

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode dan Desain Penelitian

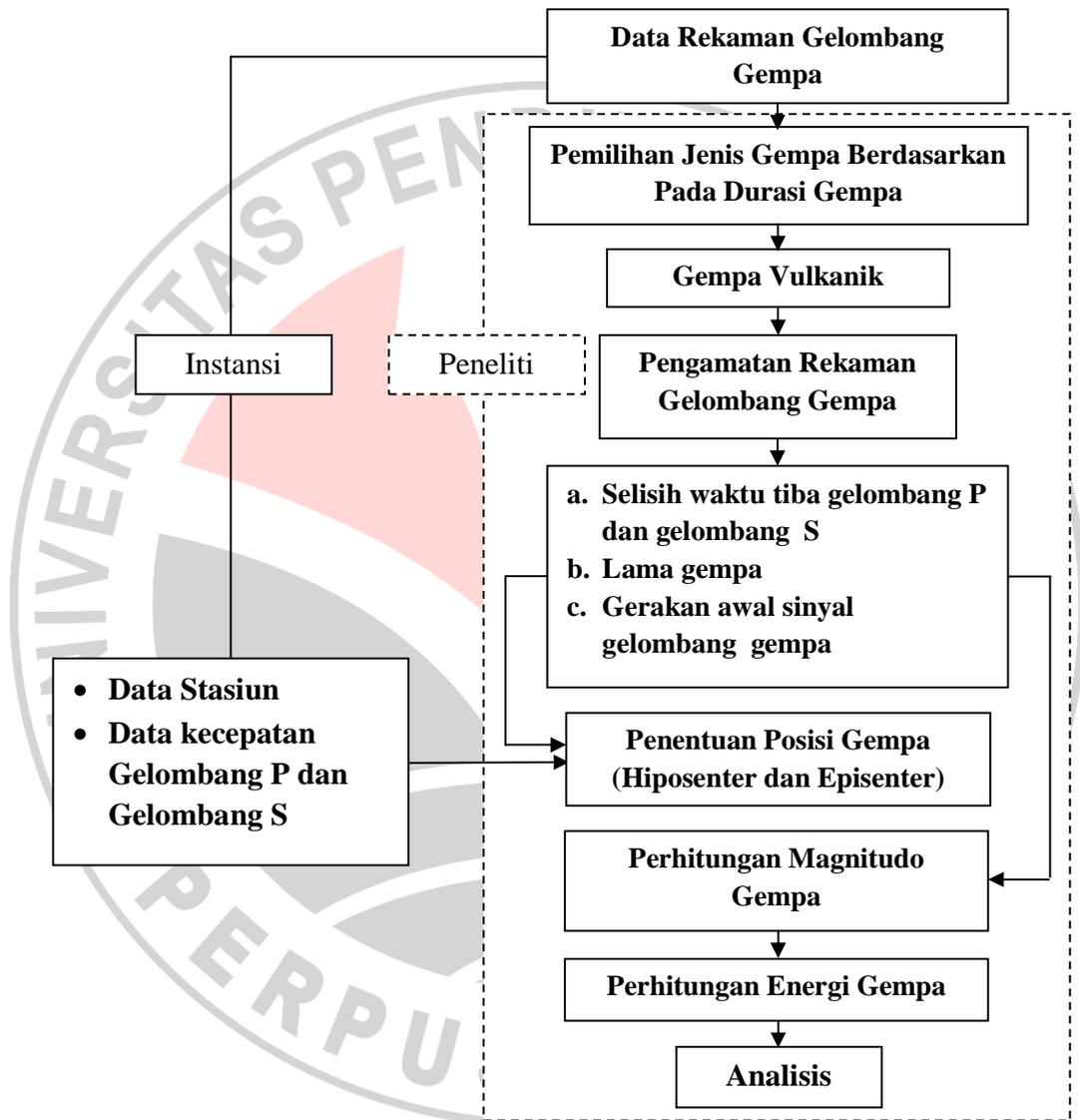
Dalam penelitian ini, untuk mengetahui tingkat aktivitas kegempaan gunung Guntur dilakukan dengan menggunakan metode seismik. Metode ini memanfaatkan perambatan gelombang di dalam bumi. Gelombang yang dirambatkan berasal dari getaran alami maupun buatan yang kemudian ditangkap ditempat lain dengan menggunakan seismometer atau geophon.

Pada penelitian ini getaran yang digunakan adalah getaran alami yaitu yang berasal dari gempa bumi. Ketika gempa bumi terjadi, gelombang akan menjalar sampai permukaan bumi. Gelombang ini terdiri atas gelombang primer (gelombang P) dan gelombang sekunder (gelombang S) yang mempunyai kecepatan rambat yang berbeda. Ketika mencapai permukaan bumi, gelombang tersebut ditangkap oleh seismometer dengan waktu tiba gelombang yang berbeda pula untuk gelombang P dan S.

Berdasarkan hasil dari rekaman gempa akan diperoleh beberapa informasi diantaranya yaitu waktu tiba gelombang P dan gelombang S, lamanya gempa, dan gerakan awal dari sinyal gelombang tersebut.

Dari informasi tersebut selanjutnya dapat diketahui aktivitas kegempaan gunung Guntur yang meliputi banyaknya gempa yang terjadi, jenis gempa, magnitudo dan energi gempa serta penyebaran hiposenter dan episenter gempa tersebut.

Untuk mempermudah dalam penelitian yang dilakukan, maka dibuat diagram alur penelitian seperti yang terlihat pada gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian

Dari diagram alur yang terlihat pada gambar 3.1 tersebut, dapat dijelaskan bahwa peneliti menggunakan data sekunder dari instansi berupa data rekaman

gelombang gempa. Kemudian dari data tersebut dilakukan pemilihan jenis gempa yang berdasarkan pada durasi gempa tersebut. Untuk gempa tektonik, durasi gempanya lama, mencapai 1-10 menit sedangkan untuk gempa vulkanik, durasi gempanya berkisar kurang dari 1 menit. Karena pada penelitian kali ini dibatasi pada gempa vulkanik, maka gempa yang dipilih adalah gempa vulkanik.

Dari pemilihan gempa vulkanik tersebut, selanjutnya dilakukan pengamatan rekaman gelombang gempanya. Adapun pengamatan yang dilakukan diantaranya yaitu selisih waktu tiba gelombang P dan gelombang S ($t_s - t_p$), lama gempa dan gerakan awal dari sinyal gelombang gempa tersebut.

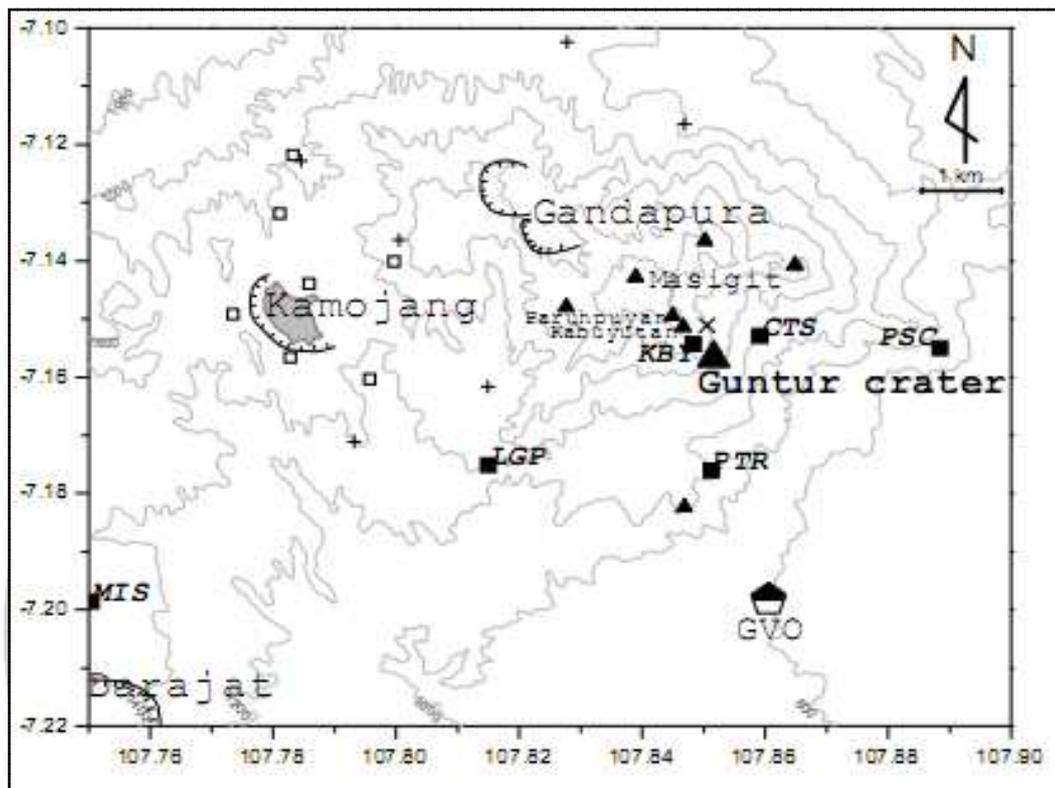
Dari data hasil pengamatan rekaman gelombang gempa, maka dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan magnitudo dan energi gempa, sedangkan untuk penentuan posisi gempa (Hiposenter dan Episenter) dilakukan dengan menambahkan data berupa data stasiun dan data kecepatan gelombang P dan gelombang S yang diperoleh dari instansi.

Dari keseluruhan rangkaian tersebut selanjutnya dilakukan analisis mengenai jumlah gempa vulkanik yang terjadi, besar magnitudo dan energi gempa serta penyebaran hiposenter dan episenter gempa.

B. Lokasi Penelitian

Pengambilan data seismik diperoleh dari hasil pengamatan para tim survei PVMBG (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi) di Pos Pengamatan Gunungapi (PGA) dalam hal ini adalah gunung Guntur. Secara geografis PGA

tersebut terletak pada $7^{\circ}11'55.2767''$ LS; $107^{\circ}51'39.1195''$ BT dan bertempat di desa Sirnajaya, Kec. Tarogong, Kab. Garut.



Gambar 3.2 Lokasi PGA dan distribusi stasiun seismik di kompleks Gunung Guntur.

(Sumber: Ahmad Basuki, 2010)

Tabel 3.1 Stasiun Seismik Permanen Gunung Guntur

No	Nama Stasiun	Lokasi	Posisi	Elevasi	Status
1	CTS	Citiis	S $07^{\circ}09'10.32''$	1450 m	Permanen
			E $107^{\circ}51'33.06''$		
2	KBY	Puncak/Kabuyutan	S $07^{\circ}09'15.30''$	1930 m	Permanen
			E $107^{\circ}50'53.32''$		
3	MSG	Masigit	S $07^{\circ}08.812'$	2190 m	Permanen

			E 107° 50.484'		
4	LGP	Legak Pulus	S 07° 10' 30.15"	1400 m	Permanen
			E 107° 48' 54.12"		
5	SDG	Sodong	S -7° 9' 42.04"	1582 m	Permanen
			E 107° 50' 44.06"		

C. Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian kali ini adalah data sekunder berupa rekaman gelombang gempa dalam kurun waktu Januari-Maret 2011. Data tersebut diambil dari hasil penelitian para tim survei Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi di pos PGA Guntur, Kab. Garut, Jawa Barat.

D. Prosedur Penelitian

1. Persiapan

Pada tahap ini peneliti melakukan studi literatur yang berkaitan dengan objek yang diteliti khususnya mengenai aktivitas kegempaan gunung Guntur serta mengumpulkan data-data hasil penelitian sebelumnya untuk dijadikan pembandingan pada penelitian kali ini.

2. Pelaksanaan

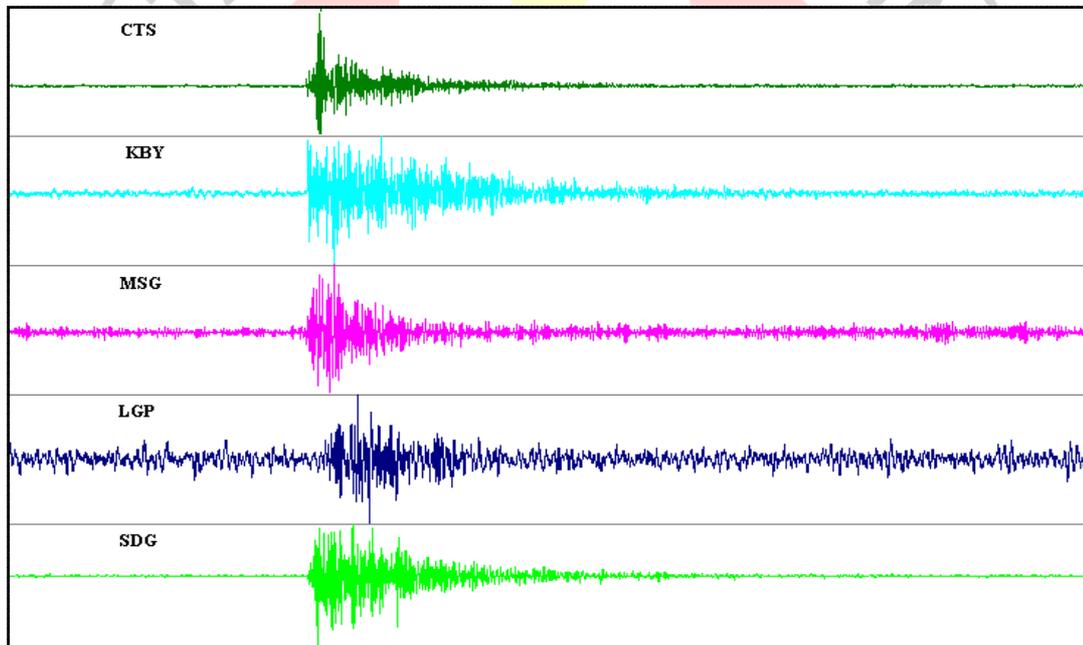
a. Pengolahan Data

1) Pemilihan Jenis Gempa

Dalam pengambilan data seismik dari bukan Januari-Maret 2011, gempa yang terekam meliputi gempa tektonik dan gempa vulkanik. Untuk membedakan antara gempa vulkanik dan gempa

tektonik pada seismogram analog dapat dilihat pada durasi gempa untuk masing-masing gempa tersebut. Pada gempa tektonik, durasi gempanya mencapai 1-10 menit. Sedangkan untuk gempa vulkanik, durasi gempanya hanya berkisar kurang dari 1 menit.

Pada penelitian ini, data gempa yang diolah terfokus pada data gempa vulkanik dan pada gambar 3.3 berikut ini dapat dilihat gambaran rekaman gelombang gempanya.



22:38:00

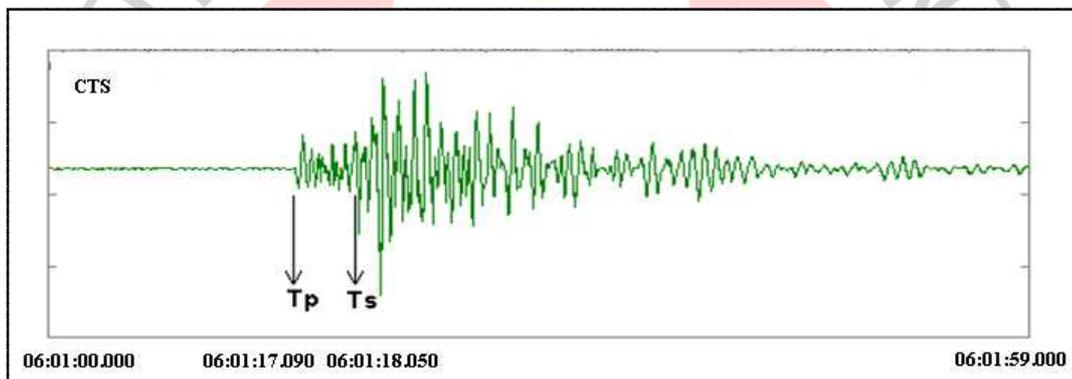
22:38:59

Gambar 3.3 Rekaman gempa vulkanik tanggal 4 Januari 2011 dengan lima stasiun seismik dilihat menggunakan *software* LS7-WVE.

2) Pengamatan Rekaman Gelombang Gempa

Dari pengamatan rekaman gelombang gempa tersebut dapat diketahui waktu tiba gelombang P dan gelombang S, selisih waktu tiba gelombang P dan gelombang S ($t_s - t_p$), durasi (lama gempa), serta gerakan awal dari sinyal gelombang gempa tersebut.

- a) Waktu tiba gelombang P dan gelombang S serta selisih kedua gelombang tersebut.



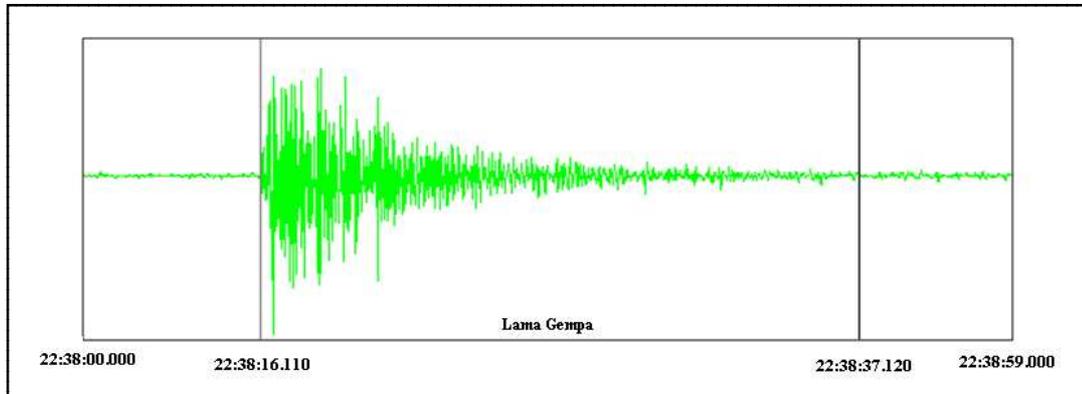
Gambar 3.4 Waktu tiba gelombang P (t_p) dan gelombang S (t_s) gempa vulkanik tanggal 4 Januari 2011 dari stasiun CTS.

$$t_p = 06:01:17.090 \quad \text{dan} \quad t_s = 06:01:18.050$$

$$t_s - t_p = 0.96 \text{ s}$$

- b) Durasi Gempa

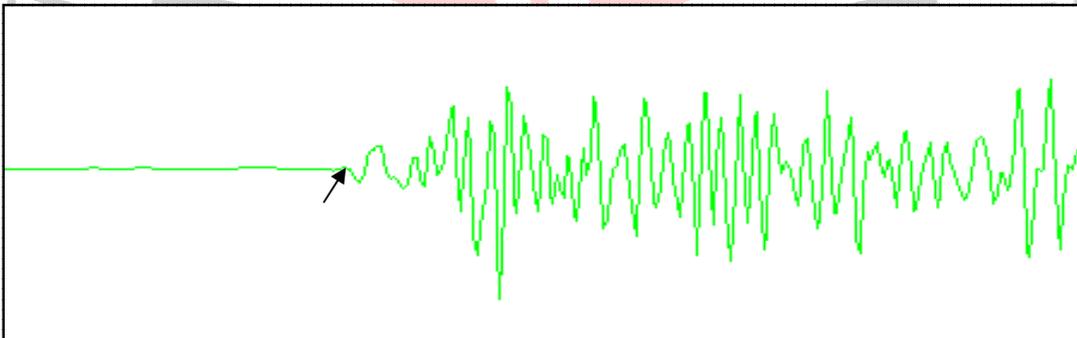
Durasi gempa yaitu waktu kejadian gempa dari saat mulai bergetar sampai berhenti, dinyatakan dalam detik (s).



Gambar 3.5 Durasi gempa vulkanik tanggal 4 Januari 2011 dari stasiun SDG.

Pada gambar diatas (gambar 3.5) besarnya durasi gempa yang diperoleh yaitu 21.011 detik.

c) Gerakan Awal Sinyal Gelombang Gempa



Gambar 3.6 Gerakan awal sinyal gelombang gempa vulkanik tanggal 4 Januari 2011 dari stasiun SDG.

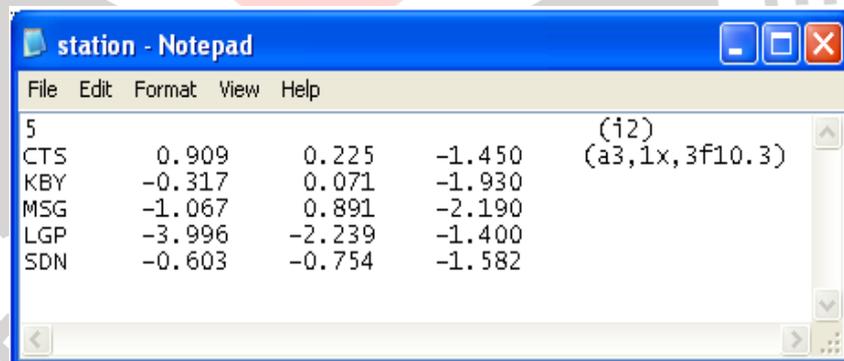
Dari gambar 3.5 dapat dilihat bahwa gerakan awal dari sinyal gelombang yang terekam oleh seismogram adalah berarah kebawah atau *down*.

3) Penentuan Hiposenter dan Episenter Gempa

Untuk penentuan hiposenter dilakukan dengan menggunakan *software* GAD. Data-data yang diperlukan dalam penentuan hiposenter yaitu data stasiun (*stati.dat*), kecepatan lapisan (*velocity.dat*) dan waktu tiba (*arrival.dat*). Ketika program GAD dijalankan (*run*), maka dengan otomatis akan muncul data hasil perhitungan (*results.dat*). Di *results.dat* inilah kita dapat mengetahui hiposenter gempa.

Berikut ini dapat dilihat tampilan dari masing-masing data yang diperlukan dalam GAD untuk menentukan hiposenter gempa vulkanik.

1) Data Stasiun (*station.dat*)



Stasiun	X	Y	Z
5			
CTS	0.909	0.225	-1.450
KBY	-0.317	0.071	-1.930
MSG	-1.067	0.891	-2.190
LGP	-3.996	-2.239	-1.400
SDN	-0.603	-0.754	-1.582

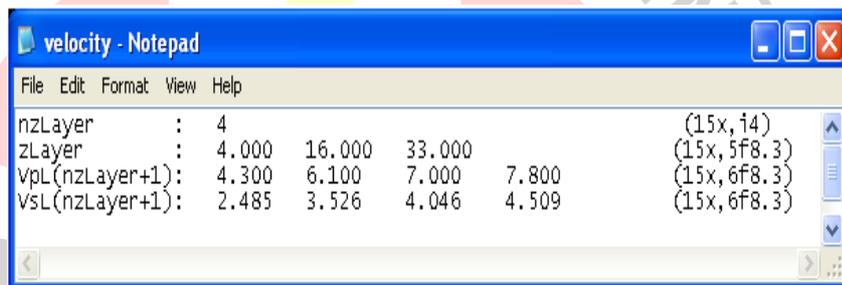
Ket :

- Baris 1 : Jumlah stasiun
- Baris 2 kolom ke-1: Kode stasiun (3 huruf)
- Baris 2 kolom ke-2,3 dan 4 : Koordinat x, y dan z

Perhatikan :

- Tanda positif (+) menunjukkan arah Timur pada koordinat x, arah Utara pada koordinat y dan arah ke bawah pada koordinat z.
- Tanda negatif (-) menunjukkan arah Barat pada koordinat x, arah Selatan pada koordinat y dan arah ke atas pada koordinat z

2) Data Kecepatan Lapisan (*velocity.dat*)



```

velocity - Notepad
File Edit Format View Help
nzLayer      : 4                      (15x, i4)
zLayer       : 4.000  16.000  33.000    (15x, 5f8.3)
VpL(nzLayer+1): 4.300  6.100  7.000  7.800    (15x, 6f8.3)
VsL(nzLayer+1): 2.485  3.526  4.046  4.509    (15x, 6f8.3)

```

Ket :

- Baris 1 : Jumlah lapisan
- Baris 2 : Koordinat z diskontinuitas

Dalam hal jumlah lapisan = 1, baris ini akan dilewati oleh program, tetapi baris blank harus ada.

- Baris 3 : Nilai kecepatan gelombang P ditulis dalam format f8.3 untuk setiap lapisan.
- Baris 4 : Nilai kecepatan gelombang S ditulis dalam format f8.3 untuk setiap lapisan.

3) Data Waktu Tiba (*arrival.dat*)

```

arrival - Notepad
File Edit Format View Help
1103041241 CTS 99.990 + E 99.990 E
1103041241 KBY 19.380 + I 19.870 I
1103041241 MSG 19.480 + I 19.890 I
1103041241 LGP 19.980 + I 20.360 I
1103041241 SDN 19.360 - I 19.830 I

1103051824 CTS 99.990 + E 99.990 E
1103051824 KBY 17.570 - I 18.280 I
1103051824 MSG 17.580 + I 18.280 I
1103051824 LGP 17.550 + I 18.250 I
1103051824 SDN 17.560 - I 18.290 I

1103060157 CTS 99.990 + E 99.990 E
1103060157 KBY 28.520 + I 29.770 I
1103060157 MSG 28.670 + I 29.650 I
1103060157 LGP 28.570 - I 29.680 I
1103060157 SDN 28.470 + I 29.690 I

```

Data kejadian gempa untuk tiap satu stasiun ditulis dalam satu baris dan setiap kejadian gempa dipisahkan oleh baris kosong.

Akhir data dinyatakan dengan tulisan “999999999”.

Ket :

- Kolom 1-10 : YYMMDDHHmm
- Kolom 11 : Kosong atau “,” (tanda koma)
- Kolom 12-14 : Kode stasiun (3 huruf)
- Kolom 15 : Kosong atau “,” (tanda koma)
- Kolom 16-21 : Waktu tiba gelombang P

Jika data tidak ada maka ketik “99.990”

- Kolom 22 : Kosong atau “,” (tanda koma)
- Kolom 23 : Polarisasi gelombang P, jika Up maka diberi tanda “+” dan jika Down maka diberi tanda “-“

- Kolom 24 : Kosong atau “,” (tanda koma)
- Kolom 25 : Jika waktu tiba gelombang P jelas, maka diberi tanda “T” dan jika tidak jelas, maka diberi tanda “E”
- Kolom 26 : Kosong atau “,” (tanda koma)
- Kolom 27-32 : Waktu tiba gelombang S
Jika data tidak ada maka ketik “99.990”
- Kolom 33 : Kosong atau “,” (tanda koma)
- Kolom 34 : Jika waktu tiba gelombang S jelas, maka diberi tanda “T” dan jika tidak jelas, maka diberi tanda “E”

4) Hasil Perhitungan (*results.dat*)

```

Results - Notepad
File Edit Format View Help
nst : 5
Station List
CTS .909 .225 -1.450
KBY -.317 .071 -1.930
MSG -1.067 .891 -2.190
LGP -3.996 -2.239 -1.400
SDN -.603 -.754 -1.582
nZLayer: 4
ZLayer : 4.000 16.000 33.000
Vp : 4.300 6.100 7.000 7.800
Vs : 2.485 3.526 4.040 64.500
Hypocenter
Date 11 3 4 Time 12:41
Focal Element Probable Error
X -1.309 .291
Y .225 .296
Z .002 .436
T 18.946 .102
Travel time residual rms= .076sec.
ST P s Cal (obs-Cal)
KBY 19.380 19.452 -.072
MSG 19.480 19.481 -.001
LGP 19.980 19.854 .126
SDN 19.360 19.409 -.049
KBY 19.870 19.822 .048
MSG 19.890 19.873 .017
LGP 20.360 20.517 -.157
SDN 19.830 19.747 .083

```

Data Hiposenter :

Sumbu X -1.309 = pusat gempa berjarak 1.309 km ke arah Barat dari kawah.

Sumbu Y .225 = pusat gempa berjarak 0.225 km ke arah Utara kawah.

Sumbu Z .002 = pusat gempa berada pada kedalaman 0.002 km dibawah episenter.

Ingat:

Timur, Utara, Bawah Permukaan = “+” (positif)

Barat, Selatan, Atas Permukaan = “-“ (negatif)

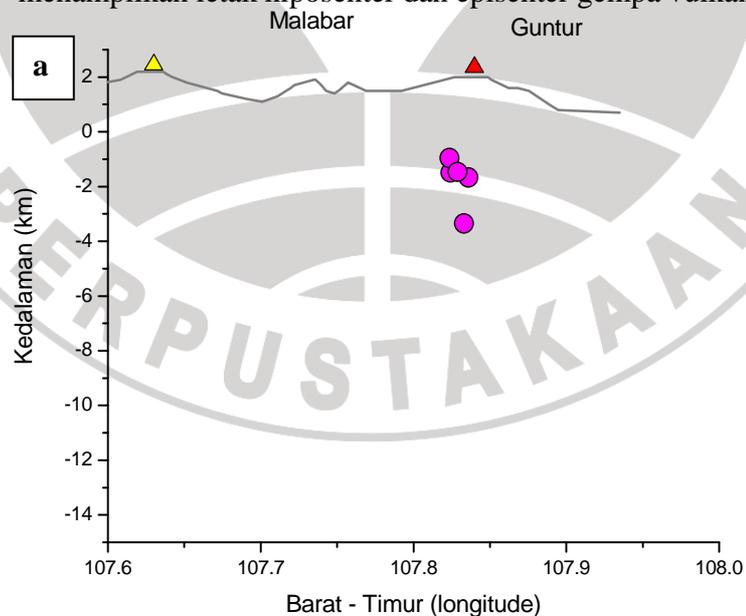
Gambar 3.7 Tampilan Data-data (1-4) yang diperlukan dalam software GAD

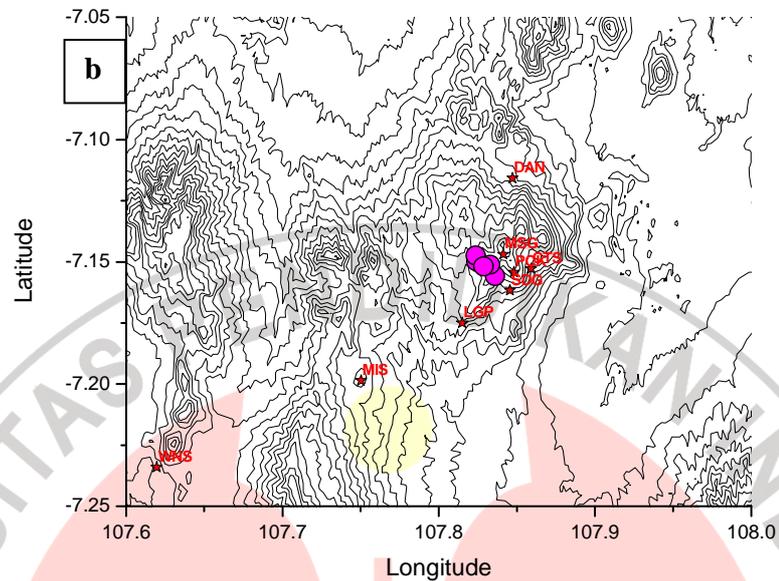
Dari hasil pengolahan data dengan menggunakan *software* GAD maka selanjutnya yang dilakukan adalah menentukan koordinat hiposenter gempa. Berikut ini pada tabel 3.2 dapat dilihat koordinat hiposenter gempa vulkanik.

Tabel 3.2 Koordinat Hiposenter Gempa Vulkanik

Tgl	Jam	x	y	longitude (BT)	latitude (LS)	Kedalaman (km)
5	18:24	-2.975	0.549	107.8242214	-7.149948328	1.501
14	11:22	-3.028	0.817	107.8237443	-7.147536	0.970
17	20:00	-1.654	-0.104	107.836112	-7.155826127	1.683
22	00:29	-1.993	0.405	107.8330606	-7.151244504	3.357
23	17:39	-2.461	0.336	107.828848	-7.151865589	1.474

Data dari hasil penentuan koordinat titik hiposenter gempa tersebut selanjutnya dimasukkan kedalam *software* ORIGIN unntuk dapat menampilkan letak hiposenter dan episenter gempa vulkanik.





Gambar 3.8 Distribusi Hiposenter (a) dan Episenter (b) Gempa Vulkanik Gunung Guntur dalam Arah Barat-Timur.

4) Perhitungan Magnitudo Gempa

Pada dasarnya harga magnitudo suatu gempa dihitung berdasarkan amplitudo maksimum yang dihasilkan oleh gempa tersebut. Namun pada penelitian ini, harga magnitudo juga dapat dihitung berdasarkan durasi gempa. Adapun persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$M = 2.024 \log_{10} t_{F-P} - 1.816$$

dimana,

M : Magnitudo gempa (SR)

t_{F-P} : Durasi gempa

5) Perhitungan Energi Gempa

Untuk harga energi suatu gempa diperoleh dari hasil perhitungan magnitudo. Adapun persamaannya yaitu:

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

dimana,

E : Energi gempa (erg)

M : Magnitudo gempa vulkanik

E. Analisis

Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan dapat diketahui aktivitas kegempaan gunung Guntur berupa banyaknya gempa yang terjadi, besar magnitudo dan energi gempa yang dihasilkan serta penyebaran hiposenter dan episenter. Dari hasil tersebut selanjutnya dilakukan perbandingan dengan hasil peneliti sebelumnya untuk mengetahui adanya peningkatan atau penurunan aktivitas kegempaan gunung Guntur yang kemudian dapat digunakan sebagai masukan untuk upaya mitigasi.