

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 METODE SEISMIK**

Metode geofisika yang digunakan adalah metode seismik. Metode ini memanfaatkan perambatan gelombang yang melewati bumi. Gelombang yang dirambatkannya berasal dari getaran alami maupun buatan yang kemudian akan ditangkap di tempat lain dengan menggunakan seismometer atau geophone.

Dalam penelitian ini sumber getaran yang digunakan adalah getaran alami yaitu gempa bumi. Ketika gempa bumi terjadi gelombang menjalar mencapai permukaan bumi. Gelombang ini mengandung gelombang P dan S yang merambat dengan kecepatan berbeda. Ketika mencapai permukaan bumi gelombang tersebut ditangkap oleh seismometer dengan waktu tiba gelombang yang berbeda pula untuk gelombang P dan S.

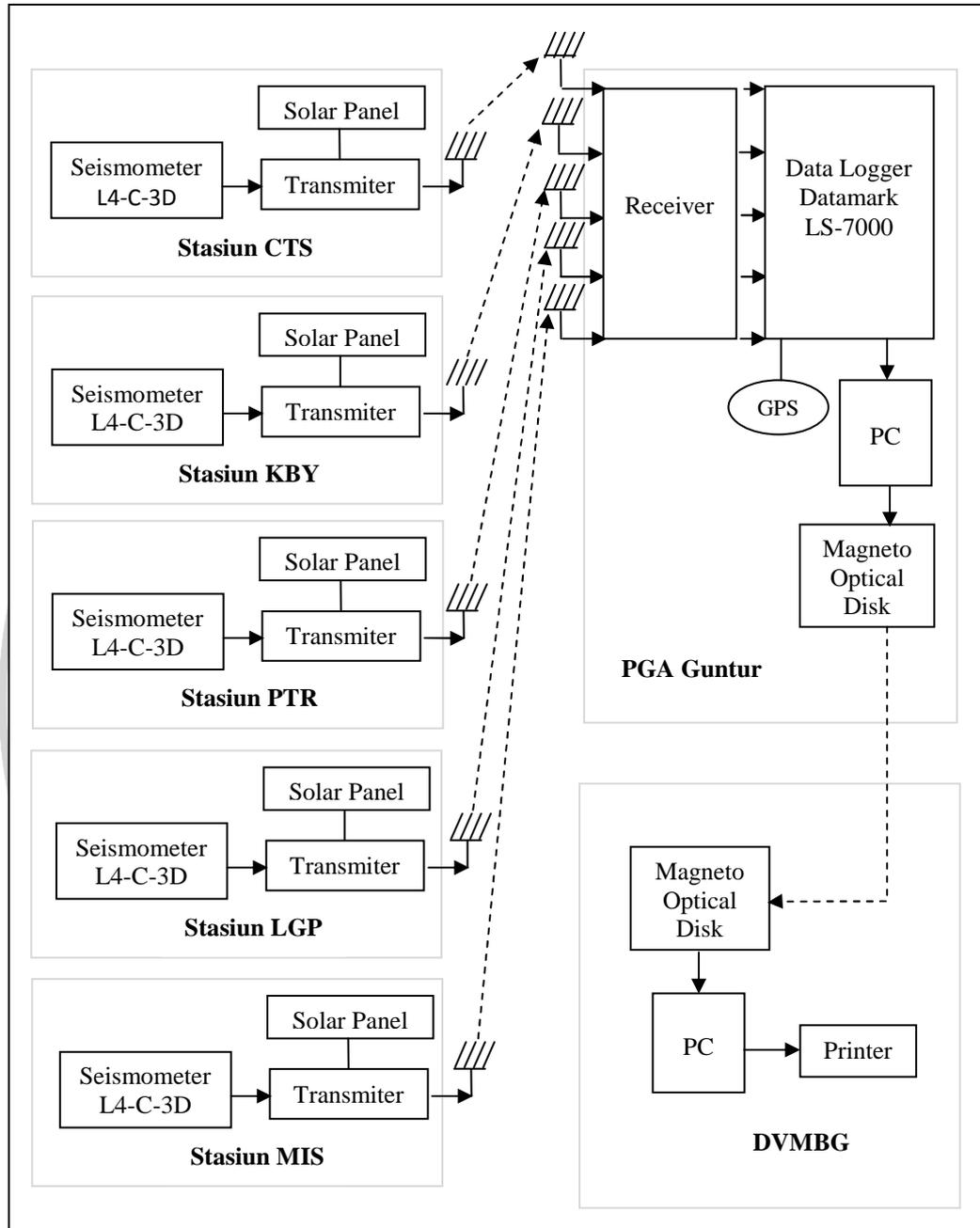
Berdasarkan hasil rekaman gempa akan diperoleh beberapa informasi yaitu waktu tiba gelombang P dan S, amplitudo maksimum gelombang, lama gempa (durasi gempa), gerakan awal sinyal gelombang, dan selisih waktu tiba gelombang P dan S (S-P).

#### **3.2 DATA PENELITIAN**

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder pada kurun waktu bulan 1 Januari 2008 – 26 Agustus 2008. Data ini berupa sinyal gelombang seismik yang terekam oleh seismogram. Kemudian hasil pembacaan

dari rekaman gelombang gempa seperti waktu tiba gelombang P dan S, amplitudo maksimum gelombang, lama gempa (durasi gempa), gerakan awal sinyal gelombang, dan selisih waktu tiba gelombang P dan S, ditabelkan menurut kejadian gempa dan stasiun seismometer yang menangkap sinyal gelombang tersebut. Data ini dapat dilihat pada lampiran 3.1.

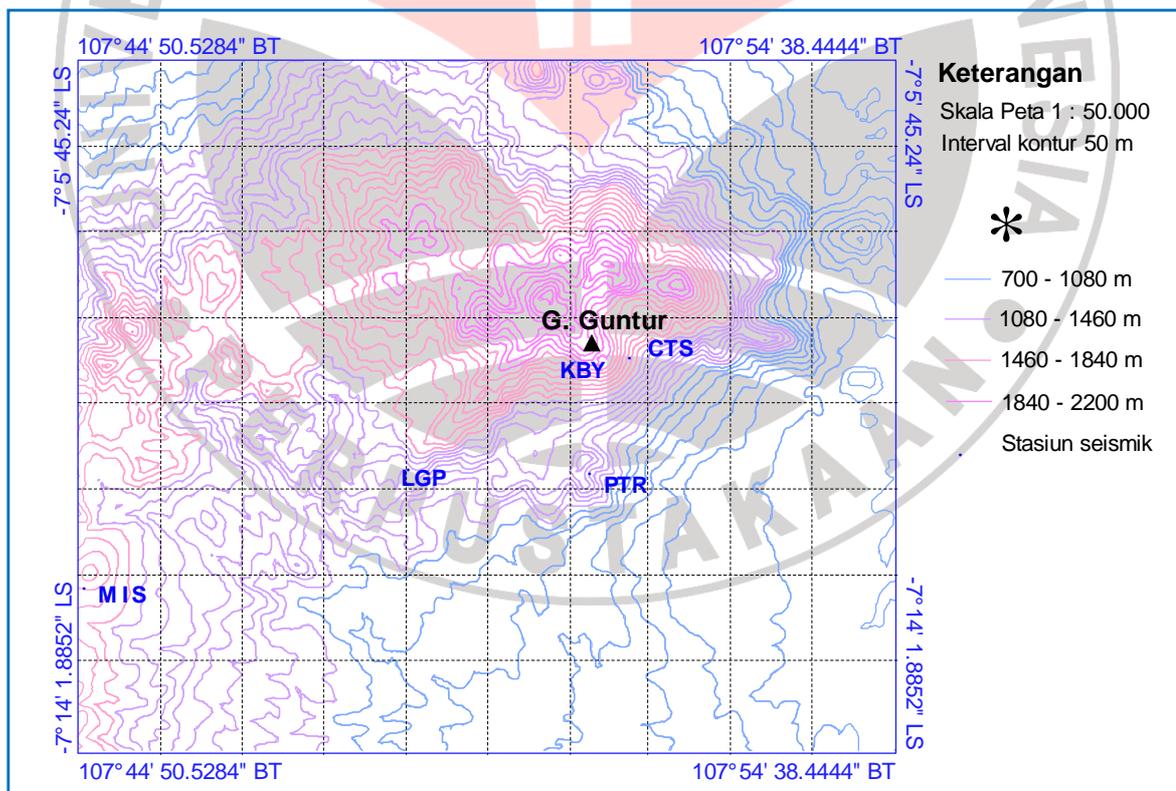
Rekaman gempa (sinyal gelombang seismik) dari setiap kejadian gempabumi di sekitar Gunung Guntur diperoleh dengan memasang 5 (lima) unit seismometer secara permanen. Semua sinyal gempa yang tertangkap oleh stasiun seismometer dikirim ke Pos Pengamatan Gunung Guntur dengan menggunakan *radio telemeter*. Untuk sinyal gempa yang datang dari Puncak Gunung Guntur langsung direkam dengan seismograf. Sedangkan untuk sinyal gempa yang datang dari stasiun Citiis, Legokpulus, Putri dan Pasir Ciamis terlebih dahulu disimpan dalam data logger (DATAMARK, LS7000-SH) dengan interval 0,01 detik. Kalibrasi waktunya dilakukan dengan GPS setiap 3 jam. Data yang tersimpan dalam data logger kemudian ditransfer ke PC dan terakhir disimpan dalam *magneto optical disk*.



Gambar 3.1 Jaringan pemantauan seismik Gunung Guntur

Tabel 3.1 Stasiun Seismik Gunung Guntur

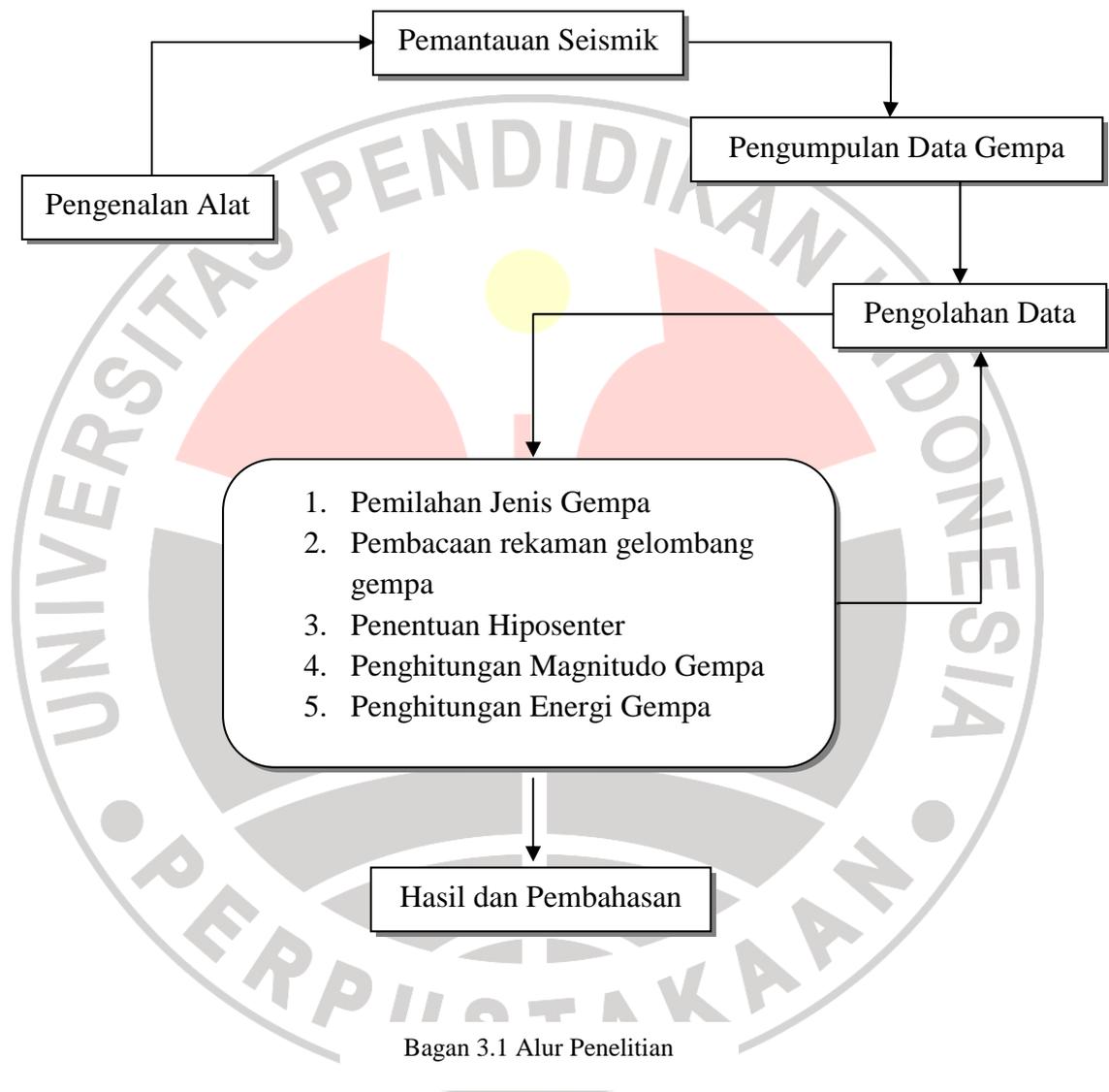
Nama Stasiun	Nama Daerah	Posisi Geografis	Ketinggian
CTS	Kaki G. Guntur, Citiis	07° 09'10.32" LS 107°51'33.06" BT	1450 mdpl
PTR	Puncak Gunung Putri	07° 10'33.48" LS 107°51'4.50" BT	1175 mdpl
LGP	Bukit Legok Pulus	07° 10'30.18" LS 107°48'54.12" BT	1400 mdpl
MIS	Pasir Ciamis	07° 11'54.90" LS 107°45'1.38" BT	1650 mdpl
KBY	Puncak Kabuyutan	07° 09'13.50" LS 107°50'53.82" BT	1930 mdpl



Gambar 3.2 Distribusi stasiun seismik di kompleks Gunung Guntur

### 3.3 ALUR PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini terdapat beberapa langkah penelitian, yakni seperti yang terlihat pada Gambar 3.1.

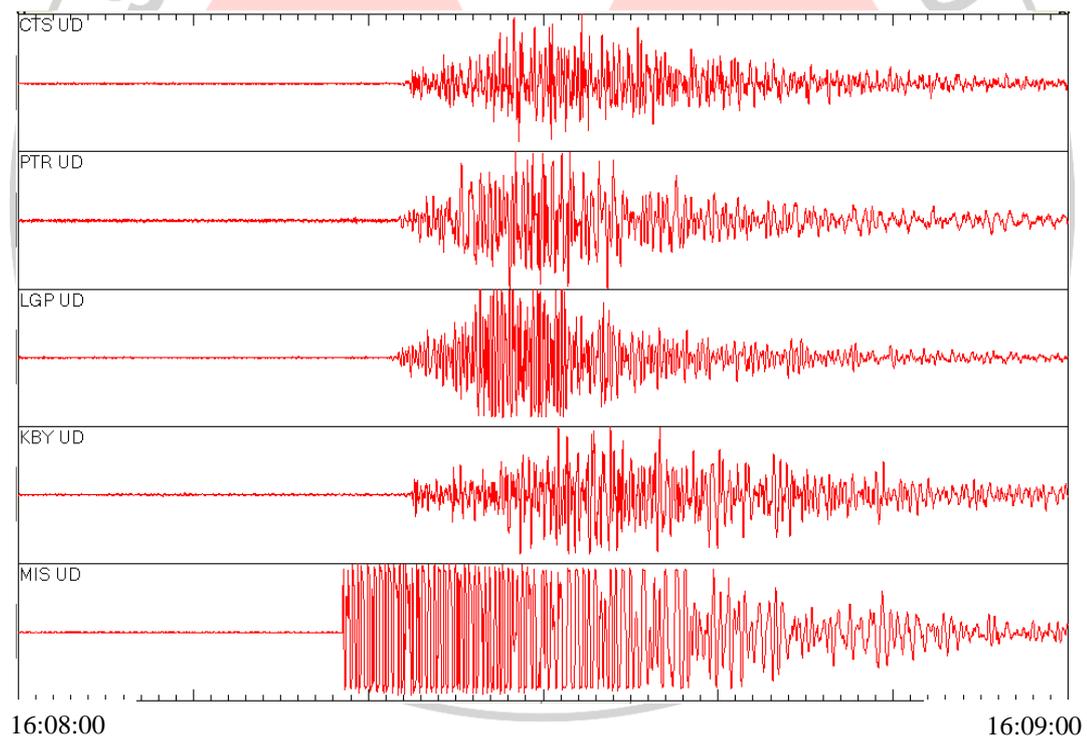


Bagan 3.1 Alur Penelitian

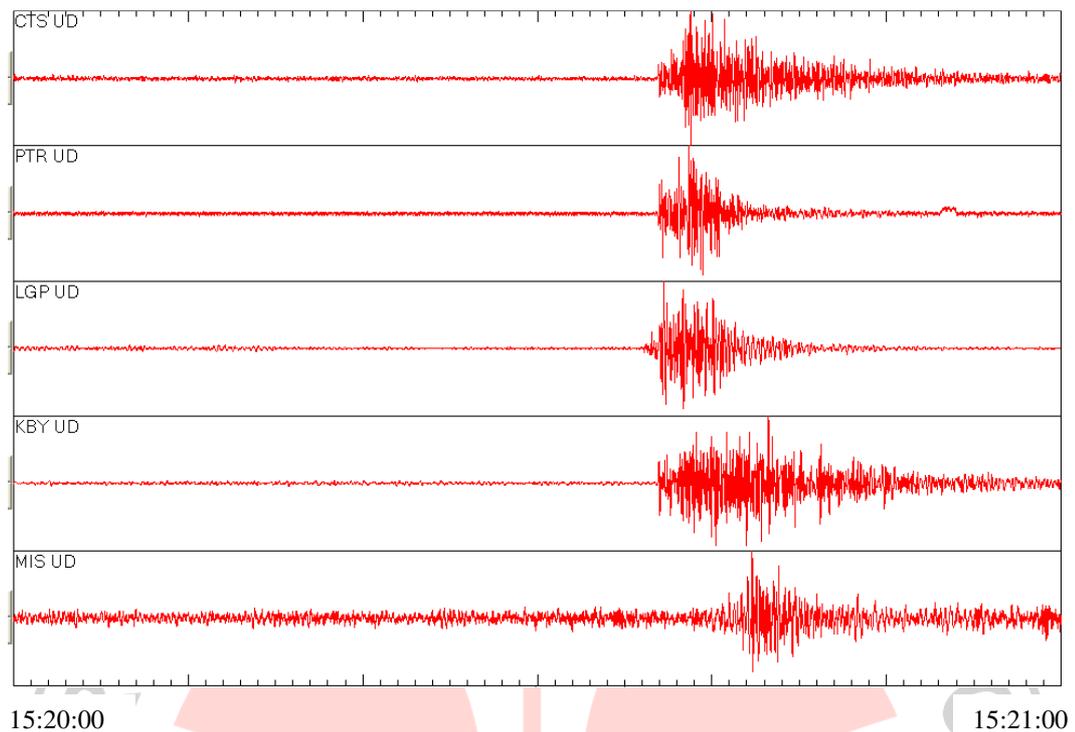
### 3.4 PEMILAHAN JENIS GEMPA

Dari data gempa bulan Januari – Agustus 2008, gempa yang terekam meliputi gempa tektonik dan vulkanik. Dalam seismogram analog gempa vulkanik termasuk gempa mikro secara mudah dapat dibedakan dengan gempa tektonik. Gempa tektonik mempunyai durasi antara 1-10 menit. Sedangkan gempa vulkanik mempunyai durasi kurang dari 1 menit, beda waktu tiba gelombang S dan P rata-rata kurang dari 2 detik.

Berdasarkan tujuan penelitian, maka selanjutnya data gempa yang diolah hanya data gempa vulkanik.



Gambar 3.3 Contoh rekaman Gempa Tektonik 16 Januari 2008 dari lima stasiun seismik

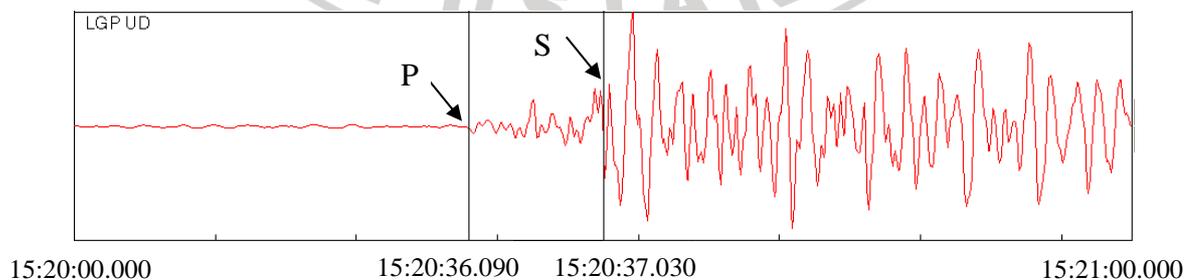


Gambar 3.4 Contoh rekaman Gempa Vulkanik 6 Januari 2008 dari lima stasiun seismik

### 3.5 PEMBACAAN REKAMAN GELOMBANG GEMPA

Untuk pembacaan hasil rekaman gelombang gempa digunakan *software* SR900. Dari pembacaan rekaman tersebut diperoleh waktu tiba gelombang P dan gelombang S, selisih waktu tiba gelombang P dan S, lama (durasi) gempa, dan gerakan awal dari sinyal gelombang.

- a) Waktu tiba gelombang P ( $t_p$ ), gelombang S ( $t_s$ ) dan selisihnya



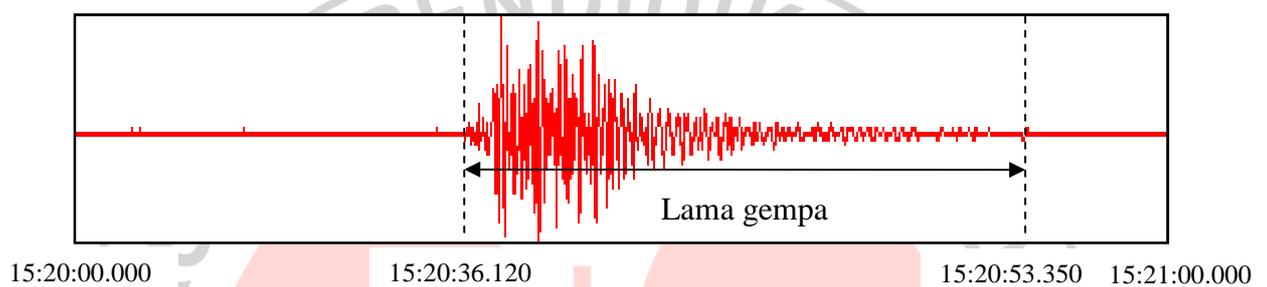
Gambar 3.5a Waktu tiba gelombang P dan S gempa vulkanik tanggal 6 Januari 2008 dari stasiun LGP

$t_p = 15:20:36.090$  dan  $t_s = 15:20:37.030$  maka :

$$t_s - t_p = 0.94 \text{ s}$$

b) Lama (durasi) gempa

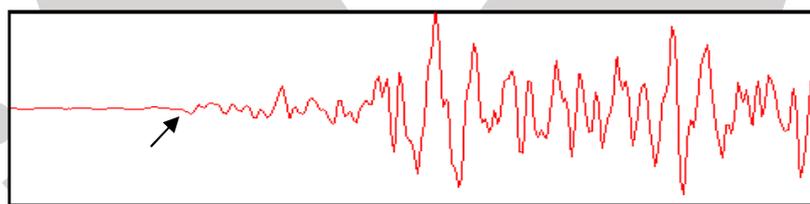
Lama (durasi) gempa adalah saat yang diperlukan oleh satu kejadian gempa dari saat mulai bergetar sampai berhenti dan dinyatakan dalam detik.



Gambar 3.5b Durasi gempa vulkanik tanggal 6 Januari 2008 (stasiun LGP)

Pada Gambar 3.b durasi gempa vulkanik tersebut adalah 17.23 detik.

c) Gerakan awal sinyal gelombang



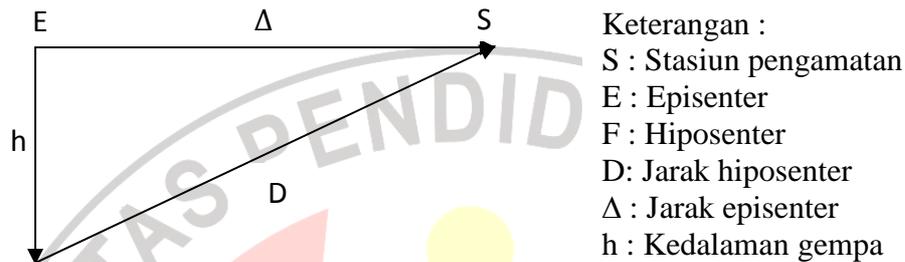
Gambar 3.5c Gerakan awal sinyal gelombang gempa vulkanik tanggal 6 Januari 2008 dari stasiun LGP

Dari Gambar 3.5c dapat dilihat bahwa gerakan awal gelombang gempa adalah *down*.

### 3.6 PENENTUAN HIPOSENTER

Hiposenter adalah tempat kejadian gempa di fokus (bagian dalam bumi).

Dan episenter adalah proyeksi hiposenter di permukaan bumi.



Gambar 3.6 Posisi Hiposenter dan Episenter

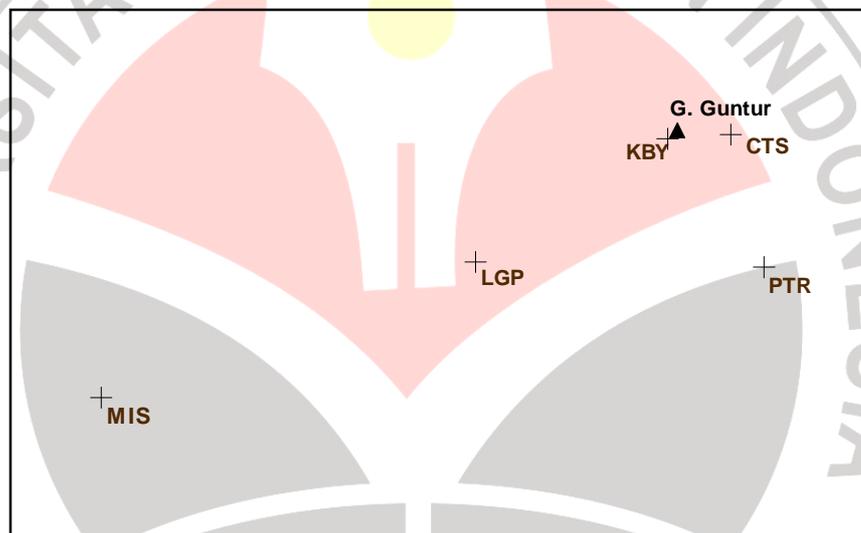
Untuk menentukan episenter dan hiposenter gempa bumi, banyak metoda yang bisa digunakan. Namun dalam penelitian ini digunakan metoda bola. Penggunaan metoda ini diturunkan dari anggapan bahwa gelombang seismik merambat dalam lapisan homogen isotropik sehingga dianggap kecepatan gelombang tetap dalam penjarannya. Input dari metoda bola adalah jari-jari bola (D) sebagai jarak hiposenter. Untuk memperoleh nilai D tersebut, terlebih dahulu ditentukan nilai  $V_p$ -nya (model kecepatan gelombang P). Baik metoda bola maupun penentuan model kecepatan diolah dengan menggunakan *software MapInfo 9*.

#### 3.6.1 Menentukan model kecepatan gelombang P ( $V_p$ ) di G. Guntur

Penentuan model kecepatan ini menggunakan hasil pengamatan dengan sistem jaringan tripartit. Cara ini menggunakan hasil pembacaan waktu tiba gelombang P

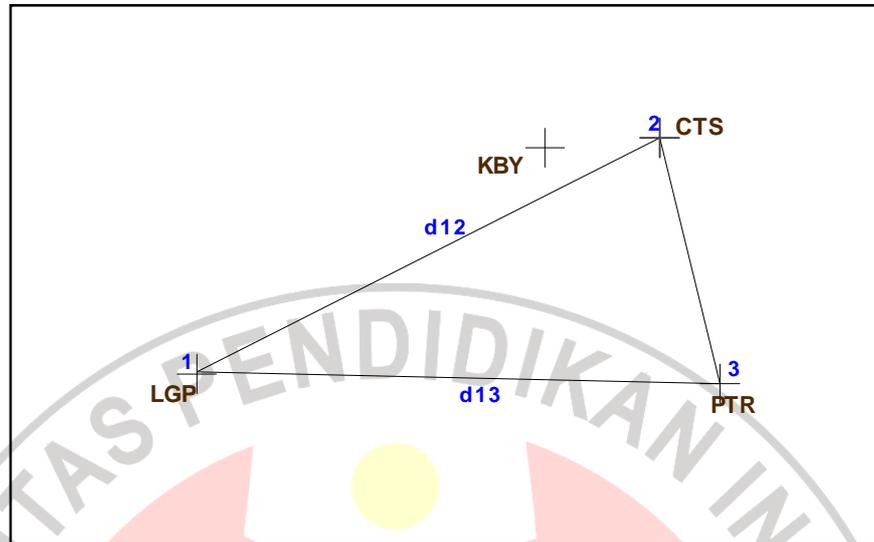
di tiap stasiun. Dengan waktu tersebut dapat dicari  $\bar{V}_p$  (*apparent velocity*) dan azimuth arah datangnya gempa. Dari sejumlah  $\bar{V}_p$  dan hubungannya ditentukan  $V_p$ , kecepatan gelombang P yang sebenarnya (*true velocity*). Penentuan nilai  $V_p$  ini menggunakan langkah-langkah dalam menentukan  $V_p$  tersebut adalah sebagai berikut :

1. Memplot semua stasiun berdasarkan koordinat masing-masing stasiun. Untuk menentukan nilai  $V_p$ -nya minimal menggunakan tiga stasiun.



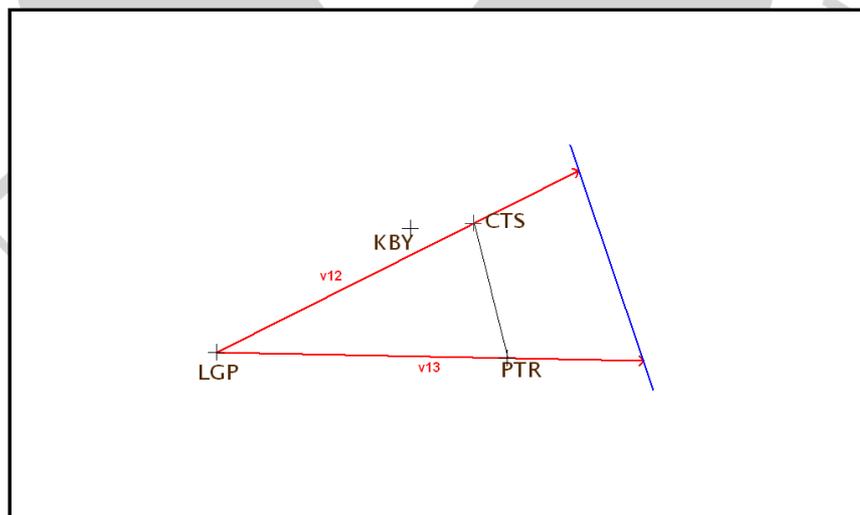
Gambar 3.7 Plot stasiun G. Guntur

2. Memilih stasiun berdasarkan waktu tiba gelombang P. Stasiun yang waktu tiba gelombang P-nya tiba paling awal disebut  $t_1$  (dijadikan acuan). Dan seterusnya untuk stasiun lainnya. Kemudian menghitung selisih waktu tiba antara stasiun 1 ( $t_1$ ) dengan stasiun 2 ( $t_2$ ) ( $t_{12} = t_2 - t_1$ ) dan stasiun 1 ( $t_1$ ) dengan stasiun 3 ( $t_3$ ) ( $t_{13} = t_3 - t_1$ ).
3. Membuat garis lurus antar tiap stasiun yang digunakan. Lalu menentukan jarak masing-masing stasiun terhadap stasiun lainnya,  $d_{12}$  dan  $d_{13}$ .



Gambar 3.8 Contoh plot garis antar stasiun (gempa tanggal 4 Januari 2008)

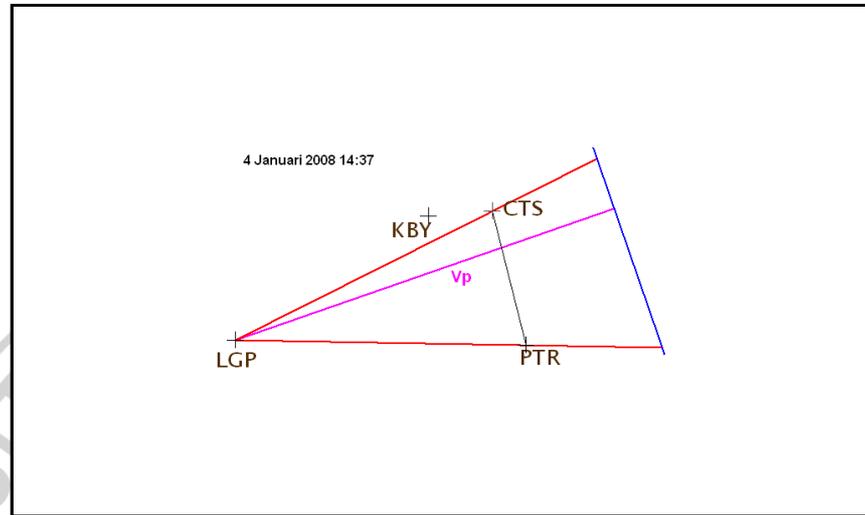
4. Menghitung  $v_{12}$  dan  $v_{13}$ . Nilai  $v_{12}$  dan  $v_{13}$  ini dijadikan panjang vektor.
5. Membuat vektor  $v_{12}$  dan  $v_{13}$ . Kemudian menghubungkan kedua vektor tersebut dengan garis lurus (yang disebut muka gelombang).



Gambar 3.9 Model garis muka gelombang (warna biru)

6. Menarik garis dari stasiun acuan tegak lurus terhadap muka gelombang.

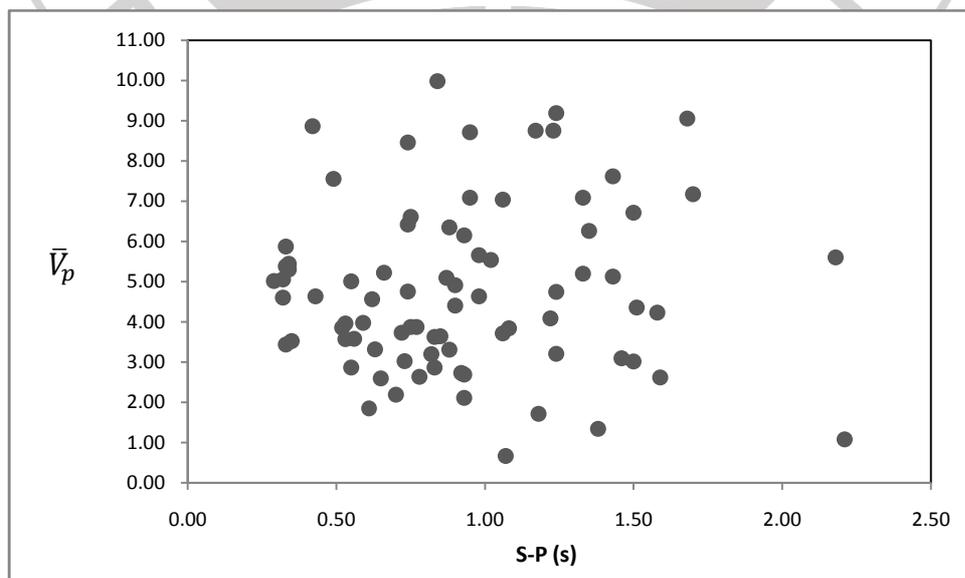
Jarak garis tersebut adalah  $\bar{V}_p$  (*apparent velocity*).



Gambar 3.10 Model penghitungan  $\bar{V}_p$

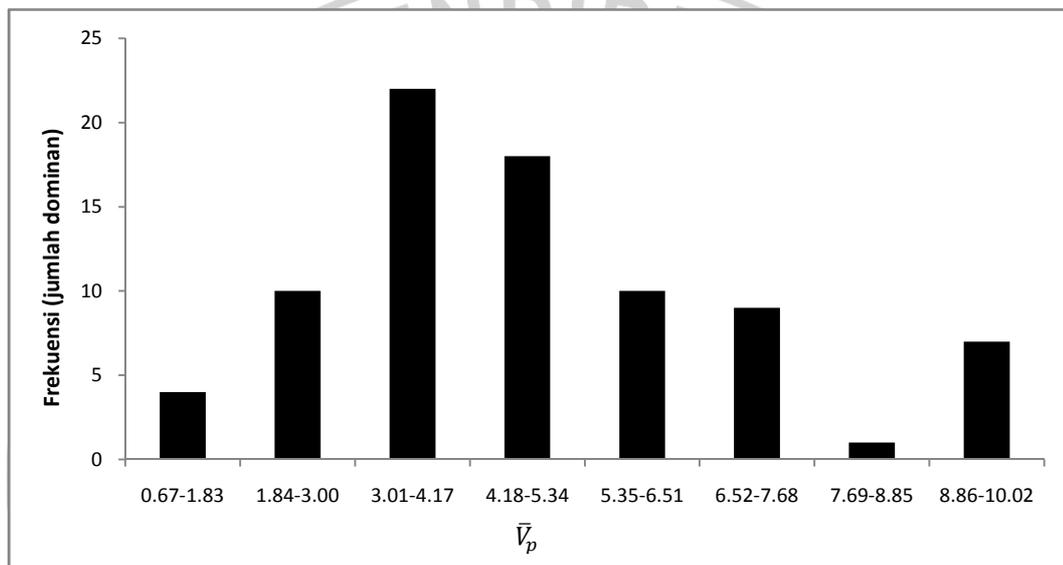
7. Menentukan  $\bar{V}_p$  (*apparent velocity*) untuk semua gempa vulkanik.

Setelah  $\bar{V}_p$  ditentukan dari semua gempa (dapat dilihat pada lampiran 3.2), selanjutnya adalah membuat grafik  $\bar{V}_p$  sebagai fungsi dari waktu (S-P).



Gambar 3.11 Grafik hubungan  $\bar{V}_p$  dan S-P untuk menentukan  $V_p$

Dapat dilihat pada Gambar 3.11 bahwa nilai  $\bar{V}_p$  yang diperoleh begitu acak. Untuk mengetahui nilai  $\bar{V}_p$  yang dominan, maka dibuat histogram seperti pada Gambar 3.12. Sehingga dapat dilihat bahwa nilai  $\bar{V}_p$  yang sering muncul berada pada rentang 3.01 km/s – 4.17 km/s. Dan untuk menentukan nilai  $V_p$  dilakukan dengan cara menghitung modus maka diperoleh  $V_p = 3.88$  km/s.



Gambar 3.12 Histogram  $\bar{V}_p$  di Gunung Guntur

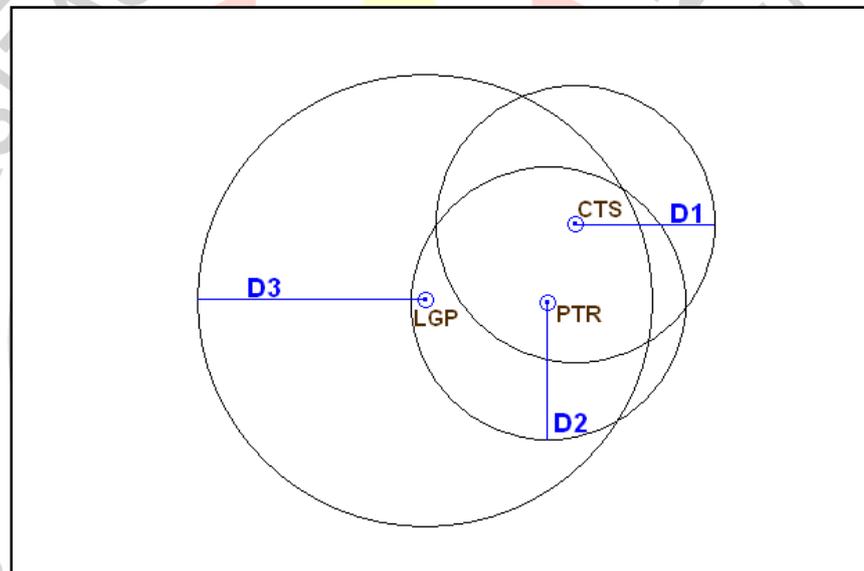
### 3.6.2 Metoda bola

Metoda ini memperbaiki metoda lingkaran dimana ruang hiposenter merupakan irisan tiga bola yang berpusat pada stasiun. Posisi episenter merupakan proyeksi posisi hiposenter ke permukaan. Karena metoda bola merupakan pengembangan dari metoda lingkaran maka diperlukan pula data waktu tiba gelombang P ( $t_p$ ) dan gelombang S ( $t_s$ ) untuk menentukan besarnya jari-jari bola sebagai jarak hiposenter. Untuk perhitungan metoda ini diperlukan minimal 3 stasiun. Berikut langkah-langkah dalam pengolahan data menggunakan metoda bola :

1. Menentukan  $D$  untuk tiap stasiun seismograf,  $S-P$  tiap stasiun selalu berlainan maka :

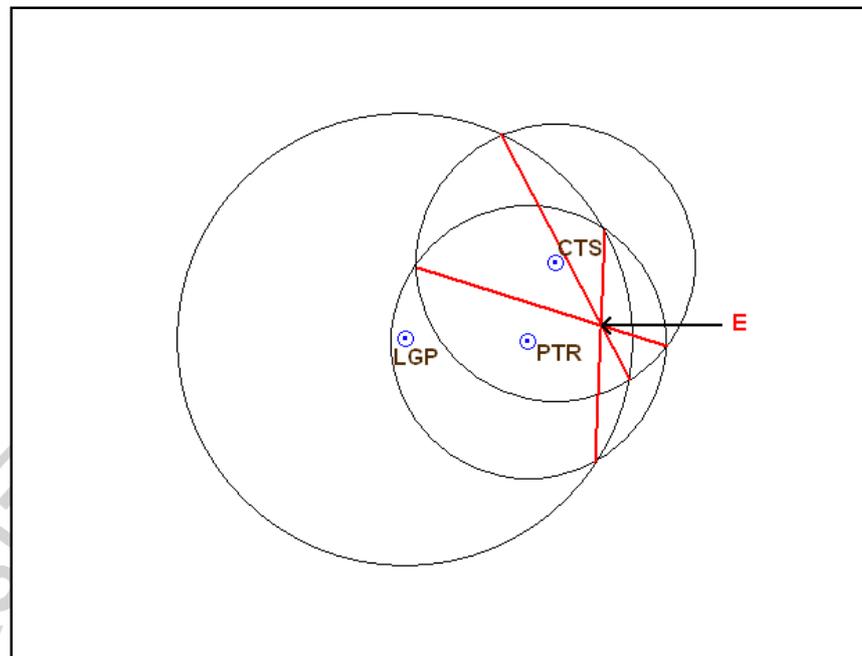
$$\left. \begin{array}{l} \text{Stasiun seismograf 1 : } D_1 = k(S - P)_1 \\ \text{Stasiun seismograf 2 : } D_2 = k(S - P)_2 \\ \text{Stasiun seismograf 3 : } D_3 = k(S - P)_3 \end{array} \right\} \quad (3.1)$$

2. Membuat lingkaran dari tiap stasiun dengan jari-jarinya harga  $D$  masing-masing stasiun.



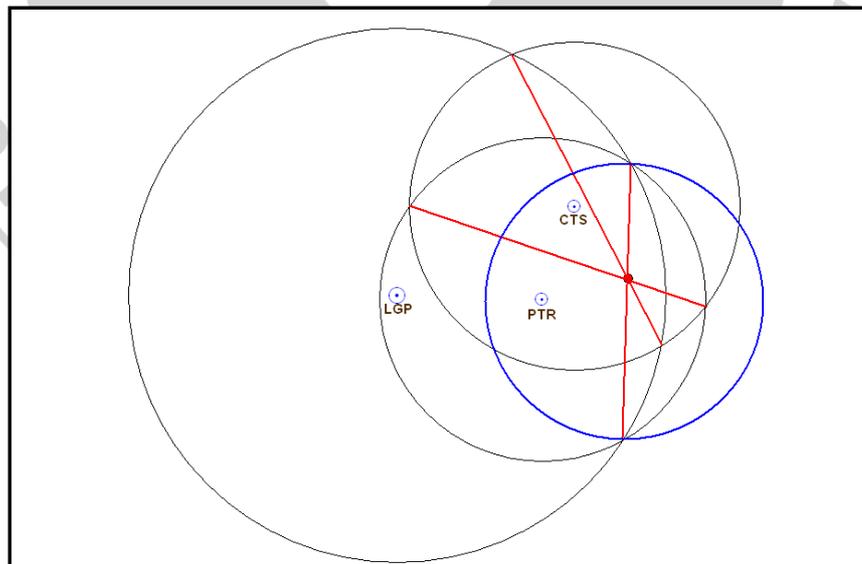
Gambar 3.13 Lingkaran dari tiga stasiun

3. Membuat garis yang menghubungkan titik-titik perpotongan tiap dua lingkaran : lingkaran 1 dan 2, lingkaran 2 dan 3, dan lingkaran 3 dan 1. Ketiga garis tersebut akan bertemu pada satu titik. Titik ini adalah lokasi episenter (E). Lalu menentukan koordinatnya (X dan Y).



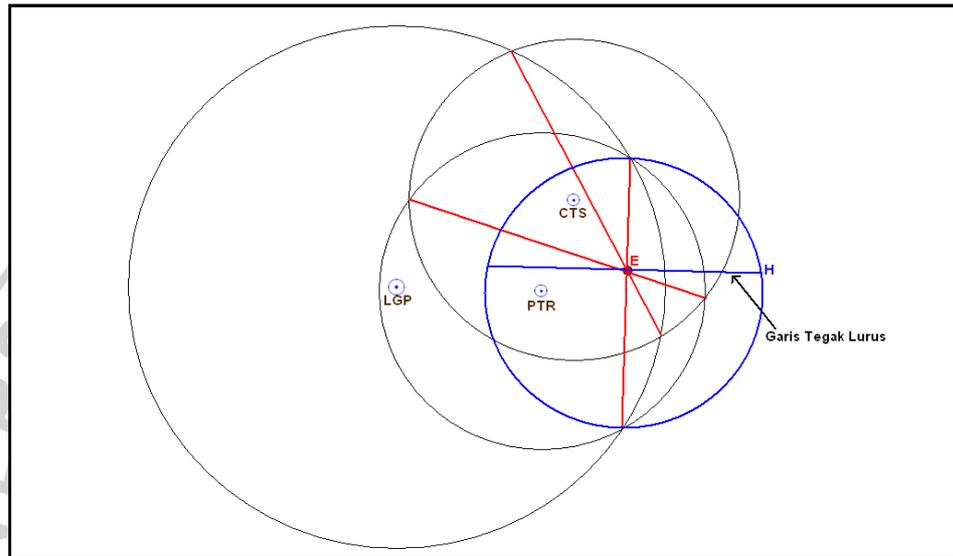
Gambar 3.14 Titik lokasi episenter

4. Membuat satu lingkaran dengan garis tengahnya adalah garis yang menghubungkan titik perpotongan dari dua lingkaran tadi.



Gambar 3.15 Lingkaran penentuan kedalaman (warna biru)

5. Menarik garis tegak lurus terhadap garis tersebut. Garis tegak lurus tersebut akan memotong lingkaran yang garis tengahnya melewati titik E. Titik perpotongan antara garis tegak lurus dengan lingkaran itu adalah H. Maka garis E-H merupakan kedalaman gempa (Z).



Gambar 3.16 Garis E-H yang merupakan kedalaman gempa (Z)

6. Menentukan koordinat X, Y, dan Z untuk semua gempa (81 gempa).

Hasil dan pengolahan data untuk menentukan hiposenter gempa vulkanik di Gunung Guntur dengan menggunakan metoda bola dapat dilihat pada lampiran 3.3 dan lampiran 3.4.

### 3.7 PENGHITUNGAN MAGNITUDO GEMPA

Harga magnitudo suatu gempa dihitung dengan menggunakan Skala Richter. Pada dasarnya harga magnitudo ini dihitung berdasarkan amplitudo maksimum dari gelombang yang terekam pada seismogram. Namun dapat juga

dihitung berdasarkan lama gempanya. Dengan menggunakan persamaan (2.24) yaitu :

$$M = 1.4 + \text{Log} (Ar)$$

dimana M : magnitudo gempa

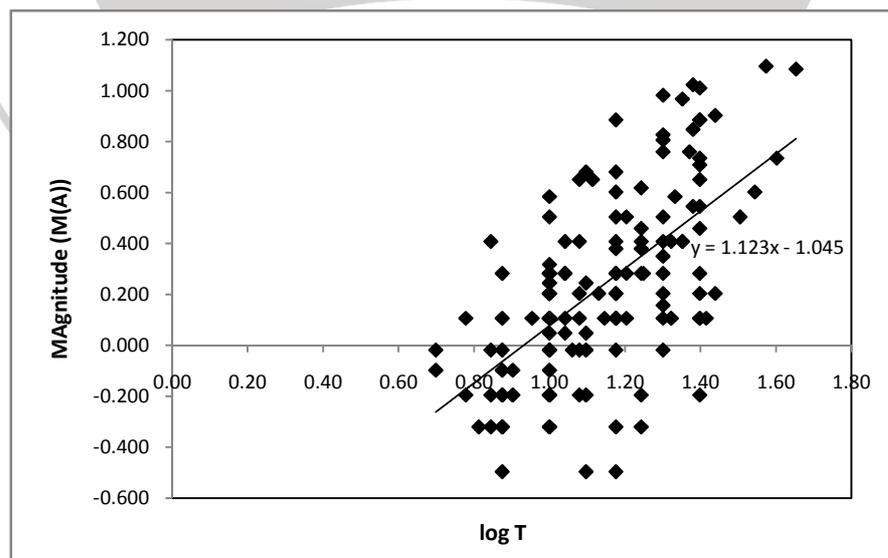
$$Ar = \frac{A_{pp}}{2} \times \frac{2800}{I} ; A_{pp} \text{ adalah amplitudo maksimum}$$

$I$  adalah perbesaran seismograf KBY yaitu 110000.

maka hasil perhitungan magnitudo tersebut diplot terhadap lama gempa untuk mendapatkan persamaan magnitudo bila lama gempa diketahui. Hubungan antara magnitudo dan lama gempa vulkanik di Gunung Guntur ditunjukkan pada Gambar 3.17. Sehingga dari grafik tersebut diperoleh persamaan magnitudo gempa berdasarkan lama gempa, yaitu :

$$M = \{-1.045 + 1.123 \times \log(T)\} \quad (3.2)$$

dimana  $T$  adalah lama gempa yang tercatat pada seismogram.



Gambar 3.17 Hubungan magnitudo dan lama gempa vulkanik di Gunung Guntur

Perhitungan hubungan antara magnitudo dan lama gempa vulkanik di gunung Guntur dapat dilihat pada lampiran 3.5.

### 3.8 PENGHITUNGAN ENERGI GEMPA

Persamaan yang sering digunakan untuk mengestimasi energy gempa vulkanik yaitu perumusan energi yang merumuskan energi berdasarkan magnitudo gempa. Dasar dalam menentukan magnitudo gelombang badan adalah jumlah total energi gelombang elastik yang ditransfer dalam bentuk gelombang P dan S. jumlah energy total yang ditimbulkan oleh gelombang badan adalah :

$$\text{Log } E_0 = a + b m \quad (3.3)$$

dimana  $m$  didefinisikan sebagai magnitudo gelombang badan. Secara empiris Gunttenberg – Richter (1956) menentukan konstanta  $a$  dan  $b$  dengan menentukan magnitudo  $m$  dan  $\text{Log } E_0$ . Sehingga diperoleh hubungan :

$$\text{Log } E_0 = 5.8 + 2.4 m \quad (3.4)$$

sedangkan magnitudo gelombang badan ( $m$ ) dan magnitudo gelombang permukaan ( $M$ ) mempunyai hubungan secara linier sebagai :

$$m = 2.5 + 0.63 M \quad (3.5)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (3.5) terhadap persamaan (3.3) diperoleh persamaan energi :

$$\text{Log } E = 11.8 + 1.5 M \quad (3.3)$$

dimana  $M$  adalah magnitudo gempa. Pengolahan data untuk memperoleh magnitudo dan energi gempa dapat dilihat pada lampiran 3.6.