

## PENDETEKSI STRUKTUR TANAH DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR GEOPHONE

### SOIL STRUCTURE DETECTOR USING GEOPHONE SENSOR

Candra Adi S<sup>1</sup>, Muhammad Ary Murty<sup>2</sup>, Rizki Ardianto Priramadhi

<sup>1,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>candradi@student.telkomuniversity.ac.id, ary.murty@gmail.com,

<sup>3</sup>rizkia@telkomuniversity.ac.id

---

#### Abstrak

Geophone adalah suatu transducer yang menkonversi energi seismik atau vibrasi menjadi tegangan listrik yang dapat diukur secara akurat, hasil yang didapatkan dapat direkam dalam suatu stasiun rekaman. Secara sederhana hal tersebut terjadi dari getaran massa yang dililiti kawat dan berada di dalam medan magnet, saat terjadi getaran maka massa akan bergerak dengan kecepatan tertentu dan menghasilkan gaya gerak listrik yang dapat dibaca dengan voltmeter sederhana.

Geophone dapat digunakan untuk mendeteksi perbedaan material yang ada di bawah permukaan tanah. Hal ini dilakukan dengan melakukan getaran buatan dan menerima getaran tersebut dengan geophone, Untuk mengukur getaran yang akan ditangkap oleh geophone maka diawali dengan menyusun konfigurasi geophone yang akan diletakkan dalam satu garis lurus dengan sumber gelombang. Jarak antara geophone juga dapat diatur bergantung dengan kondisi lapangan perbedaan interval dalam penerimaan getaran terjadi karena adanya material yang berbeda dari struktur tanah yang dilewati gelombang dari sumber getaran menuju geophone.

Data yang diperoleh dari survey tersebut merupakan waktu tempuh gelombang dari sumber ke tiap geophone yang ditunjukkan dalam trace – trace gelombang Dengan begitu geophone dapat digunakan dalam bidang geo survey untuk menentukan jenis tanah yang tepat yang akan digunakan sebagai proyek sebelum proyek tersebut dilakukan.

**Kata kunci :** Geophone, Transducers, Trace gelombang

---

#### Abstract

A geophone is a transducer that converts seismic energy or vibration into an electric voltage that can be measured accurately, the results obtained can be recorded in a recording station. Simply stated, this occurs from the mass vibrations that are coiled around a wire and are in a magnetic field, when a vibration occurs, the mass will move at a certain speed and produce an electromotive force that can be read with a simple voltmeter.

Geophones can be used to detect differences in material that is below the surface of the ground. This is done by carrying out artificial vibrations and receiving these vibrations with the geophone. To measure the vibrations that will be captured by the geophone, it begins by arranging the geophone configuration to be placed in a straight line with the wave source. The distance between the geophones can also be adjusted depending on the field conditions. The difference in the interval in the reception of vibrations occurs due to the presence of material that is different from the structure of the ground which waves pass from the vibrational source to the geophones.

The data obtained from the survey is the wave travel time from the source to each geophone shown in the wave traces.

**Keywords:** keyword should be chosen that they best describe the contents of the paper and should be typed in lower-case, except abbreviation. Keyword should be no more than 6 word

---

#### 1. Pendahuluan

Pembangunan dan eskplorasi tanah terus dilakukan sejak dulu hingga sekarang. Sedangkan bumi memiliki beberapa jenis tanah serta mengandung material yang berbeda di dalamnya. Mengetahui jenis tanah serta material di dalamnya sangat diperlukan sebelum melakukan suatu

eksplorasi dan pembangunan. Terdapat ilmu yang mempelajari tentang jenis tanah di suatu daerah akan tetapi cukup sulit untuk mengetahui material apa yang terdapat di dalamnya.

Setiap benda memiliki kerapatan yang berbeda, kerapatan adalah suatu karakteristik dari setiap benda. Dengan memanfaatkan perbedaan kerapatan suatu benda maka kita dapat membedakan benda yang satu dengan benda yang lainnya. Gelombang mekanik membutuhkan medium untuk merambat, dan dikarenakan perbedaan kerapatan dari setiap benda maka akan menghasilkan efek balik yang berbeda.

Karena melalui medium tanah maka gelombang getaran tanah atau gempa lebih mudah dilakukan. Jika dibuat suatu getaran dari sumber maka perbedaan densitas atau kerapatan akan mempengaruhi kecepatan rambat dari gelombang tersebut. Semakin rapat suatu benda maka kemampuannya untuk menghantarkan gelombang yang melaluinya lebih cepat dibandingkan benda yang memiliki densitas yang lebih renggang. Dalam hal ini digunakan sensor geophone yang dapat mendeteksi getaran dan merubahnya ke dalam bentuk tagangan. Sensor geophone digunakan untuk mengukur cepat rambat suatu gelombang dengan mencari lama waktu tempuh yang dibutuhkan gelombang dari sumber ke sensor geophone.

Dalam topik tugas akhir ini, penulis membuat sistem pendeteksi struktur tanah menggunakan sensor geophone.

## 2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

### 2.1. Geophone

Geophone adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah getaran menjadi sinyal listrik yang dapat direkam di sebuah stasiun rekaman. Geophone merupakan sensor yang banyak digunakan untuk diaplikasikan di pertambangan, karena geophone memiliki harga yang relative lebih murah, bandwidth yang dimiliki cukup besar dan juga ketahanannya yang baik. Geophone terdiri dari dua komponen utama, yaitu Magnet permanen yang akan diletakkan pada permukaan bumi untuk mengikuti getaran dari permukaan bumi, dan berikutnya adalah lilitan kawat yang akan bergerak saat terjadinya gelombang seismic.

Prinsip kerja dari geophone adalah adanya gelombang seismic dan getaran yang menyebabkan pegas di dalam geophone berosilasi. Osilasi dari pegas tersebut menyebabkan fluks terjadi karena lilitan yang berubah posisi terhadap magnet ataupun sebaliknya. Dan karena adanya fluks maka muncul GGL induksi, yang dapat divisualisasikan dengan bentuk sinyal sinusoidal.

Tegangan yang dihasilkan oleh Geophone sebanding dengan[4]

1. Kuatnya medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen
2. Jumlah lilitan kawat
3. Diameter kumparan
4. Kecepatan gerak kumparan terhadap magnet

### 2.2. Gelombang

Gelombang terdiri dari gangguan pada medium yang membawa energi dan menyebar. Namun, materi yang dilewati gelombang pada umumnya tidak bergerak bersama dengan gerak gelombang. Pergerakan material umumnya terbatas pada gerakan kecil, yang disebut gerak partikel, pada medium ketika gelombang merambat. Setelah gelombang berlalu, materi biasanya terlihat seperti sebelum gelombang datang, dan, berada di lokasi yang sama seperti sebelum gelombang datang.

### 2.3. Analog to Digital Converter

ADC (*Analog To Digital Converter*) adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog (sinyal kontinyu) menjadi sinyal digital. Perangkat ADC (*Analog To Digital Conversion*) dapat berbentuk suatu modul atau rangkaian elektronika maupun suatu chip IC. ADC (*Analog To Digital Converter*) berfungsi untuk menjembatani pemrosesan sinyal analog oleh sistem digital.

## 2.4. Klasifikasi Cepat Rambat pada Medium

Tabel I. Data kecepatan gelombang primer pada beberapa medium<sup>(1)</sup>

<i>Material</i>	<i>P wave velocity (m/s)</i>
<i>Air</i>	331,5
<i>Water</i>	1400-1600
<i>Topsoil</i>	100-700
<i>Peat</i>	200-800
<i>Clay</i>	500-2800
<i>Loam</i>	200-1900
<i>Loess</i>	300-1200
<i>Sand</i>	200-2000
<i>Gravel</i>	100-2000
<i>Sandstone</i>	800-4500
<i>Marlstone</i>	1300-4500
<i>Dolomite</i>	2000-6200
<i>Limestone</i>	2000-6200
<i>Magmatic Rock</i>	2400-5200
<i>Metamorphic rock</i>	3100-5800
<i>Talus Deposits</i>	600-2500
<i>Till</i>	1500-2700
<i>Permafrost</i>	2400-4300
<i>Glacial ice</i>	3100-4500

Tabel II.1 Data kecepatan gelombang primer pada beberapa medium

### 2.1

## 3. Analisis dan Pengujian

Pada bab ini akan dilakukan pengujian parameter pada sistem, parameter yang diuji adalah parameter penghantaran gelombang seismik di dalam tanah.

### 1.1. Pengujian Cepat Rambat Gelombang Dengan Medium Batu Split

#### 1. Tujuan Pengujian

Untuk mengetahui kecepatan rambatan suatu gelombang pada medium batu split. Pengujian dilakukan dengan 2 alat uji yaitu Arduino uno dan osiloskop digital, akan dibandingkan hasil pengujian dari 2 alat uji tersebut.

#### 2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan pengujian parameter ini, antara lain :

1. Palu Besar
2. Pipa PVC sepanjang 1 meter
3. Plat Besi
4. Batu Split
5. Sensor Geophone
6. Arduino Uno
7. Osiloskop Digital
8. Laptop

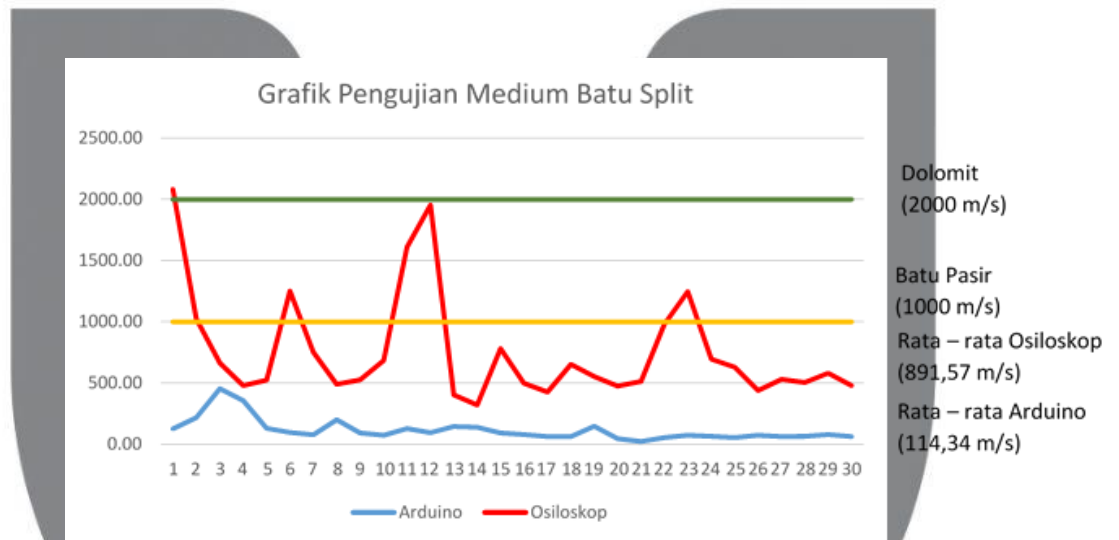
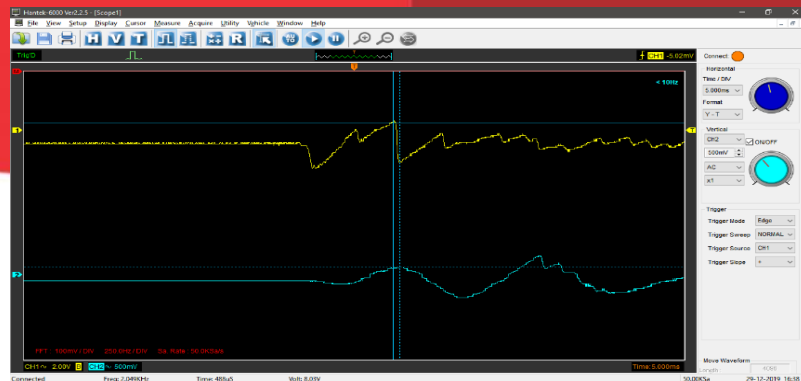
#### 3. Skenario Pengujian

Isi pipa PVC sepanjang 1 meter dengan batu split berdiameter  $\pm 4$ cm hingga penuh. Sensor geophone dikuburkan dengan posisi secara horizontal dengan arah yang sejajar di kedua ujung pipa PVC, lalu plat besi diletakkan di dekat geophone pada bagian yang dipukul. Lalu hubungkan geophone dengan osiloskop atau Arduino Uno, setelah itu buka software pada laptop sebagai monitor. Dalam pengujian ini menggunakan dua buah

geophone, geophone yang berada di sisi dipukul dijadikan trigger dan yang di sisi lain menjadi receiver. Untuk pengujian dilakukan sekali pukulan dan dilihat hasil waktu tempuh yang dibutuhkan setiap pukulan untuk merambat untuk mengukur kecepatan rambat gelombang seismik yang berasal dari trigger menuju receiver.

4. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan menggunakan aplikasi arduino dan osiloskop. Setiap waktu tempuh yang didapatkan dilihat dari peak to peak gelombang yang dihasilkan geophone, lalu hasil pengujiannya akan dibandingkan sebagai berikut :



Berdasarkan dengan teori gelombang dapat merambat melalui medium batuan split antara 2000 – 6000 m/s, Dari hasil pengujian didapatkan bahwa rata – rata kecepatan yang dihasilkan saat merambat melalui medium batu split dengan menggunakan osiloskop digital adalah 891,57 m/s atau membutuhkan waktu tempuh 1,62ms untuk merambat melalui medium batu split sepanjang 1 meter dan saat menggunakan Arduino Uno kecepatan yang terekam sebesar 114,34 m/s atau 12,66ms waktu tempuh untuk merambat, tabel data yang lebih lengkap terlampir. Dengan hasil yang tidak menyamai teori dikarenakan susunan batuan yang meliki celah sehingga menyebabkan perambatan gelombang tidak sempurna dan osiloskop memiliki hasil pengujian yang lebih mendekati pada teori dikarenakan kemampuan membaca data osiloskop digita lebih cepat dibandingkan dengan Arduino.

## 1.2. Pegujian Cepat Rambat Gelombang Dengan Medium Batu Bata

### 1. Tujuan Pengujian

Untuk mendapatkan data kecepatan rambat gelombang pada medium batu bata. Pengujian dilakukan dengan 2 alat uji yaitu arduino uno dan Osiloskop Digital. Hasil dari dua percobaan akan dibandingkan

### 2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan pengujian parameter ini, antara lain :

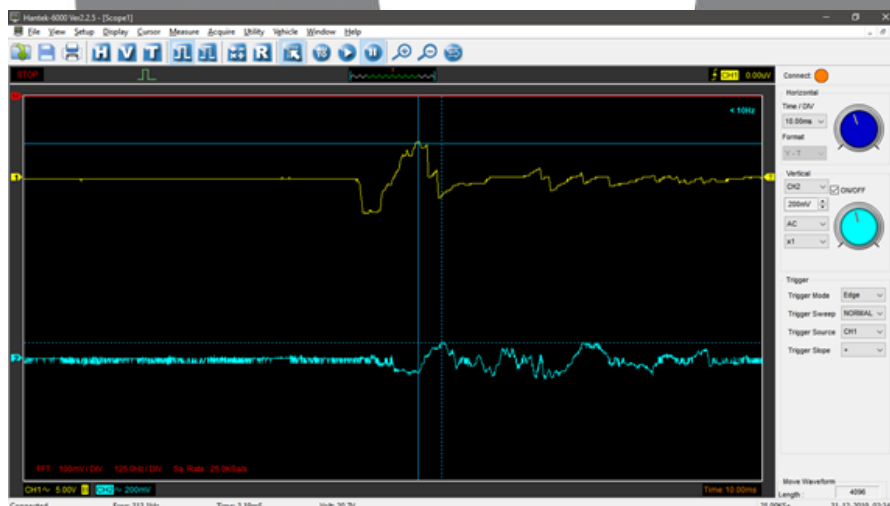
1. Palu Besar
2. Paralon sepanjang 1 meter
3. Plat Besi
4. Batu Split
5. Sensor Geophone
6. Arduino Uno
7. Osiloskop Digital
8. Laptop

### 3. Skenario Pengujian

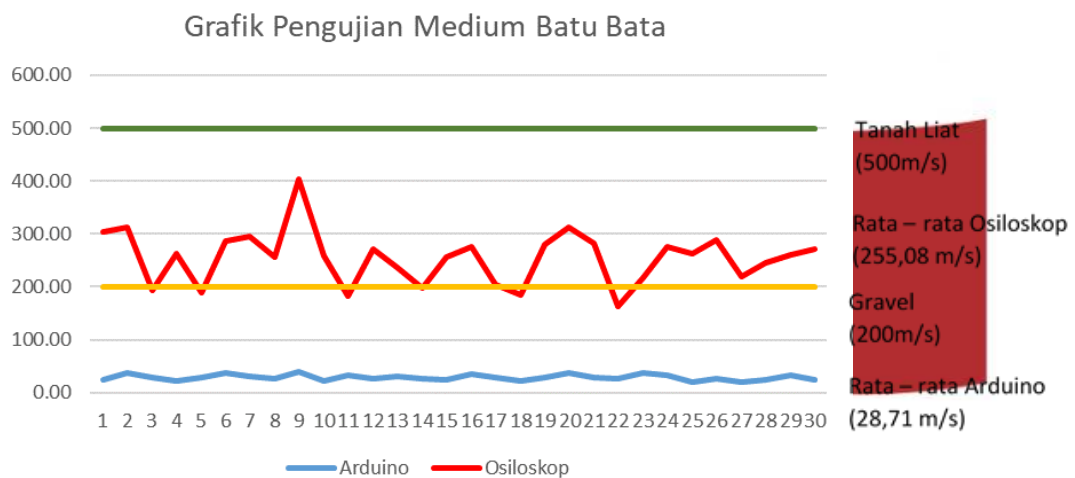
Pipa PVC diisi dengan bata yang sudah dihancurkan sebanyak 10 buah, rata – rata panjang bata yang dihancurkan dengan diameter  $\pm 4 - 6$  cm hingga penuh. Lalu dipasangkan geophone pada setiap ujung pipa PVC dan juga plat besi pada sisi yang akan dipukul. Setelah itu hubungkan geophone dengan Arduino Uno atau osiloskop digital, buka software pada laptop sebagai monitor. Dalam pengujian ini menggunakan dua buah geophone, geophone yang berada di sisi dipukul dijadikan trigger dan yang di sisi lain menjadi receiver. Pengujian ini untuk mengukur kecepatan rambat gelombang seismik yang berasal dari trigger menuju receiver.

#### Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan menggunakan aplikasi arduino dan osiloskop. Setiap waktu tempuh yang didapatkan dilihat dari peak to peak gelombang yang dihasilkan geophone, lalu hasil pengujianya akan dibandingkan sebagai berikut :



Gambar IV-8 Hasil Gelombang Rambat pada medium batu bata



Berdasarkan dengan teori gelombang dapat merambat melalui medium batu bata antara 500 – 2000 m/s, Dari hasil pengujian didapatkan kecepatan rata – rata untuk melalui medium batu bata dengan menggunakan osiloskop digital adalah 255,08 m/s atau membutuhkan waktu tempuh 4,07ms untuk merambat pada susunan batu bata sepanjang 1 meter dan menggunakan Arduino Uno sebesar 28,71m/s atau membutuhkan waktu selama 35,97ms untuk merambat, tabel data yang lebih lengkap terlampir. Hasil diperoleh tidak sama dengan teori mungkin dikarenakan susunan batu bata yang dihancurkan di dalam pipa PVC menghasilkan rongga yang menghambat perambatan gelombang, pada pengujian ini osiloskop mendapatkan hasil yang lebih mendekati teori cepat rambat gelombang dibandingkan dengan Arduino Uno.

#### 4.3. Hubungan *Velocity* dengan *Density* antar Material

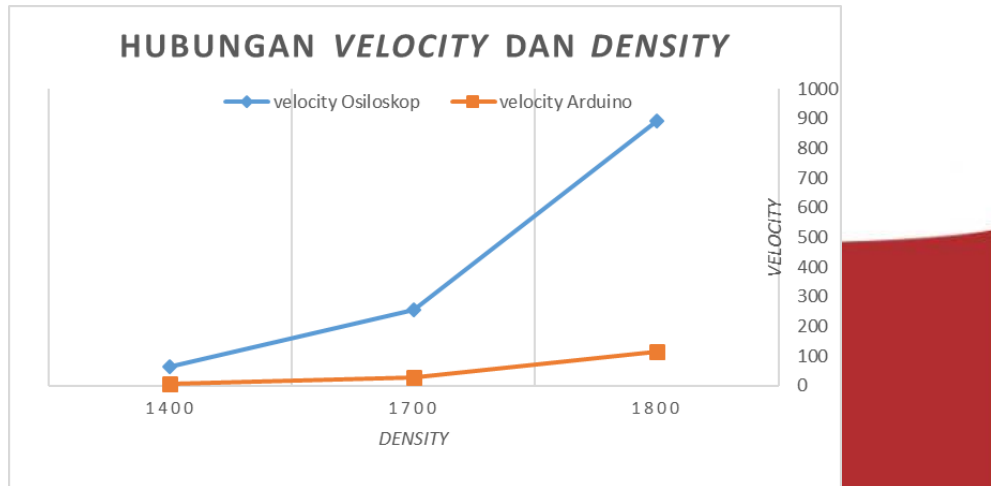
##### Tujuan

Untuk mengetahui hubungan antara *density* atau kerapatan dengan *velocity* yang didapatkan dari pengujian awal yang sudah dilakukan sebelumnya.

##### Skenario

Pertama dilakukan perhitungan *density* dengan cara seluruh medium dimasukan ke dalam pipa PVC sampai penuh, kemudian dilakukan penimbangan medium di dalam pipa. Batu split memiliki massa 17,1 kg, batu bata memiliki massa 16,1 kg, dan pasir memiliki massa 13,3 kg. Setelah itu dilakukan pengukuran volume, ketiga medium berada pada pipa PVC yang memiliki ukuran diameter 4,5inch dan tinggi 1 meter, maka volume nya adalah  $0,0095\text{m}^3$ . untuk mendapatkan *density* dengan massa dibagi dengan volume, dan hasilnya dibandingkan dengan rata-rata *velocity* pada pengujian awal.





Dari grafik pada gambar menunjukkan hubungan *velocity* dengan *density* yaitu apabila *density* semakin tinggi maka *velocity* yang dihasilkan juga akan semakin cepat

#### 4. Kesimpulan

##### 1.1. Kesimpulan

Dari hasil perancangan, realisasi, implementasi, dan pengujian hasil perancangan yang telah didapat, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sensor geophone dapat digunakan untuk membedakan karakteristik dari medium yang digunakan.
2. Medium dengan tingkat kerapatan yang lebih tinggi dapat dilalui oleh gelombang lebih cepat dibandingkan tingkat kerapatan yang lebih longgar. Seperti batu split dengan kerapatan  $1800 \text{ kg/m}^3$  yang paling tinggi pada medium yang digunakan maka kecepatan rambat gelombangnya paling cepat sedangkan pasir dengan kerapatan  $1400 \text{ kg/m}^3$  maka kecepatan rambat gelombangnya akan lebih lambat
3. Pengujian menggunakan osiloskop digital lebih mendekati hasil referensi dibandingkan dengan menggunakan Arduino Uno.
4. Sistem pendeteksi material penyusun struktur tanah dengan Arduino Uno dapat mengenali perbedaan medium dengan hasil pengujian awal dengan tingkat akurasi di atas 90%

##### 1.2. Saran

Tugas akhir ini dapat dikembangkan menjadi lebih akurat dalam mendeteksi medium yang dilalui di masa yang akan datang. Adapun saran untuk pengembangan selanjutnya adalah :

1. Penggunaan alat pengujian yang dapat merekam data lebih cepat akan sangat membantu untuk meningkatkan keakuratan pembacaan.
2. Penggunaan lebih banyak sensor geophone untuk mendapatkan hasil yang lebih valid.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hudha, Saiful. Harmoko, Udi. Widada, Sugeng. 2014. Penentuan Struktur Bawah Permukaan Dengan Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Lapangan Panas Bumi Diwak dan Derekan, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang. ISSN 2303-7371
- [2] Sismanto, 1999, Eksplorasi Dengan Menggunakan Seismik Refraksi, UGM, Yogyakarta
- [3] Risang Danisswara. Seismik Refraksi Metode T-X Intercept Time, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta
- [4] Mohamad Kurnadi, Perancangan Sistem Akuisisi Data Gelombang Seismik Berbasis Mikrokontroler H8/3069F, Universitas Indonesia, 2009
- [5] Hartyanto, E, 2004, Metode Seismik Bias dan Pantul, UGM,
- [6] Dinayaka, Identifikasi Lapisan Bawah Permukaan Menggunakan Seismik Refraksi Metode T-X Pada Daerah Kampus UPN
- [7] Nurdianto, B., Hartanto, E., Ngadmanto, D., Sunardi, B. dan Susilanto, P. (2011), "Penentuan Tingkat Kekerasan Batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi", Jurnal Meteorologi dan Geofisika, Vol.12, No.3. Diambil dari <http://202.90.199.54/jmg/index.php/jmg/article/view/03>.
- [8] Wood, Michele M. 2017. "What Is Seismology and What are Seismic Waves?". <http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/index.html>
- [9] Braile, Lawrence W. 2017. "Seismic Waves and the Slinky". <https://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinky/slinky.htm>
- [10] Priyantari, N. & Suprianto, A. 2009. Penentuan Kedalaman Bedrock Menggunakan Metode Seismik Refraksi Di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember, Jurnal Ilmu Dasar vol. 10 No.1 . Hal:6 – 12
- [11] Sismanto. 1999. Eksplorasi dengan Menggunakan Seismik Refraksi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [12] Supriyanto. 2015. ADC (Analog to Digital Converter). <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/adc-analog-to-digital-converter/>