



Jenis Artikel: *orginal research*

## Penentuan Litologi Bawah Permukaan Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Perumahan Grand Aceh Baet

Adinda Wulan Dari<sup>1</sup>, Putri Aulia Mufadhillah<sup>1</sup>, Rivina Annisa<sup>1</sup>, Alicia Aisyah<sup>1</sup>, Amsir<sup>1</sup>, Zakia Masrurah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Corresponding e-mail: [adindawlnr12@gmail.com](mailto:adindawlnr12@gmail.com)

### KATA KUNCI:

seismik refraksi,  
litologi,  
perumahan

Diterima: 26 Mei 2022  
Direvisi: 14 Juni 2022  
Diterbitkan: 30 Juli 2022  
Terbitan daring: 26 Juli 2022

**ABSTRAK.** Pembangunan infrakstruktur yang terus dilakukan pada Kecamatan Baitussalam ialah pembangunan perumahan. Dengan meningkatnya pembangunan perlu dipertimbangkan kondisi geologi sekitar serta informasi litologi bawah permukaan. Metode seismik refraksi berguna untuk mendapatkan informasi terkait kondisi bawah permukaan yang berhubungan dengan zona kontak antara batuan dengan tanah. Pada penelitian ini dilakukan akuisisi data lapangan yang menghasilkan dua lintasan dengan menggunakan panjang lintasan 300 m. Dari hasil pengolahan data didapatkan adanya tiga lapisan pada masing-masing lintasan. Lapisan pertama pada kedua lintasan merupakan lapisan pasir lempungan dengan rentang nilai 500 -1000m/s dan 800-1100m/s. Lapisan kedua pada kedua lintasan identifikasikan sebagai lapisan lempung dengan rentang nilai 1300-1900m/s dan 1600-1900m/s. Lapisan ketiga pada kedua lintasan identifikasikan sebagai lapisan batupasir dengan rentang nilai 2000-2500m/s dan 1900-2400m/s.

### 1. Pendahuluan

Aceh Besar merupakan kabupaten yang terletak di ujung utara Provinsi Aceh, Indonesia. Jumlah penduduk yang ada pada Kabupaten ini menyentuh angka 405.535 jiwa (BPS Aceh Besar, 2020). Seiring dengan pertumbuhan penduduk, pembangunan infrakstruktur pada Aceh Besar terus dilakukan dan dikembangkan. Salah satu pembangunan infrakstruktur yang dilakukan dan ditingkatkan sampai sekarang ialah pembangunan

perumahan. Kecamatan Baitussalam merupakan contoh dari Kabupaten Aceh Besar yang terus melakukan pembangunan untuk perumahan. Salah satunya adalah Perumahan *Grand Aceh Residence*.

Seiring dengan meningkatnya pembangunan perlu dipertimbangkan kondisi geologi sekitar. Aceh Besar menjadi salah satu wilayah yang rawan akan bencana alam seperti tsunami dan gempa bumi dikarenakan Provinsi Aceh dilewati oleh patahan aktif sesar Semangko (RPJS Aceh Besar 2017). Sebuah struktur bangunan diperkirakan akan berubah jika gempa sehingga diperlukan untuk memperhatikan kondisi geologi untuk mendukung terlaksananya pembangunan yang aman (Kusuma, 2019). Berdasarkan kondisi geologi pada kecamatan Baitussalam, diketahui jenis tanahnya yaitu alluvium atau tanah lunak yang artinya tanah tersebut memiliki daya dukung rendah serta daya dukung tanah terhadap beban bangunan tidak cukup kuat (Bella, 2016). Selain dari memperhatikan kondisi geologi sekitar, perlu dilakukannya perencanaan bangunan yang lebih teliti.

Penimbunan lahan telah dilakukan pada perumahan *Grand Aceh Residence* Baet sebelum dilakukannya pembangunan. Penimbunan ini dilakukan agar lahan yang sebelumnya merupakan tambak bisa dijadikan sebagai tempat untuk pembuatan pondasi rumah. Dalam pembuatan pondasi rumah perlu dilakukan uji ketahanan tanah yang mana pada setiap wilayah mempunyai kontur yang bervariasi ataupun berbeda-beda. Uji ketahanan tanah diawali dengan melihat kondisi bawah permukaannya. Kondisi bawah permukaan sangat penting dalam hal penentuan kualitas bangunan yang berguna untuk perencanaan pondasi serta mengurangi kerugian yang akan terjadi kedepannya. Selain dengan melihat kondisi bawah permukaan, uji ketahanan dilakukan dengan cara perencanaan lokasi, perencanaan kolom, rangka dan pondasi serta spesifikasi material (Tobing, 2019). Penentuan kekuatan pondasi serta perencanaan model pondasi bisa dilihat berdasarkan jenis tanah dasar serta kedalaman batuan dasar yang diperoleh dari informasi litologi. Daya dukung tanah yang rendah dan penurunan yang besar apabila diberi beban juga menjadi permasalahan yang sering ditemui pada pembangunan konstruksi (Bella, 2016).

Rekayasa bawah permukaan yang berfungsi memperoleh geologi struktur dengan memanfaatkan metode geofisika adalah salah satu cara yang efektif dan efisien dikarenakan memiliki sifat yang tidak merusak (Menzies dkk., 2000). Metode geofisika yang dipakai untuk mengetahui kondisi litologi bawah permukaan, kedalaman batuan serta perlapisan batuan salah satunya ialah metode seismik refraksi. Pada penelitian yang dilakukan, digunakan metode seismik refraksi yang berguna dalam penentuan struktur bawah permukaan serta ketebalan suatu batuan yang didasarkan pada gelombang P yang menjalar di bawah permukaan bumi yang diperoleh dari sumber getaran pada permukaan bumi. Selain itu pengaplikasian lain dari metode seismik refraksi ini ialah penentuan litologi seperti penentuan lapisan penutup (Ayub dkk., 2020), identifikasi kekerasan batuan (Prabowo dan Lepong, 2016), analisis daya dukung tanah (Maemunah, 2018), identifikasi pergerakan tanah (Febrianti, 2020), potensi tanah longsor (Larasati dkk., 2019), indentifikasi *landfill* (Syifa dkk., 2020) dan ketebalan lapisan lapuk (Muhardi dkk., 2020). Selain itu metode seismik refraksi memiliki ketepatan serta resolusi yang tinggi dalam memodelkan struktur geologi dengan akurasi yang sangat baik.

Pada bidang geoteknik, efektivitas metode seismik refraksi dalam penentuan litologi bawah permukaan telah dibuktikan oleh Sabiq (2018) yang melakukan penelitian terkait penentuan litologi lapisan bawah permukaan untuk geoteknik bendungan air daerah "X", Tapanuli Selatan. Begitu juga Haryanto (2021) yang melakukan penelitian terkait karaktersasi geoteknik fondasi kandidat tapak PLTN dengan menggunakan metode seismik refraksi. Penelitian itu dilakukan guna melihat litologi bawah permukaan untuk estimasi pekerjaan terkait penentuan pondasi PLTN serta memperlihatkan kedalaman lapisannya. Kedua hal itu memperlihatkan bahwa metode seismik refraksi sering dipakai pada penelitian untuk menganalisis bawah permukaan dalam bidang geoteknik.

Penjelasan latar belakang permasalahan tersebut serta salah satu keunggulan dari metode seismik refraksi untuk mendapatkan kondisi bawah permukaan merupakan alasan mengapa penelitian ini menggunakan metode seismik refraksi. Metode yang berfungsi untuk memperoleh informasi litologi bawah permukaan yang bisa dijadikan sebagai sebuah rujukan dalam perencanaan pembangunan yang baik serta memberikan hasil yang

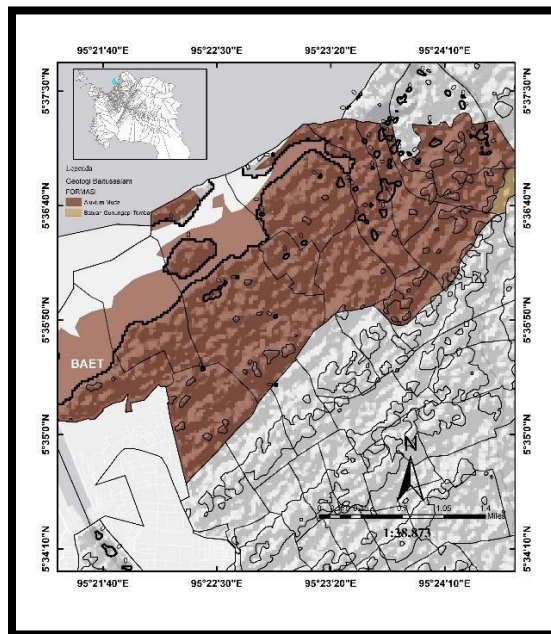
akurat terkait kondisi litologi bawah permukaan pada perumahan *Grand Aceh Residence*, Baet, Kecamatan Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Geologi Daerah Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Perumahan *Grand Aceh Residence* yang terletak di Desa Baet, Kecamatan Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Secara geografis Kabupaten Aceh Besar terletak pada 5° 2'–5° 8' Lintang Utara dan 95° 80' – 95° 88' Bujur Timur. Untuk luas wilayah Aceh Besar mempunyai luas sebesar 290.350,73 Ha. Sebagian besar wilayahnya terletak di daratan dan sebagian kecil terletak di kepulauan. Untuk kondisi topografi Kabupaten Aceh Besar memiliki kisaran 0 sampai lebih dari 800 meter di atas permukaan laut. Ketinggian pada kabupaten Aceh Besar sendiri dikuasai oleh ketinggian 200 -400 meter dpl ataupun memiliki persentase sebesar 20,67% dari total luas wilayah kabupaten (Saraswati dkk., 2021).

Nugraha (2019) mengatakan bahwa keadaan geologi pada wilayah Baitussalam merupakan daerah pesisir pantai yang tersusun dari formasi Alluvium dengan endapan sedimen sedangkan pada daerah sekitar wilayah Aceh Besar lainnya juga tersusun batuan vulkanik Lamteuba (QTvt). Dapat diamati juga berdasarkan peta geologi pada Gambar 1 juga sebanyak 80% jenis batuan yang terdapat pada wilayah Aceh Besar ialah mengandung endapan alluvium (Qh) dan selebihnya merupakan batuan vulkanik Lamteuba. Alluvium sendiri terdiri atas kerikil, lumpur, pasir dan lain sebagainya.



Gambar 1. Peta Geologi Penelitian

### 2.2 Metode

Metode seismik adalah salah satu metode geofisika aktif yang menggunakan perambatan gelombang mekanik yang menjalar ke dalam bumi. Gelombang mekanik tersebut mempunyai asal dari sumber seperti *hammer* atau palu seismik dan akan diterima oleh receiver (Reynolds, 1997). Perambatan gelombang P di suatu lapisan batuan diakibatkan oleh densitas batuan serta elastisitas batuan. Hal itu menyebabkan pada saat kecepatan rambat gelombang P pada lapisan batuan didapatkan, maka densitas suatu batuan juga didapatkan. Gelombang seismik refraksi yang bisa tercatat oleh *receiver* pada permukaan bumi hanya gelombang seismik yang menjalar pada batas antar lapisan batuan yang mana hal ini hanya bisa terjadi jika sudut datang merupakan sudut kritis atau dapat dikatakan ketika sudut bias tegak lurus dengan garis normal. Hal tersebut sesuai dengan anggapan bahwa

kecepatan lapisan di bawah *interface* lebih besar daripada kecepatan di atas *interface*. Untuk itu parameter yang diamati oleh metode ini ialah karakteristik waktu tiba gelombang pada masing-masing *geophone* (Linda dkk., 2019).

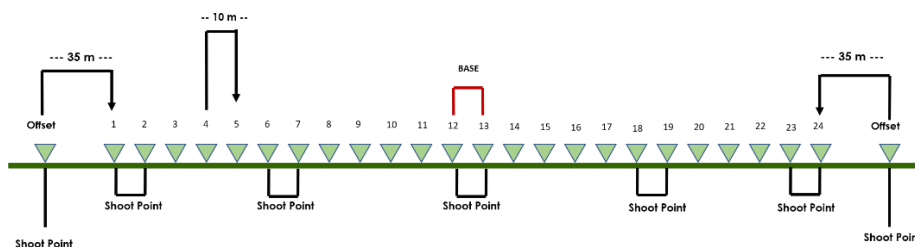
Metode seismik refraksi mempunyai keterbatasan yang mana metode ini tidak bisa diperuntukkan pada daerah dengan kondisi geologi yang terlalu kompleks. Akan tetapi, metode ini mempunyai kelebihan yaitu bisa mendeteksi lapisan dangkal dan hasil yang diperoleh cukup memuaskan (Haihong dan Wei-wei, 2016). Firnanza (2017) mengatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi cepat rambat gelombang seismik dalam batuan antara lain ialah litologi, densitas, porositas, tekanan, umur batuan, kedalaman serta temperatur. Menurut Kearey (2002), cepat rambat gelombang seismik sangat amat terikat dengan batuan yang dipengaruhi dengan elastisitas dan densitas batuan. Dari faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan gelombang seismik akan diperoleh nilai kecepatan gelombang seismik pada beberapa jenis batuan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kecepatan gelombang P pada beberapa medium (Burger, 1992)

Material	P Velocity (m/s)
<b>Air</b>	331,5
<b>Water</b>	1400-1600
<b>Weathered Layered Soil</b>	300-900
<b>Alluvium Clay</b>	250-600
<b>Sand and Gravel Unsaturated</b>	500-2000
<b>Metamorphic Rock</b>	1000-2500
<b>Sandstone and Shale</b>	800-2200
<b>Limestone</b>	3500-7000
	2000-6000

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu tahapan akuisisi data, pengolahan data serta interpretasi data. Untuk tahapan akuisisi data dilakukan pada Perumahan Grand Aceh Residence, Baet, Kecamatan Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode seismik refraksi sebanyak 2 lintasan pengukuran dan panjang masing-masing lintasan sepanjang 230 meter dengan jarak atau spasi antara *geophone* yaitu 10 meter serta offset yang digunakan ialah masing-masing sepanjang 35 meter.

Akuisisi data dilakukan dengan menggunakan alat *seismograph* PASI 16S-24P. Pengukuran pada penelitian menggunakan metode seismik refraksi ini menggunakan 7 titik *shot*. Dua titik *shot* dilakukan di *offset* dan lima titik *shot* lainnya dilakukan di sepanjang lintasan (*shot inline*). *Shot inline* pada penelitian ini dilakukan diantara *geophone* 1 dan 2, 6 dan 7, 12 dan 13 (*center*), 18 dan 19, serta yang terakhir antara *geophone* 23 dan 24. Desain *shotpoint* pada lintasan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain *shotpoint*

Tahapan kedua yaitu pengolahan data, pada penelitian ini pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software *ZondST2D*. Untuk tahapan pengolahan data dengan menggunakan software ini dimulai dengan meng-input data yang sebelumnya didapatkan pada proses akuisisi data, dilanjutkan dengan tahap *filtering* dengan teknik *band-pass filter*, kemudian *picking first arrival time* dan setelah itu inversi yang hasilnya merupakan penampang 2D. Setelah dilakukannya tahap akuisisi data dan tahap pengolahan data, tahapan selanjutnya ialah interpretasi data. Interpretasi data seismik refraksi dilakukan dengan melihat hasil penampang 2D seismik refraksi dari pengolahan data yang telah dilakukan.

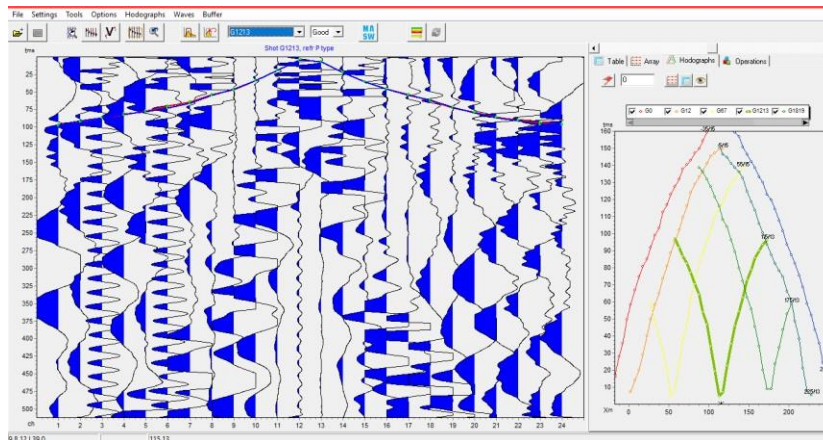
### 3. Hasil dan Pembahasan

Data yang didapatkan pada proses akuisisi ialah data seismik refraksi serta data geometri pengukuran. Untuk data geometri pengukuran berisikan data koordinat geografis, *sampling time*, jarak spasi antar *geophone*, *record time* serta panjang bentangan pengukuran. Data geometri dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Data geometri lintasan seismik refraksi

Nama lintasan (spasi)	Geophone	Koordinat	
		Latitude	Longitude
SRB1, 230m (10m)	G1	0.762133 <sup>o</sup>	0.618400 <sup>o</sup>
	Center	0.762192 <sup>o</sup>	0.618316 <sup>o</sup>
	G24	0.762253 <sup>o</sup>	0.618228 <sup>o</sup>
SRB2, 230m (10m)	G1	0.762214 <sup>o</sup>	0.618101 <sup>o</sup>
	Center	0.762254 <sup>o</sup>	0.618201 <sup>o</sup>
	G24	0.762301 <sup>o</sup>	0.618299 <sup>o</sup>

Sedangkan untuk data seismik refraksi didapatkan dari *seismograph* PASI 16S-24P dengan 24 *geophone* yang merupakan data waktu perambatan gelombang seismik (*travel time*). Data yang didapatkan berupa rekaman gelombang dari perbandingan jarak terhadap waktu. Pada gelombang rekaman seismik memperlihatkan *travel time* dengan satuan ms. *Trace* seismik pada *shot point center* antara *geophone* 12 dan 13 dapat dilihat pada Gambar 4. Pada gambar tersebut dilihat bahwa warna biru merupakan pola amplitude gelombang dan untuk garis merah merupakan *first arrival time* yang dipilih pada saat proses *picking* berlangsung.

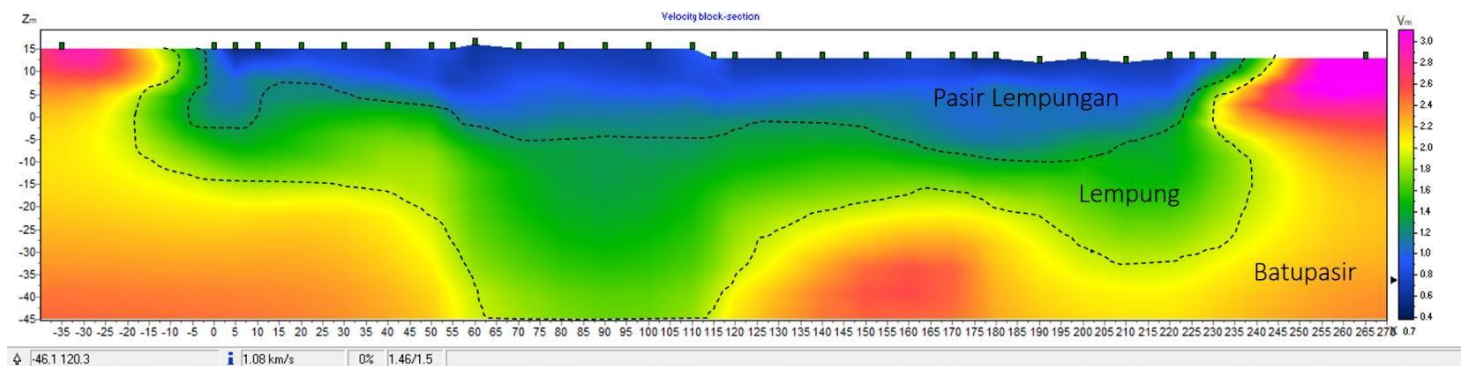


**Gambar 4.** Data seismik pada *shot point* 12 dan 13 hasil akuisisi

#### 3.1 Interpretasi Data

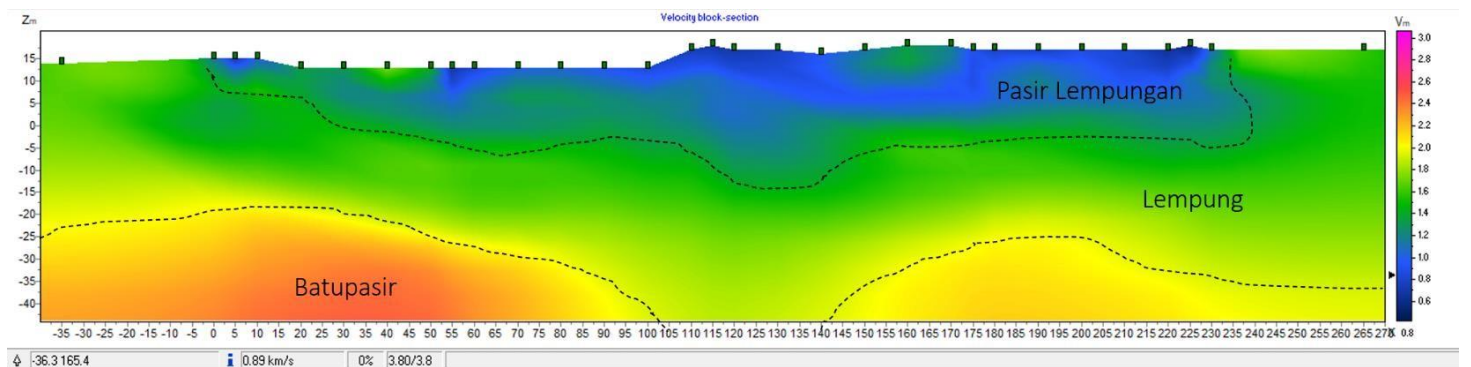
Berdasarkan hasil inversi dari kurva T-X dengan menggunakan software *ZondST2D*, didapatkan kedalaman penetrasi pada dua lintasan tersebut dengan rata-rata 65 meter dengan kecepatan rambat gelombang seismik dengan nilai 500 m/s sampai dengan 2500 m/s. Persebaran nilai kecepatan gelombang P ( $V_p$ ) pada dua lintasan ini terbagi menjadi tiga rentang nilai yang diasumsikan sebagai tiga lapisan.

Interpretasi data kecepatan gelombang didasarkan pada tabel kecepatan gelombang P pada beberapa batuan (Burger 1992) yang dapat dilihat pada Tabel 1. Dari hasil interpretasi pada lintasan pertama menunjukkan bahwa terdapatnya tiga jenis struktur lapisan bawah permukaan dengan nilai kecepatan gelombang yang bervariasi. Untuk data kecepatan penjalaran gelombang seismik pada lintasan pertama ini berada pada nilai 500 m/s sampai dengan 2400 m/s. Kedalaman yang ada pada lintasan pertama ini ±65 meter. Lapisan pertama dengan rentang nilai 500-1000 m/s (biru) diidentifikasi sebagai lapisan pasir lempungan dengan ketebalan ±15 meter. Lapisan kedua dengan rentang nilai 1300-1900 m/s (hijau) diidentifikasi sebagai lapisan lempung dengan ketebalan ±35 meter. Dan untuk lapisan yang ketiga dengan rentang nilai 2000 -2500 m/s (kuning kemerahan) diidentifikasi sebagai lapisan batupasir dengan ketebalan 30 -45 meter. Gambar 5 merupakan hasil interpretasi pada lintasan pertama.



**Gambar 5.** Hasil Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Lintasan 1

Hasil interpretasi pada lintasan kedua juga menunjukkan bahwa terdapat tiga jenis struktur lapisan bawah permukaan dengan nilai kecepatan gelombang yang bervariasi. Untuk data kecepatan penjalaran gelombang seismik pada lintasan kedua ini berada pada nilai 800 m/s sampai dengan 2400 m/s. Kedalaman yang terdapat pada lintasan kedua ini ±60 meter. Lapisan pertama dengan rentang nilai 800 -1100 m/s (biru) diidentifikasi sebagai lapisan pasir lempungan dengan ketebalan lapisan ±15 meter. Untuk lapisan kedua dengan rentang nilai 1600-1900 m/s (hijau) diidentifikasi sebagai lapisan lempung dengan ketebalan ±45 meter. Serta pada lapisan ketiga dengan rentang nilai 1900-2400 m/s diidentifikasi sebagai lapisan batupasir dengan ketebalan lapisan ±25 meter. Gambar 6 merupakan hasil interpretasi pada lintasan kedua.



**Gambar 6.** Hasil Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Lintasan 2

Berdasarkan dari peta geologi (Bennet dkk., 1981) menunjukkan bahwa kedua lintasan pada daerah penelitian termasuk kedalam formasi Qh (alluvium). Hasil dari interpretasi berdasarkan nilai  $V_p$  yang diperoleh dan dikorelasikan dengan peta geologi serta penelitian terdahulu pada daerah penelitian menunjukkan hasil yang

signifikan dan sesuai. Sifat fisis litologi pada kedua lintasan ini termasuk kedalam jenis lapisan yang tidak cukup kuat untuk menahan bangunan dengan tingkat tinggi serta jenis lapisan ini juga mempunyai kadar air yang cukup tinggi serta permeabilitas yang rendah sehingga menyebabkan masalah dalam konstruksi bangunan (Bella, 2016). Akan tetapi hal ini dapat diatasi dengan metode perbaikan tanah serta merencanakan pondasi yang sesuai untuk jenis lunak (Srihandayani dkk., 2018).

#### 4. Kesimpulan

Hasil interpretasi data seismik refraksi dari dua lintasan memperlihatkan adanya tiga litologi utama yaitu pasir lempungan, lempung pasir dan lempung. Perbedaan kompakitas batuan diperlihatkan terdapatnya tiga lapisan kecepatan batuan. Dua yang diperoleh didapatkan tiga lapisan sebagai berikut:

- Lapisan pertama pada kedua lintasan merupakan lapisan pasir lempungan dengan rentang nilai 500-1000m/s pada lintasan pertama dan 800-1100m/s pada lintasan kedua.
- Lapisan kedua pada kedua lintasan identifikasikan sebagai lapisan lempung dengan rentang nilai 1300-1900m/s pada lintasan pertama dan 1600-1900m/s pada lintasan kedua.
- Lapisan ketiga pada kedua lintasan identifikasikan sebagai lapisan batupasir dengan rentang nilai 2000-2500m/s pada lintasan pertama dan 1900-2400m/s pada lintasan kedua.

Dari kedua penampang diidentifikasi juga ketebalan lapisan pasir lempungan diperkirakan sekitar 15 meter. Lapisan dibawahnya yang merupakan lapisan lempung pasir diperkirakan ketebalan lapisannya sekitar 35 meter pada lintasan pertama dan 45 meter pada lintasan kedua. Lapisan ketiga yang merupakan lapisan lempung diidentifikasi ketebalannya 40 meter pada lintasan pertama dan 25 meter pada lintasan kedua. Berdasarkan nilai  $V_p$  yang didapatkan, dapat diasumsikan bahwa dengan semakin bertambahnya kedalaman memperlihatkan bahwa batuan yang terdapat pada kawasan tersebut semakin tinggi nilai densitasnya dan mempunyai tingkat porositas yang rendah.

#### Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada program MBKM USK Unggul yang telah memberikan wadah untuk penulis melakukan riset dan penelitian. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak Badrul Munir, S.Si selaku laboran Teknik Geofisika yang telah membantu selama proses pengambilan data ke lapangan.

#### Keterlibatan Penulis

AWD melakukan akuisisi data, analisis data, menulis manuskrip original dan menulis manuskrip revisi. PAM melakukan akuisisi data, RA melakukan akuisisi data, AA membantu proses akuisisi data. A membantu proses penulisan serta gagasan ide penelitian dan ZM membantu proses penulisan serta gagasan ide penelitian.

#### Daftar Pustaka

- Ayub, S., Zuhdi, M., dan Rokhmat, J. 2020. Aplikasi Metode Seismik Refraksi dalam Menentukan Lapisan dan Tingkat Kekerasan Batuan di Bawah Permukaan Desa Medana Lombok Utara. *Kappa Journal*, 4(2), 188-196.
- Bella, R. A. 2016. Permodelan Timbunan Pada Tanah Lunak Dengan Menggunakan Program Plaxis. *Jurnal Teknik Industri*, 1-9.
- Bennet, J.D., Bridge, D.McC., N.R. Cameron, A. Djunuddin, S.A., Ghazali, D.H., Jeffry, W., Kartawa, W., Keats, N.M.S., Rock, S.J., Thomson dan R. Whandoyo. 1981. Peta Geologi Lembar Banda Aceh, Sumatera, skala 1:250.000. BPS Aceh Besar. 2020. *Kabupaten Aceh Besar Dalam Rangka 2020*.
- Burger, H. R. 1992. *Introduction to Applied Geophysics: Exploring the Shallow Subsurface*. 660.
- Febrianti, N. R., dan Jamidun. 2020. Aplikasi Metode Seismik Refraksi untuk Identifikasi Pergerakan Tanah di Perumahan Balaroa Palu. *Gravitasi*, 19(2), 44-50.
- Firnanza, E. 2017. *Penentuan Litologi Lapisan Bawah Permukaan Berdasarkan Model Kecepatan 2D Tomografi*

- Seismik Refraksi Untuk Geoteknik Jalan Tol. Fakultas Teknik, Universitas Lampung: Lampung.
- Hai-hong Ding dan Wei-wei, Jiang. 2016. *Application of Geophysical Methods in Tunnel Exploration*. 5<sup>th</sup> International Conference on Civil, Architectural and Hydraulic Engineering (IC CAHE 2016)., Atlantis Press.
- Haryanto, D., Rachael, Y., Kamajati, D., Prasetyo, G. H., Syaeful, H., & Indrastomo, F. D. 2021. Karakterisasi Geoteknik Fondasi Kandidat Tapak PLTN dengan Metode Seismik Refraksi. *Eksplorium*, 42(2), 119.
- Kearey, P., Brooks, M., and Hill, I. 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration 3<sup>rd</sup> ed.* United Kingdom: Blackwell Scienc.
- Kusuma, W. B. 2019. Karakteristik Sifat Fisik Dan Daya Dukung Tanah Endapan Aluvium Daerah Caruban. *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi MigasZoom*, 1(2), 15–27.
- Larasati, S. S., Kurniawati, R., Hagana, E. M., Arti, C., Purwanta, P., Puspita, O. D., Prihutama, F. A. 2019. Analisis Potensi Tanah Longsor Menggunakan Metode Seismik Refraksi Critical Distance Method dan Delay Time Plus Minus pada Daerah Kebun Karet, Kecamatan Imogiri, Bantul, DI Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-11*.
- Linda, F. N., Lepong, P., dan Djayus. 2019. Interpretasi Kecepatan Gelombang Seismik Refraksi Tomografi Dalam Penentuan Litologi Bawah Permukaan di Desa Bhuana Jaya (Studi Kasus: PT. KHOTAI MAKMUR INSAN ABADI). *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 2(2).
- Maemunah, M. 2018. Analisis Daya Dukung Tanah Pada Pondasi Jembatan Di Desa Lembar Kecamatan Lembar (Ntb) Menggunakan Metode Seismik Refraksi. Univeristas Mataram.
- Menzies, B., Chairman. 2000. *Near-surface site characterisation by ground stiffness profiling using surface wave geophysics*.
- Muhardi, M., Perdhana, R., Utama, M. R. J., Laia, M., Pratiwi, T. D., dan Nurwulandari, R. A. 2020. Identifikasi Ketebalan Lapisan Lapuk pada Area Rawan Longsor Menggunakan Metode Seismik Refraksi (Studi Kasus: Desa Kalirejo Kabupaten Kulonprogo). *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 8(2), 141–150.
- Nugraha, G. S., dan Muhni, A. 2019. *Aplikasi Metode Resistivitas 2D untuk Menentukan Intrusi Air Laut di Lambada Lhok Aceh Besar Aceh*. 6131, 1–11.
- Prabowo, R. O., dan Lepong, P. 2016. Interpretasi Tingkat Kekerasan dan Rippability Lapisan Batuan Bawah Permukaan Menggunakan Metode Seismik Refraksi Tomografi. *Prosiding Seminar Sains dan Teknologi FMIPA Unmul*.
- Reynolds, J. M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley & Sons Ltd.
- RPJS Aceh Besar. 2017. *Qanun Kabupaten Aceh Besar Nomor 2 Tahun 2019 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Kabupaten Aceh Besar Tahun 2017-2022*.
- Sabiq, H., Rasimeng, S., dan Karyanto, K. 2018. Penentuan Litologi Lapisan Bawah Permukaan Berdasarkan Tomografi Seismik Refraksi Untuk Geoteknik Bendungan Air Daerah "X." *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 4(3), 58–72.
- Saraswati dan Ratna. 2021. Perubahan Garis Pantai Pesisir Timur Sumatra. Depok: Departemen Geografi FMIPA Universitas Indonesia.
- Srihandayani, S., Hakam, A., Mera, M. 2018. Pondasi Super Ringan Pada Tanah Lunak. *5th ACE Conference, November*, 66–72.
- Syifa, R. W., Sumardani, N. I., Dewi, N. A., Febrianti, T., Arifin, J., dan Nuryadin, B. W. 2020. Identification of Landfill Using Refraction Seismic Method in LIPI Area - Bandung. *Risenologi*, 5(1), 26–37.
- Tobing, D. L. 2019. *Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile pada Proyek Pembangunan Gedung Wahid Hasyim Apartemen Medan*. 1-79.