

KARAKTERISTIK MIKROTREMOR BERDASARKAN ANALISIS SPEKTRUM, ANALISIS TFA (*TIME FREQUENCY ANALYSIS*) DAN ANALISIS SEISMISITAS PADA KAWASAN JALUR SESAR OPAK

MICROTREMOR CHARACTERISTICS BASED ON SPECTRUM ANALYSIS, TIME FREQUENCY ANALYSIS, SEISMICITY ANALYSIS AT OPAK FAULT AREA

Oleh: Umi Habibah, Nugroho Budi Wibowo, Denny Darmawan
umiihabibah@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik mikrotremor berdasarkan citra TFA dan spektrum dan mengetahui seismisitas menggunakan analisis *b-value* di sekitar kawasan sesar Opak. Data penelitian ini diambil menggunakan seismometer tipe TDV-23S dan TDL-303S. Data mikrotremor diambil dari 39 titik data primer dengan spasi *grid* 2 km dan 48 titik data sekunder. Data yang didapat dari pengukuran tersebut berupa sinyal mikrotremor di setiap titik penelitian. Data tersebut kemudian diolah dengan metode *Time Frequency Analysis* dan spektrum menggunakan aplikasi *Sessaray-Geopsy* dan dikorelasikan dengan data bor untuk mengetahui struktur lapisan tanah di sekitar daerah penelitian. Untuk analisis seismisitas menggunakan data gempa bumi tahun 2006-2016 dari BMKG yang kemudian diolah menggunakan analisis *maximum likelihood* untuk mengetahui *b-value*. Hasil penelitian ini menunjukkan karakteristik mikrotremor berdasarkan citra TFA dan spektrum dikorelasikan dengan data bor yang dikelompokkan sesuai dengan jenis formasi sekitar lokasi penelitian yang berada pada tanah aluvium, formasi Wonosari, formasi Semilir, dan formasi Endapan Merapi Muda yang memiliki citra TFA dan spektrum dengan amplitudo yang berbeda-beda sesuai jenis susunan tanah dan batuan. Analisis seismisitas di sekitar sesar Opak memiliki magnitudo gempa antara 1,7 SR – 5,9 SR dengan kedalaman 10 km – 20 km dengan *b-value* 0,6 – 4,4.

Kata Kunci: *Time Frequency Analysis*, spektrum, analisis maksimum *likelihood*, Analisis seismisitas, *B-value*, Karakteristik mikrotremor, Sesar Opak

Abstract

The research aimed to determine the microtremor characteristics based on Time Frequency Analysis and spectral curve, and seismicity analysis using the b-value analysis around Opak fault area. This research data was taken using type TDV-23s and TDL-303S seismometer. The primary data was taken from 39 points by 2 km grid spacing and 48 secondary data points. The data obtained from each measurement points was microtremor signal. The data was processed using Time Frequency Analysis and spectrum used Sessaray-Geopsy application and correlated with drill data to determine the structure of layer of soil around measurement points. For seismicity analysis was used earthquake data since 2006-2016 from BMKG then processed using the maximum likelihood analysis to determine b-value. The results indicate the that microtremor characteristics based on TFA and spectrum correlated with the drill data were according grouped by the type of formations which are the alluvium, Wonosari formation, Semilir formation, and Endapan Merapi Muda formation. Seismicity around Opak fault has earthquake magnitude between magnitude 1.7 - 5.9 RS, has depth of 10 km - 20 km and b-value from 0.6 to 4.4.

Keywords: *Time Frequency Analysis, seismicity analysis, b-value, characteristics mikrotremor, Opak Fault*

PENDAHULUAN

Daerah di Indonesia yang dilewati jalur subduksi dimulai dari wilayah pesisir Sumatera, selatan Jawa, hingga ke Laut Banda. Jalur yang

dilalui oleh zona subduksi biasanya rawan terjadi bencana gempa bumi. Hal ini disebabkan adanya penunjaman lempeng kerak bumi yang dapat dibagi menjadi dua model yaitu pada lajur

mega thrust yang merupakan jalur subduksi dangkal maupun dalam lajur Beniof, yaitu jalur subduksi yang mempunyai lajur tukik curam (BMKG, 2010).

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu daerah di Indonesia yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia yang dilewati Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia serta memiliki gunung berapi yaitu Gunung Merapi (Daryono, 2010). Akibat dari keberadaan lempeng dan gunung berapi, Daerah Istimewa Yogyakarta mempunyai aktivitas kegempaan yang cukup tinggi yang berasal dari gempa tektonik dan gempa vulkanik.

Sebaran gempabumi dengan kedalaman menengah tampak terkonsentrasi di Samudera Indonesia dan daerah pesisir selatan Yogyakarta. Sebaran gempabumi kedalaman menengah ini dinilai kurang berbahaya, karena hiposenternya yang relatif dalam dan pengaruhnya terhadap permukaan tidak terlalu signifikan. Gempabumi dalam dengan kedalaman di atas 300 kilometer dinilai tidak membahayakan, mengingat aktivitasnya yang sangat dalam (Daryono, 2010).

Parameter seismisitas dapat dilihat dari koordinat *latitude* dan *longitude*, kemiringan bidang subduksi (*dip*), pergeseran relatif lempeng (*rate*), nilai-a (*a-value*) yang menunjukkan indeks seismisitas dari periode gempabumi dan nilai-b (*b-value*) menunjukkan nilai seismotektonik berdasarkan magnitudo dan *stress* suatu wilayah yang bisa diketahui dari data gempa historis.

Sesar Opak merupakan salah satu sesar aktif yang berada di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. Diperkirakan beberapa gempabumi yang terjadi di Daerah Istimewa Yogyakarta berpusat pada kawasan sesar Opak. Banyak kasus gempabumi menunjukkan bahwa tingkat kerusakan yang ditimbulkan suatu gempabumi

sangat bergantung pada kondisi topografi dan geologi permukaan.

Analisa mikrotremor dapat digunakan untuk memperkirakan karakteristik tanah sehingga metode ini dapat melihat bagaimana pengaruh kondisi geologi setempat dan kondisi lapisan tanah di suatu daerah terhadap gempabumi. Karakteristik mikrotremor juga dapat ditinjau dari analisis spektrum dan analisis TFA (*Time Frequency Analysis*).

Selain itu diperlukan juga analisis seismitas untuk mengetahui intensitas gempabumi dalam kurun waktu tertentu. Perhitungan nilai-b (*b-value*) untuk sumber gempa dilakukan dengan cara mengambil data-data gempa historis yang ada di daerah tersebut, kemudian dianalisis secara statistik menggunakan model *Maximum Likelihood* (Aki, 1965).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan Oktober 2015 hingga November 2016. Pengambilan data penelitian dilaksanakan pada tanggal 22 – 25 Januari 2016 dari pukul 06.00 sampai dengan 17.00 WIB. Pengumpulan data primer dilakukan dengan pengukuran menggunakan metode mikrotremor secara langsung sepanjang kawasan jalur sesar Opak sebanyak 39 titik lokasi dengan jarak antar titik sejauh 2 km. Data sekunder yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sebanyak 47 data. Data yang digunakan dalam studi ini berupa data mikrotremor dengan koordinat geografis 423986 – 448441,7 mT dan 9122313,1 – 9142269 mU.

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari perangkat lunak dan perangkat keras. Perangkat lunak yang digunakan adalah *Global Mapper 13*, *Google*

Earth, Geopsy Surfer 10, Microsoft Excel 2013, dan ArcGis.

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah Digitizer tipe TDL-303S, Seismometer tipe TDV-23S, Global Positioning System (GPS), Antena GPS yang terhubung dengan Digital Portable Seismograph, Kompas, Laptop, dan Kabel penghubung antara sensor dan seismograf.

Teknik Pengambilan Data

Proses pengambilan data terbagi menjadi dua tahap yaitu tahap desain survei dan tahap desain penelitian. Pada tahap desain survei, lokasi titik pengambilan data mikrotremor berada di sekitar sesar Opak dengan interval antar titik sepanjang 2 km yang dilakukan dengan menggunakan metode grid sehingga didapatkan sebanyak 55 titik. Dengan menggunakan acuan SESAME, terdapat beberapa titik survei lapangan yang dieliminasi sehingga pengambilan data mikrotremor dilakukan pada 39 titik.

Pengambilan data mikrotremor dilakukan selama 30 menit pada setiap titik lokasi penelitian dengan sampling frekuensi sebesar 100 Hz. Data hasil pengukuran akan tersimpan secara otomatis dalam penyimpanan digitizer. Data mikrotremor hasil pengukuran merupakan data mentah getaran tanah dalam fungsi waktu.

Teknik Analisis Data

Data hasil pengukuran merupakan data mentah mikrotremor yang berupa sinyal getaran tanah dengan tiga komponen sinyal mikrotremor yaitu komponen horizontal North-South (NS), komponen horizontal East-West (EW), dan yang terakhir komponen Vertikal (V). Analisis karakteristik mikrotremor dapat dilakukan menggunakan TFA (Time Frequency Analysis) dan kurva spektrum yang diolah menggunakan Sessaray Geopsy.

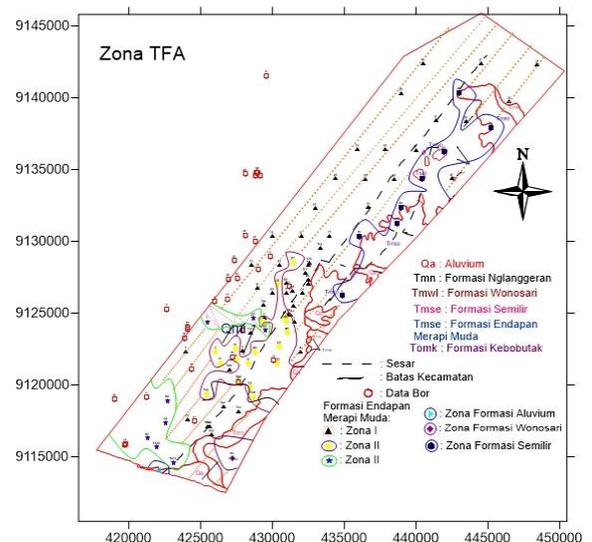
Selain menggunakan data mikrotremor juga menggunakan data gempabumi yang memiliki parameter berupa magnitude, pusat, dan kedalaman gempa yang diperoleh dari data gempabumi dari BMKG yang dihitung *b-value*

Karakteristik Mikrotremor Berdasarkan (Umi Habibah) 95 nya menggunakan metode Maximum Likelihood dan dihasilkan peta pemodelan *b-value* menggunakan surfer10.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Karakteristik mikrotremor di kawasan sesar Opak

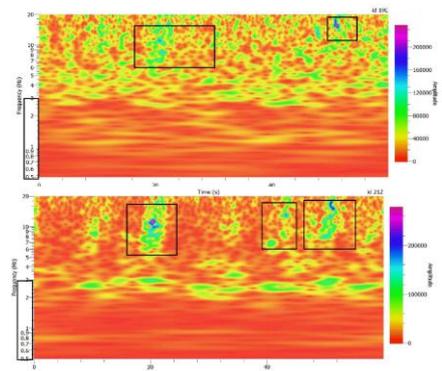
Dari peta geologi wilayah Yogyakarta terlihat bahwa kawasan sesar Opak melewati beberapa formasi geologi yaitu formasi Wonosari, formasi Nglanggran, tanah Aluvium, formasi Wonosari, dan formasi Endapan Merapi Muda. Formasi Endapan Merapi Muda merupakan formasi terbesar yang mengelilingi kawasan jalur sesar Opak. Berdasarkan hal tersebut, maka daerah penelitian dibagi ke dalam 4 zona TFA yang dikelompokkan menurut formasinya seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Zonasi citra TFA berdasarkan formasi geologi di wilayah sesar Opak

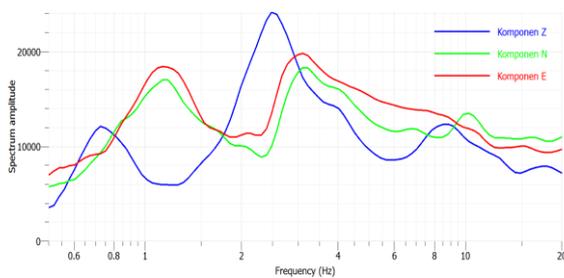
Pola citra TFA pada masing-masing zona dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Zona Aluvium



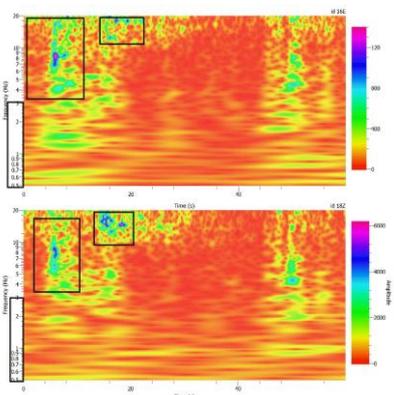
Gambar 2. Citra TFA untuk titik D5

Gambar 2 menunjukkan zona Aluvium, karakteristik warna kuning dan hijau yang menunjukkan amplitudo tinggi mendominasi pada frekuensi rendah hingga tinggi. Kurva spektrum memiliki puncak di frekuensi rendah berarti titik lokasi D5 didominasi oleh tanah lunak dan tanah agak keras sehingga cocok dengan susunan litologi tanah Aluvium yang dijelaskan pada peta Geologi Yogyakarta oleh Rahardjo, dkk., (1995). Puncak di frekuensi rendah bisa diasumsikan bahwa sedimennya lunak, sedangkan puncak di frekuensi menengah maka sedimennya agak keras seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Kurva spektrum titik D5

2. Zona Formasi Wonosari

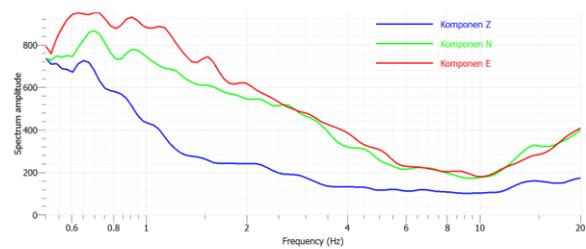


Gambar 4. Citra TFA untuk titik D3

Formasi Wonosari terbentuk pada Miosin tengah dengan lapisan litologi yang didominasi oleh batuan karbonat yang terdiri dari kalkarenit tuf, kalkarenit, konglomerat gamping, dan batugamping. Lapisan sedimen yang menyusun formasi Wonosari merupakan lapisan yang keras sehingga mempengaruhi pola yang

terbentuk pada citra TFA seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

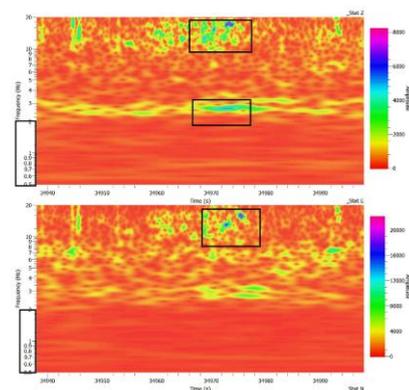
Pada zona formasi Wonosari, karakteristik warna kuning dan hijau yang menunjukkan amplitudo tinggi mendominasi pada frekuensi rendah hingga tinggi. Kurva spektrum untuk titik D3 pada komponen vertikal dan horizontal memiliki puncak di frekuensi rendah. Nilai amplitudo tinggi di frekuensi rendah menunjukkan bahwa lokasi titik D3 didominasi tanah lunak dengan lapisan sedimen yang tebal. Hal ini ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Kurva spektrum titik D3

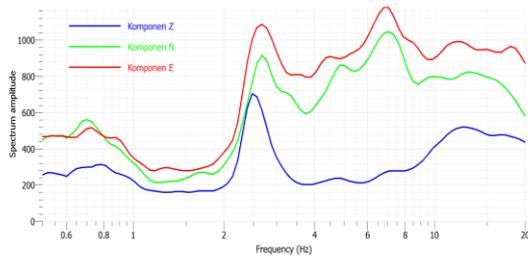
3. Zona Formasi Semilir

Formasi Semilir terbentuk pada Miosen Awal dengan lapisan litologi penyusunnya terdiri oleh perselingan breksi-tuf, breksi batupung, tuf dasit, tuf andesit, dan batulempung tufan. Lapisan batuan yang menyusun formasi Semilir merupakan lapisan sedimen yang keras dan batuan beku sehingga mempengaruhi nilai citra TFA seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Citra TFA titik 20

Pada zona formasi Semilir, karakteristik warna kuning dan hijau yang bersesuaian dengan amplitudo tinggi mendominasi pada frekuensi menengah hingga tinggi. Spektrum memiliki puncak di frekuensi tinggi yang menunjukkan bahwa lokasi titik 20 didominasi oleh tanah keras dengan sedimen yang tebal sehingga sesuai dengan litologi formasi Semilir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kurva spektrum titik 20

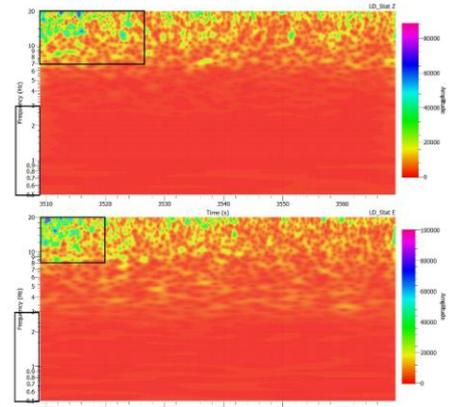
4. Formasi Endapan Merapi Muda

Formasi Endapan Merapi Muda tersusun dari breksi vulkan, lava, tuf, aglomerat, dan leleran lava yang tak terpisahkan sebagai hasil dari endapan lahar Gunung Merapi yang diperkirakan mulai terbentuk pada Plestosen Akhir (Suroño, dkk., 1992). Formasi Endapan Merapi Muda memiliki beberapa karakteristik mikrotremor yang dapat dikelompokkan menjadi tiga zona berdasarkan pola citra skalogram yang menunjukkan distribusi frekuensi dan amplitudo pada citra TFA.

Perwakilan setiap zona pada formasi Endapan Merapi Muda adalah sebagai berikut:

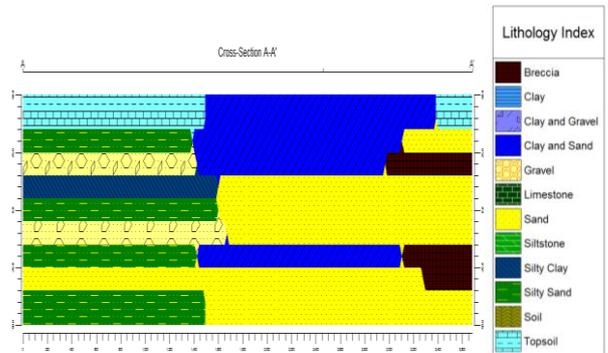
a. Zona pertama

Berdasarkan Gambar 8, yaitu citra TFA untuk titik 13 yang terletak pada formasi Endapan Merapi Muda zona pertama, karakteristik warna merah mendominasi pada frekuensi rendah yang menunjukkan amplitudo rendah.



Gambar 8. Citra TFA titik 13

Nilai frekuensi dan amplitudo pada citra TFA dipengaruhi oleh struktur geologi yang dapat dikorelasikan dengan data bor yang terletak di sekitar lokasi penelitian.

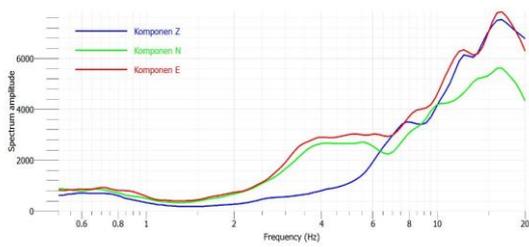


Gambar 9. Penampang melintang data bor pada zona pertama

Berdasarkan hasil pengolahan data bor menggunakan *Rockworks* yang menghasilkan penampang melintang pada Gambar 9, dapat diketahui bahwa data bor zona pertama tersusun oleh lempung, pasir, breksi, kerikil, dan pasir berlumpur. Lapisan penyusun tersebut termasuk ke dalam lapisan sedimen yang bersifat lunak hingga keras sehingga membuat puncak pada citra TFA di frekuensi tinggi.

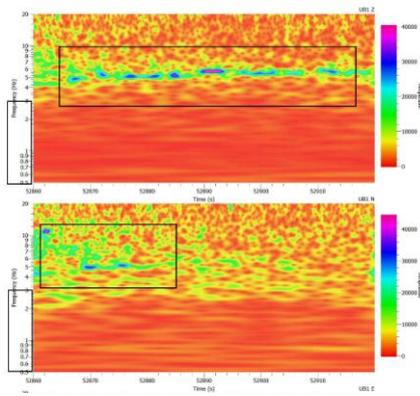
Berdasarkan Gambar 10 dapat diketahui bahwa puncak amplitudo berada ketika frekuensinya tinggi berarti muncul dari adanya tanah keras, hal ini sesuai dengan lapisan tanah data bor yang nampak adanya lempung di lapisan dangkal dan breksi di lapisan menengah,

sedangkan untuk lapisan tanah yang ditunjukkan pada data bor sesuai dengan formasi Endapan Merapi Muda.



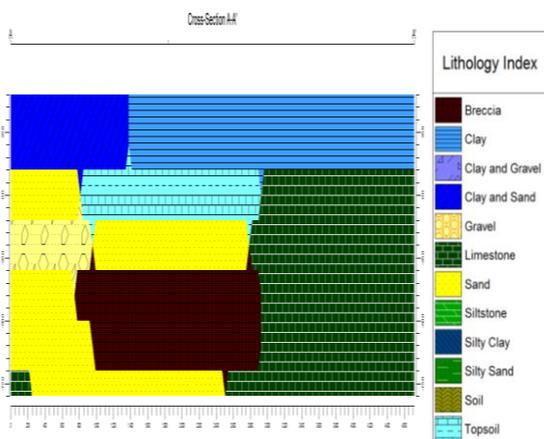
Gambar 10. Kurva spektrum titik 13

b. Zona Kedua



Gambar 11. Citra TFA titik TA8

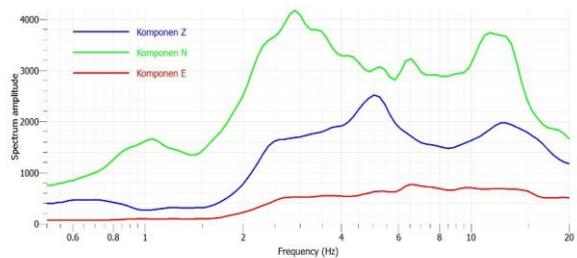
Gambar 11 menunjukkan citra TFA untuk titik TA8 yang terdapat ke dalam formasi Endapan Merapi Muda zona kedua. Pada zona kedua, karakteristik warna merah bercampur kuning mendominasi pada frekuensi rendah hingga tinggi yang menunjukkan amplitudo yang bervariasi.



Gambar 12. Penampang melintang data bor pada zona kedua

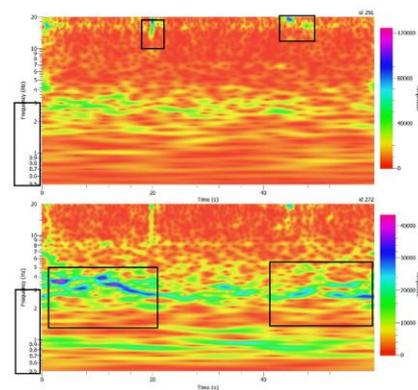
Batuan penyusun yang terdapat pada zona kedua dapat dilihat dari penampang melintangnya yang ditunjukkan pada Gambar 12, sehingga dapat diketahui bahwa lapisan batuan pada zona kedua terdiri oleh breksi, pasir, kerikil, batugamping, dan lumpur.

Spektrum memiliki puncak di frekuensi tinggi berarti muncul dari breksi, sedangkan puncak di frekuensi menengah berasal dari batugamping atau kerikil. Adanya batugamping pada data bor disebabkan oleh lokasinya yang berada di daerah Imogiri yang merupakan daerah perbukitan dan berbatasan dengan wilayah Gunung Kidul, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Kurva spektrum titik TA8

c. Zona Ketiga

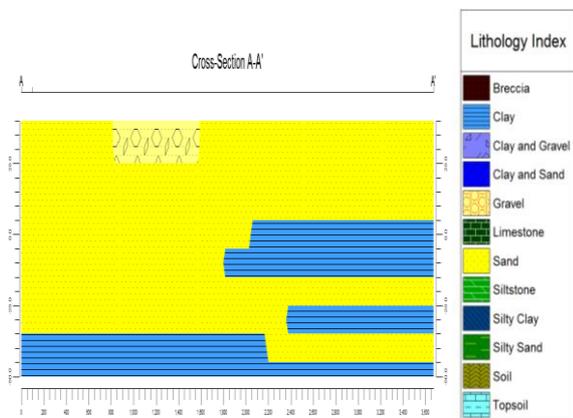


Gambar 14. Citra TFA titik D7

Gambar 14 menunjukkan citra TFA untuk titik D7 dengan karakteristik warna merah bercampur dengan kuning dan hijau mendominasi yang menunjukkan amplitudo rendah hingga tinggi.

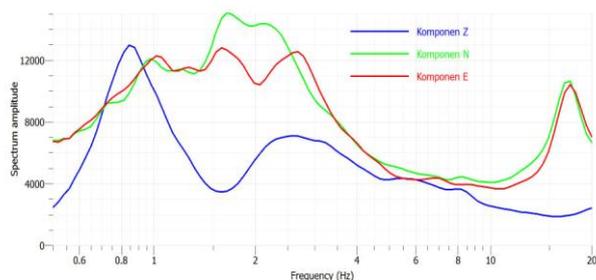
Analisis Seismisitas

Untuk mengetahui jenis lapisan sedimen yang tersusun pada zona ketiga, dapat diketahui dari data bor yang berada di sekitar lokasi penelitian. Data bor pada zona ketiga menunjukkan bahwa lapisan sedimennya sebagian besar terdiri dari tanah pasir, kerikil, lempung, dan pasir. Jenis lapisan sedimen tersebut merupakan jenis lapisan sedimen yang lunak hingga keras sehingga sesuai dengan pola citra TFA untuk titik D7, hal ini ditunjukkan penampang melintang pada Gambar 15.



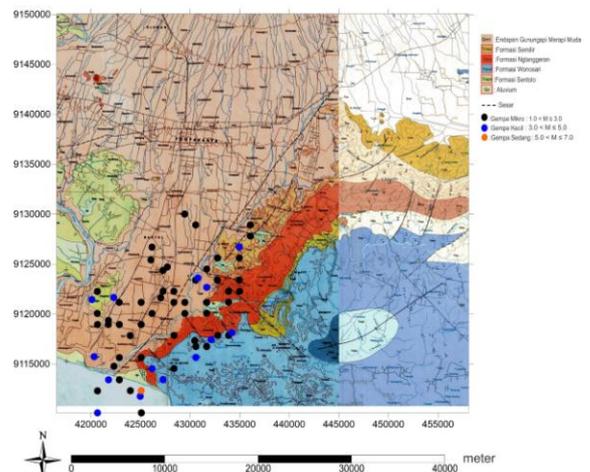
Gambar 15. Penampang melintang data bor zona ketiga

Puncak spektrum di frekuensi rendah dengan amplitudo tinggi menunjukkan bahwa lokasi titik D7 didominasi oleh tanah lunak yaitu pasir, sedangkan puncak di frekuensi menengah menunjukkan bahwa tanahnya berupa kerikil yang terdapat di lapisan atas, dan puncak di frekuensi tinggi menunjukkan adanya tanah lempung di lapisan bawah. Kurva spektrum zona ketiga untuk titik D7 ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Kurva spektrum titik D7

Seismisitas adalah aktivitas gempabumi dalam kurun waktu tertentu di suatu daerah. Seismisitas digunakan sebagai ukuran untuk membandingkan aktivitas seismik suatu wilayah dengan wilayah lainnya. Berdasarkan data yang tercatat oleh BMKG, pada tahun 2006-2016 terjadi banyak kejadian gempabumi di sekitar sesar Opak. Hal ini disebabkan oleh gempabumi tahun 2006 di sekitar sesar Opak. Peta seismisitas di sekitar sesar Opak ditunjukkan pada Gambar 17.

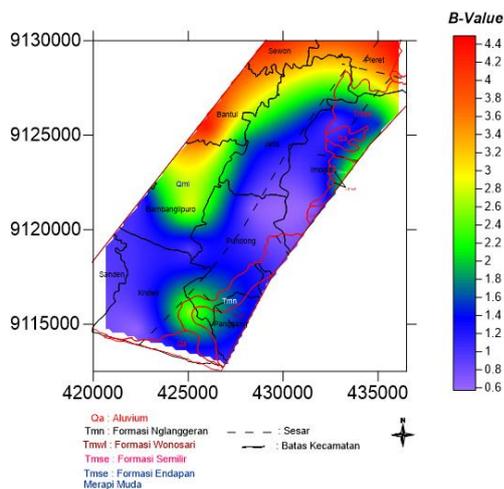


Gambar 17. Peta Seismisitas di sekitar sesar Opak

Berdasarkan data gempa yang dimiliki oleh BMKG diketahui bahwa gempabumi di sekitar jalur sesar Opak antara 1,7 SR – 5,9 SR yang termasuk karakteristik gempabumi mikro dan gempabumi sedang. Gempabumi mikro dikategorikan sebagai gempabumi yang tidak berbahaya, sedangkan gempabumi sedang bisa menimbulkan bahaya. Untuk kedalaman gempabumi di sekitar sesar Opak tahun 2006-2016 menunjukkan bahwa kedalaman gempabumi berada antara 10 km hingga 20 km, termasuk karakteristik gempabumi dangkal.

Parameter nilai *b* menunjukkan karakter seismotektonik dan tingkat *stress* struktur

material suatu wilayah. Nilai b sangat penting karena menggambarkan tingkat *stress* lokal pada wilayah sesar Opak. Analisa nilai b dilakukan dengan membagi daerah penelitian ke dalam ukuran *grid* 4 km x 4 km, dan didapatkan 20 zona *grid* dengan beberapa nilai *magnitude* yang masuk dalam zona tersebut. Masing-masing zona dihitung nilai b dengan menggunakan metode *maximum likelihood* dan didapatkan peta hasil pemodelan nilai b wilayah sesar Opak bagian selatan dan sedikit ke utara seperti ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Peta pemodelan b -value di sekitar sesar Opak

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan b -value di sekitar sesar Opak antara 0,6 - 4,4. Nilai ini menunjukkan aktivitas tektonik kegempaan tinggi yang artinya sering terjadi gempa-gempa kecil. Wilayah sesar Opak bagian utara termasuk wilayah yang memiliki tingkat *stress* yang rendah, terlihat dari distribusi b -value tinggi, sedangkan wilayah selatan sesar Opak termasuk wilayah dengan tingkat *stress* yang tinggi dilihat dari b -value rendah sehingga memiliki kemungkinan yang lebih besar untuk terjadi gempabumi, begitu pula sebaliknya.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Karakteristik mikrotremor berdasarkan analisis spektrum, dan TFA di kawasan sesar Opak memiliki karakter yang berbeda-beda tergantung jenis tanahnya. Jika tanah lunak, maka amplitudonya akan tinggi di frekuensi rendah, namun jika tanahnya keras maka amplitudonya akan tinggi di frekuensi tinggi.

Analisis seismisitas pada kawasan sesar Opak memiliki b -value tinggi di wilayah sesar Opak bagian utara yang menunjukkan tingkat *stress* rendah begitu pula sebaliknya.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan mengambil data gempabumi dalam jangka waktu yang lama untuk mengetahui parameter seismisitas yang lain, dan memperluas wilayah penelitian di sekitar Sesar Opak dengan formasi geologi yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Aki, Keiiti. 1965. *Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N = a - bM$ and its confidence limits*. Earthquake Research Institute
- BMKG. 2010. *InaTEWS: Konsep dan Implementasi*. Jakarta: BMKG.
- Daryono. 2010. *Aktivitas Gempa Tektonik di Yogyakarta Menjelang Erupsi Merapi 2010*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Rahardjo, Wartono et al. 1997. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Surono, Toha, B., dan Sudarno, I. 1992. *Peta Geologi Lembar Surakarta-Girintontro, Jawa, Skala 1 : 100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

