

Aplikasi Metode Seismik Refraksi Untuk Identifikasi Pergerakan Tanah Di Perumahan Balaroa Palu

(Application Of Seismic Refraction Method For Identification Of Land Movement In Housing Balaroa Palu)

N. R. Febrianti¹ dan Jamidun^{1*}

¹⁾ Jurusan Fisika, Universitas Tadulako

Info

Article history:

Received: 22 Desember 2020

Accepted: 30 Desember 2020

Published: 31 Desember 2020

Kata kunci:

Seismik refraksi
Gerakan tanah
Bidang gelincir

Keywords:

Refraction seismic
Land movement
Slip field

Abstrak.

Telah dilakukan penelitian dengan mengidentifikasi pergerakan tanah di Perumnas Balaroa Palu, melalui aplikasi Metode Seismik Refraksi. Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh data berupa rekaman gambar penjalaran gelombang seismik yang diolah menggunakan *Software Pickwin* dan *Plotrefa*. Pengolahan data tersebut menghasilkan grafik *traveltime* dan penampang seismik 2D dengan 3 lapisan, yang menggambarkan lapisan struktur bawah permukaan lokasi penelitian. Lapisan pertama diketahui kecepatan gelombang berturut-turut adalah 330 m/s, 396 m/s, 460 m/s dan 380 m/s yang diinterpretasikan sebagai pasir kering. Lapisan kedua kecepatan gelombang berturut-turut 561 m/s, 587 m/s dan 980 m/s, diinterpretasikan sebagai pasir kering, sedangkan untuk lapisan ketiga kecepatannya berturut-turut adalah 760 m/s, 592 m/s, 960 m/s dan 1800 m/s, yang diinterpretasikan sebagai lempung. Bidang gelincir penyebab terjadinya pergerakan tanah, diinterpretasikan berada pada lapisan kedua dan lapisan ketiga.

Abstract.

Research has been carried out by identifying the movement of soil in the Balaroa Palu Perumnas, through the application of the Refraction Seismic Method. Based on the measurement results, the data obtained in the form of recording seismic wave propagation images are processed using Pickwin and Plotrefa Software. The data processing produces a traveltime graph and 2D seismic cross section with 3 layers, which illustrate the sub-surface structure of the study site. The first layer known wave velocity in a row is 330 m/s, 396 m/s, 460 m/s and 380 m/s which are interpreted as dry sand. For the second layer the wave velocity respectively 561 m/s, 587 m/s and 980 m/s, are interpreted as dry sand, while for the third layer the speed is successively 760 m/s, 592 m/s, 960 m/s and 1800 m/s, which is interpreted as clay. The slip plane causing the ground movement is interpreted to be in the second and third layers

*) e-mail: midun_fisbum@yahoo.co.id

DOI: 10.22487/gravitasi.v19i2.15409

1. PENDAHULUAN

Sulawesi merupakan wilayah pertemuan tiga lempeng, yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan Filipina [1][2]. Kondisi tersebut menyebabkannya sangat rawan terhadap bencana gempa bumi tektonik [2][3]. Lempeng Indo-Australia bergerak ke utara dengan kecepatan sekitar 50 – 70 mm/tahun dan menunjat di bawah palung laut dalam Sumatra – Jawa sampai ke barat Pulau Timor di NTT. Lempeng Pasifik menabrak sisi utara Pulau Irian dan pulau-pulau di utara Maluku dengan kecepatan 120 mm/tahun, dua kali lipat lebih cepat dari kecepatan penunjatan lempeng di bagian sisi barat dan selatan Indonesia [4]. Akibat adanya kondisi geologi yang kompleks sehingga di Pulau Sulawesi khususnya Sulawesi Tengah sering terjadi fenomena alam yang dapat memicu terjadinya bencana alam.

Menurut UU Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana, Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah langsur. Pada tanggal 28 September 2020, Kota Palu mengalami bencana alam yaitu Gempa Bumi dengan Magnitudo 7,4 M_w yang mengakibatkan di beberapa daerah mengalami bencana alam lainnya yaitu tsunami dan pergerakan tanah yang menelan banyak korban jiwa dan merusak berbagai infrastruktur yang ada [2] [5]. Salah satu lokasi perumahan yang mengalami pergerakan tanah yaitu Perumahan Nasional (PERUMNAS) Balaroa. Pergerakan

tanah merupakan proses pergerakan material penyusun lereng yang meluncur atau jatuh ke arah kaki lereng karena kontrol gravitasi bumi [6][7][8][9].

Tahap awal terjadinya gerakan tanah di daerah ini diawali getaran yang kuat dari sumber gempa sesar Palu Koro pada bagian kaki lereng. Kemudian terjadi guncangan (*ground oscilation*) yang menyebabkan terbentuknya retakan-retakan permukaan. Kestabilan lereng akan terus turun hingga terjadi gerakan tanah yang diawali Bergeraknya material pada kaki lereng yang kemudian menarik bagian hulunya bahkan dapat menarik hingga bahan rombakan sejauh sekitar 1 km pada jeda waktu sangat singkat [5]. Hal ini yang menyebabkan hampir seluruh wilayah Kelurahan Balaroa terkubur oleh tanah termasuk Perumnas Balaroa.

Banyaknya korban jiwa dan kerusakan infrastruktur yang menimbulkan kerugian yang sangat besar, maka dilakukan identifikasi pergerakan tanah agar dapat mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pergerakan tanah di lokasi penelitian. Karena alasan inilah daerah tersebut dipilih sebagai lokasi penelitian untuk mengetahui struktur bawah permukaan dan potensi pergerakan tanah di daerah Perumnas Balaroa, Palu Sulawesi Tengah.

Salah satu metode geofisika yang digunakan yaitu Metode Seismik Refraksi [10][11]. Metode seismik refraksi efektif digunakan untuk mengetahui nilai kedalaman lapisan yang relatif kedap air (*bedrock*) [12], [13] yang berperan sebagai bidang gelincir pada parameter kelongsoran suatu daerah. Dalam penelitian dengan menggunakan metode ini, pemodelan struktur lapisan bawah permukaan dilakukan dengan menggunakan metode *Delay Time*, karena metode ini efektif digunakan pada stuktur lapisan yang berada pada daerah kemiringan.

2. METODE

Secara geografis, lokasi penelitian berada pada koordinat 0°54'16,098"LU dan 119°50'13,48"atau lebih tepatnya berada

di Kelurahan Balaroa, Kecamatan Ulujadi, Palu. Untuk melihat secara jelas kondisi lokasi penelitian, ditampilkan peta lokasi penelitian pada Gambar 1.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Satu set alat seismik refraksi terdiri dari :
 - a. Es-3000 untuk mendeteksi, memperkuat dan merekam getaran yang terjadi di bawah permukaan.
 - b. Detektor *geophone* 12 buah sebagai sensor untuk mendeteksi perambatan gelombang di bawah permukaan.
 - c. Kabel penghubung (*trigger, extension, conector*) berfungsi sebagai penghubung antara komponen alat dan ke laptop.
 - d. Palu berfungsi sebagai sumber getaran.
 - e. Papan landasan.
2. Roll meter (100 meter) untuk mengukur jarak antar *geophone*.
3. *Global Positioning System* (GPS) berfungsi untuk menentukan posisi *geophone* atau line pengukuran.
4. Peta geologi lembar palu (1 lembar)
5. *Software seisimager* (*Pickwin dan Plotrefa*)
6. Alat tulis menulis.

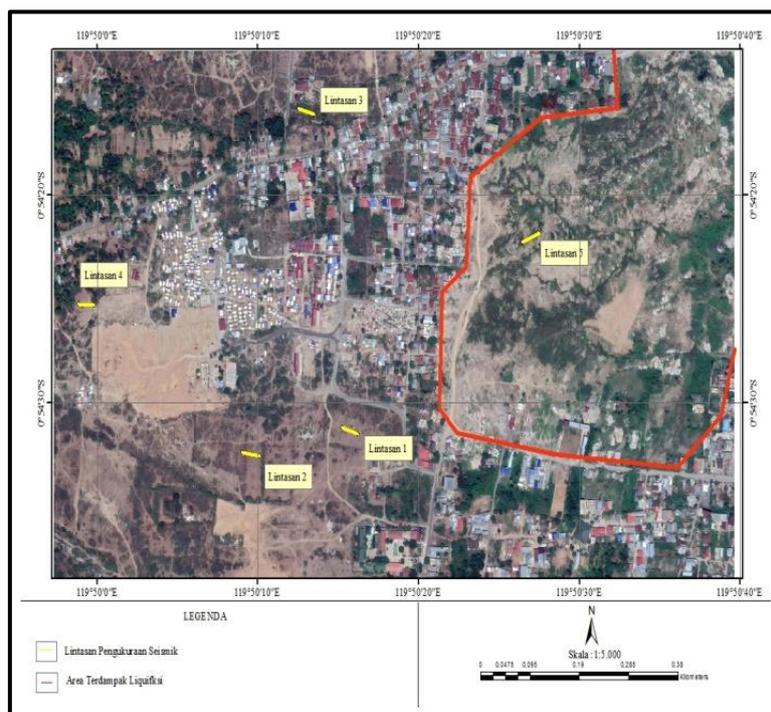
Prosedur Pelaksanaan Penelitian dalam penelitian ini yaitu:

2.1. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan untuk memperoleh gambaran kondisi geologi dan topografi lokasi penelitian, menentukan luas cakupan daerah penelitian, metode yang tepat berdasarkan kondisi geologi dan topografi lokasi penelitian, menentukan kebutuhan peralatan dan perlengkapan yang dibutuhkan pada saat pengukuran, serta menentukan lintasan dan titik pengukuran.

2.2. Prosedur Pengambilan Data

Adapun proses pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Lokasi penelitian dimana lintasan 1 sampai dengan lintasan 4 berada di lokasi yang tidak longsor (garis merah menunjukkan batas daerah yang longsor)

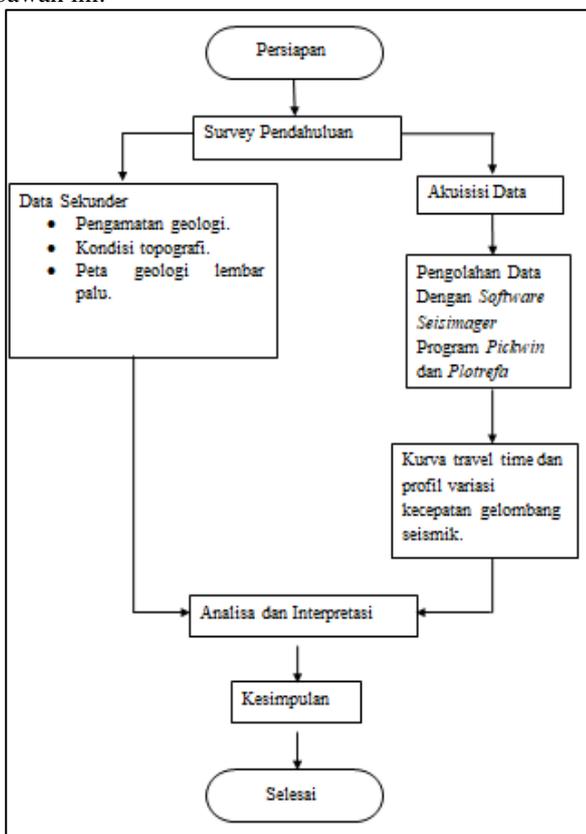
- Menentukan lintasan pengukuran.
- Menentukan arah bentangan dengan menggunakan kompas.
- Memberi interval 3 meter antara *geophone*.
- Menancapkan tiap *geophone* ke tanah.
- Mengukur lintang, bujur dan elevasi setiap *geophone* dengan menggunakan GPS.
- Menghubungkan beberapa kabel penghubung (*triger, extension, conector*).
- Menjalankan program *Geometrics seismodul*.
- Memberikan gangguan pada *shot point* 3 kali berturut-turut dari titik *endset I, endset II, endset III*.
- Respon gelombang akan terekam secara otomatis pada laptop yang telah diatur sebelumnya. Data tersebut siap untuk diolah dengan menggunakan *software seisimager* yaitu program *Pickwin* dan *Plotrefa*.

2.3. Interpretasi data

Data yang diperoleh dari hasil rekaman (*Geometrics Seis-modul*) di lapangan siap diolah menggunakan *software seisimager* yaitu program *Pickwin* dan *Plotrefa* untuk mendapatkan gambaran tentang struktur perlapisan bawah permukaan dalam bentuk 2-D dan kecepatan rambat gelombang setiap lapisannya. Selanjutnya dapat dijadikan acuan untuk menentukan letak bidang gelincir pada potensi gerakan tanah. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi (2012) yang bertujuan untuk menentukan letak bidang gelincir ditinjau dari struktur lapisan bawah permukaan daerah Palu barat, dapat diketahui bahwa daerah penelitian berpotensi terjadinya gerakan tanah [5].

2.4. Bagan alir penelitian

Adapun bagan alir pada penelitian ini seperti pada Gambar 2 di bawah ini.



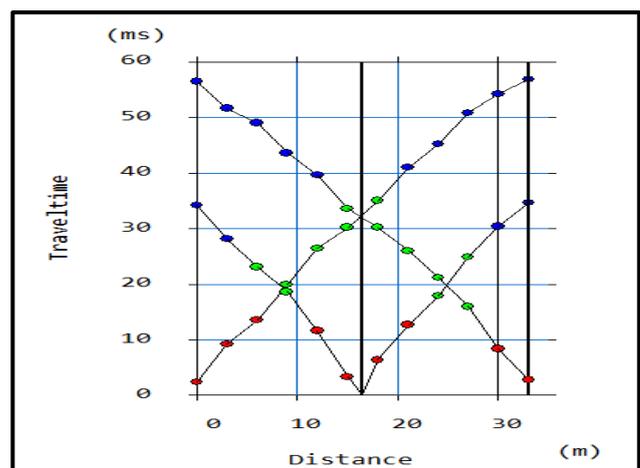
Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Pengambilan data dilakukan pada 5 lintasan yang masing-masing memiliki panjang 33 meter. *Geophone* yang digunakan sebanyak 12 buah dan jarak interval antar *geophone* adalah 3 meter. Dalam pengukuran di lapangan tiap-tiap lintasan diberikan 3 *shot point (endset)*, *endset I* terletak 1 meter dibelakang *geophone 1*, *endset II* antara *geophone 6* dan *7*, dan *endset III* terletak 1 meter di samping *geophone 12*.

Sumber gelombang diperoleh dari gangguan yang diberikan melalui palu yang di pukulkan ke plat baja. Setelah gangguan diberikan, terjadi gerakan gelombang di dalam medium (Tanah/batuan) di mana pada saat bertemu lapisan dengan sifat elastik batuan di bawah permukaan yang berbeda, maka gelombang yang datang akan mengalami pemantulan dan pembiasan. Gelombang yang melewati bidang batas dengan sifat lapisan yang berbeda akan terpantul dan sebagian lagi terbiaskan dan terdeteksi oleh *geophone* di permukaan untuk selanjutnya gelombang akan terekam pada alat Es-3000. Pengolahan data seismik menggunakan *software seisimager* dengan program *pickwin* dan *plotrefa*. Program *pickwin* digunakan untuk menentukan waktu tempuh dengan cara memilih waktu tempuh tempuh gelombang yang pertama tiap-tiap *geophone* pada rekaman sehingga diperoleh data kurva travel time. Program *plotrefa* digunakan untuk membuat model penampang kecepatan gelombang seismik 2D.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

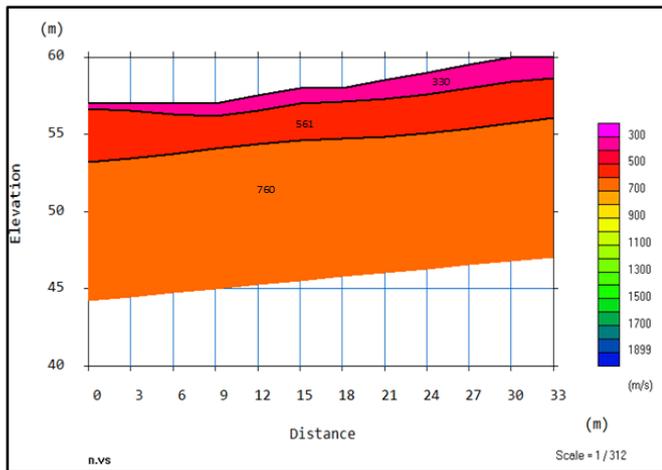
Gambar 3 menunjukkan grafik yang saling memotong satu sama lain. Grafik tersebut terlihat ada 12 titik yang dimana titik-titik tersebut mewakili 12 *geophone* yang digunakan. Grafik yang pertama menunjukkan (*endset I*) yang dapat dilihat berawal dari 0 meter dengan *travel time* berawal dari 2 sampai 58 m/s. Grafik yang kedua (*endset II*) terletak berkisar 16.5 meter dengan *travel time* yang terbagi 2 arah yang di sebabkan oleh sumber ledakan (gangguan) terletak ditengah-tengah *geophone* sehingga gelombang yang di hasilkan sebagian kekiri dengan *travel time* 35 m/s dan sebagian ke kanan 35 m/s. Grafik ketiga (*endset III*) berawal dari 33 meter dengan *travel time* dari 2 sampai 58 m/s.



Gambar 3. Kurva travel time Lintasan-1

Gambar 4 merupakan model penampang kecepatan gelombang seismik 2D dengan kecepatan yang bervariasi dari 330 m/s sampai 683 m/s dengan nilai presentasi kesalahan sebesar 0,21 %. Pengukuran pada Lintasan-1 di perkirakan mencapai kedalaman hingga 13 meter. Pada lapisan pertama

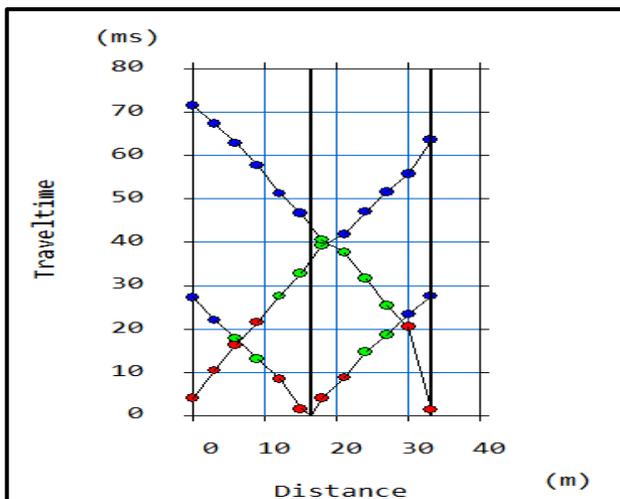
diperoleh kecepatan gelombang seismik sebesar 330 m/s dengan ketebalan lapisan ± 1,4 meter diduga didominasi pasir kering dan lapisan kedua diperoleh kecepatan gelombang seismik sebesar 561 m/s dengan ketebalan lapisan ± 2,6 meter diduga pasir kering dan pada lapisan ketiga diperoleh kecepatan gelombang seismik sebesar 760 m/s dengan ketebalan ≥ 9 meter diduga didominasi lempung basah. Tampak bahwa kecepatan terendah 330 m/s terletak di sekitar permukaan dan kecepatan akan bertambah seiring dengan bertambahnya kedalaman. Nilai ketebalan dan kecepatan gelombang seismik refraksi pada lintasan 1 diuraikan dalam Tabel 1.



Gambar 4. Penampang kecepatan gelombang seismik model 2D pada lintasan 1

Tabel 1. Nilai ketebalan dan kecepatan gelombang seismik refraksi pada lintasan 1.

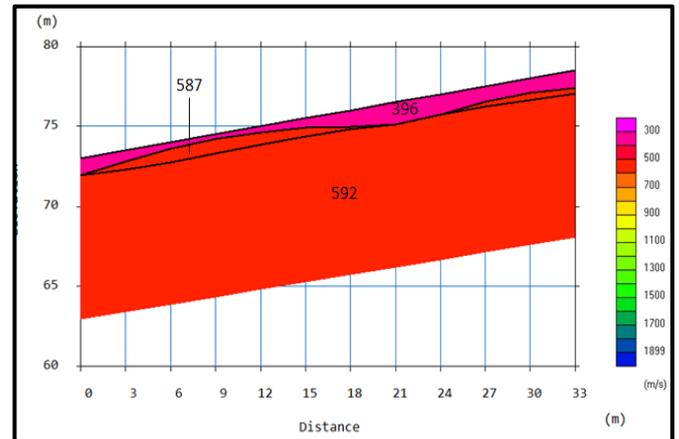
No	Lapisan	Kecepatan (m/s)	Ketebalan (m)	Batuan
1	Pertama	±330	1,4	Pasir Kering
2	Kedua	±561	2,6	Pasir Kering
3	Ketiga	±760	≥ 9	Lempung Basah



Gambar 5. Kurva *travel time* Lintasan-2

Gambar 5 menunjukkan grafik yang saling memotong satu sama lain. Grafik tersebut terlihat ada 12 titik yang dimana

titik-titik tersebut mewakili 12 *geophone* yang digunakan.. Grafik yang pertama menunjukkan (*endset I*) yang dapat dilihat berawal dari 0 meter dengan *travel time* berawal dari 1 sampai 71 m/s. Grafik yang kedua (*endset II*) terletak berkisar 16.5 meter dengan *travel time* yang terbagi 2 arah yang di sebabkan oleh sumber ledakan (gangguan) terletak ditengah-tengah *geophone* sehingga gelombang yang di hasilkan sebagian kekiri dengan *travel time* 28 m/s dan sebagian ke kanan 28 m/s. Grafik ketiga (*endset III*) berawal dari 33 meter dengan *travel time* dari 3 sampai 63 m/s.



Gambar 6. Penampang kecepatan gelombang seismik model 2D pada lintasan-2

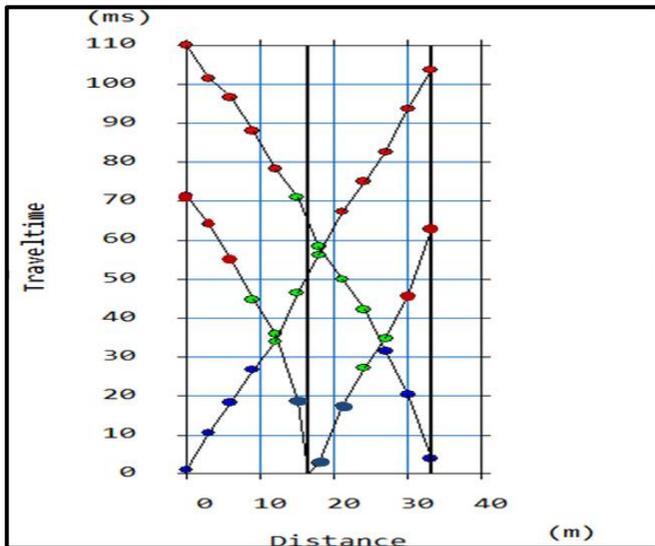
Model penampang kecepatan gelombang seismik 2D dapat dilihat pada Gambar 6. Terlihat bahwa kecepatan yang bervariasi dari 396 m/s samapai 592 m/s, dengan nilai presentasi kesalahan sebesar 0,4 %. Pengukuran pada lintasan-2 ini di perkirakan 11,6 meter. Pada lapisan pertama diperoleh kecepatan gelombang seismik sebesar 396 m/s dengan ketebalan lapisan ± 1,2 meter di duga didominasi oleh pasir kering dan lapisan kedua dengan kecepatan sebesar 587 m/s dengan ketebalan lapisan ± 1,4 meter diduga didominasi pasir kering. Pada lapisan ketiga dengan kecepatan sebesar 592 m/s dengan ketebalan lapisan ≥ 9 meter diduga didominasi pasir kering, perbedaan kecepatan gelombang seismik pada lintasan 2 ini tidak terlalu signifikan dan masih dalam satu litologi batuan yang sama. Tampak bahwa kecepatan terendah 396 m/s terletak di sekitar permukaan dan kecepatan akan bertambah seiring dengan bertambahnya kedalaman. Nilai kecepatan dan ketebalan gelombang seismik refraksi pada lintasan 2 ini di uraikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Nilai ketebalan dan kecepatan gelombang 47eismic refraksi pada lintasan 2.

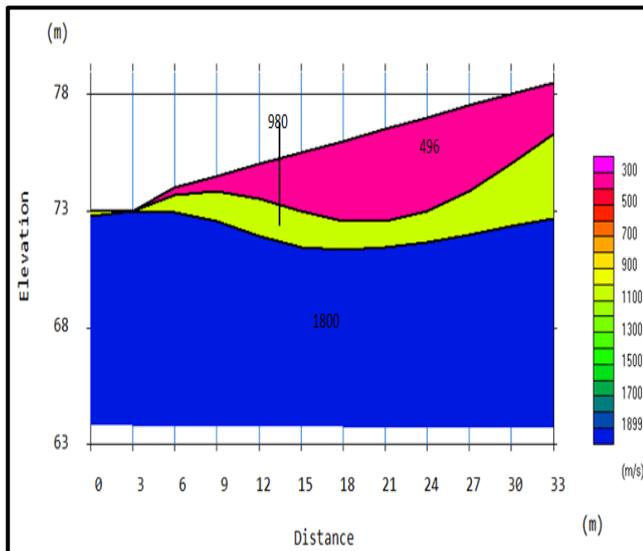
No	Lapisan	Kecepatan (m/s)	Ketebalan (m)	Batuan
1	Pertama	±396	1,2	Pasir kering
2	Kedua	±587	1,4	Pasir kering
3	Ketiga	±592	≥ 9	Pasir kering

Gambar 7 menunjukkan grafik yang saling memotong satu sama lain. Grafik tersebut terlihat ada 12 titik yang dimana titik-titik tersebut mewakili 12 *geophone* yang digunakan. Grafik yang pertama menunjukkan (*endset I*) yang dapat

dilihat berawal dari 0 meter dengan travel time berawal dari 3 sampai 110 m/s. Grafik yang kedua (*endset II*) terletak berkisar 16.5 meter dengan *travel time* yang terbagi 2 arah yang di sebabkan oleh sumber ledakan (gangguan) terletak ditengah-tengah *geophone* sehingga gelombang yang di hasilkan sebagian kekiri dengan *travel time* 71 m/s dan sebagian ke kanan 63 m/s. Grafik ketiga (*endset III*) berawal dari 33 meter dengan *travel time* dari 3 sampai 104 m/s.



Gambar 7 Kurva travel time Lintasan-3



Gambar 8 Penampang kecepatan gelombang seismik model 2D pada lintasan-3

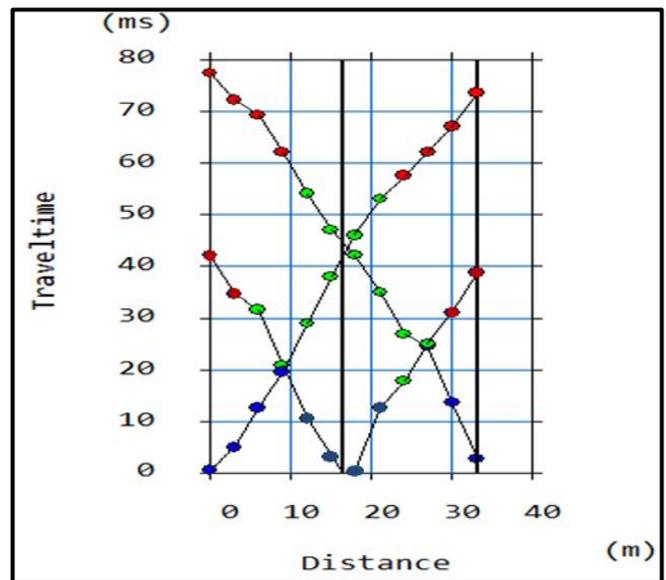
Gambar 8 merupakan model penampang kecepatan gelombang seismik 2D dengan kecepatan yang bervariasi dari 460 m/s sampai 1800 m/s. Tampak bahwa kecepatan terendah 460 m/s terletak pada lapisan pertama dengan ketebalan ± 2 meter diperkirakan terdapat disekitar permukaan diduga didominasi lempung basah dan kecepatannya bertambah seiring dengan bertambahnya kedalaman, dimana lapisan kedua dengan kecepatan gelombang sebesar 980 m/s dengan ketebalan 3,4 meter diduga didominasi lempung, lapisan ketiga dengan kecepatan gelombang sebesar 1800 m/s dengan ketebalan ≥ 9 meter di duga di dominasi oleh lempung. Nilai

kecepatan dan ketebalan gelombang seismik refraksi pada lintasan 3 di uraikan dalam Tabel 3

Tabel 3. Nilai ketebalan dan kecepatan gelombang seismik refraksi pada lintasan 3.

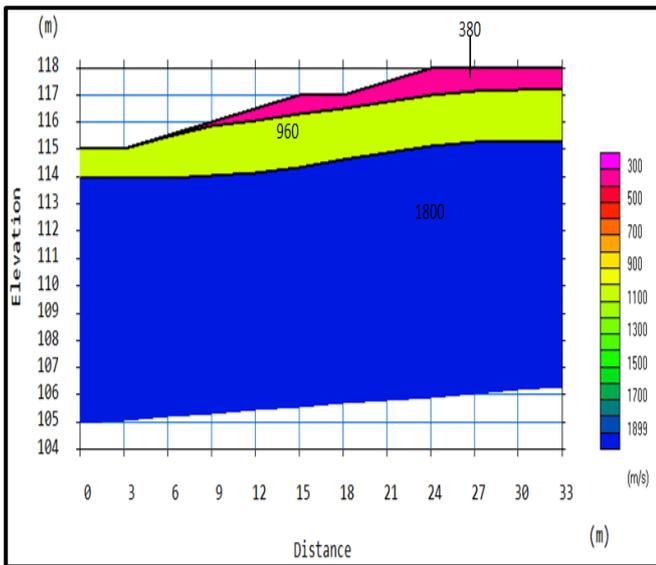
No	Lapisan	Kecepatan (m/s)	Ketebalan (m)	Batuan
1	Pertama	±460	2	Pasir kering
2	Kedua	±980	3,4	Lempung
3	Ketiga	±1800	≥ 9	Lempung

Gambar 9 menunjukkan grafik yang saling memotong satu sama lain. Grafik tersebut terlihat ada 12 titik yang dimana titik-titik tersebut mewakili 12 *geophone* yang digunakan. Semakin besar *travel time* yang diperoleh maka dapat diduga semakin besar kecepatan gelombang seismik yang merambat dibawah permukaan tanah. Grafik yang pertama menunjukkan (*endset I*) yang dapat dilihat berawal dari 0 meter dengan *travel time* berawal dari 2 sampai 78 m/s. Grafik yang kedua (*endset II*) terletak berkisar 16.5 meter dengan *travel time* yang terbagi 2 arah yang di sebabkan oleh sumber ledakan (gangguan) terletak ditengah-tengah *geophone* sehingga gelombang yang di hasilkan sebagian kekiri dengan *travel time* 42 m/s dan sebagian ke kanan 39 m/s. Grafik ketiga (*endset III*) berawal dari 33 meter dengan *travel time* dari 3 sampai 104 m/s.



Gambar 9 Kurva travel time Lintasan-4

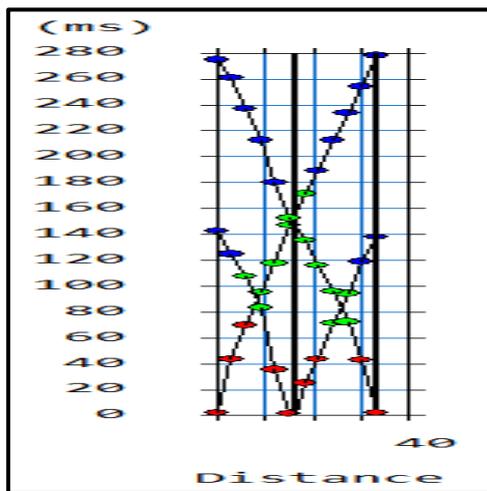
Gambar 10 merupakan model penampang kecepatan gelombang seismik 2D, dapat diketahui bahwa terdapat 3 lapisan yang berbeda-beda kecepatan gelombangnya pada tiap-tiap lapisannya. Pada lapisan 1 kecepatan gelombang (V_1) = 380 m/s dengan ketebalan lapisan ± 1 meter diduga didominasi pasir kering. Lapisan 2 kecepatan gelombangnya (V_2) = 960 m/s dengan ketebalan lapisan ± 2 meter diduga didominasi lempung. Lapisan 3 kecepatan gelombang (V_3) = 1800 m/s dengan ketebalan lapisan sebesar ≥ 9 meter diduga didominasi lempung. Dapat dilihat kecepatan gelombang semakin bertambah seiring dengan bertambahnya kedalaman lapisan. Nilai kecepatan dan ketebalan gelombang seismik refraksi pada lintasan 4 di uraikan dalam Tabel 4.



Gambar 10. Penampang kecepatan gelombang seismik model 2D pada Lintasan-4

Tabel 4. Nilai ketebalan dan kecepatan gelombang seismik refraksi pada lintasan 4.

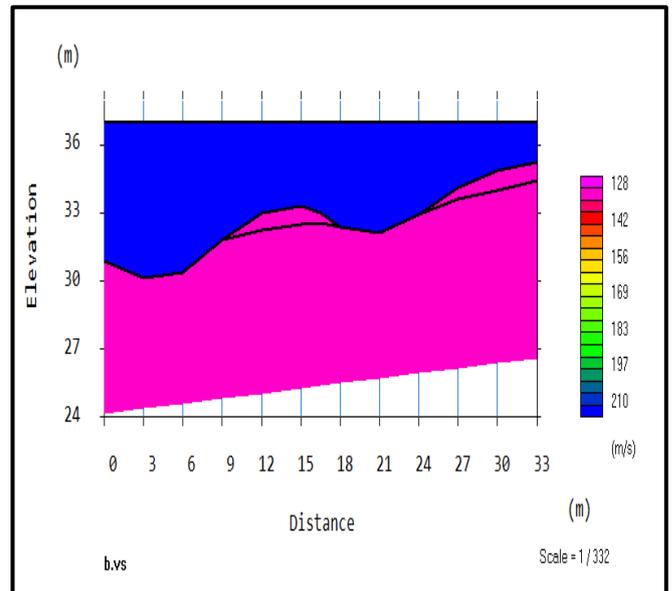
No	Lapisan	Kecepatan (m/s)	Ketebalan (m)	Batuan
1	Pertama	±380	1	Pasir Kering
2	Kedua	±960	2	Lempung
3	Ketiga	±1800	≥ 9	Lempung



Gambar 11. Kurva travel time Lintasan-5

Gambar 11 menunjukkan grafik yang saling memotong satu sama lain. Grafik tersebut terlihat ada 12 titik yang dimana titik-titik tersebut mewakili 12 geophone yang digunakan. Semakin besar *travel time* yang diperoleh maka dapat diduga semakin besar kecepatan gelombang seismik yang merambat dibawah permukaan tanah. Grafik yang pertama menunjukkan (*endset I*) yang dapat dilihat berawal dari 0 meter dengan *travel time* berawal dari 0 sampai 278 m/s. Grafik yang kedua (*endset II*) terletak berkisar 16.5 meter dengan *travel time* yang terbagi 2 arah yang di sebabkan oleh sumber ledakan (gangguan) terletak ditengah-tengah *geophone* sehingga gelombang yang di hasilkan sebagian kekiri dengan *travel time* 141 m/s dan sebagian ke kanan 140 m/s. Grafik ketiga (*endset III*) berawal dari 33 meter dengan *travel time* dari 0 sampai 280 m/s.

Selanjutnya dari kelima kurva *travel time* yang diperoleh akan dianalisis kurva waktu tempuh gelombang untuk mendapatkan model penampang kecepatan gelombang seismik model 2D. Proses pemodelan ini dilakukan menggunakan metode waktu tunda dan menggunakan program *plotrefa*. Hasil pemodelan penampang kecepatan gelombang seismik 2D dapat di lihat pada gambar 4, Gambar 6, Gambar 8, Gambar 10, dan Gambar 12.



Gambar 12. Penampang kecepatan gelombang seismik model 2D pada Lintasan-5

Gambar 12 Merupakan model penampang kecepatan gelombang seismik 2D, dimana lokasi pada lintasan 5 ini terletak tepat berada di zona likuifaksi balaroa, dapat dilihat pada model penampang di atas bahwa data tersebut sulit untuk diinterpretasikan, karena dilokasi tersebut telah terjadi likuifaksi atau pergerakan tanah sehingga membuat struktur tanah di lokasi tersebut menjadi tercampur aduk antara lapisan yang berpasir dan lapisan lempung atau lapisan yang lebih kompak (*massive*), sehingga membuat lapisan yang kompak berada di atas lapisan yang berpasir, hal ini tidak sesuai dengan asumsi awal bahwa makin bertambahnya kedalaman batuan lapisan maka makin kompak batuan penyusunnya.

Garfik *travel time* merupakan hubungan jarak dengan waktu yang dibutuhkan gelombang dari sumber ke *geophone*. Perbedaan kecepatan gelombang (*V*) tiap sumber dalam 5 line diduga adanya perbedaan porositas tiap lapisan, sesuai asumsi dasar untuk medium bawah permukaan makin bertambahnya kedalaman batuan lapisan bumi makin kompak (*massive*). Tingkat porositas yang tinggi dalam batuan akan memperlambat perpindahan energi gelombang dalam batuan, mengakibatkan nilai kecepatan gelombang menjadi rendah dan begitu pula sebaliknya. Perbedaan kepadatan tiap lapisan ditandai dengan kemiringan grafik *travel time*.

Berdasarkan grafik *travel time* yang diperoleh, maka diketahui perbedaan cepat rambat gelombang untuk tiap lapisannya. Dimana grafik *travel time* merupakan hubungan jarak dan waktu yang dibutuhkan gelombang untuk merambat dari sumber ke *geophone*. Perbedaan kepadatan tiap lapisan ditandai dengan kemiringan grafik *travel time*. Berdasarkan penampang seismik 2-D maka dapat diketahui bahwa masing-masing lintasan memiliki 3 lapisan dimana semakin besar

kecepatan gelombang pada bawah permukaan maka semakin bertambah kedalamannya, sehingga akan semakin kompak pula batuan penyusunnya.

Berdasarkan profil penampang seismik 2-D, dengan pengukuran pada setiap line, lapisan 1 memiliki kecepatan (V_1) = 330 - 460 m/s, lapisan 2 memiliki kecepatan gelombang (V_2) = 561 - 980 m/s dan lapisan 3 memiliki kecepatan (V_3) = 592 - 1800 m/s, dengan demikian dari ke 5 profil penampang seismik 2-D tersebut, diduga ke 3 lapisan yang ada di bawah permukaan pada daerah penelitian mengandung beberapa jenis material yaitu pasir kering, lempung dan lempung basah, sesuai tabel kecepatan gelombang pada material, nilai kecepatan 200 – 900 m/s adalah pasir kering, 750 – 800 m/s adalah lempung basah dan 900 – 1800 adalah lempung. Jenis material yang sama dibawah permukaan, lapisan 3 memiliki kepadatan yang tinggi di banding dengan lapisan yang ada di atasnya. Dengan demikian lapisan 3 diduga menjadi bidang gelincir pada musim hujan berkuantitas tinggi dan adanya gempa bumi yang berkekuatan besar, hal ini didukung dengan adanya kemiringan wilayah penelitian. Namun pada lintasan 5 berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan ini terletak tepat berada di zona likuifaksi Balaroa, dapat dilihat bahwa data tersebut sulit untuk diinterpretasikan, dikarenakan di lokasi tersebut telah terjadi likuifaksi atau pergerakan tanah sehingga membuat struktur tanah di lokasi tersebut menjadi tercampur antara lapisan yang berpasir dan lapisan lempung atau lapisan yang lebih kompak (*massive*), sehingga membuat lapisan yang kompak berada di atas lapisan yang berpasir, hal ini tidak sesuai dengan asumsi awal bahwa makin bertambahnya kedalaman batuan lapisan maka makin kompak batuan penyusunnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa di zona likuifaksi Balaroa ini sedikit kemungkinan untuk terjadinya pergerakan tanah lagi, di karenakan struktur penyusun batuan pada lintasan 5 ini telah terjadi perombakan yang menyebabkan struktur batuan menjadi kuat.

Berdasarkan hasil interpretasi pada model lapisan batuan untuk tiap Lintasan maka dapat diketahui bahwa dari 5 lintasan pengukuran tersebut mengandung beberapa jenis material yaitu didominasi pasir kering (*dry sand*) dan lempung. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan gelombangnya maka semakin bertambah kedalamannya. Namun untuk setiap lapisan yang letaknya lebih dalam dibandingkan dengan lapisan yang di atasnya maka struktur lapisannya akan semakin kompak (*massive*).

Sesuai dengan asumsi dasar untuk medium dibawah permukaan makin bertambahnya kedalaman batuan lapisan bumi makin kompak (*massive*). Tingkat porositas yang tinggi dalam batuan akan memperlambat perpindahan energi gelombang dalam batuan, mengakibatkan nilai kecepatan gelombang menjadi rendah dan begitu pula sebaliknya. Dengan demikian antara lapisan 2 dengan lapisan 3 diduga menjadi bidang gelincir pada musim hujan berkualitas tinggi atau pada saat terjadinya gempa bumi yang berkekuatan besar, hal ini di dukung adanya kemiringan di wilayah penelitian dan adanya beban tambahan seperti beban bangunan pada lereng.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan interpretasi data seismik refraksi maka dapat disimpulkan bahwa dari hasil pengukuran seismik diperoleh 3 lapisan dengan nilai kecepatan untuk lapisan 1 (V_1) adalah 330 - 460 m/s, lapisan 2 memiliki kecepatan gelombang (V_2) = 561 - 980 m/s dan lapisan 3 memiliki kecepatan (V_3) = 592 - 1800 m/s. Berdasarkan profil penampang 2-D wilayah penelitian, batas antara lapisan 2 dan lapisan 3 diduga menjadi bidang gelincir pada musim hujan berkuantitas tinggi dan pada saat terjadinya gempa bumi berkekuatan besar. Wilayah penelitian diduga berpotensi terjadi gerakan tanah yang bersifat luncuran karena memiliki perlapisan yang searah dengan kemiringan lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Hall and M. E. J. Wilson, "Neogene sutures in eastern Indonesia," *J. Asian Earth Sci.*, vol. 18, no. 6, pp. 781–808, 2000.
- [2] T. PuSGen, *Kajian Gempa Palu Provinsi Sulawesi Tengah 28 September 2018 (M7.4)*, vol. 1, no. 2018.
- [3] C. Sulaiman and D. Junaedi, "Kelas tektonik sesar Palu Koro, Sulawesi Tengah Tectonic class of Palu Koro Fault, Central Sulawesi," vol. 5, no. 2, pp. 111–128, 2014.
- [4] Y. Bock, "Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System measurements," *J. Geophys. Res.*, vol. 108, no. B8, 2003.
- [5] A. W. Kusumah M *et al.*, *Di Balik Pesona Palu Bencana Melanda Geologi Menata*, 1st Editio. 2018.
- [6] M. J. Crozier and T. Glade, *Landslide Hazard and Risk: Issues, Concepts and Approach*. 2012.
- [7] D. Karnawati, "" Mekanisme Gerakan Massa Batuan Akibat Gempabumi ; Tinjauan Dan Analisis Geologi Teknik " " the Mechanism of Rock Mass Movements As the Impact of Earthquake ; Geology Engineering Revi ..., " no. September, 2015.
- [8] Y. A. Putra, N. Ismail, and Faisal, "Analisis Penentuan Faktor Penyebab Gerakan Tanah di Kabupaten Aceh Tengah, Provinsi Aceh," *J. Ilmu Kebencanaan (JIKA), Pascasarj. Univ. Syiah Kuala*, vol. 2, no. 2, pp. 96–103, 2015.
- [9] Asrafil, I. Uno, H. Jayadi, and S. Rugayya, "Landslide investigation using electrical resistivity tomography (ERT) technique at the location of water channel PLTM Lambangan, Pagimana, Central Sulawesi," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1434, no. 1, 2020.
- [10] A. B. Edge, *Applied geophysics*, vol. 127, no. 3212. 1931.
- [11] S. N. Hudha, U. Harmoko, S. Widada, D. H. Yusuf, and G. Yulianto, "Penentuan Struktur Bawah Permukaan Dengan Menggunakan Metode Seismik Refraksi Di Lapangan Panas Bumi Diwak Dan Derekan, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang," *Youngster Phys. J.*, vol. 3, no. 3, pp. 263–268, 2014.
- [12] Sustriamah, "Menentukan Kedalaman 'Bedrock' Menggunakan Metode Seismik Refraksi (Studi Kasus di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember)," Universitas Jember, 2007.
- [13] P. Kiswarasari, *Aplikasi metode seismik refraksi untuk mendeteksi potensi longsor di desa deliksari kecamatan gunungpati semarang*. 2013.