
Studi Tentang Aktivitas Gunung Merapi pada Periode Desember 2018 - Maret 2019

Bambang Harimei^{1*}, Novita Reskiyah Sari¹, Muhammad Fawzy Ismullah Massinai¹, Agus Budi Santoso²

¹Departemen Geofisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

²Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi

* Corresponding author: bambang.harimei@unhas.ac.id dan bambang.harimei@gmail.com

Received: May 25, 2022; Accepted: Jun 20, 2022.

DOI: <https://doi.org/10.31764/jpl.v3i1.8857>

Abstrak. Telah dilakukan penelitian kejadian awan panas dan gempa guguran di gunung Merapi pada periode Desember 2018 sampai Maret 2019, adapun tujuannya untuk mengidentifikasi perbedaan sinyal awan panas dan gempa guguran. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan sinyal awan panas dan gempa guguran adalah metode *spectrum* HVSZ (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*). Hasil penelitian ini menunjukkan nilai energi yang dilepaskan awan panas lebih besar dibandingkan dengan energi yang dilepaskan gempa guguran. Frekuensi gempa guguran dan awan panas cenderung menurun. Hal ini sebagai indikasi dari penurunan aktivitas gunungapi.

Kata Kunci: Gunung Merapi, Awan Panas, HVSZ, Spectrum, Waves.

Abstract. Research has been carried out on the occurrence of hot clouds and earthquake avalanches at Mount Merapi in the period December 2018 to March 2019, while the aim is to identify differences in the signal of hot clouds and earthquake avalanches. The method used to identify the difference between hot cloud signals and earthquake avalanches is the HVSZ (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) spectrum method. The results of this study indicate that the energy value released by hot clouds is greater than the energy released by an avalanche earthquake. The frequency of avalanche earthquakes and hot clouds tends to decrease. This is an indication of a decrease in volcanic activity.

Keywords: Merapi Volcano, Pyroclastic flows, HVSZ, Spectrum, Waves.

1. Pendahuluan

Gunung Merapi merupakan salah satu Gunungapi teraktif di dunia dengan ketinggian 2980 mdpl. Secara geografis Gunung Merapi terletak pada 7° Lintang Selatan dan 110° Bujur Timur, dan secara administratif Gunung Merapi terletak pada 4 wilayah Kabupaten yaitu Kabupaten Sleman di Provinsi D.I Yogyakarta, dan Kabupaten Magelang, Kabupaten Boyolali, serta Kabupaten Klaten di Provinsi Jawa Tengah (Susilo dkk., 2014). Karakteristik erupsi Gunung Merapi ditandai dengan keluarnya lava baru ke permukaan dan membentuk kubah lava di sekitar puncak. Ketika lava baru mencapai permukaan, lava lama akan mengalami kerusakan sehingga menghambat aliran dan menyebabkan terjadinya guguran lava. Kubah lava yang dibentuk oleh lava baru di sekitar puncak akan terus tumbuh membesar dan menyebabkan ketidakstabilan pada kubah lava tersebut. Kubah lava yang posisinya tidak stabil akan runtuh karena didorong oleh tekanan gas dari dalam sehingga menyebabkan terjadinya awan panas. Awan panas akan mengalir secara gravitasional menyusuri lembah sungai dengan kecepatan 60-100 km/jam. Awan panas inilah yang disebut sebagai Tipe Merapi (ESDM, 2014).

Awan panas merupakan istilah yang digunakan untuk menyebut aliran piroklastik yang terdiri dari batu, kerikil, abu, pasir dalam suatu massa gas vulkanik panas yang keluar dari gunungapi dan mengalir turun mengikuti lerengnya dengan kecepatan bisa lebih dari 100 km per jam. Aliran piroklastik adalah aliran turbulen yang dari jauh tampak seperti awan bergulung-gulung menuruni lereng gunungapi dan bila terjadi malam hari terlihat membara. Awan panas biasanya tidak segemuruh longsoran biasa karena tingginya tekanan gas pada material menyebabkan benturan antar batu-batu atau material di dalam awan panas tidak terjadi dengan kata lain benturan teredam oleh

gas. Awan panas Merapi dibedakan atas dua jenis yaitu awan panas letusan dan awan panas guguran. Awan panas letusan terjadi karena hancuran magma oleh suatu letusan. Partikel-partikel terlempar secara vertikal dan horizontal. Kekuatan penghancuran meterial magma saat letusan ditentukan oleh kandungan gas vulkanik dalam magma. Sedangkan awan panas guguran terjadi karena runtuhnya kubah lava bersuhu sekitar 500 – 600°C oleh tekanan magma dan pengaruh gravitasi (BPPTKG, 2019). Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari hasil perekaman seismograf BPPTKG (Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi) pada stasiun Pasarbubar Gunung Merapi.

Peningkatan kepadatan penduduk dan peningkatan pemanfaatan lahan Gunung Api disebabkan oleh kondisi tanahnya yang subur. Hal ini akan meningkatkan risiko bahaya letusan yang diakibatkan oleh meningkatnya akitivitas magma. Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah: mengidentifikasi perbedaan sinyal awan panas dan gempa guguran Gunung Merapi berdasarkan nilai HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) dan menganalisis aktivitas erupsi Gunung Merapi berdasarkan kejadian awan panas dan gempa guguran berdasarkan frekuensi dominan. (Ratdomopurbo, 2000).

2. Metode Penelitian

Dalam rangka melakukan Identifikasi sinyal guguran dan awan panas Gunung Merapi dilakukan dengan 4 metode, yaitu:

1. Menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*)
Pengolahan data dengan metode HVSR dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Geopsy. HVSR adalah metode yang didasarkan pada asumsi bahwa rasio *spectrum* horizontal dan vertikal dari getaran permukaan merupakan fungsi perpindahan. Hal itu juga menunjukkan bahwa karakteristik dinamis lapisan permukaan secara kasar bisa dipahami pada titik yang diobservasi jika pengamatan bentuk gelombang seismik *microtremor* dilakukan pada tiga komponen, yaitu dua komponen horizontal dan satu komponen vertikal (Nakamura, 1989). Perbandingan spektral antara komponen horizontal dan komponen vertikal dihitung dengan rumus:

$$HVSR = T_{SITE} = \sqrt{\frac{[(S_{North-South})^2 + (S_{East-West})^2]}{S_{VS}}} \quad (1)$$
 untuk pengolahan data pada metode HVSR dibutuhkan dua komponen horizontal (*East West* dan *North South*) dan komponen vertikal, kemudian dilakukan pemilihan *window* pada data sinyal hasil perekaman seismograf selama satu jam untuk memperoleh nilai frekuensi natural dan faktor amplifikasi dari sinyal guguran dan awan panas.
2. Menggunakan metode *Spectrum*
Metode *Spectrum* juga dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Geopsy*. Pada metode ini dilakukan dua kali pemilihan *window*, yaitu pada keseluruhan gelombang dan gelombang 30 detik pertama dari data sinyal perekaman seismograf selama satu jam untuk setiap komponen E, komponen N, dan komponen Z.
3. Menggunakan Perangkat Lunak *Waves V3.2*
Perangkat lunak *Waves V.32* juga melakukan pengolahan data dengan menggunakan Transformasi Fourier jenis FFT. Perangkat lunak ini digunakan untuk mengetahui nilai frekuensi dari sinyal guguran dan awan panas pada detik ke 30 sampai 60.
4. Menghitung waktu T_0 – Amplitudo maksimal
Menghitung waktu tiba gelombang seismik sinyal guguran dan awan panas sampai waktu pada amplitudo maksimal untuk mengetahui beda kecepatan sinyal guguran dan awan panas.

Transformasi Fourier merupakan metode untuk analisis spektral dengan tujuan agar sinyal yang diperoleh dalam domain waktu dirubah menjadi domain frekuensi. Hal ini dilakukan karena perhitungan lebih mudah dalam domain frekuensi dibandingkan dengan domain waktu (Kusuma Dine Tiara, 2021):

$$x(m) = \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} x[2n] W_N^{nm} + W_N^m \sum_{n=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x[2n+1] \quad (2)$$

dengan: x : frekuensi dominan
 m : lebar segmen
 n : segmen
 N : jumlah data
 W : Bobot

Persamaan (2) digunakan untuk menentukan frekuensi dominan dalam suatu sinyal.

Aktivitas Gunung Merapi dapat diketahui dengan cara menghitung frekuensi dominan dari kejadian awan panas dan gempa guguran untuk setiap hari pada periode Desember 2018 sampai Maret 2019. Untuk menghitung energi gempa guguran dan awan panas digunakan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{1}{2} mA^2 \omega^2 \sin^2 \omega t \quad (3)$$

dengan: E : Energi (Joule)
 m : Magnitudo
 A : Amplitudo (mm)
 t : Durasi (s)
 ω : Kecepatan sudut (rad/detik).

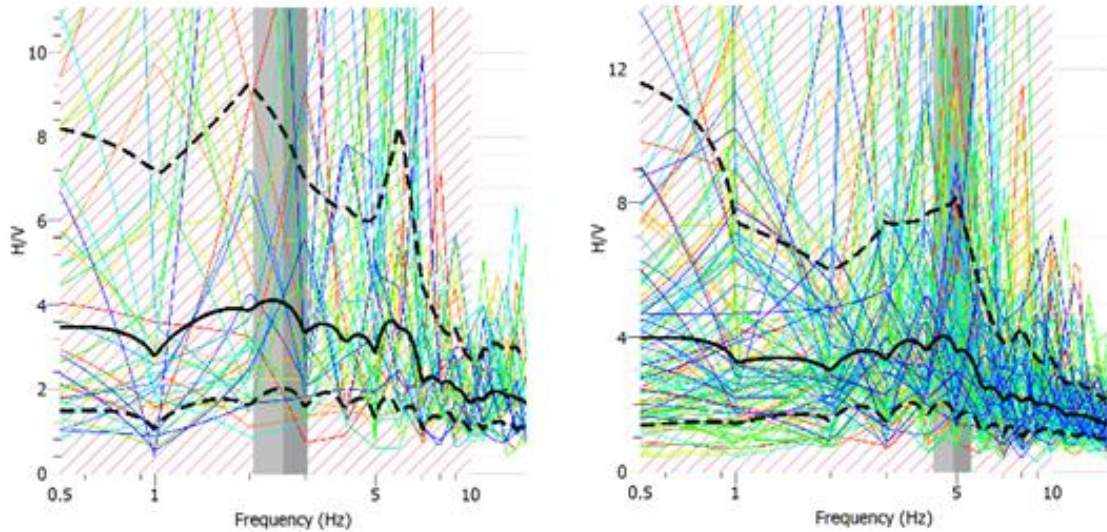
3. Hasil dan Pembahasan

Erupsi Gunung Merapi kembali terjadi pada tanggal 21 Mei 2018 ditandai dengan terjadinya erupsi freatik pada pukul 01.25 WIB dini hari sehingga status normal ditingkatkan menjadi waspada. Kejadian gempa guguran di Gunung Merapi semakin sering terjadi baik itu guguran lava maupun guguran material akibat runtuhnya kubah lava Gunung Merapi. Awalnya guguran terjadi ke arah Barat Laut dan Tenggara, tetapi pada bulan Januari 2019 guguran yang terjadi lebih dominan ke arah Tenggara. Kemudian disusul dengan terjadinya awan panas guguran pertama ke arah Tenggara setelah status Gunung Merapi dinyatakan Waspada pada tanggal 29 Januari 2019.

3.1. Hasil

Hasil didapatkan setelah membandingkan gelombang S pada frekuensi horizontal (*North-South*) dan vertikal (*Up-Down*). Hasil dari HVSR menggunakan perangkat lunak *Geopsy* melakukan pengolahan data menggunakan Transformasi Fourier jenis FFT (*Fast Fourier Transform*). FFT digunakan untuk mengubah data dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Domain waktu adalah waktu yang dibutuhkan suatu gelombang untuk mencapai satu gelombang penuh, sedangkan domain frekuensi adalah jumlah gelombang yang terjadi dalam satu detik. Hasil ini dapat dilihat pada Gambar 1a dan 1b. Kurva menunjukkan hasil pengolahan HVSR, garis warna warni pada kurva tersebut mewakili setiap window yang telah dipilih, sedangkan garis putus-putus atas pada kurva menunjukkan A_0 maksimum dan garis putus-putus bawah menunjukkan A_0 minimum. Nilai frekuensi yang diperoleh dari kurva H/V dapat dilihat pada Gambar 1(Kiri) dan 1(Kanan).

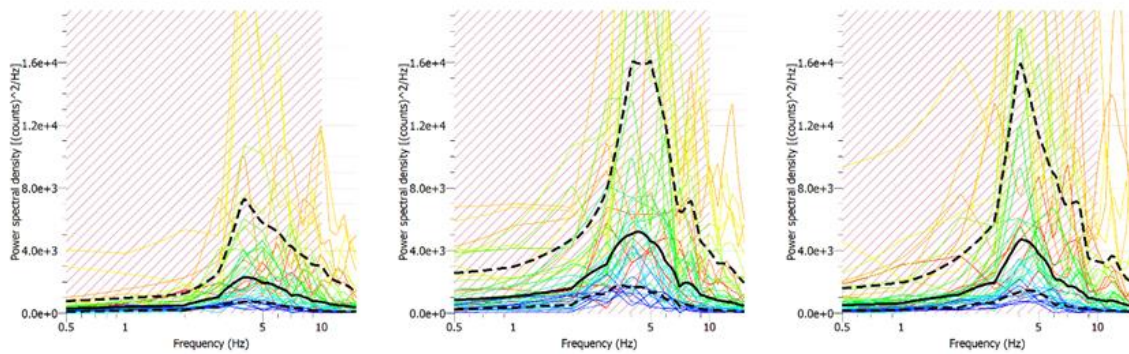
Berdasarkan hasil pengolahan HVSR maka diperoleh nilai frekuensi dominan maksimum 4,93854 Hz dan frekuensi dominan minimum 1,31132 Hz, sedangkan untuk nilai faktor amplifikasi maksimum adalah 4,5295 dan faktor amplifikasi minimum 3,18289 dapat dilihat pada Gambar 1, Kurva H/V. Kiri: gempa guguran. Kanan: awan panas. Pada Tabel 1 (lihat lampiran), hasil analisis HVSR dapat dilihat bahwa nilai frekuensi dominan untuk gempa guguran berkisar antara 1,32132 sampai 4,93854 Hz. Sedangkan nilai frekuensi dominan awan panas berkisar antara 2,37528 sampai 4,88395 Hz, hanya terdapat satu nilai frekuensi yang berbeda jauh yaitu 2,37528 Hz. Dari hasil analisis H/V tersebut sinyal awan panas dan guguran belum bisa diidentifikasi, oleh karena itu selanjutnya dilakukan analisis *Spectrum*.



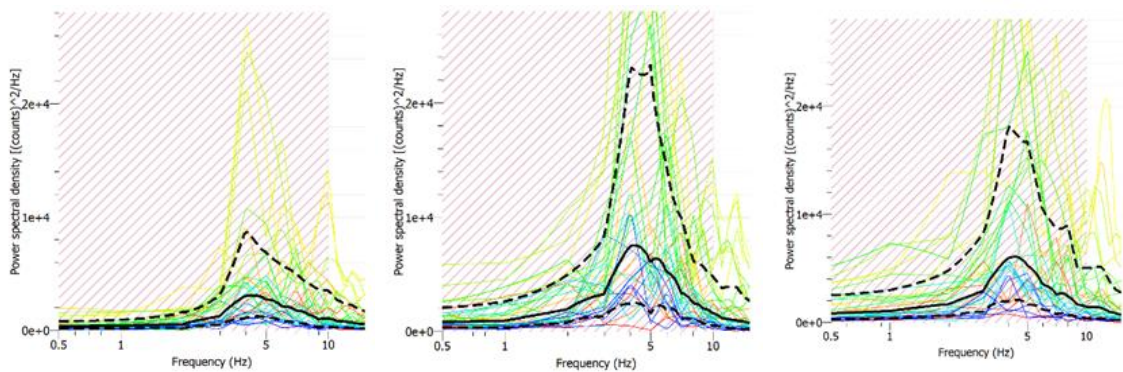
Gambar 1. Kurva H/V. Kiri: gempa guguran. Kanan: awan panas.

3.2. Analisis Spectrum

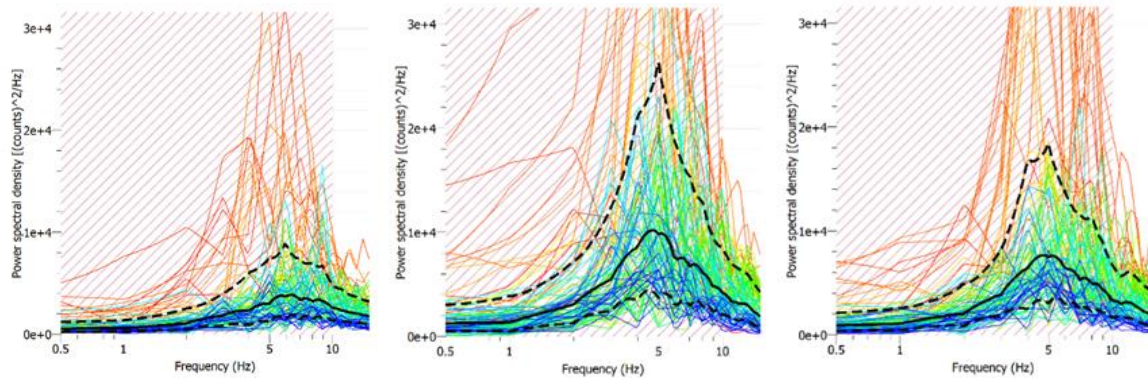
Analisis *Spectrum* yang dilakukan memperoleh tiga kurva *spectrum* yaitu kurva komponen Z, komponen N, dan komponen E. Analisis *spectrum* juga menggunakan Transformasi fourier jenis FFT, yaitu mengubah domain waktu menjadi domain frekuensi. Pada kurva *spectrum* diperoleh nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi yang dapat dilihat pada Gambar 2.



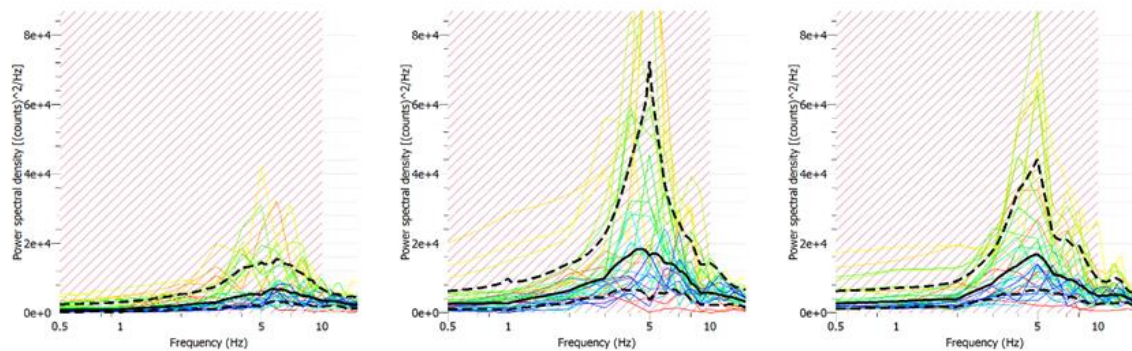
Gambar 2. Kiri: Kurva *spectrum full wave* gempa guguran. Tengah: Komponen Z. Kanan: Komponen N dan E.



Gambar 3. Kiri: Kurva *Spectrum 30s* sinyal guguran dalam Komponen Z. Tengah: Komponen N. Kanan: Komponen E.



Gambar 4. Kiri: Kurva analisis *spectrum full wave* sinyal awan panas Komponen Z. Tengah: Komponen N. Kanan: Komponen E.



Gambar 5. Kiri: Kurva analisis *spectrum* 30s sinyal awan panas. Tengah: Komponen Z. Kanan: Komponen E.

Berdasarkan kurva analisis *spectrum* diperoleh nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi. Pada analisis *spectrum full wave* kejadian awan panas dan gempa guguran diperoleh nilai frekuensi dominan untuk komponen Z berkisar antara 4,19855 sampai 8,7339 Hz, untuk komponen N frekuensi dominan yang diperoleh berkisar antara 4,14412 sampai 7,67533 Hz, sedangkan nilai frekuensi dominan untuk komponen E berkisar antara 4,12988 sampai 8,0619 Hz. Faktor amplifikasi yang diperoleh menggunakan analisis *spectrum* untuk komponen Z berkisar antara 141,735 sampai 7594,2, untuk komponen N diperoleh nilai faktor amplifikasi berkisar antara 315,341 sampai 26288, sedangkan untuk komponen E diperoleh nilai faktor amplifikasi berkisar antara 236,383 sampai 14275,2. seperti ditunjukkan Gambar 2(Kiri) – 5(Kiri), 2(Tengah) – 5(Tengah) dan 2(Kanan) – 5(Kanan).

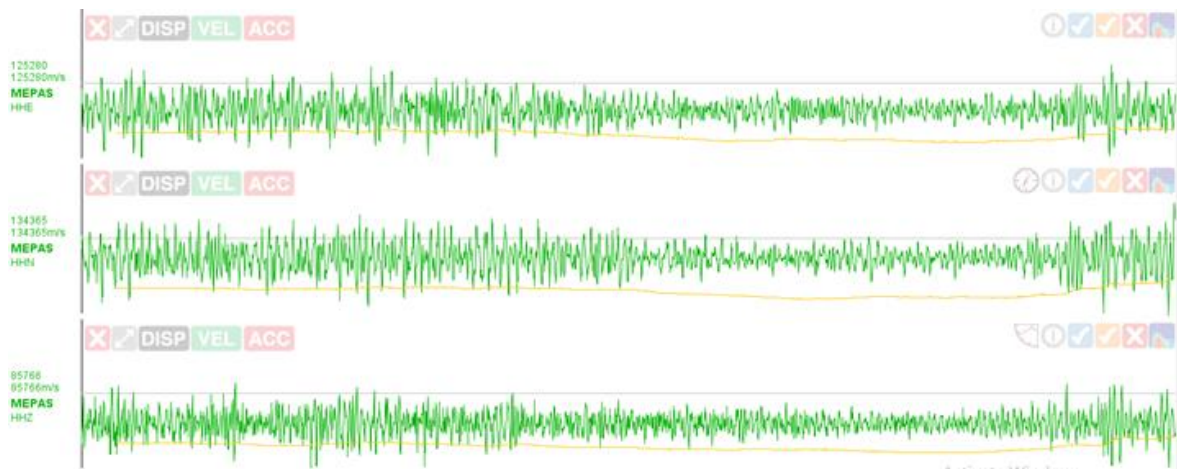
Analisis *Spectrum* untuk 30s, memperoleh nilai frekuensi dominan yang pada komponen Z berkisar antara 3,93196 sampai 8,89247 Hz. Untuk komponen N diperoleh nilai berkisar antara 4,13073 sampai 6,5311 Hz, kemudian pada komponen E diperoleh nilai 4,15011 sampai 6,70732 Hz, sedangkan faktor amplifikasi yang diperoleh pada komponen Z berkisar antara 339,429 sampai 11511,8, untuk komponen N nilai berkisar antara 724,57 sampai 43211,5, dan pada komponen E diperoleh nilai 566,907 sampai 32998,9.

Berdasarkan nilai analisis *Spectrum* yang diperoleh, maka dapat dilihat bahwa dari nilai frekuensi dominan antar gempa guguran dan awan panas tidak dapat ditemukan perbedaan. Nilai faktor amplifikasi yang diperoleh juga tidak konsisten, sehingga tidak dapat dilakukan identifikasi pada sinyal awan panas dan gempa guguran.

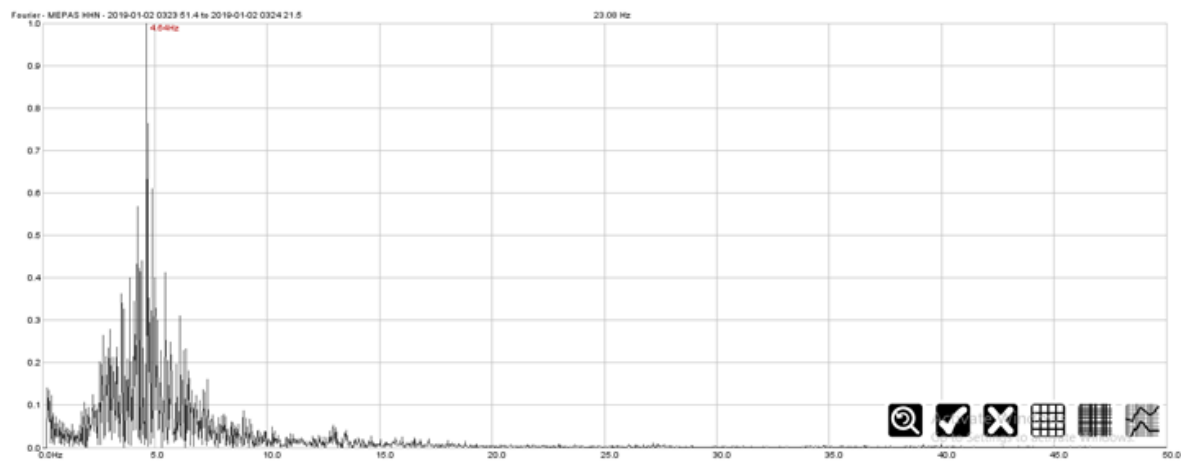
3.3. Analisis Waves

Analisis menggunakan perangkat lunak *Waves* V3.2 dilakukan untuk mendapatkan nilai frekuensi dari sinyal gempa guguran dan awan panas. Sinyal yang diolah menggunakan perangkat lunak *Waves* merupakan sinyal gempa guguran dan awan yang durasi kejadiannya lebih dari 60 detik, hal ini

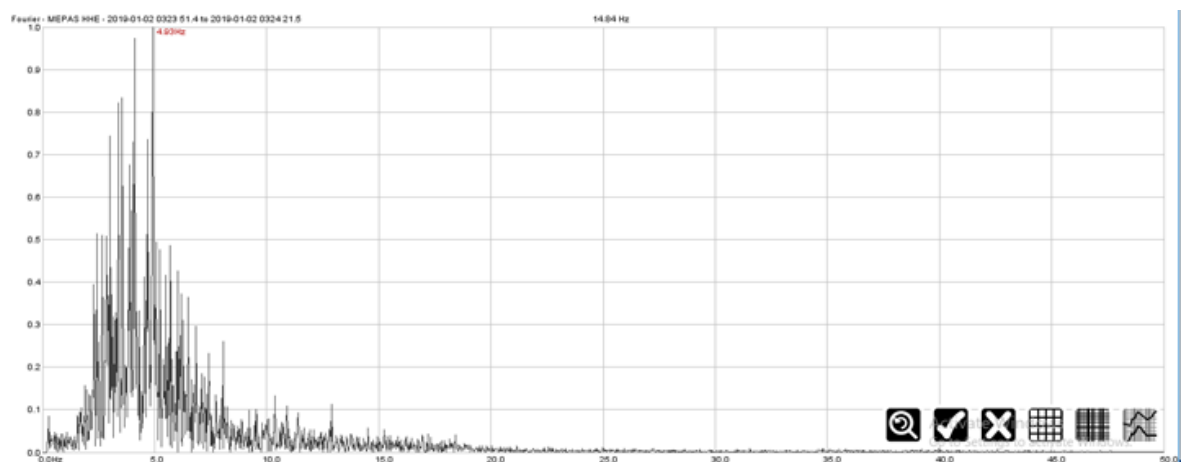
dilakukan karena pemilihan sinyal pada analisis ini dipilih pada detik ke 30 sampai 60. Gambar 6 menunjukkan sinyal yang ditandai warna hijau dari kejadian awan panas dan gempa yang terekam selama 30 detik.



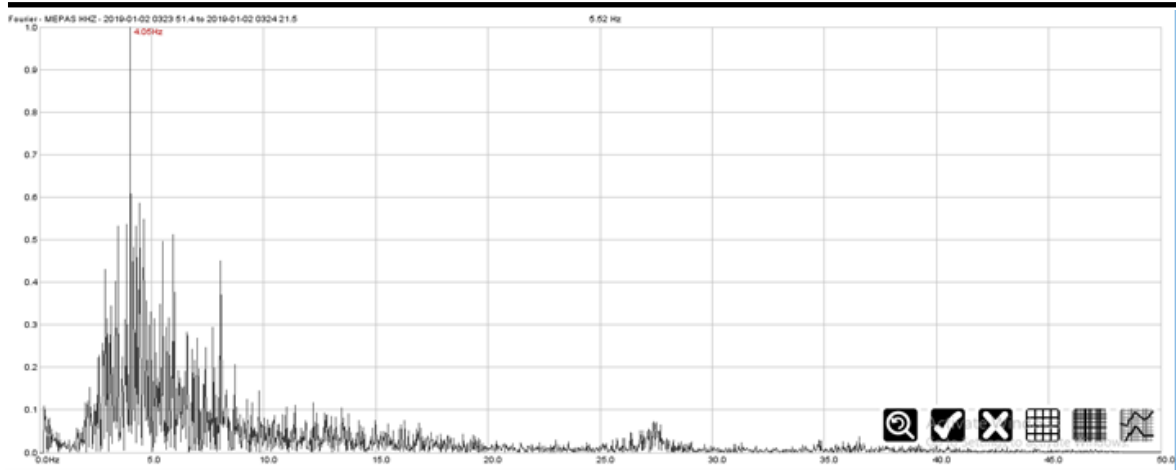
Gambar 6. Sinyal 30 detik kedua gempa guguran dalam komponen N, E, dan Z.



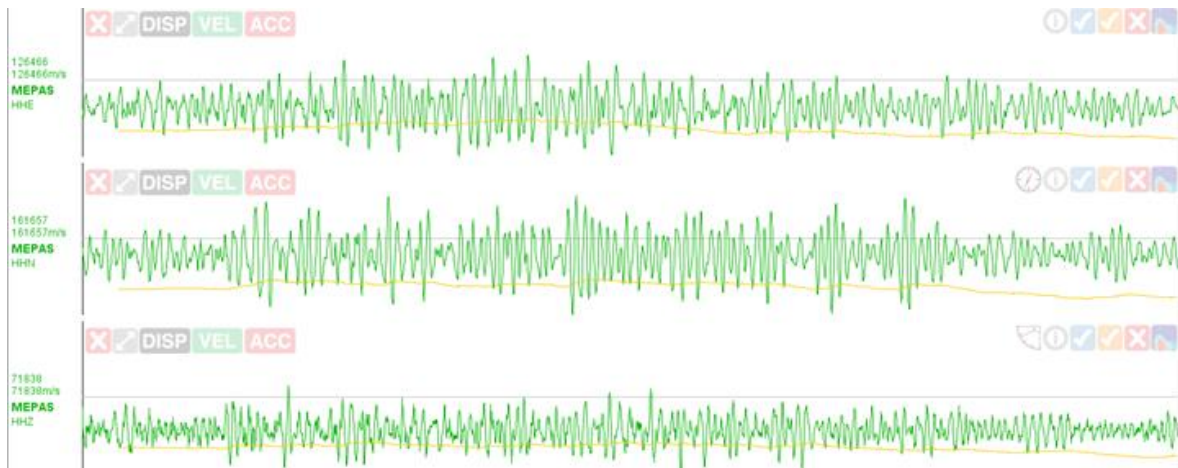
Gambar 6a. Frekuensi Domain Sinyal 30 detik gempa guguran dalam komponen N.



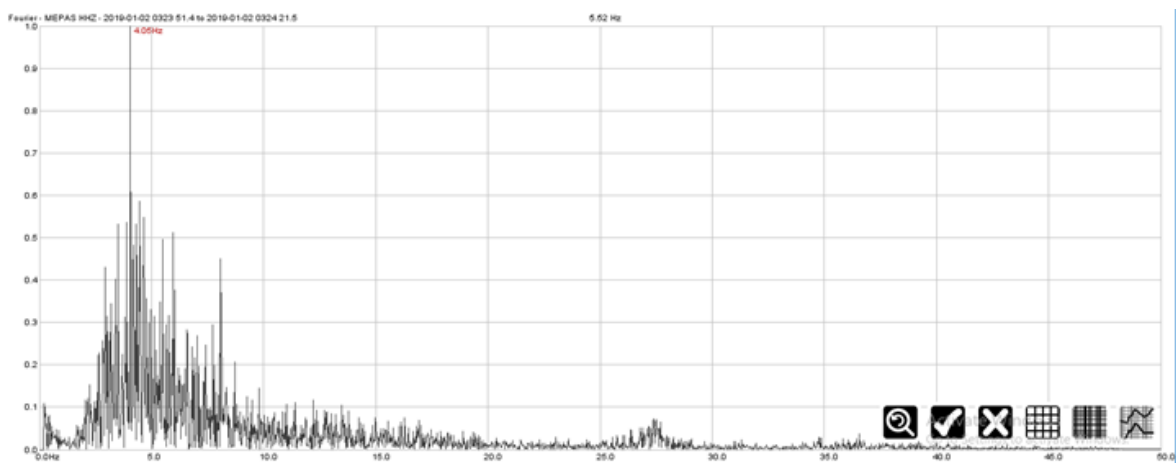
Gambar 6b. Frekuensi Domain Sinyal 30 detik gempa guguran dalam komponen E.



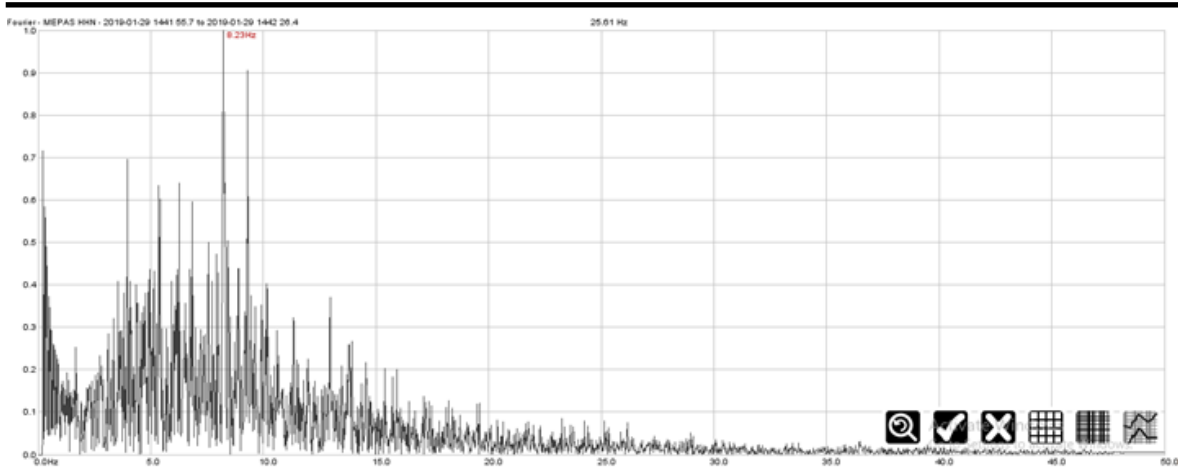
Gambar 6c. Frekuensi Domain Sinyal 30 detik gempa guguran dalam komponen Z.



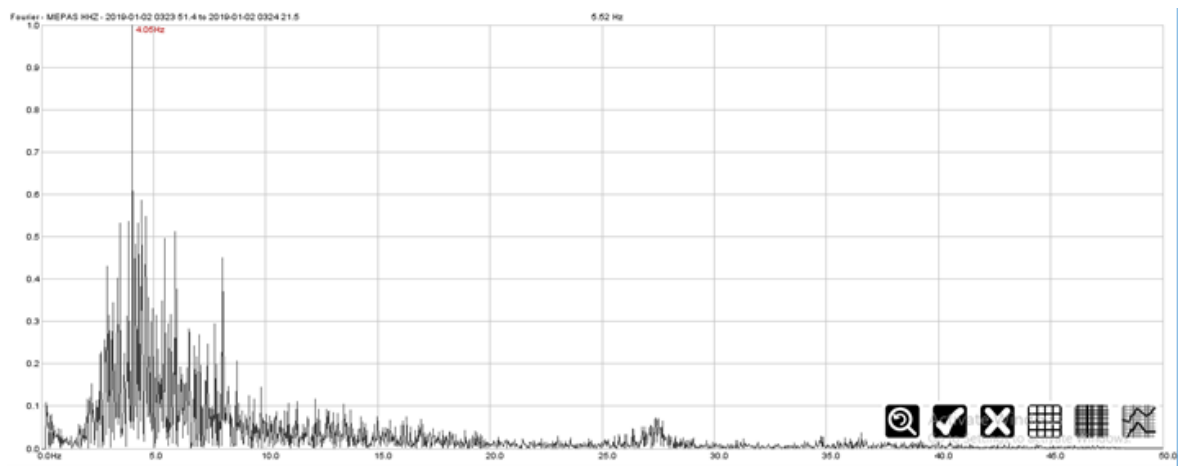
Gambar 7. Kurva FFT gempa guguran (a) komponen E (b) komponen N (c) komponen Z.



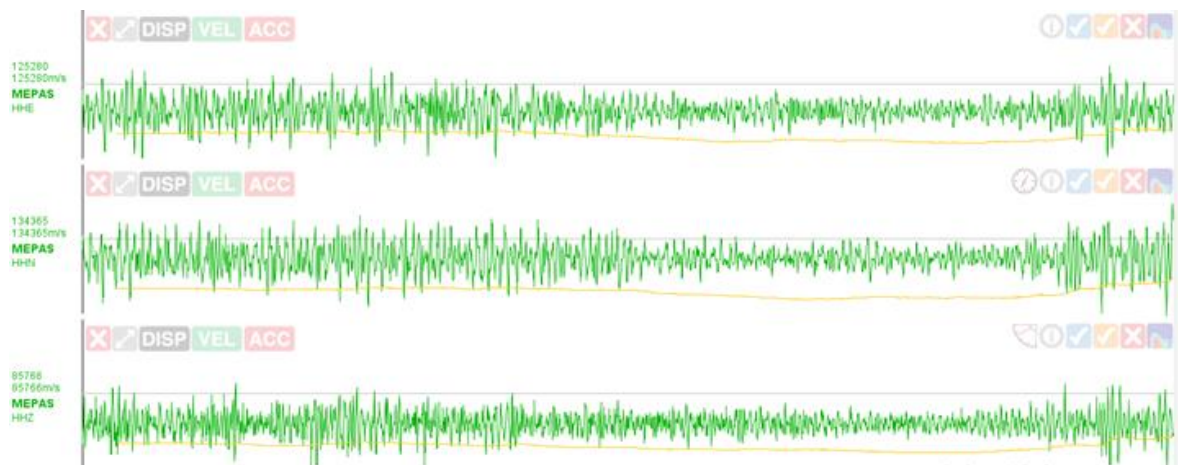
Gambar 7a. Frekuensi Domain komponen E.



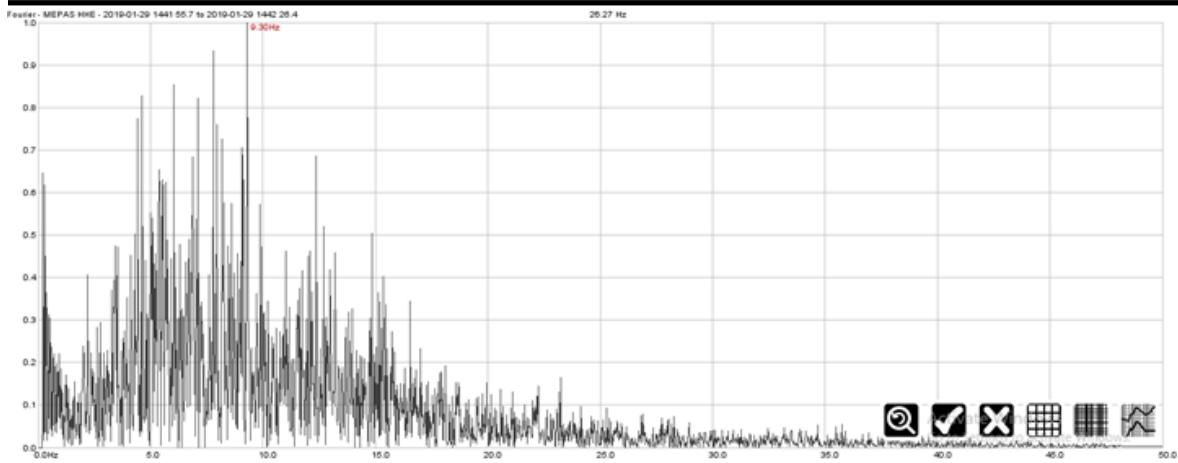
Gambar 7b. Frekuensi Domain komponen N.



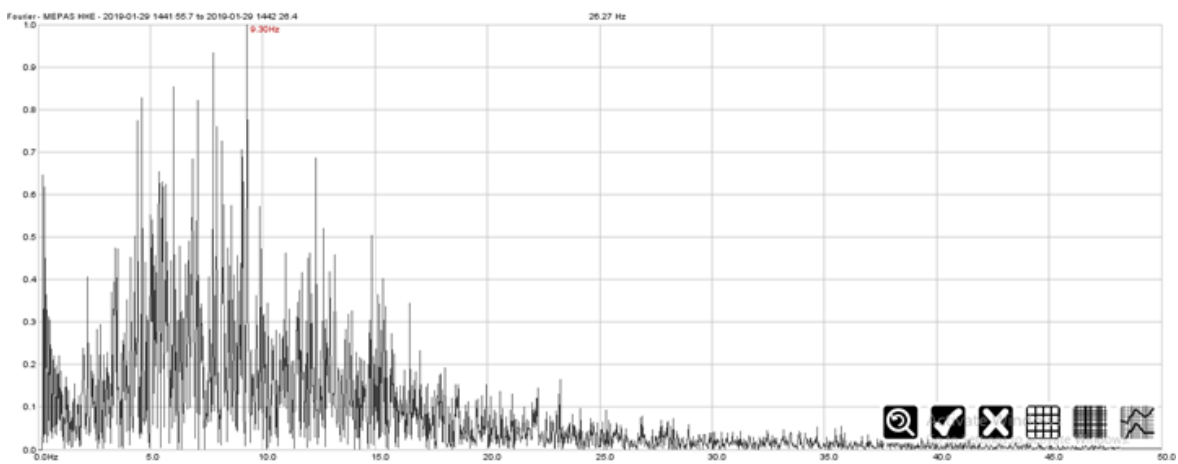
Gambar 7c. Frekuensi Domain komponen Z.



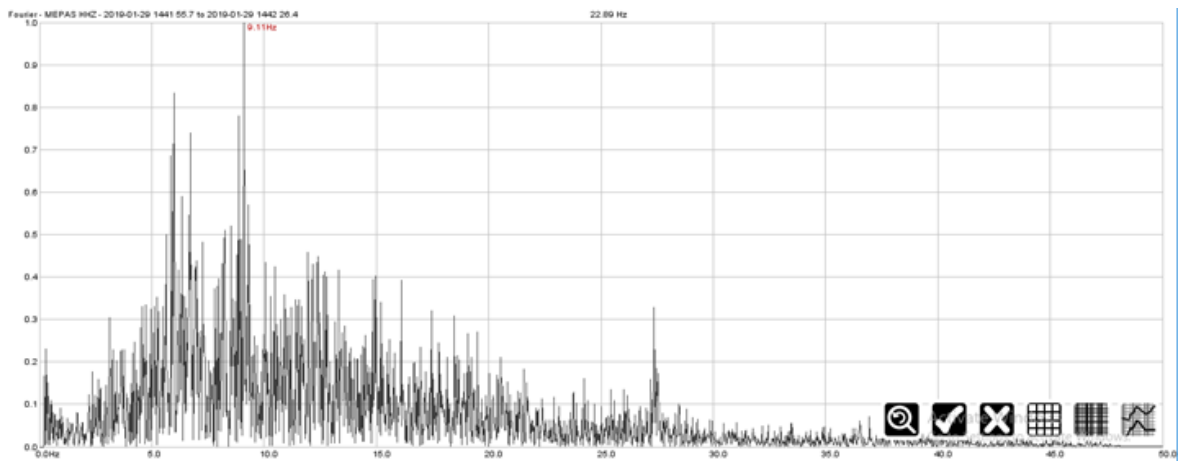
Gambar 8. Sinyal 30 detik kedua awan panas.



Gambar 8a. Frekuensi Domain Awan komponen E.



Gambar 8b. Frekuensi Domain Awan komponen N.



Gambar 8c. Frekuensi Domain Awan komponen Z.

Pada analisis ini diperoleh tiga kurva frekuensi yaitu kurva komponen Z dengan nilai frekuensi berkisar antara 0,2 sampai 27,54 Hz, kurva komponen N berkisar antara 0,2 sampai 9,06 Hz, dan kurva komponen E berkisar antara 0,2 sampai 12,06 Hz, sedangkan untuk awan panas diperoleh nilai frekuensi untuk kurva komponen Z berkisar antara 5,59 sampai 13,72 Hz, kurva komponen N berkisar antara 4,03 sampai 8,23 Hz, dan komponen E berkisar antara 4,08 sampai 11,04. Pada kejadian gempa guguran tanggal 3 Januari 2019 diperoleh nilai frekuensi 27,54 Hz yang merupakan

nilai frekuensi tertinggi, sehingga dapat diprediksi bahwa pada saat itu terjadi guguran kubah lava yang besar tapi tidak disertai dengan kejadian awan panas.

Berdasarkan grafik energi awan panas dan gempa guguran terlihat bahwa energi yang dilepaskan selama masa erupsi tidak sama setiap harinya. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh durasi kejadian serta amplitudo dari setiap kejadian awan panas dan gempa guguran. Nilai energi gempa guguran pada grafik cenderung mengalami peningkatan. *Trend* naik ini berkaitan dengan aktivitas erupsi yang terjadi pada Gunung Merapi. Pada grafik awan panas nilai energi cenderung mengalami penurunan, nilai energi yang paling besar dilepaskan pada kejadian awan panas pertama, yaitu pada tanggal 9 Januari 2019. Meskipun demikian nilai energi yang dilepaskan awan panas lebih besar dibandingkan dengan nilai energi yang dilepaskan oleh gempa guguran.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut: 1. Nilai energi yang dilepaskan awan panas lebih besar dibandingkan dengan energi yang dilepaskan gempa guguran. 2. Frekuensi gempa guguran dan awan panas cenderung menurun. Hal ini sebagai indikasi dari penurunan aktivitas gunungapi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Badan Geospasial Indonesia (BIG) yang telah menyediakan data penelitian. Dan tak lupa pula kepada Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin yang telah mendukung penelitian ini.

Referensi

- BPPTKG Karakteristik Gunung Merapi. (2016). <http://merapi.bgl.esdm.go.id/> (Website Resmi Balai Penyelidikan Dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi) <http://merapi.bgl.esdm.go.id/pub/page.php?idf=9> diakses pada tanggal 29 april 2019.
- Champeney, D.C. (1993). *Fourier Transform and Their Physical Applications*. Academic Press.
- ESDM Gunung Merapi Jawa Tengah. (2014). <https://www.esdm.go.id/> (Website Resmi Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Republic Indonesia) <http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar-gunungapi/542-g-merapi> diakses pada tanggal 29 april 2019.
- Kusuma Tiara Dine, (2021). *Fast Fourier Transform (FFT) Dalam Transformasi Sinyal Frekuensi Suara Sebagai Upaya Perolehan Average Energy (AE) Musik*. Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika Vol. 14, No. 1, Maret 2021, P-ISSN 1978-9262, E-ISSN 2655-5018
- Nakamura, Y. (2000). Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and its Applications, System and Data Research Co. Ltd., 3-25-3 Fujimidai, Kunitachi-shi, Tokyo, Japan yutaka@sdr.co.jp.
- Ratdomopurbo, A et al. (2000). Deformation and seismic precursors to dome-collapse and fountain-collapse *nue ´es ardentes* at Merapi Volcano, Java, Indonesia, 1994–1999, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*.
- Susilo, Aryadi Nugroha et al. (2014). Analisis Tingkat Resisko Erupsi Gunung Merapi Terhadap Pemukiman di Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, *Jurnal Teknik PWK* Vol. 3 No.1.
-

Lampiran

Tabel 1. Hasil pengukuran HVSR

Waktu Awal	RF/PF	HVSR	
		f0	A0
2018/12/18/17.03.40	RF	2,42285	4,02851
2018/12/18/17.10.47	RF	4,87442	4,51770
2018/12/19/03.40.12	RF	2,54887	4,05432
2018/12/19/04.06.53	RF	2,52331	4,20279
2018/12/19/12.24.03	RF	2,42337	4,41560
2019/01/04/14.01.22	RF	2,52788	4,05838
2019/01/08/08.13.40	RF	3,72606	3,36351
2019/01/12/14.16.35	RF	4,63946	3,63017
2019/01/28/19.17.09	RF	4,88318	3,65666
2019/01/29/13.16.26	PF	2,37528	4,04126
2019/01/29/13.56.21	PF	4,86498	3,70598
2019/01/29/14.41.23	PF	4,88395	3,78326
2019/02/02/10.29.24	RF	4,75484	3,49876
2019/02/02/13.52.34	RF	4,02079	3,29345
2019/02/03/06.47.10	RF	4,49652	3,40013
2019/02/03/10.15.28	RF	4,21968	4,08996
2019/02/03/15.28.16	RF	4,65914	3,47591
2019/02/03/15.36.22	RF	4,93854	3,51410
2019/02/04/20.30.00	RF	4,04234	4,46793
2019/02/05/01.31.25	RF	3,98718	3,75056
2019/02/07/14.33.30	RF	4,85670	4,2445
2019/02/07/11.28.53	PF	4,75608	3,81736
2019/02/07/17.18.20	RF	4,87592	3,55504
2019/02/08/10.03.34	RF	2,47648	4,51577
2019/02/08/14.50.14	RF	1,32132	4,52920
2019/02/08/15.42.17	RF	3,92749	4,15154
2019/02/08/15.46.24	RF	4,78565	3,82701
2019/02/11/01.57.02	PF	4,83200	3,18289