

PENGUKURAN VS30 MENGGUNAKAN METODE MASW UNTUK WILAYAH YOGYAKARTA

MAPPING OF VS30 USING MASW METHOD FOR YOGYAKARTA REGION

M. Muzli^{1*}, R. Pandhu Mahesworo¹, R. Madijono¹, Siswoyo¹, S. Pramono¹, K.R. Dewi¹, Budiarta¹,
O. Sativa¹, B. Sulistyio¹, R. Swastikarani¹, N. Oktavia¹, Moehajirin¹,
N. Efendi¹, T.A. Wijaya¹, B. Subadyo¹, Mujiyanto¹, Suwanto¹, S. Pramono¹

¹Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Jl. Angkasa I No. 2 Kemayoran, Jakarta Pusat 10720

*E-mail: muzli@bmkg.go.id

Naskah masuk: 16 April 2015; Naskah diperbaiki: 07 September 2016; Naskah diterima: 19 September 2016

ABSTRAK

Yogyakarta merupakan salah satu wilayah yang aktif gempabumi di Indonesia. Sumber gempabumi dapat berasal dari patahan lokal Opak di bagian timur ataupun zona subduksi pada bagian selatan Yogyakarta. Pembuatan peta mikrozonasi gempa sangat dibutuhkan untuk pertimbangan pembangunan infrastruktur atau bangunan yang tahan terhadap gempabumi. Upaya tersebut diharapkan dapat mengurangi dampak resiko yang mungkin ditimbulkan. Pada pertengahan tahun 2014 telah dilakukan pengukuran kecepatan gelombang geser (Vs30) di wilayah Yogyakarta khususnya wilayah Kabupaten Bantul dan Sleman. Pengukuran dilakukan terhadap 55 titik yang menyebar pada dua wilayah Kabupaten tersebut dengan jarak antar titik sekitar 1 sampai 5 km. Vs30 merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam peta mikrozonasi. Pengukuran Vs30 dengan metode *Multichannel Analysis of Surface Waves* (MASW) menggunakan 24 geofon komponen vertikal dengan frekuensi 4.5 Hz. Nilai Vs30 memberikan informasi klasifikasi tanah permukaan sampai pada kedalaman 30 meter. Hasil interpretasi nilai Vs30 menunjukkan bahwa pusat kota yaitu Kotamadya Yogyakarta memiliki resiko amplifikasi gelombang yang relatif besar dengan nilai Vs30 berkisar antara 115-175 m/s. Pembangunan di wilayah ini sangat disarankan untuk memperhatikan aturan yang memenuhi standar sesuai rujukan SNI 1726-2012. Pada sisi lain, wilayah yang memiliki tanah permukaan klasifikasi padat dengan nilai rata-rata Vs30 antara 350-480 m/s adalah Kecamatan Kretek, Sanden, Pandak dan Bambanglipuro. Wilayah ini memiliki potensi untuk pelemahan atau atenuasi gelombang sehingga resiko kerusakan akibat gempabumi relatif lebih kecil.

Kata kunci: Klasifikasi site, mikrozonasi, Vs30, MASW

ABSTRACT

Yogyakarta region is one of a seismically active region in Indonesia. Earthquake source can be generated from a local fault Opak in the eastern or subduction zone in the southern part of Yogyakarta. Map of seismic microzonation is needed for infrastructure development considerations or buildings resistant to earthquakes. The use of this map is expected to reduce the impact of risks that may be posed. In mid-2014 measurements of shear wave velocity (Vs30) in Yogyakarta has been carried out, especially in the districts of Bantul and Sleman. Measurements were made on the 55 points spread in the two districts with the distance between the points is 1 to 5 km apart. Vs30 is one of the parameters used in the microzonation maps. Vs30 measurements using *Multichannel Analysis of Surface Waves* (MASW) method. It is acquired using 24 geophones of the vertical component with the frequency of 4.5 Hz. The values provide information of the classification of the soil surface to a depth of 30 meters. Results and interpretation of Vs30 value indicates that the city center of Yogyakarta has intermediate risk with relatively large possibility of seismic wave amplification with the values of Vs30 ranging between 115-175 m/s. The Building Construction in this region are strongly recommended to follow the regulation or building code of SNI 1726-2012. Whereas the region which has a solid surface soil classification with the average Vs30 values between 350-480 m/s is the districts of Kretek, Sanden, Pandak and Bambanglipuro. This regions could potentially attenuate the seismic wave, hence they have relatively low risk for the damages due to strong earthquakes.

Keywords: Site classification, microzonation, Vs30, MASW

1. Pendahuluan

Wilayah Yogyakarta merupakan wilayah aktif gempabumi baik itu gempabumi yang bersumber dari

sesar Opak ataupun dari zona subduksi. Gempabumi yang bersumber pada kedua lokasi utama tersebut dapat menimbulkan efek yang berbahaya terhadap wilayah Yogyakarta. Salah satu kejadian gempabumi

besar yang terjadi pada tahun 2006 dengan magnitudo momen 6,3 [1,2] telah menyebabkan lebih dari 5700 orang meninggal dan kerugian materil mencapai 29,1 triliun [3].

Pada dasarnya gempabumi yang terjadi tidak dapat dicegah akan tetapi dampak yang ditimbulkan dapat dikurangi. Korban yang ditimbulkan akibat gempabumi baik yang meninggal ataupun luka-luka pada umumnya disebabkan oleh bangunan yang runtuh. Runtuhnya bangunan disebabkan konstruksi yang tidak sesuai dengan kaidah yang telah ditentukan [4,5] atau tidak memperhitungkan faktor tingkat bahaya gempabumi dan lingkungan setempat, termasuk faktor keadaan struktur tanah permukaan dan ketebalan sedimen diatas batuan dasar [6].

Keadaan atau klasifikasi tanah permukaan adalah salah satu faktor yang sangat penting untuk diketahui sebagai salah satu pertimbangan terhadap rancangan bangunan tahan gempa. Pada klasifikasi jenis tanah yang relatif lunak, secara teoritis menjadi wilayah yang sangat beresiko terhadap kerusakan yang ditimbulkan akibat gempabumi. Hal ini dikarenakan pada wilayah ini sangat memungkinkan untuk terjadinya amplifikasi atau pembesaran gelombang karena jenis medium yang dilewati oleh gelombang. Pada kondisi yang lain dengan tanah keras, tingkat resiko kerusakan yang terjadi akibat gempabumi pada umumnya relatif lebih rendah. Hal ini disebabkan pada medium ini gelombang mengalami atenuasi atau pelemahan [7].

Idealisme pembangunan dengan konstruksi yang optimal merata pada semua lokasi dapat dilakukan akan tetapi hal ini tidak efisien. Untuk melakukan efisiensi maka pembangunan memperhatikan peta distribusi tingkat resiko pada masing-masing wilayah. Peta resiko tingkat bahaya gempabumi pada skala kecil wilayah tingkat Kecamatan dan Kabupaten biasa disebut dengan peta mikrozonasi. Salah satu faktor yang menjadi parameter di dalam peta mikrozonasi adalah pengukuran nilai rata-rata kecepatan gelombang geser pada kedalaman sampai dengan 30 meter dari permukaan (V_{s30}). Nilai V_{s30} ini dapat memberi informasi wilayah mana saja yang mempunyai potensi untuk mengalami amplifikasi gelombang lebih besar relatif terhadap wilayah yang lain.

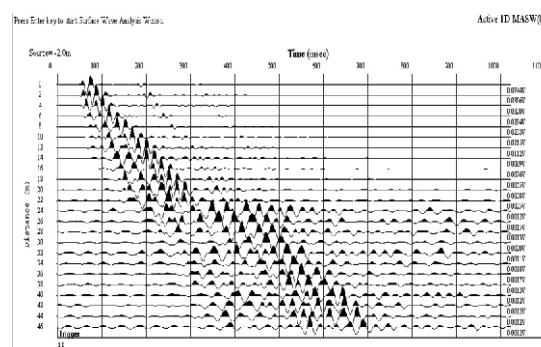
Tulisan ini menyampaikan hasil pengukuran nilai rata-rata V_{s30} , pengolahan dan interpretasi untuk wilayah Yogyakarta khususnya wilayah Kabupaten Bantul dan Sleman. Validasi hasil pengukuran V_{s30} dilakukan dengan perbandingan terhadap peta Geologi wilayah Yogyakarta dan V_{s30} hasil perhitungan menggunakan rumusan empiris. Selain wilayah ini, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) telah melakukan pengukuran yang serupa pada beberapa kota besar yang lain di wilayah Indonesia

(misalnya [8]). Pengukuran dilakukan dengan memberikan sumber aktif dan direkam oleh 24 geofon. Pengolahan data dilakukan dengan metode Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) [9,10,11]. Hasil pengukuran dan pengolahan data ditampilkan dalam bentuk peta kontur. Kontur ini memberikan informasi atau dapat digunakan untuk interpretasi resiko terhadap gempabumi pada masing-masing wilayah. Kontur V_{s30} dapat menjadi salah satu parameter atau bagian dari peta mikrozonasi untuk wilayah Yogyakarta, khususnya Kabupaten Bantul dan Sleman. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu rujukan untuk pertimbangan pembangunan dengan konstruksi tahan gempa.

2. Metode Penelitian

V_{s30} adalah indikator yang baik untuk menggambarkan karakteristik kekakuan dan kekuatan tanah [11]. Meskipun demikian, pengukuran V_{s30} secara langsung dengan kuantitas dan kualitas data yang baik dan biaya operasional yang ekonomis umumnya sulit dilakukan [12]. Konsep dasar survey MASW dalam pengukuran V_{s30} adalah pemanfaatan prinsip-prinsip penjalaran gelombang permukaan Rayleigh atau biasa disebut *ground roll* yang bersifat dispersif. Gelombang ini dihasilkan dari sumber aktif berupa pukulan palu terhadap tatakan besi pada lokasi sumber. Contoh rekaman sinyal gelombang Rayleigh dari peralatan survey MASW ditunjukkan pada Gambar 1.

Pengukuran V_{s30} dilakukan melalui survey lapangan menggunakan metode *Multichannel Analysis of Surface Wave* (MASW). Prinsip survey MASW didasarkan pada teori perambatan gelombang Rayleigh dimana gelombang tersebut dihasilkan dari interaksi gelombang geser dengan lapisan tanah permukaan. Dengan mengukur kecepatan rambat gelombang permukaan Rayleigh maka dapat diperkirakan profil V_{s30} . Gambar 2 menunjukkan contoh kurva velocity untuk kedalaman 30 meter (V_{s30}) untuk titik B38-SU sebagai mana terlihat pada Gambar 7.

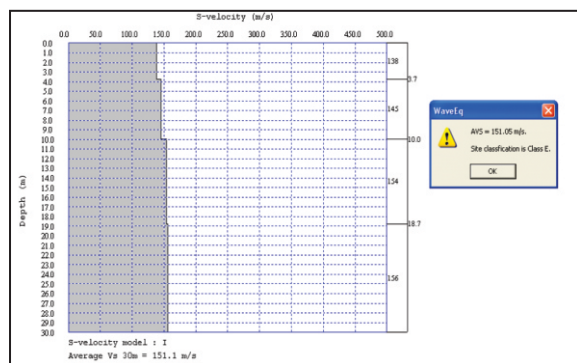


Gambar 1. Gelombang permukaan Rayleigh untuk titik B38-SU.

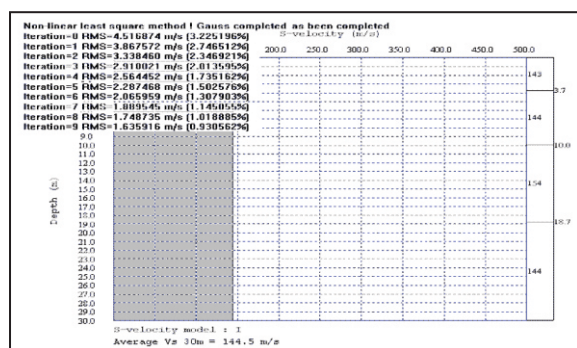
Gambar 3 menunjukkan nilai RMS (*Root Mean Square*) yang kecil yaitu 0,93% yang mengindikasikan bahwa hasil inversi cukup akurat. Gelombang permukaan Rayleigh memiliki sifat dispersif, dimana kecepatan fasa gelombangnya bergantung pada frekuensi gelombang.

Gelombang dengan frekuensi tinggi memiliki panjang gelombang yang pendek sehingga akan merambat hingga kedalaman yang dangkal dengan kecepatan rendah. Sebaliknya, gelombang dengan frekuensi rendah memiliki panjang gelombang yang panjang sehingga akan merambat hingga kedalaman yang lebih dalam dengan kecepatan yang lebih tinggi.

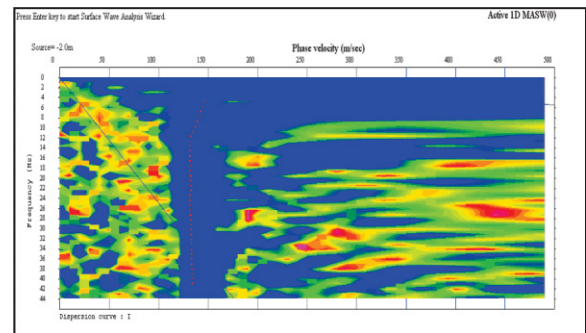
Keuntungan dari sifat dispersif ini dimanfaatkan untuk mengidentifikasi ketebalan lapisan yang bersesuaian dengan kecepatan gelombang gesernya sehingga dapat diperoleh profil Vs30. Gambar 4 menunjukkan kurva dispersi hasil picking manual setelah ditiadakan *higher mode* dan data dengan kualitas rendah. Sedangkan contoh sketsa dispersi gelombang permukaan Rayleigh yang dijadikan dasar dalam survey MASW ditunjukkan pada Gambar 5.



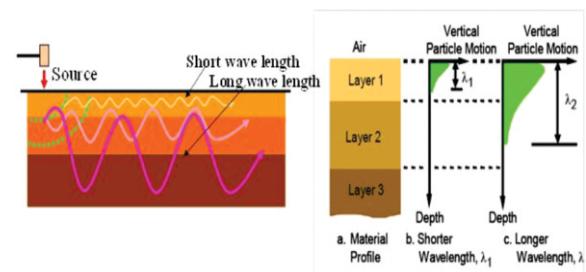
Gambar 2. Kurva velocity kedalaman 30 meter (Vs30) untuk titik B38-SU.



Gambar 3. RMS hasil inversi kurva velocity



Gambar 4. Kurva Dispersi hasil picking manual untuk titik B38-SU, sumbu X adalah Phase velocity dan sumbu Y adalah frekuensi gelombang permukaan Rayleigh



Gambar 5. Sifat dispersi gelombang permukaan Rayleigh sebagai dasar dalam survey MASW(Sumber: <http://www.masw.com>)

Kelebihan survey MASW dibanding survey lainnya adalah dapat dilaksanakan dengan lebih mudah, lebih cepat dan lebih murah karena tidak memerlukan lubang bor. Survey ini juga tidak terganggu oleh adanya jalur pipa maupun struktur lain di dalam tanah. Memiliki kemampuan untuk menggambarkan profil Vs30 terhadap kedalaman secara kontinyu. Selain itu juga Memiliki rasio sinyal-bising (*signal-noise*, S/N) yang lebih baik dikarenakan gelombang permukaan memiliki amplitudo yang lebih besar dibanding gelombang badan (*reflection test*, *refraction test*) sehingga tidak ada masalah untuk dilakukan pada daerah dengan tingkat bising tinggi (daerah perkotaan dan industri), meskipun demikian, jika menghindari daerah bising maka hasilnya akan lebih baik.

Peralatan utama yang digunakan dalam survei MASW adalah palu 3 kg dan tatakan besi, 24 buah sensor geofon dengan frekuensi 4,5Hz, kabel data dan kabel take-out, seismograf dilengkapi software akuisisi dan analisa data, perangkat komputer keyboard, mouse, dan flashdisk serta sumber accu 12V 24Ah. Skema peralatan dan setting survey MASW dapat dilihat dalam Gambar 6. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa gelombang permukaan Rayleigh dihasilkan dari pukulan palu yang menumbuk tatakan besi. Gelombang yang dihasilkan terdiri dari berbagai frekuensi dan merambat dengan kecepatan dan kedalaman yang bervariasi. Adanya perbedaan parameter tersebut menyebabkan terjadinya variasi waktu tiba dan frekuensi gelombang yang terekam pada 24 sensor geofon. Setiap sinyal yang diterima

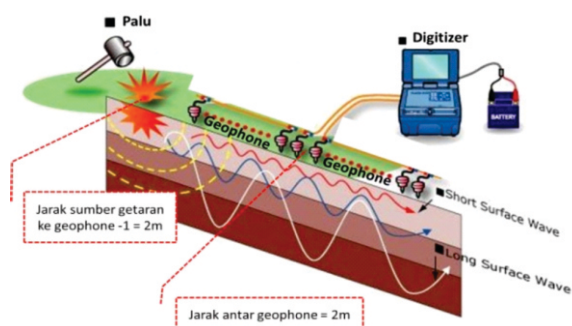
oleh geofon selanjutnya diakuisisi dan dikonversi dengan seismograf hingga menghasilkan kurva jarak sumber getaran ke tiap sensor geofon dan waktu tiba gelombang di tiap sensor geofon dengan berbagai variasi frekuensi.

Pengukuran MASW dapat dilakukan dalam 1D, 2D atau 3D (mis. <http://geospectrum.pl/en/geophysics/seismic/masw>). Pengukuran 1D menghasilkan kecepatan rata-rata gelombang permukaan hingga kedalaman 30 meter dalam satu dimensi. Pengukuran ini dapat dilakukan lebih efisien dan sederhana.

Interpretasi klasifikasi tanah permukaan dilakukan berdasarkan pada tabel klasifikasi situs SNI 1726-2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 1.

Pengukuran Vs30 untuk wilayah Kabupaten Bantul dan Sleman dilakukan terhadap 55 titik (lihat Gambar 7). Pengukuran dilakukan pada pertengahan tahun 2014 dalam satu dimensi (1D). Lokasi pengukuran menyebar pada kedua wilayah tersebut dengan jarak antara satu titik dengan yang lain berkisar antara 1 km dan 5 km. Lokasi pengukuran pada umumnya dilakukan di lapangan atau tanah kosong. Luas lokasi pengukuran minimal dapat membentang kabel dengan jarak 48 meter ditambah 2 meter untuk lokasi sumber aktif berupa pukulan palu terhadap tatakan besi. Pada beberapa lokasi dimana tidak ada lapangan dengan luas yang memadai maka lokasi pengukuran dipilih pada tepi jalan yang sepi atau tidak sedang dilalui kendaraan.

Sumber aktif atau pukulan palu diberikan sebanyak enam kali terhadap setiap titik pengukuran, masing masing tiga kali pada kedua sisi yang berbeda. Pengukuran beberapa kali ini dimaksudkan untuk melihat konsistensi hasil pengukuran.



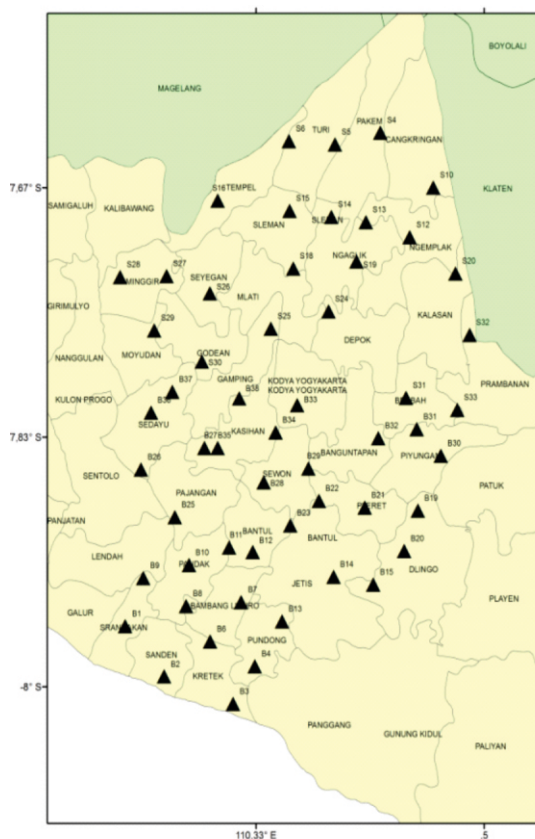
Gambar 6. Skema Setting peralatan Survey MASW (Sumber: <http://www.masw.com>)

Tabel 1. Klasifikasi Tanah permukaan berdasarkan pada SNI 1726-2012 [5]

Klasifikasi Site	\bar{V}_s (m/s)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padan dan Batuan lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$

Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 meter dengan karakteristik sebagai berikut:

1. Indeks plastisitas, $PI > 20$
2. Kadar air, $w \geq 40\%$
3. Kuat geser tak terdrainase, $\bar{S}_u < 25 \text{ kPa}$



Gambar 7. Peta titik-titik lokasi pengukuran Vs30 wilayah kota Yogyakarta dan sekitarnya. Pengukuran dilakukan pada pertengahan tahun 2014.

3. Hasil dan Pembahasan

Sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2, nilai rata-rata Vs30 hasil pengukuran untuk wilayah Kabupaten Bantul dan Sleman dapat digolongkan dalam klasifikasi D yaitu tanah sedang sesuai rujukan SNI 1726-2012 (lihat Tabel 1). Pusat kota yaitu Kotamadya Yogyakarta memiliki resiko amplifikasi gelombang yang relatif besar dengan nilai rata-rata Vs30 yang relatif rendah berkisar antara 115-175 m/s (lihat Gambar 8). Dengan nilai Vs30 tersebut wilayah ini dapat diinterpretasikan memiliki jenis tanah yang lunak. Sedangkan wilayah yang memiliki tanah permukaan klasifikasi padat dengan nilai rata-rata Vs30 antara 350-480 m/s adalah wilayah Kecamatan Kretek, Sanden, Pandak dan Bambanglipuro, juga wilayah utara yaitu Kecamatan Turi dan Pakem. Pada wilayah sekitar sesar Opak nilai rata-rata Vs30 berkisar 175-350 m/s. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pada wilayah ini klasifikasi tanahnya tergolong dalam jenis tanah sedang. Merujuk pada hasil studi Marsyelina dkk.[13] nilai faktor amplifikasi pada sekitar wilayah sesar Opak adalah 2.2-7.

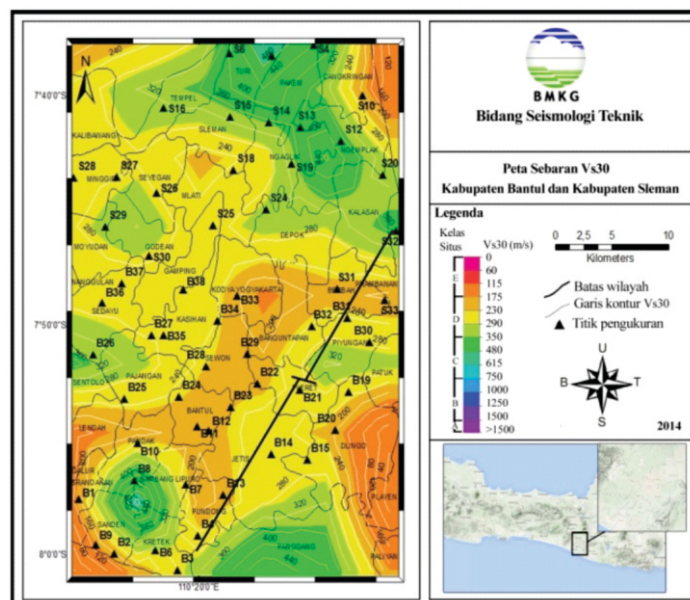
Hasil pengukuran terhadap wilayah Turi dan Pakem bersesuaian dengan keadaan topography, pada umumnya wilayah dengan dataran tinggi memiliki nilai rata-rata Vs30 relatif lebih tinggi. Pada wilayah selatan seperti Kecamatan Panggang, Dungo, Playen dan Paliyan, hasil kontur tidak representatif karena tidak ada titik pengukuran dan hanya merupakan hasil interpolasi, begitu juga dengan wilayah Kecamatan Kalibawang.

Seperti dapat dilihat dalam Gambar 9, struktur geologi permukaan kota Yogyakarta dan sekitarnya (Kabupaten Bantul dan Sleman) [14] didominasi oleh

kombinasi lapisan endapan gunung api Merapi muda (Qml) berupa tufa dan breksi hasil pengendapan leran lava, formasi Sentolo (Tmps) berupa batugamping dan batupasir, lapisan aluvial (Qa) berupa pasir, lanau dan lempung hasil pengendapan sungai, dan formasi Nglanggeran (Tmn) berupa breksi gunung api dan tufa. Di sebelah utara, susunan struktur geologi lapisan seragam berupa formasi Qml. Sedangkan di sebelah selatan, susunan struktur geologi bervariasi antara Qml, Tmps, Qa dan Tmn. Mengikuti topografi dan aliran sungai, susunan struktur geologi di selatan lebih lunak dan belum terpadatkan sempurna dibandingkan dengan struktur yang ada di utara yang lebih dekat dengan gunung Nglanggeran.

Pada wilayah sekitar sesar Opak studi yang lain [14,15,16] menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki sedimen dengan ketebalan sampai 50 meter. Menjauh dari sesar Opak ke arah timur kedalam sedimen bahkan mencapai 100 meter. Kondisi ini membuat wilayah Yogyakarta memiliki potensi untuk relatif beresiko terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat gempa bumi. Dengan struktur batuan lunak tersebut, khususnya pada bagian selatan, maka kemungkinan dapat terjadi amplifikasi gelombang sehingga berbahaya untuk bangunan.

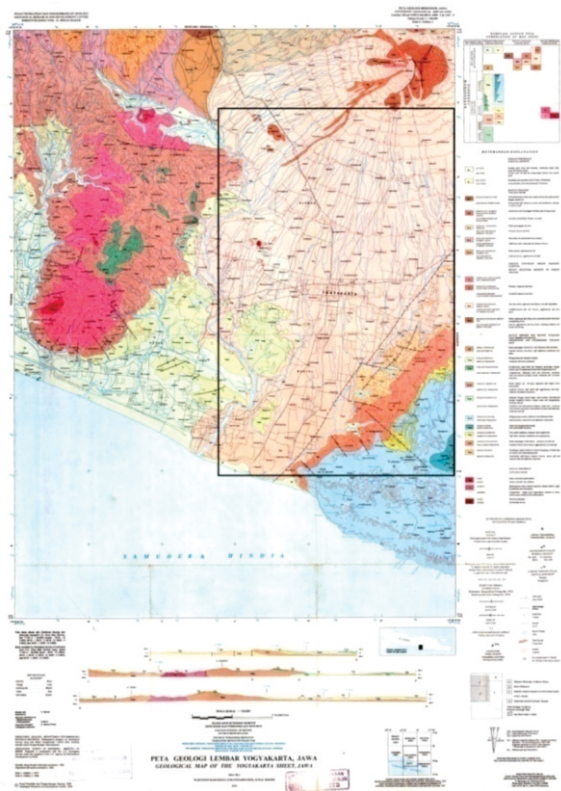
Perhitungan nilai Vs30 pada dasarnya dapat juga dilakukan dengan rumusan empiris [17,18]. Salah satu hasil perhitungan nilai Vs30 dengan menggunakan rumusan empiris adalah sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar 10. Peta kontur Vs30 tersebut dapat dibuat dengan menggunakan aplikasi pada website USGS [19]. Nilai Vs30 dihasilkan dari fungsi topography.



Gambar 8. Peta Kontur Vs30 Kabupaten Bantul dan Sleman, Yogyakarta hasil pengukuran dalam studi ini. Garis hitam menunjukkan lokasi sesar Opak.

Tabel 2. Hasil pengukuran Vs30 wilayah Kabupaten Bantul dan Sleman, Yogyakarta

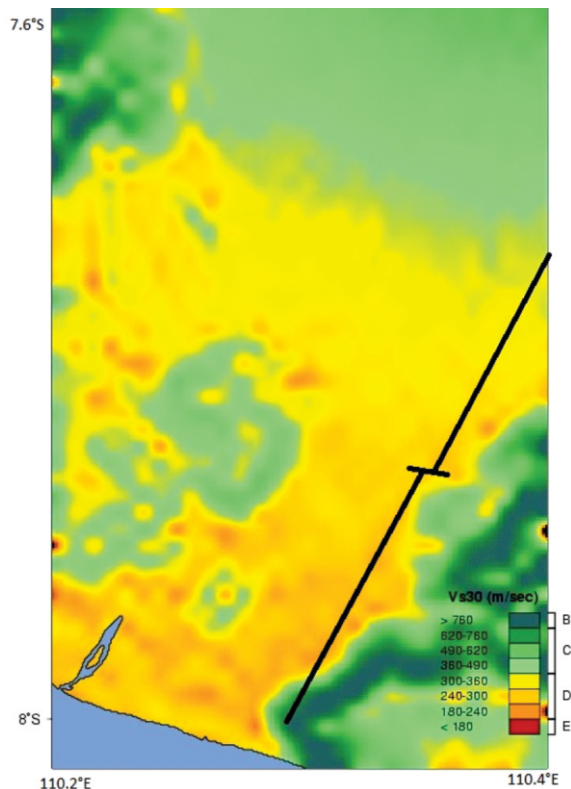
Sta	Lat	Lon	Vs30 (m/s)	Kelas	Sta	Lat	Lon	Vs30 (m/s)	Kelas
B1	-7,96	110,24	208,39	D	B34	-7,83	110,35	260,3	D
B10	-7,92	110,28	292,47	D	B35	-7,84	110,31	362,43	D
B11	-7,91	110,33	179,97	E	B36	-7,82	110,26	275,8	D
B12	-7,91	110,34	209,08	D	B37	-7,80	110,27	239,53	D
B13	-7,96	110,35	223,43	D	B38	-7,81	110,32	151,05	D
B14	-7,93	110,39	263,17	D	S24	-7,75	110,39	330,19	D
B15	-7,93	110,42	226,83	D	S25	-7,76	110,34	234,99	D
B19	-7,88	110,45	288,27	D	S26	-7,74	110,30	291,51	D
B2	-8,00	110,27	245,15	D	S27	-7,73	110,27	275,18	D
B20	-7,91	110,44	201,19	D	S28	-7,73	110,23	258,18	D
B21	-7,88	110,41	251,44	D	S29	-7,76	110,26	267,24	D
B22	-7,88	110,38	218,41	D	S30	-7,78	110,29	294,21	D
B23	-7,89	110,36	236,23	D	S31	-7,81	110,44	242,32	D
B3	-8,01	110,32	210,64	D	S32	-7,77	110,49	239,64	D
B4	-7,99	110,33	181,84	D	S33	-7,82	110,48	217,78	D
B6	-8,00	110,30	154,89	E	S10	-7,67	110,46	269,72	D
B7	-7,95	110,32	187,93	D	S12	-7,70	110,45	474,56	C
B8	-7,95	110,28	352,38	D	S13	-7,69	110,41	265,06	D
B9	-7,99	110,25	202,83	D	S14	-7,69	110,39	366,28	C
B25	-7,89	110,27	264,16	D	S15	-7,68	110,36	362,01	C
B26	-7,86	110,25	329,78	D	S16	-7,68	110,31	364,38	C
B27	-7,84	110,30	356,60	D	S18	-7,72	110,36	202,63	D
B28	-7,86	110,34	246,81	D	S19	-7,72	110,41	328,84	D
B29	-7,85	110,37	185,58	D	S20	-7,72	110,48	317,74	D
B30	-7,85	110,47	411,67	C	S4	-7,63	110,42	440,8	C
B31	-7,83	110,45	254,91	D	S5	-7,64	110,39	505,86	C
B32	-7,83	110,42	190,55	D	S6	-7,64	110,36	348,44	D
B33	-7,81	110,36	220,08	D					



Gambar9. Peta geologi wilayah Yogyakarta dan sekitarnya. Kotak hitam menunjukkan lokasi pengukuran Vs30 untuk wilayah Kabupaten Bantul dan Sleman (Sumber: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi)

Tentu saja hasil perhitungan nilai Vs30 melalui pengukuran dilapangan seharusnya memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan rumusan empiris. Meskipun demikian, karena tampilan hasil pengukuran dibuat dalam bentuk peta kontur, maka tingkat akurasi juga sangat ditentukan oleh kepadatan titik pengukuran. Disamping itu hasil nilai rata-rata Vs30 ditentukan juga oleh metode dan tingkat ketelitian atau akurasi pada proses pengolahan data hasil pengukuran di lapangan.

Jika kita bandingkan hasil kedua peta kontur di atas, baik yang pengukuran dan hasil rumusan empiris maka keduanya menunjukkan pola yang sama. Pada wilayah sekitar sesar Opak yang juga merupakan wilayah aliran sungai, memiliki tanah permukaan yang lunak. Tanah permukaan lunak tersebut pada umumnya berasal dari endapan gunung Merapi. Nilai Vs30 hasil pengukuran ataupun empiris pada wilayah tersebut relatif lebih rendah dibandingkan wilayah yang lain.



Gambar 10. Peta Kontur Vs30 Kabupaten Bantul dan Sleman, Yogyakarta berdasarkan model rumusan empiris dari USGS [18]. Garis hitam menunjukkan lokasi sesar Opak.

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengukuran nilai rata-rata Vs30, peta geologi wilayah Yogyakarta dan pengalaman kerusakan yang ditimbulkan akibat gempabumi pada tahun 2006 dengan magnitudo momen 6,3, maka wilayah Yogyakarta, khususnya Kabupaten Bantul dan Sleman memiliki tingkat resiko gempabumi yang signifikan atau relatif besar.

Kondisi tanah permukaan wilayah ini pada umumnya termasuk dalam klasifikasi sedang, meskipun demikian pada beberapa lokasi memiliki struktur tanah permukaan yang lunak seperti wilayah Kotamadya Yogyakarta. Pada wilayah dengan klasifikasi tanah lunak memiliki tingkat bahaya yang relatif lebih besar karena dapat terjadi amplifikasi gelombang gempabumi. Tanah permukaan lunak pada wilayah ini pada umumnya berasal dari endapan gunung Merapi.

Hasil pengukuran Vs30 pada mode normal dapat menjadi salah satu parameter atau bagian dari peta mikrozonasi untuk wilayah Yogyakarta, khususnya Kabupaten Bantul dan Sleman. Dengan adanya hasil pengukuran ini diharapkan untuk kedepan, pembangunan infrastruktur pada wilayah ini dapat mempertimbangkan klasifikasi tanah setempat. Hasil Vs30 untuk wilayah Kotamadya Yogyakarta misalnya, dengan nilai rata-rata 115-175 m/s menunjukkan bahwa wilayah ini relatif lebih beresiko terhadap

kerusakan akibat gempabumi. Pembangunan khususnya di wilayah ini sangat disarankan untuk mengikuti kaidah standard sebagaimana ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum melalui standard nasional yang diantaranya adalah SNI 1726-2012.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini menggunakan dana dari DIPA dan POK nomor: 075.01.1.436766/2014 dan Kep.25/KB/I/2014. Terima kasih kepada seluruh staf Bidang Seismotek BMKG Pusat dan Stasiun Geofisika Kelas I Yogyakarta atas bantuan yang diberikan selama proses pengukuran di lapangan.

Daftar Pustaka

- [1] Tsuji, T., Yamamoto, K., Matsuoka, T., Yamada, Y., Onishi, K., Bahar, A., Abidin, H. Z. "Earthquake fault of the 26 May 2006 Yogyakarta earthquake observed by SAR interferometry." *Earth, Planets and Space* 61.7 (2009): e29-e32..
- [2] Walter, T. R., Wang, R., Luehr, B. G., Wassermann, J., Behr, Y., Parolai, S., & Zschau, J. "The 26 May 2006 magnitudo 6.4 Yogyakarta earthquake south of Mt. Merapi volcano: Did lahar deposits amplify ground shaking and thus lead to the disaster?" *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 9.5 (2008).
- [3] BAPPENAS, "Penilaian Awal Kerusakan dan Kerugian Bencana Alam di Yogyakarta dan Jawa Tengah" (2006). Laporan Bersama BAPPENAS. Grup Konsultan untuk Indonesia.
- [4] Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Permukiman. "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI-1726-2002." (2002).
- [5] Badan Standardisasi Nasional. "Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung." (2012): 1726-2012.
- [6] Muzli, M., Z. Abidin dan Sunarjo. "Observation to empirical PGA ratio estimates the relative thickness of sediment." *AIP Conference Proceedings* 1730, 030003 (2016); doi: 10.1063/1.4947386.
- [7] Aki, K. (1993). Local site effects on weak and strong ground motion. *Tectonophysics*, 218(1), 93-111.
- [8] Muzli, M., A. Rudyanto, A.P. Sakti, R. Pandhu Mahesworo, F.S. Rahmatullah, K.R. Dewi, E. Santoso, Muhajirin, S. Pramono, A. Jihad, T. Ardiyansyah, L.A. Satria, R.N. Akbar dan R. Madijono. "Studi klasifikasi tanah permukaan untuk wilayah Banda

- Aceh", Prosiding Aplikasi Sain dan Teknologi pada Pengurangan Resiko Bencana (2014), ISBN 978-602-1270-14-1
- [9] Jones, John P. "Rayleigh waves in a porous, elastic, saturated solid." *The Journal of the Acoustical Society of America* 33.7 (1961): 959-962.
- [10] Aki, Keiiti, and Paul G. Richards. "Quantitative seismology". Vol. 1. 2002.
- [11] Park, Choon B., Richard D. Miller, and Jianghai Xia. "Multichannel analysis of surface waves." *Geophysics* 64.3 (1999): 800-808.
- [12] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). "Laporan Kegiatan Mikrozonasi Getaran Tanah", Laporan Internal BMKG (2014).
- [13] Marsyelina, Merizka, Nugroho Budi Wibowo, and Denny Darmawan. "Microtremor characteristics and analysis of seismicity on Opak fault lines, Bantul district, Yogyakarta." *Jurnal Sains Dasar* 3.1 (2014).
- [14] Rahardjo, W., and H. M. D. Sukandarrumidi & Rosidi. "Peta Geologi Lembar Yogyakarta." Jawa (Yogyakarta Quadrangle Geological Map), Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung (1995).
- [15] Martasari, Sita Febri. "Analisis Struktur Lapisan Tanah Berdasarkan Ketebalan Sedimen Menggunakan Mikrotremor Dengan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (hvsr)". Diss. UIN SUNAN KALIJAGA (2013).
- [16] Nurwihastuti, Dwi Wahyuni, et al. "Understanding of Earthquake Damage Pattern through Geomorphological Approach: A Case Study of 2006 Earthquake in Bantul, Yogyakarta, Indonesia." *World Journal of Engineering and Technology* 2.03 (2014): 61.
- [17] Wald, David J., and Trevor I. Allen. "Topographic slope as a proxy for seismic site conditions and amplification." *Bulletin of the Seismological Society of America* 97.5 (2007): 1379-1395.
- [18] Allen, Trevor I., and David J. Wald. "On the use of high-resolution topographic data as a proxy for seismic site conditions (VS30)." *Bulletin of the Seismological Society of America* 99.2A (2009): 935-943.
- [19] USGS, "Global Vs30 Map Server", <http://earthquake.usgs.gov/hazards/apps/vs30/> diakses Desember 2014.