

Pengaruh Jumlah *Shot* Terhadap Hasil Penampang Seismik Refraksi Dengan Metode *Intercept Time* Dan Tomografi Seismik

Reny^{1,a)}, Arizal Taufik^{1,b)}, Saudiah Mawaddah^{1,c)} dan Wahyu Srigutomo^{1,d)}

¹Laboratorium Fisika Bumi,
Kelompok Keilmuan Fisika Bumi dan Sistem Kompleks,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

a) renyririn92@gmail.com

b) arizaltaufik@gmail.com

c) saudiah35@gmail.com

d) wahyu@fi.itb.ac.id

Abstrak

Karakteristik lapisan bawah permukaan bumi dapat dilihat dari perbedaan nilai parameter fisisnya. Nilai-nilai parameter fisis tersebut dapat diketahui dengan melakukan pengukuran di atas permukaan tanah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode seismik refraksi. Penelitian ini berfokus untuk mengetahui efek dari jumlah shot terhadap kualitas hasil penampang yang didapatkan. Pengambilan data dilakukan menggunakan 24 geophone dengan spasi antar geophone berjarak 2.5 meter. Data pertama menggunakan 5 shot, data kedua menggunakan 9 shot. Kedua data tersebut berada pada lintasan dan geometri yang sama. Tahapan penentuan kecepatan dan kedalaman lapisan menggunakan metode intercept time dan metode tomografi seismik. Model yang dihasilkan memiliki dimensi panjang 60 meter dan kedalaman rata-rata 20 meter dari permukaan tanah. Berdasarkan hasil dari model lintasan pengukuran, didapatkan variasi distribusi kecepatan gelombang mulai dari 200 m/s sampai dengan 3000 m/s. Penggambaran hasil dari data 5 shot dan 9 shot memiliki perbedaan yang kontras dimana pada data 5 shot, lapisan yang tergambar hanya terlihat dua lapisan. Pada data 9 shot, hasil penampang ditemukan dua lapisan, namun pada lapisan kedua terdapat perbedaan kecepatan di titik 0-8 meter dan 44-60 meter. Kemudian data 9 shot diinterpretasikan lagi menggunakan metode tomografi seismik untuk hasil yang lebih detail.

Kata Kunci: Seismik, refraksi, intercept time, shot, tomografi.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan saat ini telah mampu membantu manusia untuk mengetahui lapisan di bawah permukaan bumi hingga jarak tertentu. Metode yang bisa dimanfaatkan untuk mengetahui struktur bawah permukaan bumi yaitu metode seismik. Metode seismik telah banyak digunakan pada teknik geofisika karena memiliki ketepatan serta hasil dengan resolusi tinggi dalam menentukan struktur geologi. Metode ini menggunakan prinsip gelombang mekanik yang merambat ke dalam bumi. Gangguan yang berupa gelombang diberikan pada permukaan bumi kemudian gejala fisis yang terjadi direkam melalui penerima (*geophone*). Hal ini akan menghasilkan data berupa waktu tempuh gelombang antara sumber getaran (*shot*) atau ledakan dengan geofon. Medium yang dilalui oleh gelombang seismik akan sangat mempengaruhi nilai kecepatan rambat gelombang pada lapisan bawah permukaan.

Metode seismik aktif untuk penentuan litologi struktur geologi dikategorikan menjadi dua bagian yaitu metode seismik refraksi dan seismik refleksi. Metode seismik refraksi biasanya digunakan untuk menentukan struktur geologi pada kedalaman yang dalam sedangkan metode seismik refleksi digunakan untuk menentukan struktur geologi yang relatif dangkal.

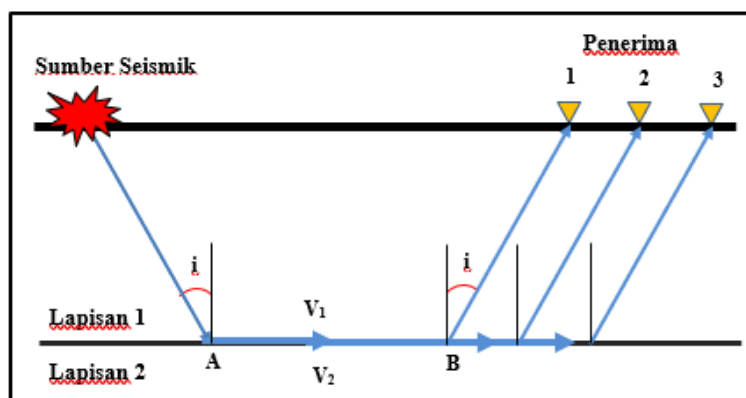
Data waktu yang dihasilkan dari proses metode seismik dapat diinterpretasikan menjadi suatu penampang lapisan di bawah permukaan. Analisis atau interpretasi data pada seismik refraksi secara umum dibagi menjadi tiga, yaitu *intercept time*, *delay time method*, dan *wave front method*. Penelitian yang dilakukan di daerah Limboto provinsi Gorontalo menggunakan analisis data seismik refraksi dengan metode *intercept time*. Tujuan dari penelitian ini untuk melihat pengaruh hasil interpretasi data terhadap total *shot* yang digunakan.

SEISMIK REFRAKSI

Perhitungan pada seismik refraksi berdasarkan waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk menjalar di medium yang dilewatinya dari posisi sumber seismik atau posisi sumber ledakan menuju geofon dengan jarak tertentu

Gelombang yang terjadi setelah sinyal pertama (*first break*) diabaikan, karena gelombang seismik refraksi merambat paling cepat dibandingkan dengan gelombang lainnya kecuali pada jarak (*offset*) yang relatif dekat. Kecepatan yang dimiliki oleh gelombang P lebih besar dibandingkan dengan kecepatan pada gelombang S, maka waktu datang gelombang P yang digunakan dalam perhitungan metode ini. Parameter jarak dan waktu penjalaran gelombang dihubungkan dengan cepat rambat gelombang dalam medium. Besarnya kecepatan rambat gelombang dikontrol oleh konstanta fisis yang terdapat pada material.

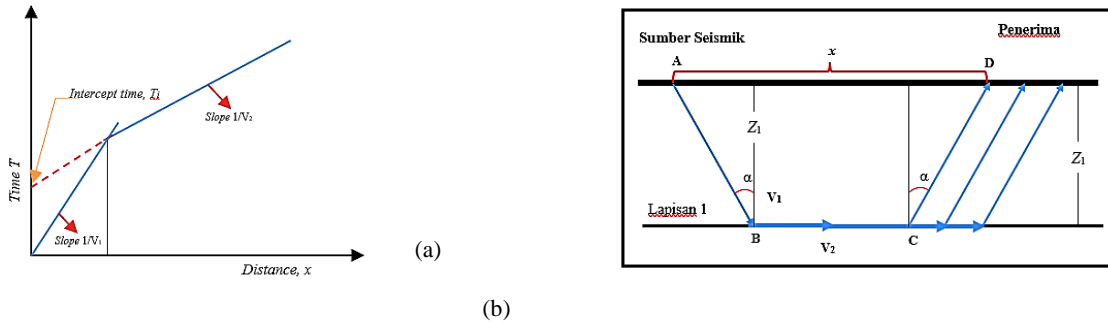
Gelombang seismik refraksi yang terekam oleh geofon di permukaan bumi merupakan gelombang seismik refraksi yang merambat pada batas antar lapisan. Hal ini dapat terjadi saat sudut datang merupakan sudut kritis atau saat sudut bias tegak lurus terhadap garis normal ($r = 90$ maka $\sin r = 1$).



Gambar 1. Pembiasan dengan sudut kritis (*modifikasi dari Telford*)

Interpretasi Seismik Refraksi

Metode pengolahan data yang digunakan adalah metode *intercept time*. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data waktu tiba pertama gelombang yang berasal dari sumber seismik saat diterima oleh setiap geofon. Lalu hubungan antara jarak dengan waktu dari setiap geofon dengan sumber seismik atau posisi ledakan dibuat dalam bentuk grafik.



Gambar 2. (a) Kurva *travel time* pada dua lapis sederhana, (b) Sistem dua lapis sederhana.

Waktu rambat gelombang pada lapisan pertama dapat diperoleh dari persamaan (1), yaitu:

$$t = \frac{s}{v} \tag{1}$$

Panjang lintasan pada gambar (b) disimbolkan dengan s dengan AB merupakan jarak dari titik A ke titik B , CD merupakan jarak dari titik C ke titik D , BC adalah jarak dari titik B ke titik C , V_1 adalah kecepatan gelombang pada lapisan 1 dan V_2 adalah kecepatan gelombang pada lapisan 2. Jika diketahui $s_1 = AB + CD$ dan $s_2 = BC$ maka :

$$T = \frac{AB+CD}{V_1} + \frac{BC}{V_2} \tag{2}$$

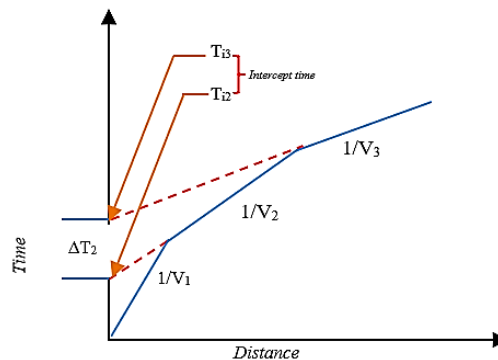
$$z_1 = AB \cos \alpha \tag{2a}$$

$$AB = CD = \frac{z_1}{\cos \alpha} \tag{2b}$$

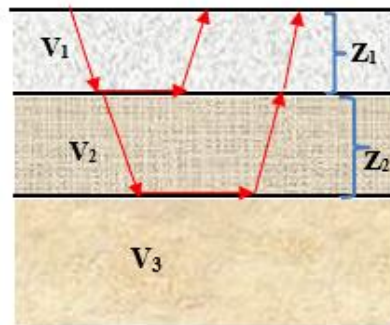
$$T = \frac{2z_1}{V_1 \cos \alpha} + \frac{x - 2z_1 \tan \alpha}{V_2} \tag{2c}$$

$$z_1 = \frac{T_i V_1}{2 \cos \alpha} \tag{3}$$

$$z_1 = \frac{T_i V_1 V_2}{2 \sqrt{V_2^2 - V_1^2}} \tag{4}$$



Gambar 3. Kurva *traveltime* pada banyak lapis. (modifikasi dari Telford)



Gambar 4. Perambatan pada tiga lapisan

Lalu kita juga dapat menentukan kedalaman lapisan kedua melalui persamaan berikut:

$$Z_2 = \left[T_{i2} - \frac{2Z_1}{v_1 v_3} \sqrt{(V_2)^2 - (V_1)^2} \right] \frac{V_2 V_3}{2 \sqrt{V_3^2 + V_2^2}} \tag{5}$$

Tomografi Seismik Refraksi

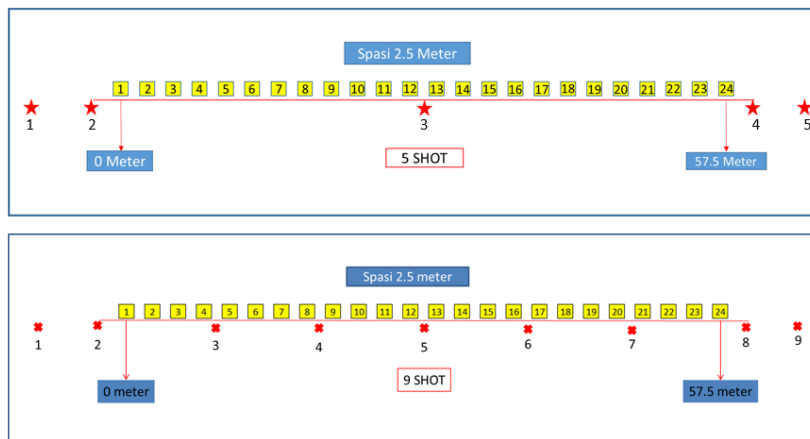
Tomografi merupakan teknik yang dapat digunakan untuk mendapatkan gambaran di dalam suatu objek yang berupa benda padat tanpa harus melakukan pemotongan atau mengirisnya. Hasil dari tomografi merupakan olahan data yang didapatkan dengan cara melakukan pengukuran-pengukuran di luar objek dari berbagai arah. Tomografi telah banyak digunakan di bidang kesehatan untuk mengetahui kondisi di bagian dalam tubuh manusia, yaitu organ-organ dalam manusia. Selain digunakan pada bidang kesehatan, tomografi juga mulai diterapkan oleh para ahli geofisika untuk mengetahui kondisi lapisan atau penampang di bawah permukaan bumi.

Seismik tomografi refraksi adalah suatu metode geofisika yang mampu mendeteksi adanya suatu anomali kecepatan di bawah permukaan bumi. Metode ini dilakukan berdasarkan waktu tempuh gelombang yang merambat dalam medium di bawah permukaan yaitu waktu dari sumber dan penerima yang ditempatkan di atas permukaan. Interpretasi tomografi pada penelitian ini dioperasikan menggunakan perangkat lunak FAST (*First Arrival Seismic Tomography*) untuk merekonstruksi model kecepatan di bawah permukaan bumi berdasarkan data waktu tempuh.

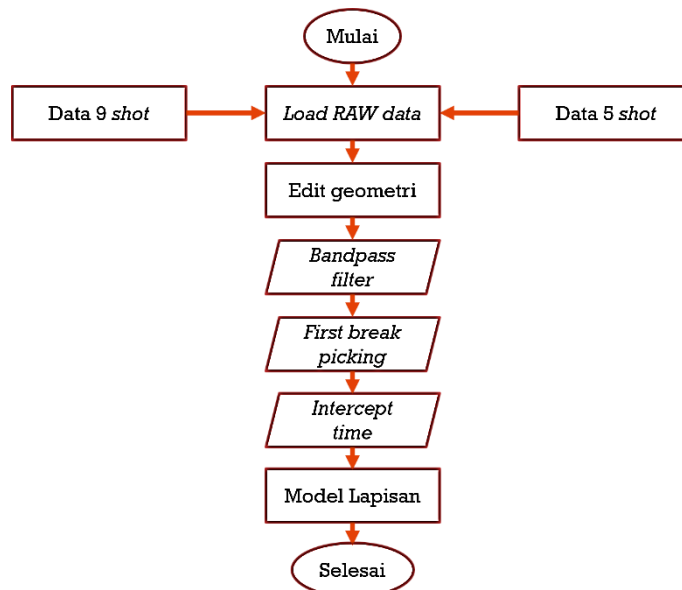
Solusi inversi yang digunakan FAST adalah LSQR, titik *reciever* dan geofon dapat diletakan dimanapun dalam model. Perhitungan *traveltime* dan *raypath* dihitung secara efisien dengan *eikonal solver* yang berlaku untuk media yang kontras. Ukuran pembaruan kecepatan dapat dibatasi pada setiap iterasi. FAST diprogram untuk menghasilkan model yang paling halus dengan kecocokan RMS yang telah diperbaiki untuk menghindari *overfitting* data.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode seismik refraksi untuk menghitung kecepatan rambat gelombang seismik dan kedalaman masing-masing lapisan yang diturunkan dari kurva *traveltime* sehingga didapatkan model struktur bawah permukaan. Pengambilan data dilakukan dengan 2 total *shot* yang memiliki jumlah yang berbeda yaitu 5 dan 9 *shot* pada lintasan yang sama seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Alur pengolahan data tersebut dapat dilihat pada gambar 6.



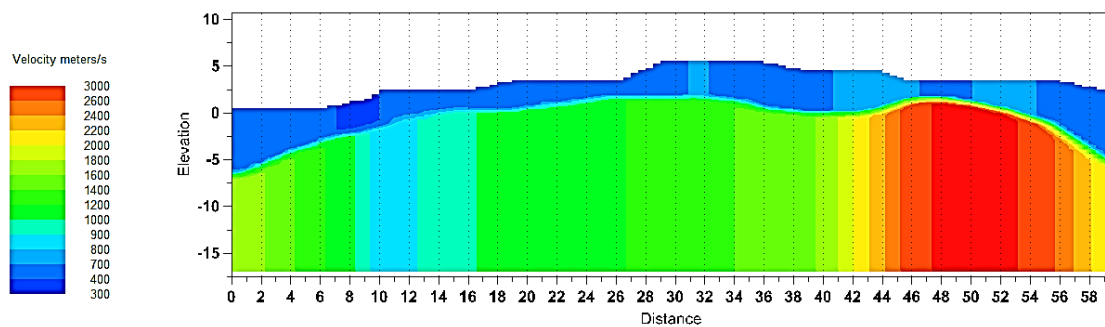
Gambar 5. Skema penempatan posisi shot



Gambar 6. Diagram alir pengolahan data seismik refraksi.

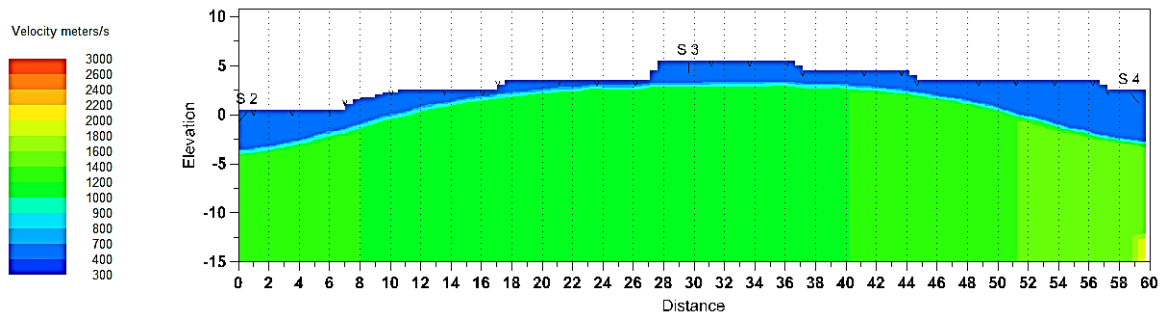
HASIL DAN DISKUSI

Hasil penentuan kecepatan dan kedalaman dari lapisan dengan menggunakan metode *intercept time* diperoleh kecepatan rambat gelombang P yang relatif sama pada kedua sampel *shot*.



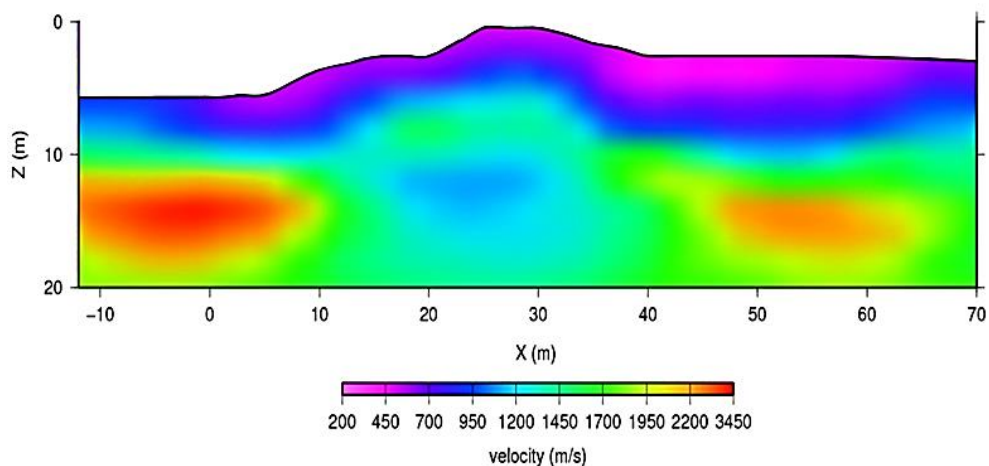
Gambar 7. Hasil penampang yang didapatkan dari 5 shot.

Pada gambar 7 dapat dilihat hasil dari proses menggunakan data 5 shot yang dilakukan dengan metode *intercept time* diperoleh dua lapisan yang memiliki kecepatan rambat gelombang yang berbeda. Kedalaman yang didapatkan berkisar ± 20 meter, lapisan pertama memiliki kecepatan rambat gelombang sebesar 300-400 m/s dengan kedalaman 0-5 meter. Pada lapisan kedua memiliki kecepatan rambat gelombang sebesar 1200-1800 m/s. Panjang lintasan yang didapatkan dari hasil interpretasi menggunakan data yang 5 shot adalah 60 meter. Anomali terlihat pada lapisan kedua dengan jarak 0-8 meter yaitu adanya perbedaan kecepatan sekitar 1600 m/s dan pada jarak 52-60 meter tampak juga memiliki kecepatan yang sama.



Gambar 8. Hasil penampang yang didapatkan dari 9 shot.

Pada gambar 8 dapat dilihat hasil dari proses yang dilakukan dengan metode *intercept time* dengan menggunakan 9 shot diperoleh dua lapisan yang memiliki kecepatan rambat gelombang yang berbeda. Kedalaman yang didapatkan berkisar ± 20 meter. Pada lapisan pertama memiliki kecepatan rambat gelombang sebesar 300-400 m/s dengan kedalaman 0-7 meter. Pada lapisan kedua memiliki kecepatan rambat gelombang sebesar 1200-1800 m/s. Panjang lintasan yang didapatkan dari hasil penampang 9 shot adalah 60 meter, pada jarak 0-8 meter dilapisan kedua terlihat adanya perbedaan kecepatan sekitar 1600 m/s. Pada jarak 8-16 meter dilapisan kedua juga terlihat adanya perbedaan kecepatan sekitar 800-1000 m/s dan pada jarak 42-60 meter anomali kecepatan juga kembali terlihat yaitu sekitar 2000-3000 m/s.



Gambar 9. Hasil penampang dengan metode tomografi

Pada gambar 9 didapatkan hasil dari pemodelan tomografi seismik dengan kecepatan rambat gelombang berada pada rentang 200-3450 m/s. Pada lapisan pertama memiliki kecepatan rambat gelombang dengan nilai antara 200-950 m/s dan pada lapisan kedua terlihat perbedaan kecepatan dengan nilai sekitar 1200-3450 m/s. Pada lapisan kedua terlihat ada beberapa titik memiliki anomali kecepatan yang berbeda.

KESIMPULAN

Perbandingan antara 5 *shot* dengan 9 *shot* dapat dilihat dari hasil model lapisan yang dibentuk, keduanya memiliki hasil model struktur yang hampir sama dilihat dari pola sebaran kecepatannya. Namun, hasil interpretasi dengan metoda *intercept time*, terlihat bahwa data yang menggunakan 9 *shot* menggambarkan kecepatan di bawah permukaan tampak lebih detail dibandingkan dengan 5 *shot*. Data dengan 9 *shot* diinterpretasikan lagi menggunakan tomografi seismik untuk mendapatkan gambaran kecepatan di bawah permukaan lebih detail.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini.

REFERENSI

1. Anonim. *Seismic wave*. (2018)
2. Hudha, S.N, dkk, *Penentuan Struktur Bawah Permukaan dengan Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Lapangan Panas Bumi Diwak dan Derekan, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang*, Youngster Physics Journal. (2014)
3. Kartika, A.U, dkk, *Penentuan Struktur Bawah Permukaan dengan Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Desa Pleret, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, Undip*. (2007)
4. Nugraha, A. D. *Tomografi Seismik*. Penerbit ITB. (2005)
5. Nurcandra, Nakif, dkk, *Penentuan Tingkat Kekerasan Batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Jatikuwung Karanganyar*, Indonesian Journal of Applied Physics. (2013)
6. Nurdianto, Boko, dkk, *Penentuan Tingkat Kekerasan Batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi*, Jurnal Meterologi Geofisika. (2011)
7. Salim, Ashadi, *Analisis Data Seimik Refraksi dengan Metode Generalized Reciprocal*, CoTech. (2012)
8. Sompotan, Armstrong F, dkk, *Comparing Models GRM, Refraction Tomography and Neural Network to Analyze Shallow Landslide*, ITB J. Eng. Sci. (2011).
9. Telford, , *Applied Geophysics*, Cambridge University Press. (1976)
10. Wahyuningsih, Sri, dkk, *Interpretasi Data Seismik Refraksi Menggunakan Metode Reciprocal Hawkins dan Software SRIM (Studi kasus daerah Sioux Park, Rapid City, South Dakota, USA)*, Berkala Fisika. (2006)