



APLIKASI METODE SEISMIK REFRAKSI UNTUK IDENTIFIKASI PERGERAKAN TANAH DI PERUMAHAN BUKIT MANYARAN PERMAI (BMP) SEMARANG

Endah Sulystyaningrum [✉], Khumaedi, Supriyadi

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Diterima Agustus 2014
Disetujui Oktober 2014
Dipublikasikan November 2014

Keywords:
landslide; plus minus; seismic refraction

Abstrak

Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP) merupakan salah satu perumahan yang memiliki kondisi tanah labil dan sering mengalami pergerakan tanah. Hal ini ditandai dengan adanya pergeseran tanah yang menyebabkan bangunan dan jalan menjadi rusak bahkan menjadi miring. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui struktur bawah permukaan dan potensi pergerakan tanah di lokasi penelitian. Pengambilan data menggunakan metode seismik refraksi dengan bentang *In Line* dan sapasi antar geophone 2 meter. Tahapan analisis data menggunakan metode *Plus Minus* dan diperoleh nilai kecepatan rambat gelombang yang kemudian diolah menggunakan *CorelDRAW X5* dan *software surfer 10*. Berdasarkan hasil interpretasi lintasan pertama mempunyai litologi material tanah urug, pasir kering, pasir basah dengan kecepatan (416,667 m/s – 769,230 m/s) pada kedalaman (1 m - 5 m), tanah lempung dengan nilai kecepatan (1562,500 m/s – 2173,319 m/s) pada kedalaman >5 m. Lintasan kedua mempunyai litologi berupa material tanah urug, pasir kering, pasir basah dengan kecepatan (238,095 m/s – 925,926 m/s) pada kedalaman (0,8 m - 5,2 m), sedangkan tanah lempung dengan kecepatan (1041,670 m/s – 2088,330 m/s) pada kedalaman >5,2 m. Lintasan ketiga mempunyai litologi berupa material tanah urug, pasir kering, pasir basah dengan kecepatan (290,689 m/s – 952,381 m/s) pada kedalaman (2,8 m - 6 m), tanah lempung dengan nilai kecepatan (1250 m/s – 1923,080 m/s) pada kedalaman >6 m. Lokasi penelitian berpotensi mengalami pergerakan tanah ke arah barat laut. Hal ini dikarenakan lokasi penelitian memiliki struktur geologi bawah permukaan berupa lapisan pasir dan lapisan lempung.

Abstract

Bukit Manyaran Permai (BMP) is one of the housing complexes that has unstable and easily move soil. It can be seen from the soil movement which causes the buildings and roads there broken even moves sideways. The purpose of this research is to find out under surface's structure and soil movement potential in that location. The data were collected using seismic refraction method with in line expanse and 2 meter geophone between space. Step of data analysis were using Plus Minus method to find velocity of the seismic waves and then processed by CorelDRAW X5 and Surfer 10. From the interpretation result, the first track have lithology of urug soil material, dry sand, wet sand, with velocity (416,667 m/s to 769,230 m/s) in (1 m to 5 m) depth, clay with value of velocity (1562,500 m/s to 2173,319 m/s) in more than 5 m depth. The second track have lithology form the urug soil material, dry sand, wet sand with velocity (238,095 m/s to 925,926 m/s), in (0,8 m to 5,2 m) depth, whereas clay with velocity (1041,670 m/s to 2088,330 m/s) in more than 5,2 m depth. The third track have lithology form the urug soil material, dry sand, wet sand with velocity (290,689 m/s to 952,381 m/s) in (2,8 m to 6 m) depth, whereas clay with velocity (1250 m/s to 1923,080 m/s) in more than 6 m depth. The research location has potential landslide to north west. This is because the research location has under is geological structure which consists of sand and clay.

© 2014 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:
E-mail: sulvstyaningrum@gmail.com

PENDAHULUAN

Kota Semarang merupakan Ibukota Provinsi Jawa Tengah. Sebagai kota yang terletak di pesisir utara Pulau Jawa, Semarang mempunyai kondisi topografi berupa daerah datar dan daerah berbukit-bukit. Semarang juga memiliki kekayaan alamnya yang masih asri, akan tetapi ada beberapa daerah rawan terjadi bencana alam seperti banjir maupun kekeringan hingga pergerakan tanah dan tanah longsor.

Gerakan tanah merupakan bencana alam geologi yang paling sering menimbulkan kerugian, seperti jalan raya rusak, kerusakan tata lahan, bangunan perumahan, bahkan sampai merenggut korban manusia. Tanah longsor umumnya terjadi di wilayah pegunungan (*mountainous area*), terutama di saat musim hujan, yang dapat mengakibatkan kerugian harta benda maupun korban jiwa dan menimbulkan kerusakan sarana dan prasarana lainnya seperti perumahan, industri, dan lahan pertanian yang berdampak pada kondisi sosial masyarakatnya dan menurunnya perekonomian di suatu daerah (Effendi 2008).

Menurut Fuchu *et al*, sebagaimana dikutip oleh Pareta (2012) dalam jurnal internasional “tanah longsor pada daerah pegunungan sering terjadi setelah adanya hujan deras, yang mengakibatkan hilangnya nyawa dan kerusakan lingkungan atau bangunan”. Hal tersebut tidak dapat diduga kapan akan terjadi bencana alam, seperti banjir dan tanah longsor yang mengakibatkan adanya pergerakan tanah yang terjadi pada daerah dataran tinggi khususnya di daerah Bukit Manyaran Permai (BMP) Semarang. Gerakan tanah tersebut dapat menimbulkan reaksi yang mengakibatkan getaran pada dinding bangunan sehingga apabila pondasi dari bangunan tersebut tidak kuat/kokoh maka bangunan tersebut akan mudah rusak, dan tanah yang ada pada dasar bangunan tersebut akan mudah untuk longsor. Seperti halnya dikatakan oleh Soenarmo, Bencana tanah longsor di Indonesia umumnya terjadi pada musim penghujan. Hujan memicu tanah longsor melalui penambahan beban lereng dan penurunan kuat geser tanah (Soenarmo *et al.* 2008).

Tanah longsor biasanya bergerak pada suatu bidang tertentu yang disebut dengan bidang gelincir. Bidang gelincir berada diantara bidang yang stabil (*bedrock*) dan bidang yang bergerak (bidang yang tergelincir) (Priyatari 2012). Bidang gelincir sendiri merupakan bidang yang kedap air dan licin yang biasanya berupa lapisan lempung. Bidang gelincir tersebut secara umum berada di bawah permukaan bumi.

Berdasarkan hasil penelitian Windraswara dan Widowati (2010), Tujuh dari 16 kecamatan di Kota Semarang memiliki titik-titik rawan longsor. Ketujuh kecamatan tersebut adalah Manyaran, Gunungpati, Gajahmungkur, Tembalang, Ngaliyan, Mijen, dan Tugu. Kontur tanah di kecamatan-kecamatan tersebut sebagian adalah perbukitan dan daerah patahan dengan struktur tanah yang labil.

Salah satu perumahan yang memiliki titik rawan longsor yaitu Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP) Semarang yang terletak di Kelurahan Sadeng, Kecamatan Gunungpati, Semarang. Hal ini ditandai dengan adanya pergeseran tanah, sehingga banyak bangunan dan jalan yang rusak atau menjadi miring. Pergerakan tanah di wilayah ini telah terjadi sejak beberapa tahun lalu. Antisipasi jangka pendek berupa penanaman pohon keras sudah dilakukan, namun upaya ini sia-sia karena pergerakan tanah sangat cepat (Wibisono 2013).

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui untuk mengetahui struktur bawah permukaan dan potensi pergerakan tanah di daerah perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP) Semarang.

Metode geofisika yang digunakan yaitu Metode Seismik Refraksi. Menurut Docherty dan Boschettin *et al.*, sebagaimana dikutip oleh Enikanselu (2008). Metode seismik biasanya digunakan dalam menentukan struktur lapisan. Metode ini didasarkan pada sifat penjalanan gelombang yang mengalami refraksi dengan sudut kritis yaitu bila dalam perambatannya, gelombang tersebut melalui bidang batas yang memisahkan suatu lapisan dengan lapisan yang di bawahnya, yang mempunyai kecepatan gelombang lebih besar. Parameter yang diamati adalah karakteristik waktu tiba gelombang pada masing-masing geophone (Wahyuningsih *et al.* 2006).

Gelombang seismik mempunyai sifat yang sama dengan sifat gelombang cahaya, sehingga hukum-hukum yang berlaku untuk gelombang cahaya berlaku juga untuk gelombang seismik. Hukum-hukum tersebut antara lain :

a. Prinsip Huygens

Menurut Susilawati (2004), prinsip Huygens dalam metode seismik refraksi diasumsikan bahwa *Titik-titik yang dilewati gelombang akan menjadi gelombang baru*. Maka gelombang (*wavefront*) yang menjalar menjauhi sumber adalah superposisi dari beberapa muka gelombang yang dihasilkan oleh sumber gelombang baru tersebut.

b. Asas Fermat

Prinsip Fermat yang lebih lengkap dan lebih umum dinyatakan pertama kali oleh ahli matematika Prancis Pierre de Fermat pada abad ke-17 yang menyatakan bahwa lintasan yang dilalui oleh cahaya untuk merambat dari satu titik ke titik lain adalah sedemikian rupa sehingga waktu perjalanan itu tidak berubah sehubungan dengan variasi-variasi dalam lintasan tersebut (Tipler 2001).

c. Hukum Snellius

Bunyi hukum Snellius yaitu Gelombang akan dipantulkan atau dibiaskan pada bidang batas antara dua medium (Susilawati 2004). Hal ini menyatakan bahwa gelombang yang jatuh diatas bidang batas dua medium yang mempunyai perbedaan densitas, maka gelombang tersebut akan dibiaskan jika sudut datang gelombang lebih kecil atau sama dengan sudut kritisnya. Gelombang akan dipantulkan jika sudut datangnya lebih besar dari sudut kritisnya. Dengan persamaan hukum Snellius sebagai berikut :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1}{V_2} \quad (1)$$

Dimana :

i = sudut datang

r = sudut bias

V_1 = kecepatan gelombang pada

medium 1

V_2 = kecepatan gelombang pada

medium 2

Metode seismik refraksi yang di ukur adalah waktu tempuh gelombang dari sumber menuju *geophone*. Berdasarkan bentuk kurva waktu tempuh terhadap jarak, dapat ditafsirkan kondisi batuan di daerah penelitian. Pada (Tabel 1) menunjukkan data kecepatan gelombang primer pada beberapa medium.

Tabel 1. Data Kecepatan Gelombang Primer Pada Beberapa Medium (Burger dalam Setiawan 2008)

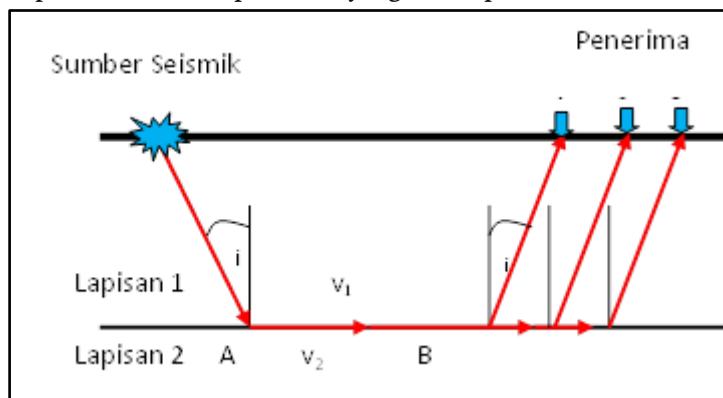
Material	P velocity (m/s)
Air	331,5
Water	1400-1600
Weathered Layered	300-900
Soil	250-600
Alluvium	500-2000
Clay	1000-2500
Sand (Unsaturated)	200-1000
Sand (Saturated)	800-2200
Sand and Gravel Unsaturated	400-500
Sand and Gravel Saturated	500-1500
Glacial Till Unsaturated	400-1000
Glacial Till Saturated	1500-2500
Granite	5000-6000
Basalt	5400-6400
Metamorphic Rock	3500-7000
Sandstone and Shale	2000-4500
Limestone	2000-6000

Untuk memahami penjalaran gelombang seismik pada batuan bawah permukaan digunakan beberapa asumsi. Beberapa asumsi yang digunakan yaitu (Setiawan 2008) :

1. Panjang gelombang seismik yang digunakan jauh lebih kecil dibandingkan ketebalan lapisan batuan. Dengan kondisi seperti ini memungkinkan setiap lapisan batuan akan terdeteksi.
2. Gelombang seismik dipandang sebagai sinar yang memenuhi hukum Snellius dan prinsip Huygens. Menurut Snellius, gelombang akan dipantulkan atau dibiaskan pada bidang batas antara dua medium yang berbeda sedangkan dalam prinsip Huygens, titik yang dilewati gelombang akan menjadi gelombang baru.
3. Medium bumi dianggap berlapis-lapis dan tiap lapisan menjalarkan gelombang seismik dengan kecepatan yang berbeda.
4. Pada bidang batas antar lapisan (*interface*), gelombang seismik menjalar dengan kecepatan gelombang pada lapisan dibawahnya.
5. Makin bertambahnya kedalaman lapisan batuan maka semakin kompak batuannya sehingga kecepatan gelombang pun bertambah seiring bertambahnya kedalaman.

Metode seismik refraksi menerapkan waktu tiba pertama gelombang dalam perhitungannya. Gelombang P memiliki kecepatan lebih besar dibandingkan dengan kecepatan gelombang S sehingga waktu datang gelombang P yang digunakan dalam perhitungan. Gelombang seismik refraksi yang dapat terekam oleh receiver pada permukaan bumi hanyalah gelombang seismik refraksi yang merambat pada batas antar lapisan batuan. Hal ini hanya dapat terjadi jika sudut datang merupakan sudut kritis atau ketika sudut bias tegak lurus dengan garis normal ($r = 90^\circ$ sehingga $\sin r = 1$). Hal ini sesuai dengan asumsi awal bahwa kecepatan lapisan dibawah *interface* lebih besar dibandingkan dengan kecepatan diatas *interface* (Nurdianto 2011).

Gelombang seismik berasal dari sumber seismik merambat dengan kecepatan v_1 menuju bidang batas (A), kemudian gelombang dibiaskan dengan sudut kritis sepanjang *interface* dengan kecepatan v_2 (Gambar 1). Dengan menggunakan prinsip Huygens pada *interface*, gelombang ini kembali ke permukaan sehingga dapat diterima oleh penerima yang ada di permukaan.



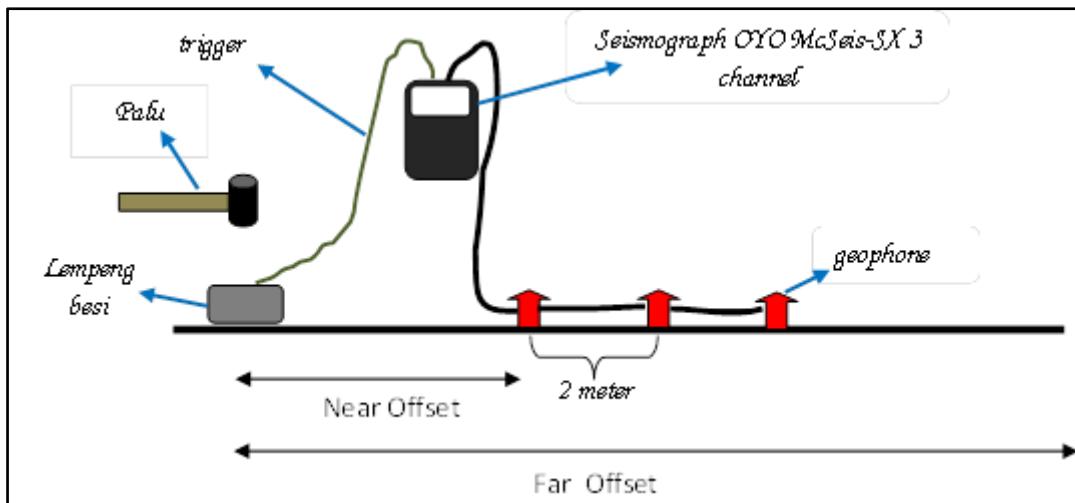
Gambar 1.Pembiasan dengan Sudut Kritis (Telford et al., 1976).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2013 di Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP) Semarang.

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data adalah *Seismograph OYO McSeis-SX 3 channel*, tiga buah *geophone*, dua buah palu, satu lempeng besi, kabel *trigger*, GPS (*Global Positioning System*), meteran, kompas.

Pengambilan data di lapangan dilakukan dalam 3 lintasan menggunakan metode bentang *In Line* (bentang segaris). Jarak spasi antar *geophone* 2 meter dan jarak masing-masing lintasan 10 meter. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.



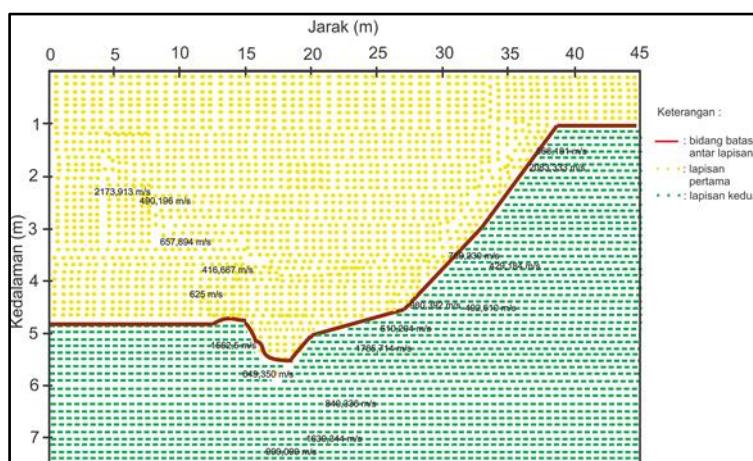
Gambar 2. Skema Pemasangan Alat Seismograph OYO McSeis-SX 3 Channel

Data yang diperoleh berupa waktu (t) serta jarak (s) yang kemudian di analisis menggunakan *Plus Minus* untuk mendapatkan nilai kecepatan (v) rambat gelombang seismik. Kemudian mengolah data tersebut menggunakan *CorelDRAW X5* dan *Surfer 10* untuk membuat tampilan 2D penampang bawah permukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap akuisisi data seismik refraksi dilakukan dengan menggunakan metode bentang *In Line* (bentang segaris) yang merupakan metode penembakan (baik satu arah maupun dua arah atau bolak-balik) dengan arah lurus antara sumber seismik terhadap geophone. Data yang diperoleh berupa waktu penjalaran (*travel time*) gelombang seismik dan jarak geophone. Data ini kemudian di plot ke dalam kurva T-X dan dianalisis menggunakan metode *Plus Minus* pada *microsoft excel*. Perhitungan tersebut memperoleh nilai kecepatan (V) dan nilai kedalaman (H). Metode analisis T^- untuk analisis kecepatan dan analisis T^+ untuk analisis kedalaman.

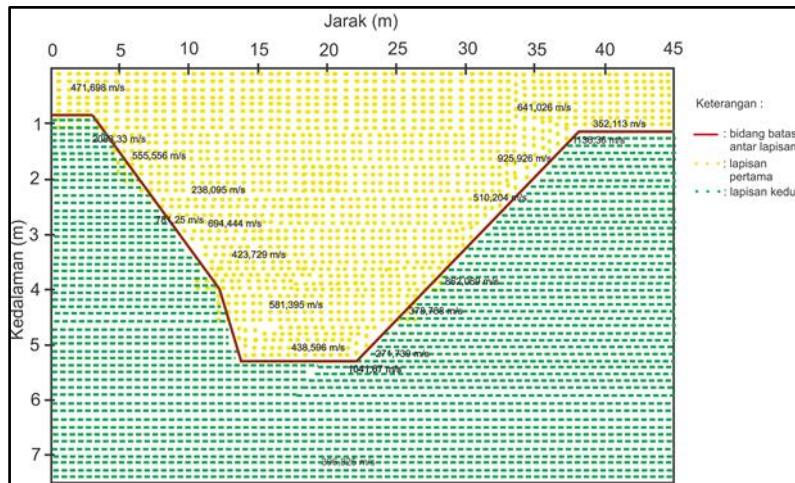
Gambar 3, 4, 5 menunjukkan perbedaan kecepatan gelombang pada setiap lapisan pada masing-masing lintasan.



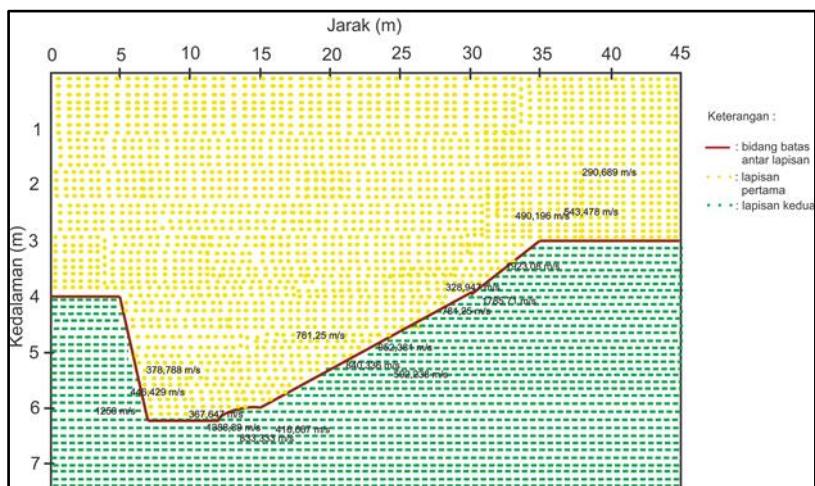
Gambar 3. Model Penampang Bawah Permukaan Beserta Perbedaan Kecepatan Gelombang Pada Setiap Lapisan Pada Lintasan 1

Tabel 2. Litologi Batuan Bawah Permukaan Pada Lintasan 1

Lapisan	Rentang nilai	Jenis material	Kedalaman
1	$V_1 = 416,667 \text{ m/s} - 769,230 \text{ m/s}$	Material urug, Pasir kering, Pasir basah	1 m – 5 m
2	$V_2 = 1562,500 \text{ m/s} - 2173,319 \text{ m/s}$	Lempung	>5 m

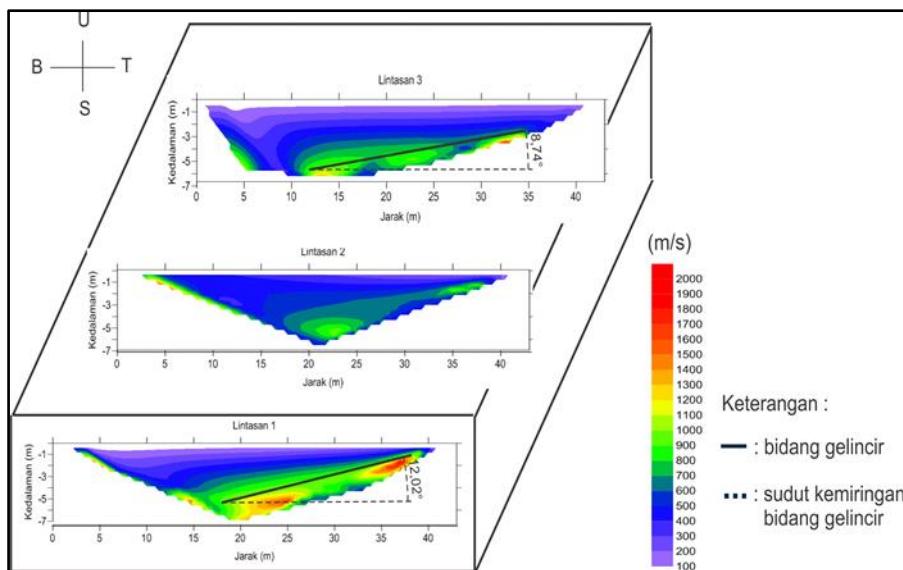
**Gambar 4.** Model Penampang Bawah Permukaan Beserta Perbedaan Kecepatan Gelombang Pada Setiap Lapisan Pada Lintasan 2**Tabel 3.** Litologi Batuan Bawah Permukaan Pada Lintasan 2

Lapisan	Rentang nilai	Jenis material	Kedalaman
1	$V_1 = 238,095 \text{ m/s} - 925,926 \text{ m/s}$	Material urug, Pasir kering, Pasir basah	0,8 m – 5,2 m
2	$V_2 = 1041,670 \text{ m/s} - 2088,330 \text{ m/s}$	Lempung	>5,2 m

**Gambar 5.** Model Penampang Bawah Permukaan Beserta Perbedaan Kecepatan Gelombang Pada Setiap Lapisan Pada Lintasan 3

Tabel 4. Litologi Batuan Bawah Permukaan Pada Lintasan 3

Lapisan	Rentang nilai	Jenis material	Kedalaman
1	$V_1 = 290,689 \text{ m/s} - 952,381 \text{ m/s}$	Material urug, Pasir kering, Pasir basah	2,8 m – 6 m
2	$V_2 = 1250 \text{ m/s} - 1923,080 \text{ m/s}$	Lempung	>6 m

**Gambar 6.** Peta Kontur Penampang Bawah Permukaan 2D Kedalaman dan Nilai Kecepatan Pada Masing-Masing Lintasan dengan *Surfer10*

Gambar 6 merupakan hasil pengolahan menggunakan *Software Surfer 10*. Kemiringan lereng dilokasi penelitian $6,4^\circ$ yang mengarah dari selatan ke utara. Kemiringan bidang gelincir yang terdapat dilokasi penelitian pada lintasan pertama yaitu $12,02^\circ$, dan pada lintasan ketiga memiliki sudut kemiringan $8,74^\circ$. Sudut kemiringan pada masing-masing lintasan berbeda. Semakin besar sudut kemiringannya maka semakin besar pula potensi pergerakan tanah di daerah tersebut. Untuk lintasan kedua dari hasil pengolahan *Surfer10* masih belum terlihat lapisan lempung sehingga belum bisa diketahui sudut kemiringan bidang gelincir, namun dari hasil pengolahan *CorelDRAWX5* sudah terdeteksi adanya lapisan lempung. Diduga pada lintasan kedua terdapat lapisan lempung pada kedalaman yang lebih dalam, sehingga lapisan lempung yang terdapat dilokasi penelitian berbentuk cekung kebawah dari lintasan pertama ke lintasan ketiga. Hal ini dikarenakan antara masing-masing lintasan masih di satu tempat dengan jarak antar lintasan tidak terlalu jauh.

Dapat dilihat juga bidang gelincir pada masing-masing lintasan mengarah dari timur ke barat, namun terletak pada kedalaman yang berbeda-beda. Semakin ke utara bidang gelincirnya semakin dalam, dengan kata lain bidang gelincirnya mengarah ke barat laut.

Faktor utama penyebab terjadinya pergerakan tanah dilokasi penelitian yaitu dipengaruhi oleh kondisi topografi dan struktur geologi. Kondisi topografi daerah penelitian tersebut mempunyai kontur tanah yang miring, dengan struktur geologi bawah permukaan tanah yang tersusun dari lapisan pasir dan lapisan lempung. Dalam hal ini lapisan pasir berada di atas lapisan lempung, dimana lapisan lempung merupakan lapisan yang stabil dan kedap air, sehingga memungkinkan lapisan pasir mudah bergerak dengan adanya pengaruh gaya endogen maupun eksogen.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. kondisi geologi yang diperoleh dari hasil penelitian yaitu: lintasan pertama mempunyai litologi material tanah urug, pasir kering, pasir basah dengan kecepatan (416,667 m/s – 769,230 m/s) pada kedalaman (1 m -5 m), tanah lempung dengan nilai kecepatan (1562,500 m/s – 2173,319 m/s) pada kedalaman >5 m. Lintasan kedua mempunyai litologi berupa material tanah urug, pasir kering, pasir basah dengan kecepatan (238,095 m/s – 925,926 m/s) pada kedalaman (0,8 m -5,2 m), sedangkan tanah lempung dengan kecepatan (1041,670 m/s – 2088,330 m/s) pada kedalaman >5,2 m. Lintasan ketiga mempunyai litologi berupa material tanah urug, pasir kering, pasir basah dengan kecepatan (290,689 m/s – 952,381 m/s) pada kedalaman (2,8 m - 6 m), tanah lempung dengan nilai kecepatan (1250 m/s – 1923,080 m/s) pada kedalaman >6 m.
2. lokasi penelitian berpotensi mengalami pergerakan tanah ke arah barat laut. Hal ini dikarenakan lokasi penelitian memiliki struktur geologi bawah permukaan berupa lapisan pasir dan lapisan lempung. Keberadaan lapisan pasir di atas lapisan lempung, dimana lapisan lempung merupakan lapisan yang stabil dan kedap air, sehingga memungkinkan lapisan pasir mudah bergerak dengan adanya pengaruh gaya endogen maupun eksogen.

Adapun saran dari hasil penelitian dan pembahasan di atas untuk penelitian selanjutnya yaitu untuk menambah panjang lintasan agar mendapat kedalaman yang lebih dalam dan lebih disarankan untuk posisi lintasannya tegak lurus atau memotong supaya bisa mendapatkan kondisi bawah permukaan yang lebih lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, A. D. 2008. *Identifikasi Kejadian Longsor dan Penentuan Faktor-Faktor Utama Penyebabnya di Kecamatan Babakan Madang Kabupaten Bogor*. Skripsi. Bandung : Institut Pertanian Bogor.
- Enikanselu, P. A. 2008. Geophysical Seismic Refraction and UpholeSurvey Analysis of Weathered Layer Characteristics in the “Mono” Field, North Western Niger Delta, Nigeria. *The Pacific Journal of Science and Technology*, Volume 9, Nomor 2 Hal : 537-545.
- Nurdyianto, B., E. Hartanto, D. Ngadmanto, B. Sunardi, & P. Susilanto. 2011. Penentuan Tingkat Kekerasan Batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* Vol. 12 No. 3. 2011 : 211-220.
- Pareta, K., & U. Pareta. 2012. Landslide Modeling and Susceptibility Mapping of Giri River Watershed, Himachal Pradesh (India). *International Journal of Science and Technology*, Volume 1, No. 2, Hal. 91-104.
- Priyatari, N., & A. Suprianto. 2009. Penentuan Kedalaman Bedrock Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember. *Jurnal ILMU DASAR* Vol. 10 No. 1.
- Setiawan, B. 2008. *Pemetaan Tingkat Kekerasan Batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi*. Skripsi. Depok : Universitas Indonesia.
- Soenarmo, S. H., I. A. Sadisun, & E. Saptohartono. 2008. Kajian Awal Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Pendugaan Potensi Tanah Longsor Berbasis Spasial di Kabupaten Bandung, Jawa Barat. *Jurnal Geoaplika* Volume 3, Nomor 3, hal. 133 – 141.
- Susilawati. 2004. *Seismik Refraksi (Dasar Teori & Akuisisi Data)*. USU Digital Library.
- Telford, M.W., L.P. Geldart, R.E. Sheriff, & D.A. Keys. 1976. *Applied Geophysics*. New York : Cambridge University Press.
- Tipler, P.A. : alih bahasa, Soegijono, B & W. Hardani (eds). 2001. *Fisika Untuk Sains Dan Teknik* (3th ed.). Jakarta : Erlangga.
- Wahyuningsih, S., G. Yuliyanto., & M. I. Nurwidhyanto. 2006. Interpretasi Data Seismik Refraksi Menggunakan Metode Reciprocal Hawkins dan Software SRIM (Studi kasus daerah Sioux Park, Rapid City, South Dakota, USA). *Berkala Fisika* Vol. 9, No. 4, hal 177-184
- Wibisono, L. 2013. *Longsor Ancam Warga Bukit Manyaran Permai*. Tersedia di <http://www.suaramerdeka.com> [diakses 21-01-2013].
- Windraswara, R. & E. Widowati. 2010. Penerapan Cbdp (Community Based Disaster Preparadness) Dalam Mengantisipasi Bencana TanahLongsor Di Kecamatan Gunungpati Kota Semarang. *Rekayasa*, 8(2) : 1 - 6