

## Penentuan Ketebalan Lapisan Batuan Lapuk Dengan Menggunakan Metode Seismik Refraksi

Arif Rahman Hakim<sup>1\*</sup>, Hairunisa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>STKIP Taman Siswa Bima

\*Hairunisa

---

### Artikel Info

### Abstrak

---

#### Tanggal Publikasi

2019-06-30

#### Kata Kunci

Batuan lapuk

Seismik refraksi

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ketebalan lapisan batuan lapuk di daerah lapangan Universitas Brawijaya sebagai indikasi awal dalam perencanaan pembangunan gedung di daerah tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode seismik refraksi. Pengambilan data penelitian ini dalam bentuk lintasan *in line* dengan pengambilan data secara bolak-balik (*forward-reverse*) di lapangan dengan arah lurus atau segaris antara sumber seismik terhadap *geophone*. Pengambilan data dilakukan pada lintasan tertentu dengan panjang bentangan 50 m dan jarak antar titik 2 m. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa ketebalan lapisan batuan lapuk di daerah tersebut berbeda, untuk metode forward diperoleh ketebalan lapisan batuan lapuk sebesar 1,54 meter sedangkan untuk metode reverse diperoleh sebesar 1,89 meter. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan bawah permukaan pada lapangan survey tidak berbentuk datar melainkan miring.

---

## 1. PENDAHULUAN

Universitas Brawijaya merupakan salah satu kampus besar yang berada di Kecamatan Lowokwaru Kota Malang, Jawa Timur. yang memiliki jumlah mahasiswa yang cukup banyak, dimana  $\pm$  10 ribuan mahasiswa diterima di kampus ini untuk tiap tahunnya. Mengingat banyaknya mahasiswa, pihak kampus melakukan pembangunan gedung-gedung baru demi kelancaran proses kegiatan belajar mengajar. Sebelum melakukan proses pembangunan gedung, terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan. Salah satunya adalah kondisi lapisan bawah permukaan yang cukup mendukung agar bangunan tetap kuat dan kokoh walaupun diterpa berbagai bencana.

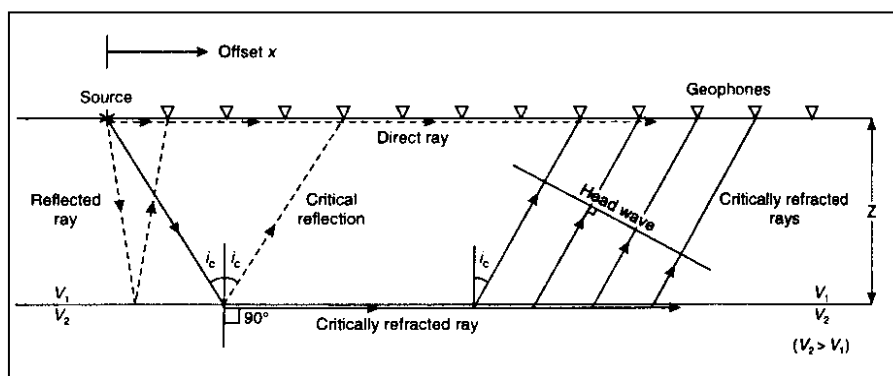
Lapisan batuan bawah permukaan bumi memiliki sifat fisis yang variatif. Salah satu sifat fisis yang terdapat di bawah permukaan adalah tingkat kekerasan batuan. Tingkat kekerasan batuan merupakan istilah geologi yang digunakan untuk menandakan kekompakan suatu batuan atau merupakan tekanan maksimum yang mampu ditahan oleh batuan untuk mempertahankan diri dari terjadinya rekahan (Hakim, 2018). Rekahan biasa terdapat pada suatu lapisan yang lapuk. Pengetahuan tentang lapisan lapuk bawah permukaan suatu wilayah sangat penting dikarenakan setiap kerusakan yang berupa pengikisan, rekahan, erosi atau gerak massa batuan selalu diawali oleh proses pelapukan. Informasi geologi menyebutkan bahwa Jenis tanah di wilayah Kota Malang ada 4 macam, antara lain aluvial kelabu kehitaman dengan luas 6.930.267 ha, mediteran coklat dengan luas 1.225.160 ha, asosiasi latosol coklat kemerahan atau keabu-abuan dengan luas 1.942.160 ha, dan sosiasi andosol coklat dan humus kelabu dengan luas 1.765,160 ha. Struktur tanah pada umumnya relatif baik. Meskipun demikian, tidak bisa dilupakan bahwa jenis tanah andosol yang memiliki sifat peka terhadap erosi. Jenis tanah andosol ini terdapat di Kecamatan Lowokwaru dengan relatif kemiringan sekitar 15% (Hakim, 2017).

Penentuan perlapisan batuan bawah permukaan dapat dilakukan dengan menggunakan metode geofisika, salah satunya adalah metode seismik refraksi. Metode ini dilakukan dengan memancarkan gelombang ke bawah permukaan perlapisan batuan, respon tanah atau batuan direkam melalui geophone yang terpasang di atas permukaan tanah (Santoso, 2012). Dari geophone ini akan diteruskan ke alat seismogram. Dari seismogram ini akan didapat informasi berupa waktu tempuh gelombang dan jarak antara gelombang dan sumber getaran. Struktur lapisan geologi yang ada di dalam bumi dapat diperkirakan berdasarkan besarnya kecepatan gelombang seismik (Waluyo, 2011). Hal inilah yang menjadi latar belakang penelitian ini. Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui respon kecepatan gelombang seismik refraksi pada lapisan bawah permukaan dan mengetahui ketebalan lapisan lapuk bawah permukaan sebagai informasi awal dalam proses pembangunan gedung di kampus Brawijaya.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode seismik refraksi. Prinsip utama metode refraksi adalah penerapan waktu tiba pertama gelombang baik gelombang langsung maupun gelombang refraksi. Mengingat kecepatan gelombang P lebih besar dari gelombang S maka kita hanya memperlihatkan gelombang P.

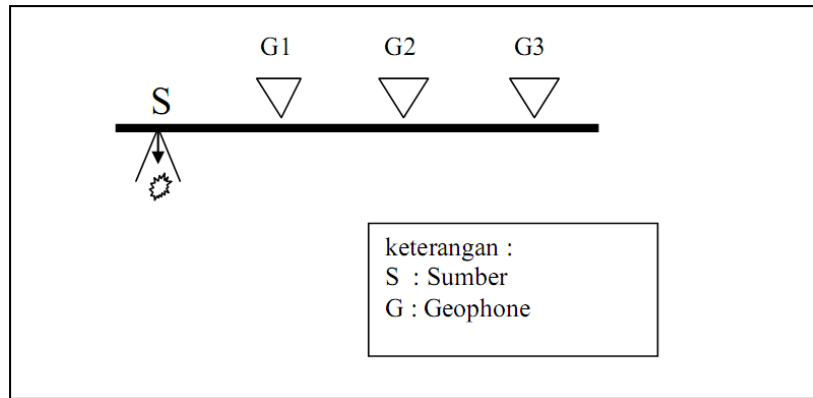
Gelombang elastis yang menjalar dalam medium bumi menemui ambang batas perlapisan dengan elastisitas dan densitas yang berbeda, maka akan terjadi pemantulan dan pembiasan gelombang tersebut. Ketika sudut gelombang yang datang itu sama dengan sudut kritisnya maka gelombang akan menjalar pada bidang batas lapisan. Dengan memakai prinsip Huygens pada bidang lapisan, gelombang ini dibiaskan ke atas di setiap titik pada bidang batas itu sehingga sampai ke detector/geophone yang ada di permukaan (Kurniati, 2008).



Gambar 1. Penjalaran Gelombang Seismik di Bawah permukaan Bumi

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi ketebalan lapisan lapuk di daerah penelitian dengan menghitung kecepatan rambat gelombang seismik dan kedalaman masing-masing lapisan yang diturunkan dari kurva *travel time* sehingga akan didapatkan model struktur bawah permukaan. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis data primer yang diperoleh dari lapangan dengan menggunakan metode seismik refraksi.

Dalam survey seismik, prosedur pertama yang dilakukan adalah menyusun konfigurasi geophone dan sumber getaran sesuai dengan cara bentangnya. Adapun cara bentang (*spread*) geophone yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan bentangan segaris (*In line*). Metode penembakan ini (baik satu maupun dua arah/bolak-balik) dilakukan dengan arah lurus atau segaris antara sumber seismik terhadap group geophone seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Kemudian jarak antar geophone dan sumber getaran dilakukan perubahan dari jarak terpendek sampai jarak paling panjang (tergantung kondisi lapang). seperti pada gambar. Semua data yang terekam setiap melakukan akuisisi harus dicatat (Sismanto, 2009).



Gambar 2. Metode pengambilan data dengan bentangan *In Line*

Sebelum melakukan pengambilan data perlu dilakukan penentuan parameter-parameter lapangan dengan tujuan untuk meminimalisir noise sehingga menghasilkan S/N yang tinggi. Beberapa parameter lapangan yang mempengaruhi kualitas data antara lain yaitu: a) Sistem penembakan; b) Offset (jarak antara *shot* dengan *point channel*); c) Jarak *shot point*; d) Jarak antara channel dan sampling rate

Sampling rate berpengaruh pada batas frekuensi tertinggi yang akan direkam alat, akibat adanya aliasing. Frekuensi aliasing akan terjadi apabila frekuensi yang terekam lebih besar daripada frekuensi Nyquistnya. Besarnya frekuensi *nyquist* dapat kita tentukan dengan persamaan berikut (Artono, 2017):

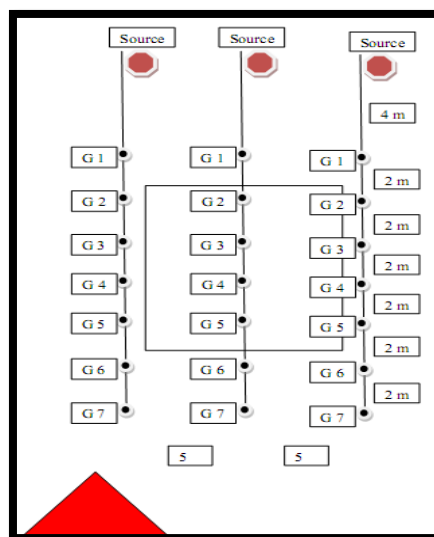
$$f_q = \frac{1}{2 \Delta t}$$

dengan ketentuan:

$f_q$  = frekuensi *Nyquist*

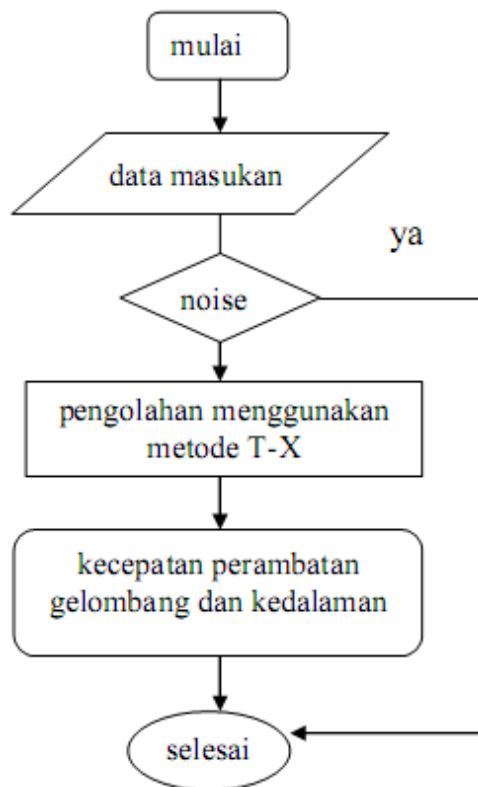
$\Delta t$  = besarnya laju pencuplikan

Dalam proses pengambilan data pertama kali yang dilakukan adalah menentukan area lintasan dengan jarak antar geophone adalah 2 meter dan jarak antar Geophone pertama dengan sumber gelombang adalah 2 meter, hal tersebut diulangi sampai tiga kali pukulan. Selanjutnya geophone di geser sehingga jarak antar geophone dan sumber menjadi 4 meter, begitu seterusnya sampai mencapai jarak 50 meter seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Denah pengambilan data penelitian

Data yang didapat dari akuisisi data kemudian diolah menggunakan microsoft excel sehingga didapat grafik hubungan antara jarak dan waktu tempuh gelombang di dalam bumi. Diagram alir pengolahan data sebagai berikut:

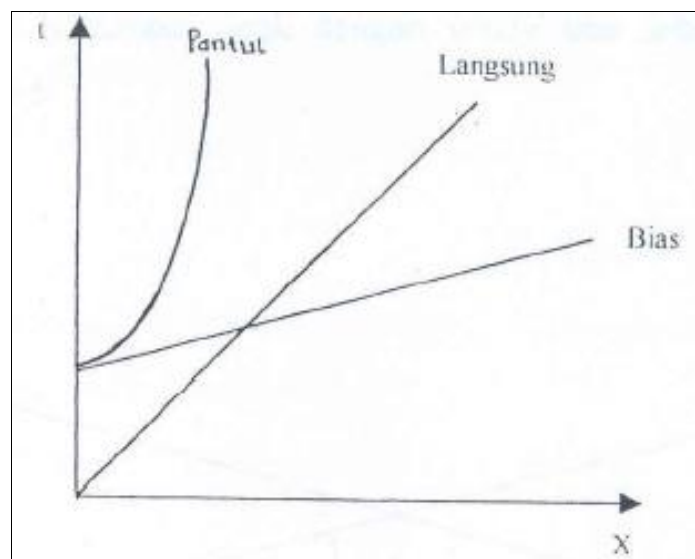


Gambar 4. Diagram alir pengolahan data

Menurut (Artono, 2017), langkah pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Penentuan Travel Time Gelombang Langsung, Bias dan Pantul

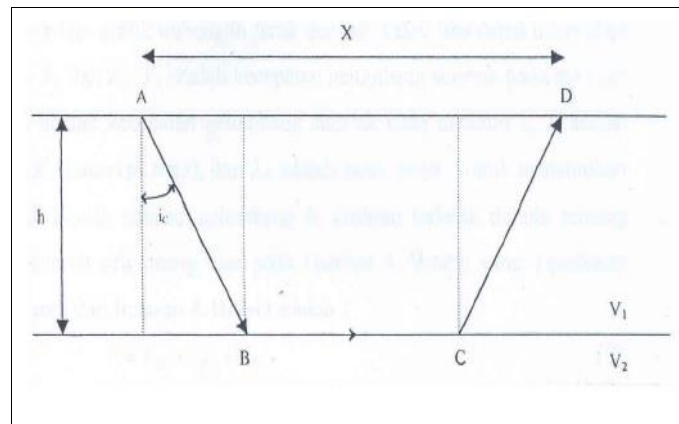
Bila dibandingkan waktu tempuh gelombang langsung, bias dan pantul maka pada jarak relatif dekat  $T_L < T_B < T_P$ , dengan  $T_L$ ,  $T_B$ , dan  $T_P$  berturut-turut adalah waktu tempuh gelombang langsung, bias dan pantul. Sedangkan pada jarak yang relatif jauh  $T_B < T_L < T_P$ . Jelas bahwa gelombang pantul akan sampai di titik penerima dalam waktu yang paling lama.



Gambar 5. Hubungan jarak dan waktu tempuh gelombang langsung, bias, dan pantul.

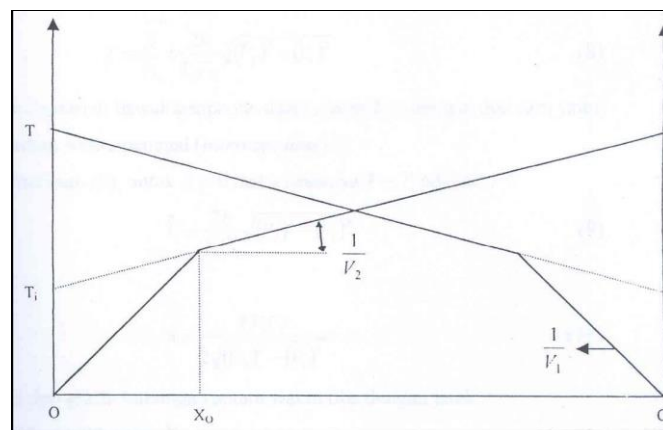
## 2. Penentuan kedalaman Lapisan

Untuk menentukan kedalaman di bawah sumber gelombang dari medium dua lapis horizontal, dapat dilakukan pengukuran seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Lintasan penjarangan gelombang bias.

Pada titik A diadakan getaran sehingga timbul gelombang seismik yang menjalar ke arah penerima (geophone) di titik D. Dengan mengamati waktu tiba dapat dibuat grafik hubungan jarak dengan waktu tiba sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan jarak -vs- waktu tiba

Berdasarkan grafik hubungan jarak dengan waktu tiba dapat ditentukan harga  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $T_1$ , dan  $X_0$ .  $V_1$  adalah kecepatan gelombang seismik pada medium 1 sedangkan  $V_2$  adalah kecepatan gelombang seismik pada medium 2,  $T_1$  adalah waktu penggal (intercept time), dan  $X_0$  adalah jarak kritis. Untuk menentukan kedalaman di bawah sumber gelombang  $h$ , ditinjau terlebih dahulu tentang lintasan penjarangan gelombang bias. Waktu yang diperlukan untuk penjarangan dari lintasan A-B-C-D adalah  $T$ .

$$T = T_{AB} + T_{BC} + T_{CD}$$

$$T = \frac{1}{V_1} AB + \frac{1}{V_2} BC + \frac{1}{V_1} CD$$

$$T = \frac{1}{V_1} \left( \frac{H}{\cos i_c} \right) + \frac{1}{V_2} (X - 2H \tan i_c) + \frac{1}{V_1} \left( \frac{H}{\cos i_c} \right)$$

Dengan menggunakan persamaan diatas serta manipulasi matematis, persamaan untuk mencari nilai  $T$  dapat disederhanakan menjadi:

$$T = \frac{X}{V_2} + \frac{2h}{V_1 V_2} \sqrt{(V_2)^2 - (V_1)^2} \quad \text{persamaan 1}$$

Kedalaman lapisan di bawah geophone dapat ditentukan dengan dua cara yaitu

- a. Berdasarkan waktu penggal (intercept time)  $T_i$

Dari persamaan (1), untuk  $X = 0$  maka besarnya  $T = T_i$  adalah :

$$T_i = \frac{2h}{V_1 V_2} \sqrt{(V_2)^2 - (V_1)^2} \quad \text{persamaan 2}$$

$$h = \frac{T_i V_1 V_2}{2\sqrt{(V_2)^2 - (V_1)^2}} \quad \text{persamaan 3}$$

$T_i$  dicari dari grafik hubungan antara waktu tiba dengan jarak.

- b. Berdasarkan jarak kritis  $X_o$

Pada Gambar 7, grafik  $T_1$  dan  $T_2$  berpotongan di titik  $(X_o, T_o)$ . Di titik potong ini berlaku  $T_1 = T_2 = T_o$  dan  $X = X_o$ . Dengan demikian besarnya  $h$  adalah :

$$h = \frac{X_o}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

harga  $X_o$  ditentukan dari titik potong grafik  $T_1$  dan  $T_2$  dari data yang diperoleh.

**Tabel 1.** Kecepatan Jalar Gelombang Pada Material di Lapisan Bumi

Jenis Batuan	Kecepatan (m/s)	Jenis Batuan	Kecepatan (m/s)
Lapisan pelapukan permukaan	305-610	Batuan pasir	1830-3970
Kerikil, pecahan & pasir (kering)	486-915	Serpihan	2750-4270
Pasir Basah	610-1830	Kapur	1830-3970
Clay	915-2750	Batuan Kapur	2140-6100
Air (tergantung temperature & kadar garam)	143-1680	Garam	4270-5190
Pasir laut	1460-1530	Batuan Metamorf	3050-7020
Granit	4580-5800		

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

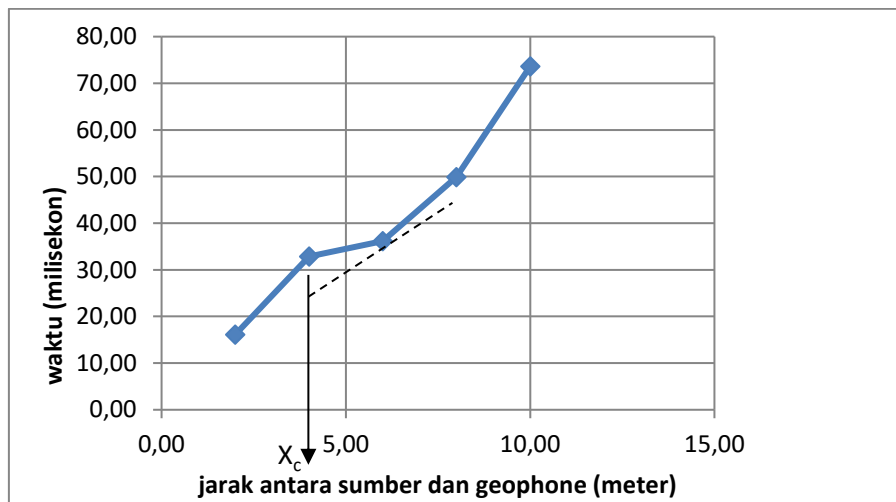
Penentuan ketebalan lapisan lapuk di daerah penelitian dilakukan dengan menggunakan metode seismik refraksi dengan bentangan (*spread*) geophone yang digunakan yaitu bentangan segaris (*In line*). Metode penembakan ini (baik satu maupun dua arah/bolak-balik) dilakukan dengan arah lurus atau segaris antara sumber seismik terhadap group geophone. Proses pengambilan data dalam penelitian ini diawali dengan penentuan area lintasan dengan jarak antar geophone yakni 2 meter dan jarak antar Geophone pertama dengan sumber gelombang adalah 2 meter, hal tersebut diulangi sampai tiga kali pukulan. Selanjutnya geophone di geser sehingga jarak antar geophone dan sumber menjadi 4 meter, begitu seterusnya sampai mencapai jarak 50 meter. Dari hasil akuisisi data di lapangan, maka diperoleh data seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut ini:

**Tabel 2.** Data yang diperoleh saat Akuisisi

Model	Jarak (m)	Waktu tiba gelombang seismik (ms)	Kecepatan (m/s)
Forward	2,00	16,13	123,99
	4,00	32,84	121,80
	6,00	36,183	165,83
	8,00	49,91	160,28
	10,00	73,60	135,86

Reverse	2,00	90,93	21,99
	4,00	73,11	54,71
	6,00	63,12	95,05
	8,00	31,96	153,56
	10,00	30,53	327,54

Dari hasil pengolahan data lapangan, maka diperoleh grafik hubungan antara jarak dan waktu, baik dengan menggunakan metode *forward* maupun metode *reverse* seperti yang ditunjukkan oleh gambar 8 dan gambar 9 berikut ini:



Gambar 8. grafik hubungan antara jarak dan waktu dengan metode *forward*

Dari gambar 8 di atas dapat ditentukan nilai  $X_c$ , kecepatan dan ketebalan dari lapisan bawah permukaan yaitu:

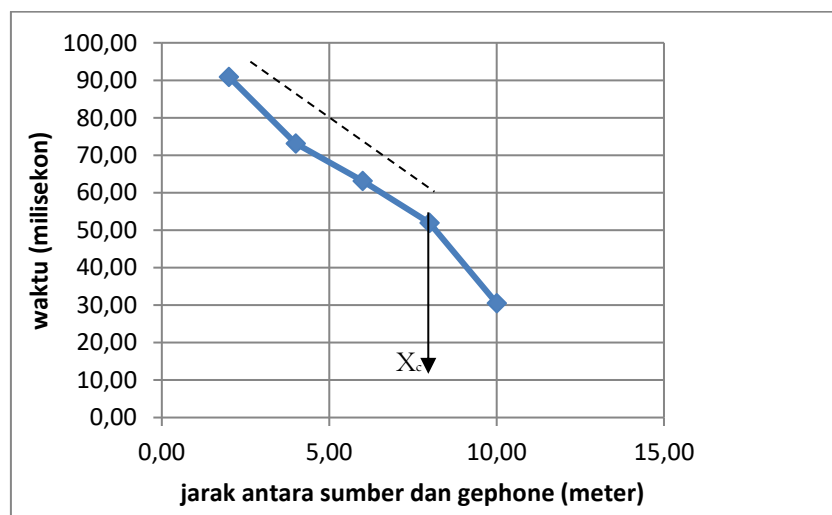
$$X_c = 4 \text{ meter}$$

$$V_1 = 59,8 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 234,32 \text{ m/s}$$

$$Z_c = \frac{X_c}{2} \sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}} = \frac{4}{2} \sqrt{\frac{234,32 - 59,8}{234,32 + 59,8}} = 1,54 \text{ m}$$

sedangkan untuk metode *reverse* didapat grafik sebagai berikut:



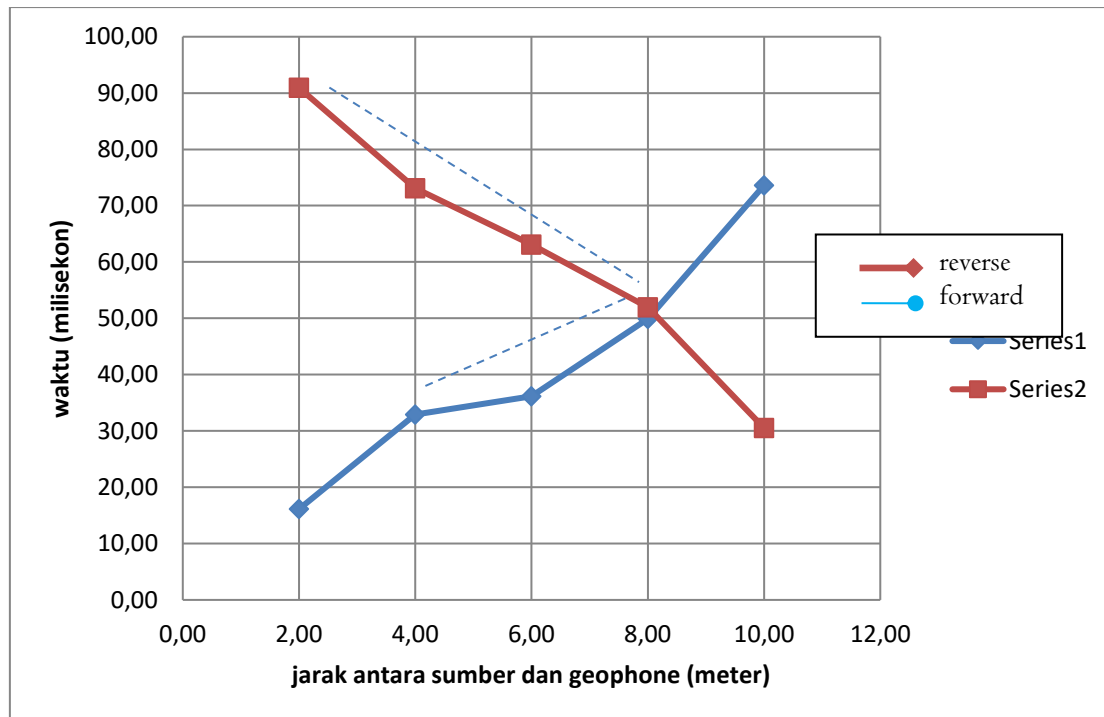
Gambar 9. grafik hubungan antara jarak dan waktu dengan metode *reverse*

$$X_c = 8 \text{ meter}$$

$$V_1 = 93,32 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 153,96 \text{ m/s}$$

$$Z_c = \frac{X_c}{2} \sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}} = \frac{8}{2} \sqrt{\frac{153,96 - 93,32}{153,96 + 93,32}} = 1,98 \text{ m}$$



**Gambar 10.** Grafik hubungan antara jarak dan waktu dengan metode forward dan metode reverse

Hasil yang diperoleh di atas, diolah dengan menggunakan metode T-X dimana Metode T-X ini merupakan salah satu metode yang paling sederhana dalam interpretasi data seismik refraksi, sehingga hasilnya relatif cukup kasar, kedalaman lapisan hanya diperoleh pada titik-titik tertentu saja, namun untuk sistem perlapisan yang relatif homogen dan relatif rata mampu memberikan hasil yang memadai dengan kesalahan yang relatif kecil. Metode ini menggunakan metode *intercept time* dan metode jarak kritis.

Selain metode T-X ada beberapa metode lain yang digunakan antara lain: Metode *Intercept Time*, Metoda Jarak Kritis, Metoda T+ dan T-, dan Metoda Hagiwara-Mashuda. Pada Interpretasi data Seismik Refraksi ini, metode yang digunakan adalah Interpretasi Metode T-X.

Dari hasil interpretasi data seismik refraksi dengan menggunakan metode T-X (jarak kritis) didapatkan ketebalan Lapisan Batuan Lapuk untuk metode *forward* adalah 1,54 meter. sedangkan dengan metode *reverse* didapat ketebalan lapisan sebesar 1,89 meter. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan bawah permukaan tidak datar melainkan bidang miring.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini yaitu ketebalan lapisan batuan lapuk untuk metode forward adalah 1,54 meter sedangkan untuk metode reverse diperoleh ketebalan lapisan batuan lapuk sebesar 1,89 meter. Terjadinya perbedaan tersebut disebabkan oleh kecepatan gelombang seismik yang tak menentu sehingga akan berpengaruh pada waktu datang gelombang seismik (*travel time*). Hal ini menunjukkan bahwa lapisan bawah permukaan pada lapangan survey tidak datar melainkan miring.

---

### Daftar Pustaka

- Artono, VY. 2017. Identifikasi Lapisan Lapuk Bawah Permukaan Menggunakan Seismik Refraksi di Desa Lengkeka Kecamatan Lore Barat Kabupaten Poso. *Natural Science: Journal Of Science and Technology*. Vol. 6 (3): 291 - 300
- Hakim, AR., Hairunisa. 2017. *Studi Struktur Bawah Permukaan Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger (Studi kasus Stadion Universitas Brawijaya, Malang)*. Jurnal Pemikiran Penelitian Pendidikan dan Sains Didaktika. Vol. 5 (1): 56 - 64
- Hakim, AR., Hairunisa. 2018. Survey Geofisika Metode Geolistrik Resistivitas Untuk Menentukan Struktur Bawah Permukaan Desa Rada Kecamatan Bolo Kabupaten Bima. *Prosiding National Conference on Mathematics, Science, and Education (NACOMSE)*, Pamekasan, 22 September 2018. Hal. 103 - 108
- Kurniati, Asih dkk. 2008. *Panduan Workshop Geofisika*. Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika FMIPA Brawijaya. Malang
- Santoso, Djoko. 2012. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung. ITB.
- Sismanto. 2009. *Eksplorasi dengan Menggunakan Seismik Refraksi*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Waluyo. 2011. *Panduan Workshop Eksplorasi geofisika (Teori dan Aplikasi) Metode Resistivitas*. Laboratorium Geofisika, fakultas MIPA, UGM. Jogjakarta.