

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERNYATAAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>INTISARI</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.1.1 Kondisi Tektonik G. Merapi .....	2
1.1.2 Sejarah G. Merapi .....	2
1.1.3 Bahaya G. Merapi .....	6
1.1.4 Analisis frekuensi kompleks Seismisitas <i>Long period</i> .....	8
1.2 Rumusan Masalah.....	10
1.3 Tujuan Penelitian .....	10
1.4 Hipotesis .....	10
1.5 Batasan Masalah .....	11
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	12
2.1 Gempabumi Vulkanik .....	12
2.2 Tipe Gempabumi G. Merapi .....	13
2.3 Gempabumi <i>Long Period</i> (LP) .....	16
2.4 Analisis Gempabumi <i>Long Period</i> Gunungapi di Indonesia .....	17
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	22
3.1 Gelombang Seismik .....	22
3.2 Atenuasi Gelombang Seismik .....	23
3.3 Properti Akustik <i>Crack</i> yang terisis fluida magmatik atau hidrotermal .....	26
3.3.1 <i>Fluid – Driven Crack Model</i> .....	26
3.3.2 Properti Akustik dalam <i>Crack Model</i> .....	27
3.4 Analisis Spektral .....	30
3.4.1 Transformasi Fourier .....	30
3.4.2 <i>Short Time Fourier Transform</i> .....	32
3.4.3 Metode Sompi .....	33
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b> .....	35
4.1 Bahan Penelitian .....	35
4.2 Peralatan Penelitian .....	36

4.3	Prosedur dan Pengumpulan Data .....	36
4.3.1	<i>Pre – Processing</i> .....	36
4.3.2	<i>Processing</i> .....	37
4.3.2.1	Analisis Spektral .....	37
4.3.2.2	Analisis Frekuensi Kompleks .....	41
4.3.3	<i>Post – Processing</i> .....	43
<b>BAB V</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>45</b>
5.1	Kronologi Erupsi G. Merapi tahun 2010 .....	45
5.2	Karakteristik <i>Long Period Seismicity</i> (Seismisitas LP) G. Merapi .....	48
5.2.1	Gempabumi Tremor .....	50
5.2.2	Gempabumi <i>Long Period</i> (LP) .....	50
5.2.3	Gempabumi Hybrid .....	55
5.3	Analisis Frekuensi Kompleks .....	56
5.4	Variasi Temporal Frekuensi Kompleks .....	61
5.4.1	Variasi temporal antara tanggal 10 September dan 16 Oktober 2010 .....	62
5.4.2	Variasi temporal antara tanggal 16 Oktober dan 24 Oktober 2010 .....	64
5.4.3	Analisis frekuensi kompleks LP periode 30 – 31 Oktober 2010 .....	67
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>72</b>
6.1	Kesimpulan .....	72
6.2	Saran .....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>74</b>
<b>LAMPIRAN</b>	.....	<b>81</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	(A) Kolom erupsi G. Merapi pada 6 November 2010 (B) Puncak G. Merapi, sebelum dan setelah erupsi tahun 2010 (Jousset dkk.,2013a) .....	1
Gambar 1.2	Sketsa Lokasi G. Merapi. Di bagian kanan atas, menunjukkan sebaran gunungapi yang membentuk kelurusan dari Ungaran ke Merapi (Gertisser dkk, 2012) ..	3
Gambar 1.3	Indeks letusan dan masa istirahat G. Merapi (PVMBG) ....	5
Gambar 2.1	a) Gempabumi VTA, b) Gempabumi VTB, c) Gempabumi LF dan d) Gempabumi MP (Wassermann, 2012) .....	14
Gambar 2.2	Gempabumi tornillo G. Lokon 5 Februari 2016; 09:16:16; Stasiun Empung (Hasanah, 2016).....	17
Gambar 2.3	Gempabumi LP pada 30 Oktober 2010; 19:29:58 data dari komponen vertikal stasiun PUS, DEL, KLA dan PLA (Jousset dkk., 2013).....	19
Gambar 2.4	Analisis frekuensi kompleks Gempabumi LP pada 30 Oktober 2010; 08:05:50 data dari komponen vertikal stasiun DEL (Jousset dkk., 2012) .....	20
Gambar 2.5	Hasil analisis frekuensi kompleks dengan Metode Sompi pada even Gempabumi LP G. Papandayan (Syahbana, 2013).....	21
Gambar 3.1	Ilustrasi pergerakan gelombang P dan S .....	23
Gambar 3.2	Ilustrasi pergerakan gelombang love dan rayleigh.....	23
Gambar 3.3	Geometri <i>Crack Model</i> (Kumagai dan Chouet, 2000).....	27
Gambar 3.4	Kontur diagram $a/a$ versus $\rho f / \rho s$ untuk bervariasi tipe fluida (Kumagai dan Chouet, 2000).....	28
Gambar 3.5	a) <i>Waveform</i> , b) STFT, c) Spektrum dan d) $f - Plot$ dari 4 Gempabumi LP Gunungapi Volcano, Kepulauan Aeolian, Italia (Milluzzo, 2010) .....	34
Gambar 4.1	Peta jaringan stasiun seismik G. Merapi (Suharno dkk, 2006 dalam Santoso, 2009) .....	36
Gambar 4.2	<i>Display SCREAM 4.5</i> .....	37
Gambar 4.3	<i>Display</i> seismogram aktivitas Gempabumi G. Merapi pada tanggal 31 Oktober 2009 waktu UTC Stasiun Pusunglondon (BPTKG).....	37
Gambar 4.4	Diagram alir penelitian.....	38
Gambar 4.5	Diagram alir analisis spektral menggunakan MAGMA-CAT.....	39
Gambar 4.6	Analisis TFR dengan MAGMA-CAT.....	40
Gambar 4.7	Hasil <i>Time Frequency Representation</i> sinyal Gempabumi a) <i>Waveform</i> , b) FFT dan c) Spektrogram .....	40
Gambar 4.8	Format data dalam analisis frekuensi kompleks.....	42
Gambar 4.9	Contoh hasil tampilan Running program <code>./fgpperr</code> .....	43
Gambar 4.10	Plot Diagram $f - g$ menggunakan MATLAB .....	44

Gambar 4.11	Diagram alir SOMPI untuk frekuensi kompleks.....	44
Gambar 5.1	Seismisitas G. Merapi September s.d Desember 2010. VT = Gempabumi vulkanik, MP = multiphase (hybrid), LF = Low Frekuensi, <i>Rockfall</i> = Gempabumi guguran, Pyroclastic F = Gempabumi awan panas, dan RSAM = <i>Real-time Seismic Amplitude Measurement</i> (Surono dkk, 2010) .....	46
Gambar 5.2	Data deformasi dengan EDM (Electronic Distance Measurement) (Surono dkk., 2012) .....	47
Gambar 5.3	Event erupsi pertama G. Merapi tahun 2010 pada tanggal 26 Oktober 2010, 10:02 UTC, Stasiun Pusunglondon .....	48
Gambar 5.4	a. Sinyal tremor G. Merapi pada 2 Februari 2010; 03:40:06 UTC. Hasil <i>Time-Frequency Representation</i> (MAGMA-CAT) <i>event</i> Gempabumi bagian dari tremor harmonik G. Merapi; b. Stasiun Deles dan c. Stasiun Pusunglondon .....	49
Gambar 5.5	Peta Topografi G. Merapi yang menunjukkan lokasi dari LP (Jousset dkk., 2013) .....	52
Gambar 5.6	Hasil <i>Time-Frequency Representation</i> (MAGMA-CAT) LP G. Merapi 10 September 2010; 15:37:41 UTC a. Stasiun Deles dan b. Stasiun Pusunglondon .....	53
Gambar 5.7	Bentuk Gelombang Gempabumi Tornillo G. Galeras dengan tipe <i>Pseudo-screw</i> (Seudotornillo) (Narváes dkk., 1997) .....	54
Gambar 5.8	Hasil <i>Time-Frequency Representation</i> (MAGMA-CAT) Hybrid G. Merapi 31 Oktober 2010; 00:32:13 UTC a. Stasiun Pusunglondon, b. Stasiun Deles dan c. Stasiun Klatakan .....	54
Gambar 5.9	Event Hybrid G. Merapi pada tanggal 6 Oktober 2010 .....	55
Gambar 5.10	Contoh Gempabumi Hybrid yang terekam di G. Soufriere Hills, Monserrat (Neuberg dkk., 1998) .....	56
Gambar 5.11	Contoh hasil analisis dengan metode Sompi dalam bentuk plot $f-g$ .....	57
Gambar 5.12	Gambar 5.12 Perbandingan hasil analisis TFR dan analisis frekuensi kompleks dengan metode Sompi dalam bentuk $f-g$ plot antara Stasiun Pusung london dan Stasiun Deles pada event Gempabumi LP pada tanggal 31 Oktober 2010; 00:32 UTC .....	58
Gambar 5.13	<i>Scatter plot</i> histogram frekuensi kompleks .....	59
Gambar 5.14	<i>Timeseries</i> dari kompleks frekuensi G. Merapi periode September hingga November 2010 .....	60
Gambar 5.15	Variasi Temporal frekuensi kompleks antara 10 September dan 16 Oktober 2010: Garis titik – titik (tren periode I), garis putus-putus (tren periode II) dan garis titik-putus (tren periode III) .....	61
Gambar 5.16	$Q_r$ dan $v$ untuk <i>crack</i> mengandung fluida dengan tipe:	62

	(a,d) campuran gas $H_2O - CO_2$ , (b,c) campuran air dan uap air, dan (c,f) <i>misty gas</i> (Kumagai dkk., 2002) .....	
Gambar 5.17	Hubungan antara a. $Q_r$ dan b. $v$ dengan $L/d$ (Kumagai dan Chouet, 2001) .....	63
Gambar 5.18	Variasi Temporal frekuensi kompleks antara 10 September dan 16 Oktober 2010; garis putus-putus menunjukkan tren $Q$ factor dan $f$ .....	64
Gambar 5.19	<i>Event</i> Gempabumi LHF pada tanggal 18 Oktober 2010; 03:28:49 UTC .....	65
Gambar 5.20	Variasi Temporal frekuensi kompleks antara 30 dan 31 Oktober 2010: Garis titik – titik (tren periode I), garis titik-putus (tren periode II), garis putus-putus warna hitam (batas antar periode, dan garis putus-putus warna merah (menunjukkan erupsi eksplosif kecil) .....	66
Gambar 5.21	$Q_r$ dan $v$ untuk <i>crack</i> mengandung fluida dengan tipe: (a,c) <i>water – bubble</i> dan (b,d) <i>basalt – bubble</i> (Kumagai dan Chouet, 2000) .....	67
Gambar 5.22	a. Hasil <i>Time-Frequency Representation event</i> Gempabumi LP G. Merapi 1 November 2010; 02:22:37 UTC, b. Hasil analisis dengan metode Sompi dalam bentuk plot $f-g$ .....	68
Gambar e.1	Contoh hasil analisis dengan Metode Sompi dalam bentuk plot $f-g$ pada <i>event</i> LP pada 30 Oktober 2010; 19:30:01; Stasiun Deles .....	87
Gambar f.1	Fungsi $x(t)$ dengan $\sigma > 0$ .....	88
Gambar f.2	Fungsi $x(t)$ dengan $\sigma < 0$ .....	89
Gambar g.1	Gambar g.1 Spesifikasi Seismometer di Stasiun Deles Mark Product L 4C ( <a href="https://www.iris.edu/hq/files/programs/passcal/docs/sensor_specs/l4c3d.pdf">https://www.iris.edu/hq/files/programs/passcal/docs/sensor_specs/l4c3d.pdf</a> ) .....	92
Gambar g.2	Gambar g.2 Spesifikasi Seismometer di Stasiun Pusung london Mark Product L 22D ( <a href="https://www.iris.edu/hq/files/programs/passcal/docs/sensor_specs/l22d.pdf">https://www.iris.edu/hq/files/programs/passcal/docs/sensor_specs/l22d.pdf</a> ) .....	93

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Data letusan dan korban beberapa periode yang lalu (PVMBG) .....	7
Tabel 2.1	Terminologi dalam Seismik Gunungapi (Modifikasi Syahbana, 2013).....	13
Tabel 3.1	Tabel 3.1 Properti matriks batuan dalam <i>Crack Model</i> .....	29
Tabel 4.1	Posisi stasiun-stasiun seismik G. Merapi (BPPTKG).....	35
Tabel 5.1	Komposisi kimia gas solfatara G. Merapi (Surono dkk., 2012)	64
Tabel A.1	Frekuensi dominan (hasil analisis TFR menggunakan MAGMA-CAT), durasi dan amplitudo.....	79
Tabel B.1	Frekuensi dan <i>Q factor</i> hasil dari analisis Sompi Tipe Gempabumi Tremor .....	82
Tabel C.1	Frekuensi dan <i>Q factor</i> hasil dari analisis Sompi Tipe Gempabumi LP .....	83
Tabel D.1	Frekuensi dan <i>Q factor</i> hasil dari analisis Sompi Tipe Gempabumi Hybrid .....	84

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Frekuensi dominan (hasil analisis TFR menggunakan MAGMA-CAT), durasi dan amplitudo .....	78
Lampiran B	Frekuensi dan $Q$ factor hasil dari analisis Sompi Tipe Gempabumi Tremor .....	81
Lampiran C	Frekuensi dan $Q$ factor hasil dari analisis Sompi Tipe Gempabumi LP .....	82
Lampiran D	Frekuensi dan $Q$ factor hasil dari analisis Sompi Tipe Gempabumi Hybrid .....	83
Lampiran E	Metode Sompi .....	85
Lampiran F	Frekuensi Kompleks .....	87
Lampiran G	Spesifikasi Seismometer .....	92