

# Pengembangan Peta Elevasi Batuan Dasar Kota Semarang Melalui Penelitian *Single Station Feedback Seismometer*

**Windu Partono**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Indonesia  
E-mail: [windu\\_bapake\\_dila@yahoo.com](mailto:windu_bapake_dila@yahoo.com)

**Sri Prabandiyani Retno Wardani**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Indonesia  
E-mail: [wardani\\_spr@yahoo.com](mailto:wardani_spr@yahoo.com)

**Masyhur Irsyam**

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Indonesia  
E-mail: [masyhur.irsyam@yahoo.co.id](mailto:masyhur.irsyam@yahoo.co.id)

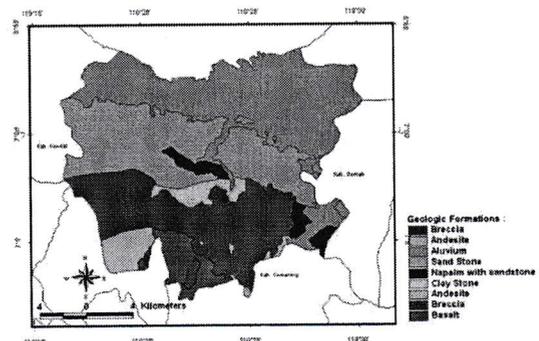
**ABSTRACT:** Salah satu tahapan penting pada analisa kondisi tanah lokal (*Site Specific Analysis/SSA*) adalah menentukan elevasi batuan dasar (*Bedrock*). Pada *SSA* gelombang gempa dalam bentuk *acceleration time histories* dirambatkan dari batuan dasar ke permukaan. Metode *invasive* dan *non invasive* adalah dua metode yang sering digunakan untuk meneliti elevasi batuan dasar. Metode *invasive* memerlukan pengeboran secara langsung ke dalam tanah. Salah satu metode yang sering digunakan untuk meneliti elevasi batuan dasar dengan pendekatan *non invasive* adalah dengan menggunakan gelombang ambient (*ambient vibrations*). *Single station feedback seismometer* dapat digunakan untuk menangkap gelombang ambient dengan meletakkan di atas tanah. Gelombang ambient dibangkitkan oleh gerakan benda-benda disekitar *seismometer*. Metode *HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)* selanjutnya digunakan untuk menghitung dan memperkirakan elevasi batuan dasar.

Tulisan ini menyajikan hasil penelitian elevasi batuan dasar di Kota Semarang dengan menggunakan *single station feedback seismometer*. 246 titik pengamatan di wilayah Kota Semarang telah dilakukan untuk menangkap tiga komponen gelombang ambient (NS, EW dan V). Ketiga komponen gelombang tersebut kemudian diolah dengan pendekatan *HVSR*. Berdasarkan hasil pengembangan peta elevasi batuan dasar kemudian dilakukan pengeboran pada 10 titik. Sampel batuan yang diperoleh dari pekerjaan pengeboran kemudian diuji dengan menggunakan *Sonic Viewer* untuk meneliti kecepatan rambat gelombang geser (Vs).

**Kata kunci:** batuan dasar, gelombang ambient, *HVSR*, *Sonic Viewer*

## 1 PENDAHULUAN

Kota Semarang yang terletak di bagian utara dari propinsi Jawa Tengah memiliki batas astronomi  $6^{\circ}50' - 7^{\circ}10'$  Lintang Selatan dan  $109^{\circ}35' - 110^{\circ}50'$  Bujur Timur (Pemerintah Kota Semarang, 2012). Luas wilayah Kota Semarang  $\pm 374 \text{ km}^2$ . dengan panjang terjauh  $\pm 22 \text{ km}$  Timur-Barat dan  $\pm 22 \text{ km}$  Utara-Selatan. Berdasarkan peta geologi kota Semarang yang dibuat oleh Thanden dkk. (1996) kondisi geologi kota Semarang secara umum dibagi menjadi 4 bagian. Bagian Utara berupa lapisan aluvial, Bagian tengah terdiri dari formasi Damar berupa lapisan batu pasir. Bagian tengah selatan terdiri dari formasi Kaligetas yang terdiri dari lapisan breksi vulkanik dengan diselingi lapisan batu lempung dan batu pasir tufa. Bagian Selatan terdiri dari formasi Kaligesik dan formasi Gajah Mungkur yang terdiri dari lapisan basalt dan andesit. Gambar 1 memberikan informasi lengkap tentang kondisi geologi Kota Semarang.



Gambar 1 Peta Geologi Kota Semarang

Peta Geologi Kota Semarang sebagaimana terlihat pada Gambar 1 hanya memberikan gambaran tentang formasi geologi di wilayah Kota Semarang. Elevasi dari lapisan batuan dasar sampai saat ini masih belum dipublikasikan secara lengkap. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan peta elevasi batuan dasar (SB) Kota

Semarang. Penelitian ini dilaksanakan karena belum adanya informasi yang lengkap tentang elevasi batuan dasar Kota Semarang. Dengan adanya peta elevasi batuan dasar ini diharapkan dapat memberikan masukan bagi para peneliti dan para ahli Geologi tentang gambaran elevasi batuan dasar di wilayah Kota Semarang.

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah dapat dikembangkannya peta *hazard* gempa di permukaan kota Semarang berdasarkan pendekatan *Site Specific Analysis*(SSA). Hasil SSA dapat divalidasi dengan hasil analisa *hazard* gempa dipermukaan yang telah dikembangkan dengan menggunakan nilai faktor amplifikasi.

Alat yang digunakan untuk mendapatkan data lapangan adalah *single station feedback seismometer*. Data yang dibaca di lapangan berupa gelombang ambien yang berbentuk tiga komponen gelombang (NS, EW, V). Penggunaan alat ini didasarkan pada alasan tingkat kemudahan pelaksanaan dan efisiensi biaya penelitian. Hasil penelitian dengan menggunakan alat ini perlu divalidasi ulang dengan menggunakan peralatan yang lebih baik seperti *array microtremor*.

Pada penelitian ini untuk memvalidasi hasil penelitian dilakukan pekerjaan pengeboran di wilayah selatan Kota Semarang. Penentuan wilayah selatan Kota Semarang didasarkan pada hasil pengamatan visual. Singkapan batuan sudah terlihat di beberapa lokasi di wilayah selatan Kota Semarang seperti di perbukitan Gombel, di perbukitan sekitar Kecamatan Tembalang dll. Pekerjaan pengeboran dilakukan minimum sampai kedalaman 30 meter. Untuk menguji sifat fisik batuan dalam bentuk kecepatan rambat gelombang geser (Vs) dilakukan pada beberapa sampel batuan yang diperoleh dari hasil pekerjaan pengeboran. Alat yang digunakan untuk pengujian Vs adalah *Sonic Viewer - SX*.

## 2 LATAR BELAKANG TEORI

Penentuan elevasi batuan dasar atau ketebalan lapisan sedimen di atas batuan dasar merupakan salah satu tahapan penting pada analisa kondisi tanah lokal. Banyak cara yang dapat digunakan untuk memperkirakan elevasi batuan dasar. Dua pendekatan umum untuk menentukan elevasi batuan dasar yaitu dengan metode *invasive* (sebagai contoh dengan melakukan pengeboran langsung kedalam lapisan tanah) dan metode *non-invasive* (sebagai contoh dengan melakukan penelitian *Multichannel Analysis of Surface Wave*/MASW atau *Single Station Microtremor*). Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memperkirakan elevasi batuan dasar adalah dengan menggunakan *single station feedback seismometer* (Claudet et al., 2009, Johansson et al., 2008).

Perhitungan elevasi batuan dasar diperoleh dengan menggunakan metode HVSr (*Horizontal-to Vertical Spectral Ratio*). Tiga komponen gelombang ambien (NS, EW dan V) yang diperoleh dengan menggunakan seismometer dianalisa dengan membandingkan nilai *fourier*

spektra amplitudo gelombang horizontal terhadap spektra amplitudo gelombang vertikal. HVSr pertama kali diperkenalkan oleh Nogoshi and Igarashi (1971) dan dikembangkan oleh Nakamura (1989). Dalam teknik ini efek sumber dapat diperkecil dengan normalisasi spektrum amplitudo horisontal dengan spektrum amplitudo vertikal. Dengan mengambil asumsi bahwa gelombang geser mendominasi mikrotremor, Nakamura (1989) menunjukkan bahwa rasio horisontal-ke-vertikal spektral amplitudo mikrotremor hampir sama dengan fungsi transfer gelombang antara permukaan tanah dan lapisan batuan. Nakamura (1989) menunjukkan bahwa frekuensi pada saat nilai spektra H/V mencapai puncak menunjukkan nilai dari frekuensi dominan ( $f_0$ ) lapisan tanah. Delgado dkk (2000) menyampaika jika SNS, SEW dan SV masing masing adalah nilai *fourier* spektra amplitudo gelombang NS, EW dan V, maka nilai H/V dapat dihitung dengan pendekatan formula sebagai berikut :

$$H/V = \sqrt{\frac{SNS^2 + SEW^2}{2SV^2}} \quad (1)$$

Nilai  $f_0$  dapat digunakan untuk memperkirakan elevasi batuan dasar dengan menggunakan dua pendekatan yang masing-masing telah dikembangkan oleh (Ibs-von Seht and Wohlenberg, 1999 dan Parolai et al., 2002). Secara umum rumus empirik yang dikembangkan oleh Ibs-von Seht and Wohlenberg (1999) dan Parolai et al. (2002) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Z = a(f_0)^b \quad (2)$$

di mana Z adalah ketebalan lapisan sedimen di atas batuan dasar dengan asumsi lapisan sedimen terdiri dari satu lapisan, sedangkan "a" dan "b" adalah dua parameter yang nilainya dapat diambil dari Tabel 1. Nilai a dan b sebagaimana terlihat pada persamaan (2) dan Tabel 1 dikembangkan oleh kedua peneliti tersebut. Karena nilai a dan b dari kedua peneliti tersebut tidak sama, akan dilihat bagaimana dampak penggunaan kedua nilai tersebut pada hasil perhitungan ketebalan lapisan sedimen di Kota Semarang. Dengan menggunakan nilai  $f_0$  yang sama dan nilai a dan b yang berbeda tentunya akan memberikan dampak pada perhitungan ketebalan lapisan sedimen.

Tabel 1 Parameter H/V untuk perhitungan ketebalan sedimen (Ibs-von Seht and Wohlenberg, 1999; Parolai et al., 2002)

Fitting Parameters		Reference
a (meters)	b	
96	-1.388	Ibs-von Seht and Wohlenberg (1999)
108	-1.551	Parolai et al. (2002)

3 MET  
HAS  
Pada  
lah dil  
Agustu  
gujian  
station  
100 Hz  
selama  
data ya  
dalam  
olah de  
olah de  
dengan



Gambar

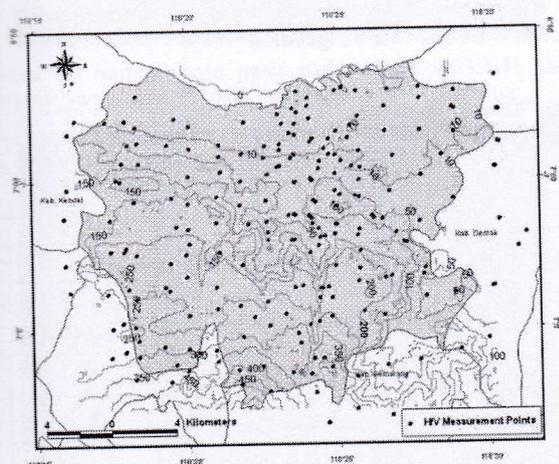


Gambar talogger

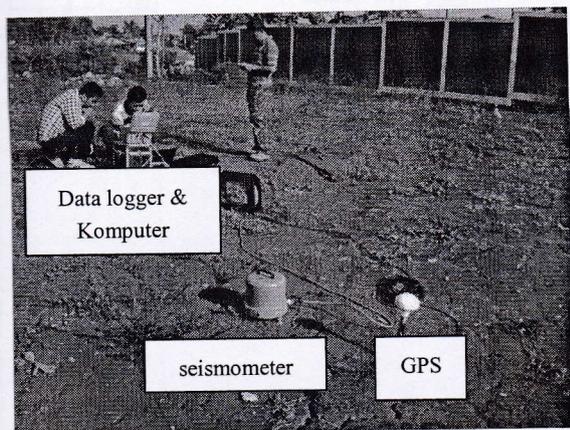
Hasil semua gaiman lihat ni merata sedang distribusi lan K

### 3 METODE PENELITIAN DAN PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

Pada penelitian ini 246 titik pengujian *microtremor* telah dilakukan di wilayah Kota Semarang selama bulan Agustus sampai Nopember tahun 2012 (Gambar 2). Pengujian dilakukan dengan menggunakan peralatan *single station feedback seismometer* yang memiliki frekuensi 100 Hz (Gambar 3). Waktu pengambilan data dilakukan selama 15 menit untuk setiap titik pengamatan. Semua data yang diperoleh dari pencatatan gelombang ambien dalam bentuk tiga komponen gelombang selanjutnya diolah dengan *software Geopsy*. Spektra H/V kemudian diolah dengan menggunakan kriteria yang sama sesuai dengan panduan yang dikeluarkan oleh SESAME (2004).

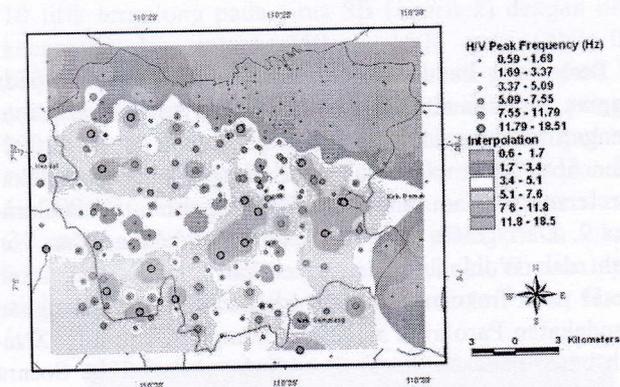


Gambar 2 Lokasi pengujian *microtremor*



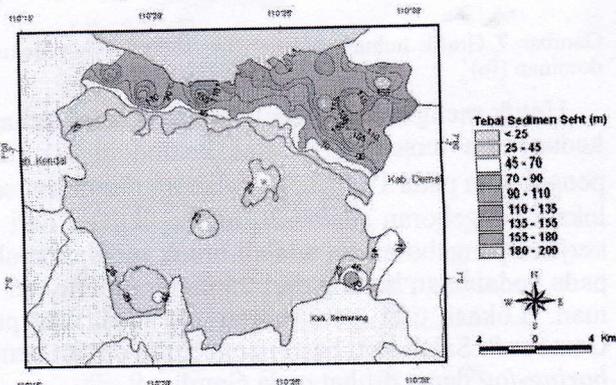
Gambar 3 Peralatan *Feedback Seismometer* Lengkap dengan *data logger* dan laptop untuk pengambilan data gelombang ambien

Hasil pengolahan dengan metode HVSR terhadap semua data menghasilkan distribusi spasial  $f_0$  sebagaimana terlihat pada Gambar 4. Pada Gambar 4 terlihat nilai  $f_0$  lebih kecil dari 2 Hz terdistribusi secara merata di bagian utara dan timur laut Kota Semarang sedangkan untuk nilai  $f_0$  lebih besar dari 2 Hz terdistribusi secara acak diseluruh wilayah tengah dan selatan Kota Semarang.

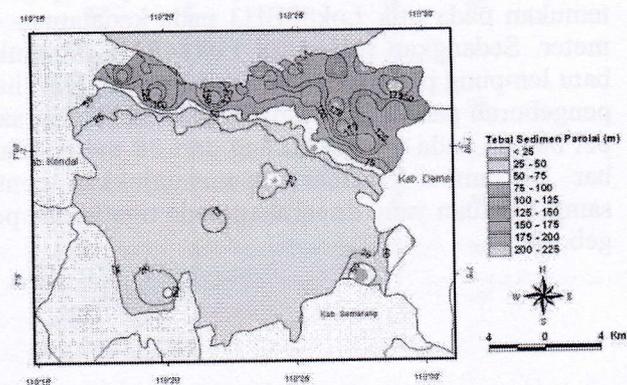


Gambar 4 Distribusi nilai frekuensi dominan hasil analisa data dengan metode HVSR

Hasil perhitungan ketebalan sedimen dengan menggunakan pendekatan Ibs-von Seht dan Wohlenberg sebagaimana terlihat pada Gambar 5 menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah kota Semarang bagian selatan diperkirakan memiliki ketebalan sedimen kurang dari 25 meter. Hasil perhitungan dengan pendekatan rumus Ibs-von Seht dan Wohlenberg juga menunjukkan wilayah utara Kota Semarang mempunyai ketebalan lapisan sedimen minimum 100 meter dan bagian timur laut kota Semarang mempunyai ketebalan lapisan sedimen mencapai 200 meter. Hasil yang hampir sama juga ditunjukkan dari hasil perhitungan ketebalan lapisan sedimen dengan menggunakan pendekatan Parolai et al. (2002) sebagaimana terlihat pada Gambar 6.

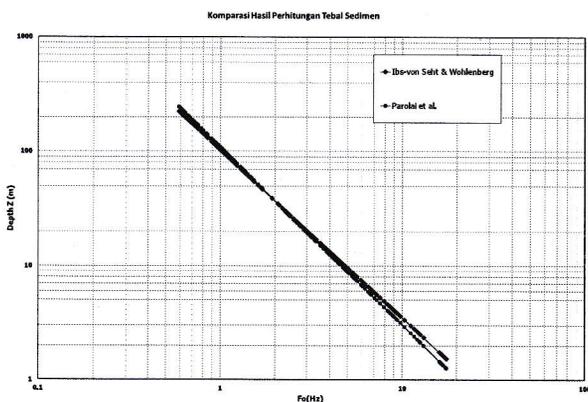


Gambar 5 Peta tebal lapisan sedimen dengan pendekatan Ibs-von Seht dan Wohlenberg (1999)



Gambar 6 Peta tebal lapisan sedimen dengan pendekatan Parolai et al.(2002)

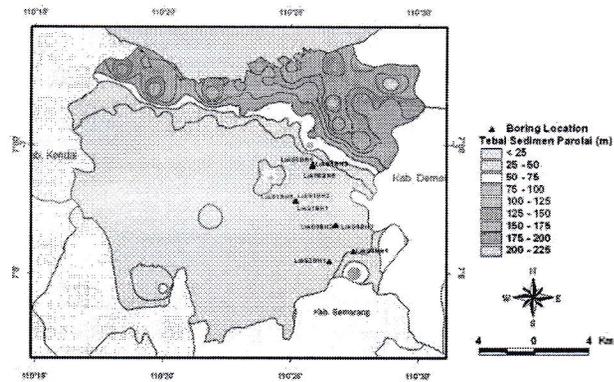
Perbedaan kedua pendekatan tersebut terletak pada bagian timur laut Kota Semarang. Elevasi batuan dasar dengan menggunakan pendekatan Parolai et al. (2002) mencapai 225 meter. Hasil perhitungan kedua pendekatan tersebut dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 7. Dari grafik tersebut terlihat pendekatan Ibs-von Seht dan Wohlenberg menghasilkan nilai Z yang lebih besar pada frekuensi  $f_0$  lebih besar dari 2 Hz sedangkan pendekatan Parolai et al. (2002) menghasilkan nilai Z lebih besar pada frekuensi  $f_0$  lebih kecil dari 2 Hz. Secara umum kedua grafik ini mempunyai kemiripan, perbedaan hasil perhitungan Z pada batas nilai  $f_0 = 2$  Hz disebabkan adanya perbedaan nilai a dan b yang digunakan pada persamaan (2).



Gambar 7 Grafik hubungan ketebalan sedimen dan frekuensi dominan ( $f_0$ )

Untuk mengvalidasi hasil analisa spasial terhadap kedua cara tersebut di atas kemudian dilakukan pengeboran pada 10 titik. Kedalaman minimum setiap lokasi pengeboran adalah 30 meter. Tujuan dari pekerjaan pengeboran ini adalah untuk melihat apakah pada kedalaman kurang dari 25 meter ditemukan batuan. Lokasi titik pengeboran dapat dilihat pada Gambar 8. Salah satu hasil pengeboran dalam bentuk *boring-log* dapat dilihat pada Gambar 9.

Pada titik Lok93BH1 ditemukan sampel batu pasir pada elevasi - 11 meter. Sampel batu pasir juga ditemukan pada titik Lok88BH3 pada kedalaman -31 meter. Sedangkan pada titik Lok94BH1 ditemukan batu lempung pada kedalaman - 11 meter. Dari hasil pengeboran pada 10 titik menunjukkan adanya sampel batuan pada elevasi kurang dari 30 meter. Gambar 10 sampai Gambar 12 menunjukkan contoh sampel batuan yang ditemukan pada tiga lokasi pengeboran.



Gambar 8 Lokasi titik pengeboran

Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang									
BORE LOG									
Project: Penelitian Doktor an. Winda Partopo				Location: Mulawarman Semarang, Jawa Tengah		Bore Hole No: BH. 1 Page 1			
Date of boring: June 2013	Drilled by: Agus RAS, ST	Checked by: A. Mubrota, MS	Coordinates: R	Elevation: Z			Location: S		
Bore Method: Large DI	Sample: Saturated	Date of photograph: Semarang	Sample store at: Semarang			Asam: A			
Master bore: Standar	Obtaining method: Poring	Ground Water Depth: -27.00 meter							
Diameter of hole: 75 mm									
Date	Depth (m)	Thickness (m)	Sample	Symbol	Layer Type	DESCRIPTION	Field Test SPT		
	Depth (m)						Depth (m)	N	10 30 50
	1	0.00			LANAU lempungan	lunak, warna merah			
	2	2.80			LANAU lempungan	lunak, warna merah			
	3	2.90			LANAU lempungan	lunak, warna merah kecoklatan	100		
	4	3.80			LANAU lempungan	lunak, warna merah kecoklatan	140		
	5	1.80			LANAU lempungan	lunak, warna merah kecoklatan	150		
	6	3.00			LANAU lempungan	lunak, warna merah kecoklatan	160		
	7	7.00			LEMPUNG kelanaran	terasipti batu, sangat haku, warna abu-abu kecoklatan	180		
	8	2.00			LEMPUNG kelanaran	terasipti batu, sangat haku, warna abu-abu kecoklatan	190		
	9	9.00			LEMPUNG kelanaran	terasipti batu, sangat haku, warna abu-abu kecoklatan	200		
	10	1.70			LANAU kapasiran	keras, warna coklat kekuningan	240		
	11	10.70			LANAU kapasiran	keras, warna coklat kekuningan	240		
	12	12.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	13	3.30			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	14	14.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	15	15.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	16	16.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	17	17.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	18	18.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	19	19.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	20	20.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	21	21.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	22	22.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	23	23.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	24	24.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	25	25.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	26	26.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	27	27.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	28	28.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	29	29.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		
	30	30.00			BATU PASIR	terasipti lanau kapasiran, keras, warna abu-abu	260		

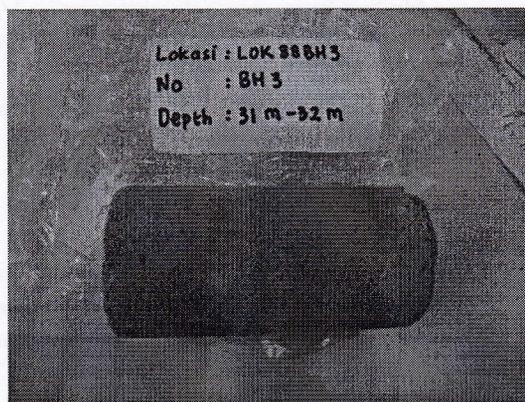
Gambar 9 Boring-log Lok93BH1(Mulawarman)



Gambar 10 Sampel batu pasir pada titik Lok93BH1 (Mularman) yang diambil pada kedalaman -15 - 16 meter



Gambar 11 Sampel batu lempung pada titik Lok94BH1 (Bukit Kencana Jaya) diambil pada kedalaman - 11 m



Gambar 12 Sampel batu pasir yang ditemukan pada titik Lok88BH3 (Dr. Wahidin) diambil pada kedalaman - 31 m

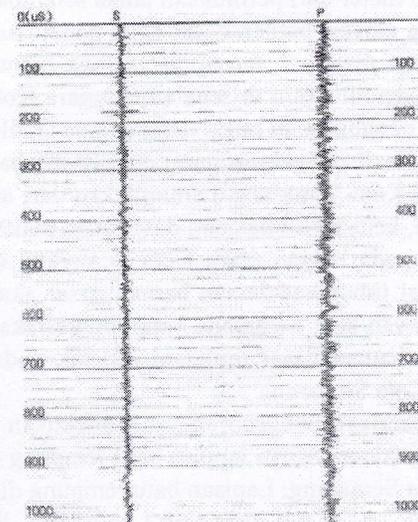
Sampel batuan yang ditemukan pada setiap titik pengeboran kemudian diuji dilaboratorium Geofisika Universitas Diponegoro untuk menguji kecepatan rambat gelombang geser (Vs). Pengujian dilakukan dengan menggunakan peralatan *OYO Sonic Viewer-SX* (Gambar 13). Gambar 14 menunjukkan bentuk output dari pengujian Vs batuan dengan *Sonic Viewer*. Hasil pengujian Vs terhadap semua sampel batuan menunjukkan nilai Vs yang lebih dari 1000 m/s. Hasil ini menunjukkan sampel

batuan yang diperoleh dari pekerjaan pengeboran pada 10 titik tergolong pada situs SB (*bedrock*) dengan nilai kecepatan Vs antara 750 - 1500 m/s (SNI 03-1726:2012). Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian Vs sampel batuan yang ditemukan pada 10 titik pengeboran. Pada Tabel 2 juga terlihat elevasi sampel batuan yang ditemukan pada titik Lo88BH3 dan Lok88BH6 mempunyai kedalaman - 26 meter dan - 27 meter. Hasil penemuan batuan pada kedua lokasi tersebut sedikit menyimpang dari hasil analisa spasial sebagaimana terlihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 13 Pengujian *sonic viewer* dan *printout* hasil pengujian.

**OYO**  
Sonic Viewer-SX  
Ver 2.0XE 04/08/01  
P-wave ID No.: 421  
S-wave ID No.: 423  
Length : 12.04(cm)  
Density : 1.890(g/cm<sup>3</sup>)  
P-time : 81.00(μs)  
S-time : 176.00(μs)  
P-velocity : 1493(m/s)  
S-velocity : 879(m/s)  
Poisson's ratio(ν) = 0.323  
Shear modulus(Gs) = 8.66e+05 (kN/m<sup>2</sup>)  
Elastic coefficient(Es) = 2.20e+06 (kN/m<sup>2</sup>)



Gambar 14 Contoh *output* pengujian Vs dan Vp dengan menggunakan *Sonic Viewer*.

Tabel 2 Hasil pengujian kecepatan rambat gelombang geser pada sampel batuan

No	Location	Date	Bedrock Elevation (m)	Rock Types	VS (m/s)
1	Lok84BH2	Oct-12	-8	Breccia	2457
2	Lok84BH3	Oct-12	-5	Breccia	3461
3	Lok88BH1	Mar-14	-17	Sandstone	2265
4	Lok88BH3	Apr-13	-27	Sandstone	1947
5	Lok88BH6	Apr-13	-26	Sandstone	1848
6	Lok91BH1	Apr-13	-23	Sandstone	1631
7	Lok91BH2	Apr-13	-21.5	Sandstone	2554
8	Lok91BH5	Apr-13	-22	Sandstone	2150
9	Lok93BH1	Jul-13	-11	Sandstone	2012
10	Lok94BH1	Jul-13	-5	Claystone	2895

Hasil penelitian menunjukkan distribusi spasial dari elevasi batuan dasar mempunyai kemiripan dengan peta geologi Kota Semarang. Pada daerah alluvium atau bagian utara Kota Semarang elevasi batuan dasar akan terletak pada kedalaman minimum 100 meter. Elevasi batuan dasar pada daerah ini bisa mencapai minimum 200 meter. Pada bagian tengah dan bagian selatan Kota Semarang yang didominasi oleh lapisan batu pasir dan batu breksi, kedalaman batuan dasar sangat bervariasi dan diperkirakan elevasi batuan dasar terletak pada kedalaman 0 sampai 50 meter dari permukaan tanah setempat.

Pada peta elevasi batuan dasar hasil penelitian dengan menggunakan *feedback seismometer* juga menunjukkan adanya lapisan alluvium di sebelah tenggara Kota Semarang. Hasil pengujian ini mirip dengan Peta Geologi Kota Semarang. Hasil pengembangan peta elevasi batuan dasar wilayah Kota Semarang menunjukkan dari arah selatan ke utara, kedalaman batuan dasar akan makin dalam. Sedangkan pada bagian utara Kota Semarang dari arah barat sampai timur kedalaman batuan dasar akan makin dalam. Wilayah kota Semarang yang diperkirakan memiliki elevasi batuan dasar terdalam terletak pada bagian timur laut Kota Semarang.

Hasil pekerjaan pengeboran yang dilakukan pada 10 titik menunjukkan adanya lapisan batu lempung dibagian selatan Kota Semarang. Lapisan batu lempung ditemukan pada elevasi - 11 meter pada titik Lok94BH1. Peta geologi Semarang juga menunjukkan adanya lapisan batu lempung di bagian selatan Kota Semarang.

#### 4 KESIMPULAN

Peta elevasi batuan dasar atau tebal lapisan sedimen Kota Semarang yang dibuat dengan menggunakan alat *single station feedback seismometer* menunjukkan adanya kemiripan dengan Peta Geologi Kota Semarang yang dibuat oleh Thanden dkk. (1996). Analisa HVSR untuk menentukan elevasi batuan dasar yang diikuti dengan pengujian nilai Vs sampel batuan menunjukkan adanya kemiripan hasil pengujian *seismometer* dan kondisi geologi Kota Semarang.

Elevasi terdalam dari batuan dasar (*bedrock*) Kota Semarang terletak di bagian timur laut. Pada bagian Utara Kota Semarang dari barat sampai ke timur, makin ke timur elevasi batuan dasar makin dalam. Bagian tengah dan selatan kota Semarang yang didominasi oleh lapisan batu pasir dan breksi mempunyai kedalaman lapisan batuan dasar kurang dari 50 meter.

Peralatan *single station feedback seismometer* dapat digunakan untuk memprediksi elevasi batuan dasar dengan baik. Jumlah 246 titik pengamatan atau ekuivalen dengan 16 x 16 titik pengamatan ( 1.5 km x 1.5 km) menghasilkan distribusi spasial fo acak pada bagian tengah dan selatan. Jarak antar titik akan lebih baik jika jarak antar titik pengamatan kurang dari 1.5 km sebagai contoh perlu dilakukan penelitian dengan jarak 500 m X 500 m.

Penggunaan peralatan *single station feedback seismometer* jauh lebih murah dan mudah dibandingkan dengan pengujian langsung dengan pengeboran. Tingkat kemudahan dan kemurahan cara pengujian ini memungkinkan penambahan titik pengujian dengan jarak antar titik 500 meter.

Peralatan *Sonic Viewer* dapat digunakan untuk membantu memperkirakan kecepatan gelombang geser Vs pada lapisan batuan atau sampel batuan. Hasil pengujian dengan menggunakan *sonic viewer* perlu divalidasi dengan melakukan pengujian rambatan gelombang geser di lapangan.

#### 5 DAFTAR PUSTAKA

- Claudet S.B., Baise S., Bonilla L.F., Thierry C.B., Pasten C., Campos J., Volant P. dan Verdugo R., *Site effect evaluation in the Basin of Santiago de Chile using ambient noise measurements*, Geophys. J. Int., 176, 925-937.
- Delgado, J., Lopez Casado, C., Giner j., Estevez, A., and Molina, S., 2000, *Microtremors as a geophysical exploration tool : Applications and limitations, Pure and Applied Geophysics*, v.157, p. 1445-1462.
- Ibs-von Seht, M. and Wohlenberg, J., 1999, *Microtremors measurements used to map thickness of soft soil sediments*, Bulltin of the Seismological Society of America, v.89, p.250-259.
- Johansson J.A.T., Mahecha E.A.L., Acosta A.T.T. and Arellamo J.P.M., 2008, *H/V Microtremor Measurements in Pisco, Peru after the 2007 August 15 Earth-*

- quake, The 14<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.
- Nakamura, Y., 1989, *A method for dynamic characteristics estimation on the ground surface*, Quarterly Report, RTRI, Japan, v.30, p. 25-33.
- Nogoshi, M. and Igarashi, T., 1971, *On the amplitude characteristics of microtremor*, Part 2 (In Japanese with English abstract), J. Seism. Soc. Japan, 24, 26-40.
- Parolai, S., Bormann, P., and Milkert, C., 2002, *New relationships between Vs, thickness of sediments, and resonance frequency calculated by the H/V ratio seismic noise for Cologne Area (Germany)* Bulletin of the Seismological Society of America, v.92, p. 2521-2527.)
- SNI 1726:2012, *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*, Badan Standardisasi Nasional, ICS 91.120.25:91.080.01.
- SESAME, 2004, *Guidelines for implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations, measurements, processing and interpretation*, SESAME European research project WP12, European Commission – Research General Directorate Project No. EVG1-CT-2000-00026 SESAME
- Thanden, R.E., Sumadirja, H., Richard P.W., Sutisna K. dan Amin T.C., 1996, *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa*, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi.