

Spatial Analysis of Surface Aquifer Thickness Based Frequency predominant in Bantul District

Nugroho Budi Wibowo

BMKG Stasiun Geofisika Yogyakarta
Jl.Wates Km 8 Jitengan Balecatur Gamping Sleman D.I. Yogyakarta
e-mail : nugrohobudiwibowo@gmail.com

Received 2-02-2015, Revised 23-02-2015, Accepted 25-02-2015, Published 30-04-2015

ABSTRACT

This research was conducted in Bantul in order to know the characteristics of the aquifer thickness on the top layer based on the predominant frequency value. This research was conducted by using 192 microtremor data and 32 bore hole data. The results showed that the thickness of the aquifer is more than 50 meters are in Jetis, Pundong and Bantul. Aquifer thickness > 50 m dominant in areas with predominant frequency interval (f_0) 0.5 - 5 Hz contained in the district of Bantul, Bambanglipuro, Jetis and Pundong.

Keywords: aquifer, bore hole data, microtremor, predominant frequency.

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Bantul dengan tujuan mengetahui karakteristik ketebalan akuifer pada lapisan teratas berdasarkan nilai frekuensi dominan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 192 data pengukuran mikrotremor dan 32 data Bor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan akuifer lebih dari 50 meter berada di Kecamatan Jetis, Pundong dan Bantul. Akuifer dengan ketebalan > 50 m dominan pada kawasan dengan interval frekuensi dominan (f_0) 0.5 – 5 Hz yang terdapat di Kecamatan Bantul, Bambanglipuro, Jetis dan Pundong.

Kata Kunci : akuifer, data bor, mikrotremor, frekuensi dominan.

PENDAHULUAN

Air tanah terdapat dalam beberapa tipe geologi, dan salah satu yang terpenting adalah akuifer (*aquifer*). Akuifer merupakan formasi batuan yang dapat menyimpan dan melalukan air dalam jumlah yang cukup. Material penyusun formasi batuan yang masuk dalam kategori akuifer antara lain pasir tak termampatkan, kerikil, batupasir, batugamping, dolomit berongga, aliran basalt, batuan malihan dan plutonik dengan banyak retakan^[2]. Identifikasi keberadaan dan ketebalan akuifer secara pasti dapat ditentukan dengan melakukan pengeboran. Data bor merepresentasikan material penyusun dan ketebelan lapisan material yang terdapat pada suatu lokasi. Biaya operasional yang tinggi dalam pengeboran membuat ketersediaan data bor terbatas, sehingga perlu dikembangkan metode lain untuk mengidentifikasi keberadaan dan ketebalan akuifer. Mikrotermor sebagai salah satu metode dalam geofisika yang didasarkan pada aktifitas *pasif seismic* dapat digunakan untuk melihat karakteristik akuifer berdasarkan nilai frekuensi dominan. Pengukuran mikrotremor dilakukan untuk menentukan

karakteristik dinamis (frekuensi dominan dan faktor amplifikasi) dari lapisan tanah yang dipelopori oleh Kanai dan Tanaka pada tahun 1954 dan 1961. Karakteristik mikrotremor mencerminkan karakteristik batuan di suatu daerah. Karakter mikrotremor mempunyai perbedaan pada pengukuran di daerah dengan kondisi geologi yang berbeda. Pengukuran mikrotremor sering dipraktikkan dalam karakterisasi suatu daerah karena kesederhanaannya, biaya yang rendah dan tidak mengganggu terhadap kegiatan lain^[4]. Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Bantul dengan tujuan mengetahui karakteristik ketebalan akuifer pada lapisan teratas berdasarkan nilai frekuensi dominan. Data ketebalan akuifer berdasarkan 32 data bor yang terdapat di Kabupaten Bantul.

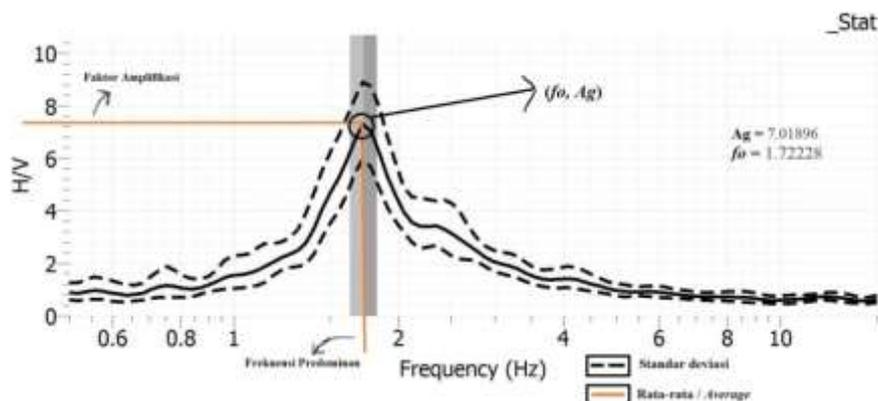
DASAR TEORI

Gelombang seismik pada saat menjalar terjebak dalam lapisan tanah lunak, sehingga fenomena multi refleksi terjadi yang menghasilkan getaran tanah yang sama dengan periode. Periode tersebut dinamakan periode dominan tanah. Untuk menentukan periode getaran tanah setempat dapat digunakan pengukuran mikrotremor^[5]. Mikrotremor merupakan getaran tanah dengan amplitudo pergeseran sekitar 0,1-1 μm dan amplitudo kecepatan 0,001 cm/s sampai 0,01 cm/s. Mikrotremor periode panjang dengan periode lebih dari 1 detik terkait dengan struktur tanah yang lebih dalam yang menunjukkan dasar dari batuan keras^[3]. Penentuan nilai frekuensi dominan berdasarkan metode HVSR^[7]. Ditinjau dari teorinya, persamaan HVSR untuk getaran terukur di permukaan dinyatakan :

$$HVSR = \frac{\sqrt{(A_{(U-S)}(f))^2 + (A_{(B-T)}(f))^2}}{(A_{(V)}(f))} \quad (1)$$

- HVSR = Horizontal to Vertical Ratio
 $A_{(U-S)}(f)$ = Nilai Amplitudo spektrum frekuensi komponen Utara-Selatan
 $A_{(B-T)}(f)$ = Nilai Amplitudo spektrum frekuensi komponen Barat-Timur
 $A_{(V)}(f)$ = Nilai Amplitudo spektrum frekuensi komponen Vertikal

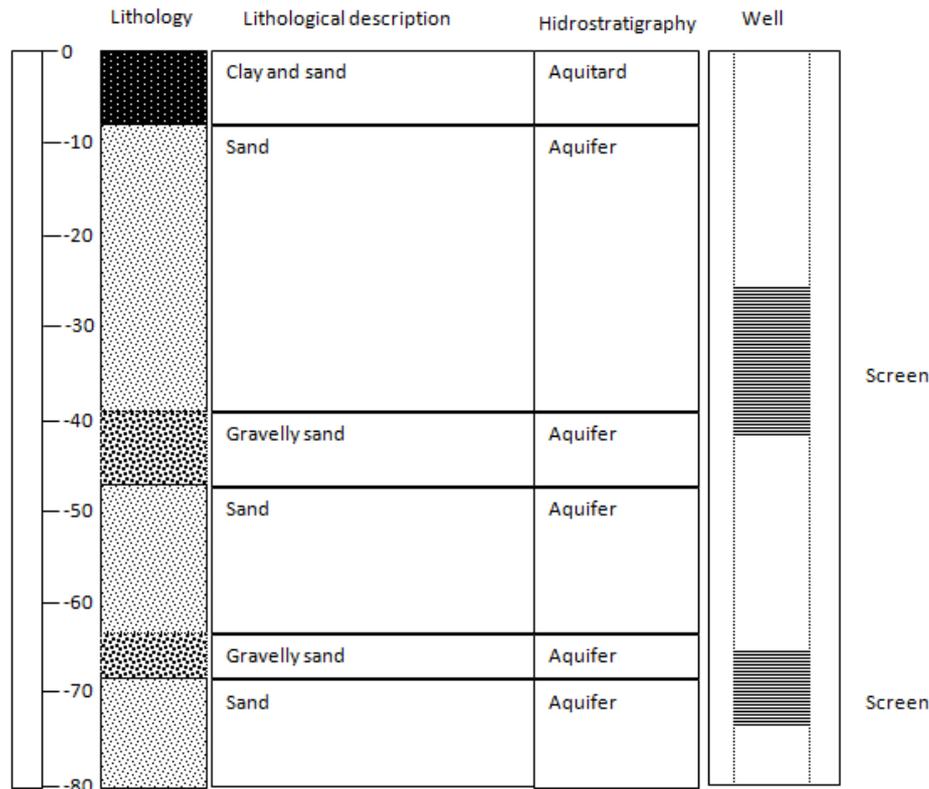
Hasil pengolahan HVSR berupa kurva HVSR seperti pada gambar berikut :



Gambar 1. Nilai f_o hasil pengolahan HVSR pada kurva HVSR

Data bor dimanfaatkan untuk memperoleh profil struktur bawah permukaan dengan variasi kedalaman dari 20 – 120 m. Informasi yang diperoleh dari data bor berupa data litologi,

deskripsi litologi, hidrostatigrafi dan konstuksi sumur. Data hidrostatigrafi diklasifikasikan menjadi aquifer, aquiclude, dan aquitard^[1].



Gambar 2. Profil struktur bawah permukaan hasil pengolahan data bor.

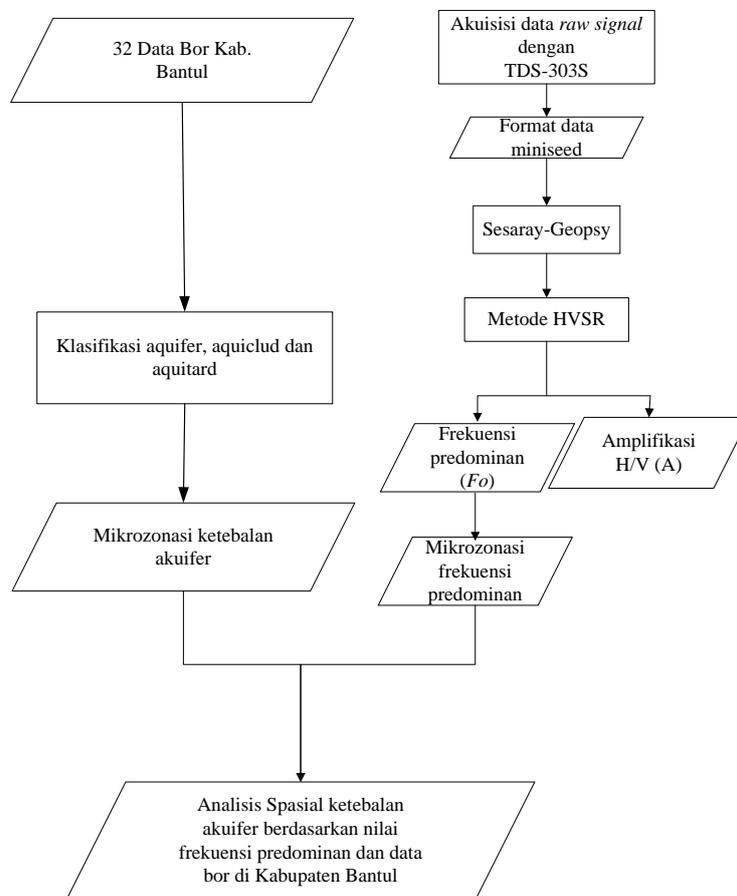
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 192 data pengukuran mikrotremor di sekitar Kabupaten Bantul yang berasal dari BMKG dan 32 data Bor yang berasal dari Bidang Pertambangan dan Energi D.I Yogyakarta. Pengukuran mikrotremor menggunakan TDS-303 *portabel seismograph*, kompas geologi, GPS, dan Laptop. Standar operasional pengukuran alat tersebut berdasarkan pada *SESAME European research project* ^[6] dengan durasi pengukuran 30 menit untuk setiap titiknya. Pengolahan data menggunakan *software NetRec, DataPro, Geopsy*, dan *Surfer*. Metode pengolahan data mikrotremor menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Ratio*) untuk menghasilkan variabel utama berupa data frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A). Variabel f_0 yang digunakan sebagai input mikrozonasi frekuensi dominan di Kabupaten Bantul. Informasi yang digunakan dari data bor adalah ketebalan aquifer lapisan teratas pada 32 titik pengeboran. Kompilasi dari kedua data tersebut dianalisa untuk menentukan karakteristik spasial ketebalan akuifer berdasarkan nilai frekuensi dominan.



1. Seismometer
2. Digitizer
3. Kabel Sensor
4. GPS
5. Solar cell

Gambar 3. Portabel Seismograph TDS 303S



Gambar 4. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mikrozonasi frekuensi dominan (*f_o*) di Kabupaten Bantul

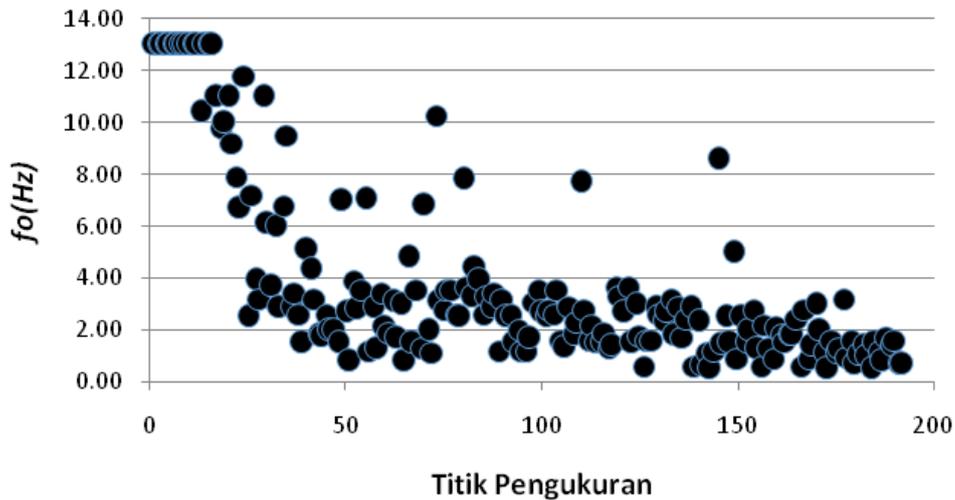
Mikrotremor adalah *ambient vibration* dengan amplitudo rendah dari tanah yang ditimbulkan oleh peristiwa alam maupun buatan manusia, seperti angin, gelombang laut, atau getaran dari kendaraan, dapat menggambarkan kondisi geologis dekat permukaan. Observasi mikrotremor dapat memberikan informasi yang berguna mengenai endapan berdasarkan nilai frekuensi dominan (*f_o*). Nilai frekuensi dominan lebih dari 1 Hz dapat mencerminkan struktur bawah permukaan yang dangkal dengan ketebalan beberapa puluhan meter merupakan jenis mikrotremor periode pendek. Sedangkan nilai frekuensi dominan kurang dari 1 Hz dapat mencerminkan struktur bawah permukaan yang lebih dalam merupakan jenis mikrotremor periode panjang. Pengukuran mikrotremor dilakukan pada 192 titik amat di Kabupaten Bantul. Berdasarkan mikrozonasi frekuensi dominan, distribusi nilai frekuensi > 7 Hz di Kabupaten Bantul terdapat di Kecamatan Dlingo, Piyungan, Pajangan dan Sedayu. Kawasan tersebut berasosiasi dengan kawasan perbukitan yang memiliki lapisan sedimen dangkal. Distribusi nilai frekuensi dominan < 7 Hz terdapat hampir diseluruh kecamatan di Kabupaten Bantul.

Tabel 1. Sampel Data Frekuensi dominan (*f_o*) pengukuran mikrotermor di Kab. Bantul

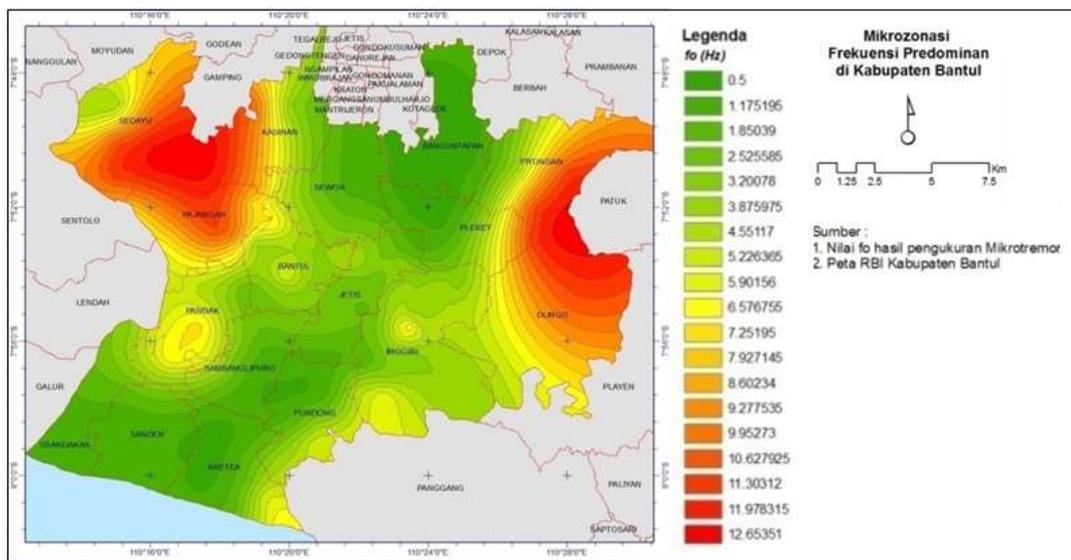
Id	Lat (°)	Long (°)	Fo (Hz)	Id	Lat (°)	Long (°)	Fo (Hz)	Id	Lat (°)	Long (°)	Fo (Hz)	Id	Lat (°)	Long (°)	Fo (Hz)
1	-7.83	110.30	13.00	16	-7.85	110.47	13.00	31	-7.89	110.33	3.70	46	-7.96	110.24	2.00
2	-7.85	110.28	13.00	17	-7.87	110.33	11.00	32	-7.98	110.35	6.00	47	-7.89	110.41	2.00
3	-7.85	110.30	13.00	18	-7.93	110.39	9.80	33	-7.93	110.33	2.88	48	-7.90	110.41	1.50
4	-7.82	110.32	13.00	19	-7.93	110.29	10.00	34	-7.91	110.41	6.80	49	-7.94	110.29	7.00
5	-7.83	110.27	13.00	20	-7.92	110.47	11.00	35	-7.94	110.28	9.50	50	-7.93	110.33	2.70
6	-7.85	110.27	13.00	21	-7.96	110.38	9.20	36	-7.89	110.33	2.88	51	-7.82	110.40	0.80
7	-7.85	110.25	13.00	22	-7.89	110.29	7.90	37	-7.92	110.35	3.42	52	-7.88	110.35	3.90
8	-7.83	110.25	13.00	23	-7.89	110.31	6.70	38	-7.91	110.32	2.60	53	-7.86	110.33	2.80
9	-7.87	110.45	13.00	24	-7.93	110.39	11.79	39	-7.99	110.22	1.50	54	-7.88	110.37	3.54
10	-7.88	110.45	13.00	25	-7.82	110.35	2.50	40	-7.91	110.28	5.10	55	-7.96	110.37	7.04
11	-7.83	110.28	13.00	26	-7.98	110.34	7.20	41	-7.89	110.37	4.35	56	-7.82	110.25	1.20
12	-7.88	110.31	13.00	27	-7.99	110.32	3.93	42	-7.92	110.34	3.20	57	-7.92	110.39	2.88
13	-7.82	110.27	10.40	28	-7.91	110.29	3.20	43	-7.98	110.24	1.80	58	-7.99	110.32	1.26
14	-7.88	110.30	13.00	29	-7.90	110.33	11.01	44	-7.99	110.23	1.75	59	-7.89	110.36	3.42
15	-7.86	110.32	13.00	30	-7.89	110.27	6.10	45	-7.92	110.31	2.60	60	-7.91	110.31	2.10

Sumber : BMKG

Gambar 4, menunjukkan variasi frekuensi dominan di Kabupaten Bantul dominan berada pada frekuensi rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa Kabupaten Bantul didominasi lapisan sedimen yang dalam. Lapisan sedimen umumnya tersusun atas material pasir dan batu pasir sehingga lapisan sedimen memiliki potensi akuifer yang tebal.



Gambar 4. Variasi frekuensi dominan (f_o) di Kabupaten Bantul



Gambar 5. Peta Mikrozonasi Frekuensi Dominan (f_o) di Kabupaten Bantul

Mikrozonasi ketebalan akuifer di Kabupaten Bantul

Akuifer merupakan formasi batuan yang dapat menyimpan dan melalukan air. Sistem akuifer di Kabupaten Bantul disusun oleh Sistem Akuifer Merapi (SAM) yang terdiri dari beberapa formasi geologi. Pada bagian Utara SAM dibatasi oleh batuan Vulkanik Merapi Tua berumur Plistosen Atas, dibagian Timur didasari batuan Tersier dari Formasi Semilir dan Nglanggeran. Pada bagian Barat dan Selatan, SAM didasari batuan Tersier dari Formasi Sentolo. Secara umum aliran airtanah di Kabupaten Bantul mengalir dari Utara menuju Selatan, berdasarkan garis kontur muka airtanah yang mempunyai kedudukan relatif sejajar dan semakin mengecil ke arah Selatan^[1]. Analisis ketebalan akuifer diperoleh dari intepretasi data bor berdasarkan pengelompokan hidrostatigrafi. Ketebalan lapisan akuifer yang dipergunakan dalam analisa ini adalah lapisan akuifer yang terdekat dengan permukaan tanah. Berdasarkan 32 data bor, ketebalan akuifer pada lapisan pertama bervariasi dari 0 – 90 m. Terdapat satu titik bor yang tidak terdapat lapisan akuifer, yaitu Titik Bor E26BT yang terdapat di Sriharjo Imogiri. Ketebalan akuifer antara 2 – 7 meter terdapat di Kecamatan Imogiri dan Kretek bagian Timur yang berbatasan langsung dengan Perbukitan Selatan Gunung Kidul. Ketebalan akuifer lebih dari 50 meter berada di Kecamatan Jetis, Pundong dan Bantul. Gambar 6, memberikan visual

mikrozonasi ketebalan akuifer lapisan teratas di Kabupaten Bantul. Gradasi warna dari orange menuju merah menunjukkan semakin tebalnya akuifer pada lapisan teratas dan gradasi warna dari orange menuju hijau menunjukkan semakin tipis akuifer pada lapisan teratas. Berdasarkan mikrozonasi, lapisan akuifer yang tebal berada di bagian tengah Kabupaten Bantul yang tersusun atas formasi Endapan Vulkanik Gunung Merapi Muda.

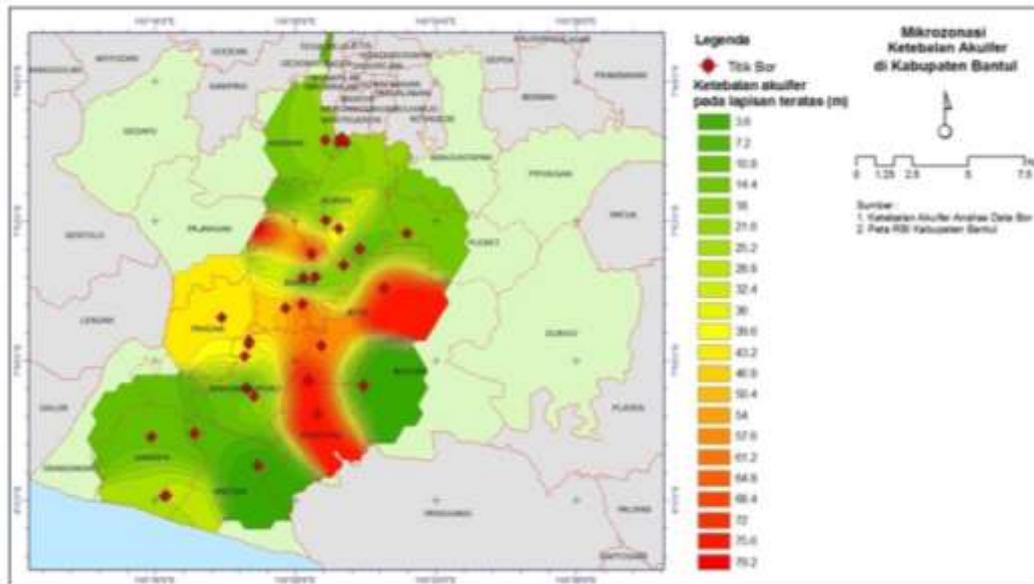
Tabel 2. Ketebalan akuifer lapisan pertama pada titik bor di Kabupaten Bantul

No	Code	Tebal akuifer pertama (m)	No	Code	Tebal akuifer pertama (m)
1	66BL	10	17	TW15BT	11
2	E26BT	0	18	TW16BT	3
3	E29BT	2	19	TW18SL	90
4	E31BT	17	20	TW21BT	20
5	E30BT	8	21	TW24BT	37
6	IKK KRETEK	48	22	TW25BT	20
7	IKK IMOGIRI	78	23	TW32BT	8
8	IKK PANDAK	44	24	YG02	3
9	IKK JETIS	58	25	YK10	80
10	IKK SANDEN	14	26	YK15	77
11	IKK PUNDONG	78	27	YK09	1
12	IKK SEWON	39	28	YK11	24
13	NOGOSARI	7	29	YK17	15
14	TW11BT	68	30	YG03	50
15	TW07BT	59	31	YK12	10
16	TW14BT	16	32	YK08	27

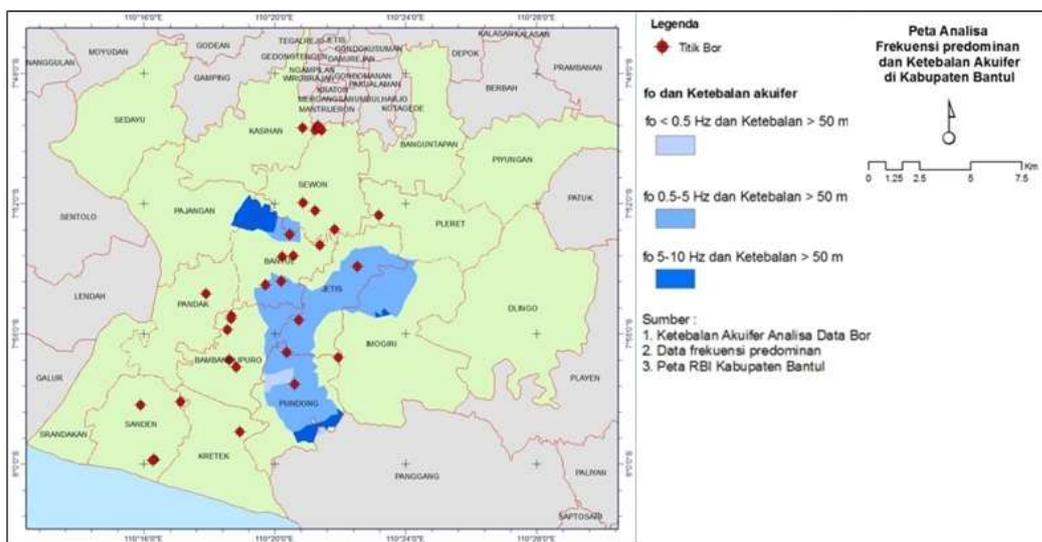
Sumber : Anonim, 2006^[1]

Karakteristik akuifer berdasarkan nilai frekuensi dominan (f_0)

Kompilasi data mikrozonasi frekuensi dominan dan ketebalan akuifer untuk mengetahui distribusi nilai frekuensi dominan pada variasi ketebalan akuifer. Gambar 7 memvisualkan distribusi ketebalan akuifer > 50 m pada beberapa variasi frekuensi. Analisis ketebalan akuifer di fokuskan pada lapisan akuifer dengan ketebalan > 50 m. Hal ini dikarenakan semakin tebal akuifer, maka potensi airtanah yang terdapat pada lapisan tersebut semakin tinggi. Hasil analisis menunjukkan bawah akuifer dengan ketebalan > 50 m berada pada kawasan dengan frekuensi dominan (f_0) < 0.5 Hz, 0.5 – 5 Hz dan 5.1 – 10 Hz. Namun, akuifer dengan ketebalan > 50 m dominan pada kawasan dengan interval frekuensi dominan (f_0) 0.5 – 5 Hz. Berdasarkan Klasifikasi Tanah Kanai dan Omote-Nakajima range frekuensi tersebut mendiksi batuan alluvial hasil sedimentasi. Kawasan tersebut berada di Kecamatan Bantul, Bambanglipuro, Jetis dan Pundong.



Gambar 6. Peta Mikrozonasi Ketebalan Akuifer di Kabupaten Bantul



Gambar 7. Peta Analisa Frekuensi dominan dan Ketebalan Akuifer di Kabupaten Bantul

Berdasarkan analisis ketebalan akuifer dan frekuensi dominan (f_0) menunjukkan bahwa terdapat hubungan secara spasial antara ketebalan akuifer dengan nilai frekuensi dominan. Akuifer yang tebal dominan berada pada wilayah dengan nilai frekuensi dominan yang rendah (< 5 Hz).

KESIMPULAN

Distribusi nilai frekuensi dominan > 7 Hz di Kabupaten Bantul terdapat di Kecamatan Dlingo, Piyungan, Pajangan dan Sedayu. Sedangkan nilai frekuensi dominan < 7 Hz terdapat hampir diseluruh kecamatan di Kabupaten Bantul. Ketebalan akuifer pada lapisan pertama di Kabupaten Bantul bervariasi dari 0 – 90 m. Ketebalan akuifer antara 2 – 7 meter terdapat di Kecamatan Imogiri dan Kretek bagian Timur yang berbatasan langsung dengan Perbukitan Selatan Gunung Kidul. Ketebalan akuifer lebih dari 50 meter berada di Kecamatan

Jetis, Pundong dan Bantul. Akuifer dengan ketebalan > 50 m dominan pada kawasan dengan interval frekuensi predomnan (f_0) 0.5 – 5 Hz yang terdapat di Kecamatan Bantul, Bambanglipuro, Jetis dan Pundong.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim. 2006. Penyelidikan Potensi Airtanah (Cekungan Airtanah Sleman – Yogyakarta di Kabupaten Bantul). Disperindagkop Bidang Pertambangan dan Energi. Yogyakarta.
2. Fetter, C.W. 1994. *Applied Hydrogeology*. 3th edition. Mac Millan Publishing. New York.
3. Mirzaoglu, Mete. and Dýkmen, Ünal. 2003. *Application of microtremors to seismic microzoning procedure*. Balkan: Journal of the Balkan Geophysical, Vol. 6, No. 3, pp. 143 – 156.
4. Motamed, R., Ghalandarzadeh, A., Tawhata, I. and Tabatabei, S.H. 2007. *Seismic Microzonation and Damage Assessment of Bam City*. Southern Iran: Journal of Earthquake Engineering. 11:1, pp. 110-132.
5. Nakamura, Y. 1989. *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface*. Japan: Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), Vol. 30, No.1.
6. SESAME. 2004. *Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation*.
7. Wibowo, N. B., Gunawan, A. 2014. *Analisis Spasial Respon Bendungan terhadap Model Peak Ground Acceleration (PGA) Berdasarkan Karakteristik Mikrotremor, Geologi Regional dan Amatan Instrumentasi pada Bendungan Sermo Kulonprogo*. Indonesian Journal of Applied Physics (2014) Vol.4 No.2, pp.115-125.