

Penentuan Ketebalan Sedimen Menggunakan Metode Mikrotremor di Kota Surakarta

(masuk/received 22 Juli 2017, diterima/accepted 28 Januari 2018)

Determination of Sediment Thickness by using Microtremor Method in Surakarta City

Sorja Koesuma, Sari Pratiwi, Budi Legowo

Program Studi Fisika FMIPA, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

sorja@uns.ac.id

Abstrak – Surakarta merupakan salah satu kota di Jawa Tengah yang memiliki perkembangan cukup pesat. Beberapa pembangunan infrastruktur yang cukup masif di kota Surakarta adalah hotel-hotel dengan ketinggian lebih dari 25 lantai, pembangunan jalan flyover, jembatan dan kawasan industri di utara dan selatan kota Surakarta. Telah dilakukan survei mikrotremor untuk menentukan ketebalan pelapisan sedimen di kota Surakarta. Peta ketebalan sedimen digunakan untuk menentukan daerah yang rawan terhadap amplifikasi magnitud gempa, semakin tebal lapisan sedimen semakin besar amplifikasi sehingga berbahaya bagi infrastruktur yang terletak di atasnya. Pengukuran mikrotremor dilakukan di 12 lokasi dengan interval jarak antar lokasi 1-3 km. Peralatan yang digunakan adalah P.A.S.I Seismograph Mod. 16S24-P dengan sensor 3D Borehole Geophone Model GFA 60/100. Lama waktu pengukuran setiap lokasi adalah 20 menit dengan tiga kali pengulangan perekaman data di setiap lokasi. Pengolahan data mikrotremor menggunakan software Geopsy dan Surfer 11. Diperoleh hasil ketebalan sedimen di Lokasi 4 yang berada di wilayah Dawung merupakan lokasi dengan ketebalan sedimen yang paling tebal yaitu 24,65 m. Kemudian ketebalan sedimen semakin menipis ke utara, yaitu pada tengah kota sekitar 15 meter dan pada sisi utara sekitar 5 meter. Hal ini mengindikasikan bahwa pada sisi selatan kota Surakarta merupakan daerah yang rawan terhadap amplifikasi jika terjadi gempa bumi.

Kata kunci: metode mikrotremor, frekuensi dominan, ketebalan sedimen, Surakarta

Abstract – Surakarta is one of the cities in Central Java that has a rapid development. Some of the massive infrastructure developments in Surakarta are hotels with a height of more than 25 floors, fly over roads, bridges and industrial estates in the north and south of Surakarta. Microtremor surveys have been conducted to determine the thickness of sediment layer in the city of Surakarta. The map of sediment thickness is used to determine areas prone to amplification of earthquake magnitude, the thicker the sediment layer the greater the amplification so that it is harmful to the infrastructure located above it. Microtremor measurements were performed in 12 locations with interval spacing between locations 1-3 km. The equipment used is P.A.S.I Seismograph Mod. 16S24-P with 3D Borehole Geophone Model GFA 60/100 sensor. The measurement time for each location is 20 minutes with three repetitions of data recording. Microtremor data processing using Geopsy and Surfer 11 softwares. The result of thickness of sediment in location 4 located in Dawung region is the area with thickest of sediment layer that is 24,65 m. Then the thickness of the sediment, gradually thinned to the north, which is in the middle of the city about 15 meters and in the north side about 5 meters. This indicates that in the southern part of the city of Surakarta is an area prone to amplification in case of an earthquake.

Keywords: microtremor method, dominant frequency, sediment thickness, Surakarta

I. PENDAHULUAN

Kota Surakarta terletak pada 07°34' LS dan 110°49' BT dengan luas wilayah kurang lebih 40 km². Berdasarkan struktur geologi Surakarta memiliki beberapa tipe batuan yaitu batuan Aluvium, batuan Notopuro, batuan Formasi Kabuh dan batuan Vulkanik Muda [1]. Dengan semakin pesatnya pembangunan di kota Surakarta maka perlu untuk mengidentifikasi area dengan tingkat resiko tinggi terhadap gempa bumi, karena gelombang gempa bumi yang merambat di bawah tanah akan teramplifikasi apabila melewati sedimen yang cukup tebal. Penelitian ini bertujuan

untuk mengetahui ketebalan sedimen di kota Surakarta dengan menggunakan metode mikrotremor.

II. LANDASAN TEORI

A. Mikrotremor

Mikrotremor biasa disebut juga sebagai *ambient noise*. *Ambient noise* adalah getaran tanah dengan amplitudo tertentu dan dapat menggambarkan kondisi geologi wilayah tersebut akibat peristiwa alam atau buatan, seperti angin, gelombang laut atau getaran kendaraan [2]. Mikrotremor dapat dikatakan sebagai getaran harmonik alami di bawah

permukaan tanah yang terjadi secara terus menerus sehingga terjebak pada lapisan sedimen dan terpantulkan akibat adanya bidang batas lapisan dengan frekuensi tetap yang disebabkan oleh getaran mikro dan kegiatan alam lainnya di bawah permukaan tanah. Adapun parameter yang dapat diukur dengan metode ini yaitu frekuensi dominan (f_0) dan ketebalan sedimen [3].

B. Metode HVSR

Metode HVSR merupakan getaran gelombang geser yang terukur pada medium sedimen atau medium yang berada di atas *bedrock* [4]. Adapun persamaan HVSR dinyatakan sebagai [5]

$$S_M(\omega) = \frac{\sqrt{(H_{SN}(\omega))^2 + (H_{WE}(\omega))^2}}{V_s(\omega)} \quad (1)$$

dengan

$S_M(\omega)$	HVSR (<i>Horizontal to Vertical Ratio</i>)
$H_{SN}(\omega)$	Nilai amplitudo spectrum frekuensi komponen Utara-Selatan
$H_{WE}(\omega)$	Nilai amplitudo spektrum frekuensi komponen Barat-Timur
$V_s(\omega)$	Nilai amplitudo spektrum frekuensi komponen vertikal

C. Frekuensi Dominan

Frekuensi dominan adalah frekuensi yang muncul sebagai nilai frekuensi dari lapisan batuan di suatu wilayah yang menunjukkan karakteristik serta jenis batuan yang ada di bawah permukaan tanah [6]. Hal ini dapat diketahui berdasarkan klasifikasi tanah dan nilai frekuensi dominan yang telah dikelompokkan oleh Kanai seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi tanah menurut Kanai [7] berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor [8].

Klasifikasi Tanah Tipe	Jenis	Frekuensi Natural (Hz)	Klasifikasi Kanai	Deskripsi
Tipe IV	Jenis I	6,667 - 20	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>hard sandy, gravel</i> , dll.	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis, di dominasi oleh batuan keras.
	Jenis II	10 - 4	Batuan alluvial, dengan ketebalan 5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel, sandy hard clay, loam</i> , dll.	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5 hingga 10 meter.
Tipe III	Jenis III	2,5 - 4	Batuan alluvial, dengan ketebalan >5 m. Terdiri dari <i>sandy-gravel, sandy hard clay, loam</i> , dll.	Ketebalan sedimen permukaan masuk dalam kategori tebal, sekitar 10 hingga 30 meter.
Tipe II	Jenis IV	< 2,5	Batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur, dll. Dengan kedalaman 30 m atau lebih.	Ketebalan sedimen permukannya sangatlah tebal
Tipe I				

D. Ketebalan sedimen

Ketebalan sedimen dapat diketahui dari hasil grafik HVSR yaitu dengan melakukan perhitungan manual. Adapun persamaan yang digunakan

$$H = \frac{V_s}{4f_0} \quad (2)$$

dengan H , V_s , dan f_0 adalah ketebalan sedimen, kecepatan gelombang geser dan frekuensi dominan [5]. V_s yang digunakan adalah sebesar 276,12 m/s, yang diperoleh dari analisis fungsi atenuasi [9].

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode mikrotremor untuk pengambilan data di lapangan menggunakan P.A.S.I Seismograph Mod. 16S24-P, 3D Borehole Geophone Model GFA 60/100 dan *Global Positioning System* (GPS). Interval yang digunakan pada setiap lokasi pengukuran yaitu sekitar 1-3 km dengan jumlah 12 lokasi. Diperlukan waktu sekitar 20 menit dengan tiga kali pengulangan untuk perekaman data disetiap lokasi. Untuk mengetahui posisi titik ukur dilakukan pengukuran koordinat *latitude, longitude* dan ketinggian menggunakan GPS. Data yang direkam dari mikrotremor yaitu berupa *file* data berformat (.DAT) yang berisi rekaman gelombang natural. *Software Geopsy* digunakan untuk mengolah data menjadi grafik HVSR dan selanjutnya dilakukan pembuatan peta kontur untuk ketebalan sedimen.

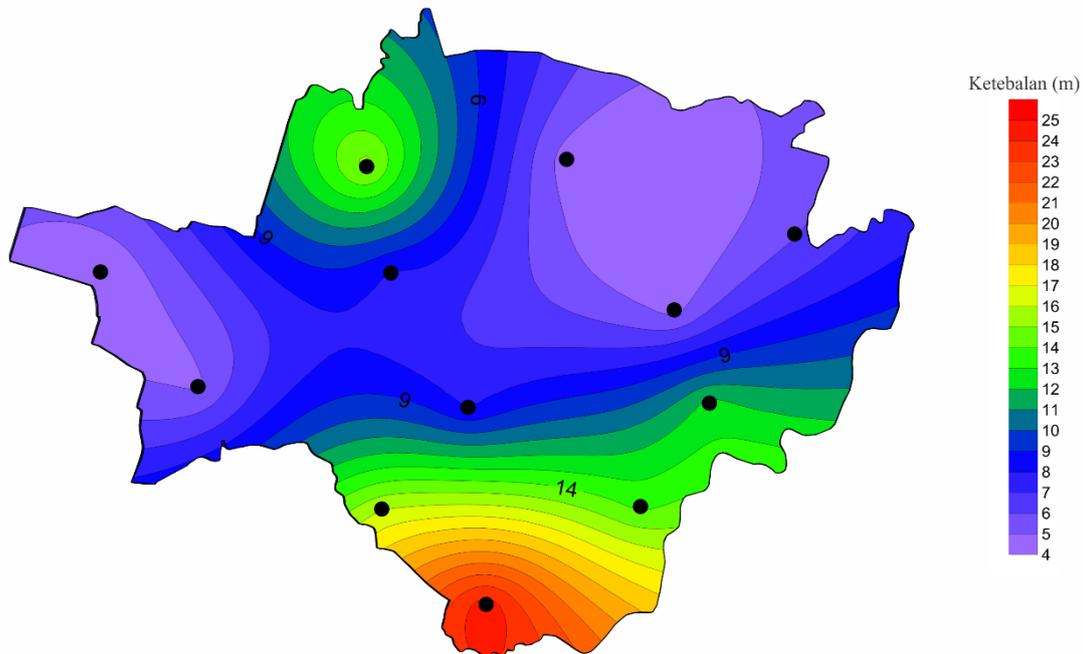
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan acuan tabel klasifikasi tanah menurut Kanai, frekuensi dominan dari penelitian ini dapat diklasifikasikan menurut jenisnya yang ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil yang diperoleh dari penelitian, jenis 1 memiliki frekuensi dominan antara 11,68 Hz sampai dengan 16,96 Hz. Berdasarkan Kanai [7], pada frekuensi dominan tersebut terdapat batuan tersier atau lebih tua yang terdiri dari batuan *hard sandy, gravel*, dan lain-lain. Ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis, dan didominasi oleh batuan keras. Jenis 2 memiliki frekuensi dominan antara 4,32 Hz sampai dengan 8,71 Hz. Frekuensi dominan yang tergolong pada jenis 2 memiliki batuan *alluvial*, dengan ketebalan 5 meter yang terdiri dari *sandy-gravel, sandy hard clay, loam*, dan lain-lain. Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah yaitu 5 meter hingga 10 meter. Pada kelompok jenis 3 memiliki frekuensi dominan 2,80 Hz yang berada di wilayah Dawung. Berdasarkan pengelompokan dari frekuensi dominan, di wilayah Dawung terdapat batuan alluvial, dengan ketebalan lebih dari 5 meter yang terdiri dari *sandy-gravel, sandy-hardclay, loam*, dan lain-lain. Ketebalan sedimen permukaan masuk dalam kategori tebal, sekitar 10 hingga 30 meter. Hasil penelitian dari frekuensi dominan ini diperoleh bahwa batuan yang tersusun di bawah tanah di dominasi oleh *sandy, gravel, loam, clay* dan sejenisnya yang tergolong dalam batuan alluvium.

Gambar 1 menunjukkan peta ketebalan sedimen di Kota Surakarta. Kontur peta warna biru menunjukkan hasil penelitian bahwa ketebalan sedimen kurang dari 10 meter.

Tabel 2. Klasifikasi jenis tanah berdasarkan Kanai [7] dari hasil frekuensi dominan.

Jenis 1			Jenis 2			Jenis 3		
Lokasi	Keterangan	f_0 (Hz)	Lokasi	Keterangan	f_0 (Hz)	Lokasi	Keterangan	f_0 (Hz)
1	MJ	11,68	3	SGKRH	5,03	4	DWG	2,8
2	MWRD	14,96	5	SMPN 10	8,71			
7	MJSG	15,40	6	MNHN	8,76			
9	LWYN	14,20	8	BANYR	4,46			
10	KA	16,96	11	JBR5	5,58			
			12	TPS	4,32			

**Gambar 1.** Kontur ketebalan sedimen, titik hitam adalah lokasi penelitian.**Tabel 3.** Nilai ketebalan sedimen.

Titik Penelitian	Keterangan	H (m)	Titik Penelitian	Keterangan	H (m)
Lokasi 1	MJ	5,91	Lokasi 7	MJSG	4,48
Lokasi 2	MWRD	4,61	Lokasi 8	B. ANYR	15,48
Lokasi 3	SGKRH	13,72	Lokasi 9	LWYN	4,86
Lokasi 4	DWG	24,65	Lokasi 10	KA	4,07
Lokasi 5	SMPN 10	7,93	Lokasi 11	JBR5	12,37
Lokasi 6	MNHN	7,88	Lokasi 12	TPS	15,98

Indeks warna biru memiliki ketebalan yang tipis di bandingkan lokasi yang berada pada indeks warna lain. Pada indeks warna hijau menunjukkan bahwa lokasi ini memiliki ketebalan sedimen berkisar antara 11-15 meter. Kemudian lokasi 4 (Dawung) yang berada di sekitar warna merah dengan ketebalan sedimen 24,65 meter. Lokasi 4 berada di wilayah Dawung dan termasuk lokasi dengan ketebalan sedimen yang lebih tebal daripada lokasi lain. Tabel 3

menunjukkan nilai ketebalan sedimen dari 12 lokasi ukur. Hal ini menunjukkan bahwa ketebalan sedimen berkaitan dengan hasil frekuensi dominan yang menunjukkan bahwa semakin besar nilai frekuensi dominan maka ketebalan sedimen semakin tipis. Maka dari itu diketahui bahwa nilai frekuensi dominan akan berbanding terbalik dengan ketebalan sedimen. Ketebalan sedimen akan mempengaruhi respon bangunan yang ada di atas permukaan apabila terjadi

gempa bumi karena magnitudo gempa akan teramplifikasi. Secara umum untuk kota Surakarta, ketebalan sedimen paling tebal ada di sisi selatan (24 meter), kemudian di tengah kota sekitar sekitar 15 meter dan sisi utara dengan ketebalan sekitar 5 meter.

V. KESIMPULAN

Ketebalan sedimen di Kota Surakarta paling tebal adalah di sisi selatan (24 meter) kemudian semakin ke utara semakin menipis sampai dengan 5 meter. Untuk di sisi selatan sebaiknya tidak didirikan bangunan tinggi yang dikawatirkan akan terdampak apabila terjadi amplifikasi magnitud gempa bumi.

PUSTAKA

- [1] Ari Yuni Ani. *Analisa Struktur Bawah Permukaan di Wilayah Surakarta Menggunakan Metode Gravitasi*. Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2011.
- [2] H. Arai, K. Tokimatsu, *S-wave Velocity Profiling by Joint Inversion of Microtremor H/V Spectrum*. Bulletin of the Seismological Society of America. 94(1), 54-63, 2004.
- [3] Reza Agus Parlindungan Harahap, Laily Endah Fatmawati, Ria Asih Aryani Soemitro, Trihanyndio Rendy Satrya, *Analisa Mikrotremor Dengan Metode HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) untuk Pemetaan Mikrozonasi di Kelurahan Kejawan Putih Tambak Surabaya*. Jurnal Teknik POMITS. Vol. 1, No. 1, 1-4, 2013.
- [4] M. Mucciarelli, C. Other, D. Gosar, A. Herak, M. Albarello, *Assesment of Seismic Site Amplification and of Seismic Building Vulnerability in the Republic of Macedonia, Croatia and Slovenia*, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, October 12-17, Beijing, China, 2008.
- [5] Yutaka Nakamura. *On The H/V Spectrum*. The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, Beijing, China, 2008.
- [6] Sungkono, B.J. Santosa. *Karakterisasi Kurva Horizontal-To-Vertical Spectral Ratio: Kajian Literatur dan Pemodelan*, Jurnal Neutrino. Vol.4, No.1, 2011.
- [7] Kanai, K, *Engineering Seismology*, University of Tokyo Press, Tokyo, Japan, 1983.
- [8] Satria Subkhi Arifin, Bagus Sapto Mulyanto, Marjiyono. Roby Setianegara. *Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa dan Sekitarnya*, Jurnal Eksplorasi, Vol. 2 No.1, 2014.
- [9] Unwanus Sa'adah, Yusep Muslih Purwana, Noegroho Djarwanti. 2015. *Analisis Risiko Gempa di Kota Surakarta dengan Pendekatan Metode Gumbel*. Matriks Teknik Sipil, Maret 2015. e-ISSN 2354-8630.