

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Batasan Masalah.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
F. Metode Penelitian.....	5
G. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	6
H. Sistematika Penulisan.....	6
 BAB II DASAR TEORI.....	 8
A. <i>Geothermal</i> (Panas Bumi).....	8
B. Sistem Panas Bumi di Indonesia.....	8
C. Tinjauan Geologi dan Geofisika Daerah Penelitian.....	11
1. Geologi Regional.....	11
2. Alterasi Hidrotermal.....	13
3. Reservoir Lapangan Panas Bumi “X”	14
4. Geofisika Regional.....	15
D. Gelombang Seismik (Gempa).....	16
E. Gempa Mikro.....	21
F. Zona Patahan di Lapangan Panas Bumi.....	23
1. Konsep Dasar Permeabilitas.....	25
2. Penentuan Zona Permeabel.....	26
G. Perekaman Gelombang Seismik.....	27
1. Seismogram.....	27
2. Magnitudo Lokal.....	28
H. Metode Penentuan Lokasi Hiposenter.....	29
1. <i>Single Event Determination</i> (SED).....	29
2. <i>Double Difference</i> (DD).....	33

I. <i>Distace Clustering</i>	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	41
A. Metode Pengumpulan Data.....	41
1. Data.....	41
2. Pemilihan Data.....	41
3. RAW Data.....	43
4. Koordinat Stasiun.....	44
5. Model Kecepatan 1-D.....	46
B. Metode Pengolahan Data.....	47
1. <i>Single Event Determination</i> (SED).....	49
a. <i>Picking</i> data.....	49
b. Lokasi Hiposenter SED.....	51
2. <i>Double Difference</i> (DD).....	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	56
A. Hasil.....	56
1. Hasil Pengolahan Data SED (<i>Single Event Determination</i>).....	56
2. Hasil Relokasi Relatif DD (<i>Double Difference</i>).....	60
B. Pembahasan.....	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	78
A. Kesimpulan.....	78
B. Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA.....	80
LAMPIRAN 1.....	83
LAMPIRAN 2.....	119
LAMPIRAN 3.....	129
LAMPIRAN 4.....	135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konfigurasi tektonik di sepanjang busur Kepulauan Indonesia, hasil interaksi tiga lempeng tektonik, yaitu Lempeng Pasifik, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Eurasia (Budihardi,1998 dalam Saptadji, 2009).....	9
Gambar 2.2 Gambar model skematik dari Sistem Hidrotermal <i>Geothermal</i> (D.E White, 1967 dalam Di Pippo, 2005) (gambar dimodifikasi).....	11
Gambar 2.3 Peta lokasi Lapangan Panas Bumi “X” (Sumber: PT. PGE).....	12
Gambar 2.4 Peta Geologi Area Lapangan Panas Bumi “X” dan Sekitarnya (Sumber: PT.PGE).....	13
Gambar 2.5 Anomali Bouger yang Menunjukkan <i>Gravity Lineament</i> (Sumber: PT.PGE).....	16
Gambar 2.6 Ilustrasi Perambatan Gelombang P dan Gelombang S (Shearer, 2010) (gambar dimodifikasi).....	18
Gambar 2.7 Pergerakan Gelombang P dan Gelombang S melalui lapisan dalam bumi (Shearer, 2010).....	19
Gambar 2.8 Diagram yang menunjukkan bagaimana struktur kecepatan bagian dalam bumi oleh berkas seismik (Sumner,1970 dalam Susilawati, 2008).....	20
Gambar 2.9 Visualisasi contoh penyebab gempa mikro, akibat simulasi hidraulik. Warna-warna dari sekumpulan titik menunjukkan perbedaan patahan yang diinterpretasi diakibatkan oleh sekumpulan kejadian gempa mikro(www.intechopen.com).....	21
Gambar 2.10 Bagan penyebab terjadinya MEQ (Tosha, Doi, dan Koide, 2000) (gambar dimodifikasi).....	23
Gambar 2.11 Seismometer tiga komponen (a) gerakan arah timur-barat, EW (b) arah utara-selatan, NS (c) arah vertikal, UD (Afnimar, 2009).....	28
Gambar 2.12 Flowchart pengolahan data menggunakan metode <i>Single Event Determination</i> (SED).....	33
Gambar 2.13 Ilustrasi algoritma relokasi pada satu <i>cluster</i> hiposenter dengan	

[Type text]

metode DD (Waldhauser dan Ellsworth, 2000).....	35
Gambar 2.14 Ilustrasi dari algoritma <i>Double Difference</i> untuk relokasi kejadian gempa mikroseismik. Untuk dua <i>event</i> , i dan j, lokasi inisial (lingkaran terbuka), relokasi (lingkaran padat) dan terlihat korespondensi dari <i>raypath</i> ke stasiun k. Panah (— dan —) menindikasikan korespondensi dari vektor relokasi. Diadaptasi dari Waldhauser & Ellsworth (2000).....	36
Gambar 2.15 Flowchart pengolahan data menggunakan metode <i>Double Difference</i> (DD).....	38
Gambar 2.16 Ilustrasi <i>distance-based clustering</i> (www.home.deib.polimi.it).....	39
Gambar 3.1 Diagram perbandingan jumlah data gempa lokal, gempa regional, dan <i>noise</i>	42
Gambar 3.2 Contoh <i>display waveform</i> dari <i>event</i> gempa mikro di semua stasiun pada program Seisplus (Sumber: PT. PGE).....	43
Gambar 3.3 Contoh <i>pick windows</i> pada <i>software</i> Seisplus (Sumber: PT.PGE)....	44
Gambar 3.4 Konfigurasi pesebaran stasiun pengamat MEQ di Lapangan Panas Bumi “X” (Sumber: PT. PGE).....	44
Gambar 3.5 Penentuan episenter dengan metode lingkaran (edukasi.kompasiana.com).....	45
Gambar 3.6 Diagram alur penelitian.....	48
Gambar 3.7 Contoh <i>pick windows</i> gempa mikro pada program Seisplus (Sumber: PT. PGE).....	50
Gambar 3.8 Windows hasil <i>picking</i> data menggunakan metode SED pada program Seisplus (Sumber: PT. PGE).....	51
Gambar 3.9 Contoh format <i>input</i> yang digunakan untuk program ph2dt dan hypoDD.....	52
Gambar 3.10 Tampilan <i>output windows</i> dan <i>prosessing</i> ph2dt pada sistem operasi Linux.....	53
Gambar 3.11 Tampilan <i>output windows</i> dan <i>prosessing</i> hypoDD pada sistem operasi Linux.....	55
Gambar 4.1. Plot <i>event</i> hasil penentuan hiposenter dengan metode SED dalam	56

software Petrel.....	
Gambar 4.2 (a) Sayatan vertikal <i>event</i> SED pada penampang O-P (b) Sayatan vertikal <i>event</i> SED pada penampang Q-R.....	58
Gambar 4.3 <i>Standard error</i> SED (a) <i>Error</i> kedalaman (b) <i>Error</i> Latitude (c) <i>Error</i> Longitude (d) <i>Error</i> <i>Origin time</i>	59
Gambar 4.4 Histogram magnitudo <i>event-event</i> SED.....	60
Gambar 4.5 <i>Event</i> gempa mikro hasil metode SED dibagi menjadi 4 <i>cluster</i>	61
Gambar 4.6 Plot <i>event</i> hasil penentuan hiposenter dengan metode DD dalam software Petrel.....	62
Gambar 4.7 (a) Sayatan vertikal <i>event</i> DD pada penampang O-P. (b) Sayatan vertikal <i>event</i> DD pada penampang Q-R.....	64
Gambar 4.8 RMS residual <i>error</i> metode SED.....	66
Gambar 4.9 RMS residual <i>error</i> metode DD.....	67
Gambar 4.10 Perbandingan plot <i>event</i> hasil penentuan hiposenter dengan metode DD (kuning) dan SED (biru) dalam software Petrel.....	68
Gambar 4.11 (a) Sayatan vertikal <i>event</i> SED (biru) DD (kuning) pada penampang O-P (b) Sayatan vertikal <i>event</i> SED (biru) DD (kuning) pada penampang Q-R.....	70
Gambar 4.12 Peta morfologi Lapangan Panas Bumi "X" beserta plot <i>event</i> SED bersama sesar-sesar lokal.....	71
Gambar 4.13 Peta morfologi Lapangan Panas Bumi "X" beserta plot <i>event</i> DD dengan sesar-sesar lokal dan sumur injeksi.....	72
Gambar 4.14 (a) Peta morfologi Lapangan Panas Bumi "X" beserta plot <i>event</i> DD bersama sumur produksi sebelum interpretasi struktur patahan (b) Peta morfologi Lapangan Panas Bumi "X" beserta plot <i>event</i> DD bersama sesar lokal setelah dilakukan interpretasi struktur patahan dari citra satelit.....	74
Gambar 4.15 (a) Plot <i>event</i> DD bersama sesar lokal 3D (tampak horizontal) (b) Plot <i>event</i> DD bersama sesar lokal 3D (tampak vertikal).....	76
Gambar 4.16 Penampakan bawah permukaan secara 3D Lapangan Panas Bumi "X" beserta dengan plot <i>event</i> gempa mikro hasil metode DD dan sesar lokal.....	77

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Daftar Stasiun Pengamat MEQ di Lapangan Panas Bumi “X”	46
Tabel 3.2. Model Kecepatan 1-D.....	47



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

- a. Perhitungan *Travel Time* Gempa Mikro Bulan September 2011..... 83
- b. Perhitungan *Travel Time* Gempa Mikro Bulan Oktober 2011..... 90
- c. Perhitungan *Travel Time* Gempa Mikro Bulan November 2011..... 96
- d. Perhitungan *Travel Time* Gempa Mikro Bulan Desember 2011..... 97
- e. Perhitungan *Travel Time* Gempa Mikro Bulan Januari 2012..... 99
- f. Perhitungan *Travel Time* Gempa Mikro Bulan Februari 2012..... 101
- g. Perhitungan *Travel Time* Gempa Mikro Bulan Maret 2012..... 105
- h. Perhitungan *Travel Time* Gempa Mikro Bulan April 2012..... 108
- i. Perhitungan *Travel Time* Gempa Mikro Bulan Mei 2012..... 115

LAMPIRAN 2

- Standard Error* dan Residual Metode *Single Event Determination*..... 119

LAMPIRAN 3

- Error* dan Residual Metode *Double Difference* 129

LAMPIRAN 4

- Gambar-gambar..... 135