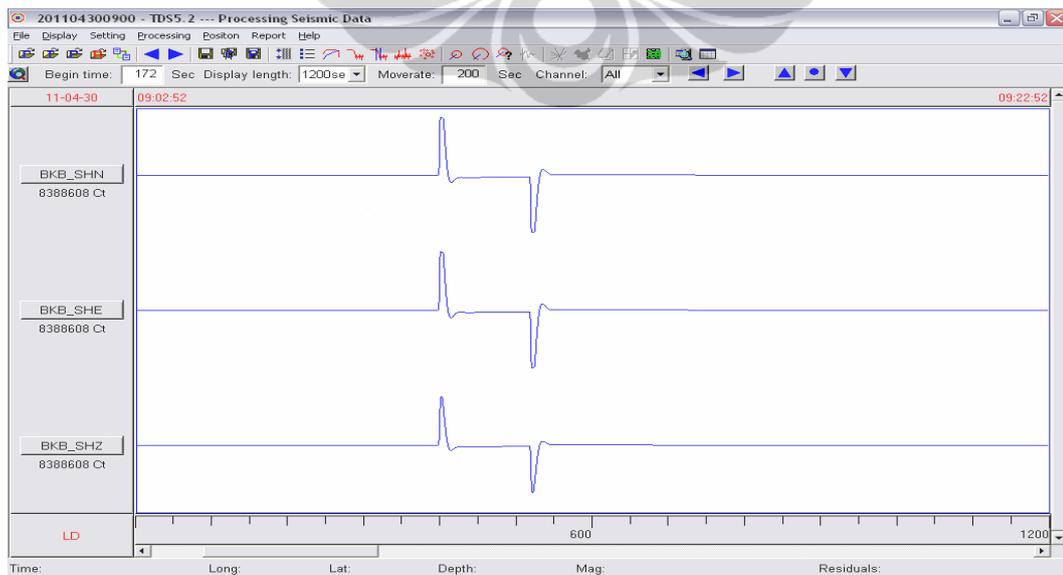
4.2.1.1. Prosedur kalibrasi pulsa

Kalibrasi pulsa dilakukan dengan menggunakan program MonoSt.exe , kemudian dipilih sub-menu yang akan mengeluarkan kotak komunikasi seperti terlihat pada Gambar 4.2. dibawah ini.



Gambar 4.2. Tampilan pilihan sinyal kalibrasi

Kalibrasi pulsa dilakukan dengan memilih “Pulse Calibration”, kemudian divalidasi (OK) yang berarti mengaktifkan parameter yang telah diset pada digitiser sehingga mengeluarkan pulsa digital, untuk DS – 04 besar arus kalibrasi yang diprogram adalah 0,5 mA – 1,0 mA. Pulsa tersebut akan menjadi masukan D/A yang menjadi pemicu pada sensor sehingga dihasilkan kalibrasi pulsa seperti pada Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3. Hasil Kalibrasi bentuk Pulsa.

Gambar 4.3. menunjukkan rekaman tiga komponen sinyal yang merupakan hasil kalibrasi pulsa pada tanggal 30 - 04 – 2010 seperti yang tertera pada sisi kiri atas rekaman. Pada tampilan diatas menunjukkan hasil rekaman secara berurutan dari atas ke bawah yaitu:

1. Lintasan pencatatan gempabumi untuk komponen horizontal arah utara – selatan yang diindikasikan dengan BKB_SHN (kode stasiun, kode arah u-s) pada sisi kiri lintasan.
2. Lintasan pencatatan gempabumi untuk komponen horizontal arah timur – barat) yang diindikasikan dengan BKB_SHE (kode stasiun, kode arah timur-barat) pada sisi kiri lintasan.
3. Lintasan pencatatan gempabumi untuk komponen vertikal atau *up-down* yang diindikasikan dengan BKB_SHZ(kode stasiun, kode arah vertikal) pada sisi kiri lintasan.

Besaran-besaran yang terukur pada hasil rekaman yang searah dengan Sumbu X merupakan satuan waktu sehingga waktu pengamatan dapat diketahui., waktu datang gempabumi., periode dan juga identifikasi frekuensi getaran gempabumi. Sedangkan rekaman yang searah dengan sumbu Y merupakan presentasi dari amplitudo gelombang dalam besaran microVolt. Pada tampilan tertera waktu awal dan akhir pengamatan dan besar amplitudo secara otomatis., sedangkan dalam program aplikasinya akan timbul penunjuk waktu ditempat dimana picking sinyal dilakukan.

Pada rekaman pulsa diatas dapat dilihat bahwa arah gerakan pertama pada pulsa adalah keatas, hal ini menunjukkan bahwa tiap gerakan pertama getaran gempabumi adalah merupakan gerak kompresi pada komponen vertikal, utara dan timur pada komponen horizontal, sedangkan bila gerakan pertama arahnya kebawah maka arah gerakan getaran gempabumi merupakan kebalikan dari kompresi yaitu dilatasi, selatan dan barat.

Sedangkan hasil kalibrasi yang dapat dipakai sebagai referensi kelaikan adalah dengan melakukan perhitungan periode pulsa dengan rumus sebagai berikut ^[5] :

$$t = \Delta t \times C$$

dimana:

t : Periode respon frekuensi seismometer

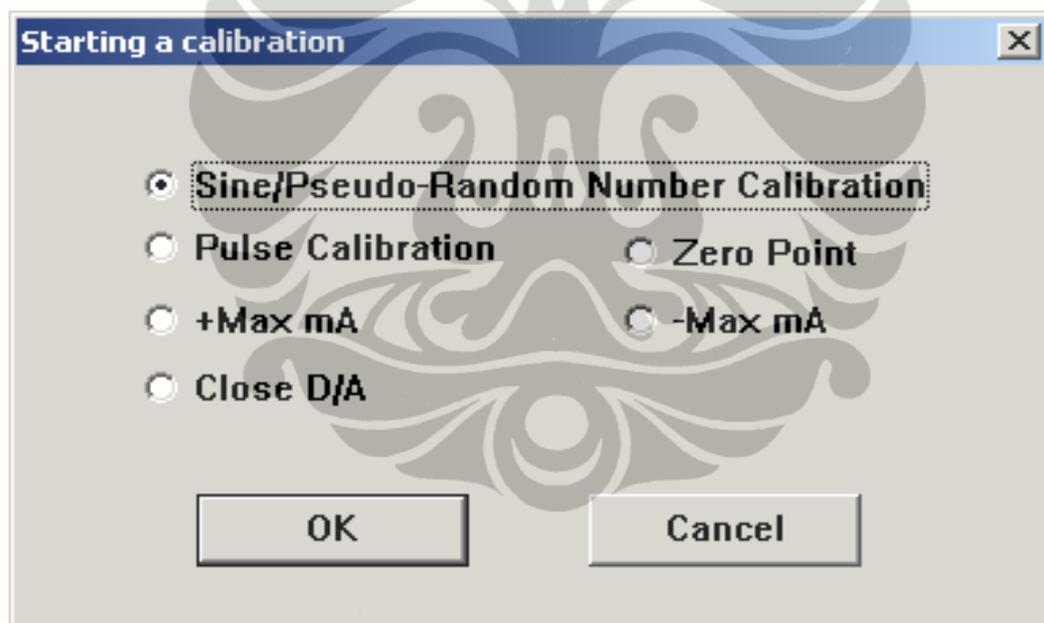
Δt : Periode pengukuran pada amplitudo maksimal

C : Konstanta yang diberikan fabrikasi

Dari hasil perhitungan dengan toleransi yang diberikan sebesar sepuluh (10) persen dapat dipakai untuk memastikan laik atau tidak laiknya kondisi instrumen.

4.2.1.2 Prosedur kalibrasi sinyal sinusoidal

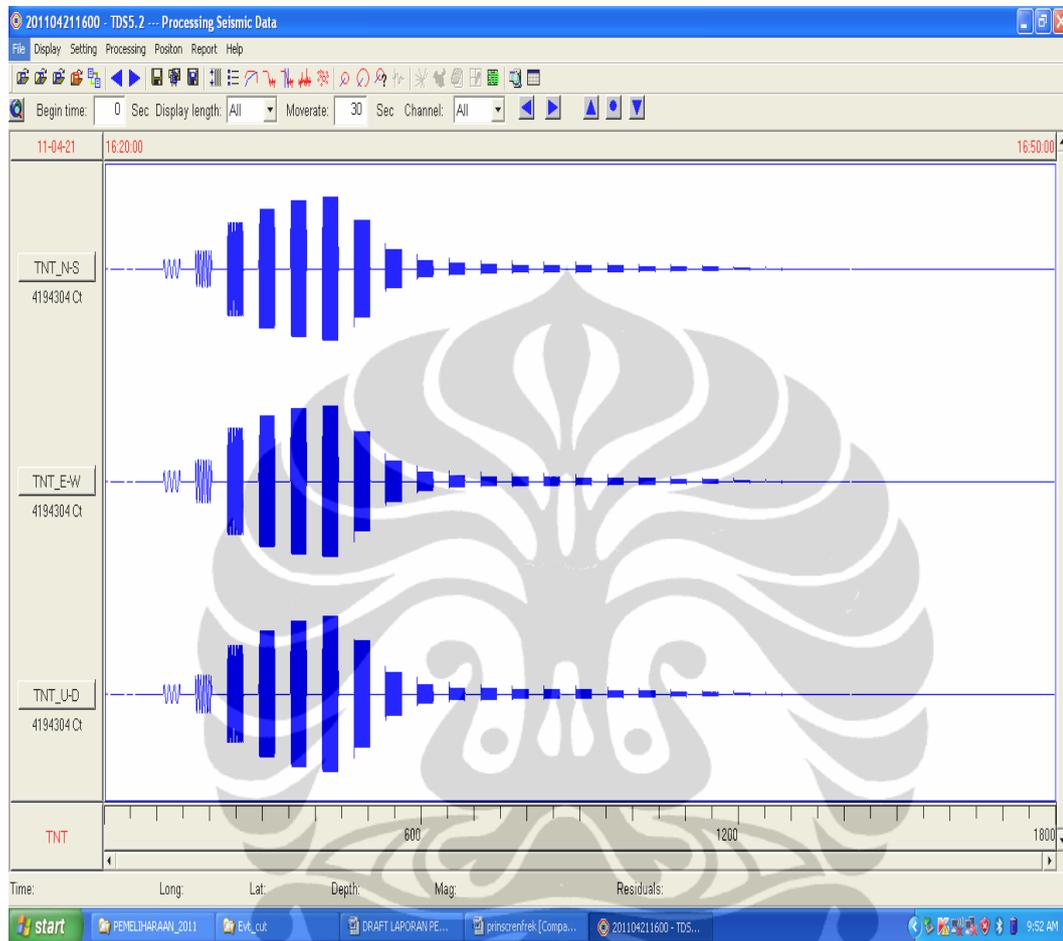
Kalibrasi Sinyal dilakukan dengan cara yang sama dengan cara kalibrasi pulsa, hanya menyesuaikan pilihan yang diperlukan. Setelah pilihan ditentukan kemudian divalidasi maka indikator yang timbul adalah seperti Gambar 4.4. berikut ini.



Gambar 4.4. Tampilan pilihan kalibrasi bentuk sinusoidal.

Digitiser memberikan sinyal masukan pada DAC sehingga dapat memberikan sinyal sinusoidal terhadap seismometer guna mendapatkan nilai sensitivitas sensor. Jangkahan sinyal sinusoidal tersebut adalah dari 0,1 Hz sampai dengan 10 Hz atau periode 10 detik sampai dengan 100 detik dengan besar arus maksimum 1,0 mA dan tegangan kalibrasinya 2 mVpp (2 kali besar arus).

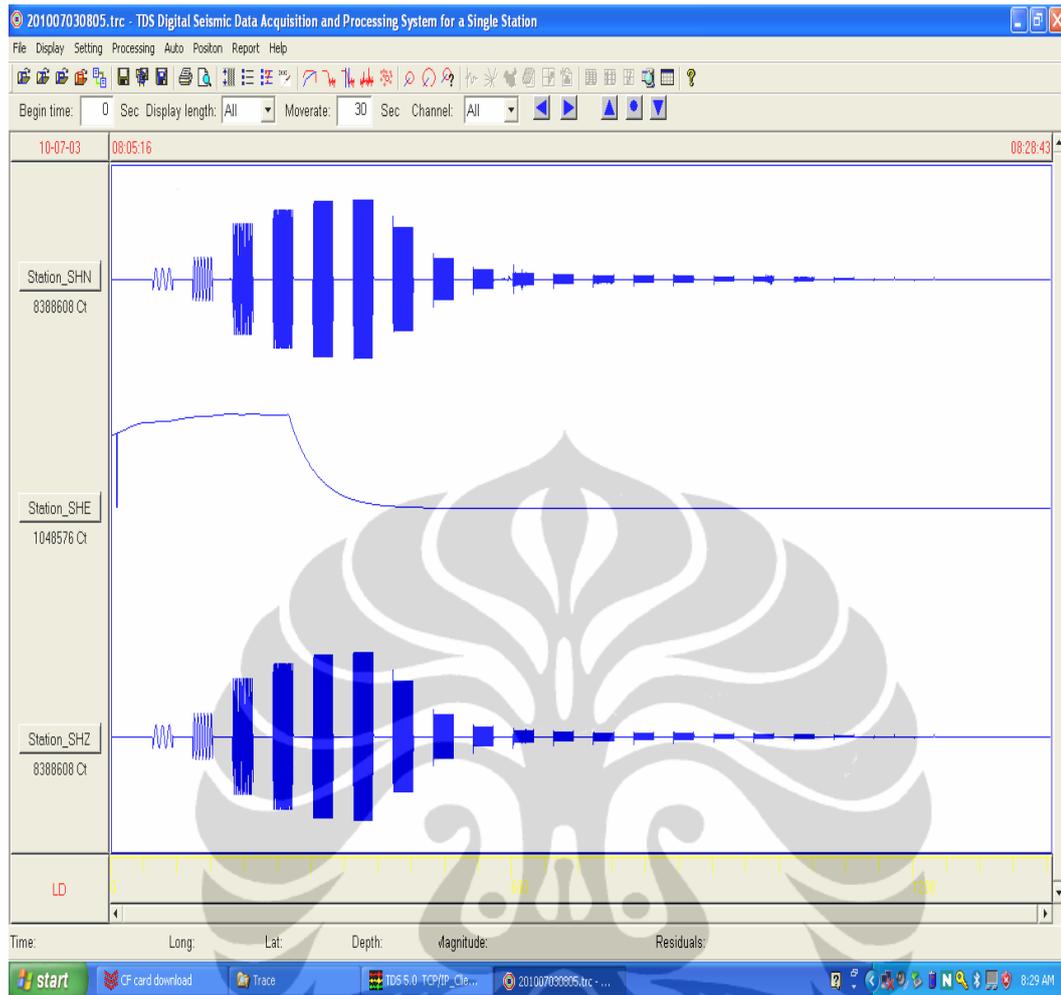
Gambar 4.5a dan 4.5b. berikut ini adalah bentuk tampilan hasil kalibrasi sinyal sinus.



Gambar 4.5a. Hasil Kalibrasi Sinyal

Gambar 4.5a adalah hasil rekaman kalibrasi dengan sinyal sinusoidal sebagai masukan yang mentrigger kumparan utama pada seismometer, dimana keluaran yang dihasilkan dari beberapa frekwensi sinyal pada rekaman kemudian diukur besar amplitudonya guna menentukan nilai sensitivitas seismometer berdasarkan pada formula 3.3.

Pada rekaman diatas menunjukkan sinyal dengan beberapa frekwensi dengan respon sensor maupun perangkat instrumen yang dalam kondisi normal, sedangkan contoh adanya suatu kerusakan diperlihatkan pada Gambar 4.5b di bawah ini.



Gambar 4.5b. Hasil Kalibrasi Sinyal dengan kerusakan satu kanal.

Gambar 4.5b adalah hasil rekaman kalibrasi dengan sinyal sinusoidal sebagai masukan yang mentrigger kumparan utama pada seismometer, tetapi pada keluaran yang dihasilkan terlihat kanal horizontal timur-barat tidak memberikan hasil yang sesuai atau tidak normal sehingga dapat disimpulkan bahwa kanal tersebut mengalami kerusakan.

Hasil kalibrasi sinyal sinusoidal dibuat dalam format seperti pada Tabel. 4.1. di bawah ini.

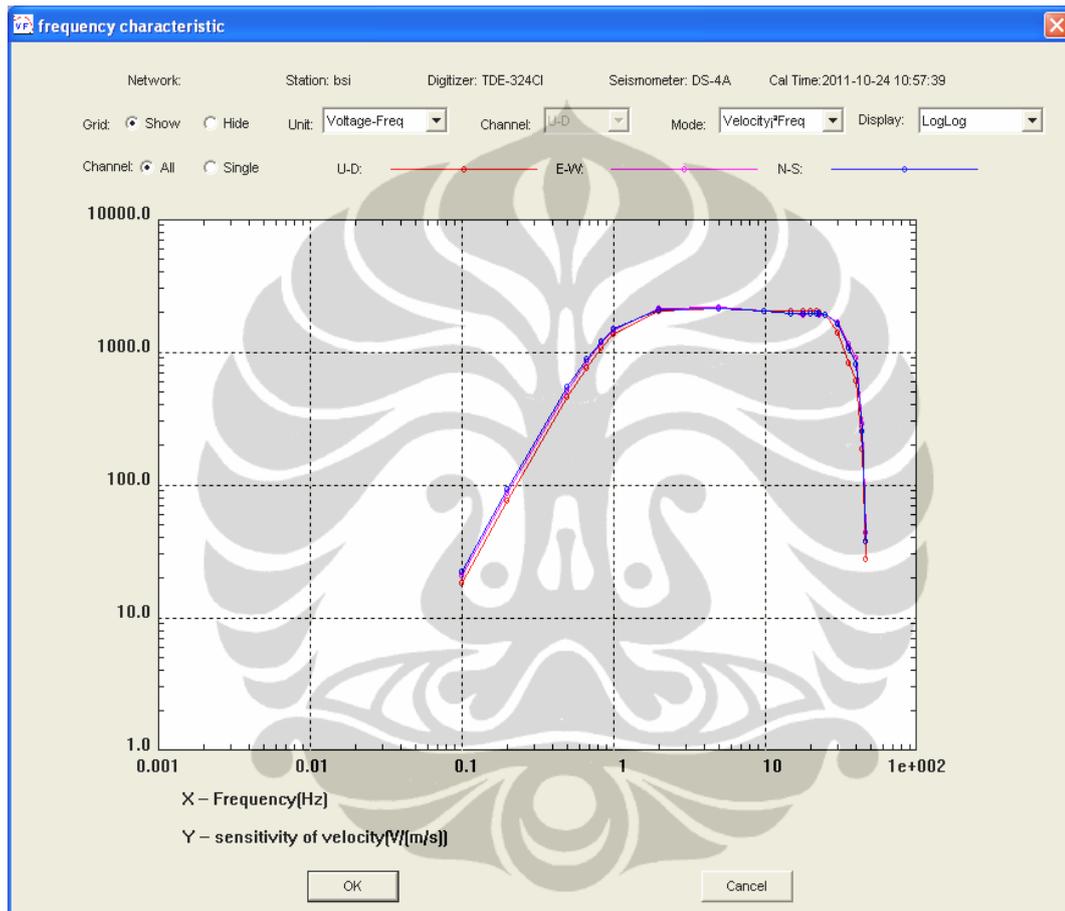
Tabel. 4.1. Respon Frekwensi Sinyal Kalibrasi

No. Seri 108

f(Hz)	Respon Frequency (μV)		
	N-S	E-W	U-D
0.2	0.04	0.04	0.04
0.3	0.09	0.09	0.08
0.5	0.25	0.25	0.24
0.8	0.53	0.54	0.54
1	0.71	0.71	0.71
1.25	0.85	0.85	0.85
1.5	0.92	0.93	0.93
2	0.98	0.98	0.98
3	1.00	1.00	1.00
5	1.00	1.00	1.00
7	0.98	0.98	0.98
10	0.97	0.97	0.97
15	0.93	0.93	0.93
20	0.88	0.93	0.93
25	0.92	0.93	0.94
30	0.93	0.95	0.95
35	0.94	0.94	0.96
40	0.91	0.91	0.93
45	0.83	0.81	0.79
50	0.68	0.63	0.62
55	0.53	0.54	0.48
60	0.41	0.43	0.37
Reduced Pendulum Length(m)	0.042	0.042	0.042
Moment of Inertia(kg m^2)	5.09E-05	5.09E-05	5.09E-05
Sensitivity for Output Voltage(VS/m)	1000	1000	1000
Resistance of Calibration coil(Ω)	57.60	56.70	58.00
Sensitivity for Calibration coil(VS/m)	2.49	1.79	2.46

Tabel 4.1. merupakan bentuk laporan hasil kalibrasi yang biasanya dilampirkan pada laporan kalibrasi. Pada Tabel. 4.1. terinci frekwensi – frekwensi sinyal masukan dalam Hertz, pengukuran amplitudo dalam μV baik komponen vertikal maupun kedua komponen horizontal, selain itu juga dicantumkan data-data spesifikasi seismometer yang menjadi acuan kelaikan instrumen.

Setelah proses kalibrasi dengan sinyal sinusoidal selesai yang lamanya waktu kalibrasi sekitar tiga puluh (30) menit, proses yang dilakukan selanjutnya adalah *plotting* pengaruh frekwensi terhadap sensitivitas seismometer dengan menggunakan program Freq.exe yang akan memberikan hasil kurva seperti pada Gambar 4.6. bilamana kondisi seismometer sesuai dengan karakteristiknya.



Gambar 4.6. Grafik Sensitivitas seismometer

Gambar 4.6. adalah grafik sensitivitas seismometer dimana grafik tersebut menunjukkan hubungan antara frekwensi sinyal masukan pada sumbu X dengan sensitivitas seismometer pada sumbu Y. Besaran pada sumbu X adalah Hertz (Cycle/ detik) sedangkan besaran Y adalah V/m/s yang merupakan besaran fungsi transver sensor kecepatan getaran bumi (velocity).

Tampilan Gambar 4.6. yang merupakan grafik sensitivitas seismometer membentuk diagram Band Pass Filter, hal ini disebabkan oleh karena sifat perbesaran sensor yang karakteristiknya dibatasi oleh tapis bawah dan tapis atas yang merupakan komponen-komponen pembentuk band pass filter.

Dalam istilah seismologi terdapat suatu titik interest frekwensi getaran gempabumi yangmana untuk jenis gempa lokal adalah pada frekwensi satu Hertz sehingga dalam menentukan kelaikan alat mengacu pada nilai sensitivitas dengan frekwensi tersebut.

4.3. Pengambilan Data Lapangan dan Analisis

Setelah kalibrasi instrument dilakukan dan hasilnya dapat dinyatakan baik yang berarti laik untuk dioperasikan, maka pengambilan data atau pengukuran dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur standar operasional (SOP). Pengambilan data atau pencatatan sinyal pergerakan tanah yang diperlukan dalam penelitian maupun tujuan – tujuan lainnya. Sebagai contoh misalkan dalam keperluan pengamatan gempa susulan yang terjadi disuatu tempat telah dilakukan pengamatan di lokasi bencana dan dalam rangkaian kerja selanjutnya adalah menganalisis parameter – parameter gempa yang terjadi menggunakan program mono.st .

4.3.1. Cara pelaksanaan pengambilan data lapangan

Dalam pelaksanaan pengambilan data lapangan ada beberapa hal dan ketentuan yang perlu diperhatikan dan dilaksanakan untuk mendapatkan kualitas data yang optimal. Hal yang perlu diperhatikan adalah lokasi tempat untuk meletakkan seismometer agar getaran-getaran yang timbul bukan karena gempabumi (*Noise*) dapat dihindarkan atau paling tidak diminimumkan dengan pemilihan lokasi yang jauh dari sumber-sumber noise yaitu:

1. Tempat kegiatan manusia dan lalu lintas.

2. Pohon-pohon besar maupun lalu lalang hewan.
3. Letakan pada batuan yang solid atau tempat yang padat bila perlu diletakan pada suatu kedalaman (*Bunker*).

Sedangkan secara teknis pengoperasian peralatan TDS 303S harus mengikuti beberapa hal sebagai berikut ini:

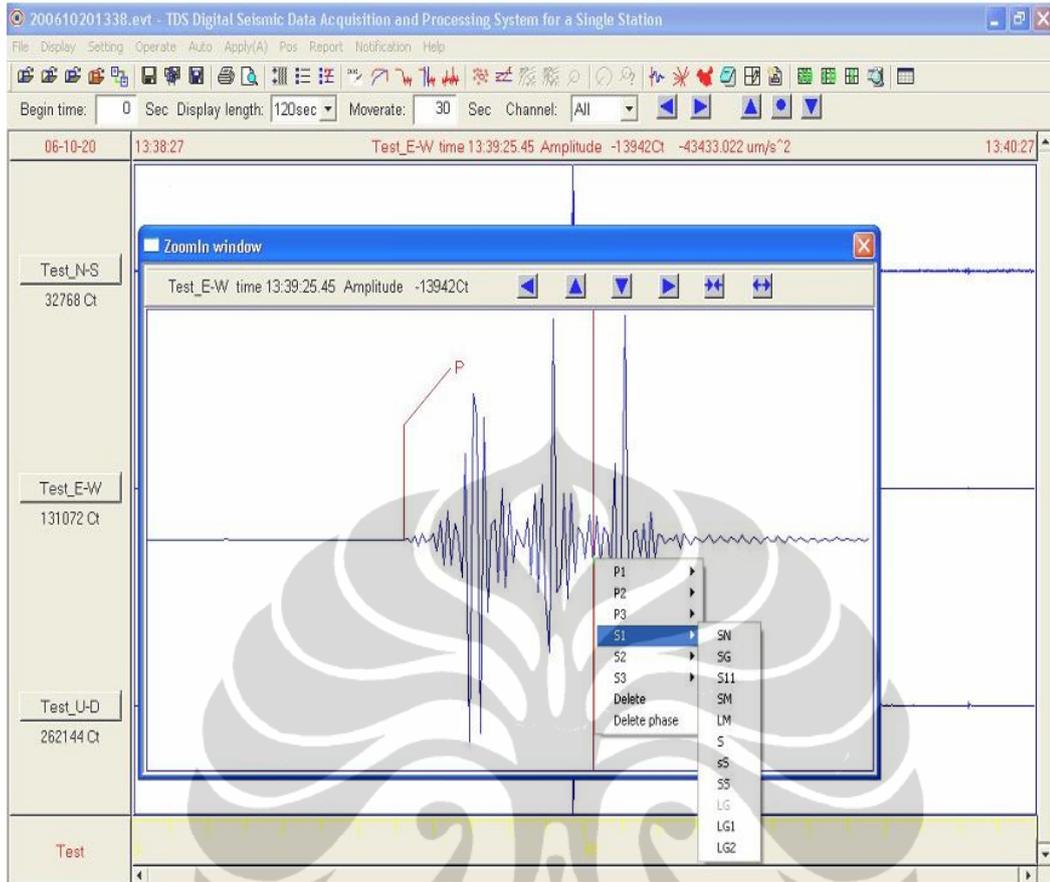
1. Mengarahkan seismometer kearah timur sesuai dengan tata letak sensor horizontal.
2. Memposisikan seismometer pada kedudukan horizontal dengan menggunakan *water level*.
3. Meletakkan antena global positioning system (GPS) pada tempat terbuka
4. Meletakkan panel surya pada tempat terbuka dengan arah utara-selatan apabila menggunakannya sebagai sumber daya.

4.3.2. Analisis data

Analisis data lapangan dapat dilakukan dengan cepat dan mudah dikarenakan aplikasi pemilihan alur data terekam yang dapat ditampilkan dari folder-folder yang tersedia sebagai data utuh ataupun data terseleksi.

Berikut ini adalah contoh proses analisis gempa dengan Datapro.exe. adalah berikut:

1. Untuk menganalisis hasil rekaman gempa buka file datapro.exe
2. Buka file trace (.trc) jika ingin melihat file secara keseluruhan atau buka file event jika ingin membuka event khusus yang terekam (.evt).
3. Setelah membuka file maka akan muncul signal gempa dengan 3 komponen Up-Down, S-N, W-E, kemudian untuk memperjelas tampilan klik dua kali pada sinyal.



Gambar 4.7. Tampilan Proses data menggunakan Datapro.exe

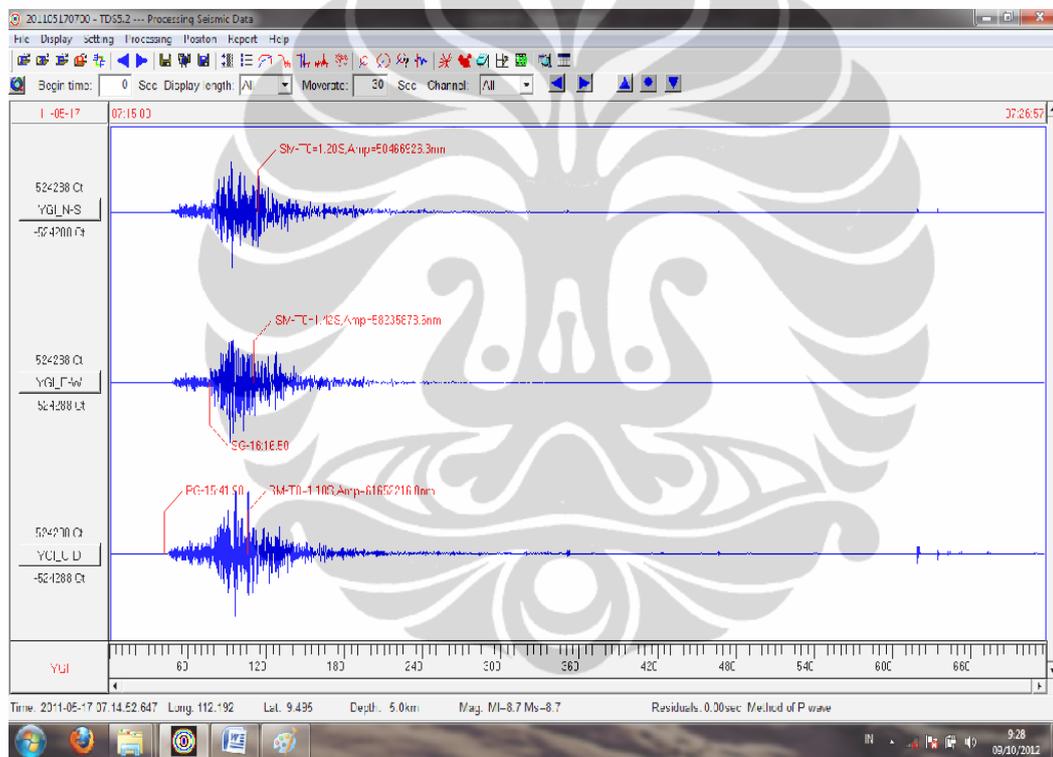
Pada Gambar . 4.7. diperlihatkan tampilan bentuk pemrosesan data seismik kanal E-W yang memperlihatkan datangnya sinyal getaran seismik dari arah timur, hal tersebut dapat diketahui dari simpangan awal sinyal yang naik yang mewakili arah timur dan sebaliknya., Demikian juga halnya untuk komponen yang lain.

4.4. Pengolahan Data Gempabumi.

Pengolahan data gempabumi dengan menggunakan program aplikasi yang telah disertakan dalam digitiser TDL-303S dimana dasar perhitungan dan pengolahannya telah diuraikan pada Bab. 2. Diaplikasikan dalam fitur program dataprot.exe. Sebagai sampel untuk pengolahan data gempabumi, berikut ini

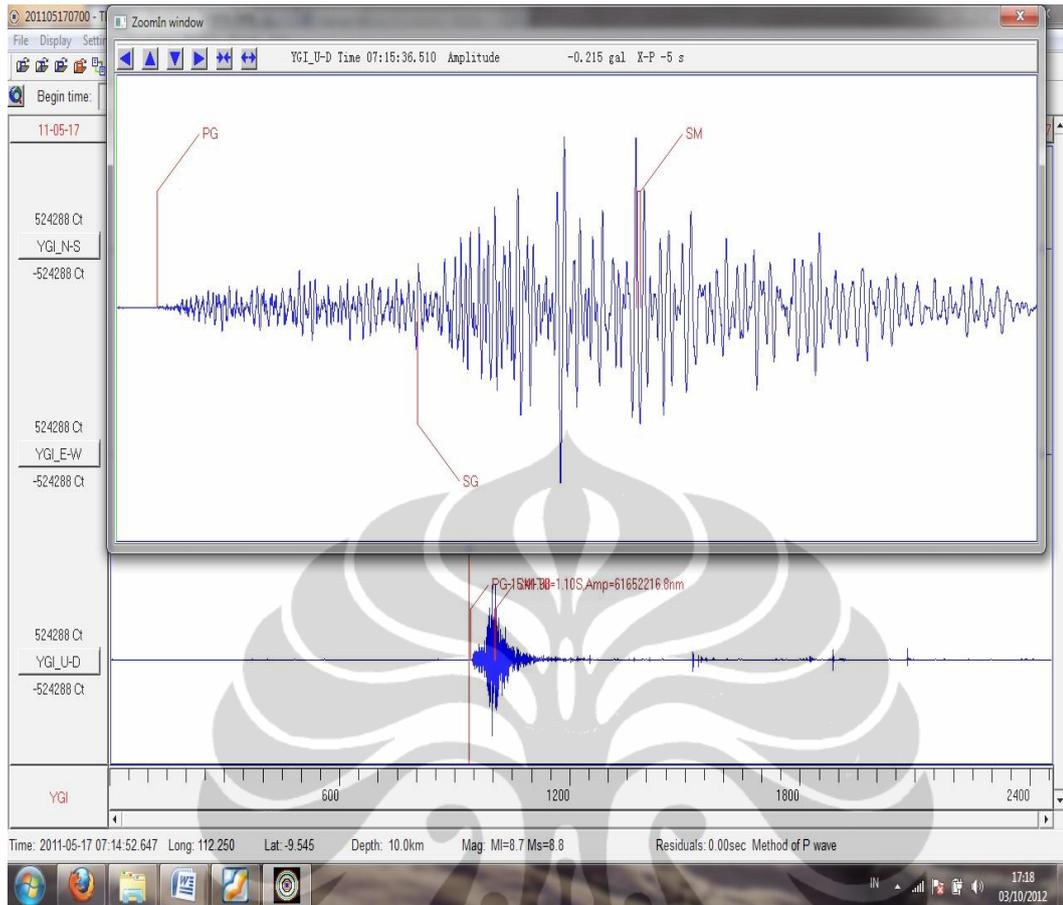
penulis uraikan prosedur pengolahan dengan mengambil salah satu data gempabumi yang telah terjadi di Yogyakarta .

Pada tahun 2010 sampai dengan 2011, Stasiun Geofisika Yogyakarta mengoperasikan seismograph TDS-303S selama 24 jam perhari guna memantau aktifitas patahan di selatan Yogyakarta sehingga hasil rekaman gempabumi yang terjadi dalam kurun waktu tersebut dapat melengkapi data-data dalam penulisan tesis ini. Salah satu hasil rekaman gempabumi tersebut dapat dilihat pada Gambar4.8. dibawah ini yang merupakan even gempabumi yang terjadi pada tanggal 17 Mei 2011, pada waktu 7:14:52.6.



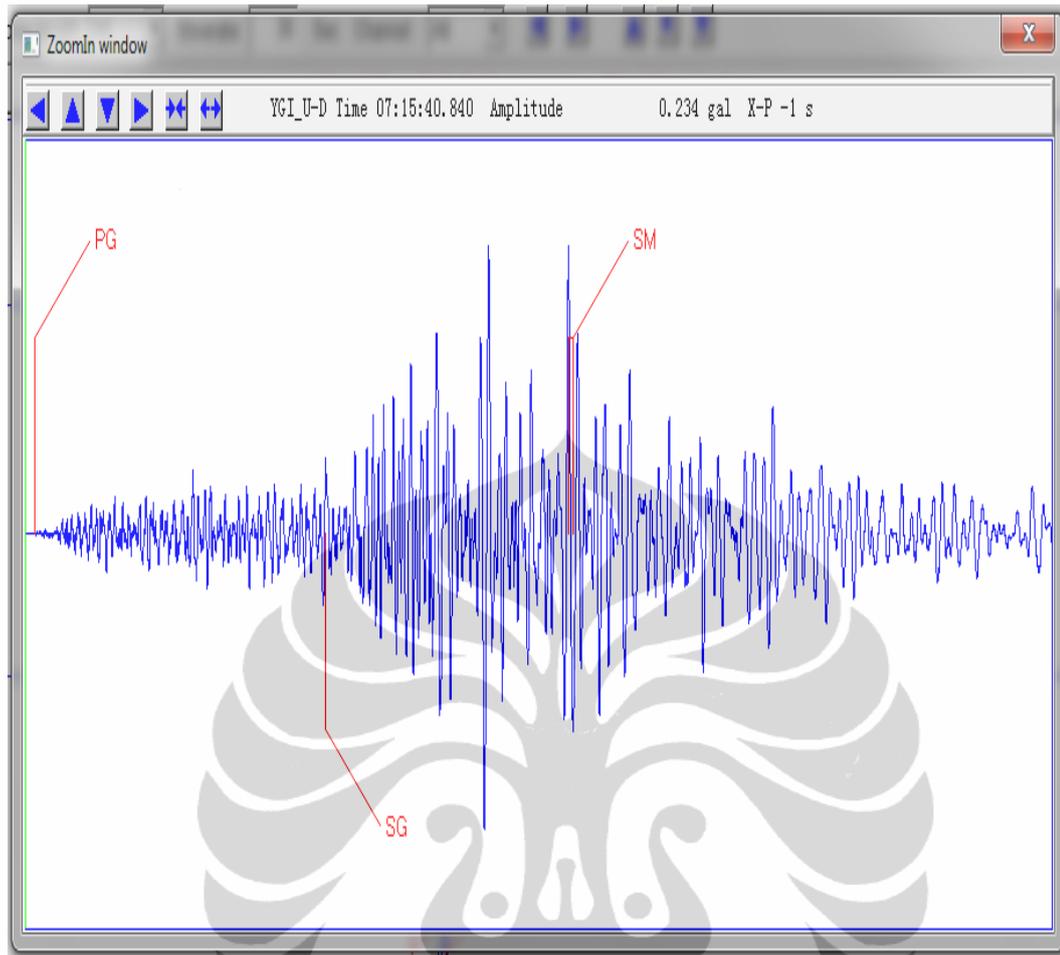
Gambar 4.8. Rekaman gempabumi di Yogyakarta

Hasil rekaman yang telah disortir yang mencatat even gempabumi seperti pada Gambar 4.8 diatas kemudian dianalisa, untuk memperjelas bentuk gelombang dan memudahkan pembacaan waktu tiba gelombang maka dapat dilakukan *Zooming* sehingga terlihat jelas perbedaan antara noise dengan even gempabumi. *Zooming* dapat dilakukan pada tiap-tiap kanal secara bergantian sehingga didapatkan rekaman seperti pada Gambar 4.8a, 4.8b, 4.8c dan 4.8d.



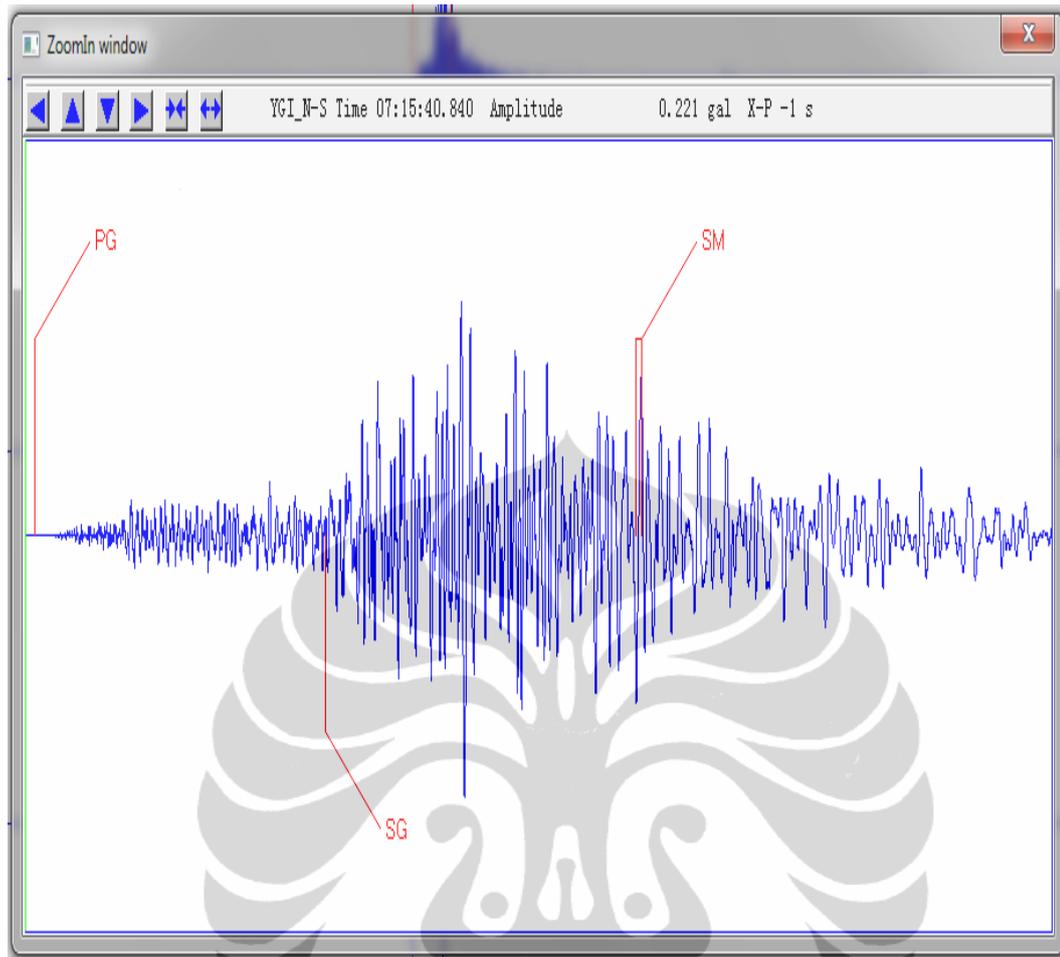
Gambar 4.8a. Tampilan rekaman gempabumi dan bentuk *zooming*

Gambar 4.8a. diatas adalah bentuk tampilan pada proses analisis gempabumi yang telah tercatat pada lintasan komponen vertikal U-D, sedangkan pada gambar inzerk adalah bentuk tampilan *zooming* gempabumi tersebut sehingga mudah menentukan waktu awal kedatangan getaran yang dengan cara *clicking* sehingga muncul garis merah yang menunjukan pembacaan waktu dan tercatat pada bagian atas tampilan data.



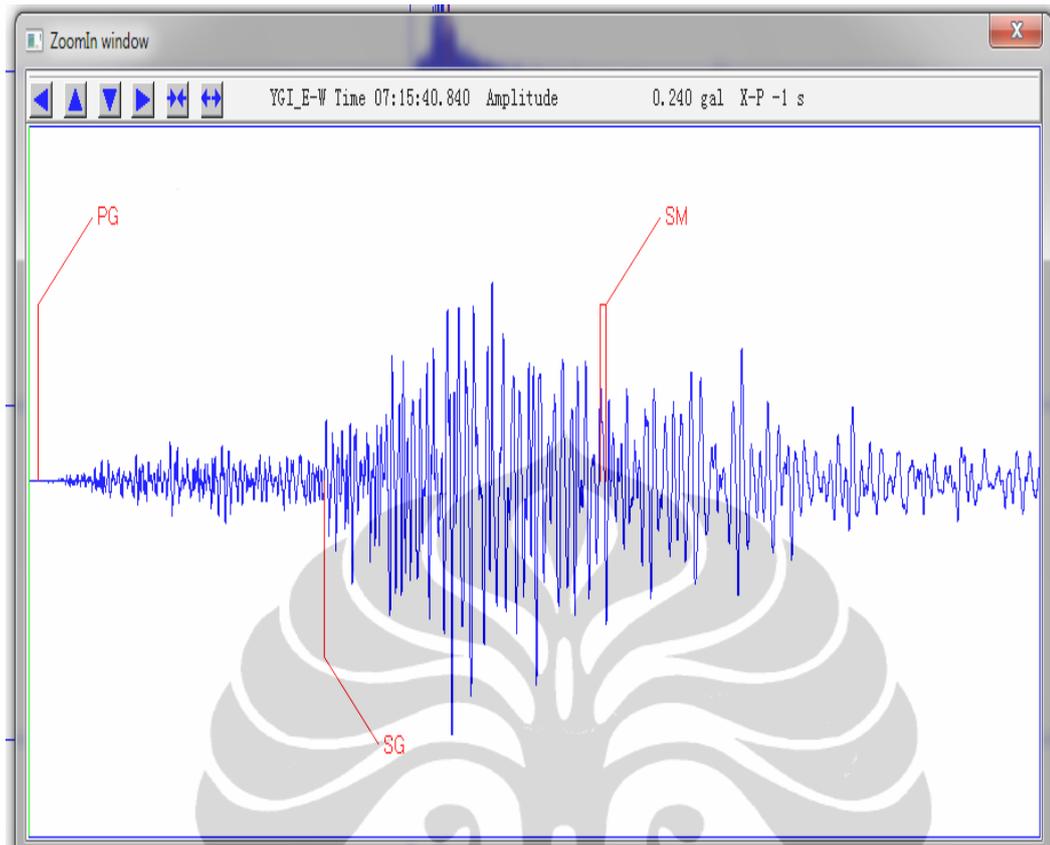
Gambar 4.8b. Bentuk zooming rekaman even gempabumi komponen U-D

Gambar 4.8b adalah bentuk tampilan unuk memperjelas Gambar 4.8a. yaitu bentuk tampilan pada proses analisis gempabumi yang telah tercatat pada lintasan komponen vertikal U-D, sehingga dalam menganalisis data gempabumi dapat lebih teliti dan memperkecil kesalahan pembacaan gelombang. Dari *clicking* pada titik dimana sinyal getaran dimulai timbul garis yang menunjukkan waktu awal tercatatnya data gempabumi yang tercatat jam 07:15:40.84 serta jenis gelombang lonitudinal PG dan gelombang transversal SG yang dengan cara otomatis memilih amplitudo maksimum.



Gambar 4.8c. Bentuk zooming rekaman even gempabumi komponen N-S

Gambar 4.8c adalah bentuk tampilan *zooming* untuk memperjelas Gambar 4.7. dalam proses analisis gempabumi yang telah tercatat pada lintasan komponen horizontal N-S, sehingga dalam menganalisis data gempabumi dapat lebih teliti dan memperkecil kesalahan pembacaan gelombang. Dari *clicking* pada titik dimana sinyal getaran dimulai timbul garis yang menunjukkan waktu awal tercatatnya data gempabumi yang tercatat jam 07:15:40.84 serta jenis gelombang lonitudinal PG dan gelombang transversal SG yang dengan cara otomatis memilih amplitudo maksimum.



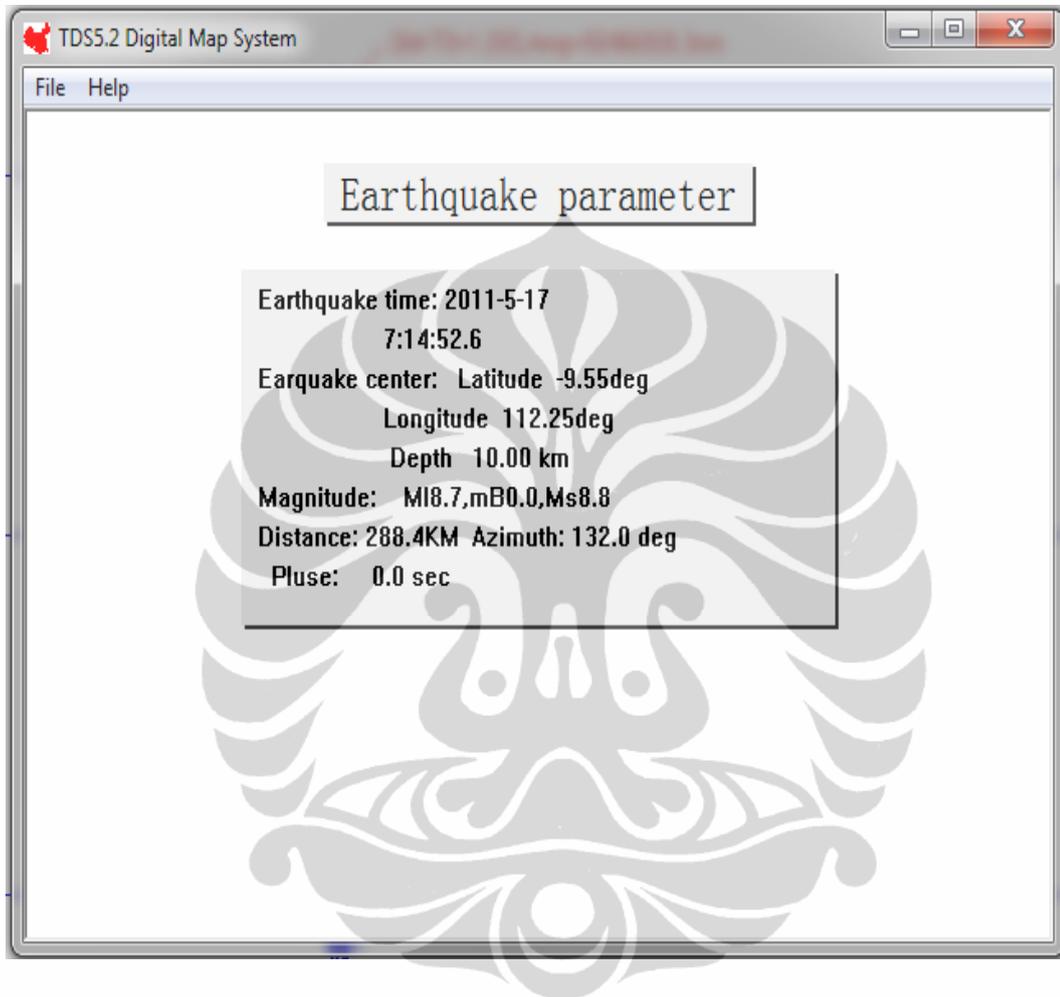
Gambar 4.8d. Bentuk zooming rekaman even gempabumi komponen E-W

Gambar 4.8d. dalam proses analisis gempabumi yang telah tercatat pada lintasan komponen horizontal E-W, sehingga dalam menganalisis data gempabumi dapat lebih teliti dan memperkecil kesalahan pembacaan gelombang. Dari *clicking* pada titik dimana sinyal getaran dimulai timbul garis yang menunjukkan waktu awal tercatatnya data gempabumi yang tercatat jam 07:15:40.84 serta jenis gelombang lonitudinal PG dan gelombang transversal SG yang dengan cara otomatis memilih amplitudo maksimum.

Pada Gambar 4.8a, 4.8b, 4.8c dan 4.8d diatas dapat dilihat dengan jelas bentuk gelombang gempabumi dan lebih mudah untuk menentukan waktu tiba gelombang juga simpangan awal gelombang yangmana menjadi penentu arah azimuth atau backazimuth, sedangkan pembacaan waktu tiba gelombang (gelombang P dan Gelombang S) menjadi penentu besarnya kecepatan gelombang yang memberikan jarak stasiun(sensor) dengan sumber gempabumi.

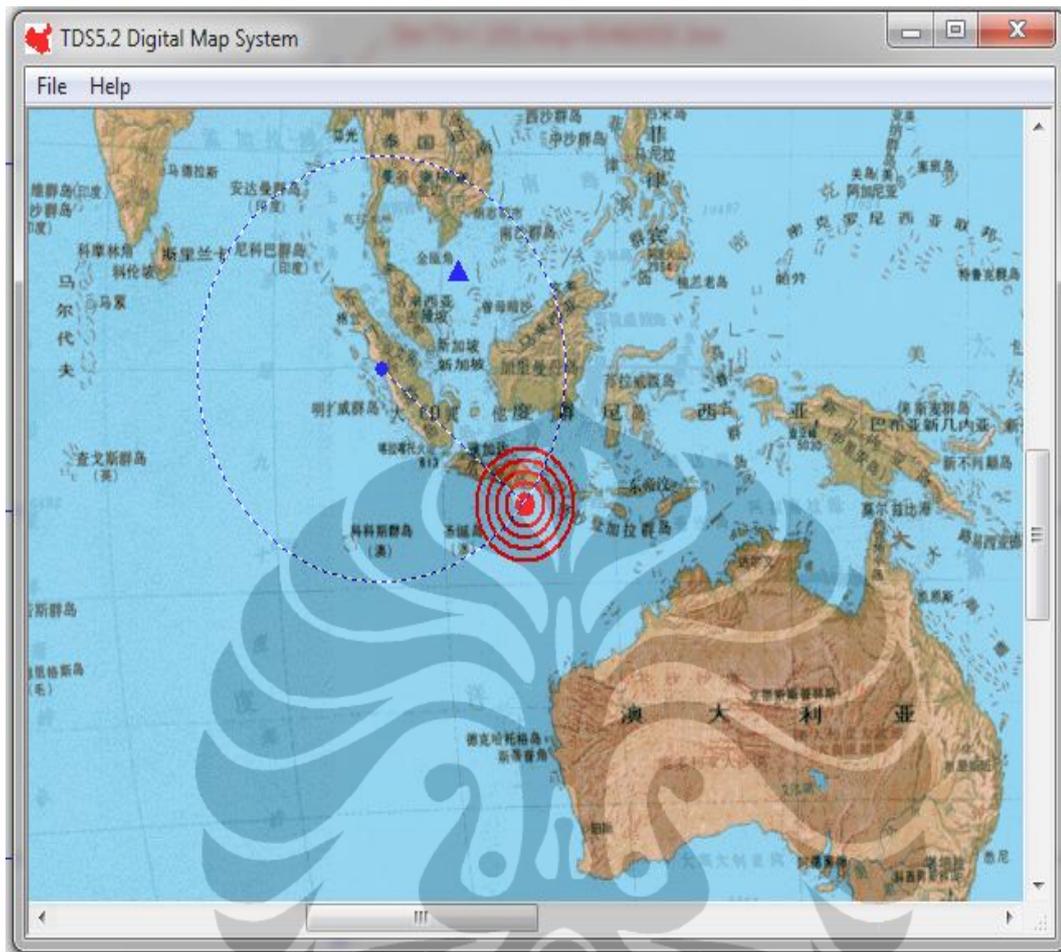
Setelah langkah-langkah tersebut diatas yang dalam istilah seismologi dikenal dengan proses *Picking* kemudian melokalisir parameter gempabumi sesuai

dengan posisi sebagai gempa lokal (*Local seismic*) atau gempa jauh (*Teleseismic*), sehingga menghasilkan parameter gempabumi yang diukur seperti yang terlihat pada Gambar 4.9.



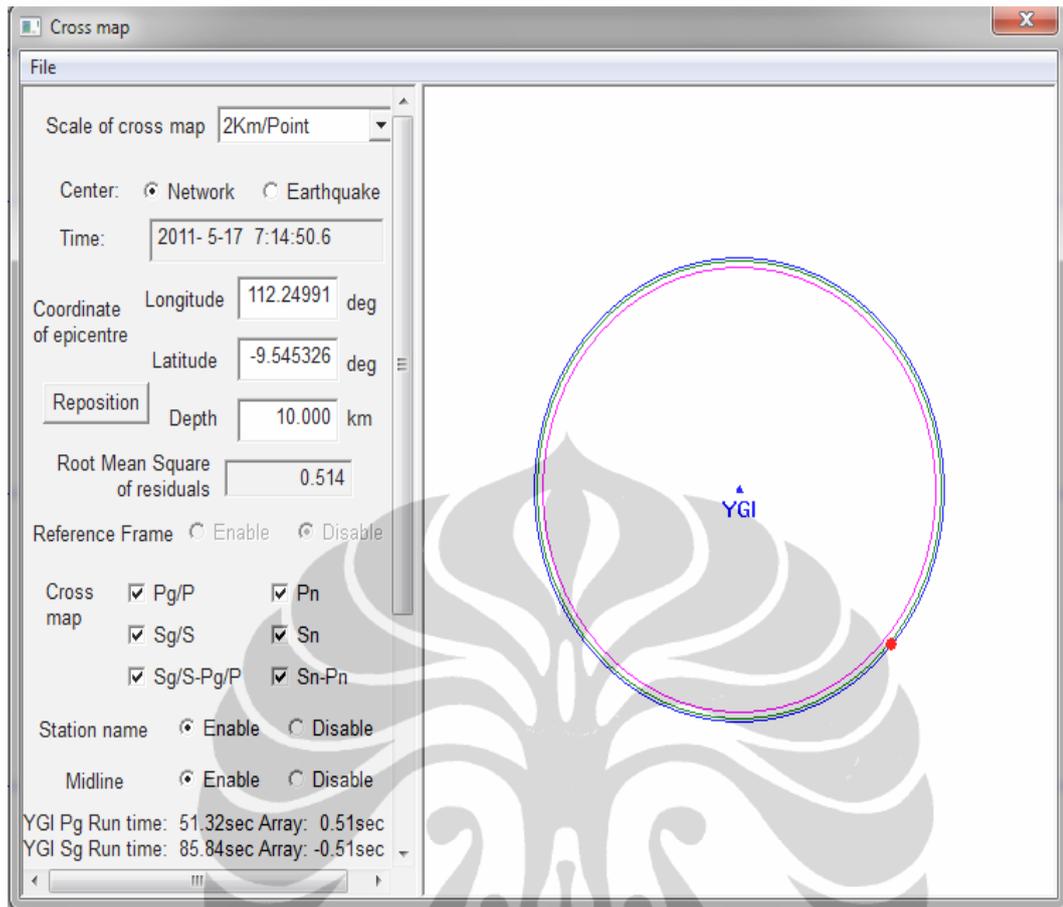
Gambar 4.9. Parameter gempabumi hasil program datapro.exe.

Setelah proses analisa data mendapatkan hasil parameter gempabumi seperti yang terlihat pada Gambar 4.9 diatas, koordinat yang didapat pada umumnya diplot pada peta untuk melihat posisi sumber gempabumi secara mudah, disamping itu juga sebagai cara *seismologist* menentukan kebenaran hasil analisa. Gambar 4.10 adalah hasil *Plotting* sumber gempabumi pada Gambar 4.9 dengan menggunakan program Digital Map System TDS5.2 yang merupakan fitur kelengkapan program datapro.exe.



Gambar 4.10. Tampilan peta posisi sumber gempa bumi (*Epicenter*)

Gambar 4.10. adalah hasil pemetaan sumber gempa bumi dengan koordinat yang dihasilkan dari pengolahan seperti yang terlihat pada Gambar 4.9. dimana letak latitude $-9,55^\circ$ yang berarti $9,55^\circ$ Lintang selatan dan longitude $112,5^\circ$ yang berarti $112,5^\circ$ Bujur timur., maka hasil plotting sumber gempa bumi tersebut ditunjukkan dengan titik(dot) berwarna merah pada lintasan lingkaran berwarna biru yang merupakan jarak azimuth 132° .



Gambar 4.11. Tampilan Peta model Cross Map

Gambar4.11 diatas juga merupakan kelengkapan dalam program datapro.exe yang disebut cross map untuk menampilkan bentuk peta yang lain yang menjelaskan jarak epicenter dengan titik pengamat, juga efek dari picking yang dilakukan dalam bentuk hasil berupa waktu penjalaran gelombang P dan gelombang S, disamping koordinat epicenter juga kedalaman dan residu pengolahan.

Pada cross map ditunjukkan letak penempatan seismometer dengan nama stasiun YGI yang mewakili kota Yogyakarta, dengan penjelasan sebagai berikut:

- Scale of cross Map : Skala jarak titik pengamatan ketitik sumber gempabumi.
- Center : Network., artinya adalah titik dimana sensor diletakan dalam Pengukuran, yang pada peta

ditandai dengan nama stasiun (YGI).

- Time : 2011-05-17 7:15:50.6 adalah tanggal dan waktu terjadinya gempa bumi.
- Lat : -9.545326 deg. adalah Lintang dari sumber gempa bumi.
- Long : 112.24991 deg adalah Bujur dari sumber gempa bumi.
- Depth : 10 Km adalah kedalaman sumber gempa bumi.
- P_g , P_n : Gelombang Longitudinal dengan jenis-jenis lapisan penjalaran.
- S_g , S_n : Gelombang Transversal dengan jenis-jenis lapisan penjalaran.
- P_g Run Time : Waktu penjalaran gelombang P_g sampai pada sensor.
- S_g Run Time : Waktu penjalaran gelombang S_g sampai pada sensor.
- Root mean square of residuals : adalah nilai residu/tingkat ketelitian.

Data-data pada keterangan tersebut diatas adalah hasil dari analisis data gempa bumi sedangkan keterangan lainnya berupa *check point* adalah merupakan default dari instrumen TDS 303S.

Data-data gempa bumi hasil rekaman dari seismograph TDS-303S dan hasil pengolahannya dapat dilihat pada halaman lampiran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Karakteristik instrumen sangat menentukan kualitas data pengukuran yang dihasilkan maka dari itu pengenalan dan pemahaman karakteristik peralatan (instrumentasi) besar manfaatnya dalam mengoperasikan TDS-303S sedangkan kalibrasi instrumen wajib dilakukan sehingga kelaikan operasional peralatan tidak diragukan yang menghasilkan data pengukuran dengan validitas yang baik.

Dari hasil pengukuran parameter gempa bumi di Yogyakarta serta analisis TDS303-S ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Seismograph TDS-303S dalam pengukuran yang dilakukan di Yogyakarta menghasilkan data yang akurat dimana nilai akar rata-rata simpangan kwadrat pengukuran sebesar 0,5 sedangkan pada faktanya hasil dari pengolahan data memberikan parameter - parameter kegempaan seperti epicenter pada koordinat antara 110°-113° Bujur Timur dan antara 8°-10° Lintang Selatan, sedangkan kedalaman yang didapatkan adalah 10 Km., Berdasarkan peta seismologi titik-titik pada kooordinat tersebut merupakan daerah yang bersesuaian dengan jalur patahan.
2. Dalam mengoperasikan TDS-303S menjadi mudah karena kejelasan prinsip kerja instrumen baik mengenai sensor, digitiser maupun sistem perekam data serta hubungan alur kerja antara satu bagian dengan bagian yang lain ditambah dengan acuan standar operasional kerja sehingga dalam proses pengukuran, pengambilan dan penyimpanan data tidak akan mengalami kesulitan.
3. Dapat meminimalkan kegagalan operasional yang timbul dari kesalahan baik karena prosedur maupun kerusakan alat yang biasanya dikarenakan oleh kesalahan instalasi peralatan, ketidak tahuan persyaratan operasional

alat, masalah konsumsi catu daya sampai kesalahan nonteknis yang timbul dalam transportasi dalam pemakaian instrumentasi yang *mobile*.

4. Perawatan dan perbaikan kerusakan yang terjadi pada peralatan dapat dilakukan dengan mudah karena dengan analisis yang telah dilakukan terhadap TDS-303S memperjelas karakteristik, prinsip-prinsip dan aspek-aspek teknis instrumen sehingga teknisi maupun operator yang menggunakan TDS-303S dapat mengantisipasi kemungkinan kerusakan yang dapat terjadi.

5.2. Saran

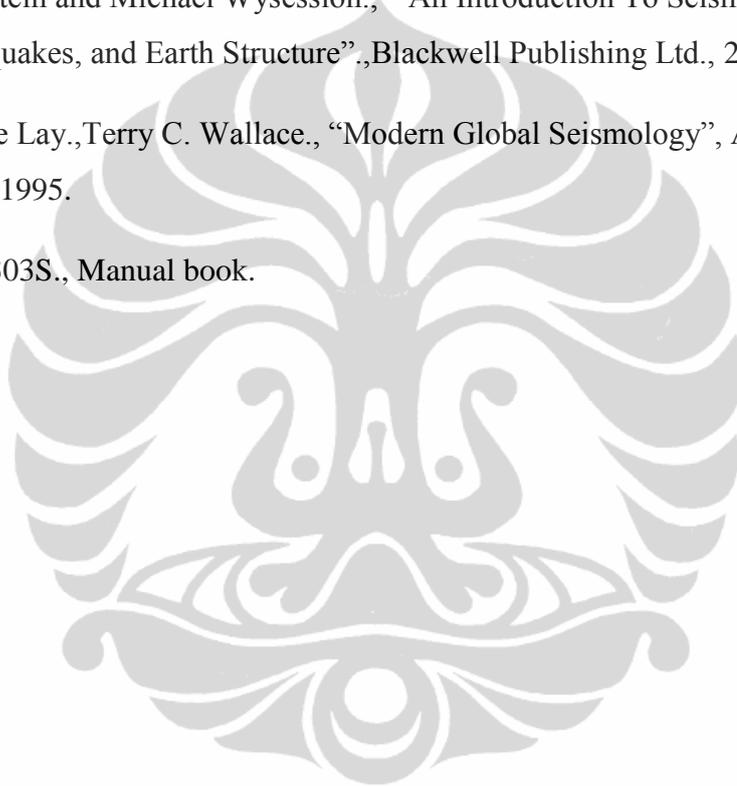
Setelah karakteristik peralatan beserta seluk-beluknya dipahami dan dimengerti, disarankan untuk dapat diteruskan dengan perekayasa instrumentasi yang secara langsung maupun tidak langsung dapat dimanfaatkan masyarakat misalnya seperti sistem peringatan dini Tsunami (Tsunami Early Warning).

Dalam perkembangan pembuatan instrumentasi biasanya tidak serta merta sempurna, terkadang ada beberapa hal yang menjadi kelemahan pada instrumentasi seperti halnya TDS-303S, maka dari itu sangat perlu untuk melakukan penelitian dan perbaikan seperti yang telah diuraikan dalam tesis ini, diharapkan dapat ditindak lanjuti dengan upaya penyempurnaan atau melengkapi kekurangan-kekurangan yang ada .

Dalam waktu waktu mendatang dimungkinkan untuk melakukan rekayasa pembuatan instrumen sejenis TDS-303S dengan pengembangan-pengembangan fungsi agar didapatkan kapabilitas pengukuran yang semakin baik .

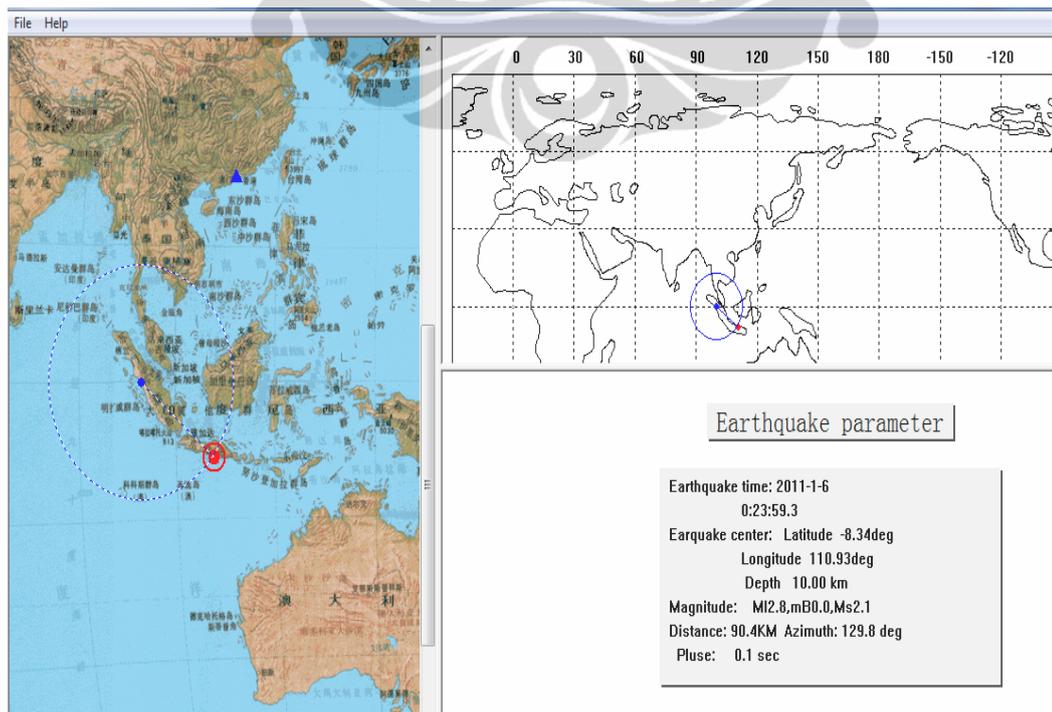
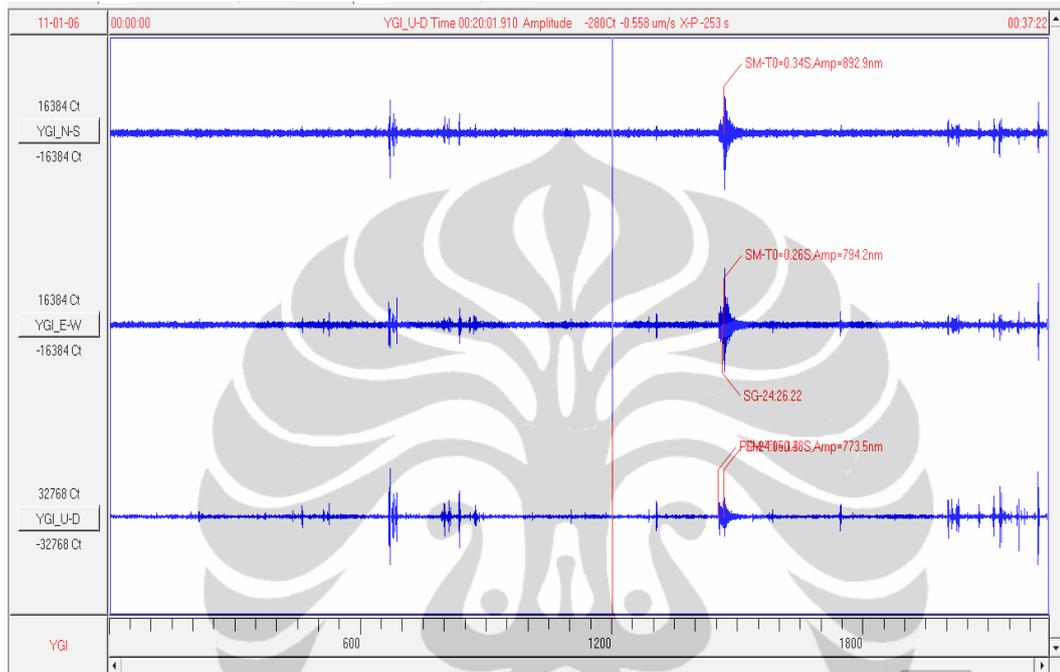
DAFTAR PUSTAKA

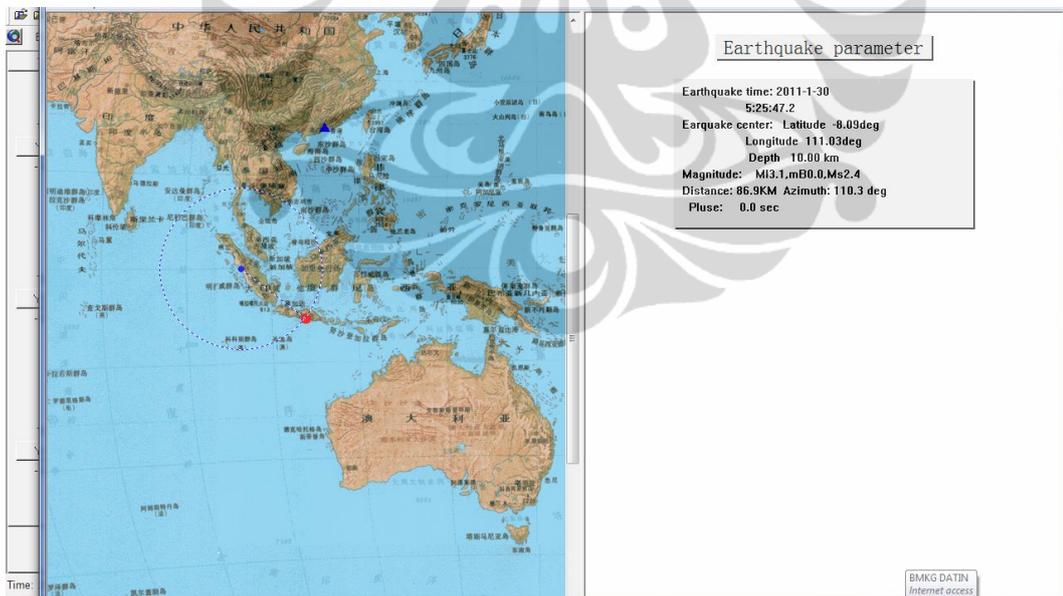
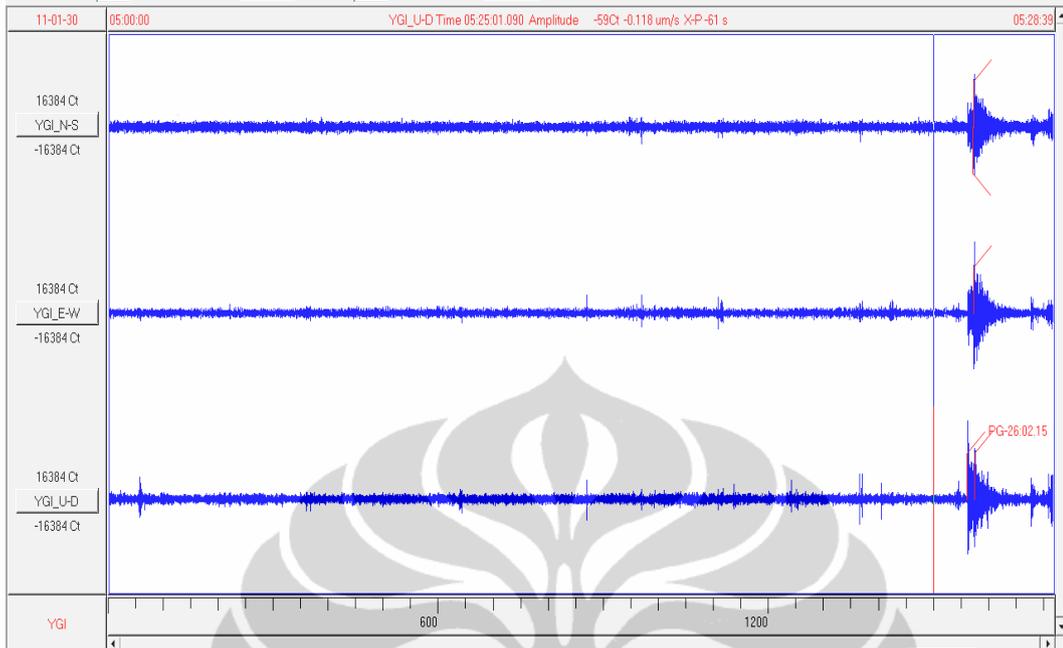
1. Alan S. Morris., “Measurement And Instrumentation Principles”., third edition., 2001.
2. Dunn, William C., Introduction to instrumentation, sensors, and process control, Artech House sensors library, 685 Canton Street Norwood, MA 02062, 2006.
3. Seth Stein and Michael Wysession., “ An Introduction To Seismology, Earthquakes, and Earth Structure”.,Blackwell Publishing Ltd., 2003.
4. Thorne Lay.,Terry C. Wallace., “Modern Global Seismology”, Academic Press, 1995.
5. TDS-303S., Manual book.

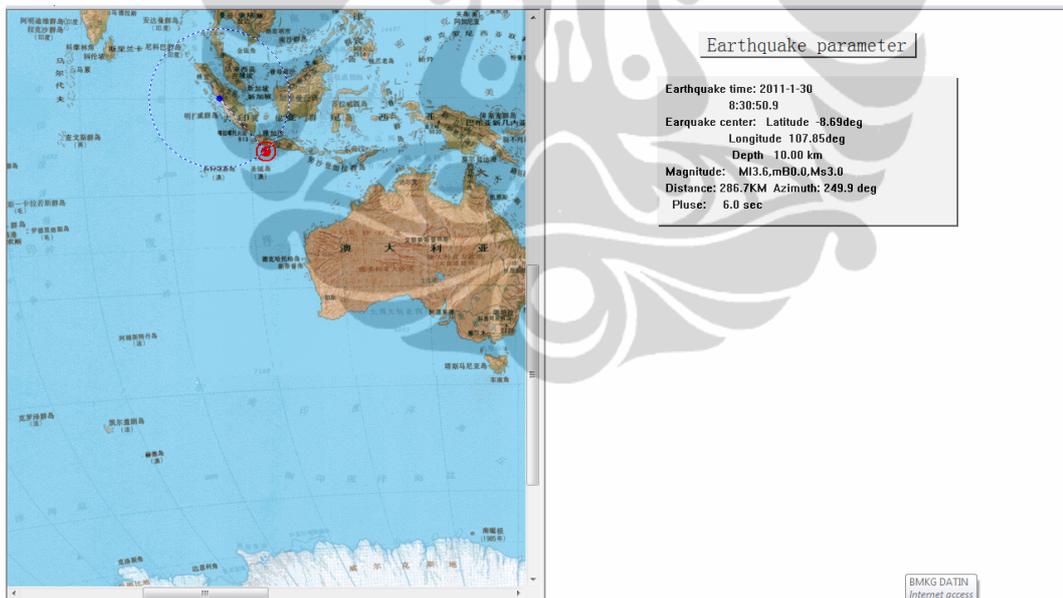
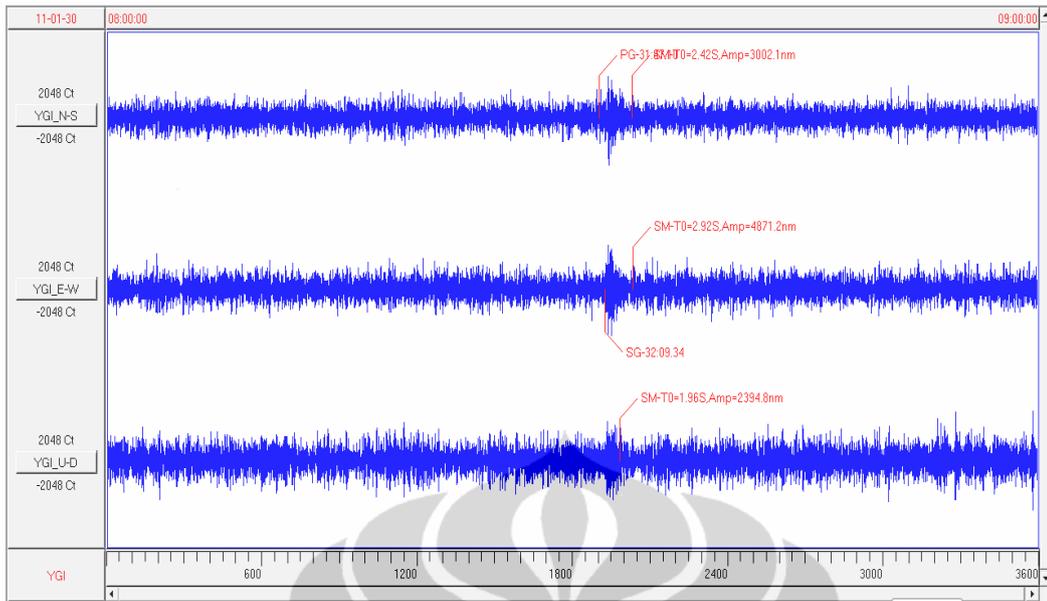


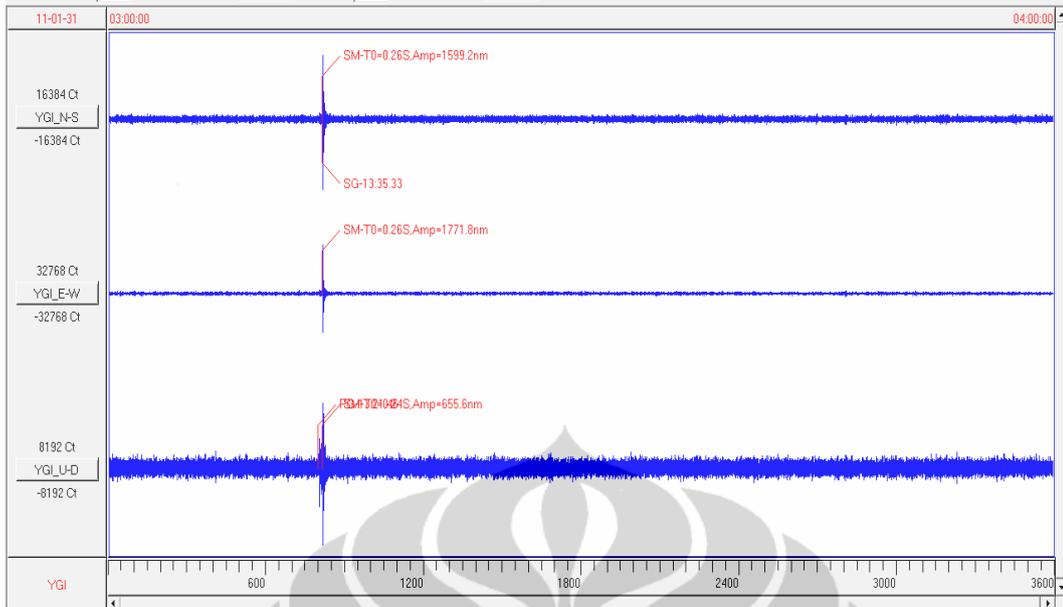
Lampiran

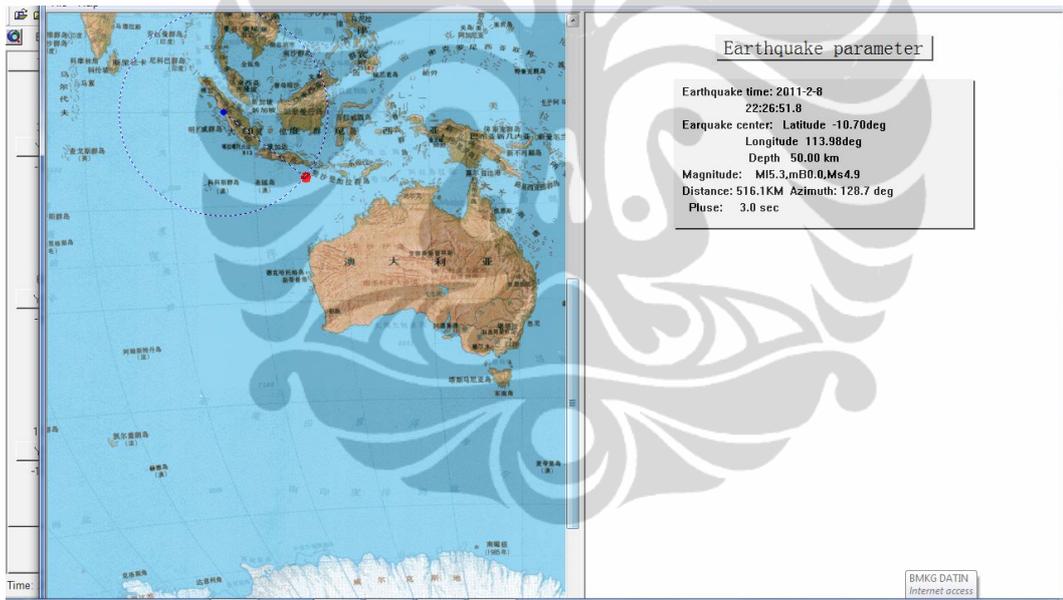
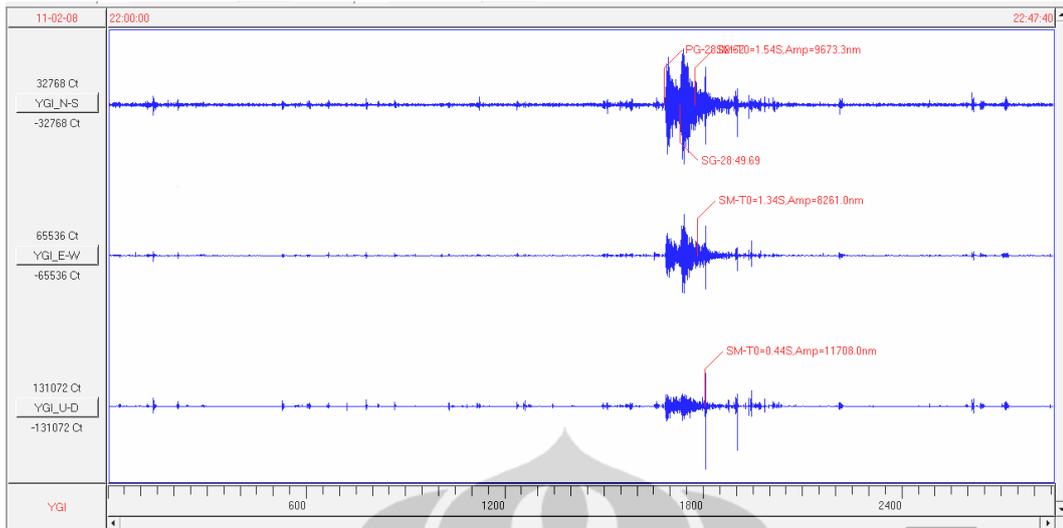
Data – data dan hasil pengolahan gempa bumi di Jogyakarta dengan menggunakan seismograph TDS-303S

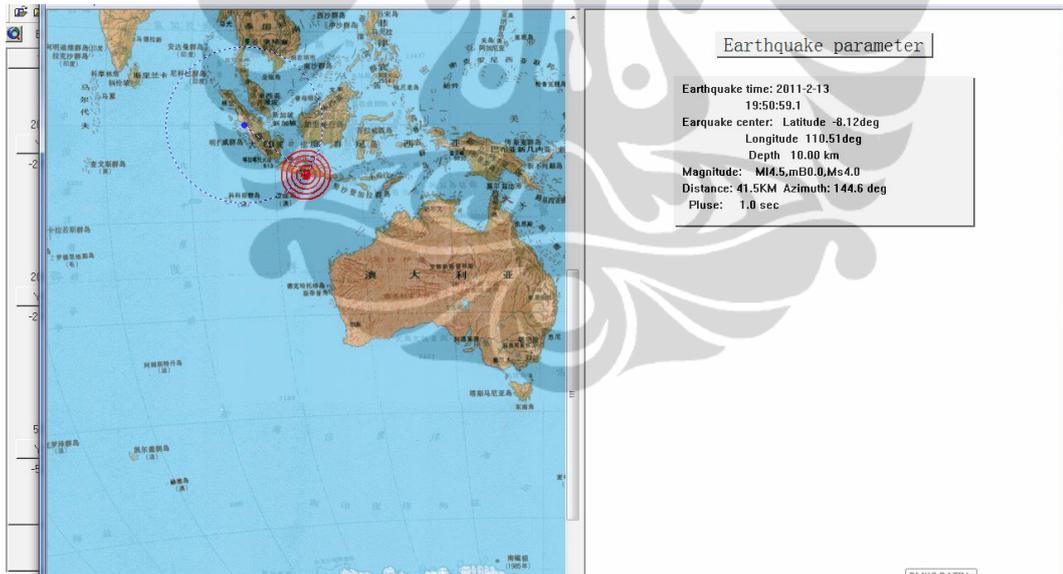
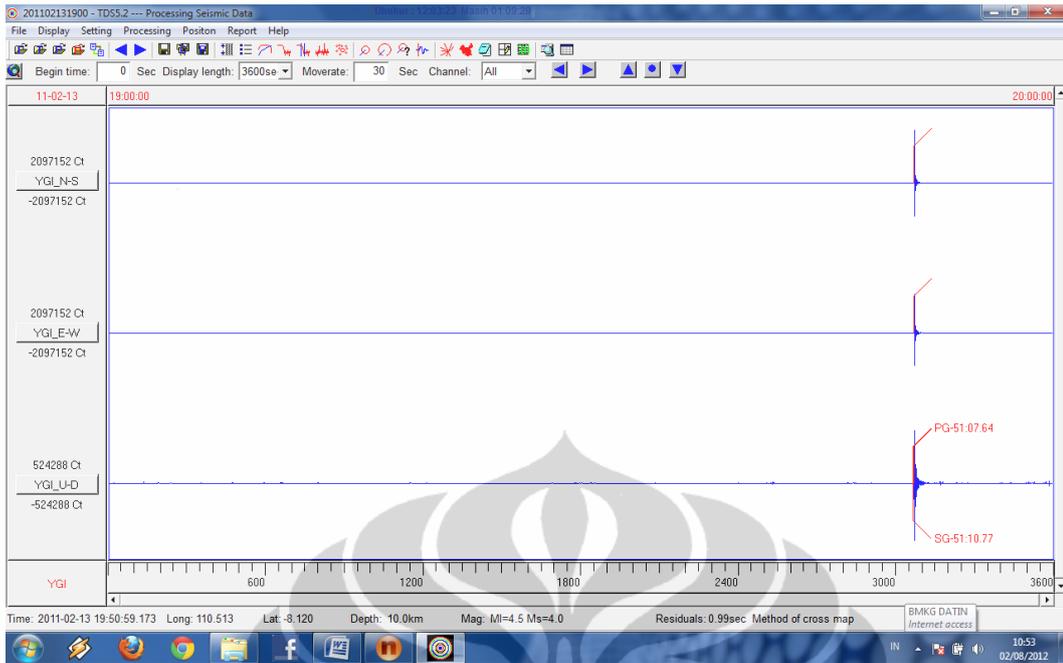


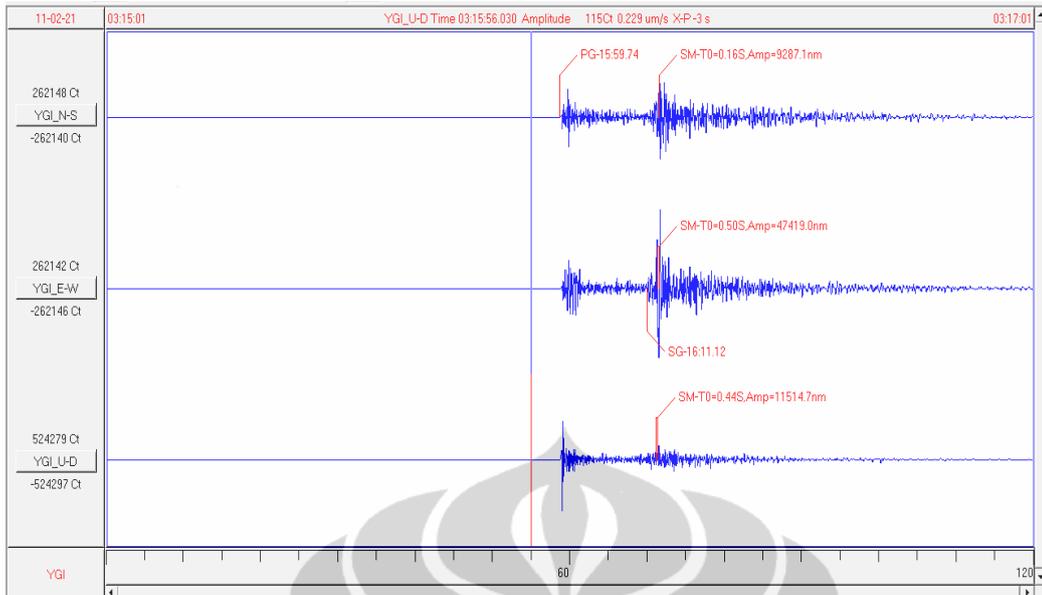






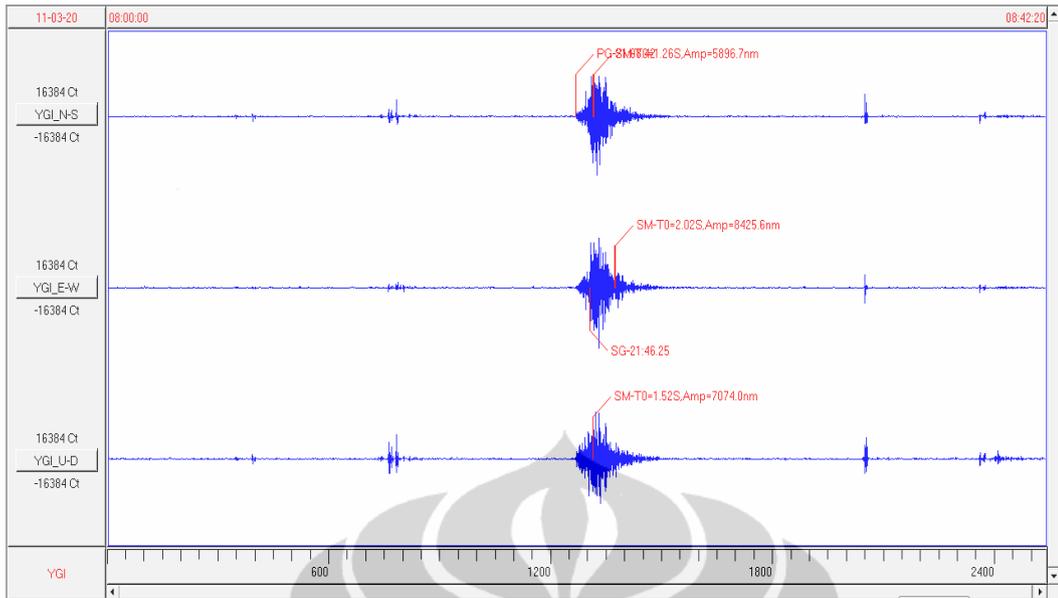






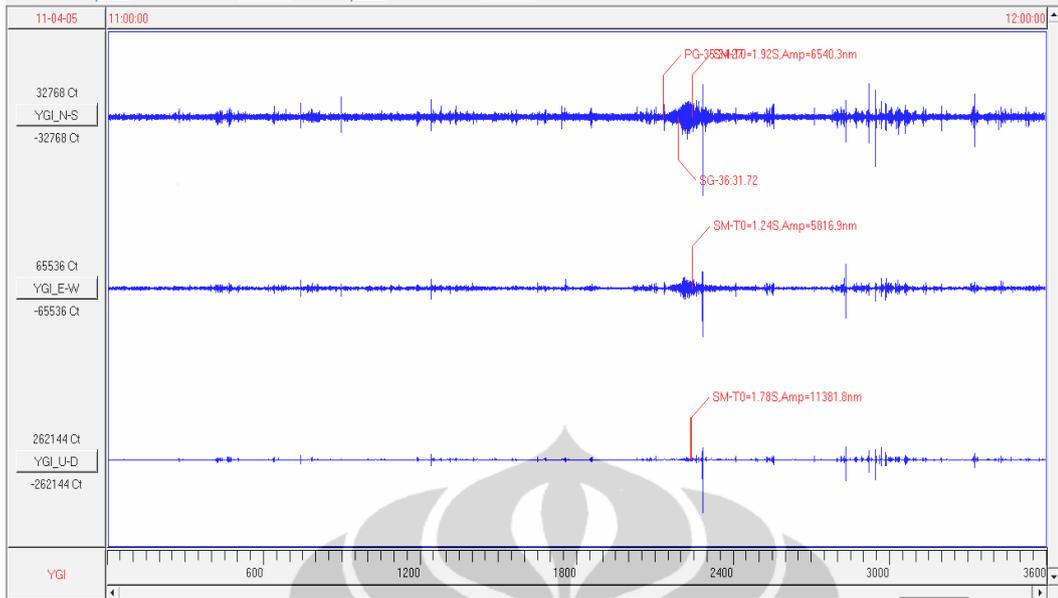
Earthquake parameter

Earthquake time: 2011-2-21
 3:15:44.9
 Earquake center: Latitude -7.77deg
 Longitude 109.44deg
 Depth 30.00 km
 Magnitude: M14.5,mB0.0,Ms4.0
 Distance: 94.6KM Azimuth: 272.8 deg
 Pluse: 0.1 sec



Earthquake parameter

Earthquake time: 2011-3-20
 8:20:13.3
 Earthquake center: Latitude -8.74deg
 Longitude 107.58deg
 Depth 10.00 km
 Magnitude: M14.6, mB0.0, Ms4.1
 Distance: 315.7KM Azimuth: 250.8 deg
 Pluse: 0.0 sec



Earthquake parameter

Earthquake time: 2011-4-5
 11:34:22.5
 Earthquake center: Latitude -7.31deg
 Longitude 105.87deg
 Depth 20.00 km
 Magnitude: M15.1,mB0.0,Ms4.6
 Distance: 491.4KM Azimuth: 276.3 deg
 Pluse: 1.4 sec

