

Analisis Kecepatan Gelombang Primer dan Sekunder Pada Batuan Gunung Api di Bagian Utara Gunung Kerinci (Kabupaten Solok Selatan)

Nofriza Hastuti*, Ardian Putra

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: 15 Desember 2021

Direvisi: 22 Desember 2021

Diterima: 15 Januari 2022

Kata kunci:

Andesit

Basalt

Panas Bumi

Sonic Wave Analyzer

Keywords:

Andesite

Basalt

Geothermal

Sonic Wave Analyzer

Penulis Korespondensi:

Nofriza Hastuti

Email: nofrizahastuti@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengukuran kecepatan gelombang primer dan sekunder pada sampel batuan gunung api di sekitar daerah Kabupaten Solok Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kecepatan gelombang primer dan sekunder dari sampel batuan. Daerah penelitian dibagi menjadi dua zona yakni daerah yang dekat dengan manifestasi panas bumi dan daerah yang cukup jauh dari manifestasi panas bumi. Sampel batuan yang diambil adalah batuan yang berada di permukaan yang berada di 12 titik di daerah Solok Selatan dengan masing-masing titik diambil sebanyak 3 buah sampel batuan. Sebelum dilakukan pengukuran kecepatan gelombang primer dan sekunder, batuan dipotong terlebih dahulu dengan menggunakan alat gerinda batu. Pengukuran kecepatan gelombang primer dan sekunder dilakukan dengan menggunakan alat sonic wave analyzer (SOWAN). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa batuan yang diambil di daerah Kabupaten Solok Selatan merupakan batuan beku andesit dan basalt. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa batuan yang memiliki kecepatan gelombang primer dan sekunder yang paling besar merupakan batuan yang berada cukup jauh dari daerah manifestasi panas bumi sementara itu batuan di daerah yang dekat manifestasi panas bumi memiliki kecepatan gelombang primer dan sekunder yang lebih kecil.

Research has been carried out on measuring the velocity of primary and secondary waves on volcanic rock samples around the area of South Solok Regency. This study aims to measure the velocity of primary and secondary waves from rock samples. The research area is divided into two zones, namely areas close to geothermal manifestations and areas far enough from geothermal manifestations. Rock samples taken are rocks that are on the surface at 12 points in the South Solok area with 3 rock samples taken from each point. Before measuring the velocity of the primary and secondary waves, the rock is first cut using a stone grinder. The primary and secondary wave velocity measurements were carried out using a sonic wave analyzer (SOWAN). The measurement results show that the rocks taken in the area of South Solok Regency are andesite and basalt igneous rocks. The measurement results show that rocks that have the highest primary and secondary wave velocities are rocks that are quite far from the geothermal manifestation area, while rocks in the area near geothermal manifestations have smaller primary and secondary wave velocities.

Copyright © 2021 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Posisi geologi Indonesia yang berada pada pertemuan tiga lempeng aktif menyebabkan terbentuknya gunung api aktif di beberapa wilayah di Indonesia. Aktivitas letusan gunung api di Indonesia disebabkan terdapatnya sabuk vulkanik yang membentang di sepanjang Pulau Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, Maluku dan Sulawesi. Aktivitas gunung api mengakibatkan keluarnya isi dari dalam perut bumi ke permukaan dalam bentuk fragmental yang langsung berasal dari magma berupa material piroklastika (Schmid, 1981). Daerah yang memiliki aktivitas vulkanik mempunyai potensi sumber daya alam berupa bahan galian logam dan non-logam seperti bahan tambang emas, bijih besi, batu bara dan jenis batuan lainnya. Potensi sumber daya alam tersebut salah satunya berada di Provinsi Sumatera Barat tepatnya di Kabupaten Solok Selatan (Rieshapsari *et al.*, 2020).

Kabupaten Solok Selatan berada pada sistem Patahan Semangko yang terbentuk akibat adanya tumbukan antara Lempeng Eurasia dan Indo-Australia. Sesar Semangko maupun sesar-sesar ikutan lainnya diperkirakan menjadi pengontrol jalannya larutan metasomatik dan hidrotermal yang menjadi pembentuk mineralisasi logam dasar di Kabupaten Solok Selatan. Gunung berapi aktif yang mempengaruhi tatanan geologi Kabupaten Solok Selatan adalah Gunung Kerinci di Kabupaten Kerinci. Batuan yang tersebar di Kabupaten Solok Selatan berupa batuan gunung api berumur kuarter seperti lava, tuf, breksi, obsidian asam dan andesit yang berasal dari Gunung Kerinci dan Gunung Tujuh (Kementrian ESDM, 2017).

Setiap batuan memiliki sifat fisis yang beragam, salah satunya adalah kecepatan gelombang mekanik yang merambat pada batuan. Kecepatan gelombang mekanik menyatakan sifat khas dari suatu batuan. (Sutopo, 2007) menyatakan bahwa batuan yang memiliki kecepatan gelombang yang besar memiliki tingkat kekerasan yang tinggi dan tidak mudah pecah. Batuan yang tersusun atas mineral yang beragam akan sulit dilewati oleh gelombang. Batuan memiliki kecepatan gelombang yang beragam disebabkan karena batuan tersusun atas jenis mineral yang berbeda baik batuan sedimen, metamorf maupun batuan beku. Batuan beku umumnya sedikit berpori dan bersifat keras disebabkan karena batuan mineral penyusun batuan serta lingkungan tempat terbentuknya batuan. Ciri fisik batuan beku yang sedikit berpori dan memiliki tekstur yang keras menyebabkan batuan ini memiliki kecepatan gelombang yang lebih besar dibandingkan batuan sedimen. Hal ini disebabkan karena kecepatan gelombang mekanik pada batuan ditentukan oleh frekuensi sumber, karakterisasi bahan, dan keadaan lingkungan.

Analisis kecepatan gelombang primer dan sekunder pada sampel batuan gunung api sekitar daerah vulkanik aktif penting dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat fisis dari batuan berdasarkan kecepatan gelombang primer dan sekunder yang merambat pada batuan. Penelitian tentang analisis kecepatan gelombang P pada batuan telah dilakukan oleh (Puspitasari, 2012). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan gelombang mekanik dari batuan sedimen berupa batuan lempung, palimanan dan konglomerat. Kecepatan gelombang mekanik batuan dilakukan dengan menggunakan alat *Science Workshop 750 interface*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kecepatan gelombang mekanik P pada batuan palimanan yaitu antara 2045,93-2207,53 m/s, batuan lempung 1812,62-1952,34 m/s, dan batuan konglomerat 419,11-429,06 m/s. Hasil penelitian menunjukkan batuan bahwa batuan palimanan memiliki kecepatan gelombang yang lebih besar dibandingkan batuan lempung dan konglomerat karena batuan palimanan memiliki struktur yang cukup padat dan bertekstur keras.

(Putri, Putra and Abdurrachman, 2018) melakukan penelitian tentang analisis petrografi terhadap batuan beku dan sinter silika. Penelitian ini dilakukan dengan metode petrografi sayatan tipis. Analisis dilakukan menggunakan mikroskop polarisasi dan *X-Ray Diffraction (XRD)*. Batuan diambil pada empat titik di kecamatan Alam Pauh Duo kabupaten Solok Selatan. Hasil analisis menunjukkan bahwa batuan pada Kecamatan Alam Pauh Duo didominasi oleh batuan beku basalt. Batuan beku basalt ini disusun oleh mineral primer dan sekunder. Mineral primer berupa plagioklas, piroksen dan hornblen. Mineral sekunder berupa klorit, kalsit, dan kuarsa. Mineral sekunder mengindikasikan bahwa temperatur reservoir panas bumi di Kecamatan Alam Pauh Duo berkisar antara 1200-3200 °C. Untuk mempelajari lebih lanjut kondisi geologi daerah di Kabupaten Solok Selatan sebagai lanjutan penelitian (Putri, Putra and Abdurrachman, 2018) maka akan dilakukan penelitian tentang analisis kecepatan gelombang P dan S dari batuan Gunung Api yang dilakukan dengan mengambil sampel batuan pada dua belas titik di sekitar daerah panas bumi Kabupaten Solok Selatan. Pengukuran

kecepatan gelombang P dan S pada sampel batuan gunung api dilakukan dengan menggunakan alat *sonic wave analyzer* (SOWAN).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dari batuan berdasarkan kecepatan gelombang primer dan sekunder yang merambat pada sampel batuan gunung api di daerah Kabupaten Solok Selatan. Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi tentang jenis batuan dan mengetahui hubungan sifat fisis dari batuan dengan kecepatan gelombang primer dan sekunder yang merambat pada sampel batuan Gunung Api di daerah Kabupaten Solok Selatan.

II. METODE

2.1 Pengambilan Sampel

Sampel batuan yang diambil adalah batuan Gunung Api. Batuan Gunung Api diambil pada 12 titik daerah di Kabupaten Solok Selatan yakni daerah Muaralabuh, Pakan Salasa, Alahan Badil, Nagari Pauh Duo, Alam Pauh Duo, Pemandian Anugrah Alam Pauh Duo, Pinang Awan, Pemandian Air Panas, Hot Waterboom, Pekonina, PT Supreme Energy dan Liki. Pada masing-masing titik akan diambil 3 buah sampel batuan sehingga total semua sampel batuan yang diambil berjumlah 36 sampel batuan. Batuan yang diambil berupa batuan Gunung Api yang muncul di atas permukaan.

2.2 Persiapan Sampel

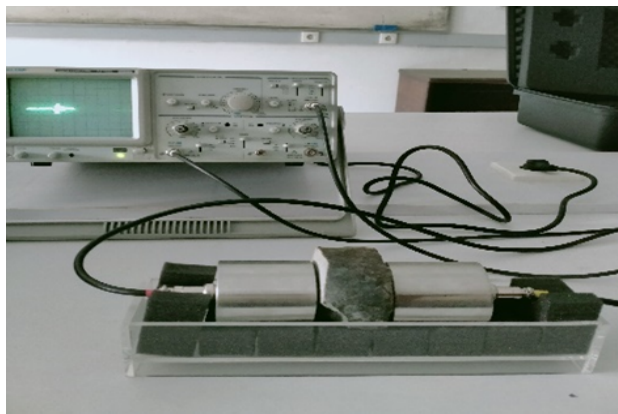
Sampel batuan yang akan diukur kecepatan gelombang primer dan sekundernya menggunakan alat SOWAN disiapkan dengan memotong sampel batuan menggunakan alat gerinda batu pada kedua permukaan batuan. Panjang dari sampel batuan diukur menggunakan penggaris. Batuan yang telah dipotong selanjutnya diletakkan di antara *transmit* sensor dan *receiver* sensor. Bentuk sampel batuan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Bentuk Sampel Batuan

2.3 Pengukuran Kecepatan Gelombang Primer dan Sekunder

Pada tahapan ini sampel batuan akan diukur kecepatan gelombang primer dan sekundernya menggunakan alat SOWAN. Rangkaian alat dan posisi sampel pada saat pengukuran dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Susunan Alat dan Posisi Sampel Batuan

Pada alat dapat dihitung waktu tempuh gelombang melalui sinyal yang tampil pada layar osiloskop sehingga dapat digunakan untuk menentukan kecepatan gelombang primer dan sekunder pada sampel batuan. Untuk mengukur kecepatan gelombang primer dan sekunder, sampel batuan yang sudah disiapkan diletakkan diantara *transmit* sensor dan *receiver* sensor. Untuk pengukuran kecepatan gelombang primer transmit mode diatur pada axis z dan untuk mengukur kecepatan gelombang sekunder transmit mode diatur pada axis x dan y pada alat SOWAN. Waktu rambat masing-masing gelombang dihitung dari hasil kali antara time/div dengan jumlah kotak vertikal dari gelombang yang ditampilkan pada osiloskop. Kecepatan gelombang primer dan sekunder dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1).

$$v = \frac{x}{t} \quad (1)$$

Dengan v adalah kecepatan gelombang pada batuan, x adalah panjang sampel batuan dan t adalah waktu tempuh gelombang.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Kecepatan Gelombang Primer dan Sekunder

Hasil pengukuran nilai Kecepatan gelombang primer dan sekunder pada sampel batuan untuk 12 titik daerah di sekitar Solok Selatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data kecepatan gelombang primer dan sekunder batuan

Nama Sampel Batuan	v_p (m/s)	v_s (m/s)
Pakan Salasa	6.265,74	3.470,01
Muaralabuh	6.069,26	2.915,04
Pemandian Anugrah	4.067,46	2.605,44
Alam Pauh Duo	5.986,11	2.528,87
Alahan Badil	5.225,53	3.446,87
Nagari Pauh Duo	5.920,63	2.627,56
Hot Waterboom	5.055,56	2.496,49
Liki	6.097,64	3.131,46
Pekonina	5.319,53	3.415,97
Pemandian Air Panas	5.728,17	2.530,90
Pinang Awan	5.796,43	3.942,37
PT Suprem Energy	5.690,48	2.446,03

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa kecepatan gelombang primer dan sekunder pada 12 data tidak jauh berbeda, ini disebabkan beberapa batuan pada umumnya memiliki kecepatan gelombang yang sama yang membedakannya adalah litologi dari batuan berupa struktur, komposisi serta tekstur dari batuan. Sampel batuan yang diambil memiliki ciri-ciri berwarna abu-abu terang dan gelap serta bertekstur keras. Batuan yang memiliki tekstur keras memiliki kecepatan gelombang yang lebih besar dan batuan yang tersusun atas mineral yang beragam memiliki kecepatan gelombang yang lebih kecil. Kecepatan rambat gelombang mekanik pada suatu medium padat ditentukan oleh frekuensi sumber, karakterisasi bahan, dan keadaan lingkungan (Sutopo, 2007).

Berdasarkan Tabel 1 untuk nilai literatur kecepatan gelombang primer sekunder pada batuan beku, jenis batuan yang diambil pada 12 titik di sekitar daerah Kabupaten Solok Selatan merupakan batuan beku basalt dan andesit. Jenis batuan yang ditemukan berdasarkan literatur kecepatan gelombang primer dan sekunder pada batuan beku sesuai dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya tentang batuan di sekitar daerah panas bumi di Solok Selatan oleh (Putri, Putra and Abdurrachman, 2018), bahwa di daerah panas bumi Solok Selatan terdapat keberadaan batuan beku basalt dan menurut penelitian (Yuliandini and Putera, 2013), daerah di sekitar manifestasi panas bumi di Solok Selatan tersusun atas batuan beku andesit.

Batuan beku vulkanik andesit dan basalt yang ditemukan di daerah penelitian merupakan batuan beku ekstrusi yang terbentuk dari lava yang mendingin di atas permukaan bumi. Butiran mineral batuan andesit sangat kecil dan beberapa mengandung sejumlah glass, sementara itu batuan basalt mempunyai komposisi mineral yang beragam seperti piroksin, amfibol, plagioklas dan gelas

vulkanik (Noor, 2014). Batuan beku basalt didominasi oleh mineral plagioklas dan piroksen, sehingga batuan ini masuk ke dalam batuan beku basa. Pembentukan batuan beku andesit berasal dari magma yang mendingin dan mengkristal di atas permukaan bumi dan memiliki butir halus. Batuan andesit dapat ditemukan di sekitar daerah rangkaian gunung api yang dikontrol oleh sesar. Magma andesit keluar di daerah-daerah di atas zona subduksi dan dapat dikatakan bahwa zona subduksi merupakan sumber utama magma andesitik (Spera, 2000). Sementara itu batuan beku basalt biasanya ditemukan di zona batas antar lempeng. Saat batuan beku membeku pada temperatur dan tekanan tinggi di bawah permukaan dengan waktu yang relatif lama, maka mineral-mineral penyusunnya memiliki waktu untuk membentuk sistem kristal tertentu dengan ukuran mineral relatif besar. Pada kondisi pembekuan dalam temperatur dan tekanan rendah mineral-mineral penyusun batuan beku tidak sempat membentuk sistem Kristal tertentu sehingga terbentuklah gelas yang tidak memiliki sistem kristal sehingga mineral yang terbentuk pada batuan beku ekstrusi berukuran relatif kecil dan bertekstur halus. Mineral yang menyusun batuan dapat mempengaruhi kecepatan gelombang yang merambat pada sampel batuan. Batuan yang memiliki mineral penyusun yang beragam memiliki kecepatan gelombang yang lebih kecil dibandingkan batuan yang hanya tersusun atas satu atau dua jenis mineral saja (Nurwidianto, Noviyanti and Widodo, 2005).

Batuan beku andesit tersusun atas beberapa jenis mineral seperti kuarsa, biotit, feldspar, piroksen dan hornblende. Batuan andesit memiliki pori sangat kecil dan berstekstur halus. Kecepatan gelombang primer dan sekunder yang merambat pada batuan ini berkisar dari 3.970-6.130 m/s dan 2.440-3.690 m/s. Batuan andesit memiliki struktur yang cukup keras dan sangat rapat menyebabkan kecepatan gelombang yang merambat pada batuan ini cukup besar. Struktur keras pada batuan andesit disebabkan batuan ini tersusun atas mineral kuarsa dan feldspar. Sementara itu, untuk batuan beku basalt memiliki kecepatan primer dan sekunder pada literatur sebesar 4.670-6.150 m/s dan 2.610-10 m/s yang mana kecepatannya lebih besar dibandingkan batuan beku andesit, hal ini disebabkan karena batuan beku basalt sebagian besar tersusun atas mineral yang bersifat keras seperti kuarsa dan feldspar yang jumlahnya berkisar dari 30-60% yang menjadi mineral penyusun batuan basalt. Nilai kecepatan gelombang pada 12 titik daerah pengambilan sampel batuan sesuai dengan nilai literatur kecepatan gelombang primer dan sekunder pada batuan beku.

Sampel batuan yang diambil pada zona yang dekat dengan manifestasi panas bumi berupa sampel batuan yang diambil di daerah Liki, PT Suprem Energy, Pekonina, Pinang Awan, Hot Waterboom, dan Pemandian Air Panas, batuan yang diambil memiliki ciri-ciri bagian luar batuan berwarna abu-abu terang dan gelap serta terdapat batuan yang berpori, ini mempengaruhi nilai kecepatan rambat gelombang pada batuan tersebut dimana jenis matriks dan porositas batuan mempengaruhi nilai kecepatan gelombang dari batuan (Irfan, 2006). Pengaruh porositas terhadap kecepatan gelombang pada sampel batuan adalah sifat fisika batuan efektif pada tekanan yang rendah dengan porositas yang retakannya sangat kecil. Batuan yang memiliki banyak pori, retakan atau patahan memiliki kecepatan gelombang yang lebih kecil dibandingkan batuan yang sama pada keadaan yang tidak terganggu. Ini berarti semakin besar porositas maka kecepatan gelombang akan semakin kecil. Pada penelitian tidak semua jenis batuan yang ditemukan disebabkan karena daerah penelitian sebagian besar didominasi oleh formasi batuan gunung api serta ini juga disebabkan karena titik pengambilan sampel yang berbeda, batuan yang diambil pada penelitian berada di daratan rendah, perkebunan serta berada di sekitaran sungai.

Berdasarkan hasil pengukuran kecepatan gelombang primer dan sekunder yang dihasilkan pada sampel batuan yang diambil di sekitar daerah manifestasi panas bumi didapatkan kecepatan gelombang primer dan sekunder yang lebih kecil dibandingkan dengan sampel batuan yang diambil pada daerah yang cukup jauh dari manifestasi panas bumi. Nilai kecepatan gelombang primer dan sekunder lebih kecil pada daerah ini disebabkan karena batuan di daerah sekitar manifestasi berada di daerah yang cukup tinggi seperti di perbukitan dan daerah perkebunan sehingga batuan yang ditemukan tidak dalam kondisi yang segar dan batuan yang ditemukan sudah ada yang lapuk dan memiliki pori ini disebabkan karena batuan tersebut sudah terkena pengaruh suhu dan kelembapan daerah sekitarnya dan terkena pemanasan oleh cahaya matahari serta faktor lingkungan lainnya yang menyebabkan perbedaan batuan di daerah penelitian. Nilai kecepatan perambatan gelombang untuk berbagai sampel batuan sangat dipengaruhi oleh perbedaan komposisi dari batuan, efek pori atau porositas, celah, temperatur serta tekanan.

Pada sampel batuan yang diambil di daerah Alahan Badil, Alam Pauh Duo, Pemandian Anugrah Alam Pauh Duo, Nagari Pauh Duo, Pakan Salasa dan Muaralabuh, batuan yang ditemukan bervariasi serta warna batuan gelap dan terang. Secara umum, pada penelitian perbedaan karakteristik batuan pada dua zona daerah ini terdapat pada perubahan fisik yang dialami oleh batuan seperti perubahan warna dan tekstur dari batuan tersebut. Jenis batuan yang ditemukan pada daerah ini berdasarkan kecepatan gelombang primer dan sekunder yang dihasilkan pada sampel batuan yang diambil di daerah yang cukup jauh dari daerah manifestasi sama dengan jenis batuan yang diambil di daerah dekat manifestasi yaitu batuan beku basalt dan andesit. Nilai kecepatan gelombang primer dan sekunder yang didapatkan pada sampel batuan di daerah ini lebih besar dibandingkan kecepatan gelombang primer dan sekunder pada sampel batuan di daerah yang dekat dengan manifestasi panas bumi. Hal ini disebabkan karena batuan di daerah ini dalam kondisi masih segar dan bersifat keras serta hanya sedikit berpori. Sampel batuan yang diambil pada daerah ini berada di sekitaran sungai dan di daratan rendah sehingga batuan masih dalam kondisi segar.

Batuan yang memiliki kecepatan gelombang primer dan sekunder paling besar terdapat pada sampel batuan yang diambil di daerah Pakan Salasa, yang mana daerah ini termasuk pada daerah yang cukup jauh dari manifestasi panas bumi. Nilai kecepatan gelombang primer dan sekunder yang didapatkan pada sampel batuan di daerah Pakan Salasa adalah 6.265,74 m/s dan 3.470,014 m/s. Daerah yang memiliki kecepatan gelombang primer dan sekunder yang paling besar memiliki kerapatan batuan dan kekerasan batuan yang tinggi karena lingkungan di sekitar batuan ini tidak terlalu lembap dan batuan yang diambil berada di sekitaran sungai. Berdasarkan karakteristik batuan berupa porositas, mineral penyusun batuan, kerapatan batuan serta kondisi lingkungan tempat pengambilan batuan tersebut dapat dilihat bagaimana pengaruh karakteristik batuan terhadap kecepatan gelombang primer dan sekunder yang merambat pada sampel batuan beku.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran kecepatan gelombang primer dan sekunder pada sampel batuan dapat disimpulkan bahwa batuan yang memiliki kecepatan gelombang primer dan sekunder yang paling besar merupakan batuan yang berada cukup jauh dari daerah manifestasi panas bumi sementara batuan di daerah yang dekat manifestasi panas bumi memiliki kecepatan gelombang primer dan sekunder yang lebih kecil. Hasil pengukuran kecepatan gelombang primer dan sekunder menunjukkan bahwa batuan yang ditemukan di daerah panas bumi Solok Selatan merupakan batuan beku andesit dan basalt serta batuan yang ditemukan di daerah penelitian memiliki jenis yang sama, perbedaannya terdapat pada ciri fisik dan kondisi lingkungan tempat pengambilan sampel batuan.

DAFTAR PUSTAKA

- ESDM, K. (no date) *Potensi Energi Panas Bumi Indonesia*. Pertama. Jakarta: Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Irfan, M. (2006) 'Kajian Teoritis Untuk Mencari Hubungan Antara Konduktivitas Panas Dengan Kecepatan Gelombang Elastik Pada Batuan', *Jurnal Penelitian Sains*, pp. 35–41.
- Noor, J. (2014) *Pengantar Geologi*. Sleman: CV Budi Utama.
- Nurwidiyanto, M. I. ., Noviyanti and Widodo (2005) 'Estimasi Hubungan Porositas dan Permeabilitas Pada Batu Pasir', *Jurnal Fisika*, 4.
- Puspitasari, L. (2012) 'Analisis Kecepatan Gelombang Mekanik Kompresi P (Vp) Pada Batuan Sedimen Dengan Memanfaatkan Science Workshop 750 Interface', *Unnes Physics Journal*, 1(1), pp. 1–4.
- Putri, S. A., Putra, A. and Abdurrachman, M. (2018) 'Studi Petrografi Batuan Beku dan Sinter Silika di Kecamatan Alam Pauh Duo, Kabupaten Solok Selatan', *Jurnal Fisika Unand*, 7(4), pp. 320–327. doi: 10.25077/jfu.7.4.320-327.2018.
- Rieshapsari, A. M. *et al.* (2020) 'Potensi Sumber Daya Mineral Logam dan Non Logam Di Provinsi Sumatera Barat', *Jurnal Georafflesia*, 5(1), pp. 87–95. Available at: <https://journals.unihaz.ac.id/index.php/georafflesia/article/view/1282>.

- Schmid, R. (1981) 'Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments - Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks', *Geologische Rundschau*, 70(2), pp. 794–799. doi: 10.1007/BF01822152.
- Spera, J. . (2000) Physical Properties of Magma, *Encyclopedia of Volcanoes*. University of California.
- Sutopo, S. (2007) 'Studi Faktor Kualitas (Q-Factor) Gelombang Kompresi (P-Wave) pada Batuan Sedimen Dangkal', *Jurnal Penelitian Sains*.
- Yuliandini, A. and Putera, A. (2013) 'Pengaruh Formasi Batuan Terhadap Karakteristik Hidrokimia Lima Sumbermata Air Panas Di Daerah Sapan, Pinang Awan, Kecamatan Alampauah Duo, Kabupaten Solok Selatan', *Jurnal Fisika Unand*, 2(4), pp. 212–219. doi: 10.25077/jfu.2.4.