

Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Nagari Aie Angek, Kabupaten Tanah Datar

Olong Niroha*, Ardian Putra, Ahmad Fauzi Pohan

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas,
Kampus Unand, Limau Manis, Padang 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan : 20 Agustus 2021
Direvisi : 25 Oktober 2021
Diterima : 04 November 2021

Kata kunci:

struktur bawah permukaan
seismik refraksi
metode Hagiwara

Keywords:

sub surface structure
seismic refraction
Hagiwara method

Penulis Korespondensi:

Olong Niroha
Email: olongniroha31@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisa kecepatan gelombang bawah permukaan Nagari Aie Angek menggunakan metode seismik refraksi sebagai sumber data awal dalam menentukan potensi sumber daya alam pada daerah penelitian. Hasil penelitian diperoleh berupa data kecepatan gelombang pada tiap lintasan, dimana untuk Lintasan 1, diperoleh nilai v_1 sebesar 1820 m/s yang diinterpretasikan sebagai material aluvial dan lempung, nilai v_2 sebesar 1293 m/s yang diinterpretasikan sebagai material lempung dan pasir dengan kedalaman 3,06-10,59 m. Untuk Lintasan 2, diperoleh nilai v_1 sebesar 1820 m/s yang diinterpretasikan sebagai material aluvial dan lempung, nilai v_2 sebesar 1293 m/s yang diinterpretasikan sebagai material lempung dan pasir dengan kedalaman 0,72-4,46 m. Hasil dari pemodelan bawah permukaan Lintasan 1 diketahui bahwa permukaan tanah pada lapisan 1 mengalami penurunan muka tanah yang disebabkan oleh aktifitas vulkanik dan tektonik.

This study aims to analyze the structure and velocity of subsurface waves in Nagari Aie Angek using the seismic refraction method as the initial data source in determining the potential of natural resources in the study area. The results obtained in the form of wave velocity data on each track, where for track 1, the v_1 value is 1820 m/s which is interpreted as alluvial and clay material, the v_2 value is 1293 m/s which is interpreted as clay and sand material with a depth of 3, 06-10.59 m. For track 2, the v_1 value is 1820 m/s which is interpreted as alluvial and clay material, the v_2 value is 1293 m/s which is interpreted as clay and sand material with a depth of 0.72-4.46 m. The results of the subsurface modeling of track 1 show that the soil surface in layer 1 is experiencing a subsidence caused by volcanic and tectonic activities.

Copyright © 2021 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Metode seismik merupakan salah satu bagian dari seismologi eksplorasi yang dikelompokkan dalam metode geofisika aktif, dimana pengukuran dilakukan dengan menggunakan sumber/getaran seismik (palu dan ledakan). Setelah getaran diberikan, terjadi gerakan gelombang di dalam medium (tanah/batuan) ke segala arah dan mengalami pemantulan ataupun pembiasan akibat perbedaan kecepatan. Pada jarak tertentu gerakan partikel tersebut direkam sebagai fungsi waktu. Berdasarkan data rekaman ilmiah dapat diperkirakan bentuk lapisan/ struktur di dalam tanah.

Ada beberapa metode interpretasi dasar yang bisa digunakan dalam metode seismik refraksi antara lain metode waktu tunda, metode *intercept time*, dan metode rekonstruksi muka gelombang. Pada perkembangan lebih lanjut, dikenal beberapa metode lain yang digunakan untuk menginterpretasikan bentuk topografi dari suatu bidang batas, antara lain metode *Plus-Minus*, metode Hagiwara, metode Matsuda dan metode Reciprocal Hawkins (Julius *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Hudha *et al.*, 2014), (Uniek Kartika, 2007), (Laksono, 2013), (Wahyuningrum *et al.*, 2006), (Febrianti, 2020), (Muhlisah *et al.*, 2020) dengan menggunakan metode seismik refraksi, diperoleh besarnya nilai kecepatan gelombang, jenis batuan dan juga harga kedalaman bawah permukaan daerah penelitian.

Daerah lokasi penelitian berada di Nagari Aie Angek, Kecamatan X Koto, Kabupaten Tanah Datar, Provinsi Sumatera Barat. Nagari Aie Angek dipilih sebagai daerah penelitian untuk pemodelan struktur bawah permukaan karena mempertimbangkan latar belakang dari proses geologi yang meliputi kondisi tektonik dan vulkanik yang masih aktif. Berdasarkan kondisi tektonik daerah penelitian ini berada pada zona sesar Sumatera yang masih aktif dan terus bergerak 7 cm/tahunnya. Berdasarkan kondisi vulkanisme daerah ini masih menunjukkan aktivitas-aktivitas vulkanik yang diikuti oleh munculnya manifestasi berupa mata air panas yang ada di kaki gunung merapi. Pada daerah yang sama, penelitian sebelumnya dilakukan oleh (Hidayat *et al.*, 2021) menggunakan metode geomagnet, pada daerah penelitian terdapat zona sesar minor yang diduga sebagai tempat masuk dan keluarnya fluida panas bumi, lapisan *caprock* atau batuan tudung, lapisan *reservoir* sebagai tempat penyimpanan panas dan lapisan paling bawah didominasi oleh batuan beku andesit-basaltik Gunung Marapi yang menjadi batuan *hot rock* atau sumber panas yang memiliki kemenerusan dengan magma Gunung Marapi dengan kedalaman penelitian 3000 m. Berdasarkan penelitian sebelumnya maka perlu dilakukan penelitian struktur bawah permukaan dengan menggunakan metode seismik refraksi untuk menentukan kecepatan gelombang seismik yang menjalar dibawah permukaan lintasan penelitian dalam menunjang penelitian lainnya.

II. METODE

2.1 Penentuan Lintasan

Jumlah lintasan yang diambil pada penelitian ini sebanyak 2 lintasan dengan panjang Lintasan 1 sejauh 50 m dengan spasi geophone 10 m dan Lintasan 2 sejauh 35 m dengan spasi geophone 5 m. Panjang lintasan ditentukan oleh beberapa faktor seperti lokasi penelitian yang datar, kondisi tanah yang kering. Lintasan penelitian berada dekat dengan objek pemandian air panas dan juga dekat dengan aliran sungai yang berada di Nagari Aie Angek. Penempatan geophone 1 dekat dengan sumber getaran sebagai trigger, dan peletakan geophone 2 sampai 5 dengan jarak yang sama (10 m untuk Lintasan 1 dan 5 m untuk Lintasan 2) bertujuan sebagai sensor rekaman seismik yang disebabkan oleh getaran palu. Nagari Aie Angek dipilih sebagai daerah penelitian untuk pemodelan struktur bawah permukaan karena mempertimbangkan latar belakang dari proses geologi yang meliputi kondisi tektonik dan vulkanik yang masih aktif. Berdasarkan kondisi tektonik daerah penelitian ini berada pada zona sesar Sumatera yang masih aktif dan terus bergerak 7 cm/tahunnya. Secara geografis lokasi penelitian ini berada di sekitar pemandian air panas yang ada di Nagari Aie Angek dengan ketinggian 1342 m di atas permukaan laut (mdpl) atau lebih tepatnya berada pada koordinat 0°24'51"S dan 100°24'55"E yang ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1 Lintasan penelitian

2.2 Akusisi Data

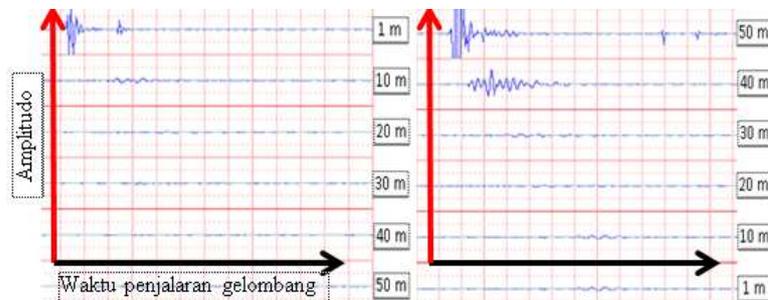
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan, berupa pengukuran waktu penjalaran gelombang. Langkah akusisi data pada penelitian ini adalah :

1. Membuat bentangan garis lurus untuk penempatan *geophone*
2. Menempatkan *geophone* dengan jarak 10 m pada Lintasan 1 dan 5 m pada Lintasan 2.
3. Melakukan perekaman gelombang seismik, hasil yang diperoleh pada penelitian ini berupa data waktu gelombang yang selanjutnya diolah pada MATLAB R2015a.

2.3 Pengolahan Data

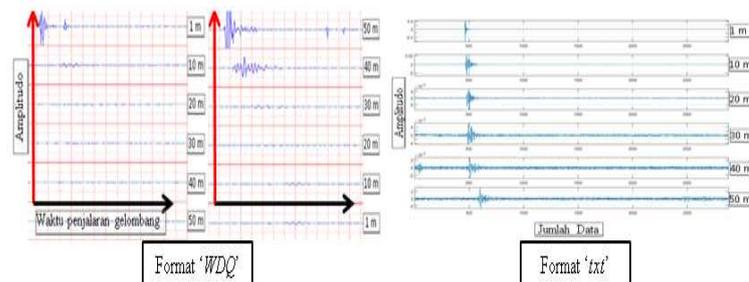
Langkah-langkah pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menampilkan hasil rekam data sinyal seismik di lapangan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Hasil rekam sinyal seismik di lapangan dalam format 'WDQ' pada Lintasan

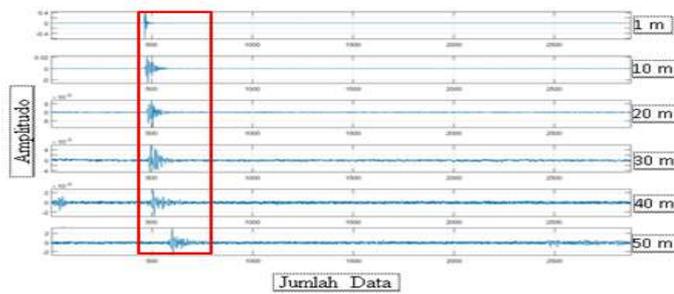
2. Mengubah data yang terekam dalam format 'WDQ' menjadi format 'txt' seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Pengubahan format data pada Lintasan 1

Format data di ubah karena dalam pengolahannya pada *software* MATLAB menggunakan format 'txt' untuk menentukan variasi waktu penjalaran gelombang seismik.

- Memotong sinyal yang mengandung event seismik. Pada bagian ini ditentukan pada titik berapa data tersebut akan diambil yang ditunjukkan Gambar 4.

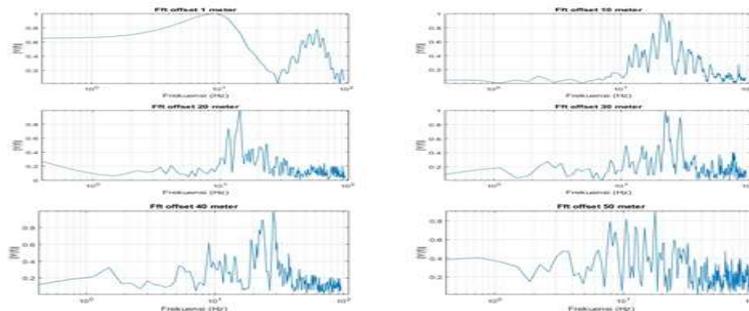


Gambar 4 Sinyal *cutting* Lintasan 1

- Melakukan transformasi Fourier pada sinyal yang sudah dipotong pada software MATLAB seperti pada Persamaan (1). Transformasi ini dilakukan untuk menentukan rentang frekuensi data yang akan diambil dalam penelitian.

$$F(k) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-ikt} dt \tag{1}$$

dimana $F(k)$ merupakan transformasi Fourier dari sinyal. x merupakan nilai jarak dan t merupakan variasi waktu yang diperoleh pada penelitian. Sinyal yang digunakan pada Lintasan 1 merupakan sinyal yang berada pada rentang frekuensi 10-30 Hz yang ditunjukkan Gambar 5.

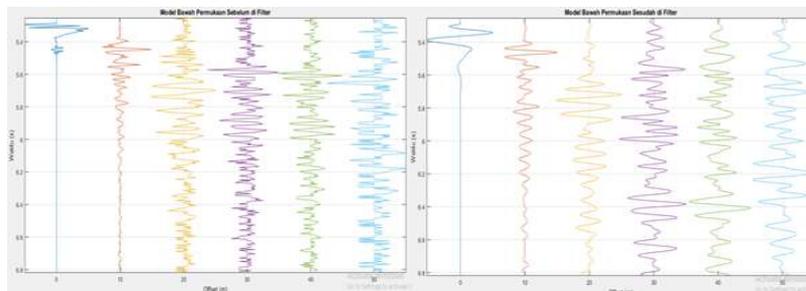


Gambar 5 Transformasi Fourier Lintasan 1

- Melakukan filter sinyal yang akan digunakan dalam penelitian dengan Persamaan (2). Filter data ini dilakukan untuk mengambil data yang digunakan dan mana *noise* yang akan dibuang.

$$BW = f_c - f_s \tag{2}$$

dimana BW merupakan *bandwidth*, f_c merupakan frekuensi *cutting* dan f_s merupakan frekuensi *sampling* yang ditunjukkan Gambar 6.



Gambar 6 Filter data Lintasan 1

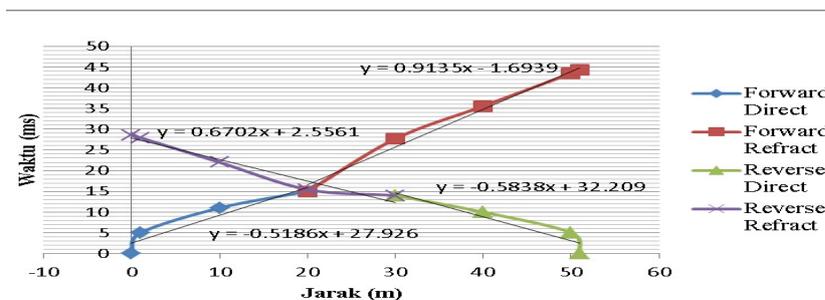
- Menghitung nilai selisih atau beda waktu tiba gelombang pada tiap-tiap *geophone* yang merambat pada medium (*lag time*), yaitu dengan *geophone* 1 sebagai *trigger* dan *geophone* 2 sampai 5 menjadi perekam sinyal seismik. Selisih atau beda waktu yang dihitung disini akan digunakan untuk menentukan kecepatan tiap lapisan pada masing-masing lintasan yang ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1 Selisih nilai Lintasan 1

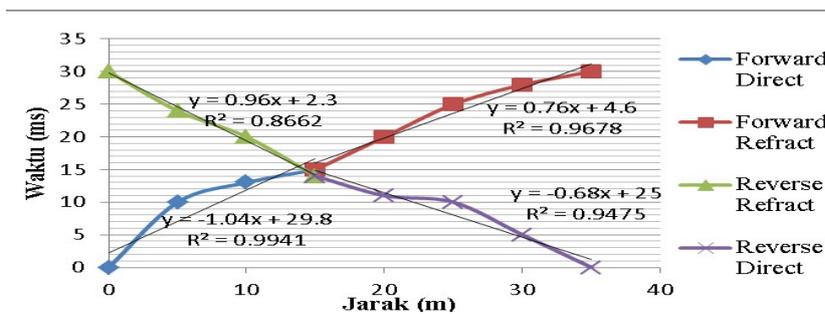
Posisi	Offset (m)	Forward Direct (ms)	Reverse Direct (ms)	Forward Refract (ms)	Reverse Refract (ms)
Shot Maju	0	0	30	0	28,6
	1	5	27	5,0	27,9
	10	11	21	11,0	22,1
	20	15	16	15,0	15,4
	30	27	14	27,6	14,0
	40	37	10	35,5	10,0
	50	42	5	43,4	5,0
Shot Balik	51	45	0	44,3	0

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari Tabel selisih nilai (Tabel 1) selanjutnya dibuat kurva $t-x$ gelombang seismik dengan jarak *geophone*. Data ini kemudian di analisis menggunakan metode Hagiwara pada *Microsoft Excel*. Kurva $t-x$ Lintasan 1 dan Lintasan 2 dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7 Kurva $t-x$ Lintasan 1



Gambar 8 Kurva $t-x$ Lintasan 2

Dari Gambar 7 dan Gambar 8 dapat diketahui bahwa nilai gradien dari gelombang langsung pada shot maju dan shot balik (*forward direct* dan *reverse direct*) digunakan untuk nilai kecepatan gelombang pertama (v_1 *forward* dan v_1 *reverse*), sedangkan nilai gradien dari gelombang pantul pada shot maju dan shot balik (*forward refract* dan *reverse refract*) digunakan untuk nilai kecepatan gelombang kedua (v_2 *forward* dan v_2 *reverse*). Adapun hasil perhitungan nilai kecepatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2 Hasil perhitungan kecepatan pada Lintasan 1

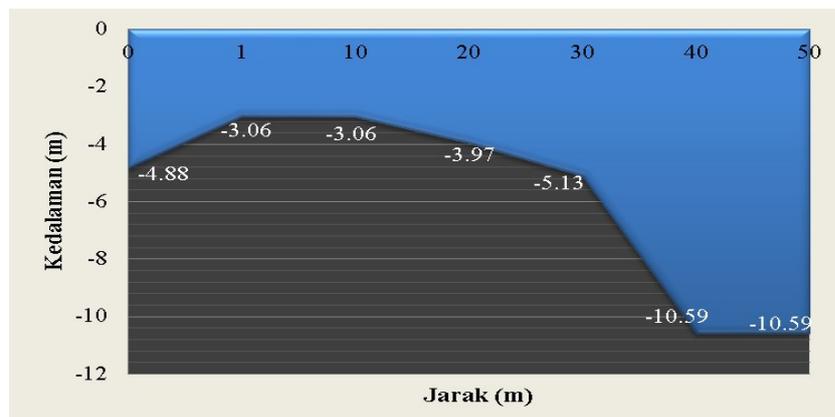
v_1 Forward (m/s)	v_1 Reverse (m/s)	v_1 Avg (m/s)	v_2 Forward (m/s)	v_2 Reverse (m/s)	v_2 Avg (m/s)	Slope i	cos i
1928	1712	1820	1094	1492	1293	0.99	0.99

Tabel 3 Hasil perhitungan kecepatan pada Lintasan 2

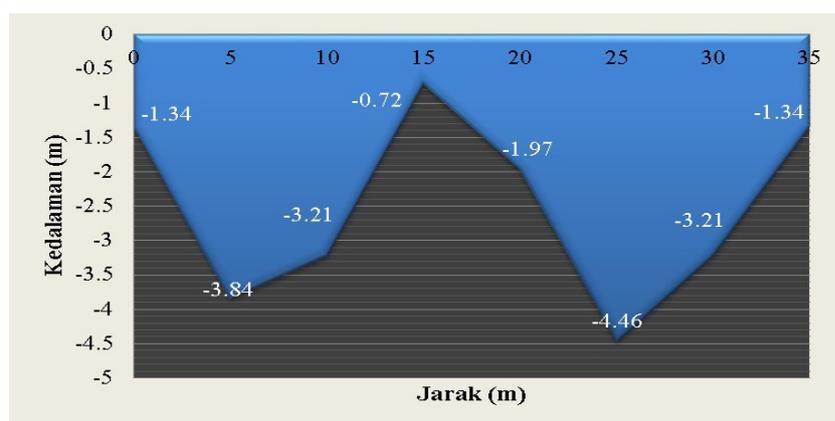
v_1 Forward (m/s)	v_1 Reverse (m/s)	v_1 Avg (m/s)	v_2 Forward (m/s)	v_2 Reverse (m/s)	v_2 Avg (m/s)	Slope i	cos i
1041	1453	1247	1315	961	1138	0.44	0.99

Dari Tabel 2 diketahui nilai v_1 forward 1928 m/s, v_1 reverse 1712 m/s dan v_1 average sebesar 1820 m/s. Nilai v_2 forward 1094 m/s, v_2 reverse 1492 m/s dan nilai v_2 average sebesar 1293 m/s. Dari Tabel 3 diketahui nilai v_1 forward 1041 m/s, v_1 reverse 1453 m/s dan v_1 average sebesar 1247 m/s. Nilai v_2 forward 1315 m/s, v_2 reverse 961 m/s dan nilai v_2 average sebesar 1138 m/s. (Adapun rumus dari kecepatan gelombang setiap lapisan yaitu $1/\text{gradien}$ dari masing-masing gelombang pada kurva $t-x$). Dari Tabel 2 dan Tabel 3 diketahui bahwa kecepatan gelombang pada Lapisan 1 (v_1 average) lebih besar daripada kecepatan gelombang pada Lapisan 2 (v_2 average), hal ini dikarenakan pada Lapisan 1 struktur batuan yang dilewati gelombang masih bervariasi sedangkan struktur batuan pada Lapisan 2 lebih kompleks. Nilai kedalaman dicari dengan menggunakan Persamaan (3). Untuk model bawah permukaan Lintasan 1 dan Lintasan 2 dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.

$$h_p = \frac{v_1}{\cos i} (T_{AP} - T'_{AP}) \quad (3)$$



Gambar 9 Model bawah permukaan Lintasan 1



Gambar 10 Model bawah permukaan Lintasan 2

Gambar 9 merupakan bentuk bawah permukaan lintasan 1. Lapisan 1 diwakili oleh warna biru dan lapisan 2 diwakili warna hitam. Kedalaman yang mampu direkam pada lintasan ini sebesar 3,06 m – 10,59 m. Nilai kecepatan gelombang lintasan 1 dapat dilihat pada Tabel 2 dimana kecepatan gelombang untuk lapisan pertama (v_1) sebesar 1820 m/s yang diinterpretasikan sebagai material aluvial dan lempung, besarnya nilai kecepatan gelombang pada lapisan kedua (v_2) sebesar 1293 m/s yang diinterpretasikan sebagai lempung dan pasir. Gambar 10 merupakan bentuk bawah permukaan

lintasan 2 dimana kedalaman yang mampu direkam pada lintasan ini sebesar 0,72 – 4,46 m. Nilai kecepatan gelombang lintasan 2 dapat dilihat pada Tabel 3 dimana nilai kecepatan gelombang untuk lapisan pertama (v_1) sebesar 1247 m/s yang diinterpretasikan sebagai material aluvial dan lempung, sedangkan besarnya nilai kecepatan lapisan kedua (v_2) sebesar 1138 m/s yang diinterpretasikan sebagai material lempung dan pasir.

Berdasarkan peta geologi daerah penelitian, Kabupaten Tanah Datar ditutupi oleh beragam jenis batuan mulai dari endapan permukaan, batuan gunung, batuan sedimen, batuan malihan dan batuan intrusi. Material endapan permukaan diantaranya aluvial sungai, kwarter resen, terdiri dari lempung, pasir, kerikil, dan bongkahan-bongkahan batuan beku. Dari hasil penelitian diperoleh material pada Lintasan 1 aluvial dan lempung untuk Lapisan 1 dan untuk Lapisan 2 diperoleh material berupa lempung dan pasir. Jenis material yang diperoleh dari hasil penelitian merupakan material dari endapan permukaan Gunung Marapi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada Lintasan 1, diperoleh nilai kecepatan lapisan pertama (v_1) sebesar 1820 m/s yang diinterpretasikan sebagai material aluvial dan lempung, besarnya nilai kecepatan lapisan kedua (v_2) sebesar 1293 m/s yang diinterpretasikan sebagai material lempung dan pasir. Kedalaman yang mampu direkam sebesar 3,06 – 10,59 m. Pada Lintasan 2, besarnya nilai kecepatan lapisan pertama (v_1) sebesar 1247 m/s yang diinterpretasikan sebagai material aluvial dan lempung, sedangkan besarnya nilai kecepatan lapisan kedua (v_2) sebesar 1138 m/s yang diinterpretasikan sebagai material lempung dan pasir. Kedalaman yang mampu direkam pada lintasan ini sebesar 0,72 – 4,46 m.

Berdasarkan peta geologi daerah penelitian, . Jenis material yang diperoleh dari hasil penelitian merupakan material dari endapan permukaan Gunung Marapi

DAFTAR PUSTAKA

- Febrianti, T. (2020), "Identifikasi struktur bawah permukaan tanah di daerah kaki Gunung Manglayang dengan menggunakan metode Seismik Refraksi", UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- Hidayat, H., Putra, A. and Pujiastuti, D. (2021), "Identifikasi Sebaran Anomali Magnetik pada Daerah Prospek Panas Bumi Nagari Aie Angek, Kabupaten Tanah Datar", *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 10 No. 1, pp. 48–54.
- Hudha, S.N., Harmoko, U., Widada, S., Yusuf, D.H., Yulianto, G. and Sahid, S. (2014), "Penentuan Struktur Bawah Permukaan dengan Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Lapangan Panas Bumi Diwak dan Derekan, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang", *Youngster Physics Journal*, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Vol. 3 No. 3, pp. 263–268.
- Julius, A.M., Taruna, R.M., Putra, S.Y.S., Arta, P.K.G., Negara, B.F.A.R., Yullatifah, A., Nopianti, E., et al. (2020), "Pengukuran Kecepatan Gelombang Seismik Menggunakan Metode Refraksi Pada Lapisan Tanah Dangkal", *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu Dan Pendidikan Geografi*, Vol. 4 No. 1, pp. 22–31.
- Laksono, N.D. (2013), "Interpretasi Data Seismik Refraksi Untuk Memvisualisasikan Struktur Bawah Permukaan Benteng Kuta Lubok Desa Lamreh Kecamatan Masjid Raya Kabupaten Aceh Besar", *ETD Unsyiah*.
- Muhlisah, N., Magfirah, R.A., Mutiah, I.N. and Pratama, A. (2020), "Analisis Litologi Bawah Permukaan Teluk Liukang Menggunakan Metode Seismik Refraksi", *Dewantara Journal of Technology*, Vol. 1 No. 1, pp. 34–37.
- Uniek Kartika, A. (2007), "Penentuan Struktur Bawah Permukaan dengan Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Desa Pleret, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul". Universitas Diponegoro Repository.
- Wahyuningrum, S., Yulianto, G. and Nurwidyanto, M.I. (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, pp. 177–184.