

PENENTUAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE SEISMIK REFRAKSI DI LAPANGAN PANAS BUMI DIWAK DAN DEREKAN, KECAMATAN BERGAS, KABUPATEN SEMARANG

Saiful Nurul Hudha¹⁾, Udi Harmoko¹⁾, Sugeng Widada²⁾, Yusuf D.H. ³⁾, Gatot Yulianto¹⁾, Sahid³⁾.

¹⁾ Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains and Matematika, Undip

²⁾ Jurusan Oceanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Undip

³⁾ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang

E-mail: saifulnurulhudha@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

A research of refraction seismic methods in Diwak and Derekan village, Bergas district, Semarang regency, Central Java has been done on March 30, 2013 and August 27, 2013. This research in order to determination the subsurface structure of a geothermal field Diwak and Derekan with refraction method.

In this aquisition data the travel time data was a distance function, with Geometrics Model ES-3000 seismic refraction instrument with 8 Geophones. Processing and interpretation data used Hagiwara method. Hagiwara method used value of delay time concept from travel time curve.

This interpretation which resulted shows the subsurface lithology of the study area Diwak v_1 obtained for the first layer of 297 – 412 m/s which we interpret as a layer of alluvium. While v_2 on both layers obtained a value of 471 – 697 m/s which we interpret as soil. This research is the penetration depth of 5.84 - 11.7 m. The results obtained in the field structure of the two bedding Derekan, v_1 to the first layer of 546 - 1011 m/s which is interpreted as alluvium. While v_2 on both layers obtained a value of 1081 - 1714 m/s are interpreted with clay. Penetration that can be recorded on the field at 0.75 – 9.16 m.

Keywords: sub surface structure, seismic refraction, Hagiwara method, Diwak, Derekan

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian menggunakan metode seismik refraksi di area prospek panas bumi Diwak dan Derekan, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan struktur bawah permukaan lapangan panas bumi Diwak dan Derekan dengan metode refraksi.

Pengambilan data lapangan dilakukan pada tanggal 30 Maret 2013 dan 27 Agustus 2013 dengan menggunakan alat seismic Geometrics Model ES-3000 dengan 8 Geofon. Data yang diperoleh berupa waktu rambat sebagai fungsi jarak. Data diolah menggunakan piranti lunak Data Processing Software SeisImager. Dari pengolahan data tersebut kemudian diinterpretasi dengan menggunakan metode Hagiwara.

Hasil interpretasi menunjukkan litologi bawah permukaan daerah penelitian Diwak didapatkan v_1 untuk lapisan pertama sebesar 297 – 412 m/s yang diinterpretasikan sebagai lapisan alluvium. Lapisan kedua didapatkan nilai kecepatan (v_2) sebesar 471 – 697 m/s yang diinterpretasikan sebagai lapisan soil (tanah). Kedalaman penetrasi penelitian ini adalah sebesar 5,84 – 11,7 m. Hasil penelitian di lapangan Derekan didapatkan struktur dua per lapisan yaitu, v_1 untuk lapisan pertama sebesar 546 - 1011 m/s yang diinterpretasikan sebagai lapisan alluvium. Lapisan kedua didapatkan nilai kecepatan (v_2) sebesar 1081 - 1714 m/s yang diinterpretasikan sebagai batuan lempung. Penetrasi yang mampu direkam sebesar 0,75 – 9,16 m.

Kata kunci: struktur bawah permukaan, seismik refraksi, metode Hagiwara, Diwak, Derekan

PENDAHULUAN

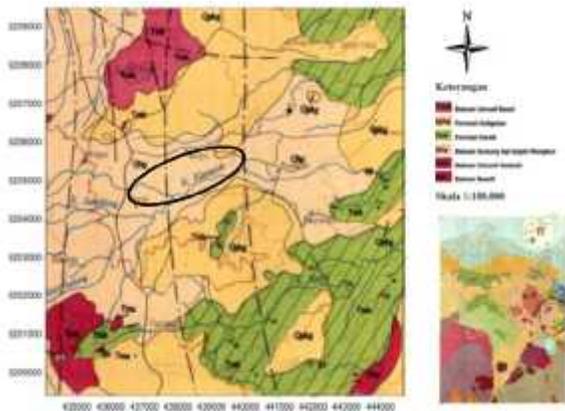
Metode seismik refraksi merupakan salah satu metode geofisika untuk mengetahui penampang struktur bawah permukaan, merupakan salah satu metode untuk memberikan tambahan informasi yang

diharapkan dapat menunjang penelitian lainnya. Metode ini mencoba menentukan kecepatan gelombang seismik yang menjalar di bawah permukaan. Metode seismik refraksi didasarkan pada sifat penjalaran gelombang yang mengalami refraksi dengan sudut kritis

tertentu 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* [4].

Ada beberapa metode interpretasi dasar yang bisa digunakan dalam metode seismic refraksi, antara lain metode waktu tunda, metode *Intercept Time*, dan metode rekonstruksi muka gelombang [3]. Pada perkembangan lebih lanjut, dikenal beberapa metode lain yang digunakan untuk menginterpretasikan bentuk topografi dari suatu bidang batas, antara lain metode *Time Plus Minus*, metode Hagiwara dan Matsuda, dan metode *Reciprocal Hawkins* [4]. Dalam penelitian ini, pemodelan struktur lapisan bawah permukaan dilakukan dengan menggunakan metode Hagiwara.

Daerah penelitian adalah daerah Diwak dan Derekan, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Desa Diwak dan Derekan merupakan salah satu wilayah di Kabupaten Semarang yang mempunyai potensi panas bumi yang diindikasikan dengan ditemukannya manifestasi kolam air panas. Hal ini mendorong penulis untuk mengadakan penelitian struktur bawah permukaan dengan metode seismic refraksi di Desa Diwak dan Derekan, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang.



Gambar 1. Peta Geologi Daerah penelitian (lingkaran hitam adalah area survei)[8]

DASAR TEORI

Gelombang Seismik

Gelombang seismik adalah gelombang elastik yang merambat dalam bumi. Bumi sebagai medium gelombang terdiri dari beberapa lapisan batuan yang antar satu lapisan dengan lapisan lainnya mempunyai sifat fisis yang berbeda. Ketidak-kontinuan sifat medium ini menyebabkan gelombang seismik yang merambatkan sebagian energinya dan akan dipantulkan serta sebagian energi lainnya akan diteruskan ke medium di bawahnya [7].

Suatu sumber energi dapat menimbulkan bermacam – macam gelombang, masing–masing merambat dengan cara yang berbeda. Gelombang seismik dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu:

1. Gelombang badan (*body waves*) yang terdiri dari gelombang longitudinal (gelombang P) dan gelombang transversal (gelombang S). Gelombang ini merambat ke seluruh lapisan bumi.
2. Gelombang permukaan (*surface waves*) yang terdiri dari gelombang *Love*, gelombang *Raleygh* dan gelombang *Stoneley*. Gelombang ini hanya merambat pada beberapa lapisan bumi, sehingga pada survei seismic refleksi (survei seismic dalam) gelombang ini tidak digunakan.

Seismik Refraksi

Metode seismic dikategorikan ke dalam dua bagian yaitu seismic refraksi (seismic bias) dan seismic refleksi (seismic pantul). Dalam penulisan ini metode yang dibahas hanya sebatas metode seismic refraksi. Dalam metode seismic refraksi, yang diukur adalah waktu tempuh dari gelombang dari sumber menuju *geophone*. Dari bentuk kurva waktu tempuh terhadap jarak, dapat ditafsirkan kondisi batuan di daerah penelitian.

Keterbatasan metode ini adalah tidak dapat dipergunakan pada daerah dengan kondisi geologi yang terlalu kompleks. Metode ini telah dipergunakan untuk mendeteksi perlapisan dangkal dan hasilnya cukup

memuaskan. Menurut Sismanto (1999), asumsi dasar yang harus dipenuhi untuk penelitian perlapisan dangkal adalah:

1. Medium bumi dianggap berlapis-lapis dan setiap lapisan menjalarkan gelombang seismik dengan kecepatan yang berbeda beda.
2. Semakin bertambah kedalamannya, batuan lapisan akan semakin kompak.
3. Panjang gelombang seismik lebih kecil daripada ketebalan lapisan bumi.
4. Perambatan gelombang seismik dapat dipandang sebagai sinar, sehingga mematuhi hukum – hukum dasar lintasan sinar.
5. Pada bidang batas antar lapisan, gelombang seismik merambat dengan kecepatan pada lapisan dibawahnya.
6. Kecepatan gelombang bertambah dengan bertambahnya kedalaman.

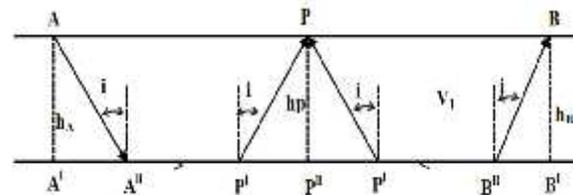
Masalah utama dalam pekerjaan geofisika adalah membuat atau melakukan interpretasi hasil dari survei menjadi data bawah permukaan yang akurat. Data-data waktu dan jarak dari kurva *travel time* diterjemahkan menjadi suatu penampang geofisika, dan akhirnya dijadikan menjadi penampang geologi. Secara umum metode interpretasi seismik refraksi dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama, yaitu *intercept time*, *delay time method* dan *wave front method* [6].

Metode Hagiwara

Salah satu metode perhitungan waktu tiba gelombang seismik untuk mencerminkan lapisan bawah permukaan adalah Metode Hagiwara. Metode ini merupakan metode waktu tunda (*delay time*) yang berdasarkan asumsi bahwa undulasi bawah permukaan tidak terlalu besar. Kelebihan dari metode Hagiwara adalah lapisan bawah permukaan dapat ditampilkan mengikuti kontur bawah permukaan itu. Berbeda dengan metode *intercepttime* yang menganggap lapisan dibawah permukaan adalah flat (bidang).

Terutama untuk lapisan bawah permukaan yang harus detail, maka metode Hagiwara adalah metode perhitungan yang menjadi pilihan utama [2].

Perhitungan dengan metode Hagiwara dikembangkan untuk struktur bawah permukaan yang terdiri dari dua lapisan. Bidang batas lapisan yang akan diperlihatkan oleh hasil perhitungan merupakan rata-rata kedalaman yang memiliki kerapatan yang berbeda. Bila kerapatan berbeda maka kecepatan gelombang seismiknya juga akan berbeda, sehingga arah penjaralan gelombang seismik akan mengalami pembiasan (refraksi), seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Lintasan gelombang bias untuk struktur dua lapis [5].

Bila dinotasikan waktu perambatan gelombang bias dari titik tembak A ke titik penerima P dengan T_{AP} , waktu perambatan dari B ke P dengan T_{BP} dan waktu perambatan dari A ke B dengan T_{AB} . T'_{AP} ditunjukkan oleh persamaan:

$$T'_{AP} = T_{AP} - \frac{(T_{AP} + T_{BP} - T_{AB})}{2} \quad (1)$$

$$T'_{AP} = \frac{h_A \cos i}{V_1} + \frac{x}{V_2} \quad (2)$$

Pada persamaan (1) T'_{AP} adalah linier terhadap x , jika diambil x sebagai absis dan T'_{AP} sebagai ordinat dan diplot titik-titik yang bersesuaian (seperti pada gambar (3), maka garis lurus tersebut merupakan suatu *short* (bentuk baru yang lebih pendek) dari kurva *travel time* yang dikandung oleh titik-titik yang berhubungan [1]. Nilai T'_{AP} dengan mudah dapat dihitung dari pers (2), dan kecepatan v_2 pada lapisan bawah diperoleh dari kemiringan (*slope*) garis lurus. T'_{AP} yang diperoleh dari pers (1) merupakan suatu besaran yang menunjukkan kecepatan pada lapisan bawah

(*velocitytravel- time*). Dengan cara yang sama, dapat diperoleh :

$$T'_{BP} = T_{BP} - \frac{(T_{AP} + T_{BP} - T_{AB})}{2} \quad (3)$$

Bila jarak ke titik penerima adalah x , dengan mengambil titik B sebagai titik asal (referensi), maka diperoleh :

$$T'_{BP} = \frac{h_B \cos i}{V_1} + \frac{x}{V_2} \quad (4)$$

dengan kedalaman lapisan pada titik A (h_A) dan pada titik B (h_B).

Dalam pers (4), v_1 dapat diperoleh dari kurva *travel-time* dari gelombang langsung dekat titik tembak. T_{AP} , T_{BP} , dan T_{AB} diperoleh dengan cara observasi. Tetapi $\cos i$ tidak dapat dicari, karena v_2 biasanya tidak diketahui. Jika harga v_2 dapat diketahui, kedalaman h_p dan titik penerima P dapat diperoleh dari :

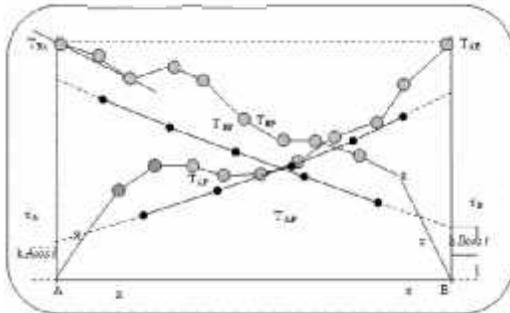
$$h_p = \frac{V_1}{2 \cos i} (T_{AP} + T_{BP} - T_{AB}) \quad (5)$$

Seperti pada gambar 3 harga dari T'_{AP} atau T'_{BP} yang berhubungan dengan T_{AP} atau T_{BP} dapat dibaca dari ekstensi (memperpanjang) kurva T'_{AP} atau T'_{BP} . Jadi harga kadalaman h_p dapat dihitung dari pers (6) dan (7).

$$h_p = \frac{V_1}{\cos i} (T_{AP} - T'_{AP}) \quad (6)$$

Atau

$$h_p = \frac{V_1}{\cos i} (T_{BP} - T'_{BP}) \quad (7)$$



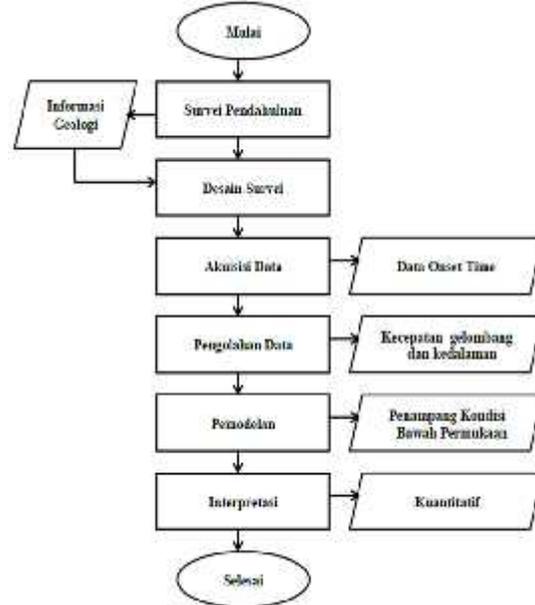
Gambar 3. Kurva waktu rambat dan kurva waktu rambat kecepatan [4].

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode seismik refraksi untuk

menghitung kecepatan rambat gelombang seismik dan kedalaman masing-masing lapisan yang diturunkan dari kurva *travel time* sehingga akan didapatkan model struktur bawah permukaan. Dalam survei ini dilakukan penembakan pada arah maju dengan konfigurasi garis lurus.

Dengan alur pengolahan data tersebut dapat dilihat pada gambar :

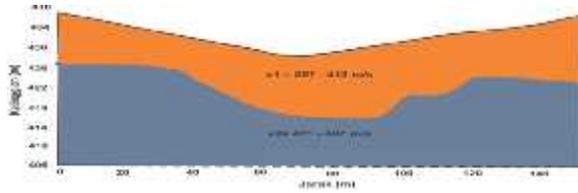


Gambar 4. Diagram alir pengolahan data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran seismik refraksi ini berada di sekitar mata air panas Diwak dan Derekan Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang. Dari data lapangan maka didapatkan data *travel time* gelombang seismik. Data tersebut ditentukan waktu tiba gelombang pertama dan diplot ke dalam kurva *travel time* dan dianalisis nilai *travel timenya*. Kecepatan gelombang seismik pada lapisan pertama dan kecepatan gelombang seismik pada lapisan kedua serta didapatkan dari kurva *travel time*.

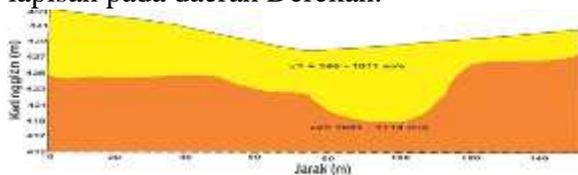
Permodelan penampang bawah permukaan terdapat perbedaan kecepatan gelombang pada lapisan pertama (v_1), kecepatan gelombang pada lapisan kedua (v_2) serta kedalaman pada setiap lintasan.



Gambar 5. Model Penampang Bawah Permukaan Daerah Diwak

Gambar (5) merupakan profil kedalaman yang diperoleh dari pengolahan data pada daerah pengukuran Diwak. Bila gelombang elastik yang menjalar dalam medium bumi menemui bidang batas per lapisan dengan elastisitas dan densitas yang berbeda, maka akan terjadi pemantulan dan pembiasan gelombang tersebut. Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, didapatkan v_1 untuk lapisan pertama sebesar 297 – 412 m/s yang diinterpretasikan sebagai alluvium yang lebih detailnya merupakan fluvial. Fluvial merupakan sistem yang berhubungan dengan aliran air yang terjadi di darat karena gaya gravitasi. Sedangkan v_2 pada lapisan kedua didapatkan nilai sebesar 471 – 697 m/s yang diinterpretasikan sebagai lapisan *soil* / tanah. Dimana kedalaman yang mampu direkam sebesar 5,84 – 11,7 m.

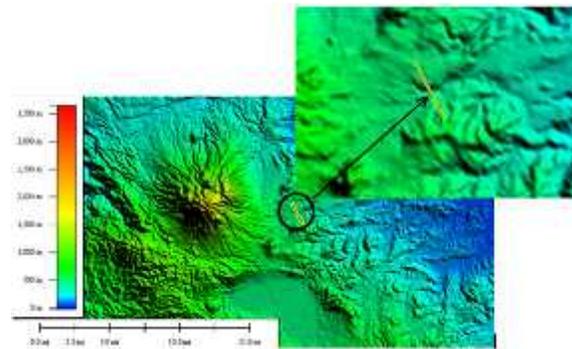
Gambar (6) menunjukkan model penampang bawah permukaan beserta perbedaan kecepatan gelombang pada setiap lapisan pada daerah Derekan.



Gambar 6. Model Penampang Bawah Permukaan Daerah Derekan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, didapatkan v_1 untuk lapisan pertama sebesar 546 - 1011 m/s yang diinterpretasikan sebagai lapisan alluvium. Sedangkan v_2 pada lapisan kedua didapatkan nilai sebesar 1081 - 1714 m/s yang diinterpretasikan sebagai batuan lempung. Dimana kedalaman yang mampu direkam sebesar 0,75 – 9,16 m. Dari hasil yang

diperoleh pada daerah Derekan dapat dilihat pada jarak 80 – 120 m diduga dibawahnya terdapat sesar. Dari penampang terlihat adanya penurunan kedalaman lapisan yang sangat menonjol. Penurunan tersebut diinterpretasikan lapisan lapuk yang menutupi sesar yang ada di lokasi penelitian Derekan. Hal ini diperkuat dengan adanya kenampakan di lapangan berupa sungai (Kali Klampok) yang tidak jauh dari manifestasi air panas Derekan. Dapat dilihat pada gambar (7) merupakan Peta Citra Landsat menggunakan *software Global Mapper*.



Gambar 7. Peta Citra Landsat area penelitian menggunakan *software Global Mapper*.

KESIMPULAN

Hasil pengolahan data dengan metode Hagiwara diperoleh model struktur bawah permukaan. Di daerah Diwak didapatkan kecepatan pada lapisan pertama sebesar 297 – 412 m/s yang diperkirakan sebagai lapisan alluvium. Didapatkan kecepatan pada lapisan kedua sebesar 471 – 697 m/s yang diperkirakan sebagai lapisan *soil* (tanah). Kedalaman lapisan yang diperoleh antara 5,84 – 11,7 m. Pada daerah Derekan didapatkan kecepatan pada lapisan pertama sebesar 546 - 1011 m/s yang diperkirakan sebagai lapisan alluvium. Didapatkan kecepatan pada lapisan kedua sebesar 1081 - 1714 m/s yang diperkirakan

sebagai batuan lempung. Kedalaman lapisan yang diperoleh antara 0,75 – 9,16 m.

Lembar Magelang dan Semarang Jawa, skala 1:100.000, P3GL, Bandung.

SARAN

Mengacu pada hasil penelitian ini, diusulkan beberapa saran untuk kelanjutan penelitian ini di masa yang akan datang agar lebih baik antara lain:

1. Karena keterbatasan jumlah geofon, penelitian yang bertahap hendaknya diperhatikan jangkauan dari geophone tersebut
2. Sumber getaran akan lebih baik bila berat pembeban (palu) digunakan dengan palu yang lebih besar.
3. Panjang bentangan untuk tiap titik bisa dibuat lebih lebar agar jangkauan lebih panjang lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hartantyo, E, 2004, *Metode Seismik Bias dan Pantul*, Universitas Gajah Mada.
- [2] Linus, A. P., 2006, *Penafsiran Data Seismik Bias Dangkal dengan Metode Hagiwara*, Jurusan Fisika, ITB.
- [3] Raharjo, S.A., 2002, *Analisis Kecepatan Perambatan Gelombang Bias pada Medium dan Faktor Kualitas Medium di Lereng Barat Gunung Merapi*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- [4] Sismanto, 1999, *Eksplorasi Dengan Menggunakan Sesimik Refraksi*, UGM, Yogyakarta.
- [5] Susilawati, 2004, *Seismik Refraksi (Dasar Teori dan Akuisisi Data)*, FMIPA Jurusan Fisika USU.
- [6] Taib, M.I.T., 1985, *Engineering Seismology*, Institut Teknologi Bandung Press, Bandung.
- [7] Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E., 1990, *Applied Geophysics, Second Edition*. Cambridge Univ. Press, New York.
- [8] Thanden, R.E., Sumadirdja, Richards, Sutisna dan Amin, 1996, *Peta Geologi*