

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Tujuan Penelitian.....	3
1.4    Batasan Penelitian .....	4
1.5    Manfaat Penelitian .....	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1    Tinjauan Geologi.....	6
2.1.1 Fisiografi .....	6
2.1.2 Geologi Lokal .....	7
2.2    Tinjauan Geofisika .....	9
BAB III .....	20
DASAR TEORI .....	20

3.1	Gelombang Seismik .....	20
1.1.1	Gelombang Badan ( <i>Body Waves</i> ) .....	20
3.1.2	Gelombang Permukaan ( <i>Surface Waves</i> ) .....	21
3.2.	Gempa Mikro .....	22
3.3	Prosesing sinyal digital.....	24
3.3.1	<i>Fast Fourier Transform (FFT)</i> .....	24
3.3.2	Filtering Data Seismik .....	25
3.3.3	<i>Sample rate dan Resampling</i> .....	27
3.4	Analisis <i>Covariance matrix</i> .....	28
3.5	Dekomposisi Eigenvalue.....	30
3.6	<i>Spectral width</i> .....	31
BAB IV	.....	34
METODE PENELITIAN	.....	34
4.1	Data dan Lokasi Penelitian.....	34
4.2	Perangkat Penelitian.....	36
4.2.1	Perangkat Keras .....	36
4.2.2	Perangkat Lunak .....	36
4.3	Diagram Alir.....	37
4.4	Pra-Pemrosesan .....	38
4.4.1	Persiapan Data .....	38
4.4.2	Penentuan Rentang Frekuensi untuk Analisis.....	39
4.4.3	<i>Resampling</i> .....	41
4.5	Bandpass filter.....	42
4.6	Windowing .....	44
4.7	<i>Tapering</i> .....	45
4.8	Perhitungan <i>Covariance matrix</i> .....	46
4.10	Perhitungan <i>Spectral width</i> .....	47
4.11	Perbandingan respon .....	48
BAB V	.....	50



HASIL DAN PEMBAHASAN .....	50
5.1    Uji Coba Analisis menggunakan Data Sintetik .....	50
5.2.    Perhitungan <i>Eigenvalue</i> pada Data Lapangan.....	54
5.3.    Perhitungan <i>Spectral width</i> pada Data Lapangan .....	55
5.4    Perbandingan <i>Spectral width</i> pada Berbagai <i>Event</i> Seismik.....	69
5.5    Penentuan Akurasi Metode .....	71
BAB VI .....	76
KESIMPULAN DAN SARAN.....	76
6.1    Kesimpulan .....	76
6.1    Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA .....	77
LAMPIRAN.....	80

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta persebaran panas bumi di Indonesia (Kementrian ESDM, 2020) .....	1
Gambar 2.1	Peta fisiografi Jawa Barat (Van Bemmelen, 1970).....	6
Gambar 2.2	Peta geologi regional daerah penelitian (Koesmono dkk., 1996) .....	8
Gambar 2.3	Model Konseptual Sistem Aliran Fluida Panas Bumi di sepanjang arah SE-NW menunjukkan bahwa Kawah Putih Diperkirakan Sebagai Aktivitas Vulkanik.....	9
Gambar 2.4	Lokasi studi dan sebaran stasiun seismometer pada Gunung Piton De La Fournaise (Seydoux dkk., 2016).....	10
Gambar 2.5	Hasil penelitian Seydoux (2016) (a) Menyatakan <i>spectral width</i> dalam fungsi waktu dan frekuensi (b) Penurunan secara konsisten bertepatan dengan kejadian seismik yang terdeteksi (panel c dan d), mengindikasikan efektivitas metode <i>covariance matrix</i> dalam mengidentifikasi gempa .....	12
Gambar 2.6	Hasil analisis rata rata <i>spectral width</i> untuk mendeteksi aktivitas seismik vulkanik di Gunung Piton De La Fournaise selama tahun 2010.....	14
Gambar 2.7	Lokasi penelitian Permana dkk. (2022) di Gunung Sakurajima, Jepang. Segitiga hitam menunjukkan lokasi stasiun seismik....	17
Gambar 2.8	Hasil penelitian Permana dkk. (2022). Visualisasi aktivitas vulkanik pada 7–8 Mei. (a) Sinyal infrasound dari stasiun V.SKD2, dengan tanda ledakan dan erupsi. (b) Spektrogram infrasound. (c) Sinyal seismik dari stasiun V.SFT2. (d) Spektrogram seismik.....	18
Gambar 3.1	Ilustrasi perbedaan gelombang badan ( <i>P-wave</i> dan <i>S-wave</i> ) serta gelombang permukaan (gelombang Rayleigh dan gelombang Love) .....	22
Gambar 3.2	Ilustrasi sistem <i>window</i> dalam metode analisis <i>covariance matrix</i> . <i>Subwindow</i> (atas) merupakan proses pembentukan <i>covariance matrix</i> kemudian di rata ratakan di setiap <i>window</i> (bawah).....	29
Gambar 3.3	Distribusi <i>eigenvalue</i> pada saat hanya terdapat <i>noise</i> (kiri) dan distribusi <i>eigenvalue</i> pada saat terjadi <i>event</i> gempa (kanan) (Seydoux dkk., 2018) .....	32
Gambar 4.1	Lokasi penelitian (Tanda biru merupakan lokasi stasiun seismik) .....	34
Gambar 4.2	Distribusi jumlah <i>event</i> gempa mikro harian dari 1 januari hingga 3 April 2018.....	34
Gambar 4.3	Diagram alir penelitian.....	37
Gambar 4.4	Perbandingan <i>firstbreak</i> seismogram gempa mikro (dari atas ke bawah: menampilkan komponen Z, Komponen N dan Komponen E) .....	39
Gambar 4.5	Contoh spektrogram dari sinyal gempa mikro pada 6 Februari 2018 dari stasiun PTH07 yang menampilkan frekuensi	

	dominan yang memuat energi tertinggi dari gempa pada rentang 1-20 Hz.....	40
Gambar 4.6	Perbandingan data mentah (atas) dan data yang telah di resampling dengan frekuensi 50 Hz.....	42
Gambar 4.7	Perbandingan data seismik mentah (atas) dan data yang telah dilakukan filter <i>bandpass</i> (bawah).....	43
Gambar 4.8	Penambahan <i>window</i> dengan <i>overlap</i> (atas) dan <i>subwindow</i> (bawah).....	44
Gambar 4.9	Perbandingan gelombang seismik asli (merah) dan gelombang seismik dengan Tukey <i>Window</i> (biru).....	45
Gambar 4.10	Proses FFT pada setiap <i>sub-window</i> .....	46
Gambar 4.11	Perhitungan parameter <i>spectral width</i> dari <i>eigenvalue</i> (atas), kemudian di definisikan sebagai warna dan kemudian di plot dalam frekuensi-waktu (bawah).....	48
Gambar 5.1	<i>Waveform</i> data sintetik .....	50
Gambar 5.2	Plot spektrogram parameter <i>spectral width</i> pada data sintetis (atas), rata rata <i>spectral width</i> di setiap <i>window</i> (tengah), dan seismogram sintetik.....	52
Gambar 5.3	Persebaran <i>eigenvalue</i> saat hanya terjadi <i>noise</i> (biru), dan persebaran <i>eigenvalue</i> saat terdapat <i>event</i> gempa (merah) dari beberapa frekuensi yang berbeda. ....	53
Gambar 5.4	Perbandingan <i>eigenvalue</i> pada tiga stasiun perekam pada tanggal 1 januari 2018 dan sepuluh stasiun perekam pada tanggal 20 Februari 2018 .....	54
Gambar 5.5	Perbandingan nilai <i>spectral width</i> (simbol sigma) pada tanggal 20 february 2018 saat hanya terdapat <i>noise</i> pukul 21:11:20 (kiri) dan saat terjadi <i>event</i> gempa pukul 19:55:20 (kanan).....	55
Gambar 5.6	Persebaran nilai <i>spectral width</i> dalam domain waktu (atas), rata rata nilai <i>spectral width</i> di setiap <i>window</i> (tengah), dan rekaman seismogram dari stasiun PTH07 (bawah) pada tanggal 1 Maret 2018 .....	56
Gambar 5.7	Variasi <i>spectral width</i> 20 Februari 2018 .....	57
Gambar 5.8	Variasi <i>spectral width</i> 21 Februari 2018 .....	57
Gambar 5.9	Variasi <i>spectral width</i> 22 Februari 2018 .....	58
Gambar 5.10	Respon parameter <i>spectral width</i> saat terjadi <i>event</i> gempa mikro yang menunjukkan nilai yang rendah dibandingkan saat hanya terdapat <i>noise</i> .....	59
Gambar 5.11	<i>Spectrogram</i> hasil penelitian Journeau dkk. (2020) .....	61
Gambar 5.12	Respon parameter <i>spectral width</i> saat terjadi <i>event</i> gempa mikro yang menunjukkan nilai yang tinggi dibandingkan saat hanya terdapat <i>noise</i> .....	62
Gambar 5.13	Perbandingan respon <i>spectral width</i> saat nilai SNR rendah (atas) dan saat nilai SNR tinggi (bawah).....	64
Gambar 5.14	Respon parameter <i>spectral width</i> saat terjadi event gempa tektonik pada tanggal 8 Maret 2018 yang menunjukkan nilai yang tinggi dibandingkan saat hanya terdapat noise.....	65
Gambar 5.15	Respon parameter <i>spectral width</i> saat terjadi <i>event</i> gempa sumur pada tanggal 3 maret 2018 (atas) dan 9 Maret 2018	



	(bawah) yang menunjukkan nilai tinggi dibandingkan saat hanya terdapat <i>noise</i> .....	68
Gambar 5.16	Tren persebaran nilai <i>spectral width</i> pada domain frekuensi pada <i>event</i> gempa tektonik (hijau), gempa mikro (biru), dan <i>noise</i> (merah), dan gempa sumur (ungu).....	69
Gambar 5.17	Persebaran nilai <i>spectral width</i> pada <i>event</i> gempa mikro (biru), gempa tektonik (hijau) dan saat hanya terdapat <i>noise</i> (merah).	72
Gambar 5.18	Perbandingan persebaran nilai <i>spectral width</i> terhadap magnitudo gempa .....	73

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel klasifikasi gempa (Hagiwara, 1964).....	23
-----------	---	----