



## VISUALISASI BAWAH PERMUKAAN TANAH MENGGUNAKAN GENERALIZED RECIPROCAL METHOD BERDASARKAN DATA SEISMİK REFRAKSI DI DAERAH TRANGKIL GUNUNGPATI

*Ferma Enisahlatun<sup>✉</sup>, Supriyadi dan Ian Yulianti*

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

### Info Artikel

Diterima September 2015  
Disetujui Oktober 2015  
Dipublikasikan November 2015

#### Keywords:

*Seismik refraksi, GRM, Sukorejo, Seismic refraction, GRM, Sukorejo*

### Abstrak

Berdasarkan peta rawan bencana tahun 2011, kecamatan Gunungpati merupakan salah satu daerah yang rawan bencana, khususnya di Kelurahan Sukorejo. Oleh karena itu, telah dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui penampang lapisan bawah permukaan dan keberadaan bidang gelincir menggunakan seismik refraksi dengan metode GRM. Kelebihan metode ini adalah mengetahui undulasi yang tinggi pada kedalaman yang dangkal. Penelitian ini dilakukan dengan mengolah data seismik refraksi pada *Mc. Excel* menggunakan analisa fungsi waktu, kemudian diinterpretasikan dengan menggambarkan penampang bawah permukaan menggunakan *software surfer*. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa litologi lapisan bawah permukaan di lokasi pertama berupa lapisan top soil pada kedalaman < 2,5 m, batu pasir pada kedalaman > 2,5 m serta lempung pada kedalaman > 5 m dengan nilai kecepatan rambat gelombang seismik antara 353,915 m/s – 1516,24 m/s. Sedangkan di lokasi kedua, lapisan bawah permukaan berupa top soil dan napal pada kedalaman < 3,5 m dan batu pasir pada kedalaman > 3,5 m dengan nilai kecepatan rambat gelombang seismik antara 351,120 m/s – 710,38 m/s.

### Abstract

Based on a hazard map in 2011<sup>th</sup>, the districts Gunungpati was one of the disaster-prone areas, especially at Sukorejo. Therefore, a study was conducted to determine the cross section and the existence of subsurface sliding plane using seismic refraction GRM. The advantages of this method is able to know high undulation at shallow depths. The study using seismic refraction data and process it on *Mc. Excel* using the analysis function of time, and then interpreted by modeling the subsurface cross section using *photoscape* and *software surfer*. Based on the results, there found that the subsurface lithology in the first location were top soil ranged from 0 - 2.5 m in depth, sandstone ranged from 2.5 - 5 m in depth and clay ranged more than 5 m in depth with a value of seismic velocity between 353.915 m / s - 1516.24 m / s. While at the second location, the subsurface layer were top soil and marl ranged from 0 - 3.5 m in depth and sand ranged more than 3.5 m with a value of seismic velocity between 351.120 m / s - 710.38 m / s.

## PENDAHULUAN

Berdasarkan peta rawan bencana tahun 2011, kecamatan Gunungpati merupakan salah satu dari tujuh kecamatan rawan bencana, khususnya di Desa Trangkil Kelurahan Sukorejo yang pernah terjadi longsor pada tanggal 23 Februari 2014. Selain di Perumahan Trangkil Sejahtera, pergerakan tanah secara perlahan juga dapat diamati di sepanjang jalan terdekat perumahan tersebut. Ditinjau dari peta geologi lembar Magelang–Semarang, dijelaskan bahwa kecamatan Gunungpati berada di beberapa Formasi batuan, yaitu Formasi Kaligetas, Formasi Kalibeng, Formasi Kerek, dan Formasi Damar. Faktor-faktor lain yang dapat memicu terjadinya tanah longsor adalah kondisi geologi, kondisi hujan, kondisi tataguna lahan, aktivitas manusia dan kegempaan [2]. Tanah longsor merupakan bencana alam yang datang secara tiba-tiba tidak bergantung pada waktu. Pergerakan tanah akibat terjadinya tanah longsor dapat dibedakan. Menjadi beberapa jenis yang dapat diamati dalam waktu singkat maupun lama. Jenis-jenis tanah longsor dibedakan menjadi translasi, rotasi, pergerakan blok, runtuhnya batuan, rayapan tanah, aliran rombakan [1]. Salah satu yang menjadi indikator suatu daerah berpotensi longsor adalah adanya lereng terjal dengan kemiringan  $>15^{\circ}$  dan terlihat adanya pergerakan tanah secara perlahan. Pada daerah demikian, dapat diperkirakan adanya bidang gelincir, yang membuat daerah tersebut menjadi labil. Karena salah satu faktor penyebab tanah longsor yang sangat berpengaruh adalah bidang gelincir atau bidang geser. Bidang gelincir merupakan lapisan bawah tanah kedap air yang menjadikan lapisan di atasnya mudah bergerak/bergeser bila terbawa air saat hujan. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian di daerah tersebut untuk mengetahui penampang bawah permukaan dan keberadaan bidang gelincir di daerah penelitian.

Untuk mengetahui kedalaman bidang gelincir, dapat dilakukan dengan mencari kecepatan rambat gelombang pada lapisan permukaan bawah tanah menggunakan seismik refraksi. Penelitian untuk

mengetahui bidang gelincir menggunakan seismik refraksi telah banyak dilakukan karena metode seismik refraksi dianggap lebih cocok untuk mengetahui permukaan bawah tanah dengan kedalaman yang dangkal [6,7]. Bidang gelincir yang pada umumnya kurang dari 10 meter dapat diketahui menggunakan metode seismik refraksi.

Metode seismik refraksi merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk menentukan struktur geologi bawah permukaan [5]. Metode seismik adalah salah satu bagian dari seismologi eksplorasi yang dikelompokkan dalam metode geofisika aktif. Akuisisi data pada metode seismik dilakukan dengan menggunakan getaran seismik (palu / ledakan) sebagai sumber gelombang seismik yang dibangkitkan dipermukaan bumi. Pada metode ini, gelombang yang terjadi setelah sinyal pertama (*firstbreak*) diabaikan, karena gelombang seismik refraksi merambat paling cepat dibandingkan dengan gelombang lainnya kecuali pada jarak (*offset*) yang relatif dekat sehingga yang dibutuhkan adalah waktu pertama kali gelombang diterima oleh setiap *geophone* [3]. Berdasarkan penelitian sebelumnya bahwa besarnya cepat rambat gelombang P (longitudinal) dalam lapisan batuan dipengaruhi oleh elastisitas dan densitas batuan, sehingga dengan mengetahui cepat rambat gelombang P pada lapisan batuan maka akan diketahui tingkat kekerasan lapisan atau densitas batuan tersebut [4]. Dengan asumsi bahwa material bumi bersifat elastik, maka gelombang seismik yang terjadi akan dirambatkan di dalam bumi ke segala arah. Pada saat mencapai bidang batas antar lapisan, gelombang tersebut akan dipantulkan sebagian dan lainnya dibiarkan. Gelombang yang dipantulkan maupun yang dibiarkan sebagian akan diteruskan ke permukaan bumi. Di permukaan bumi, gelombang akan ditangkap oleh serangkaian detektor yang dinamakan *geophone*. Gelombang seismik refraksi yang dapat terekam oleh penerima pada

permukaan bumi hanyalah gelombang seismik refraksi yang merambat pada batas antar lapisan batuan.

Prinsip utama pada metode refraksi adalah penerapan waktu tiba pertama gelombang baik langsung maupun gelombang refraksi, yakni pada hukum *Snellius* [9].

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

$i$  = sudut datang  $V_1$  = kecepatan lapisan 1

$r$  = sudut bias  $V_2$  = kecepatan lapisan 2

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* [3]. Sehingga persamaan 1 menjadi:

$$\sin i = \frac{V_1}{V_2} \quad (2)$$

## METODOLOGI

### Lokasi Penelitian

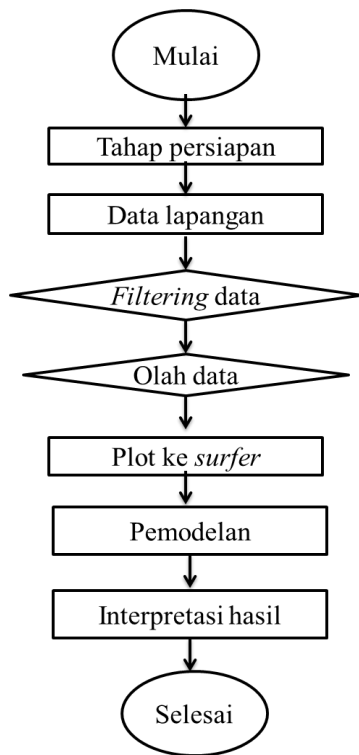
Penelitian dilakukan pada dua lokasi, dimana tiap lokasi terdapat dua lintasan. Titik koordinat penelitian lokasi pertama terletak di  $7^\circ 01' 23''$  LS dan  $110^\circ 23' 46''$  BT, lokasi kedua terletak di  $7^\circ 01' 27''$  LS dan  $110^\circ 23' 24''$  BT. Untuk lokasi pertama berada dekat dengan daerah yang pernah terjadi longsor di perumahan Trangkil Sejahtera, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi penelitian seismik refraksi

## PENGOLAHAN DATA

Penelitian ini dilakukan dengan mengolah data seismik refraksi. Pengolahan dalam penelitian ini menggunakan metode *Generalized Reciprocal Method (GRM)*. GRM merupakan turunan terakhir dari metode *delay time* yang memetakan lapisan bawah permukaan dengan tingkat kekerasan dan undulasi refraktor yang tinggi. Berikut adalah prosedur penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.

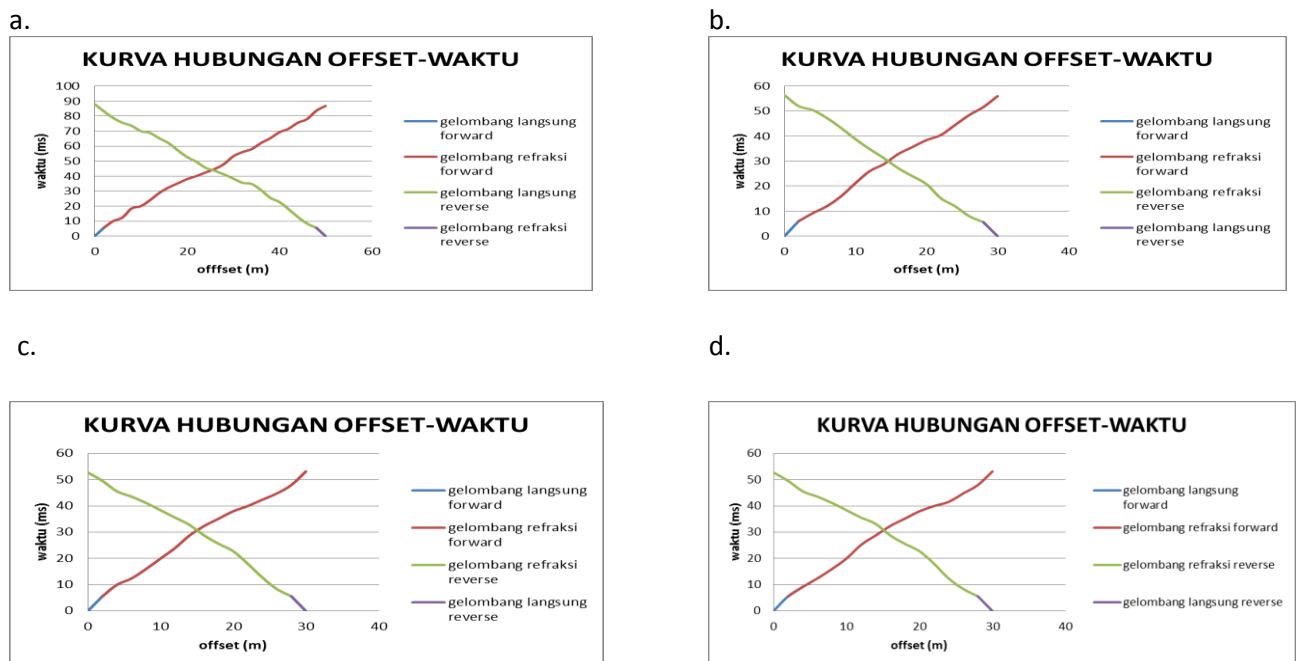


Gambar 2 Bagan prosedur penelitian

Terdapat dua analisis pada pengolahan seismik refraksi dalam GRM, yakni analisis fungsi waktu terhadap kedalaman dan analisis fungsi waktu terhadap kecepatan rambat gelombang. Dalam interpretasi data, dilakukan dengan menggambarkan penampang bawah permukaan berdasarkan hasil pengolahan menggunakan *software surfer*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Cepat rambat gelombang seismik diperoleh berdasarkan fungsi waktu analisa kecepatan. Fungsi waktu analisa kecepatan diperoleh berdasarkan waktu rambat gelombang langsung dan gelombang refraksi pada kurva  $T-X$  yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar : 3 Kurva hubungan *offset* terhadap waktu pada (a) lintasan 1, (b) lintasan 2, (c) lintasan 3, (d) lintasan 4

Berdasarkan metode GRM, didapat nilai kecepatan rambat gelombang pada masing-

masing lintasan, yakni ditunjukkan pada Tabel 1.

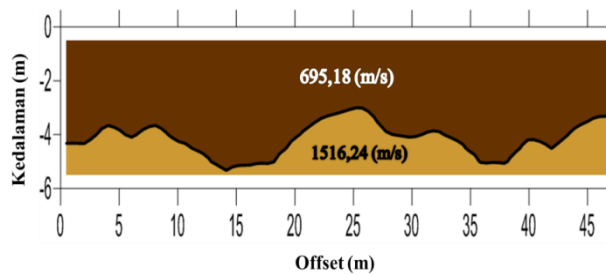
Tabel 1 Nilai kecepatan rambat gelombang

No	Lintasan	Kecepatan rambat (m/s)	
		Lapisan 1	Lapisan 2
1	Lintasan 1	695,18	1516,24
2	Lintasan 2	353,915	643,56
3	Lintasan 3	398,307	710,38
4	Lintasan 4	351,1206	631,067

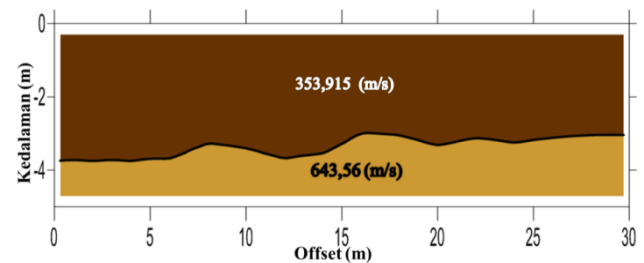
Lapisan bawah permukaan digambarkan menggunakan *software surfer*, sehingga diperoleh penampang bawah permukaan dan keberadaan bidang batas diantara dua

lapisan yang memiliki nilai kecepatan rambat gelombang seismik yang berbeda secara signifikan. Dari perbedaan kecepatan rambat gelombang yang signifikan, pendugaan mengenai keberadaan bidang gelincir dapat diketahui kedalamannya. Dimana kecepatan pada lapisan bawah akan lebih besar dari lapisan atasnya yang lebih dekat dengan permukaan. Penampang lapisan bawah permukaan berdasarkan analisis waktu terhadap kedalaman, dapat ditunjukkan pada Gambar 4.

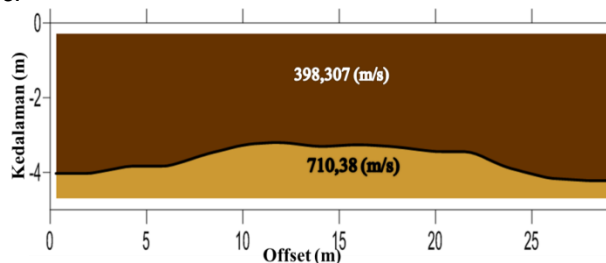
a.



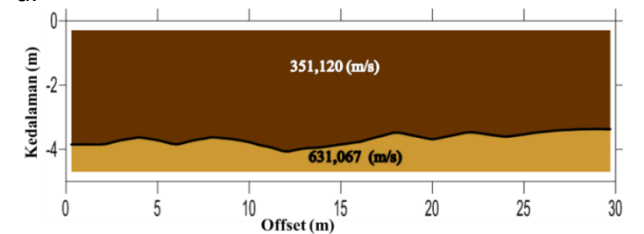
b.



c.



d.



Gambar 4: Penampang bawah tanah pada (a) lintasan 1, (b) lintasan 2, (c) lintasan 3, (d) lintasan 4

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh litologi bawah permukaan berdasarkan besar kecepatan rambat gelombang seismik. Jenis batuan bawah permukaan

masing-masing lintasan ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Litologi bawah permukaan pada (a) lintasan 1, (b) lintasan 2, (c) lintasan 3, (d) lintasan 4

Kecepatan (m/s)	Jenis batuan perkiraan
695,18	Top soil, batu pasir
1516,24	Lempung

Kecepatan (m/s)	Jenis batuan perkiraan
353,915	Top soil
643,56	Batu pasir

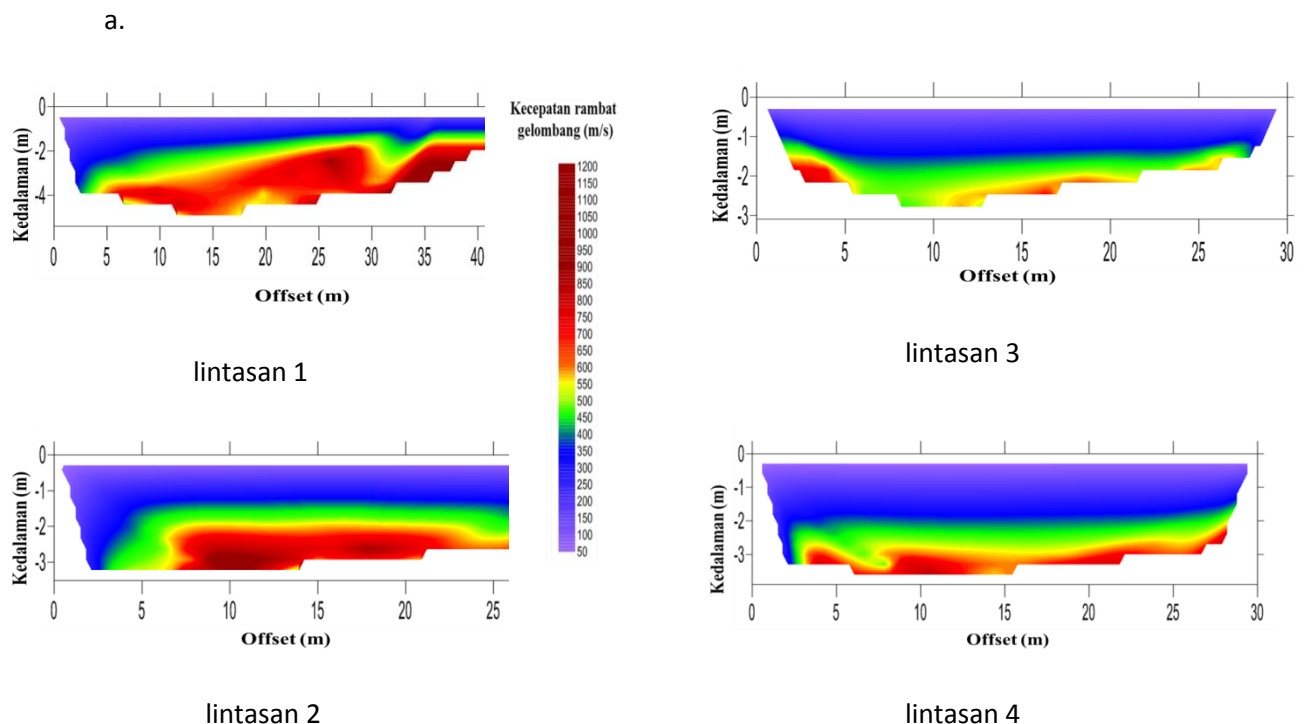
Kecepatan (m/s)	Jenis batuan perkiraan
398,307	Top soil, napal
710,38	Batu pasir

Kecepatan (m/s)	Jenis batuan perkiraan
351,1206	Top soil, napal
631,067	Batu asir

#### Penampang bawah permukaan berdasarkan analisa fungsi waktu terhadap kcepatan

Pada penelitian ini, terdapat dua lokasi penelitian, dimana model bentangan lintasan di lokasi pertama dan lokasi kedua berbeda. Hal tersebut dikarenakan oleh keadaan permukaan tanah di lokasi pertama datar, maka bentangan

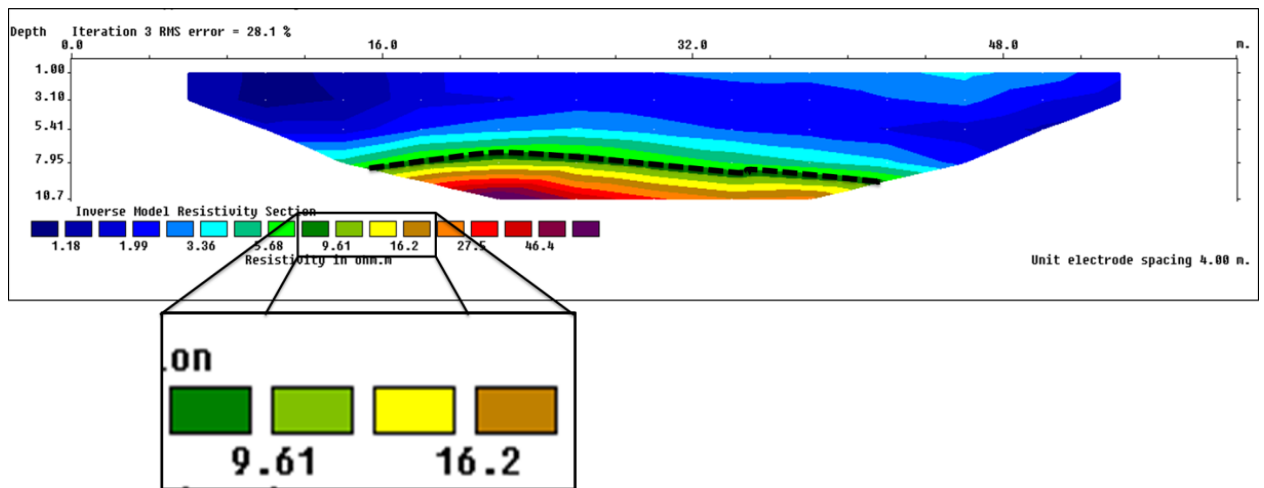
lintasan 1 dan lintasan 2 saling membentang lurus. Berbeda di lokasi kedua, dimana keadaan permukaan tanah tersebut berupa lereng. Oleh sebab itu, bentangan lintasan 3 dan lintasan 4 saling sejajar satu sama lain dan tegak lurus terhadap lereng. Penampang bawah permukaan untuk tiap lintasan ditunjukan pada Gambar 5.



Gambar 5 : Penampang bawah permukaan pada lintasan

Keberadaan bidang gelincir terdapat di lokasi pertama, yakni pada lintasan 1. Bidang gelincir berupa lapisan lempung yang memiliki nilai kecepatan rambat gelombang seismik diantara 900 m/s – 1600 m/s. Kemiringan bidang gelincir tersebut  $>15^\circ$ , yakni sebesar  $14^\circ - 22^\circ$ . Oleh karena itu, pada lintasan 1 memiliki potensi terjadinya longsor. Keberadaan bidang gelincir tersebut berada pada kedalaman lebih dari 4 m, lapisan tersebut berupa lempung yang memiliki sifat kedap terhadap air. Dugaan arah longsoran tersebut adalah ke arah barat menuju lintasan 2, dengan jenis longsoran translasi. Berdasarkan hasil penelitian

menggunakan seismik refraksi, kedalaman bidang gelincir pada lokasi dua belum tercakup. Lapisan bawah permukaan di lokasi dua hanya mencakup lapisan soil dan pasir dengan kemiringan yang tidak terlalu terjal. Oleh karena itu, di lokasi dua dilakukan penelitian menggunakan geolistrik berkonfigurasi *schlumberger* dengan panjang lintasan 60 m dan spasi antar elektrode 4 m. Hasil penelitian menggunakan geolistrik ditunjukan pada Gambar 7.



Gambar 7 Penampang bawah berdasarkan geolistrik

Keterangan :

..... : batas bidang gelincir

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian, pendugaan jenis material pada lapisan bawah permukaan lokasi pertama adalah sebagai berikut:

Lapisan pertama berupa lapisan soil dan pasir dengan kedalaman antara 0 – 4 m, dimana kecepatan rambat gelombang seismik lapisan tersebut adalah 695,18 m/s.

Lapisan kedua berupa lapisan lempung dengan kedalaman lebih dari 5 m, dimana kecepatan rambat gelombang lapisan tersebut adalah 1516,24 m/s.

Sedangkan di lokasi kedua, bidang gelincir tidak terlihat berdasarkan nilai kecepatan rambat gelombang. Lapisan pertama untuk kedua lintasan diperoleh lapisan napal dan soil, sedangkan lapisan keduanya adalah pasir. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, pendugaan jenis material pada lapisan bawah permukaan di lokasi kedua adalah sebagai berikut:

Lapisan pertama berupa lapisan soil dan napal di kedalaman 0 – 3,5 m dengan nilai kecepatan rambat gelombang seismik lapisan tersebut adalah 398,307 m/s.

Lapisan kedua berupa lapisan pasir yang berada pada kedalaman lebih dari 3,5 m dengan nilai kecepatan rambat gelombang seismik lapisan tersebut adalah 710,38 m/s.

Lokasi dua dilakukan penelitian kembali menggunakan geolistrik dengan konfigurasi *schlumberger* sebagai data pembanding. Berdasarkan hasil penelitian geolistrik tersebut, diperoleh bahwa lapisan pertama dengan kedalaman kurang dari 7 meter yang berupa soil dan napal. Lapisan tersebut memiliki nilai resistivitas antara 1,18  $\Omega\text{m}$  – 5,68  $\Omega\text{m}$ . Sedangkan lapisan pada kedalaman lebih 7 meter diduga sebagai lapisan lempung yang dianggap sebagai lapisan bawah bidang gelincir. Nilai resistivitas lapisan tersebut adalah 9,61  $\Omega\text{m}$  – 16,2  $\Omega\text{m}$  seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Berdasarkan hasil penelitian, pada lokasi kedua tidak diperoleh kemiringan yang terjal. Karena bentangan pada line tersebut dilakukan pada permukaan yang

datar dan tegak terhadap lereng lokasi penelitian, dimana lereng tersebut memiliki kemiringan  $> 25^\circ$ . Sehingga dugaan akan terjadinya longsor tidak mengarah pada bentangan tersebut, namun tegak terhadap bentangan, yakni ke arah barat.

Bidang batas terletak diantara lapisan tidak kedap air (soil, pasir) dan lapisan kedap air (lempung). Longsoran akan terjadi pada lapisan di atas bidang batas, yakni lapisan yang tidak kedap air dan mudah melepaskan air apabila telah mencapai beban maksimum. Sesuai dengan gaya gravitasi, beban air yang berlebihan akan memperberat gaya ke bawah. Karena lapisan di bawahnya kedap air dengan kemiringan tertentu, maka air mengalir melalui resapan di lapisan yang dilalui. Oleh karena itu, lapisan tersebut yang bersifat mudah bergerak terbawa air menuju ke keadaan yang lebih stabil. Akibatnya, terjadi tanah longsor translasi. Salah satu lapisan yang mudah menyerap air dan mudah bergerak terbawa air bila mencapai kapasitas maksimum adalah lapisan pasir. Sedangkan bidang batas merupakan bidang yang membatasi lapisan tersebut dengan lapisan lempung di bawahnya. Lapisan lempung merupakan lapisan yang kedap air dan merupakan lapisan yang labil. Pada musim kemarau, lapisan lempung mengering dan mengeras. Oleh sebab itu, lapisan lempung mampu menahan beban (lapisan tanah) di atasnya. Sewaktu hujan tiba, air akan meresap pada lapisan pertama yang tidak kedap air. Ketika air mencapai lapisan lempung (dengan kemiringan terjal), air akan sulit untuk diserap. Karena lapisan di atas lempung telah mencapai titik jenuh untuk menyerap air, maka air akan mengalir dengan membawa material-material yang mudah terbawa. hal demikian disebut sebagai tanah longsor jenis translasi. Sehingga kedua lokasi penelitian memiliki potensi longsor, dengan jenis longsoranya adalah translasi. Pada lokasi pertama, potensi longsor searah dengan bentangan, yakni menuju ke arah utara. Pada lokasi kedua, potensi longsor tegak lurus terhadap bentangan, yakni menuju ke arah timur.



## **SIMPULAN**

Gambaran litologi lapisan bawah permukaan di daerah penelitian pada lokasi pertama berupa lapisan soil di kedalaman < 2,5 m untuk lapisan pertama dan pasir di kedalaman > 2,5 m serta lempung di kedalaman > 4 m pada lapisan kedua. Sedangkan di lokasi kedua, lapisan bawah permukaan berupa soil dan napal di kedalaman < 3,5 m untuk lapisan pertama serta pasir di kedalaman > 3,5 m untuk lapisan kedua.

Bidang gelincir yang memiliki potensi longsor pada lokasi penelitian pertama berada.

pada lintasan 1 di kedalaman > 5 m. Lapisan tersebut berupa lempung dengan sudut kemiringannya adalah  $22^{\circ}$ , dimana potensi longsor ke arah timur lurus dengan arah bentangan. Sedangkan di lokasi kedua terdapat bidang gelincir pada kedalaman > 7 m, dimana potensi longsor ke arah timur tegak lurus terhadap bentangan.

## **SARAN**

Untuk mengetahui lapisan bawah permukaan yang lebih dalam, maka panjang bentangan tiap lintasan perlu diperpanjang. Selain itu, perlu adanya penelitian kembali untuk mengetahui persebaran bidang gelincir yang berpotensi longsor.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1]Nandi. 2007. Longsor. Bandung: Jurusan Pendidikan Geografi UPI.
- [2]Naryanto, H. S. 2011. Analisis Kondisi Bawah Permukaan dan Resiko Bencana Tanah Longsor untuk Arah Penataan Kawasan di Desa Tengkluk Kecamatan Tawangmangu Kabupaten Karanganyar Jawa Tengah. Jakarta. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia.
- [3]Nurdiyanto, B., Eddy, H., Drajat, N., Bambang, S., & Pupung, S. 2011. Penentuan Tingkat Kekerasan Batuan Menggunakan Metode Refraksi. Jakarta: Puslitbang BMKG. Jurnal Meteorologi dan Geofisika, 12(3):211-220.
- [4]Priyantari, N. 2009. Penentuan Kedalaman Bedrock Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember. Jurnal ILMU DASAR, 10(1):6-12.
- [5]Refrizon, S., & Natalia, K. 2009. Visualisasi Struktur Bawah Permukaan dengan Metode Hagiwara (Jurnal Gradien, Edisi Khusus. Januari 2009: 30-33).
- [6]Sulistyaningrum, E., Khumaedi, & Supriyadi. 2014. Aplikasi Metode Seismik Refraksi Untuk Identifikasi Pergerakan Tanah di perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP) Semarang. Semarang: UNNES. Unnes Physics Journal, 3(2).
- [7]Utami, S. dan Supriyadi. 2014. Identifikasi Potensi Longsor Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Kawasan Wisata Nglimut Desa Gonoharjo Limbangan Kendal. Semarang: UNNES. Unnes Physics Journal, 3(2).
- [8]Susilawati, 2004. Seismik Refraksi (Teori dan Akuisisi Data), USU Digital Library.