

Karakteristik mikrotremor dan analisis seismisitas pada jalur sesar Opak, kabupaten Bantul, Yogyakarta

(Microtremor characteristics and analysis of seismicity on Opak fault lines, Bantul district, Yogyakarta)

Merizka Marsyelina¹, Nugroho Budi Wibowo², Denny Darmawan¹

¹Juridik Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta (UNY),
Kampus Karangmalang, Sleman, DI Yogyakarta 55281

faks. (0274) 548203 dan e-mail: Merizka_Marsyelina@yahoo.co.id dan darmawan@uny.ac.id

²Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Geofisika Yogyakarta (Pusat Gempa Regional IV),
Jl. Wates km. 8, Dusun Jitengan, Desa Balecatur, Kecamatan Gamping, Sleman, DI Yogyakarta

diterima 2 Desember 2013, disetujui 3 Februari 2014

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mikrotremor dan analisis seismisitas di sekitar sesar Opak di Kecamatan Jetis, Kecamatan Imogiri, Kecamatan Pundong, dan Kecamatan Kretek. Penelitian ini menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), analisis spektrum, analisis TFA (*time frequency analysis*), dan metode *maximum likelihood*. Pengambilan data mikrotremor dilakukan sebanyak 9 titik data primer dan 32 titik data sekunder dengan spasi *grid* 3 km. Data yang didapat dari pengukuran di lapangan berupa data numerik rekaman gelombang alami atau sinyal seismik di setiap titik pengukuran. Data tersebut diolah sehingga dapat diketahui karakteristik struktur lapisan tanah dan batuan. Untuk analisis seismisitas digunakan data gempa tahun 2006-2014 dari BMKG. Hasil penelitian ini menunjukkan analisis seismisitas gempabumi di sekitar sesar Opak mempunyai *magnitude* gempa antara 0,4 SR hingga 3,2 SR, mempunyai kedalaman gempa 10 km hingga 20 km, dan mempunyai nilai *b* antara 0,44 hingga 0,76. Karakteristik mikrotremor di sekitar sesar Opak menurut parameter peta hasil pemodelan frekuensi dominan, peta hasil pemodelan periode dominan, peta hasil pemodelan faktor amplifikasi, peta pemodelan Vs30, kurva H/V, kurva spektrum dan kurva TFA yang terbagi menjadi tiga zona.

Kata kunci: Metode HVSR, Analisis TFA, Analisis Spektrum, Metode maksimum *likelihood*, Karakteristik Mikrotremor, Analisis Seismisitas, Nilai *b*, Sesar Opak.

Abstract

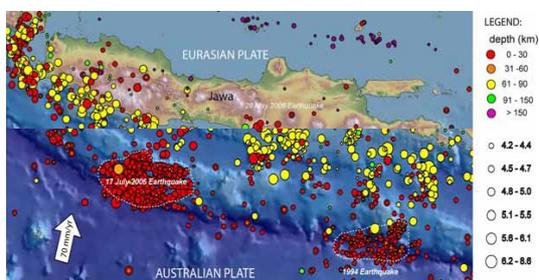
This research aimed to determine the microtremor characteristics and seismicity analysis around Opak's fault in Jetis subdistrict, Imogiri subdistrict, Pundong subdistrict, and Kretek subdistrict. This research using HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) method, spectrum analysis, TFA analysis and maximum likelihood method. The primary microtremor's data was taken from 9 points and these secondary data from 32 point using grid 3 km spacing. The data record the natural waves or seismic signals at each measurement points. The processed data thus characterize the structure of the soil and rock layers. For seismicity of analysis earthquake data since 2006-2014 from BMKG were used. The results indicate microtremor characteristics around the fault Opak according to the parameter map predominant frequency modeling result, map predominant period modeling result, map amplification factor modeling result, map Vs30 modeling result, curve H/V, curve spectrum and curve TFA which is divided into three zones. Seismicity analysis showed that earthquake around Opak fault earthquake has magnitude between 0,4 to 3,2, has a depth of 10 km to 20 km, and has a *b*-value of 0,44 to 0,76.

Key words: HVSR method, TFA analysis, spectrum analysis, maximum likelihood method, microtremor characteristics, *b*-value, Opak fault

Pendahuluan

Kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Indo-Australia di bagian Selatan, lempeng Eurasia di bagian Utara, dan lempeng Pasifik di bagian Timur [1]. Letak geografis tersebut menyebabkan Indonesia menjadi kawasan yang rawan terhadap bencana besar, terutama bencana geologis. Gempabumi di Indonesia merupakan fenomena alam yang sudah sering terjadi akibat pengaruh dari letak geografis negara Indonesia. Wilayah yang rawan dan sering terjadi gempabumi umumnya memiliki kesamaan letak geografis, yaitu terletak dekat dengan zona tumbukan lempeng.

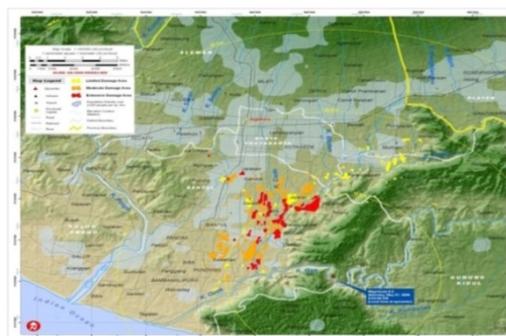
Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan wilayah yang termasuk dekat dengan zona tumbukan lempeng serta memiliki struktur geologi yang kompleks. Kondisi tatanan tektonik yang begitu kompleks menyebabkan wilayah Yogyakarta dan sekitarnya telah menjadi kawasan seismik aktif dengan frekuensi kegempaan yang sangat tinggi. Berdasarkan kondisi tersebut, perlu adanya pemahaman mengenai karakteristik gempabumi di suatu daerah, khususnya untuk daerah kegempaan aktif. Pengetahuan mengenai karakteristik gempabumi yang mempengaruhi seismisitas seperti wilayah Yogyakarta dapat dipelajari melalui analisis seismisitas. Parameter analisis seismisitas meliputi lokasi yang dituangkan dalam koordinat *latitude* dan *longitude*, kemiringan bidang (*dip*), *rate*, dan *b-value* dari wilayah Yogyakarta yang bisa didapatkan dari data gempa historis, serta batas kedalaman area.



Gambar 1. Peta seismisitas di Pulau Jawa sejak tahun 1973 [2].

Berdasarkan kondisi seismisitas yang ditunjukkan pada Gambar 1, tampak bahwa zona selatan Pulau Jawa memang memiliki

tingkat aktivitas kegempaan yang cukup tinggi. Informasi mengenai seismisitas di daerah Yogyakarta sudah ada namun informasi seismisitas di sekitar sesar (patahan) Opak masih terbatas. Sesar Opak merupakan sesar aktif yang memanjang di Sungai Opak dari pantai selatan ke utara Yogyakarta. Gempabumi yang terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 berkekuatan 5,9 Skala Richter di Yogyakarta disebabkan adanya gerakan aktif dari sesar Opak yang menimbulkan kerusakan sangat parah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Distribusi kerusakan gempa bumi Bantul 27 Mei 2006 [3].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mikrotremor dan analisis seismisitas di sekitar sesar Opak di Kecamatan Jetis, Kecamatan Imogiri, Kecamatan Pundong, dan Kecamatan Kretek.

Metode Penelitian

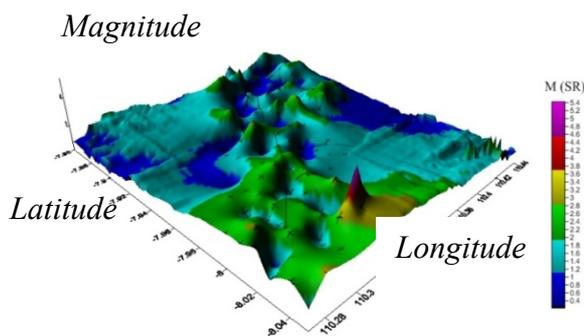
Proses pengambilan data terbagi atas dua tahap yaitu tahap desain survei dan tahap pengambilan data mikrotremor. Pada tahap desain survei, lokasi titik sampel berada di sekitar sesar Opak. Penentuan titik sampel menggunakan metode *grid* dengan interval 3 km di wilayah Kecamatan Pundong dan Kecamatan Kretek sebanyak 9 titik sampel, kemudian ditambah dengan data sekunder dari penelitian sebelumnya sebanyak 32 titik sampel di wilayah Kecamatan Jetis, Kecamatan Imogiri, Kecamatan Pundong, dan Kecamatan Kretek yang berada di sekitar sesar Opak. Selain menggunakan *caragrid*, penentuan titik sampel data mikrotremor juga mempertimbangkan beberapa persyaratan yang mengacu kepada standar aturan yang ditetapkan oleh *SESAME*

European research project. Tahap selanjutnya adalah pengambilan data. Pengambilan data mikrotremor dilakukan selama 30 menit dengan sampling frekuensi 100 Hz.

Hasil dan Diskusi

Analisis Seismisitas

Seismisitas merupakan aktivitas gempabumi pada suatu lokasi dari waktu ke waktu. Pada tahun 2006-2014 di sekitar sesar Opak terjadi banyak kejadian gempabumi. Hal ini disebabkan karena aktifnya sesar Opak pada tahun 2006. Untuk mengetahui seismisitas pada tahun 2006-2014 di sekitar sesar Opak maka perlu analisis seismisitas dengan menggunakan parameter-parameter yaitu *epicenter* gempa, *magnitude* gempa, kedalaman gempa, dan nilai *b*. *Epicenter* gempa adalah lokasi pusat gempabumi pada permukaan bumi sebagai hasil proyeksi tegak lurus dari *hiposenter*. *Magnitude* gempabumi adalah parameter gempa yang berhubungan dengan besarnya kekuatan gempa di sumbernya. Peta hasil pemodelan *magnitude* gempa di sekitar sesar Opak ditunjukkan pada Gambar 3 yang merupakan hasil pemodelan 3D *magnitude* gempa tahun 2006-2014.

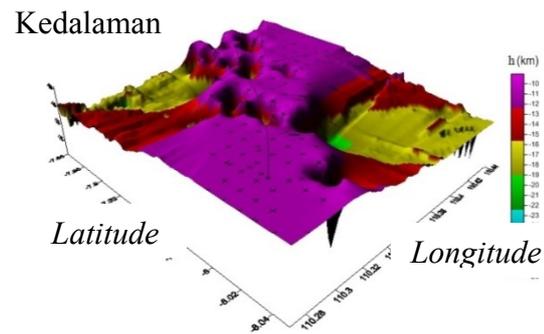


Gambar 3. Pemodelan 3D *magnitude* gempa 2006-2014.

Hasil pemodelan 3D dari *magnitude* menunjukkan bahwa gempabumi di sekitar jalur sesar Opak antara 0,4 SR – 3,2 SR yang artinya termasuk karakteristik gempabumi mikro dan gempabumi kecil. Gempa mikro dan gempabumi kecil dikategorikan sebagai gempa yang tidak

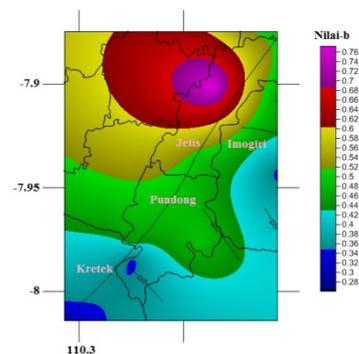
berbahaya karena menyebabkan kerusakan rendah.

Kedalaman gempabumi adalah titik pusat gempabumi di bawah permukaan bumi di mana energi gempa dilepaskan. Kedalaman gempabumi di sekitar sesar Opak ditunjukkan pada Gambar pemodelan 3D kedalaman gempa di sekitar sesar Opak menggunakan data gempabumi tahun 2006-2014.



Gambar 4. Pemodelan 3D kedalaman gempa tahun 2006-2014.

Hasil pemodelan 3D kedalaman gempabumi menunjukkan bahwa kedalaman gempabumi di sekitar jalur sesar Opak antara 10 km hingga 20 km, yang artinya termasuk karakteristik gempabumi dangkal karena *hiposenternya* berada kurang dari 60 km dari permukaan bumi. Gempa tersebut karena kedalamannya dekat dengan permukaan dapat menyebabkan kerusakan.



Gambar 5. Peta hasil pemodelan nilai *b*.

Hasil perhitungan yang telah dilakukan dan yang ditunjukkan Gambar 5, didapatkan nilai *b* di sekitar sesar Opak antara 0,28-0,76. Nilai ini menunjukkan karakteristik tektonik kegempaan tinggi yang artinya mengindikasikan

sering terjadinya gempa-gempa kecil. Peta pemodelan nilai b menunjukkan distribusi spasial nilai b . Wilayah sesar Opak bagian utara termasuk wilayah dengan heterogenitas atau struktur lapisan bawah tanahnya beraneka ragam terlihat distribusi nilai b yang bermacam-macam di mana berkorelasi dengan harga nilai b yang tinggi, sedangkan wilayah selatan sesar Opak termasuk wilayah dengan homogenitas struktur lapisan bawah tanahnya sejenis di mana berkorelasi dengan harga nilai b yang rendah. Hal ini menunjukkan kondisi *stress* yang berbeda untuk tiap wilayah. Sesar dengan nilai b rendah dapat diinterpretasikan sebagai daerah yang memiliki konsentrasi *stress* tinggi sehingga memiliki kemungkinan yang lebih besar untuk terjadi gempabumi, begitu pula sebaliknya.

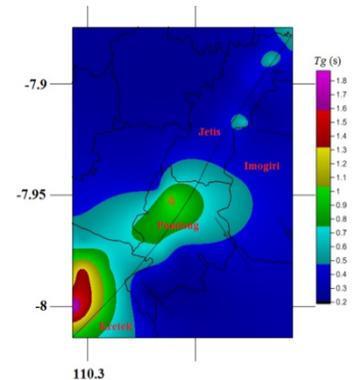
Kecamatan Jetis memiliki nilai b tinggi antara 0,44-0,76 yang artinya mengindikasikan gempa-gempa kecil karena dilewati sesar dan relatif heterogen batuanannya karena ada pertemuan beberapa formasi. Dalam penelitian ini Kecamatan Jetis memiliki formasi endapan merapi muda dan endapan alluvial. Kecamatan Imogiri, Kecamatan Pundong memiliki nilai b antara 0,28-0,6 dan Kecamatan Kretek memiliki nilai b antara 0,28-0,5. Ketiga kecamatan tersebut memiliki nilai b rendah yang artinya mencerminkan kondisi tingkat *stress* tinggi dan relatif homogen batuanannya, sering terjadi gempa kecil maupun gempa besar di kecamatan tersebut secara merata. Daerah ini memiliki formasi endapan merapi muda dan terdapat sedikit endapan alluvial. Karakteristik seismisitas di sekitar jalur sesar Opak yaitu sering terjadinya gempa mikro dan kedalaman gempanya dangkal, hal ini yang menyebabkan nilai b yang berbeda-beda.

Karakteristik Mikrotremor di sekitar sesar Opak

Karakteristik mikrotremor dapat didekati dengan menggunakan analisis TFA dan analisis spektrum. Karakteristik mikrotremor dapat diketahui dari beberapa variabel yaitu peta hasil pemodelan frekuensi dominan, periode dominan, faktor amplifikasi, kecepatan gelombang geser pada kedalaman maksimum 30 m (V_{s30}), kurva TFA, kurva H/V dan kurva spektrum.

Karakteristik mikrotremor di sekitar jalur sesar Opak sangat penting diketahui, karena memberikan informasi tentang bahaya seismik di daerah yang dilewati jalur sesar Opak.

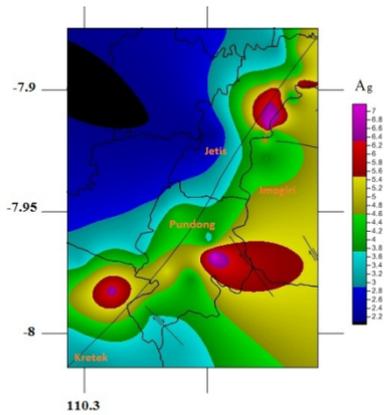
Karakteristik mikrotremor di sekitar jalur sesar Opak dapat dilihat dari peta hasil pemodelan frekuensi dominan tanah dan peta hasil pemodelan periode dominan tanah yang ditunjukkan pada Gambar 6.



(a) (b)

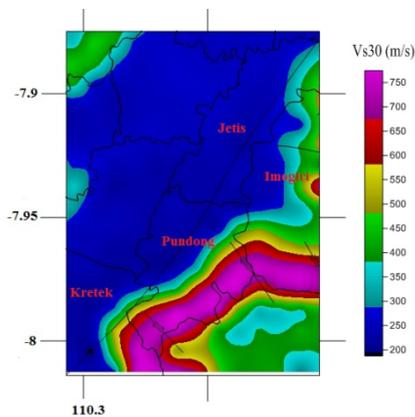
Gambar 6. (a) Peta pemodelan frekuensi dominan tanah di sekitar sesar Opak; (b) Peta pemodelan periode dominan tanah di sekitar sesar Opak

Berdasarkan peta hasil pemodelan frekuensi dominan tanah, wilayah sekitar sesar Opak memiliki nilai frekuensi dominan antara 1 Hz hingga 6,5 Hz dan periode dominan antara 0,3 detik hingga 1,8 detik. Kecamatan Kretek memiliki nilai frekuensi dominan tanah antara 1 Hz hingga 3,5 Hz dan nilai periode dominan tanah antara 0,5 detik hingga 1,8 detik, Kecamatan Pundong memiliki nilai frekuensi dominan tanah antara 1 Hz hingga 4,5 Hz dan nilai periode dominan tanah antara 0,3 detik hingga 1,3 detik, Kecamatan Jetis memiliki nilai frekuensi dominan tanah antara 1 Hz hingga 6,5 Hz dan nilai periode dominan tanah antara 0,3 detik hingga 0,7 detik, Kecamatan Imogiri memiliki nilai frekuensi dominan tanah antara 1 Hz hingga 5,5 Hz dan nilai periode dominan tanah antara 0,3 detik hingga 0,4 detik.



Gambar 7. Peta pemodelan amplifikasi tanah di sekitar sesar Opak.

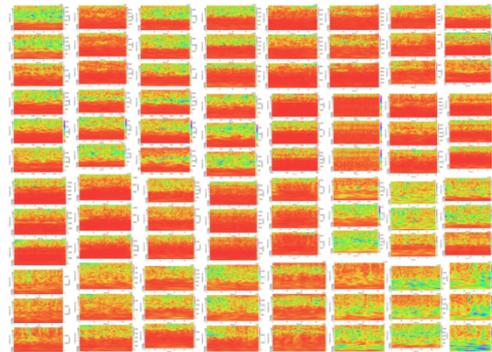
Gambar 7 menunjukkan bahwa faktor amplifikasi tanah di wilayah sekitar sesar Opak memiliki nilai faktor amplifikasi tanah antara 2,2 hingga 7. Kecamatan Kretek memiliki nilai faktor amplifikasi tanah antara 3 hingga 6,4, Kecamatan Pundong memiliki nilai faktor amplifikasi tanah antara 3 hingga 6,8, Kecamatan Jetis memiliki nilai amplifikasi tanah antara 2,2 hingga 7, Kecamatan Imogiri memiliki nilai faktor amplifikasi tanah antara 3,8 hingga 6,4.



Gambar 8. Kecepatan gelombang geser pada kedalaman maksimal 30 m (V_{s30})

Gambar 8 menunjukkan nilai V_{s30} di sekitar sesar Opak yaitu antara 200 m/s hingga 750 m/s. Peta hasil pemodelan V_{s30} pada Gambar 8 di Kecamatan Jetis mempunyai nilai kecepatan gelombang geser pada kedalaman maksimum 30 m (V_{s30}) antara 200 m/s hingga 450 m/s. Kecamatan Imogiri, Kecamatan Pundong dan Kecamatan Kretek nilai kecepatan gelombang geser pada kedalaman maksimum 30 m antara 200 m/s hingga 750 m/s.

Pengelompokkan karakteristik mikrotremor sesuai dengan pola distribusi karakteristik frekuensi dan amplitude pada domain waktu yang dapat dilihat pada Gambar 9.



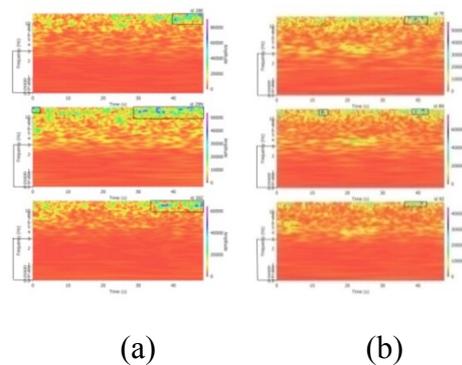
Gambar 9. Data kurva TFA.

Dari pengelompokan data kurva TFA didapatkan tiga zona sesuai karakteristiknya. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.

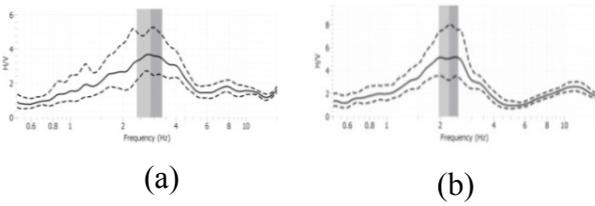


Gambar 10. Pengelompokan Zona

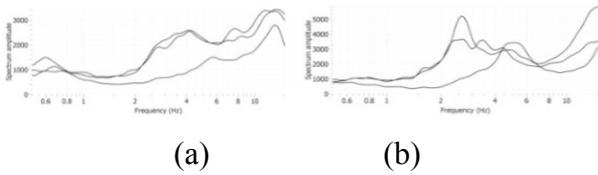
1. Zona pertama



Gambar 11. (a) Kurva TFA titik 25 dan (b) Kurva TFA titik 31

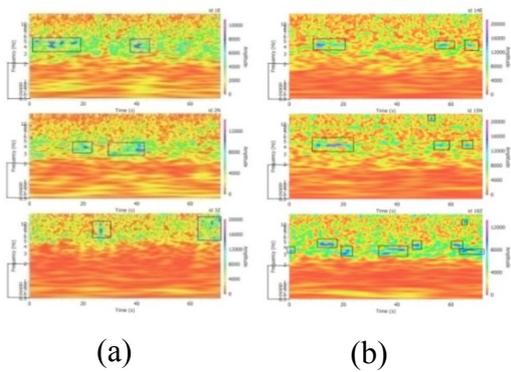


Gambar 12. (a) Kurva H/V titik 25 dan (b) Kurva H/V titik 31

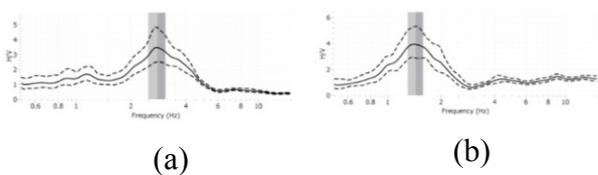


Gambar 13. (a) Kurva spektrum titik 25 dan (b) Kurva spektrum titik 31

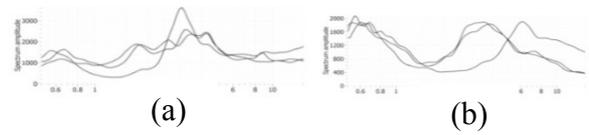
2. Zona Kedua



Gambar 14. (a) Kurva TFA Titik b5 dan (b) Kurva TFA Titik b6

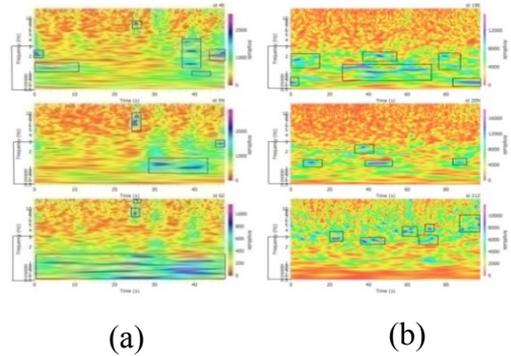


Gambar 15. (a) Kurva H/V titik b5 dan (b) Kurva H/V titik b6

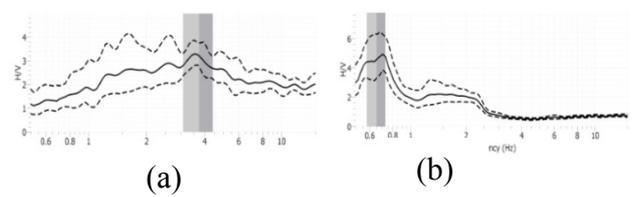


Gambar 16. (a) Kurva spektrum titik b5 dan (b) Kurva spektrum titik b6

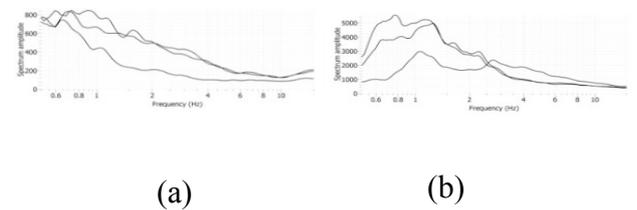
3. Zona Ketiga



Gambar 17. (a) Kurva TFA titik d3 dan (b) Kurva TFA titik d9



Gambar 18. (a) Kurva H/V pada titik d3 dan (b) Kurva H/V pada titik d9



Gambar 19. (a) Kurva spektrum pada titik d3 dan (b) Kurva spektrum pada titik d9

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Analisis seismisitas di sekitar sesar Opak, diketahui bahwa sesar Opak memiliki *magnitude* gempa antara 0,4 SR hingga 3,2 SR, kedalaman gempa antara 10 km hingga 20 km, dan memiliki nilai *b* antara 0,44 hingga 0,76.
- 2) Karakteristik mikrotremor di sekitar sesar Opak :
 - a. Pada zona pertama yang terletak di Kecamatan Jetis, Kecamatan Pundong, dan Kecamatan Imogiri, frekuensi predominasiannya antara 1 Hz hingga 6,5 Hz, nilai periode dominan antara 0,2 detik hingga 1 detik, dan nilai faktor amplifikasinya antara 2,2 hingga 7. Kurva *time frequency analysis* (TFA) memiliki karakteristik frekuensi tinggi dari 6 Hz hingga 10 Hz dan nilai amplitude tinggi dari 0 hingga 120000. Jika ditinjau dari karakteristik Vs30 memiliki nilai antara 200 hingga 750 m/s.
 - b. Pada zona kedua yang terletak di Kecamatan Jetis Kecamatan Imogiri, Kecamatan Pundong dan Kecamatan Kretek, frekuensi predominasiannya antara 1 Hz hingga 6,5 Hz, nilai periode predominasiannya antara 0,2 detik hingga 1,8 detik, dan nilai faktor amplifikasinya antara 2,2 hingga 7. Kurva *time frequency analysis* (TFA) memiliki karakteristik frekuensi tinggi dari 0 Hz hingga 2 Hz dan nilai amplitude rendah dari 0 hingga 8000. Jika ditinjau dari karakteristik Vs30 memiliki nilai antara 200 hingga 750 m/s.

http://maps.unosat.org/ID/UNOSAT_Java_EQ_damage30may06_highres.jpeg pada 16 Oktober 2012.

Pustaka

[1] G. Ibrahim dan Subarjo, Pengetahuan Seismologi, Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta, 2005.

[2] D. H. Natawidjaja, Pedoman Analisis Bahaya dan Resiko Bencana Gempabumi, dipersiapkan untuk BNPB/SCDRR, Indonesia, 2008.

[3] UNOSAT, Preliminary Damage Assessment Java Earthquake, Diakses dari: