

**STUDI PEMETAAN GEMPABUMI WILAYAH JAWA TIMUR  
BERDASARKAN DATA PADA TIDE DIGITAL SEISMOGRAPH (TDS)**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh :

**ALMAARIF**

**0510930007 - 93**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN  
ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2012  
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**STUDI PEMETAAN GEMPABUMI WILAYAH JAWA TIMUR  
BERDASARKAN DATA PADA TIDE DIGITAL SEISMOGRAPH (TDS)**

Oleh :  
**ALMAARIF**  
**0510930007**

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
pada tanggal .....  
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Fisika**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Adi Susilo,Ph.D**  
**NIP. 196312271991031002**

**Zulkarnain Adnan S.Si**  
**NIP. 198504102008121**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Brawijaya**

**Adi Susilo,Ph.D**  
**NIP. 196312271991031002**

**LEMBAR PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Almaarif  
NIM : 051093007-93  
Jurusan : Fisika  
Penulis Tugas Akhir Berjudul :

**STUDI PEMETAAN GEMPABUMI WILAYAH JAWA TIMUR  
BERDASARKAN DATA PADA TIDE DIGITAL SEISMOGRAPH (TDS)**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, nama-nama dan karya-karya yang ada dalam daftar pustaka digunakan semata-mata untuk acuan.
2. Apabila di kemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, .....2012  
Yang menyatakan,

(Almaarif)  
NIM. 0510930007

**STUDI PEMETAAN GEMPABUMI WILAYAH JAWA TIMUR  
BERDASARKAN DATA PADA TIDE DIGITAL SEISMOGRAPH (TDS)**

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian terhadap data gempa Jawa Timur dengan menganalisis sinyal-sinyal gelombang yang terekam pada alat *tide digital seismograph* (TDS) di stasiun BMKG Tretes, Pasuruan. Data hasil pengamatan yang diperoleh berupa data primer yang terekam pada tahun 2009 sampai 2012. Pengamatan hanya dilakukan pada wilayah Jawa Timur dengan letak astronomis  $7^{\circ}\text{LS}$  -  $8^{\circ}\text{LS}$  dan  $111^{\circ}\text{BT}$  -  $114^{\circ}\text{BT}$  serta memiliki luas  $47.921 \text{ km}^2$ .

Adapun metode penganalisaan sinyal dilakukan dengan metode filtering (*generic filter*) dengan menentukan titik gelombang primer dan sekunder pada Data-pro. Dalam penganalisaan sinyal gelombang digunakan filter *low pass* dan frekuensi 1 Hz.

Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa gempa bumi di wilayah Jawa Timur terjadi dengan kedalaman antara 10 km dan 33 km dan jarak lokasi terhadap Stasiun BMKG Tretes Pasuruan antara 120 km sampai 540 km serta sumber gempa yang berada di selatan laut Jawa Timur dan menghasilkan magnitudo 3,2 - 4,5 SR. Titik pusat gempa (episenter)nya terletak menyebar di daerah perairan selatan wilayah Jawa Timur.

**Kata kunci:** tide digital seismograph (TDS), gempa bumi

# A STUDY MAPPING OF EARTHQUAKE EAST JAVA BASED ON THE TIDE DIGITAL SEISMOGRAPH (TDS) DATA

## ABSTRACT

It has been done a research to determine earthquake on East Java by analyzing wave signals which were recorded on *tide digital seismograph* (TDS) in BMKG station , Tretes, Pasuruan. The data obtained from the observation was used as primary data, which was recorded from 2009 to 2012. The observation was located for East Java province with astronomical position  $7^{\circ}\text{LS}$  - $8^{\circ}\text{LS}$  and  $111^{\circ}\text{BT}$ - $114^{\circ}\text{BT}$  and in  $47.921 \text{ km}^2$  wide areal.

The method used for signal analysis was a filtering method (generic filter) by determining primary and secondary wave point on data pro. The analysis used low pass filter with frequency of 1 Hz.

The result show that the earthquake happened with depth range from 10 km to 33 km and the distance of the earthquake location to the BMKG Tretes Pasuruan range from 120 km to 540 km and the magnitude was 3,2 – 4,5 SR. The epicentrum located along the south coastal of East Java.

**Keyword :** tide digital seismograph (TDS), earthquake

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah S.W.T, atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul **STUDI PEMETAAN GEMPABUMI WILAYAH JAWA TIMUR BERDASARKAN DATA PADA TIDE DIGITAL SEISMOGRAPH (TDS)**.

Skripsi ini merupakan sebuah tugas akhir sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains dalam bidang Fisika di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.

Dalam penulisan Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu, Bapak, kakak yang selalu memberikan motivasi dan semangat, dengan semua doanya selama ini.
2. Bapak Drs. Adi Susilo, M.Si, PhD. selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang serta selaku pembimbing I, atas waktu yang telah diluangkan selama pembuatan laporan tugas akhir ini.
3. Zulkarnain Adnan S.Si selaku pembimbing II atas waktu, perhatian dan bimbingannya selama di Tretes.
4. Bapak dan Ibu Dosen, Laboran, dan Karyawan Jurusan Fisika.
5. Buat teman-teman semuanya, terima kasih atas kesabaran, bantuan, dan doanya. Semoga kita mendapatkan yang terbaik, amin.
6. Angkatan 2005, yang merupakan teman seperjuangan.  
Akhir kata penulis memohon kritik dan saran pembaca skripsi ini untuk perbaikan di masa mendatang.

Malang, Juli 2012

Penulis



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**



UNIVERSITAS BRAWIJAYA





UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR ISI

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| <b>JUDUL</b> .....  | i              |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....                                  | ii             |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....                                  | iii            |
| <b>ABSTRAK</b> .....  | iv             |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | v              |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                     | vi             |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....   | vii            |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                      | ix             |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                       | xi             |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                    | xiii           |
| <br>  |                |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>  |                |
| 1.1 Latar Belakang.....   | 1              |
| 1.2 Rumusan Masalah.....  | 2              |
| 1.3 Batasan Masalah.....  | 2              |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                                      | 2              |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                                     | 2              |
| <br>  |                |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                                  |                |
| 2.1 Pengertian Gempa Bumi.....                                  | 5              |
| 2.2. Asal Mula Gempa Bumi.....                                  | 5              |
| 2.3. Lempeng Tektonik.....                                      | 5              |
| 2.3.1. Lempeng dan pergerakannya.....                           | 6              |
| 2.3.2. Akibat pergerakan lempeng.....                           | 7              |
| 2.4. Teori Relastik Rebound.....                                | 8              |
| 2.5. Gelombang Seismik.....                                     | 9              |
| 2.6. Penentuan Parameter Gempa.....                             | 12             |
| 2.6.1. Penentuan Parameter Hiposenter.....                      | 13             |
| 2.6.2. Penentuan Magnetudo Gempa.....                           | 14             |
| 2.6.3. Penentuan Momen Seismik.....                             | 14             |
| 2.6.4. Perhitungan Panjang Patahan.....                         | 15             |
| 2.7. Hubungan Antaramomen Seismik Dengan Tinggi<br>Tsunami..... | 16             |
| 2.8. Pengukuran Kekuatan Gempa bumi.....                        | 16             |
| 2.9. Tide Digital seismograph (TDS).....                        | 17             |
| 2.10 Magnitudo.....   | 18             |

### **BAB III METODE PENELITIAN**

|  |    |
|--|----|
| 3.1 WaktudanTempatPenelitian.....                | 21 |
| 3.2 Alat Dan Bahanpenelitian.....                | 21 |
| 3.3 Tahapan penelitian.....                      | 23 |
| 3.4 Analisa Data.....                            | 25 |
| 3.4.1 Pengolahan data gempabumi dengan TDS. .... | 25 |
| 3.4.2. Analisa data gempa dengan Data pro .....  | 26 |

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

|   |    |
|---|----|
| 4.1 HasilPenelitian .....                           | 31 |
| 4.2.Data Pengamatan.....                            | 31 |
| 4.2.1Data Gempa Tahun 2009.....                     | 31 |
| 4.1.2Data Gempa Tahun 2010.....                     | 32 |
| 4.1.3Data Gempa Tahun 2011.....                     | 33 |
| 4.1.4Data Gempa Tahun 2012.....                     | 34 |
| 4.3 ContohSinyal Data Gempa.....                    | 37 |
| 4.3.1Gempa 7 oktober 2011 .....                     | 37 |
| 4.4 Analisa Sinyal Dan pemetaan lokasi Gempa Bumi.. | 39 |
| 4.4.1Gempa Bumi Tanggal 7 oktober 2011 .....        | 39 |
| 4.4.2Gempa Bumi Tanggal 6 oktober 2011 .....        | 40 |
| 4.4.3Gempa Bumi Tanggal 29 Maret 2012.....          | 41 |
| 4.4.4Gempa Bumi Tanggal 26 Maret 2012.....          | 42 |
| 4.4.5Gempa Bumi Tanggal 15 April 2012.....          | 43 |
| 4.4.6 Gempa Bumi Tanggal 15 April 2012 .....        | 44 |
| 4.5Pembahasan.....                                  | 45 |
| 4.5.1 Daerah Rawan Gempa Tektonik Di Jawa Timur.    | 46 |
| 4.5.2 Daerah Aktif Gempa Tektonik Di Jawa Timur     | 47 |
| 4.5.3 Pemetaan Lokasi Gempa Bumi.....               | 49 |

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

|                     |    |
|---------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan..... | 53 |
| 5.2 Saran.....      | 53 |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> | <b>55</b> |
|-----------------------------|-----------|

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| <b>LAMPIRAN .....</b> | <b>57</b> |
|-----------------------|-----------|

## DAFTAR GAMBAR

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| Gambar 2.1PetaLempengTektonikDunia.....          | 6              |
| Gambar 2.2Proses Deformasi Batuan.....           | 9              |
| Gambar 2.3 Gelombang primer (P).....             | 10             |
| Gambar 2.4Gelombang sekunder (S).....            | 11             |
| Gambar 2.5Gelombang Rayleigh (R).....            | 11             |
| Gambar2.6 Gelombang love (L).....                | 12             |
| Gambar 2.7TDS 303S-Portable.....                 | 18             |
| Gambar3.1sensor seismograph SP 3 komponen.....   | 22             |
| Gambar3.2Digitizer Portable 303S.....            | 22             |
| Gambar 3.3 Diagram alirpenelitian.....           | 30             |
| Gambar3.4proses awal membuka file.....           | 27             |
| Gambar3.5gelombang sinyal diperjelas.....        | 28             |
| Gambar3.6penentuan gelombang P dan S.....        | 29             |
| Gambar 4.1data yang terekam pada tahun 2009..... | 32             |
| Gambar 4.2Data yang terekam tahun 2010.....      | 33             |
| Gambar 4.3 Data gempa 6 Oktober 2011.....        | 34             |
| Gambar 4.4Data gempa 7 Oktober 2011.....         | 35             |
| Gambar 4.5Generic Filter.....                    | 36             |
| Gambar 4.6Data gempa 26 Maret 2012.....          | 37             |
| Gambar 4.7Data gempa 29 Maret 2012.....          | 37             |
| Gambar 4.8Gelombang awal yang terekamTDS.....    | 38             |
| Gambar 4.9Sinyal setelah difilter.....           | 39             |
| Gambar 4.10 Sinyal yang teranalisis.....         | 40             |
| Gambar 4.11pemetaan gempa 7 Oktober 2011.....    | 40             |
| Gambar 4.12Sinyal yang teranalisis.....          | 41             |
| Gambar 4.13pemetaan gempa 6 Oktober 2011.....    | 41             |
| Gambar 4.14Sinyal yang teranalisis.....          | 42             |
| Gambar 4.15pemetaan gempa 29 Maret 2012.....     | 42             |
| Gambar 4.16Sinyal yang teranalisis.....          | 43             |
| Gambar 4.17pemetaan gempa 26 Maret 2012.....     | 43             |

|             |                                   |    |
|-------------|-----------------------------------|----|
| Gambar 4.18 | Sinyal yang teranalisis .....     | 44 |
| Gambar 4.19 | pemetaan gempa 15 April 2012..... | 44 |
| Gambar 4.20 | Sinyal yang teranalisis .....     | 45 |
| Gambar 4.21 | pemetaan gempa 15 April 2012..... | 45 |
| Gambar 4.22 | Grafik parameter gempa.....       | 48 |

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





## DAFTAR TABEL

### Halaman

|   |    |
|---|----|
| Tabel 4.1 Data parameter gempa bumi ..... | 47 |
| Tabel 4.2 Daftarskalamagnitudo.....       | 51 |

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR LAMPIRAN

### Halaman

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Lampiran 1.Data non gempa ..... | 53 |
| Lampiran 2.Data gempabumi ..... | 57 |



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Jawa Timur merupakan salah satu wilayah yang rawan mengalami gempa. Hal ini dikarenakan wilayah Jawa Timur terletak pada jalur patahan dan terdapat beberapa gunung api. Gempa dibagi menjadi dua macam menurut penyebabnya yaitu gempa Tektonik dan gempa Vulkanik. Gempa Tektonik adalah gempa yang disebabkan oleh pergeseran lapisan bumi. Sedangkan Gempa Vulkanik adalah gempa yang disebabkan oleh meningkatnya aktivitas gunung api.

Efek dari gempa yang sampai ke permukaan bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: kedalaman gempa, energi dari gempa, serta keadaan geologi yang dilewati oleh gelombangnya. Energi gelombang menjalar melalui medium elastis yang dilewatinya dan dapat dirasakan sangat kuat di daerah terjadinya gempa bumi tersebut. Oleh karena itu diperlukan analisa lebih lanjut tentang gelombang dari gempa untuk melihat penjalaran dari gempa itu sendiri serta mengetahui sumber gempa dan ukuran dari gempa itu sendiri (Harian, 2007)

Tide Digital Seismograph (TDS) yang merupakan system komputerisasi pengolahan sinyal seismic dapat mengetahui gambaran tentang kejadian gempa. Di BMKG Tretes, TDS yang dilengkapi dengan software digunakan untuk mengolah data seismic yang telah diterima. TDS sangat berperan dalam menganalisa sinyal-sinyal seismic sehingga letak sumber gempa di suatu lokasi dapat ditemukan. Selain itu, TDS juga dapat menganalisa kekuatan gempa serta kedalamannya. Meskipun TDS dapat mendeteksi parameter-parameter tersebut, akan tetapi pada dasarnya tremors ini digunakan untuk memberikan informasi atau peringatan jika terjadi tsunami. Penggambaran gempa pada TDS berupa gelombang sinyal seismic dengan periode tertentu. Oleh karena itu di perlukan analisis sinyal seismic pada TDS guna mengetahui seberapa besar efek yang ditimbulkan suatu gempa. Gempa yang masuk pada TDS secara otomatis akan terekam oleh sensor dengan mengeluarkan bunyi alarm dan akan terbentuk sinyal gelombang pada windows TDS.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka sasaran yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

- a. Bagaimana mekanisme sistem kerja TDS dalam mengolah data sinyal seismik?
- b. Bagaimana merelokalisasi parameter-parameter gempa bumi pada TDS sehingga diketahui pemetaan wilayah gempa bumi?

## 1.3. Batasan Masalah

Pada laporan Tugas Akhir ini, dilakukan penelitian terhadap data-data yang terekam pada alat *tide digital seismograph (TDS)* tahun 2009 sampai 2012. Pengamatan hanya dilakukan pada wilayah Jawa Timur dengan letak astronomis  $7^{\circ}\text{LS}$  - $8^{\circ}\text{LS}$  dan  $111^{\circ}\text{BT}$  - $114^{\circ}\text{BT}$  serta memiliki luas 47.921 km. Penelitian hanya dilakukan dengan menganalisis sinyal-sinyal gelombang primer dan sekunder yang telah didapatkan dengan frekuensi 1 Hz 1 filter *low pass*.

## 1.4. Tujuan penelitian

Tujuan dari kegiatan penelitian ini adalah

- a. Menganalisis sinyal gelombang yang terekam pada TDS
- b. Untuk mengetahui titik pusat gempa di setiap lokasi di wilayah Jawa timur.
- c. Untuk mengetahui parameter-parameter gempa di wilayah Jawa timur seperti sumber gempa, kedalaman, serta kekuatan gempa pada TDS
- d. Untuk menentukan pemetaan wilayah gempa bumi di daerah Jawa Timur.

## 1.5. Manfaat penelitian

Manfaat yang diperoleh pada penelitian ini yaitu:

- a. Dapat mengetahui dan memahami sistem kerja TDS.
- b. Dapat memahami analisis kerja pengolahan sinyal seismik pada TDS.

- c. Dengan TDS maka dapat diketahui pemetaan wilayah gempabumi sehingga bermanfaat bagi masyarakat.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pengertian Gempabumi**

Gempa bumi (tektonik) adalah suatu gejala alam yang terjadi karena adanya tumbukan, gesekan ataupun regangan antara dua lempeng tektonik atau lebih. Akibat tumbukan tersebut terjadilah pengumpulan atau akumulasi energi dalam bentuk stress dan strain pada tempat pada pertemuan antar lempeng-lempeng tektonik tersebut. Pengumpulan energi itu berlangsung terus-menerus hingga mencapai batas maksimum kemampuan suatu batuan menahannya, sebelum energi terakumulasi tersebut dilepaskan secara mendadak dalam bentuk guncangan atau getaran yang merambat kesegala arah sampai ke permukaan bumi (Ibrahim,1995)

#### **2.2. Asal Mula Gempabumi**

Asal mula gempabumi dapat dijelaskan menurut teori lempeng tektonik. Salah satu lapisan bumi adalah lithosphere, yang merupakan lapisan kulit bumi yang padat dan kaku (rigid layer).Lapisan ini mengapung di atas suatu lapisan yang berat tetapi tidak kaku (non rigid layer) yang dinamakan lapisan asthenosphere. Lithosphere bukan merupakan suatu kesatuan tetapi terbagi-bagi dalam beberapa lempeng yang masing-masing bergerak dengan arah dan kecepatan yang berbeda-beda (Anonymous, 2012)

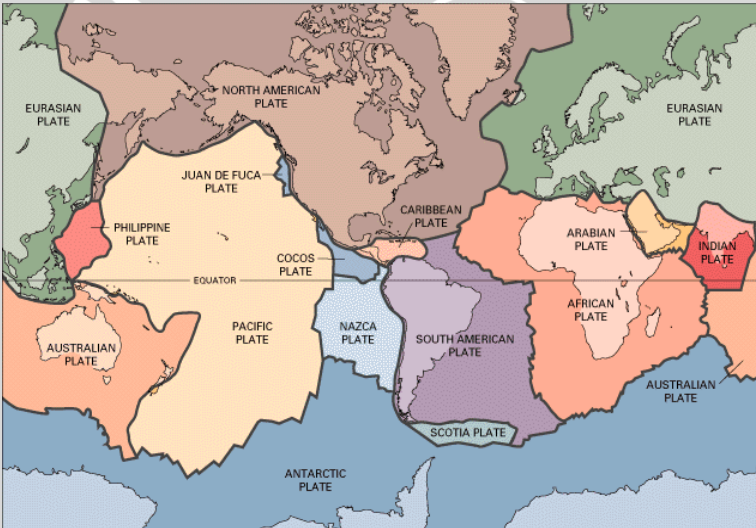
#### **2.3. Lempeng Tektonik**

Menurut teori Lempeng Tektonik, lapisan terluar bumi kita terbuat dari suatu lempengan tipis dan keras yang masing-masing saling bergerak relatif terhadap yang lain. Gerakan ini terjadi secara terus-menerus sejak bumi ini tercipta hingga sekarang. Teori Lempeng Tektonik muncul sejak tahun 1960-an, dan hingga kini teori ini telah berhasil menjelaskan berbagai peristiwa geologis, seperti gempabumi, tsunami, dan meletusnya gunung berapi, juga tentang bagaimana terbentuknya gunung, benua, dan samudra.



Lempeng tektonik terbentuk oleh kerak benua (*continental crust*) ataupun kerak samudra (*oceanic crust*), dan lapisan batuan teratas dari mantel bumi (*earth's mantle*). Kerak benua dan kerak samudra, beserta lapisan teratas mantel ini dinamakan *litosfer*. Kepadatan material pada kerak samudra lebih tinggi dibanding kepadatan pada kerak benua. Demikian pula, elemen-elemen zat pada kerak samudra (*mafik*) lebih berat dibanding elemen-elemen pada kerak benua (*felsik*).

Dibawah litosfer terdapat lapisan batuan cair yang dinamakan astenosfer. Karena suhu dan tekanan di lapisan astenosfer ini sangat tinggi, batu-batuan di lapisan ini bergerak mengalir seperti cairan (*fluid*) (Hamilton, 1979)



**Gambar 2.1** Peta Lempeng Tektonik Dunia

Sumber: The Dynamic Earth, USGS

### 2.3.1. Lempeng dan Pergerakannya

Teori Isostasi menyatakan awalnya terdapat 7 lempeng lithosphere yang besar di permukaan bumi, yaitu lempeng Eurasia, Pasifik, Indo-Australia, Amerika Utara, Amerika Selatan, Afrika dan Antartika. Kemudian muncul 8 lempeng lithosphere yang kecil, yaitu



lempeng Philipina, Karolina, Karibia, Nazka, Arabia, Skotia, Fizi dan Kokos (gambar 2.1). Kemungkinan munculnya lempeng-lempeng kecil ini bisa bertambah seiring dengan waktu geologi.

Secara umum di dunia ini terdapat 3 jalur utama gempabumi, dimana 2 diantaranya bertemu di Indonesia. Ketiga jalur utama gempa bumi itu adalah :

1. Jalur gempa bumi circum Pasific (circumPasific Earthquake Belt atau Great Eathquake Belt), meliputi : Cordilleras de los Andes (Chilli, Equador, loop ke Caribia) – Amerika Tengah– Mexico – California – British – Columbia – Alaska – Aleutian Islands – Kamchatka – Jepang – Taiwan – Philipina – Indonesia (Sulawesi Utara, Irian) – Melanisia – Polynesia – New Zealand.
2. Jalur gempa bumi Mediteran (Alpide Earthquake Belt atau Trans–Asia Earthquake Belt), meliputi : Azores – Mediteranian & Alpine Structure (Marocco, Portugal, Italy, Balkan, Rumenia) – Asia kecil (Turki) – Caucasus – Iraq – Iran Afganistan – Himalaya (Hindu Kush) – Burma – Indonesia (Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, Maluku).
3. Jalur gempa bumi Mid-Atlantic (Mid-Atlantic Oceanic Earthquake Belt), meliputi : mengikuti Mid-Atlantic Ridge (Spitzbergen, Iceland, Atlantic Selatan) (Hamilton, 1979)

### 2.3.2. Akibat Pergerakan Lempeng

Lempeng-lempeng *lithosphere* tersebut saling bergerak menjauh (*divergensi*), bersinggungan (*transform*), mendekat atau bertumbukan (*konvergensi*). Umumnya, gerakan ini berlangsung lambat dan tidak dapat dirasakan oleh manusia namun terukur sebesar 3-15 cm per tahun. Akibat tumbukan tersebut terjadilah pengumpulan (akumulasi) energi dalam bentuk stress dan strain di tempat pertemuan antar lempeng tektonik (*subduction zone*).

Pergerakan lempeng saling mendekati akan menyebabkan tumbukan dimana salah satu dari lempeng akan menunjam ke bawah yang lain. Daerah penunjaman membentuk suatu palung yang dalam, yang biasanya merupakan jalur gempabumi yang kuat. Dibelakang jalur penunjaman akan terbentuk rangkaian kegiatan magmatik dan gunung api serta berbagai cekungan pengendapan. Salah satu contohnya terjadi di Indonesia, pertemuan antara lempeng Indo-

Australia dan Lempeng Eurasia menghasilkan jalur penunjaman di selatan Pulau Jawa dan jalur gunung api Sumatera, Jawa dan Nusatenggara dan berbagai cekungan seperti Cekungan Sumatera Utara, Sumatera Tengah, Sumatera Selatan dan Cekungan Jawa Utara.

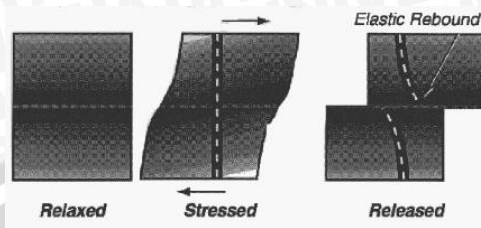
Pergerakan lempeng saling menjauh akan menyebabkan penipisan dan peregangan kerak bumi dan akhirnya terjadi pengeluaran material baru dari mantel membentuk jalur magmatik atau gunung api. Contoh pembentukan gunung api di Pematang Tengah Samudera di Lautan Pasific dan Benua Afrika.

Pergerakan saling berpapasan atau bersinggungan dicirikan oleh adanya sesar mendatar yang besar seperti misalnya Sesar Besar San Andreas di Amerika (Anonymous, 2012)

#### **2.4. Teori Elastik Rebound**

Gempabumi adalah rangkaian gelombang getaran atau kejutan (*shock wave*) yang berasal dari suatu tempat dalam mantel atau kerak bumi. Seorang Seismolog Amerika, Reid Bullen, 1988 mengemukakan suatu teori yang menjelaskan mengenai bagaimana umumnya gempabumi itu terjadi. Teori ini dikenal dengan nama "*Elastic Rebound Theory*". Menurut teori ini, gempabumi terjadi pada daerah atau area yang mengalami deformasi. Energi yang tersimpan dalam deformasi ini berbentuk elastik strain dan akan terakumulasi sampai daya dukung batuan mencapai batas maksimum sehingga akhirnya menimbulkan rekahan atau patahan. Mekanisme gempabumi dapat dijelaskan secara singkat sebagai berikut :

Jika terdapat 2 buah gaya yang bekerja dengan arah berlawanan pada batuan kulit bumi, batuan tersebut akan terdeformasi karena batuan mempunyai sifat elastis. Bila gaya yang bekerja pada batuan dalam waktu yang lama dan terus-menerus maka lama kelamaan daya dukung pada batuan akan mencapai batas maksimum dan akan mulai bergeseran. Akibatnya, batuan akan mengalami patahan secara tiba-tiba sepanjang bidang *fault* (gambar 2.2). Setelah itu, batuan akan kembali stabil, namun sudah mengalami perubahan bentuk atau posisi. Pada saat batuan mengalami gerakan yang tiba-tiba akibat bergeseran batuan maka energi stress yang tersimpan akan dilepaskan dalam bentuk getaran yang dikenal sebagai gempabumi.



**Gambar 2.2** Proses Deformasi Batuan ( Rudianto, 2001)

## 2.5 Gelombang Seismik

Gelombang seismik adalah gelombang mekanis yang merambat/menjaral ke seluruh bagian dalam bumi yang disebabkan karena adanya gangguan di dalam kerak bumi, misalnya adanya patahan atau adanya ledakan. Energi yang merambat/menjaral ke seluruh bagian bumi akan dapat terekam oleh seismometer.

Secara garis besar gelombang seismik dibagi menjadi dua macam, yaitu:

### 1. Gelombang Badan (body wave)

Gelombang badan adalah gelombang yang merambat melalui interior bumi (di dalam bumi). Berdasarkan cara perambatannya gelombang ini terdiri dari dua tipe, yaitu :

- a. Gelombang P adalah gelombang yang bersifat kompresi karena pada umumnya energi lebih banyak ditransfer dalam bentuk gelombang kompresip, dan merupakan gelombang longitudinal dimana arah pergerakan partikel yang dilewati bergerak searah dengan arah rambat gelombang atau arah getarannya ke depan dan ke belakang. Gelombang ini menginduksi gerakan partikel medium dalam arah penjalaran gelombang. Gelombang P dapat dicirikan sebagai gelombang yang mempunyai waktu tiba paling awal jika tercatat pada seismogram sehingga pada seismograph merekam gelombang P sebagai gelombang seismik pertama yang dicatat. Gelombang ini tidak dapat merambat pada medium padat dan cair, kecepatannya berkisar antara 8,5 km/sekon (dilapisan dalam) sampai 6 km/sekon (dikerak bumi).

Persamaan kecepatan gelombang P adalah sebagai berikut:

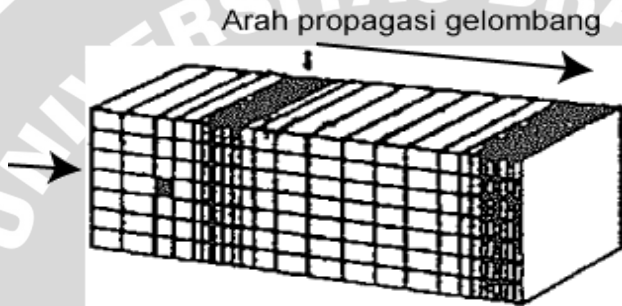
$$\alpha = Vp = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{\kappa_s + 4/3\mu}{\rho}} \quad (2.1)$$

Dimana :

$\kappa_s$ = modulus bulk medium yang dilewati gelombang seismik

$M$ = modulus geser medium yang dilewati gelombang seismik

$\rho$  = densitas medium yang dilewati gelombang seismik



**Gambar 2.3** Gelombang primer (p)

- b. Gelombang S adalah gelombang transversal dimana arah pergerakan partikelnya tegak lurus terhadap arah penjaralan gelombangnya sehingga gelombang S dibagi menjadi gelombang S vertikal dan gelombang S horizontal. Gelombang S dapat merambat pada semua jenis medium, tetapi kecepatannya lebih rendah dibandingkan gelombang P yaitu sekitar 2/3 kecepatan gelombang P atau 4 sampai 6 km/s sehingga pada seismogram gelombang S merupakan gelombang yang tiba setelah gelombang P. Berikut adalah persamaan gelombang S :

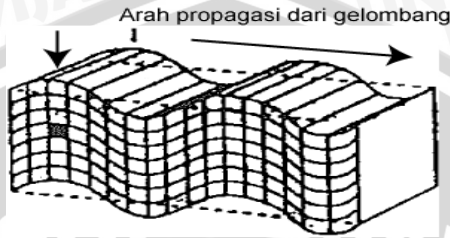
$$\beta = Vs = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2.2)$$

Dimana :

$M$ = modulus geser medium yang dilewati gelombang seismik



$\rho$  = densitas medium yang dilewati gelombang seismik

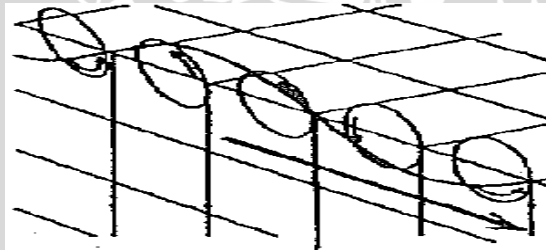


**Gambar 2.4** Gelombang sekunder (S)

2. Gelombang permukaan

Gelombang permukaan merupakan gelombang kompleks dengan frekuensi rendah dan amplitudo besar yang menjalar pada free surface media elastik semi infinite, kecepatannya 500 sampai 600m/s. Gelombang ini terdiri dari beberapa tipe yaitu :

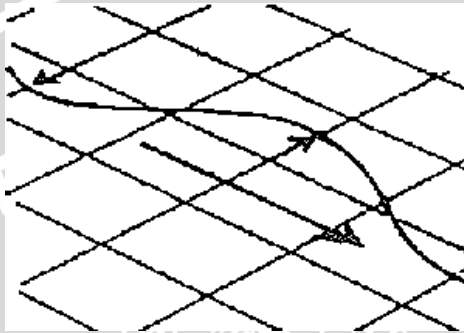
- a. Gelombang rayleigh (R) merupakan gelombang permukaan yang gerakan partikel mediumnya merupakan kombinasi gerakan partikel median yang disebabkan oleh gelombang P dan gelombang S.



**Gambar 2.5** Gelombang Rayleigh (R)

- b. Gelombang love merupakan gelombang permukaan yang menjalar dalam bentuk gelombang transversal. Gerakan partikel akibat penjalaran gelombang love sama atau mirip dengan gelombang S. Kecepatan penjalaran gelombang love tergantung dengan panjang gelombangnya dan bervariasi sepanjang penjalarannya. Gelombang love lebih cepat dari pada gelombang R

sehingga lebih dahulu sampai dibanding gelombang R pada suatu seismograf



**Gambar 2.6** Gelombang love (L)

(Anonymous, 2012)

## **2.6. Penentuan Parameter Gempa**

Parameter gempa ada dua macam, yaitu parameter kinematik dan parameter dinamik. Parameter-parameter lintang dan bujur episenter, kedalaman hiposenter, dan waktu awal terjadinya gempa dikenal sebagai parameter kinematik, sedangkan energi gempabumi atau magnitudo dikenal sebagai parameter dinamik.

Untuk menentukan ketiga parameter kinematis tersebut, diperlukan data pembacaan waktu tiba gelombang gempa, sedangkan penentuan parameter dinamik diperlukan data pengukuran amplitudo gelombang, frekuensi gelombang dan lama waktu gelombang gempa tersebut terekam pada seismogram di stasiun pencatat. Disamping itu juga, diperlukan data koordinat lokasi stasiun yang digunakan dan model kecepatan gelombang seismik (Santosa, 1992)

### **2.6.1. Penentuan Parameter Hiposenter**

Dalam menentukan parameter kinematik, banyak metode yang dapat digunakan baik secara manual maupun menggunakan



bantuan komputer. Penentuan secara manual antara lain menggunakan metode lingkaran dan metode hiperbola, sedangkan contoh penentuan menggunakan bantuan komputer yaitu dengan menggunakan metode *Geiger*. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode *Geiger* yang menjadi metode dasar penentuan hiposenter, dimana penentuan hiposenter dengan menggunakan metode *Geiger* ini dibantu dengan computer. Metode *Geiger* ini dikembangkan lebih lanjut menjadi berbagai macam perangkat lunak (*software*) penentuan hiposenter menggunakan computer, salah satunya yaitu TDS. Pada *software* TDS, metode *Geiger* digunakan dalam penentuan hiposenter gempa bumi secara bersamaan dan simultan. Dengan menyesuaikan keadaan geologi setempat dalam penentuan model bumi dan penalaran gelombangnya.

Metode *Geiger* pada awalnya melakukan pendugaan dalam menentukan parameter gempa yaitu hiposenter dan waktu terjadinya gempa. Waktu jalar (*travel time*) gelombang teoritis adalah fungsi dari jarak episenter dan kedalaman sumber gempa pada media horizontal.

$(x, y, z), t$  = hiposenter dan waktu terjadinya gempa secara nyata hasil pengamatan.

$(x_0, y_0, z_0), t_0$  = hiposenter dan waktu terjadinya gempa yang diduga.

Koreksi dari hiposenter dan waktu terjadinya gempa tersebut adalah :

$$dx = x - x_0 ; dy = y - y_0 ; dz = z - z_0 ; dt = t - t_0$$

Residu waktu jalarnya atau pengamatan waktu penalaran gelombang dikurangi hasil perhitungan waktu penalaran gelombang (O - C) pada tiap-tiap stasiun dapat dirumuskan dalam bentuk sebagai berikut :

$$(O - C) = (t_1 - t_0) - T_i = \frac{\partial t_i}{\partial x_i} dx + \frac{\partial t_i}{\partial y_i} dy + \frac{\partial t_i}{\partial z_i} dz + dt \quad (2.3)$$

dimana  $T_i$  adalah waktu penalaran gelombang hasil perhitungan pada stasiun ke- $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ dst). Tiga koefisien  $\left(\frac{\partial t_i}{\partial x_i}, \frac{\partial t_i}{\partial y_i}, \frac{\partial t_i}{\partial z_i}\right)$  dapat dicari dengan mudah dari tabel waktu penalaran gelombang, sehingga dapat ditentukan 4 variabel yang tidak diketahui ( $dx, dy, dz, dt$ ) dengan metode "*Least Square*" (Kuadrat Terkecil), sehingga hasil yang diharapkan yaitu jumlah  $(O - C)^2$  menjadi minimum.

Hiposenter dan waktu terjadinya gempa hasil pendugaan kemudian diberi nama :  $x_0 + \partial x$ ;  $y_0 + \partial y$ ;  $z_0 + \partial z$  dan  $t_0 + \partial t$ . Harga

ini dipakai sebagai hiposenter dan waktu terjadinya gempa yang baru. Penyelesaian ini diulangi dengan iterasi berulang kali sampai 4 variabel yang tidak diketahui (dx, dy, dz, dt) menjadi nol atau mendekati nol. Hasil inilah yang menjadi parameter gempa yang dibutuhkan (Ishara, 1987)

### 2.6.2. Penentuan Magnetudo Gempa

Dalam sistem penganalisaan sinyal gempa, metode yang dipakai adalah metode magnitudo mantel. Magnitudo mantel merupakan metode yang paling modern dalam menentukan kekuatan gempa.

$$M_m = \log X(\omega) + C_d + C_s + C_o \quad (2.4)$$

$$X(\omega) = \text{Source}(\omega) \cdot \text{Geometri}(\omega) \cdot \text{Atn}(\omega) \cdot \text{Instr}(\omega)$$

$C_d$  = koreksi jarak

$C_s$  = koreksi sumber

$C_o$  = konstanta (~3,9)

$M_m$  = magnitudo mantel  
(Reymond, 1995)

### 2.6.3 Penentuan Momen Seismik

Hubungan Magnitude Energi (Gutenberg – Richter, 1958)

$$\log E = 1,5 M + 4,8 \text{ (joules)}$$

$$(\log E) = 1,5 M + 11,8 \text{ (ergs)}$$

dimana  $\bar{\sigma}$  adalah rata-rata stress ketika terjadi patahan

$$E = M_o$$

$$\log M_o = 1,5 M + 4,8 \text{ (joule)}$$

$$(\log M_o) = 1,5 M + 11,8 \text{ (ergs)} \quad (2.5)$$

Dimana :

$$\Delta\sigma = 20 - 60 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\mu = 3 - 6 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \rightarrow \left(\frac{\Delta\sigma}{\mu}\right) \approx 10^{-4}$$

Jadi :

$$\log M_o = 1,5 M_w + 9,1 \text{ (N.m)} \quad (2.6)$$

$$M_w = 2/3 \log M_o - 6,0 \text{ (N.m)} \quad (2.7)$$

$$M_w = 2/3 \log M_0 - 10,7 \text{ (dyne.cm)} \quad (2.8)$$

(Reymond, 1995)

#### 2.6.4. Perhitungan Panjang Patahan

Daerah kejadian gempa bumi biasanya dihubungkan dengan daerah-daerah pergerakan patahan. Dimana gerakan patahan dihubungkan dengan besarnya gempa bumi yang terjadi. Terjadinya suatu gempa bumi akan menarik perhatian para seismolog khususnya untuk daerah-daerah tektonik aktif di bumi, misalnya aktifitas patahan San Andreas tahun 1906 mengakibatkan tanah terbelah yang panjangnya mencapai  $\pm 400$  km di California. Akan tetapi, tidak semua patahan diakibatkan oleh terjadinya gempa besar, biasa juga diakibatkan oleh gempa kecil. Tetapi secara umum, dari hasil pengamatan menunjukkan adanya hubungan antara patahan dengan magnitudo.

Studi statik dari patahan gempa bumi telah dibuat oleh para peneliti dengan tujuan untuk menetapkan rumusan empiris dari dimensi patahan,  $L$  sebagai fungsi *magnitude* gempa.  $M$ . Otsuka (1965) telah merumuskan hubungan tersebut, dituliskan sebagai berikut :

$$\log L_m = 3,2 + 0,5 M \quad (2.9)$$

dimana :  $L_m$  = panjang patahan dalam (cm)

$M$  = magnitudo permukaan ( $M_s$ )

Jika memakai hubungan magnitudo energi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\log E = 11,8 + 1,5 M \quad (2.10)$$

$$E = 10^{(11,8+1,5M)} \quad (2.11)$$

dimana :

$E$  = energi

$M$  = magnitudo gempa utama

Dari hasil penelitian volume sumber gempa bumi dapat dinyatakan bahwa energi gempa seimbang secara linier pada kubus dari dimensi sumber.

Disamping itu, para ahli juga telah mengamati hubungan antara kecepatan penjalaran (*repture*) dari suatu patahan dengan magnitudo gempa bumi. Benioff, Press dan Smith (1961), Bath (1974) merupakan seismolog yang telah mengamati hubungan

tersebut sehingga hubungan antara magnitudo dengan kecepatan retakan, secara empiris dapat dirumuskan sebagai : (Kasahara, 1981)

$$\text{Log}\left(\frac{L_M}{V_r}\right) = 0,5 - 1,9 \quad (2.12)$$

dimana :

$L_m$  = panjang patahan (km)

$V_r$  = kecepatan penjalaran retakan (km/dt)

$M$  = magnitudo gempa utama

(Ishara, 1987)

### 2.7. Hubungan Antara Momen Seismik dan Tinggi Tsunami

$$\text{Log}_{10}(\text{TS}) = \text{log}_{10}(\text{Mo}) - 0,5 \text{log}_{10}(\Delta \cdot \text{Sin}\Delta) - 19,4 \quad (2.13)$$

dimana :

$\text{Mo}$  = momen seismik (N.m)

$\text{Ts}$  = jarak puncak ke puncak amplitudo tsunami (cm)

$\Delta$  = jarak episenter (degree)

*High Limit :*

$$\text{Log}_{10}(\text{TS}) = \text{log}_{10}(\text{Mo}) - 0,5 \text{log}_{10}(\Delta \cdot \text{Sin}\Delta) - 19,0 \quad (2.14)$$

*Low Limit :*

$$\text{Log}_{10}(\text{TS}) = \text{log}_{10}(\text{Mo}) - 0,5 \text{log}_{10}(\Delta \cdot \text{Sin}\Delta) - 19,8 \quad (2.15)$$

(McCreery, 1993)

### 2.8. Pengukuran Kekuatan Gempabumi

Pada dasarnya kekuatan gempa bumi dapat diukur melalui dua jenis pengamatan, yaitu pengamatan visual dan pengamatan instrumental. Pengamatan visual menghasilkan data makroseismik sedangkan pengamatn instrumental menghasilkan data mikroseismik.

Data makroseismik adalah data akibat terjadinya gempabumi yang dapat dirasakan atau dilihat oleh manusia dan diinformasikan kepada yang berkepentingan. Untuk memudahkan penyebutan telah diadakan skala-skala intensitas berdasarkan pengamatan manusia terhadap kerusakan-kerusakan pada bangunan. Informasi ini diukur secara kuantitatif dengan menggunakan skala intensitas gempa bumi. Skala-skala demikian sebenarnya telah ada sejak sebelum adanya alat-alat pencatat gempa. Dahulu ada intensitas Rossi-Forel, Omori-Sieberg, Cancani, Medvedev, BMG dan lain-lain.



Data makroseismik diperoleh dari laporan masyarakat yang merasakan terjadinya gempa bumi atau dari tim survey yang meninjau lokasi bencana gempa bumi, data ini meliputi :

1. Waktu setempat saat dirasakannya getaran gempa bumi
2. Lokasi kejadian
3. Intensitas gempa atau tingkat kerusakannya
4. Hal-hal yang menyertainya seperti tanah longsor, tanah terbelah, korban jiwa, ataupun ada tidaknya tsunami.

Data mikroseismik adalah data yang diperoleh dari hasil analisis seismograph. Data ini berupa parameter-parameter gempabumi yang terdiri atas :

1. Waktu terjadinya gempa bumi (origin time)
2. Kedalaman sumber gempa bumi (hiposenter)
3. Lokasi/koordinat sumber gempa bumi (episenter)
4. Kekuatan gempa bumi (magnitude – dinyatakan dalam Skala Richter, SR).

Data makroseismik dan data mikroseismik adalah data-data yang saling melengkap. Hal ini disebabkan karena getaran gempabumi tidak seluruhnya dapat dirasakan manusia, sebagian besar hanya dapat dideteksi oleh seismograph. Sebaliknya parameter gempabumi yang diperoleh dari pengolahan data hasil analisis seismograph kurang lengkap jika tidak diberi informasi mengenai efek yang ditimbulkan oleh gempabumi tersebut, khususnya untuk gempa-gempa yang dirasakan atau gempa-gempa yang merusak (Waluyo, 1990)

## **2.9. Tide Digital seismograph (TDS).**

Data gempa bumi dapat diolah dengan menggunakan program TDS (Tide Digital Seismograph). TDS atau disebut pula dengan SPS-3 merupakan salah satu alat yang digunakan untuk merekam sinyal gelombang gempabumi serta dilengkapi dengan software yang mampu menganalisa secara otomatis parameter gempabumi yang sifatnya local. Perangkat dasar dari TDS ini adalah : Komputer PC/Laptop, Digitizer, Sensor Broad Band, Solar cel, Antena GPS yang dipasang ditempat yang terbuka, dan kabel-kabel koneksi disambungkan sesuai dengan fungsi-fungsinya. kemudian

seismik alarm yang digunakan sebagai informasi peringatan dini, dan software Tide Digital Seismograph (TDS) untuk mengolah datagelombang seismik



**Gambar 2.7** TDS 303S-Portable

(BMKG tretes, 2007)

## 2.10 Magnitudo

Magnitudo adalah ukuran untuk menyatakan kekuatan gempabumi berdasarkan energi yang dipancarkan pada saat terjadinya gempabumi dan dinyatakan dalam Skala Richter. Magnitudo pertama kali dihitung oleh Richter pada tahun 1935 untuk gempa lokal di California dengan alat Standart Wood Anderson yang memperhitungkan nilai pergerakan tanah yang terletak pada jarak tertentu pada pusat gempa. Magnitudo gempa dapat dibedakan atas:

### 1. Magnitudo Lokal (MI)

Magnitudo lokal pertama kali diperkenalkan oleh Richter (1935) berdasarkan pengamatan gempa bumi di California Selatan yang direkam menggunakan seismograf Wood-Anderson. Secara umum Magnitudo lokal dirumuskan:

$$MI = \log A + 3 \log \Delta - 2,92 \quad (2.16)$$

dengan MI adalah magnitudo lokal, A adalah amplitudo maksimum getaran tanah ( $\mu\text{m}$ ) dan  $\Delta$  adalah jarak episenter dengan stasiun pengamat (km),  $\Delta < 600$  km



## 2. *Magnitudo Bodi (Mb)*

Magnitudo bodi berdasarkan amplitudo gelombang P yang menjalar melalui bagian dalam bumi. Magnitudo ini digunakan untuk menghitung kekuatan gempa-gempa dalam yaitu:

$$M_b = \log (A/T) + f(\Delta, h) + c \quad (2.17)$$

dengan  $M_b$  adalah magnitudo bodi,  $A$  adalah amplitudo gelombang P ( $\mu\text{m}$ ),  $T$  adalah periode (sekon),  $f(\Delta, h)$  adalah fungsi jarak dan kedalaman dan  $c$  adalah koreksi stasiun

## 4. *Magnitudo Permukaan (Ms)*

Magnitudo permukaan berdasarkan amplitudo gelombang permukaan. Magnitudo ini digunakan untuk menghitung kekuatan gempa dengan jarak lebih dari 600 km, periode 20 sekon, dan gempa dangkal ( $h < 60$  km) dirumuskan:

$$M_s = \log A + \alpha \log \Delta + \beta \quad (2.18)$$

dengan  $M_s$  adalah magnitudo permukaan,  $A$  adalah amplitudo maksimum ( $\mu\text{m}$ ),  $\Delta$  adalah jarak episenter (km) dan  $\alpha, \beta$  adalah konstanta

## 6. *Magnitudo Durasi (Md)*

Magnitudo durasi merupakan jenis magnitudo berdasarkan lamanya getaran gempa. Magnitudo ini berguna dalam kasus amplitudo getaran sangat besar (off scale) yang dirumuskan:

$$M_d = a \log t + b \Delta + c \quad (2.19)$$

dengan  $M_d$  adalah magnitudo durasi,  $\tau$  adalah lamanya getaran (sekon),  $\Delta$  adalah jarak hiposenter (km),  $a, b, c$  adalah konstanta (Anonymous, 2012).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**



## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian**

Data yang dipergunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah data primer yang tercatat di BMKG Kelas II Tretes, Pasuruan, yang diambil pada awal April 2012 sampai Mei 2012. Data yang diambil berdasarkan pada waktu kejadian gempa yaitu pada Tanggal 7 April 2009 hingga Tanggal 5 April 2012 pada file trace TDS BMKG Tretes, Pasuruan.

### **3.2. Alat dan bahan penelitian**

Dalam penelitian ini peralatan yang digunakan antara lain:

- a. Digitizer Tide Digital Seismograf (TDS) 303S-Portable
- b. Sensor Broadband
- c. PC Analisis.

Software pada alat TDS memiliki tiga paket di antaranya Mono St yang berfungsi untuk menampilkan sinyal, Data Pro yang berfungsi untuk menganalisa sinyal serta Net Rec yang berfungsi untuk mendownload data dari Digitizer. Sedangkan pada jenis alat yang digunakan yaitu alat stasioner yang berarti alat yang hanya menggunakan sinyal wide (gelombang) untuk mendapatkan gambaran suatu data.



**Gambar 3.1.** Sensor seismograph SP 3 komponen



**Gambar 3.2.** Digitizer Portable 303S

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing- masing bagian yang ada dalam sebuah seismograph digital ( TDS) antara lain:

1. Sensor

Sensor untuk sebuah Seismograph Digital disebut Seismometer. Seismometer diartikan sebuah sensor yang menangkap gelombang seismik yang berbentuk besaran fisik. Bentuk output dari seismometer adalah tegangan listrik. Seismometer sendiri terbagi menjadi dua jenis yaitu Short Period dan Broadband.

2. *Amplifier*/Pengkondisisinyal

Output dari seismometer yang berupa tegangan tersebut merupakan input dari bagian ini. Seperti namanya Amplifier, berfungsi sebagai penguat tegangan dari seismometer. Sebagai penguat tegangan Sebab tegangan yang dihasilkan oleh seismometer belum dapat diolah secara langsung oleh ADC, Jadi perlu dikuatkan dan dipilih (difilter) oleh pengkondisi sinyal. Hasil dari bagian Amplifier dan Pengkondisi Sinyal inilah yang menjadi input bagi ADC.

3. *Digitizer portable* adalah sebuah bagian yang berfungsi sebagai perubah dari sinyal analog, berupa tegangan listrik yang

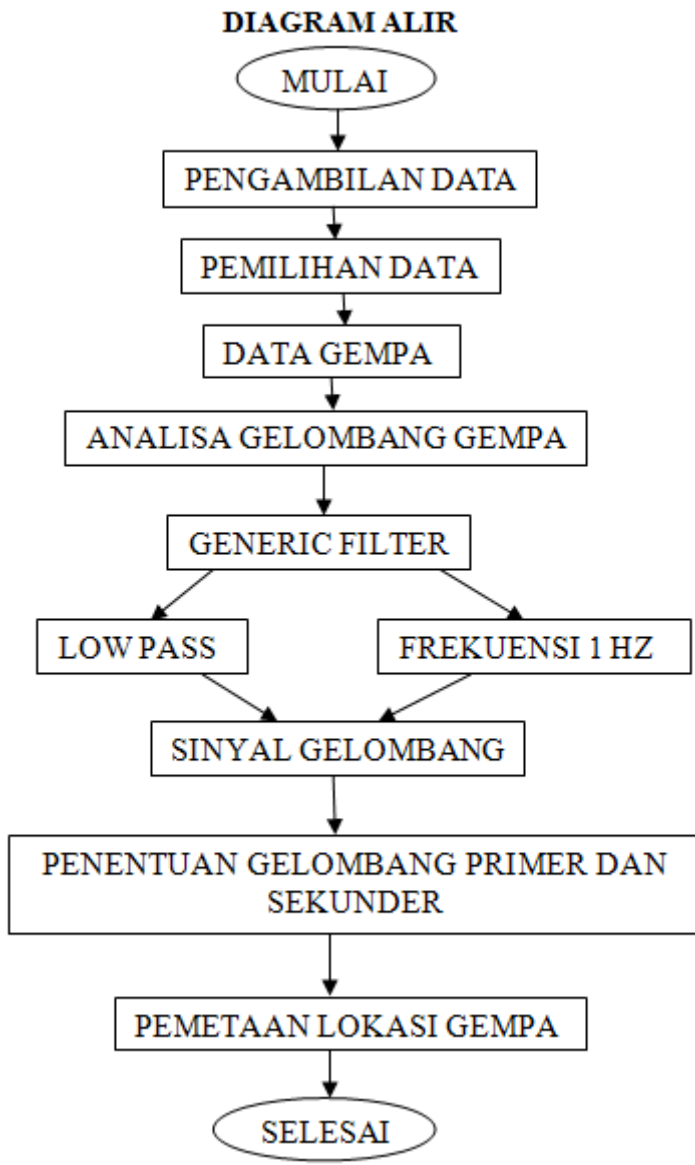
dikeluarkan oleh pengkondisi sinyal menjadi sebuah bentuk digital. Bentuk digital inilah nantinya yang akan diproses menjadi sebuah informasi. Dan biasanya digitizer juga diintegrasikan sebagai media penyimpanan data. Sehingga data tersebut tidak hilang dan dapat dipergunakan sewaktu-waktu.

4. *Time System* atau sistem pewaktu dalam sebuah Seismograph sangat penting sebagai penyedia informasi waktu dari parameter gempabumi. Sistem pewaktu dapat diperoleh dari sebuah RTC (Real Time Clock), biasanya berupa IC, dan sebuah GPS (Global Position system). Pada masa sekarang ini RTC dan GPS keduanya dibutuhkan dalam seismograph untuk saling melengkapi.
5. *Recorder*  
*Recorder* di dalam sebuah seismograph berfungsi sebagai pencatat atau perekam untuk selanjutnya di lakukan analisa lanjutan. Recorder berupa sebuah PC atau laptop. Selain sebagai recorder, peran PC bisa juga sebagai data logger dan juga analisis data. Hal tersebut dimungkinkan karena dilengkapi dengan software analisa.
6. *Power Supply* merupakan Sebuah alat elektronika tidak dapat bekerja tanpa diberi tegangan. Tegangan yang digunakan adalah tegangan DC atau searah. Untuk sebuah seismograph tegangan dari sumber masuk ke digitizer untuk selanjutnya didistribusikan ke semua bagian.

### **3.3. Tahapan penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap yang ditunjukkan pada diagram alir pada gambar 3.1 diatas.





**Gambar 3.3** Diagram alir penelitian



### 3.4. Analisa Data

#### 3.4.1 Pengolahan Data Gempa Bumi Dengan TDS

Pada software TDS, ketika terjadi gempa maka secara otomatis sensor dari TDS akan merekam dan terdengar bunyi alarm yang memberitahukan adanya gempabumi. Data signal gelombang seismic yang diterima oleh sensor akan dicatat dalam bentuk seismogram pada SPS-1 (analog) dan juga akan dicatat dalam computer (digital) pada software TDS yang secara otomatis tersimpan dalam data Pro.

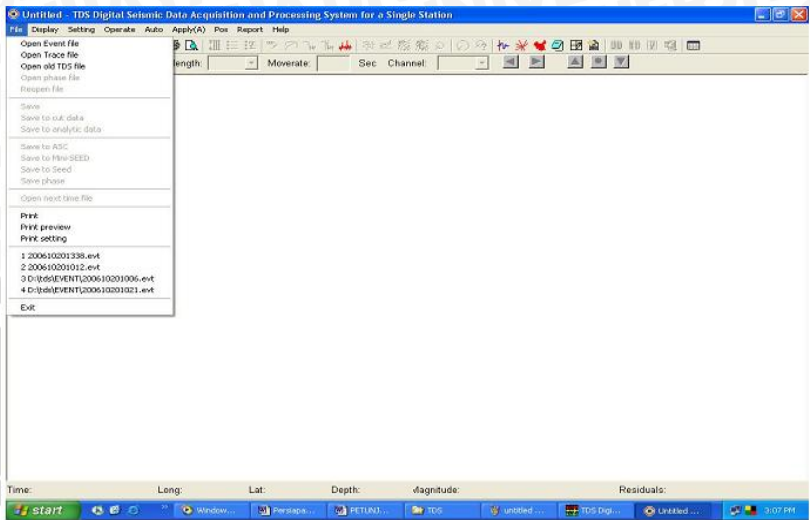
Analisa selanjutnya dapat dilakukan pada windows offline dengan membuka file data Pro. Data event gempa tersebut akan disimpan di data Pro dengan nama sesuai dengan kejadian pada waktu itu.

Parameter gempa pertama yang terekam oleh alat seismograph adalah waktu yang secara otomatis tersimpan pada software TDS, dalam bentuk ddmmhhh dan hh:mm:dd artinya menyatakan hari, tanggal, bulan, tahun gempabumi itu terjadi kemudian jam, menit, dan detik. Lalu untuk mengetahui letak episenter dan pusat gempa maka dibutuhkan data lintang selatan dan lintang bujur. Parameter selanjutnya kedalaman pusat gempa ke permukaan bumi, hal ini yang berpengaruh pada besarnya efek gempa di permukaan bumi dan dari efek tersebut juga dapat menentukan besar intensitas dari suatu gempa dalam satuan MMI. Sedangkan jarak antara stasiun penerima antara sumber gempa disebut dengan distance, kekuatan gempabumi yang bersumber dari pusat gempa dipengaruhi oleh fase dan amplitudo gelombang gempa. Terakhir adalah azimuth parameter yang menyatakan seberapa besar jarak dari pusat gempa dalam derajat dari letak stasiun geofisika yang digunakan. Alat ini (TDS/303S Portable) fungsinya khusus untuk menangkap gelombang seismic local meskipun mampu merekam gempa tele/jauh, namun datanya bisa dikatakan kurang mendekati faktanya dikarenakan data yang terekam pada TDS tidak begitu jelas dan kurang akurat. kelebihan alat ini sudah dilengkapi dengan 3 komponen arah (vertical UD, horizontal EW dan horizontal NS) lebih canggih dari SPS 1 dan analisisnya pun dilakukan secara otomatis namun tidak menutup kemungkinan bahwa kita harus tetap membandingkan dengan hasil dari SPS1 yang analisisnya dilakukan secara manual menggunakan seismogram pada kertas pias dengan

tujuan mencocokkan data hasil analisa, serta untuk membuktikan ketepatan dan tingkat kepercayaan terhadap alat tersebut. Kelemahan dari penggunaan alat ini yaitu alat tersebut masih termasuk single stasiun dengan tiga komponen sehingga penentuan parameter gempa lebih ditekankan pada analisa gelombang seismiknya dimana pengamat harus memahami karakteristik gelombang gempa dengan benar dan teliti. Selain itu karena sensor TDS terlalu sensitive terhadap guncangan maka dalam menganalisa data perlu dilakukan filter untuk mengetahui data tersebut termasuk gempa atau bukan. TDS ini merupakan alat perekam gempa local dan bisa digunakan sebagai alat survey kegempaan, mengingat sifatnya yang portable sehingga alat ini bisa dibawa ke lokasi untuk mendeteksi adanya gempa susulan disuatu daerah tersebut.

#### **3.4.2. Analisa Data Gempa Dengan Data-Pro**

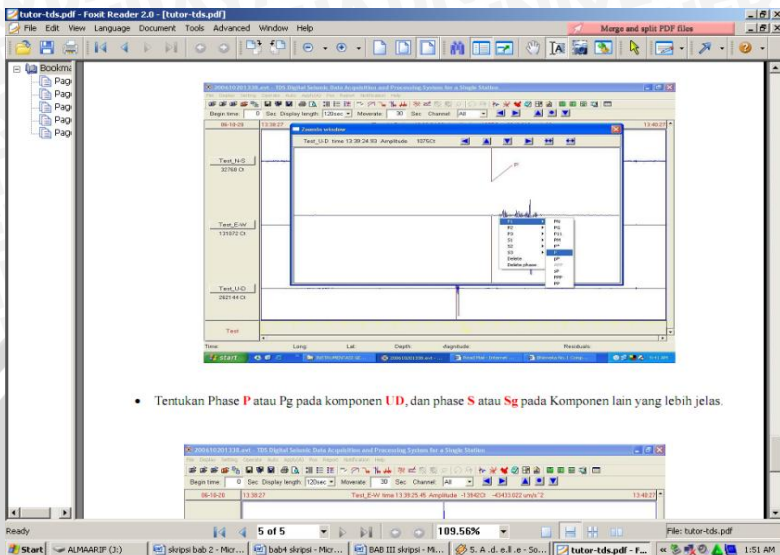
Hasil rekaman gempa dsi analisa dengan cara membuka file datapro.exe membuka file trace (.trc). Jika ingin melihat file secara keseluruhan atau membuka file event jika ingin membuka event khusus yang tersimpan(.evt). File event memberikan gambaran sinyal berasal dari potongan gempa dari file trace, sedangkan trace file memberikan gambaran sinyal TDS tiap 1 jam dalam proses terjadinya gempa. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.6



**Gambar 3.5** Proses awal membuka file

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 signal. Ketiga komponen tersebut sama-sama memberikan gambaran sinyal-sinyal gelombang gempa bumi. Berikut ini gambaran sinyal yang telah diperjelas:

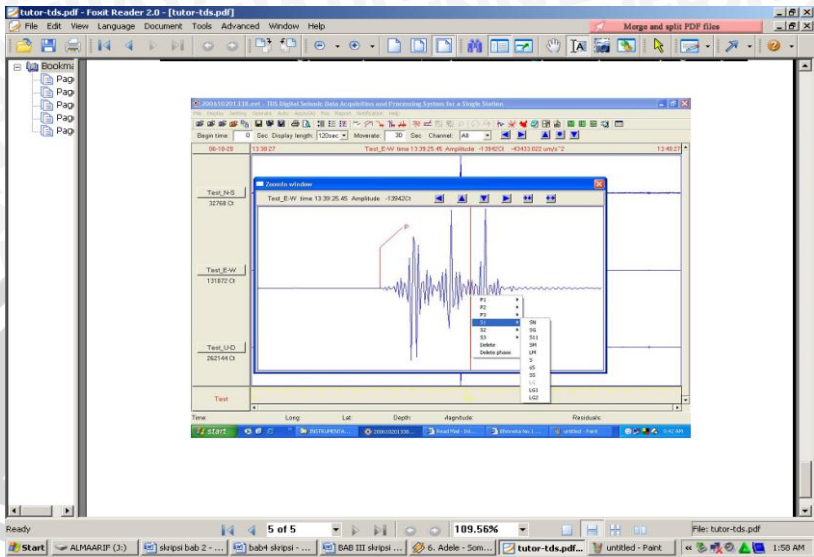




- Tentukan Phase P atau Pg pada komponen UD, dan phase S atau Sg pada Komponen lain yang lebih jelas.

**Gambar 3.6** Gelombang sinyal diperjelas

Phase P atau Pg ditentukan pada komponen UD, dan phase S atau Sg pada Komponen lain yang lebih jelas. Dalam menentukan phase P atau S dalam setiap komponen perlu diperhatikan karena berpengaruh terhadap penggambaran pemetaan lokasi tempat terjadinya gempa serta penentuan parameter-parameter gempa bumi. Penentuan gelombang primer P atau phase P dengan menentukan titik paling awal dalam sinyal gelombang. Sedangkan untuk penentuan gelombang sekunder S atau phase S dengan menentukan titik yang telah dilalui atau mengikuti oleh sinyal gelombang P. Dalam penentuan titik gelombang sekunder S perlu diperhatikan karena agak sulit dalam menentukan posisi titiknya. Penentuan titik gelombang sekunder S atau phase S agak sulit karena bentuk sinyal gelombang yang tidak selalu teratur. Gambar 3.8 merupakan gambaran dalam penentuan gelombang primer P dan gelombang sekunder S:



**Gambar 3.7** Penentuan gelombang P dan S





UNIVERSITAS BRAWIJAYA





## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

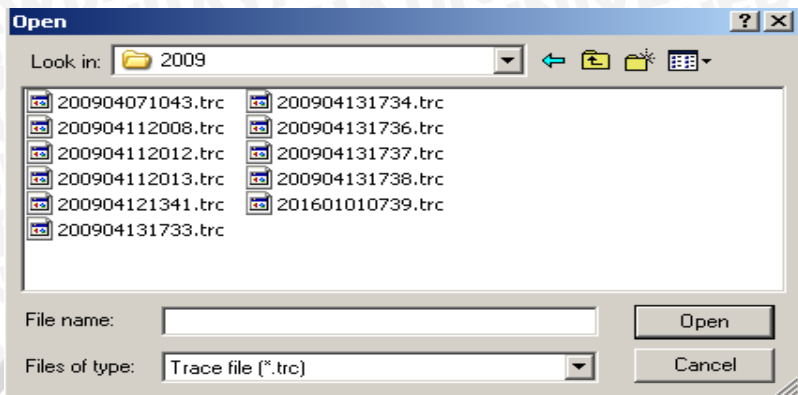
#### **4.1 Hasil Penelitian**

Pada dasarnya penelitian dilakukan untuk menentukan suatu pemetaan lokasi tempat terjadinya gempa bumi beserta mengetahui parameter gempa. Hal tersebut dilakukan dengan menganalisa sinyal gempa yang terekam oleh Tide Digital Seismograph (TDS). Selain itu, data yang diambil dari stasiun Geofisika Tretes Pasuruan berupa data primer. Data yang terekam oleh stasiun Geofisika Tretes berupa data yang telah terjadi antara bulan April 2009 sampai bulan April 2012. Data yang terekam dalam tiap 1 jam tersebut termuat dalam program software Data-Pro. Data-Pro sendiri berfungsi untuk menganalisa suatu sinyal yang berupa gelombang. Menurut TDS range sinyal gelombang dikatakan sebagai gempa apabila sinyal tersebut memiliki frekuensi di atas 1 Hz.

#### **4.2. Data Pengamatan**

##### **4.2.1. Data Gempa Tahun 2009**

Gempa yang terekam oleh TDS dan teranalisis oleh software Data-Pro tahun 2009 yaitu 11 data, dimana tidak terdapat sinyal gempa yang dapat dianalisa sehingga data tersebut berupa data non-gempa. Gambar 4.1 menunjukkan sesuai dengan waktu perekaman sinyal. Contoh 200904071043, 4 digit pertama menunjukkan tahun 2009, 4 digit setelahnya menunjukkan bulan, 2 digit tanggal dan 4 digit terakhir menunjukkan waktu.

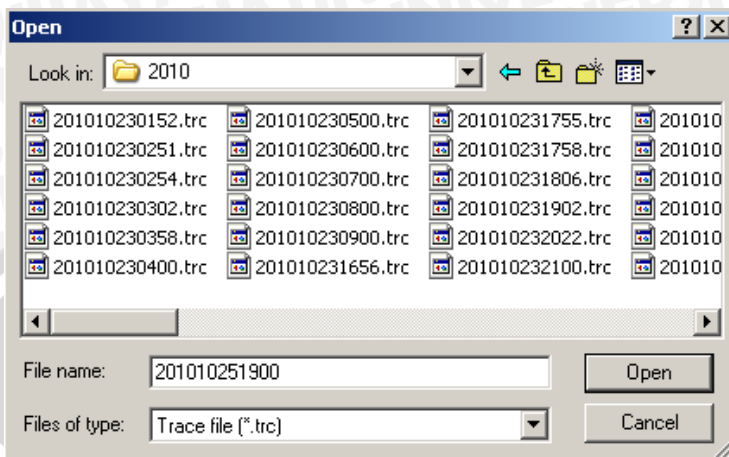


**Gambar 4.1** Data yang terekam pada tahun 2009

Setelah di filter dengan filter low pass 1 Hz, data diatas tidak menunjukkan adanya sinyal gempa. Begitu juga dengan data yang setelahnya juga tidak menghasilkan adanya sinyal gempa bumi. Sehingga data yang terekam pada tahun 2009 tersebut tidak digunakan untuk menganalisa sinyal.

#### **4.2.2. Data Gempa Tahun 2010**

Sedangkan data yang terekam oleh TDS pada tahun 2010 yaitu berjumlah 84 kali data yang telah terekam. Sama seperti tahun 2009, data yang terekam pada tahun ini juga tidak menghasilkan sinyal yang berupa gelombang gempa. Ada beberapa sinyal yang setelah dilakukan filter pada salah satu sinyal berupa sinyal noise, jadi tidak bisa digunakan dalam suatu penelitian. Filter yang digunakan selama penganalisaan menggunakan low pass dengan frekuensi 1 Hz dikarenakan sinyal yang terekam berupa skala kecil. Gambar 4.2 menunjukkan data yang terekam pada tahun 2010 oleh TDS:

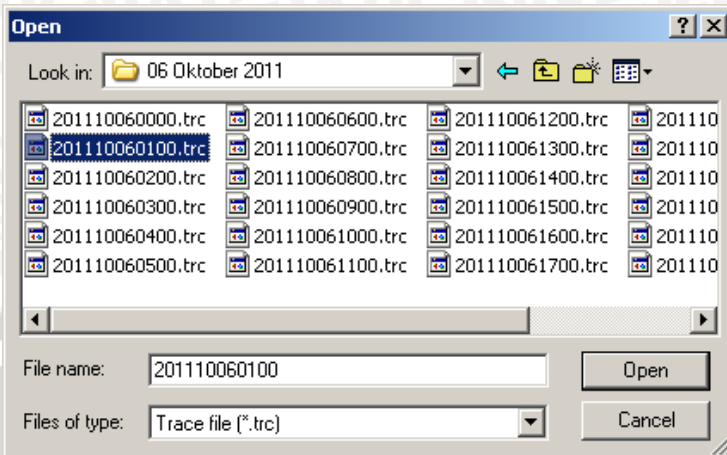


**Gambar 4.2** Data yang terekam tahun 2010

Berdasarkan data tersebut menyatakan bahwa tidak ada satu pun sinyal yang dihasilkan berupa sinyal gempa sehingga tidak dapat dianalisa. Namun, ada beberapa data yang menghasilkan sinyal noise setelah di filter tetapi tidak dapat analisa sinyal gelombangnya.

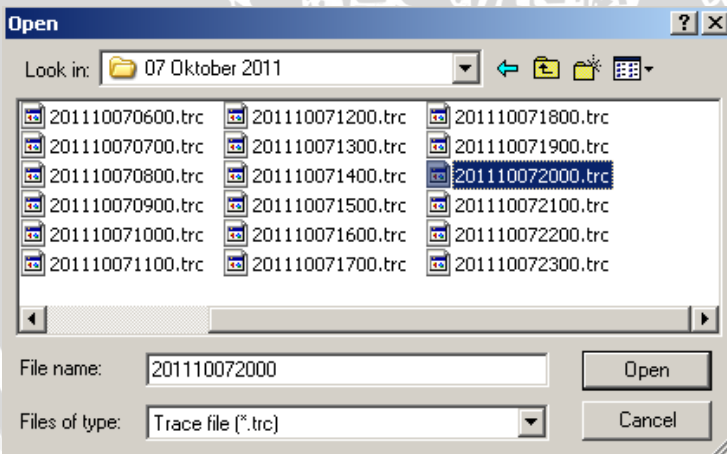
#### **4.2.3. Data Gempa Tahun 2011**

Untuk data yang terekam oleh Data-Pro pada tahun 2011 yaitu bulan Agustus 2011 dan bulan Oktober 2011. Pada gambar di bawah ini menunjukkan tanggal 7 Oktober 2011 jam 20:00 WIB dan tanggal 6 Oktober 2011 jam 01:00 WIB termasuk sinyal gempa bumi.



**Gambar 4.3** Data gempa 6 Oktober 2011

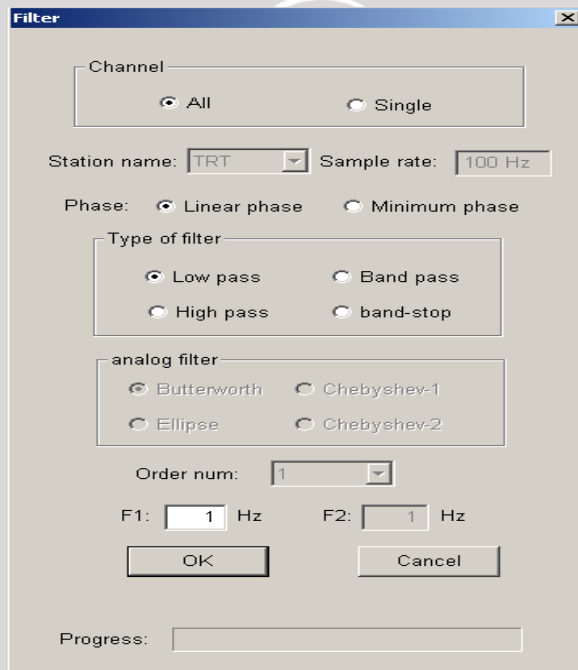
Data yang tercatat sebagai 201110060100 oleh Data-Pro merupakan sinyal gempa yang dianalisis sinyalnya. Dalam penganalisaan sinyal, filter yang digunakan yaitu low-pass dengan frekuensi 1 Hz.



**Gambar 4.4** Data gempa 7 Oktober 2011

Untuk data 201110072000 menghasilkan sinyal gelombang gempa sehingga mudah dilakukan dalam menganalisa sinyalnya.

Filter yang digunakan dalam menganalisisnya yaitu dengan low pass dengan frekuensi 1 Hz. Baik gempa bumi yang terjadi tanggal 6 Oktober maupun 7 Oktober 2011 sama-sama menggunakan *Generic Filter* (Gambar 4.5) dengan frekuensi 1 Hz. Generic filter yang terdiri dari low-pass, high-pass, band-pass serta band-stop yang masing-masing memiliki fungsi untuk mengukur sinyal yang dapat di filter. Jika terdapat sinyal gempa yang skala kecil, maka low-pass dapat digunakan. Begitupun sebaliknya, jika terdapat sinyal yang terekam dalam skala besar, maka high pass dapat digunakan. Dalam hal ini penggunaan frekuensi 1 Hz digunakan karena gempa yang terekam memiliki magnitudo antara 4 SR ke atas.

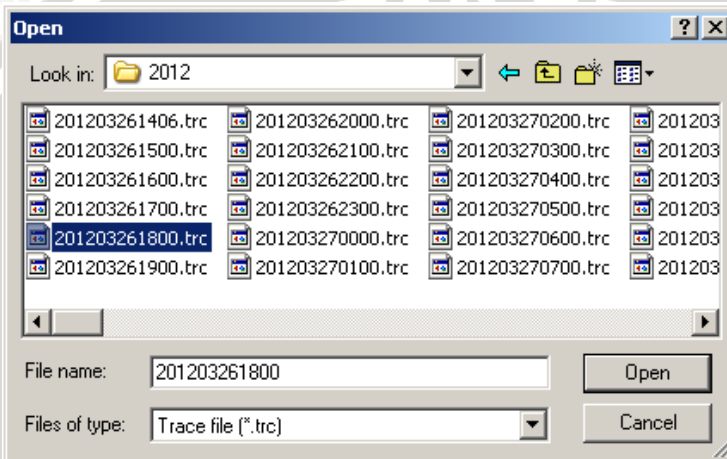


**Gambar 4.5** Generic Filter.

#### 4.2.4. Data Gempa Tahun 2012

Adapun data yang terekam pada tahun 2012 oleh TDS jumlahnya sekitar 227 data yang diterima oleh Data-Pro. Pada tahun

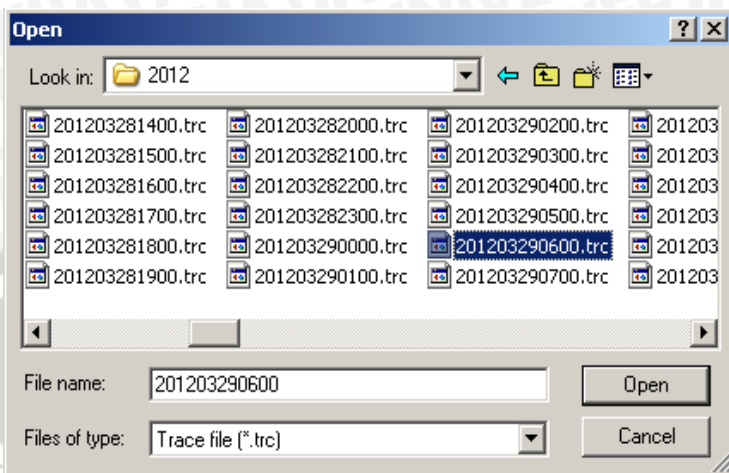
ini dinyatakan ada 4 data yang sinyalnya dapat dianalisis sehingga termasuk data gempa diantaranya pada tanggal 26 Maret 2012 jam 18:00 WIB (Gambar 4.6), 29 Maret 2012 jam 06:00 WIB (Gambar 4.7), 15 April 2012 jam 02:00 WIB serta tanggal 15 April 2012 jam 05:00 WIB. Dan untuk data tanggal 15 April 2012 tidak didapatkan langsung Data-Pro melainkan catatan yang didapatkan dari sumber lain seperti GEOFON.



**Gambar 4.6** Data gempa 26 Maret 2012.

Data tersebut menjelaskan bahwa pada tanggal 26 Maret 2012 terjadi suatu gempa dimana sinyal yang terekam oleh TDS dapat teranalisis dengan baik.





**Gambar 4.7** Data gempa 29 Maret 2012.

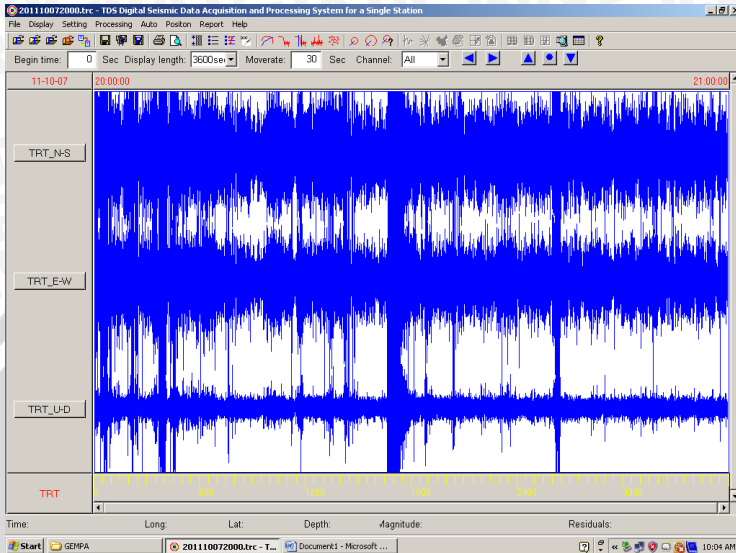
Data di atas menjelaskan bahwa terdapat suatu gempa pada tanggal 29 Maret 2012. Hal tersebut juga sama terjadi pada 15 April 2012 (Gambar 4.7)

Gempa bumi tanggal 7 Oktober 2011 terjadi di selatan Laut Jawa pada pukul 20.00 WIB didapatkan suatu gambaran sinyal yang terdiri dari TRT\_N-S yang berarti ,TRT\_E-W serta TRT\_U-D dimana masing-masing menggambarkan bentuk sinyal yang berbeda-beda. Gempa bumi yang pusat gempunya di perairan lautan ini dapat tergambar secara jelas dengan tampilan sinyal gelombang pada PC analisis (software TDS) meskipun dalam skala kecil. Software tersebut memberikan tampilan berupa gelombang yang memiliki arti dari masing-masing TRT yang diantaranya gambaran sinyal gelombang yang dianalisa dengan jelas. Pada data tersebut menunjukkan bahwa sinyal yang dihasilkan dikelompokkan sebagai gempa.

### 4.3. Contoh Sinyal Data Gempa

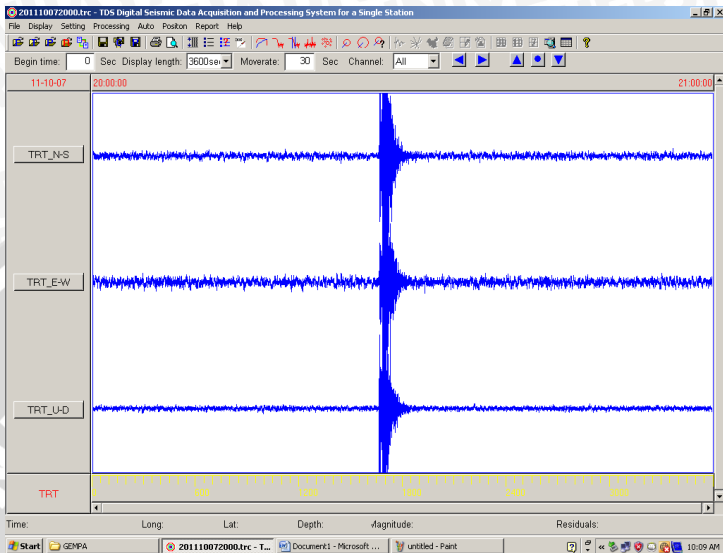
Gambar 4.8 merupakan tampilan sinyal gelombang yang dianalisa oleh Data Pro.

#### 4.3.1. Gempa 7 oktober 2011



**Gambar 4.8** Gelombang awal yang terekam TDS

Pada gambar 4.8 ditunjukkan bahwa ada tiga sinyal yang terekam oleh TDS dimana pada TRT\_NORTH –SOUTH (TRT-N-S) tidak dapat teridentifikasi dengan jelas karena ketidakteraturan sinyal gelombang. Dan begitu juga dengan TRT\_EAST-WEST (TRT-E-W) kurang teridentifikasi dengan baik. Dan setelah itu dengan TRT\_UP –DOWN (TRT-U-D) sinyal dapat di filter secara jelas. Filter yang menggunakan frekuensi 1Hz dapat memberikan tampilan sinyal dan dapat terdeteksi secara jelas. Gambar 4.9 menunjukkan proses yang dilakukan seperti berikut:

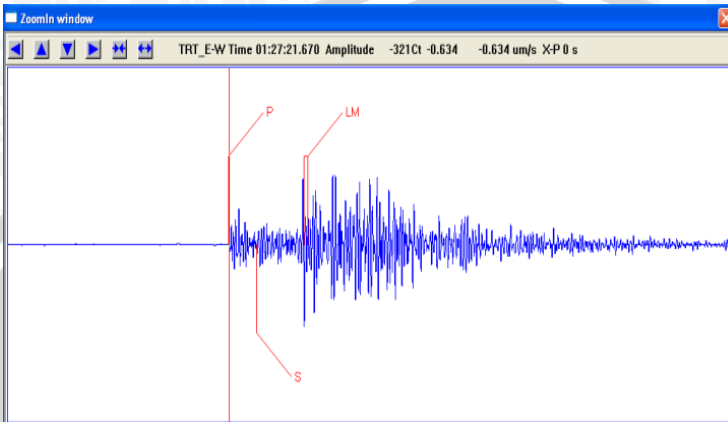


**Gambar 4.9** Sinyal setelah difilter

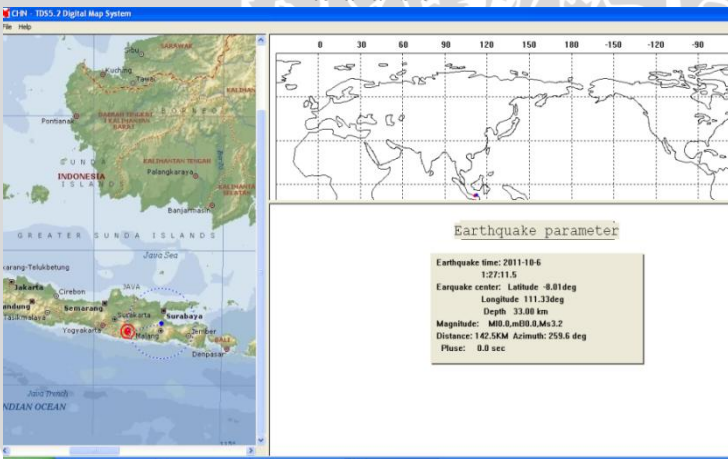
Dalam penggunaan frekuensi 1 Hz disebabkan sinyal gelombang gempa bumi yang diterima oleh TDS berupa sinyal mikroseismik yang mana sinyal tersebut menggambarkan bahwa gempa yang dihasilkan memiliki frekuensi diatas 4 SR. Pada TRT UP-DOWN teranalisa secara baik dengan filter low-pass. Begitu juga dengan gempa-gempa yang lainnya, proses filter dilakukan seperti diatas (Gambar 4.9).

## 4.4 Analisa Sinyal Dan pemetaan lokasi Gempa Bumi.

### 4.4.1 Gempa Bumi Tanggal 6 oktober 2011



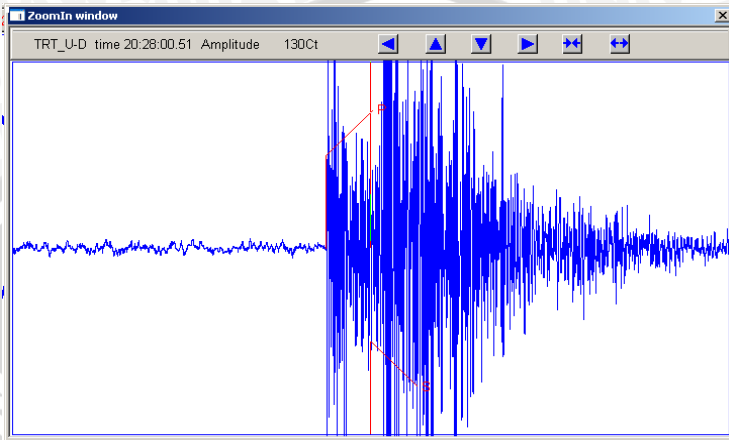
**Gambar 4.10** sinyal yang teranalisis



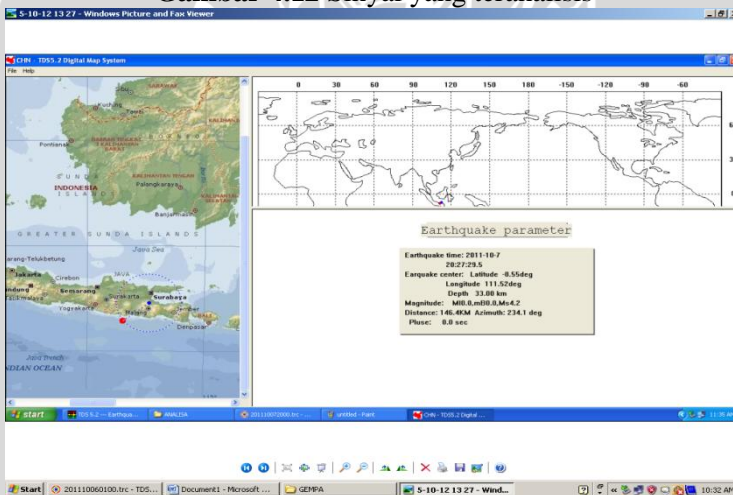
**Gambar 4.11** pemetaan gempa 6 Oktober 2011

Pada gambar 4.11 menunjukkan bahwa episenter gempa bumi terjadi di daerah jawa timur bagian selatan yang terletak diantara titik  $8,01^{\circ}\text{LU} - 111,33^{\circ}\text{BT}$  dengan kedalaman 33 Km. Gempa bumi ini menghasilkan kekuatan (magnitude) 3,2 SR serta lokasinya yang terletak pada jarak 142,5 Km dari stasiun BMKG Tretes

## 4.4.2 Gempa bumi tanggal 7 Oktober 2011



**Gambar 4.12** Sinyal yang teranalisis

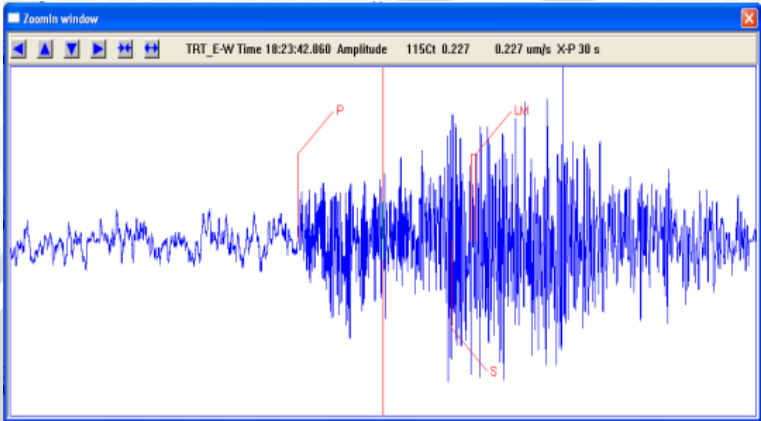


**Gambar 4.13** Pemetaan gempa 7 Oktober 2011

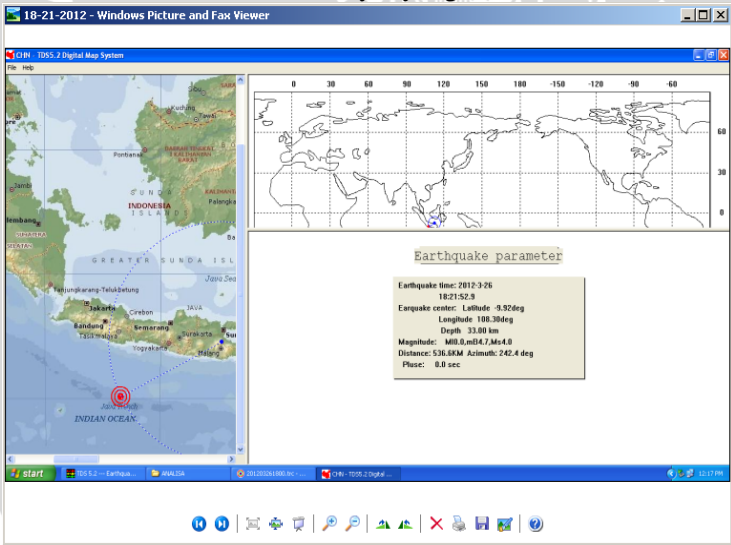
Pada gambar 4.13 diatas telah ditunjukkan bahwa gempa bumi yang terjadi pada tanggal 7 Oktober 2011 jam 20:00 WIB menghasilkan kekuatan dengan magnitude 4,2 SR. Selain itu, epicenter (pusat gempa) terletak di bagian selatan pulau jawa dengan kedalaman 33 Km dengan posisi  $8,55^{\circ}$ LU-  $111,5^{\circ}$ BT yang jarak letaknya 146,4 Km dari stasiun BMKG Tretes, Pasuruan.



### 4.4.3 Gempa bumi tanggal 26 Maret 2012



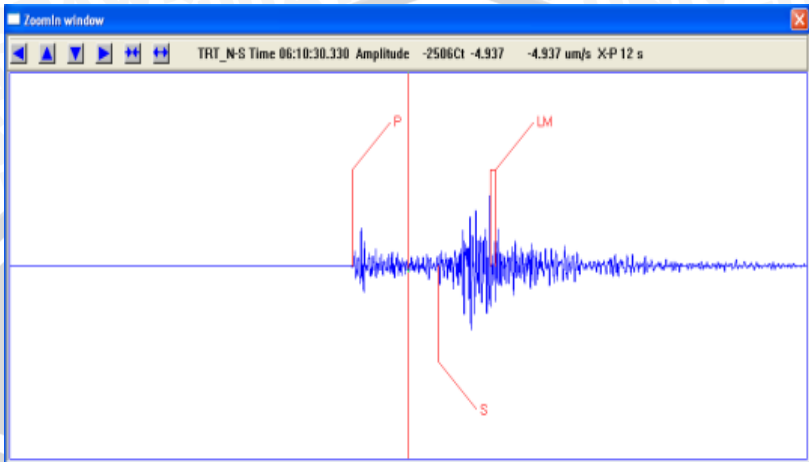
Gambar 4.14 sinyal yang teranalisis



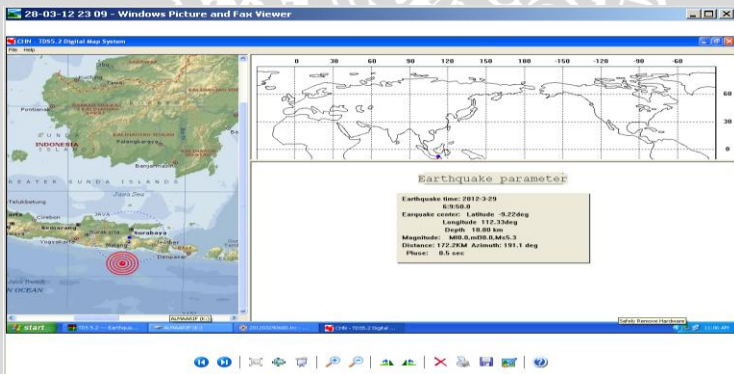
Gambar 4.15 pemetaan gempa 26 Maret 2012

Pada gambar 4.15 menunjukkan bahwa gempa bumi terjadi pada lautan selatan pulau jawa timur yang terletak pada posisi garis  $9,22^{\circ}\text{LU}-112,33^{\circ}\text{BT}$  dengan kedalaman 10 Km. Gempa bumi tersebut terjadi pada sekitar jam 06.00 WIB dengan kekuatan 5,3 SR serta terletak pada jarak 172,2 Km dari stasiun BMKG Tretes.

#### 4.4.4 Gempa bumi tanggal 29 Maret 2012



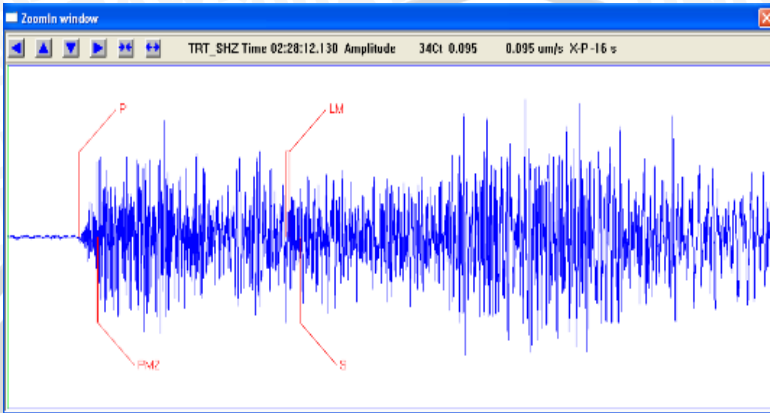
Gambar 4.16 Sinyal yang teranalisis



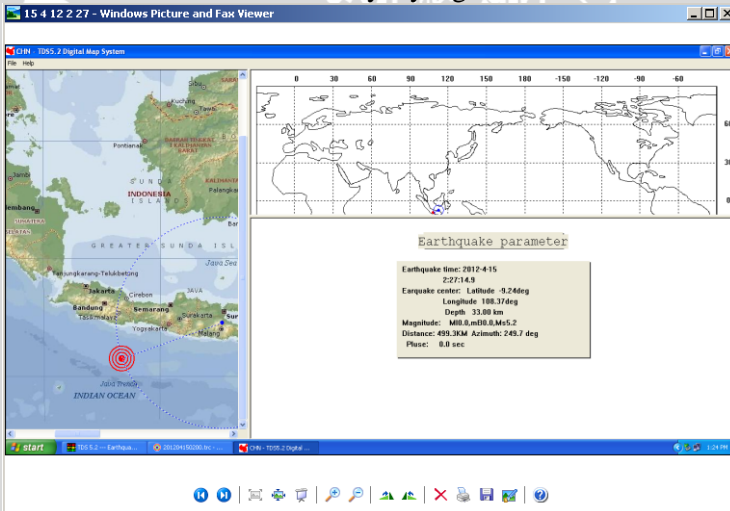
Gambar 4.17 Pemetaan gempa 29 Maret 2012

Adapun gempa pada gambar 4.17 diatas terjadi pada sekitar jam 18:00 WIB dengan letak pusat gempa (episenter) di samudra Hindia dengan posisi  $9,22^{\circ}\text{LU}-108,3^{\circ}\text{BT}$  dengan kedalaman 33 Km. Gempa tersebut menghasilkan kekuatan dengan magnitude 4 SR serta berlokasi pada jarak 536,6 Km dari stasiun BMKG Tretes.

#### 4.4.5 Gempa bumi tanggal 15 April 2012



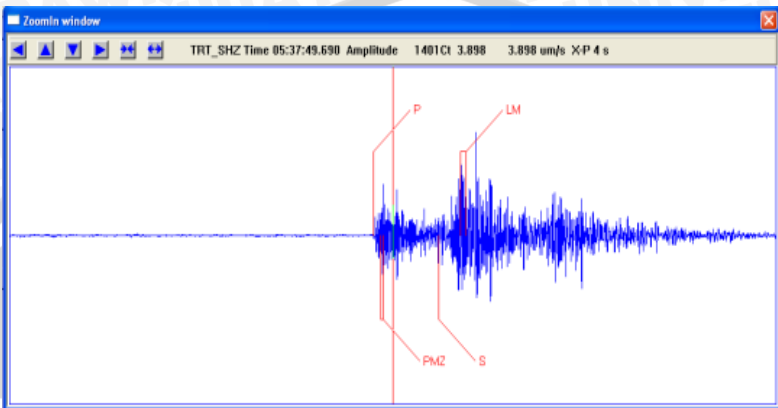
Gambar 4.18 Sinyal yang teranalisa



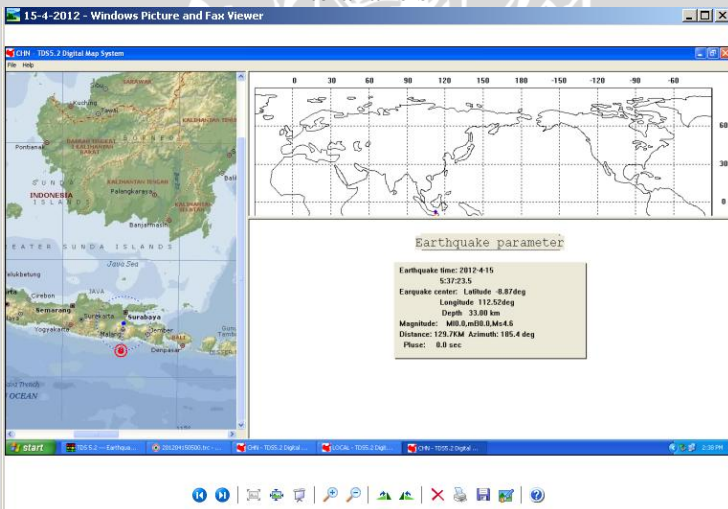
Gambar 4.19 Pemetaan gempa 15 April 2012

Pada gambar 4.19 tersebut dijelaskan bahwa gempa terjadi pada sekitar pukul 02:00 WIB yang letak pusat gempanya (episenter) di samudra Hindia yang posisinya pada garis  $9,24^{\circ}\text{LU}-108,37^{\circ}\text{BT}$ . Gempa tersebut berkedalaman 33 km dan menghasilkan magnitude 5,2 SR. Gempa bumi tersebut berlokasi dengan jarak 499,3 km dari Stasiun BMKG Tretes.

#### 4.4.6 Gempa bumi tanggal 15 April 2012



Gambar 4.20 Sinyal yang teranalisis



Gambar 4.21 Pemetaan gempa 15 April 2012

Pada gambar 4.21 tersebut dijelaskan bahwa pusat gempa terjadi di lautan selatan jawa timur dengan posisi garis  $8,87^{\circ}\text{LU}$ - $112,52^{\circ}\text{BT}$  dengan kedalaman 33 km. Gempa tersebut menghasilkan kekuatan dengan magnitudo 4,6 SR serta letak jaraknya 129,7 km dari Stasiun BMKG Tretes.

#### 4.5.Pembahasan

Dari analisis yang telah didapatkan bahwa terdapat enam (6) titik gempa yang berlokasi di daerah selatan pulau Jawa Timur. Di daerah-daerah tersebut mengalami gempa bumi berkekuatan diatas 4 SR. Gempa bumi pada tanggal 7 Oktober 2011 yang titik pusat gempa (episenter)nya terletak di perairan selatan pulau Jawa Timur. Gempa tersebut menimbulkan kekuatan 4,2 SR menghasilkan getaran-getaran yang cukup besar. Titik pusat gempunya berada di lautan, maka guncangan yang berada di daratan Jawa Timur tidak dapat dirasakan. Selain itu, gempa tersebut memiliki kedalaman 33 km yang letaknya di dasar laut. Stasiun BMKG Tretes Pasuruan mencatat lokasi titik pusat gempunya berada pada jarak 146,4 km di laut selatan Jawa Timur. Untuk gempa bumi yang terjadi pada tanggal 6 Oktober 2011 yang titik pusat gempa (episenter)nya berada di wilayah selatan Jawa Timur menghasilkan kekuatan dengan magnitudo 4,2 SR. Gempa bumi tersebut menghasilkan efek guncangan yang cukup dapat dirasakan karena episenternya berada di daratan. Akan tetapi efek gelombang yang ditimbulkan lebih kecil dari pada gempa yang terjadi pada tanggal 7 Oktober 2011 yang episenternya berada di lautan. Gempa yang terjadi di daratan tersebut memiliki kedalaman yang sama yaitu 33 km. Gempa bumi tersebut tercatat pada jarak 142,5 km dari Stasiun BMKG Tretes. Kedua gempa tersebut saling berhubungan karena letak pusat gempunya yang berdekatan. Untuk gempa yang terjadi pada tanggal 29 Maret 2012 yang titik pusat gempa (episenter) nya berada lautan selatan Jawa Timur. Gempa tersebut memberikan efek gelombang yang besar di dibandingkan gempa-gempa yang lain. Gempa bumi ini memberikan getaran-getaran kecil dan menghasilkan kekuatan gempa terbesar daripada gempa-gempa yang lain yaitu 5,3 SR. Gempa bumi hanya memiliki kedalaman 10 km dan merupakan kedalaman terkecil dari gempa-gempa yang lain. Gempa tersebut berjarak 172,2 km dari Stasiun BMKG Tretes.

Untuk gempa yang terjadi pada tanggal 26 Maret 2012 memiliki magnitudo terkecil daripada gempa-gempa yang lain. Gempa tersebut terjadi di perairan samudra hindia dengan kedalaman 33 km dan berjarak 536,6 km dari Stasiun BMKG. Yang membedakan gempa tersebut dengan gempa yang terjadi pada tanggal 29 Maret 2012 adalah efek guncangan atau getaran serta



gelombang lebih kecil. Meskipun kedua gempa tersebut terjadi pada kurun waktu yang berdekatan, kedua gempa tersebut tidak saling berhubungan. Hanya saja kedua gempa tersebut episenternya sama-sama berada di lautan. Gempa bumi yang terjadi pada tanggal 15 April 2012 terdiri dari dua gempa yaitu gempa yang terjadi pada jam 02.00WIB dan 05.00WIB. Untuk gempa yang terjadi pada jam 02.00 WIB titik pusat gempa (episenter)nya berada di samudra Hindia dengan kedalaman 33 km. Gempa ini menghasilkan kekuatan dengan magnitudo 5,2 SR dan berjarak 499,3 km dari Stasiun. Sedangkan gempa bumi yang terjadi pada jam 05.00 WIB memiliki kedalaman yang sama yaitu 33 km. Adapun yang membedakan adalah kekuatan yang ditimbulkan lebih kecil di dibandingkan gempa bumi yang terjadi pada jam 02.00 WIB.

Dari kesemua gempa bumi yang terjadi bahwasanya gempa-gempa tersebut terjadi pada waktu yang berdekatan dan gempa-gempa tersebut menghasilkan efek gelombang mikroseismik sehingga penganalisaan sinyal perlu di lakukan secara detail. Dari keenam gempa bumi tersebut perlukan suatu analisa terhadap sinyal-sinyal gelombang gempa yang dihasilkan. Dan setelah itu parameter-parameter gempa bumi akan di dapatkan.

Berikut ini merupakan data-data parameter gempa bumi yang telah dianalisa sinyal gelombangnya dengan menggunakan Generic filter dengan frekuensi 1 Hz:

**Tabel 4.1** Data parameter gempa bumi

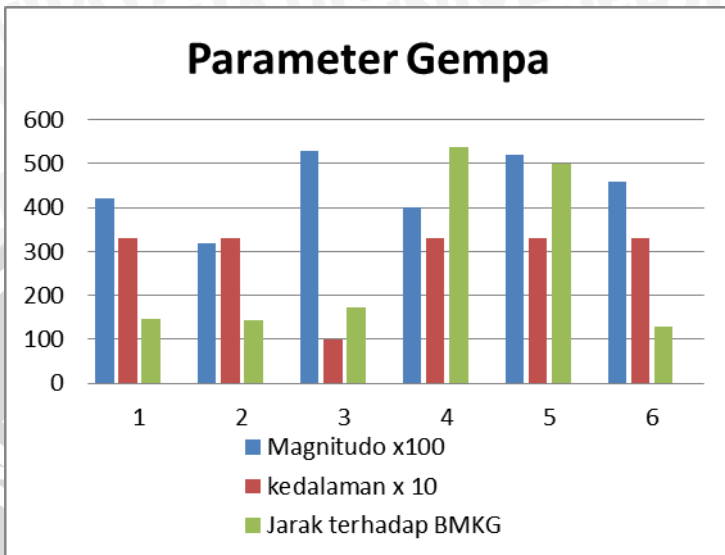
| No. | Tanggal, Bulan dan Tahun | Magnitudo (SR) | Kedalaman (km) | Jarak terhadap BMKG (km) |
|-----|--------------------------|----------------|----------------|--------------------------|
| 1   | 7 Oktober 2011           | 4,2            | 33             | 146.4                    |
| 2   | 6 Oktober 2011           | 3,2            | 33             | 142.5                    |
| 3   | 29 Maret 2012            | 5,3            | 10             | 172.2                    |
| 4   | 26 Maret 2012            | 4,0            | 33             | 536.6                    |
| 5   | 15 April 2012            | 5,2            | 33             | 499.3                    |
| 6   | 15 April 2012            | 4,6            | 33             | 129.7                    |

Dari tabel 4.1 di atas dijelaskan bahwa perbandingan magnitudo yang dihasilkan tidak terlalu besar yaitu berkisar antara 4 SR sampai 5,5 SR. Perbandingan magnitudo dari keenam gempa

dapat dilihat bahwa gempa-gempa tersebut merupakan gempa mikroseismik yaitu gempa –gempa yang menghasilkan getaran dan gelombang yang kecil. Sedangkan untuk kedalaman yang memiliki perbandingan yang sama kecuali pada gempa pada tanggal 29 Maret 2012. Dan untuk jarak lokasi yang tercatat pada stasiun BMKG berkisar antara 120 km sampai 540 km.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





**Gambar 4.22** Grafik parameter gempa

Dari grafik diatas ( Gambar 4.22) menunjukkan ada tiga warna yang mewakili nilai parameter yaitu diantaranya warna biru yang menunjukkan nilai kekuatan gempa (magnitudo) yang hasilnya dikalikan 100, warna merah yang menunjukkan nilai kedalaman suatu gempa yang hasilnya dikalikan 10 serta warna hijau yang menunjukkan jarak lokasi terhadap Stasiun BMKG Tretes Pasuruan. Sedangkan untuk variabel sumbu x 1,2..sampai 6 menunjukkan urutan gempa yang telah dianalisis. Dan variabel sumbu y nilai 0 sampai 600 menunjukkan nilai kesatuan dari parameter gempa berupa jarak lokasi gempa terhadap BMKG, kedalaman serta kekuatan gempa (magnitudo).

#### 4.5.1. Daerah Rawan Gempa Tektonik Di Jawa Timur

Lapisan kulit bumi dengan ketebalan 100 km mempunyai temperatur relatif jauh lebih rendah dibanding dengan lapisan dalamnya (mantel dan inti bumi) sehingga terjadi aliran konveksi dimana massa dengan temperatur tinggi mengalir ke daerah temperatur rendah atau sebaliknya. Teori aliran konveksi ini sudah lama berkembang untuk menerangkan pergeseran lempeng tektonik yang menjadi

penyebab utama terjadinya gempa bumi tektonik. Disamping itu kita kenal juga gempa vulkanik, gempa runtuh, gempa imbasan dan gempa buatan. Gempa vulkanik disebabkan oleh desakan magma ke permukaan, gempa runtuh banyak terjadi di pegunungan yang runtuh, gempa imbasan biasanya terjadi di sekitar dam karena fluktuasi air dam, sedangkan gempa buatan adalah gempa yang dibuat oleh manusia seperti ledakan nuklir atau ledakan untuk mencari bahan mineral. Skala gempa tektonik jauh lebih besar dibandingkan dengan jenis gempa lainnya sehingga efeknya lebih banyak terhadap bangunan.

Indonesia merupakan daerah pertemuan 3 lempeng tektonik besar, yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan lempeng Pasific. Lempeng Indo-Australia bertabrakan dengan lempeng Eurasia di lepas pantai Sumatra, Jawa dan Nusatenggara, sedangkan dengan Pasific di utara Irian dan Maluku utara. Di sekitar lokasi pertemuan lempeng ini akumulasi energi tabrakan terkumpul sampai suatu titik dimana lapisan bumi tidak lagi sanggup menahan tumpukan energi sehingga lepas berupa gempa bumi. Pelepasan energi sesaat ini menimbulkan berbagai dampak terhadap bangunan karena percepatan gelombang seismik, tsunami, longsor, dan liquefaction. Besarnya dampak gempa bumi terhadap bangunan bergantung pada beberapa hal; diantaranya adalah skala gempa, jarak epicenter, mekanisme sumber, jenis lapisan tanah di lokasi bangunan dan kualitas bangunan.

#### **4.5.2. Daerah Aktif Gempa Tektonik Di Jawa Timur**

Gempa bumi terjadi diawali dengan akumulasi stress di sekitar batas lempeng, sehingga aktifitas gempa banyak di daerah selatan laut Jawa Timur.. Walaupun konsentrasi akumulasi stress akibat tabrakan lempeng berada di sekitar batas lempeng, akibatnya bisa sampai jauh sampai beberapa ratus kilometer dari batas lempeng karena ada pelimpahan stress di kerak bumi, sehingga ada daerah aktif gempa di luar daerah pertemuan lempeng. Kasus sesar Sumatra umpamanya adalah sesar yang dibentuk oleh pelimpahan stress tabrakan lempeng Indo-Australia dengan Eurasia dengan sudut

tabrakan miring terhadap garis batas. Kemiringan ini menyebabkan timbulnya sesar selatan pulau jawa dimana konsentrasi akumulasi stress atau pusat-pusat gempa di daerah ini.

Gempa dangkal (kedalaman 0-50 km) yang terjadi pada periode 1900-1995 dengan skala Richter 5.5 atau lebih, membuktikan lokasi-lokasi daerah aktif gempa di Indonesia. Sebagian dari gempa tersebut menimbulkan bencana, bergantung pada beberapa hal;

1. Skala atau magnitudo gempa.
2. Durasi dan kekuatan getaran.
3. Jarak sumber gempa terhadap perkotaan.
4. Kedalaman sumber gempa.
5. Kualitas tanah dan bangunan.
6. Lokasi bangunan terhadap perbukitan dan pantai.

Faktor kualitas tanah dan bangunan adalah faktor yang sangat menentukan untuk pengkajian resiko gempa bumi. Kualitas tanah di tempat bangunan berdiri dinyatakan dengan percepatan tanah maksimum (Peak Ground Acceleration) dari catatan exact accelerograph sewaktu gempa besar terjadi. Hal ini sangat jarang terjadi karena periode gempa besar sangat panjang (50-100 tahun) dan karena accelerograph belum terpasang. Karena itu banyak cara empiris dilakukan untuk menemukan percepatan maksimum di perkotaan. Disamping itu lokasi bangunan terhadap pantai yang rentan terhadap ancaman tsunami dan lokasi bangunan terhadap perbukitan yang rentan terhadap longsor perlu juga dimasukkan dalam pertimbangan asuransi.

#### **4.5.3. Pemetaan Lokasi Gempa Bumi.**

Pemetaan gempa bumi pada wilayah Jawa Timur bisa dilakukan dengan 2 cara; pertama adalah dengan memetakan sumbernya atau hyposenter (pusat gempa) dengan skala dan kedalaman tertentu, kedua adalah dengan memetakan efeknya atau informasi makro gempa bumi. Magnitude gempa dengan magnitude 3-4 atau lebih dan kedalaman kecil dari 10-33 km sering dipakai karena berpotensi untuk merusak bangunan. Informasi makro gempa bumi adalah peta dengan memakai skala Modified Mercalli Intensity (MMI), yaitu besarnya efek



yang dirasakan oleh pengamat dimana dia berada tanpa memperhatikan sumbernya.

Aktifitas gempa yang pernah terjadi dari tahun 2009 sampai 2012 dengan skala magnitudo diatas 4 SR menunjukkan bahwa aktifitas gempa tersebut berada di sekitar tabrakan lempeng tektonik (interplate earthquake) dan di sekitar sesar. Ciri khas di daerah Jawa Timur, umumnya kekuatan gempa yang besar ( $M > 4$ ) berada di sekitar tabrakan lempeng, Sedangkan gempa di dalam lempeng (intraplate earthquake) ukurannya relatif kecil. Namun akibatnya terhadap bangunan mungkin sama, karena gempa interplate berada di laut sedangkan gempa intraplate berada di darat yang relatif lebih dekat dengan perkotaan.



Gambar 4.22 Pemetaan lokasi gempa Jawa Timur.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan pemantauan dari Stasiun BMKG Tretes Pasuruan, gempa bumi telah terjadi dalam skala antara 3,2 - 4,5 SR di wilayah Jawa Timur pada tahun 2009 sampai 2012.

1. Titik pusat gempa (episenter)nya terletak menyebar di daerah perairan selatan wilayah Jawa Timur.
2. Sinyal gelombang gempa bumi itu dianalisis dengan menentukan titik gelombang primer dan sekunder pada filter low pass dan frekuensi 1 Hz.
3. Gempa bumi di wilayah Jawa Timur terjadi dengan kedalaman antara 10 km dan 33 km dan jarak lokasi terhadap Stasiun BMKG Tretes Pasuruan antara 120 km sampai 540 km serta sumber gempa yang berada di selatan laut Jawa Timur.
4. Di dapatkan gempa bumi wilayah Jawa Timur berupa letak posisi pusat gempa serta parameter-parameternya diperoleh berupa kekuatan gempa bumi (magnitudo) 3,2–4,5SR serta kedalaman dan jarak lokasi.

### **5.2. Saran**

Dari data yang didapatkan melalui *Tide Digital Seimograph* (TDS) dibutuhkan suatu metode untuk mengetahui seberapa besar efek kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa bumi terhadap wilayah Jawa Timur. Dari hasil pembahasan yang telah diperoleh disarankan agar penelitian ini dapat dilanjutkan dengan metode yang lebih efektif.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, <http://disaster.elvini.net/tectonic.cgi> .diakses tanggal 3 maret 2012
- Anonymous,<http://www.geocities.com/museumgeologi/Geologi/tatanan.htm>. diakses tanggal 3 maret 2012
- Anonymous,<http://www.google.com/search?hl=id&q=persamaan+gelombang+seismik>. diakses tanggal 3 maret 2012
- Anonymous,[http://www.menlh.go.id/apec\\_vc/osaka/eastjava/noise\\_id/vib/page1.html](http://www.menlh.go.id/apec_vc/osaka/eastjava/noise_id/vib/page1.html) .diakses tanggal 3 maret 2012
- Rudianto,A. 2001. *Laporan Kuliah Kerja Lapang (Penerapan Metode Tremors Untuk Mendapatkan Informasi Tsunami)*. Jurusan Fisika-Universitas Brawijaya.
- Ibrahim, Gunawan. 1995. *Seismologi*. Buletin Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Hamilton,W,1979. *Tectonics Of the Indonesians Regions*, Geophysical Survey Professional Paper, Washington.
- Harian, Bakarnas PB,2007. *Pengenalan Karakteristik Bencana Dan Upaya Mitigasinya Di Indonesia*: Jakarta.
- Ishara, K.,1987. *Introduction To Earthquake and Seismology*, London: Boulder.
- McCreery, Charles S,1993. *The Sciences Of earthquake and Tsunami*, Kuala lumpur.
- Santosa,suwarti.1992. *Peta Geologi Lembar Malang Jawa*: pusat penelitian dan pengembangan.
- Seismologi Digital* ;BMKG Tretes,2007
- Waluyo, 1990, *Diktat kuliah Seismologi UGM*, Yogyakarta: Gitanagari.
- Reymond, Domique. 1995. *Tremors-Training*. Laboratoire De Geophysique. Polynesia Francaise.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

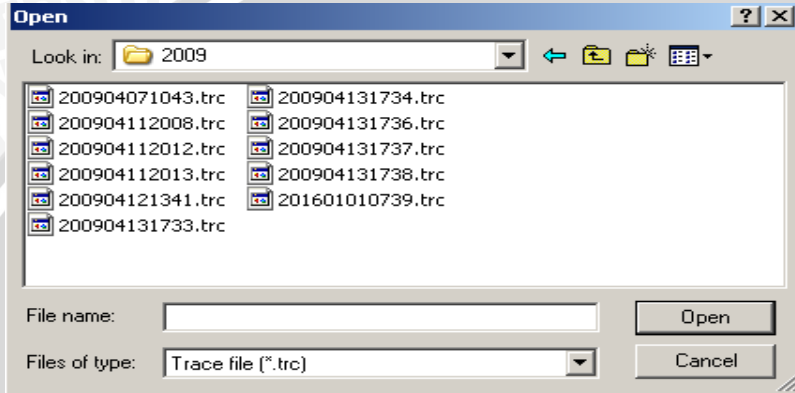


**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

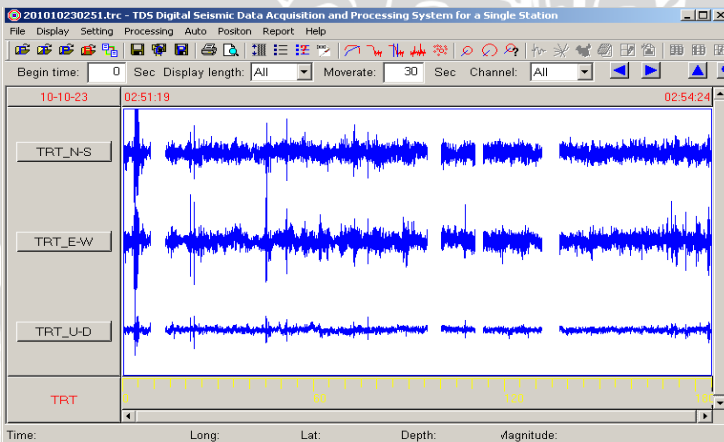
## LAMPIRAN 1

### DATA NON GEMPA

Data didapatkan pada software tide digital Seismograph(TDS)  
a.data tahun 2009

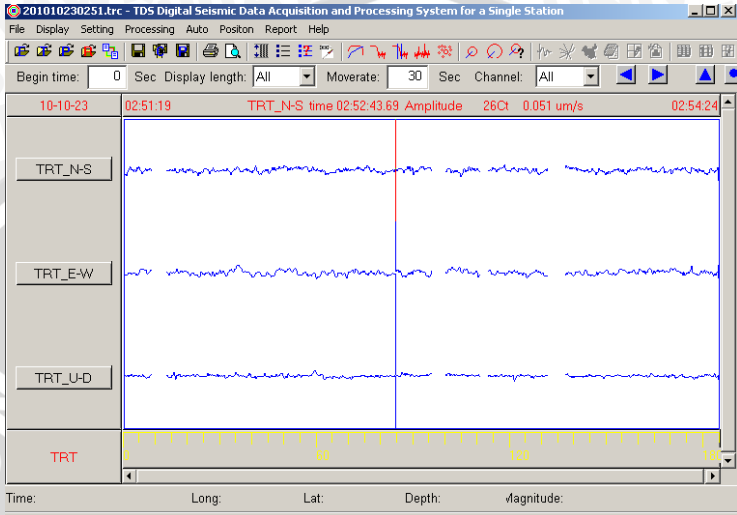


kemudian satu persatu dilakukan analisa dengan frekuensi 1 hz pada low pass filter maka akan menghasilkan proses yang seperti di bawah ini yaitu berupa sinyal yang tidak dapat teranalisis sebagai gempa. Berikut ini contoh datanya:





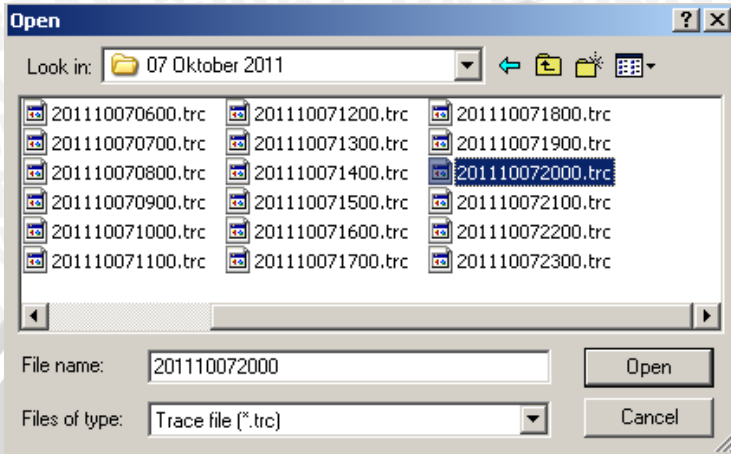
**Gambar 1** Sinyal awal yang terekam



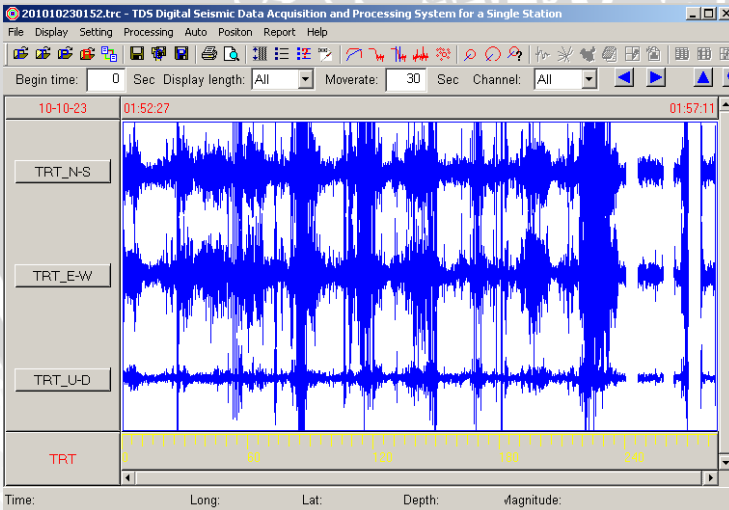
**Gambar 2** sinyal telah di filter



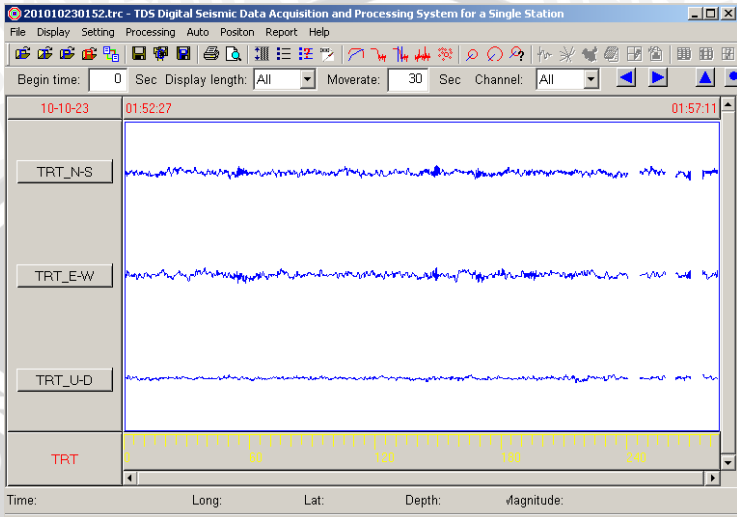
b.data tahun 2010



sama seperti data sebelumnya, dilakukan suatu analisa dengan frekuensi 1 hz pada low pass filter maka akan menghasilkan proses yang seperti di bawah ini yaitu berupa sinyal yang tidak dapat teranalisis sebagai gempa. Berikut ini contohnya:



**Gambar 1** Sinyal awal yang terekam

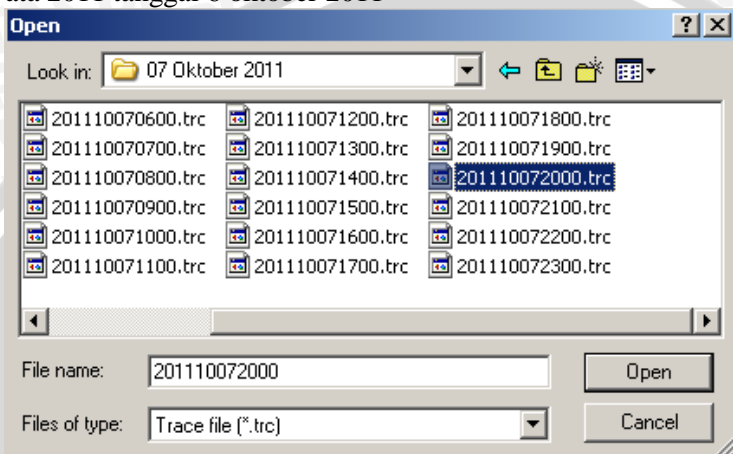


**Gambar 2** sinyal telah di filter

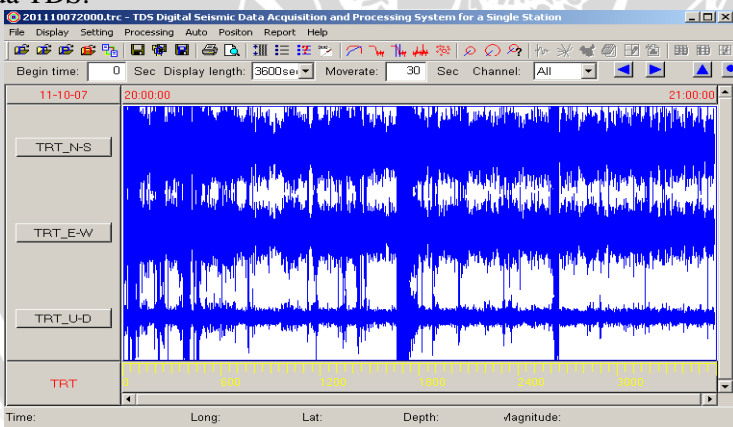


## LAMPIRAN 2 DATA GEMPA BUMI

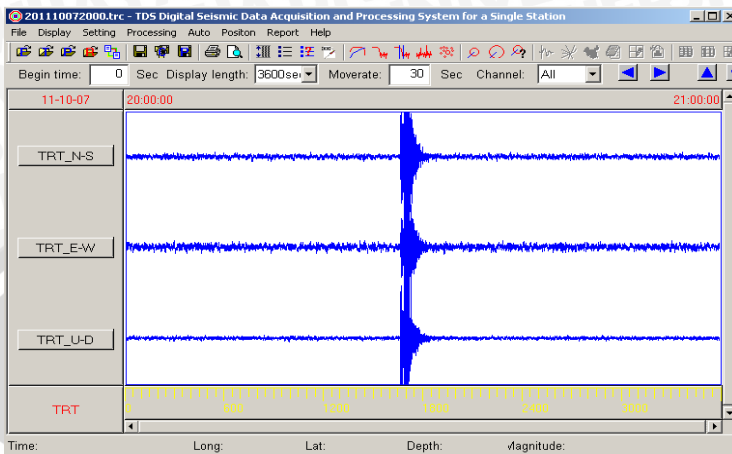
a.Data 2011 tanggal 6 oktober 2011



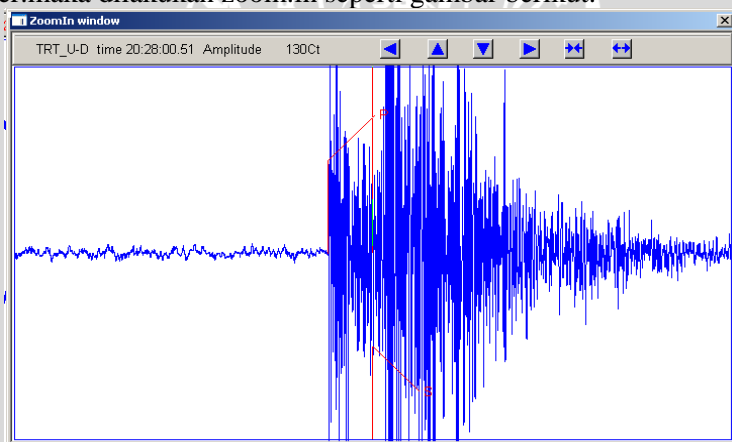
Data tahun 2011 terdapat pada angka yang telah di blok berwarna biru yang menunjukkan bahwasanya pada tanggal 7 oktober jam 01.00 terjadi suatu gempa . Berikut gambaran sinyal yang terekam pada TDS:



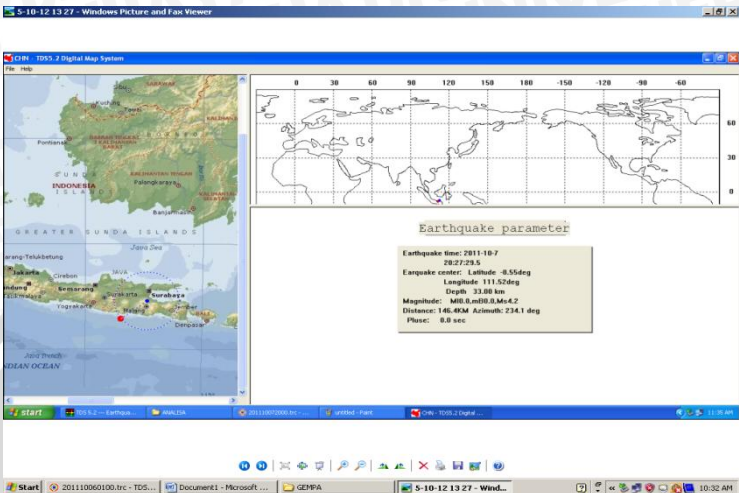
**Gambar 1** Sinyal awal yang terekam



**Gambar 2** sinyal telah di filter  
sinyal tersebut didapatkan frekuensi 1 hz dan low pass  
filter.maka dilakukan zoom.in seperti gambar berikut:



**Gambar 3** sinyal yang telah dianalisa



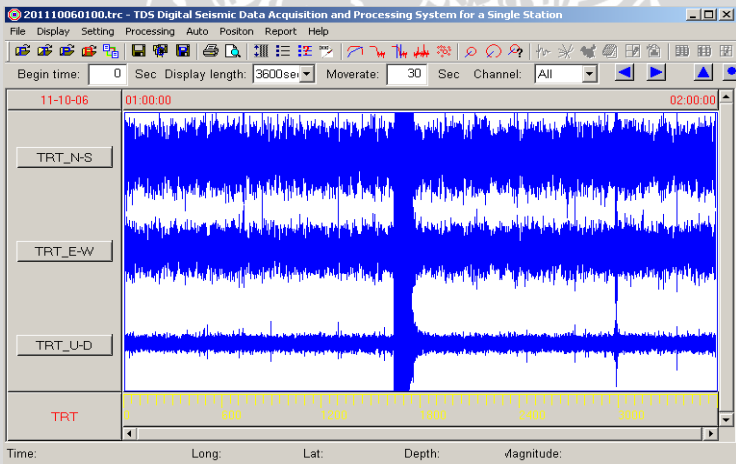
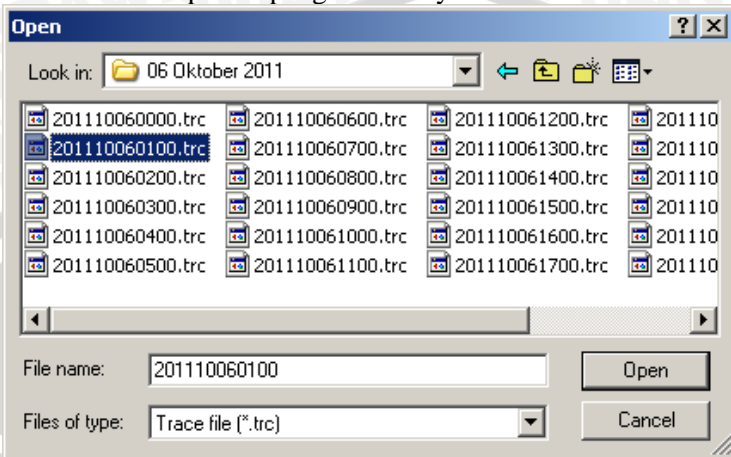
Gambar 4 pemetaan lokasi gempa bumi



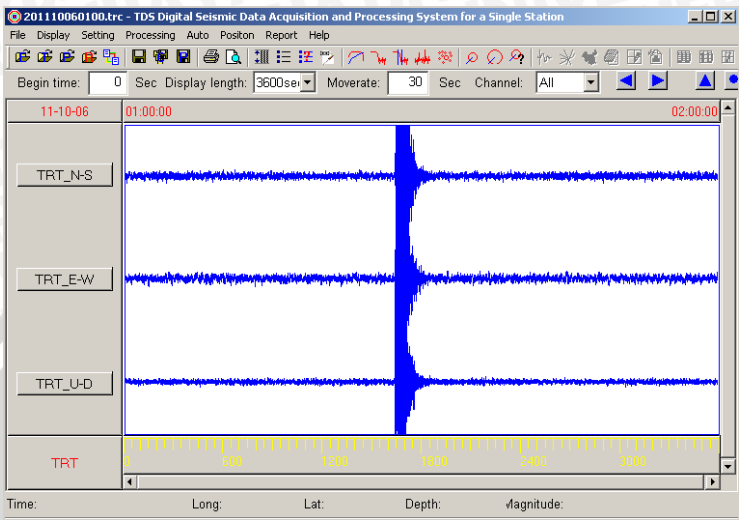


b.data tanggal 6 oktober 2011

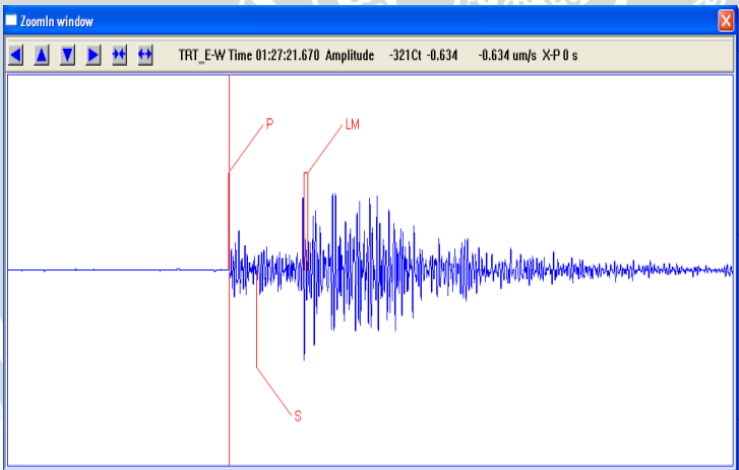
Berikut ini proses penganalisaanya:



**Gambar 1** Sinyal awal yang terekam

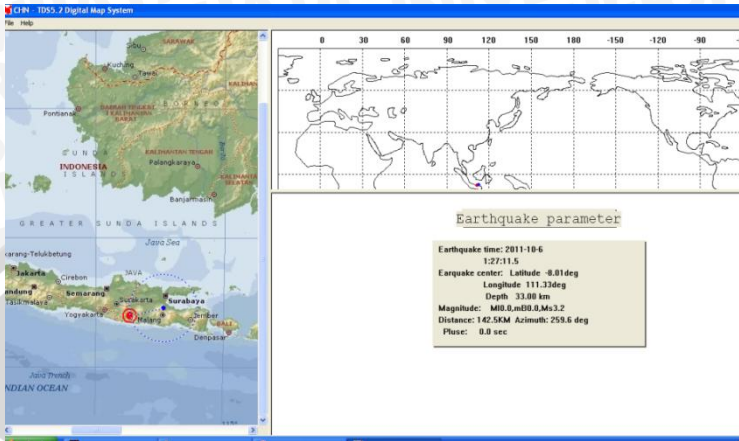


**Gambar 2** sinyal telah di filter



**Gambar 3** sinyal yang telah dianalisa





Gambar 4 pemetaan lokasi gempa bumi



## DAFTAR SINGKATAN KATA

|            |  |
|------------|--|
| <b>TDS</b> | = tide digital seismograph               |
| <b>TRT</b> | = Tretes ( stasiun geofisika )           |
| <b>N_S</b> | = NORTH_SOUTH ( posisi sinyal gelombang) |
| <b>E_W</b> | = East_West                              |
| <b>U_D</b> | = UP_DOWN                                |
| <b>SP</b>  | = short periode                          |
| <b>GPS</b> | = global positioning system              |
| <b>MMI</b> | = Modified Mercalli Intensity            |
| <b>PC</b>  | = Personal Computer                      |



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

