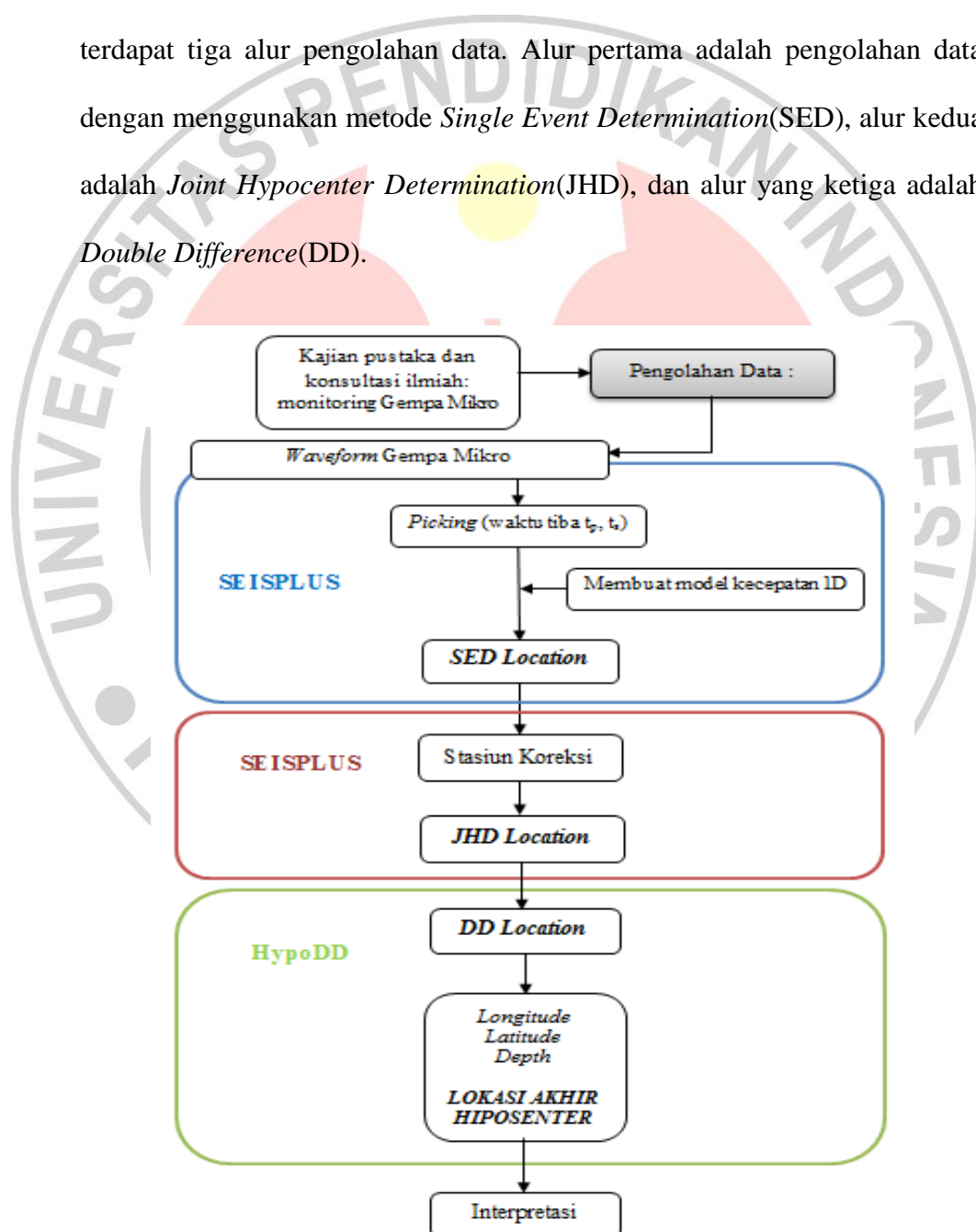


### BAB III

#### METODE PENELITIAN

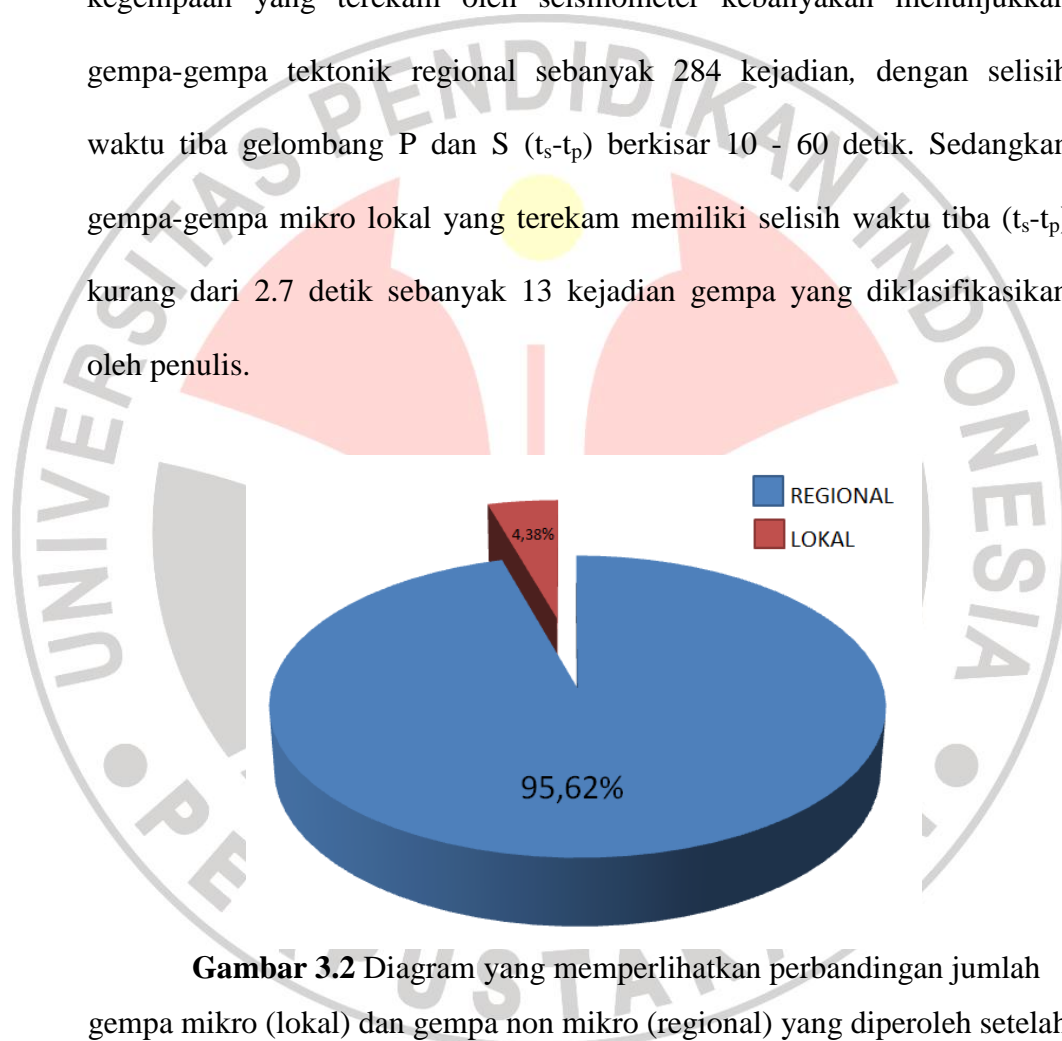
Tahapan pengolahan data gempa mikro dilakukan seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa terdapat tiga alur pengolahan data. Alur pertama adalah pengolahan data dengan menggunakan metode *Single Event Determination*(SED), alur kedua adalah *Joint Hypocenter Determination*(JHD), dan alur yang ketiga adalah *Double Difference*(DD).



Anna Rachni, 2012 **Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian. Penentuan Hipocenter Gempa mikro dengan metode *Single Event Determination*, *Joint Hypocenter Determination* dan *Double Difference* pada Lapangan Panas Bumi "LAMDA"

### 3.1 Data

Data gempa mikro yang digunakan adalah data gempa selama periode Agustus 2010 hingga Desember 2010, terdapat 13 kejadian dari sekitar 297 kejadian gempa yang terekam di sekitar lapangan "Lamda". Analisis tingkat kegempaan yang terekam oleh seismometer kebanyakan menunjukkan gempa-gempa tektonik regional sebanyak 284 kejadian, dengan selisih waktu tiba gelombang P dan S ( $t_s - t_p$ ) berkisar 10 - 60 detik. Sedangkan gempa-gempa mikro lokal yang terekam memiliki selisih waktu tiba ( $t_s - t_p$ ) kurang dari 2.7 detik sebanyak 13 kejadian gempa yang diklasifikasikan oleh penulis.



**Gambar 3.2** Diagram yang memperlihatkan perbandingan jumlah gempa mikro (lokal) dan gempa non mikro (regional) yang diperoleh setelah pengklasifikasian gempa-gempa yang terekam oleh seismometer.

Dalam pengklasifikasian ini dibutuhkan kemampuan untuk membedakan antara sinyal gempa mikro, sinyal gempa non mikro, ataupun

*noise* yang timbul akibat aktifitas manusia atau hewan. Berikut ini beberapa ciri dari beberapa gempa:

#### A. Gempa Mikro

- Bentuk getaran gempa pendek
- Getaran tiba-tiba dan tidak begitu lama (karena jaraknya dekat, getaran gelombang akan sampai di stasiun dalam waktu relatif cepat)
- Magnitudo kecil ( $\leq 3$  skala Richter)
- Kedalaman hiposenter dangkal ( $\leq 3$  Km)
- Selisih *arrival time* (waktu tiba) gelombang primer (P-wave) dan gelombang sekunder (s-wave) sedikit, durasi pendek ( $\leq 3$  sekon)

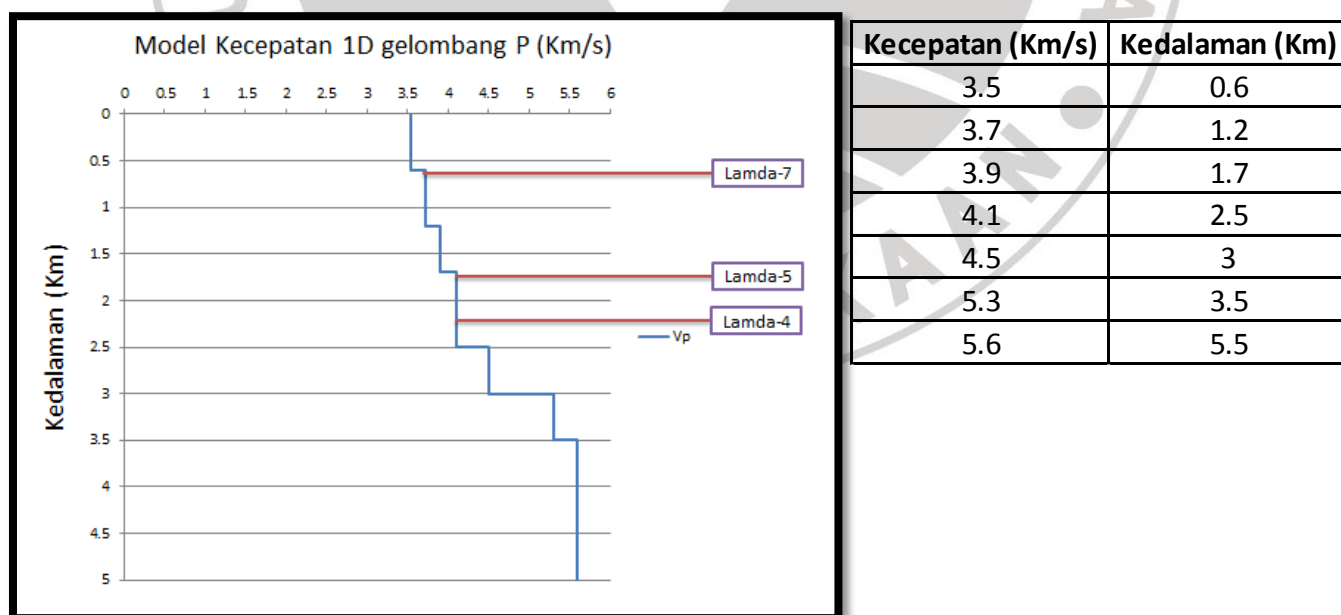
#### B. Gempa Non Mikro

- Bentuk getaran gempa panjang
- Getaran tiba-tiba dan lama (karena jaraknya jauh, getaran gelombang akan sampai di stasiun dalam waktu relatif lambat)
- Magnitudo relatif besar ( $> 3$  skala ritcher)
- Karena gempa jauh sebagian besar ditimbulkan oleh aktivitas tektonik dalam bumi, maka kedalaman hiposenter relatif lebih dalam ( $>4$  km)
- Selisih *arrival time* (waktu tiba) gelombang P dan gelombang S lama, durasi panjang ( $\geq 3$  sekon)

Selanjutnya proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan data *real* yang terdiri dari: model kecepatan satu dimensi (1D), koordinat stasiun dan *raw* data gempa yang direkam menggunakan enam seismometer di enam stasiun pengamat.

### 3.1.1 Model Kecepatan 1D

Berikut ini adalah data model kecepatan satu dimensi (1D) yang diperoleh dari PT. Pertamina Geothermal Energy berdasarkan data petrofisik batuan yang dirata-rata. Petrofisik batuan diperoleh melalui batuan *core* yang berasal dari beberapa sumur produksi yang dianggap mewakili. Pada gambar 3.3 di informasikan bahwa pada kedalaman tertentu ada kecepatan yang sama (dari hasil rata-rata) dengan data petrofisik batuan aslinya yang berasal dari data *core* sumur Lamda 4, Lamda 5 dan Lamda 7.

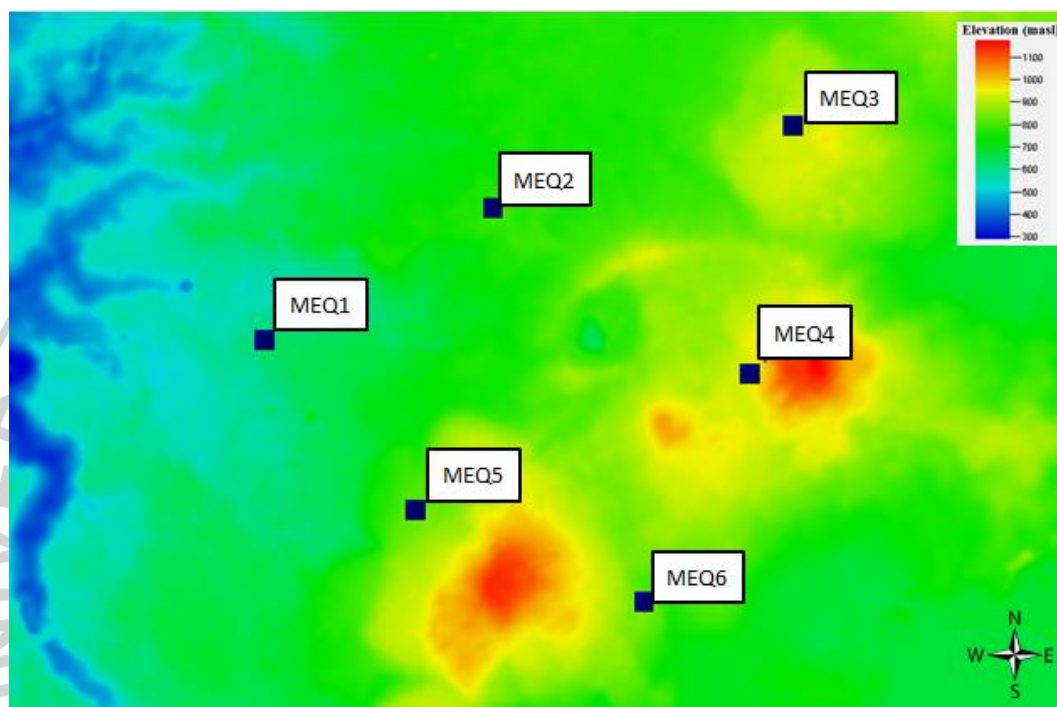


Gambar 3.3 Model Kecepatan 1D.

Anna Rachni, 2012  
 Penentuan Hiposenter Gempa Mikro dengan Metode Single Event Determination,  
 Joint Hypocenter Determination dan Double Difference pada Lapangan Panas Bumi  
 "LAMDA"

### 3.1.2 Koordinat Stasiun

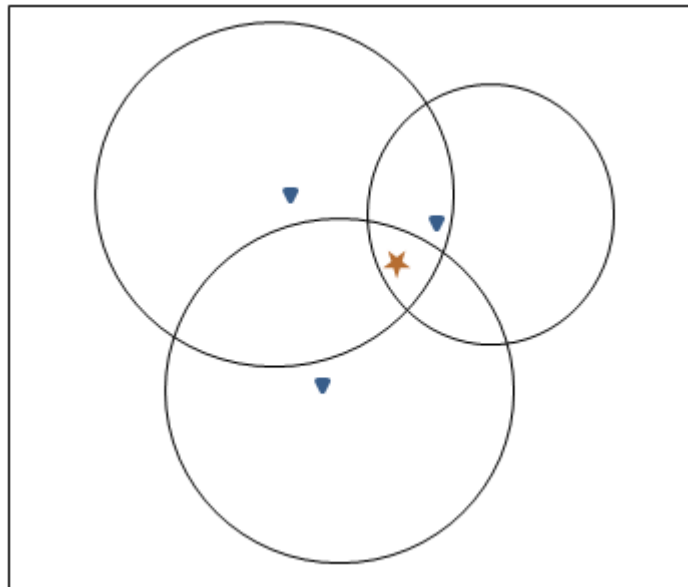
Berikut ini merupakan lokasi stasiun monitoring gempa mikro yang berada di daerah “LAMDA”.



**Gambar 3.4**Sebaran stasiun pengamatan aktivitas gempa mikro lapangan “Lamda”.

Sebanyak enam stasiun monitoring gempa mikro disusun berdasarkan konfigurasi metode tiga lingkaran. Konfigurasi stasiun yang digunakan ini sangat baik untuk menentukan lokasi gempa lokal. Karena pada umumnya gempa mikro yang terjadi berada di area lokal. Susunan ini dibentuk dengan harapan stasiun yang berada di dalam dapat menangkap koreksi vertikal. Adapun yang berada di luar untuk menangkap koreksi horizontal dan karakterisasi *margin*. Pada studi ini, gempa terekam oleh minimal empat seismometer.

Anna Rachni, 2012  
 Penentuan Hiposenter Gempa Mikro dengan Metode Single Event Determination, Joint Hypocenter Determination dan Double Difference pada Lapangan Panas Bumi “LAMDA”



**Gambar 3.5** Ilustrasi penentuan lokasi hiposenter dengan menggunakan metode tiga lingkaran.

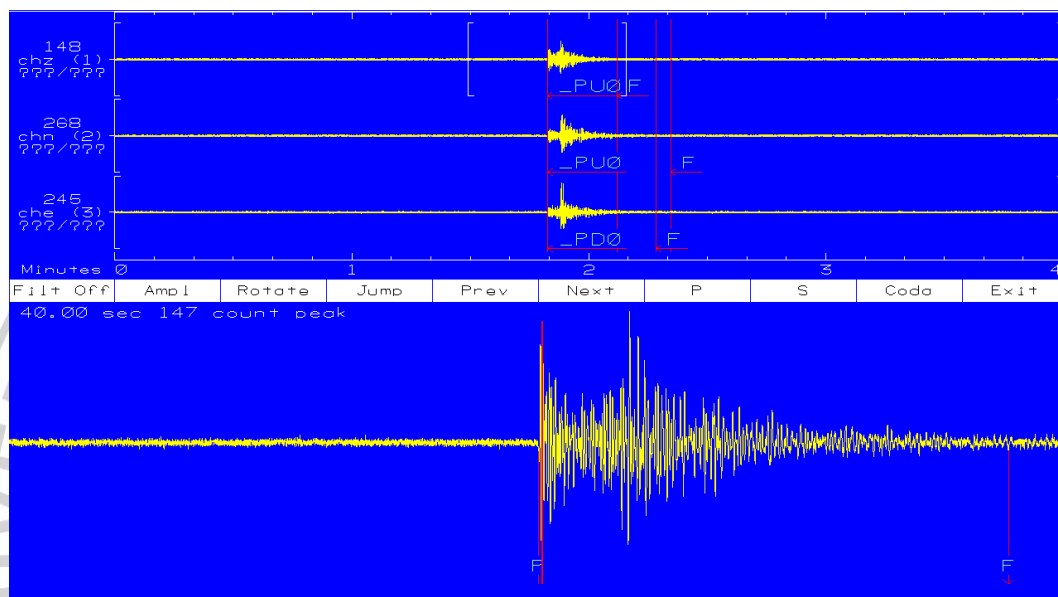
Berikut ini adalah tabel lokasi dan koordinat masing masing stasiun pengamatan.

Station Name	Geophone Elevation (masl)	UTM	
		Longitude (Easting)	Latitude (Northing)
MEQ1	685	698xxx	140xxx
MEQ2	839	701xxx	142xxx
MEQ3	1010	706xxx	143xxx
MEQ4	992	705xxx	139xxx
MEQ5	907	700xxx	137xxx
MEQ6	899	703xxx	136xxx

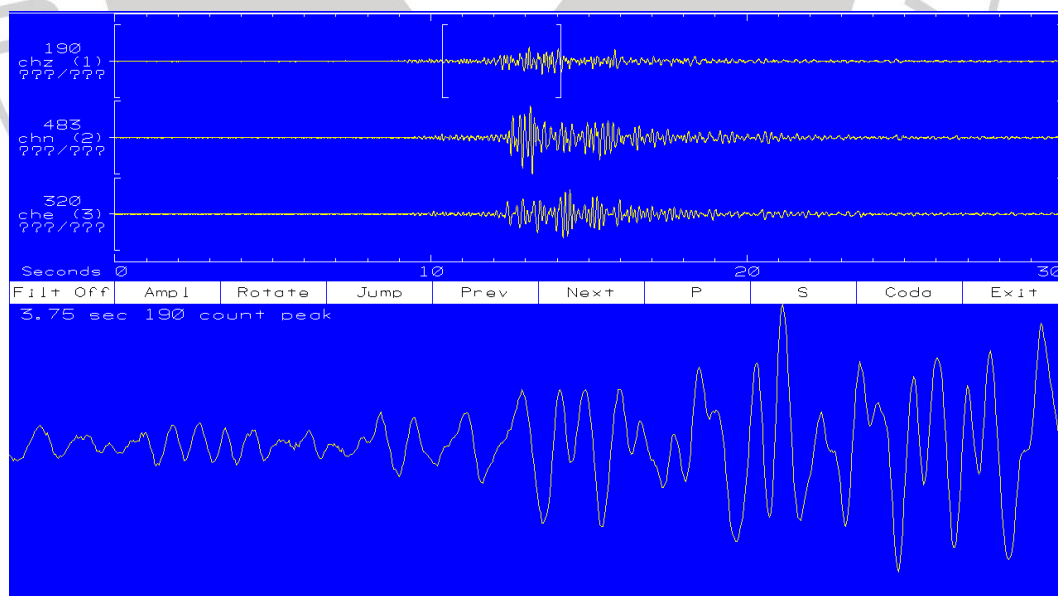
**Tabel 3.1**Lokasi stasiun pengamatan.

### 3.1.3 Raw Data

Berikut merupakan salah satu *raw* data yang digunakan untuk penelitian ini. Kejadiangempa yang digunakan sebagai contoh adalah gempa yang terekam pada tanggal 14 Oktober 2010 pada pukul 21. 59.



(a)



(b)

**Gambar 3.6** Contoh *waveform* dari seismometer tiga komponen (a) sebelum di *trimming*(b) sesudah di *trimming*.

### 3.2 Pengolahan Data

Pada penelitian ini digunakan beberapa perangkat lunak (*program*) dalam melakukan pengolahan data, antara lain:

1. Program SeisPLus, digunakan untuk penentuan lokasi hiposenter awal dengan prinsip *Single Event Determination* (SED). Program ini digunakan pula pada tahap awal untuk membaca data *waveform*, *trimming*, dan juga *picking* gelombang P dan S.
2. Program SeisPlus, dengan pengoperasian JHD dapat digunakan untuk merelokasi hiposenter dengan koreksi stasiun yang dihasilkan dari metode SED.
3. ProgramHypoDD, digunakan untuk merelokasi hiposenter dengan prinsip *double difference*.
4. Petrel, digunakan untuk *plotting* peta kontur, yang di *overlay* dengan data hasil SED, JHD dan DD.
5. Matlab, program ini memfasilitasi penelitian pada studi ini, digunakan untuk membuat *residual* atau *error* berupa histogram.

#### 3.2.1 Teknik Penentuan *Picking*

Dalam melakukan *picking* penulis menggunakan *program* SeisPlus.

SeisPlus juga dapat melakukan *autopicking*, namun kualitas *picking* yang



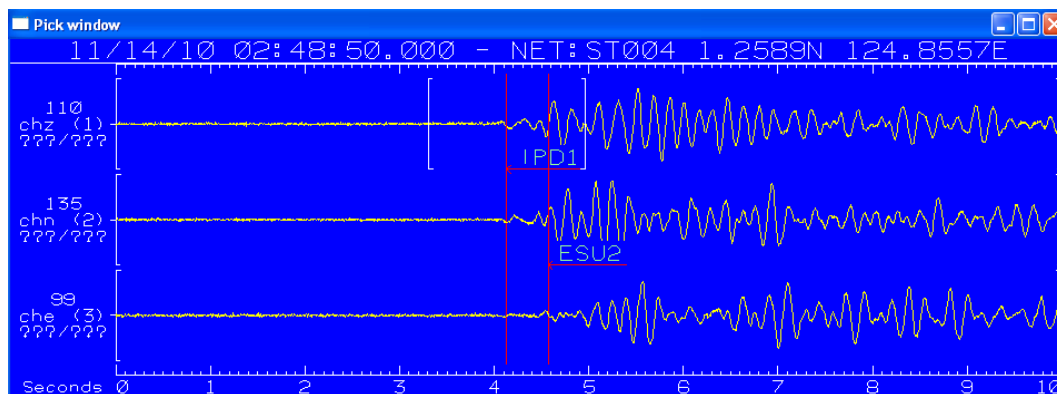
dihasilkan tidak terlalu baik. Hal ini dikarenakan pada salah satu *raw* data rekaman dianggap hanya terdiri dari satu kejadian gempa, padahal tidak menutup kemungkinan terdapat beberapa kejadian gempa pada satu *raw* data rekaman. Jika hal ini terjadi maka sebelumnya data rekaman perlu di potong (*trimming*) terlebih dahulu sebelum melakukan *picking*.

*Trimming* adalah proses pemotongan durasi waktu sinyal dari masing-masing *file event*. Tujuannya agar seluruh sinyal yang telah dipilih dan dipotong durasinya, dapat dilakukan analisis sinyal berdasarkan durasi gempa, terutama waktu tiba gelombang S terhadap gelombang P, dan mempermudah saat melakukan *manual picking*. Dalam proses ini, pemilihan sinyal masih sangat subjektif, yaitu berdasarkan bentuk yang menyerupai sinyal *microseismic* (Geotech Instruments, 2003).

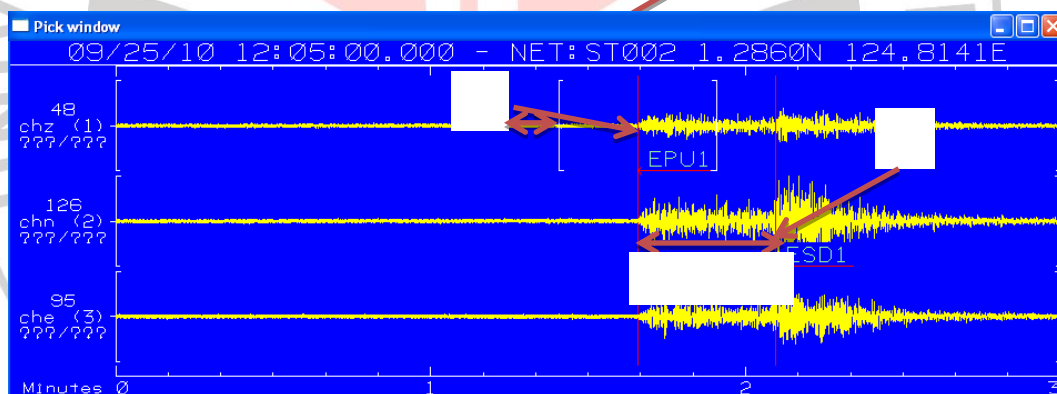
*Picking data waveform* dilakukan untuk menentukan waktu tiba (*arrival time*) gelombang P dan S. *Picking* waktu tiba gelombang P, biasanya terlihat pada komponen vertikal (z), sedangkan untuk *picking* waktu tiba gelombang S pada komponen horizontal (n atau e).

Gelombang P muncul pertama kali dan dapat terlihat jelas ketika terjadi fluktuasi gelombang yang lebih besar (amplitudo besar) dibandingkan dengan *noise*. Sedangkan gelombang S muncul setelah gelombang P, namun untuk mengidentifikasi gelombang S ini cukup sulit, karena fluktuasi terjadinya gelombang S tidak sejelas pada gelombang P. Untuk menentukan suatu gelombang telah berakhir adalah melalui

amplitudo yang memiliki besar yang hampir sama dengan *noise* sebelum terjadinya gelombang P.



(a)



(b)

Secara teori gempa mikro akan cenderung memiliki  $t_s-t_p$  yang lebih kecil dari pada gempa non mikro. Berdasarkan teori maka gempa mikro yang

Anna Rachni, 2012  
 Penentuan Hipocenter Gempa Mikro dengan Metode Single Event Determination, Joint Hypocenter Determination dan Double Difference pada Lapangan Panas Bumi "LAMDA"

dihasilkan selama  $\pm 90$  hari pada periode Agustus – Desember 2010 adalah sebanyak 13 kejadiangempa.

### 3.2.2 Penentuan Lokasi Hiposenter Awal SED

Setelah *picking* dilakukan selanjutnya penentuan lokasi awal hiposenter dengan menggunakan metode *Single Event Determination* (SED) hanya untuk gempa mikro yang lokalsaja. Input yang digunakan pada proses inversi SED ini yaitu, lokasi stasiun perekam MEQ, waktu tiba gelombang P dan S dari 13gempayang telah di *pick*, dan model kecepatan gelombang P dengan rasio kecepatan  $V_p/V_s$  yang digunakan adalah 1.72. Hasil dari penggunaan metode SED akan menghasilkan nilai hiposenter awal ( $x_0, y_0, z_0$ ) dan *origin time* ( $t_0$ ). Berikut contoh hasil *running* model yang berisikan

```

Local/Regional Event Location
HYPOPLUS - Location of local, regional or tele-seismic events ... (1985..2002)
v8.0 (Lani Oncescu ..... Last revision:12.06.2008)

Phase file      : C:\SeisPlus\temp\20101001_091040_NET_sel.pha
Output file     : C:\SeisPlus\temp\20101001_091040_NET_sel.ev1
S-wave use     : ON

IT  DT  DX  DY  DZ  SD  NO  NP
1   2.00 2.00 2.00 .00 1.81 10  3
2   1.34 2.00 2.00 .00 1.46 10  3
3   1.30 2.00 2.00 .00 1.37 10  3
4   -.26 2.00 2.00 2.00 2.38 10  4
5   -.72 2.00 .74 2.00 1.41 10  4
6   -.03 2.00 .70 2.00 .67 10  4
7   -.02 2.00 .77 1.07 .51 10  4
8   -.02 .30 .52 -.31 .12 10  4
9   -.03 -1.47 1.09 .02 .29 10  4
10  -.11 1.21 -.91 -.36 .44 10  4
11  -.00 .27 -.18 -.33 .09 10  4
12  -.02 -.02 -.06 -.12 .03 10  4
13  -.14 .47 -.13 1.53 .58 10  4
14  -.12 -.45 .18 -.49 .35 10  4
15  -.11 -.13 .04 2.00 .56 10  4
16  -.12 .10 -.05 -.30 .18 10  4
17  -.02 .00 -.04 -.11 .03 10  4
18  -.13 -.09 .09 2.00 .59 10  4
19  -.11 .10 -.05 -.30 .17 10  4
20  -.03 .08 -.09 .00 .04 10  4

My_Network      >> Local/Regional Event      Q=C      Manual mode
DATE            ORIGIN-TIME  LATITUDE  LONGITUDE  DEPTH  ML  RMS  NL/NM  GAP
2010/10/01 9:10:40.191  1.30141N 124.79492E  2.23  .0  .032s 10/ 0  258
ERRORS: (95%)  .279s  1.498km  .927km  .00km  .0  IT20  [2012/07/04 11:38:07]
ERROR ELLIPSE:  Major/2 = 2.011km  Minor/2 = .855km  MajorAxisAzimuth = 335

STATION  CHN  DEL  AZM  EMG  INT  ARRIVAL_TIME  WAVE  O-C  WT  AMP  TAU  MAG  INFO
1 ST002  chn  3 129 179 0 1  9:10:42.505  ES1  -.056  .19  .008  .38  .58
2 ST002  chz  3 129 179 0 1  9:10:41.524  DEP1 .008  .38  .53
3 ST001  chn  4 197 179 0 1  9:10:42.879  IS3  .115  .06  .03
4 ST001  chz  4 197 179 0 1  9:10:41.701  UIP0 .002  1.00  1.00
5 ST003  che  6 95 1 0 8  9:10:43.769  ES1  -.021  .19  .16
6 ST003  chz  6 95 1 0 8  9:10:42.272  -EP1 -.024  .38  .68
7 ST004  chz  7 125 1 0 8  9:10:42.368  DEP3 -.036  .13  .02
8 ST004  che  7 125 1 0 8  9:10:43.846  IS2  -.130  .13  .10
9 ST006  chn  8 150 1 0 8  9:10:44.375  ES1  -.012  .19  .37
10 ST006 chz  8 150 1 0 8  9:10:42.597  DIP1 -.032  .75  .74

Press any key to continue . . .

```

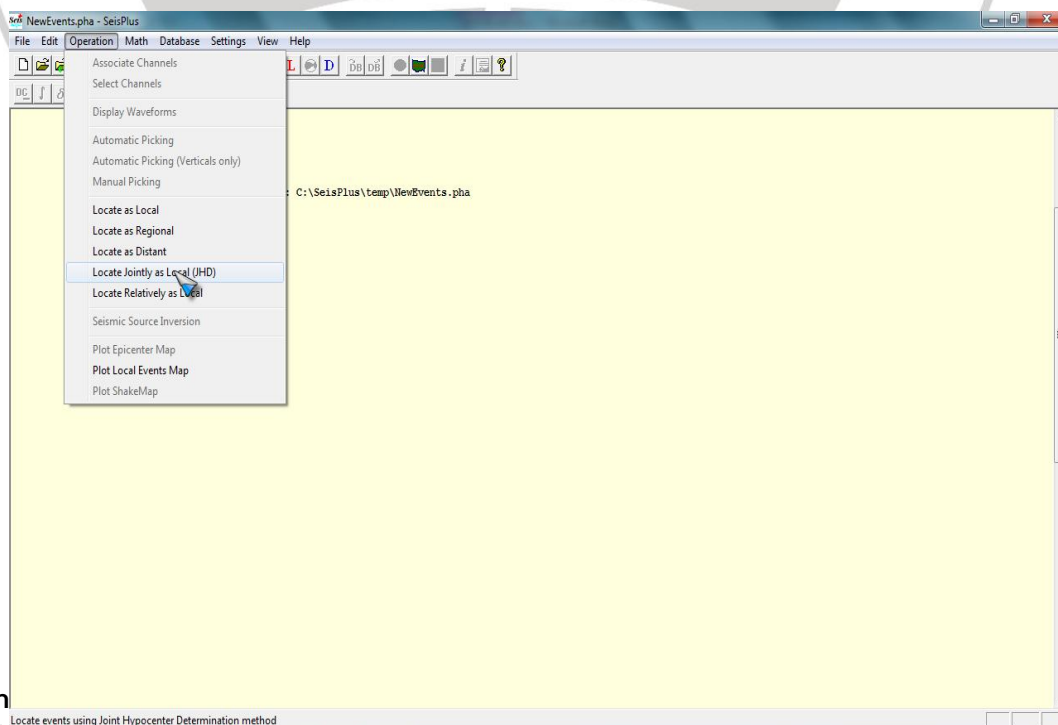
posisi hiposenter awal ( $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$ ) dan *origin time* ( $t_0$ ).

**Gambar 3.8** Window hasil lokasi hiposenter dan episenter metode SED.

### 3.2.3 Penentuan Relokasi Hiposenter JHD

Metode *Joint Hypocenter Determination* (JHD) diaplikasikan untuk memperbaiki kesalahan lokasi hiposenter awal dari SED serta mengurangi efek kesalahan model kecepatan 1D yang digunakan pada metode SED melalui nilai koreksi. Karena variasi kecepatan lateral tidak diperhitungkan pada metode SED. Besar koreksi stasiun pada kasus ini didapat dari hasil kalkulasi pada program terhadap seluruh data gempa.

Untuk menentukan relokasi hiposenter JHD, program yang digunakan adalah SeisPlus. Dengan menggunakan input dari hasil SED. Iterasi inversi JHD ini menghasilkan nilai RMS hingga 1 milisekon, diharapkan inversi JHD akan memberikan lokasi hiposenter yang lebih baik.



Ann

Locate events using Joint Hypocenter Determination method

Penentuan hiposenter gempa mikro dengan metode Single Event Determination, Joint Hypocenter Determination dan Double Difference pada Lapangan Panas Bumi "LAMDA"

Gambar 3.9 Proses inversi dengan metode JHD pada program SeisPlus.

```

JHDPLUS - Location of local, regional or tele-seismic events .... (1986..2005)
v7.4 (Lani Oncescu ..... Last revision:31.03.2005)

Phase file : C:\SeisPlus\temp\NewEvents.pha
Output file : C:\SeisPlus\output\NewEvents.ev1
S-wave use : ON
** No convergence
** No convergence
Total no. of events : 18
Iteration : 1 Rms = .070 AvePcor = .000
** No convergence
** No convergence
Iteration : 2 Rms = .077 AvePcor = .000
** No convergence
** No convergence
Iteration : 3 Rms = .067 AvePcor = .000
** No convergence
** No convergence
Iteration : 4 Rms = .073 AvePcor = .000
** No convergence
** No convergence
Iteration : 5 Rms = .077 AvePcor = .000
** No convergence
** No convergence
Iteration : 6 Rms = .067 AvePcor = .000
** No convergence
** No convergence
Iteration : 7 Rms = .077 AvePcor = .000
** No convergence
** No convergence
Iteration : 8 Rms = .063 AvePcor = .000
** No convergence
Iteration : 9 Rms = .062 AvePcor = .000
IT DT DK DY DZ SD NO NP
5 .05 -.20 -.21 -.43 .12 12 4
6 -.19 -.85 1.02 2.00 .55 12 4
7 -.13 -.50 -.83 .10 .15 12 4
8 -.04 .00 .18 .12 .12 12 4
9 .04 -.11 -.15 -.09 .12 12 4
10 .01 -.04 -.02 -.05 .12 12 4

My_Network >> Local/Regional Event Q=C Manual mode
DATE ORIGIN-TIME LATITUDE LONGITUDE DEPTH ML RMS NL/NM GAP
2010/08/20 0:26:38.282 1.29255N 124.85253E 2.39 .0 .098s 12/ 0 200
ERRORS: (95%) .526s 2.065km 2.191km 3.46km .0 IT10 [2012/07/09 22:27:53]
ERROR ELLIPSE: Major/2 = 3.364km Minor/2 = 1.622km MajorAxisAzimuth = 48
STATION CHN DEL AZM EMG INT ARRIVAL TIME WAVE O-C WT AMP IAU MAG INFO
1 ST003 che 0 352 169 0 1 0:26:39.963 ES1 -.190 .09 .05
2 ST003 chz 0 352 169 0 1 0:26:39.383 +IP0 -.008 1.00 1.00
3 ST004 chz 3 192 98 0 1 0:26:39.896 UIP1 .143 .75 .38
4 ST004 chn 3 192 98 0 1 0:26:40.686 ES1 -.060 .19 .11
5 ST002 chz 4 260 92 0 1 0:26:39.963 +IP0 .039 1.00 .58
6 ST002 chn 4 260 92 0 1 0:26:41.085 IS0 .018 .50 .50
7 ST006 chn 7 199 91 0 1 0:26:41.713 IS1 -.151 .38 .31
8 ST006 chz 7 199 91 0 1 0:26:40.196 UIP1 -.114 .75 .38

```

Gambar 3.10 Window hasil lokasi hiposenter dan episenter metode JHD.

Anna Rachni, 2012

Penentuan Hiposenter Gempa Mikro dengan Metode Single Event Determination, Joint Hypocenter Determination dan Double Difference pada Lapangan Panas Bumi "LAMDA"

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu

### 3.2.4 Penentuan Relokasi Hiposenter DD

Proses relokasi hiposenter gempa mikro diawali dengan menggunakan data *output* hasil relokasi hiposenter melalui metode JHD (*catalog data*) sebagai input untuk program hypoDD. Pengelompokan hiposenter dilakukan berdasarkan jarak antar gempa (*distance clustering*), dengan menganggap data yang akan direlokasi merupakan suatu kumpulan hiposenter (*cluster*) yang ditentukan berdasarkan jarak antar hiposenter (Waldhauser, 2001).

```

rachni@localhost: ~/Desktop/example1
File Edit View Terminal Tabs Help
Cluster 4: 2 events
RELOCATION OF CLUSTER: 1 Wed Jul 18 19:03:48 2012
-----
Reading data ... Wed Jul 18 19:03:48 2012r
# events = 3
# stations < maxdist = 6
# catalog P dtimes = 10
# catalog S dtimes = 10
# dtimes total = 20
# events after dtime match = 3
# stations = 5
Initial trial sources = 3

  IT  EV  CT  RMSCT  RMSST  DX  DY  DZ  DT  OS  AQ  CND
    %  %    ms    %    ms    m  m  m  ms  m
1  1 100 100  212  -4.2  343  18  12  19  3  10  0  4
2  2 100 100  205  -3.2  327  16  10  16  3  18  0  4
3  3 100 100  200  -2.4  315  13  9  14  3  25  0  4
4  4 100 100  197  -1.9  304  12  8  12  2  30  0  4
5  5 100 100  138 -29.9  308  3  4  6  2  33  0  4
6  6 100 100  138  0.4  311  3  4  6  1  36  0  4
7  7 100 100  139  0.5  313  2  4  5  1  40  0  4
8  8 100 100  140  0.6  315  2  4  5  1  43  0  4
9  9 100  95  100 -28.4  243  6  8  11  2  40  0  5
10 10 100  85  91  -9.6  156  5  8  8  1  38  0  5
11 11 100  85  88  -2.9  158  6  9  7  1  37  0  5
12 12 100  85  87  -0.7  161  5  8  7  1  36  0  5

writing out results ...
[rachni@localhost example1]$

```

Anna R  
Penent

Joint Hypocenter Determination dan Double Difference pada Lapangan Panas Bumi "LAMDA"

### 3.2.4.1 Parameter Input HypoDD

1. Kelompok hiposenter yang ditentukan, berapa banyak jumlah hiposenter yang akan digunakan untuk dijadikan satu kelompok (*cluster*). Penentuan kelompok hiposenter didasarkan pada jarak hiposenter antara gempa yang sangat dekat dibandingkan dengan jarak stasiun terhadap sumbernya.
2. Pembobotan berasal dari katalog data untuk gelombang P dan S. Pembobotan ini berkisar antara 0 hingga 1 berdasarkan keyakinan saat *picking* dalam menentukan waktu tiba.
3. Jumlah iterasi, relokasi hiposenter dilakukan secara iteratif dengan menghitung selisih waktu tempuh observasi dan kalkulasi gelombang.

**Gambar 3.11** Window proses relokasi hiposenter menggunakan program hypoDD.

lokasi hiposenter baru.