

APLIKASI METODE GEORADAR UNTUK IDENTIFIKASI STRUKTUR GEOLOGI DI JALAN HM. ARDAN RING ROAD 1 SAMARINDA

Ardian Syam^{1*}, Piter Lepong², Supriyanto²,

¹Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

²Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

*Email: ardian.syam73@gmail.com

ABSTRACT

Research has been conducted to find out the geological structure on Jl. HM. Ardan, Ring Road 1, Samarinda, East Kalimantan. Using Ground Penetrating Radar (GPR) and radar reflection profiling techniques, this method is done by bringing the receiver and transmitter antenna ground simultaneously above level and then utilize the electromagnetic wave propagations for subsurface structures identification, which in this method produce a distance value and depth in the form of radar grams. Based on the results of this study can be identified Track 1 and 2 do not show the path of a geological structure on this track because only the process that resulted in the folding Landing dash that formed folding based on field control. On track 3, based on the reflection pattern, it can be estimated there is a lithological contact between the constituent materials, on track 4 it is estimated that there is a fault down at a depth of 1.6 m to 3 m, and from the reflection pattern can illustrate the lithological contact between constituent rocks. on track 5 and track 6 there is a shallow fault and is estimated based on the diffraction pattern recorded there is a water channel at the end of the track.

Keywords: Ground Penetrating Radar, Electromagnetic Waves, The Geological Structure.

1. PENDAHULUAN

Deformasi pada batuan dapat berbentuk lipatan maupun patahan/sesar. Dalam ilmu geologi struktur dikenal sebagai bentuk perlipatan batuan seperti sinklin dan antiklin. Jenis perlipatan dapat berupa lipatan simetris, asimetris, serta lipatan rendah (*recumbent/overtune*), sedangkan jenis-jenis patahan adalah patahan normal (*normal fault*), patahan mendatar (*strike slip fault*) dan patahan naik atau *trust fault* (Noor, Djauhari.,2009)

Berdasarkan peta lembar geologi Samarinda (skala 1: 250.000) (Supriyatna, 1995). Memberikan informasi lipatan antiklinorium dan sesar pada area Ring Road 1. Berdasarkan observasi lapangan ditemukan adanya indikasi pergerakan

tanah, dan terdapat beberapa titik longsor dan amblesan pada badan jalan.

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk menentukan objek yang berada di bawah permukaan dengan memanfaatkan penjalaran gelombang elektromagnetik. Terdapat dua bagian penting pada GPR, yaitu antenna pemancar (*transmitter*) dan antenna penerima (*receiver*). Metode GPR sendiri bersifat non-destruktif dan mempunyai resolusi tinggi terhadap kontras dielektrik material bumi dan mampu melakukan pendeteksian struktur geologi yang relative dangkal dengan resolusi tinggi.

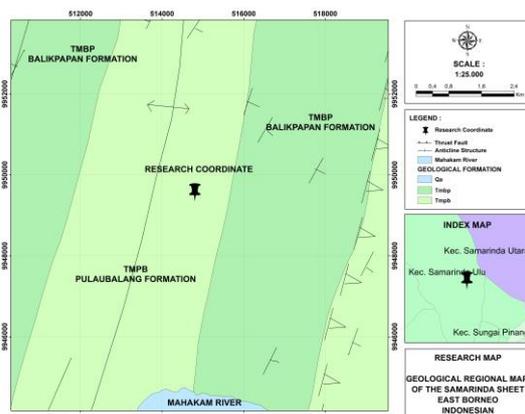
Berdasarkan hal tersebut maka penelitian untuk mengidentifikasi struktur

geologi sekunder menggunakan *Ground Penetrating Radar* perlu dilakukan. Dalam hal ini penelitian dilakukan di areal jalan H. M. Ardan Ring Road 1 tepatnya di areal perumahan Puspita Bukit Raharja, kecamatan Samarinda Ulu, kota Samarinda, Kalimantan Timur. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang keberadaan dan jenis struktur geologi sekunder pada daerah penelitian.

2. TEORI

2.1 Kondisi Geologi Lokal

Struktur yang dapat diamati di lembar Samarinda berupa lipatan antiklinorium dan sesar, lipatan umumnya berarah timurlaut-baratdaya, dengan sayap lebih curam di bagian tenggara. Formasi Pamaluan, Formasi Bebuluh dan Formasi Balikpapan sebagian terlipat kuat dengan kemiringan antara 40° - 75° . Penelitian ini berada pada formasi Pulau Balang. Batuan yang lebih muda seperti Formasi Kampungbaru pada umumnya terlipat lemah. Di daerah ini terdapat juga tiga jenis sesar, yaitu sesar naik, sesar turun, sesar mendatar.



Gambar 1 Peta Kondisi Geologi Lokal Penelitian

2.2 Geologi Struktur

Geologi struktur adalah bagian dari ilmu geologi yang mempelajari tentang bentuk (arsitektur) batuan sebagai hasil dari proses deformasi. Adapun formasi batuan

adalah perubahan bentuk dan ukuran pada batuan sebagai akibat dari gaya yang bekerja di dalam bumi. Secara umum pengertian geologi struktur adalah ilmu yang mempelajari tentang bentuk arsitektur batuan sebagai bagian dari kerak bumi serta menjelaskan proses pembentukannya. beberapa kalangan berpendapat bahwa geologi struktur lebih ditekankan pada studi mengenai unsur-unsur struktur geologi, seperti perlipatan (*fold*), rekahan (*fracture*), patahan (*fault*), dan sebagiannya merupakan bagian dari satuan tektonik (*tektonik unit*), sedangkan tektonik dan geotektonik dianggap sebagai suatu studi dengan skala yang lebih besar, yang mempelajari obyek-obyek geologi seperti cekungan sedimentasi, rangkaian pegunungan, lantai samudra, dan sebagainya (Noor, Djauhari, 2009).

2.3 Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang medan yang merambat secara transversal. Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang gabungan dua komponen yang saling tegak lurus yaitu medan listrik (E) dan medan magnet (H). Karakteristik radiasi gelombang elektromagnetik pada medium struktur lapisan bawah permukaan bumi selanjutnya akan dihamburkan, dipantulkan ataupun diteruskan sesuai dengan parameter-parameter permeabilitas magnet (μ), permitifitas listrik (ϵ) dan konduktifitas (σ). Daftar nilai permitifitas relatif dan kecepatan gelombang elektromagnetik dalam berbagai medium berbeda-beda (Supriyanto, 2007).

secara sistematis telah disusun oleh Maxwell menjadi apa yang dikenal sekarang ini sebagai persamaan Maxwell. Khusus pada ruang vakum dan berlaku juga pada medium udara, persamaan Maxwell dinyatakan sebagai:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = 0 \quad (2.1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (2.2)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (2.3)$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (2.4)$$

Dimana, E = vektor medan listrik, B = vektor medan magnet, ϵ_0 = permitivitas listrik di udara atau vakum ($8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$), μ_0 = permeabilitas magnet di udara atau vakum ($4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$) (Supriyanto, 2007).

Dengan menerapkan operasi curl pada persamaan maxwell maka diperoleh

$$\nabla \times \nabla \times E = -\nabla \times \left\{ \frac{\partial B}{\partial t} \right\} = -\nabla \times \{ \partial / \partial t (\mu H) \} \quad (2.5)$$

$$\nabla \times \nabla \times H = \nabla \times \{ J + \partial D / \partial t \} = \nabla \times \{ \sigma E + \partial / \partial t (\epsilon E) \} \quad (2.6)$$

Dengan menggunakan persamaan maxwell di atas, dapat diturunkan persamaan gelombang elektromagnetik sebagai berikut :

$$\nabla^2 E - \mu \epsilon \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0 \quad (2.7)$$

$$\nabla^2 H - \mu \epsilon \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} = 0 \quad (2.8)$$

Dalam setiap prinsip gelombang dikenal istilah (velocity). Kecepatan gelombang radar sangat bergantung pada konstanta dielektrik dari medium yang dilalui oleh gelombang tersebut (Musset, Alan E., and Khan, M. Aftab. 1993).

$$v_m = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.9)$$

dengan, V_m = kecepatan gelombang ratio merambat dalam tanah (m/s), c = kecepatan cahaya (m/s), ϵ_r = konstanta dielektrik.

Dengan mengamati selang waktu antara pemancar dan penerima (Δt), kita dapat mengetahui kecepatan rata-rata gelombang EM pada medium.

$$v = \frac{2d}{\Delta t} \quad (2.10)$$

Kedalaman tiap refleksi dibawah permukaan, seperti kedalaman muka air tanah dapat ditentukan dari

$$d_r = \frac{vt_r}{2} \quad (2.11)$$

Dengan : d_r = kedalaman reflector, V = cepat rambat energi elektromagnetik pada material (m/s), t_r = waktu tempuh ke reflektor dalam *two way travel time*, d adalah jarak antara sumber gelombang

dengan pemantul (kedalaman reflektor) (Musset, Alan E., and Khan, M. Aftab. 1993). Parameter fisis yang terukur dari metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) adalah nilai koefisien refleksi gelombang elektromagnetik dengan rentang waktu dan frekuensi tertentu pada objek yang berbeda nilai konstanta dielektriknya. Nilai koefisien refleksi gelombang radar ini terkait dengan nilai konstanta dielektrik material. Nilai konstanta dielektrik (permitivitas) material ini serupa dengan nilai impedansi akustik pada gelombang seismik. Nilai koefisien refleksi gelombang radar ini dirumuskan dengan (Daniels, David J, 2004).

$$R = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}} \quad (2.12)$$

Konstanta dielektrik suatu material menyatakan kemampuan material tersebut untuk menyimpan muatan yang relative sama dalam ruang hampa ketika medan listrik diberikan. Selain konstanta dielektrik, sifat elektromagnetik lain seperti konduktivitas material juga merupakan parameter yang sangat penting dalam membahas perambatan gelombang. Konduktivitas merupakan parameter yang menyatakan kemampuan suatu material untuk meneruskan atau mengemisikan energi gelombang.

$$\text{RDP} (\epsilon_r) = (c/v)^2 \quad (2.13)$$

Dengan ϵ_r = konstanta dielektrik relative, c = cepat rambat cahaya ($3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$), v = cepat rambat energi elektromagnet pada material (Supriyanto, 2007).

Tabel 1 Nilai parameter fisis beberapa material

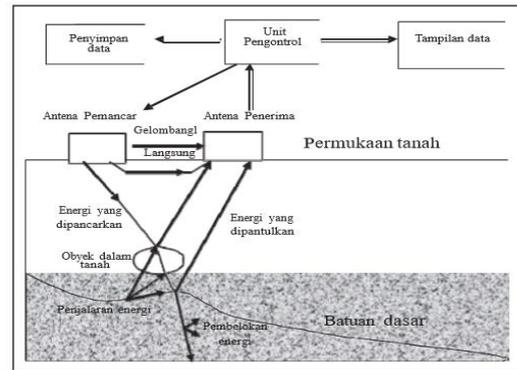
Material	Dielectric Constant	Velocity m/ns
Air	1	0.30
Distilled Water	80	0.033
Fresh Water	80	0.033
Sea Water	80	0.01
Dry Sand	3 – 5	0.15
Saturated	20 – 30	0.06

Sand		
Limestone	4 – 8	0.12
Shale	5 – 15	0.09
Silts	5 – 30	0.07
Clays	5 – 40	0.06
Granite	4 – 6	0.13
Dry Salt	5 – 6	0.13
Ice	3 – 4	0.16
Concrete	4 - 20	0.067 - 0.15

2.4 Prinsip Dasar Operasi GPR

Walau tergolong baru dipopulerkan pada dekade 1980-an, namun sebenarnya prinsip-prinsip dasar GPR telah lama dikenal, sejak diperkenalkannya, prinsip penggunaan metode ini tidak jauh berbeda dengan metode seismik pantul, suatu sistem radar terdiri dari sebuah pembangkit sinyal, antena pengirim (*transmitter*) dan antena penerima (*receiver*). Sinyal radar ditransmisikan sebagian pulsa-pulsa yang berfrekuensi tinggi ≥ 500 MHz, umumnya antara 900 MHz sampai 1 GHz.

Pertama sistem GPR komersial dikembangkan pada tahun 1970-an ini terutama untuk aplikasi pertambangan. Selama 40 tahun terakhir mereka telah sangat berevolusi, mulai sebagai instrumen analog dan memasuki era digital kadang selama tahun 1990-an. Saat ini ada banyak produsen GPR di dunia dan teknologi GPR sedang digunakan untuk berbagai aplikasi seperti geologi pertambangan, arkeologi, deteksi utilitas, survei jalan, survei lingkungan, inspeksi pembangunan dan banyak lagi (PT. Andalan Tunas Mandiri, 2013).



Gambar 2 Skema GPR

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian *Ground Penetrating Radar* (GPR) ini akan dilakukan kurang lebih selama 3 bulan, bertempat di jalan H. M. Ardan, Perumahan Puspita Raharja Ring Road 1, Samarinda. Secara geografis terletak pada koordinat $117^{\circ}8'0''E - 0^{\circ}27'0''S$.

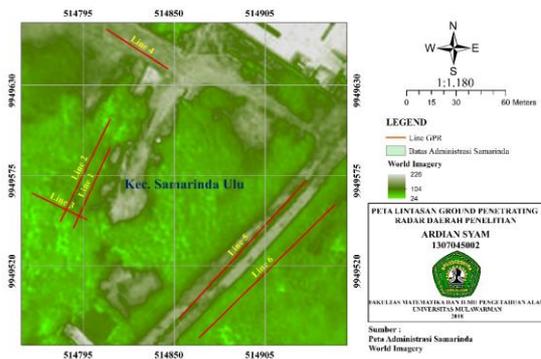
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sebuah alat *Ground Penetrating Radar* yang terdiri dari Kontrol Unit AKULA 9000, Laptop bersama software *Ground Penetrating Radar*, 3 meter kabel kontrol, Kabel USB, Kabel power, Battrey Led Acid 7.5 A/h, Battrey Charger Led Acid, 1 meteran rol (100 m), Alat Tulis Menulis, GPS.

3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur Penelitian ini diawali dengan tahap persiapan yaitu menyiapkan peta geologi daerah penelitian dan melakukan kajian kepustakaan mengenai teori-teori yang mendukung penelitian, survei geologi dan survei geofisika ke daerah pengambilan data untuk menentukan lintasan pengambilan data yang akan dilakukan, menentukan panjang lintasan dan koordinat geografis lintasan menggunakan GPS (*Global Position System*), serta mengetahui struktur geologi daerah pengukuran. Tahap survei geologi ini dilakukan untuk mengetahui jenis formasi dan lapisan batuan yang ada di daerah penelitian agar dapat menginterpretasi jenis batuanannya, juga untuk memperoleh arah *strike* dan *dip* yang digunakan untuk menentukan arah

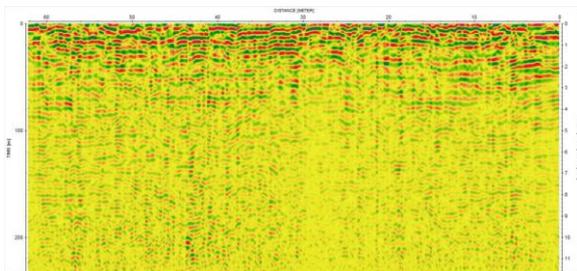
lintasan maupun arah perlapisan bawah permukaan. Selain itu, pada tahap ini penulis juga mempersiapkan semua instrumentasi dan alat yang dibutuhkan pada saat pengambilan data nantinya.

4. HASIL



Gambar 3 Peta lintasan pengukuran metode GPR.

Lintasan 1

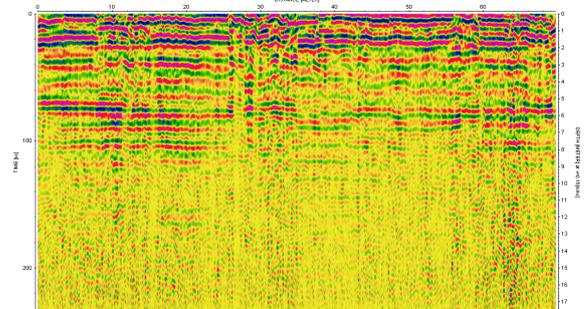


Gambar 4 Hasil Interpretasi Lintasan 1 dalam model 2D

Pengukuran GPR di lintasan pertama dimulai pada titik koordinat $0^{\circ} 27' 23,4''$ S dan $117^{\circ} 07' 58,2''$ E dengan ketinggian (elevasi) 55 meter di atas permukaan laut (mdpl) sampai pada titik koordinat $0^{\circ} 27' 21,8''$ S dan $117^{\circ} 07' 59,2''$ E dengan elevasi 55 mdpl dengan Panjang lintasan sekitar 62 meter dan memiliki kedalaman 11,5 m dibawah permukaan. dari data tersebut tidak menunjukkan adanya pola-pola struktur geologi dikarenakan pada lintasan ini pada dasarnya kondisi geologi datar hanya terjadi proses subsudent yang mengakibatkan perlapisan tergerus yang membentuk perlipatan.

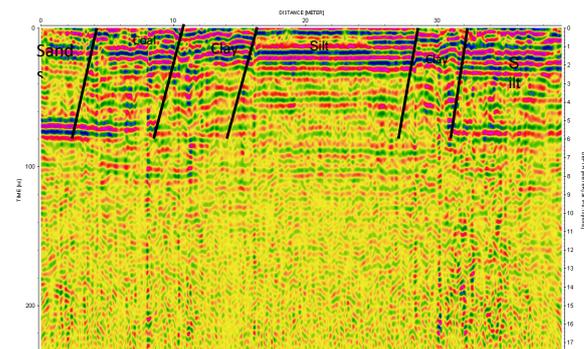
Lintasan 2

Pengukuran GPR di lintasan 2 dimulai pada titik koordinat $0^{\circ} 27' 23,3''$ S dan $117^{\circ} 07' 58,2''$ E dengan ketinggian (elevasi) 56 meter di atas permukaan laut (mdpl) sampai pada titik koordinat $0^{\circ} 27' 21,2''$ S dan $117^{\circ} 07' 59,2''$ E dengan elevasi 54 m di atas permukaan laut (mdpl) dengan Panjang lintasan sekitar 68,8 meter dan memiliki kedalaman 17,5 m dibawah permukaan. dari data tersebut tidak menunjukkan adanya pola-pola struktur geologi dikarenakan pada lintasan ini pada dasarnya kondisi geologi datar hanya terjadi proses subsudent yang mengakibatkan perlapisan tergerus yang membentuk perlipatan.



Gambar 5. Hasil Interpretasi Lintasan 2 dalam model 2D

Lintasan 3



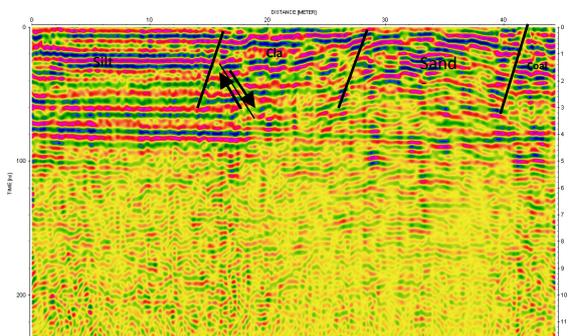
Gambar 6. Hasil Interpretasi Lintasan 3 dalam model 2D

Pengukuran GPR di lintasan 3 dimulai pada titik koordinat $0^{\circ} 27' 23,2''$ S dan $117^{\circ} 07' 58,7''$ E dengan ketinggian (elevasi) 58 meter di atas permukaan laut (mdpl) sampai pada titik koordinat $0^{\circ} 27' 22,7''$ S dan $117^{\circ} 07' 57,6''$ E dengan elevasi 54 m di atas permukaan laut (mdpl) dengan Panjang

lintasan sekitar 39 meter dan memiliki kedalaman 17,5 m dibawah permukaan. Dari hasil penampang bawah permukaan dapat diinterpretasi berdasarkan pola refleksi yang dihasilkan, dari hasil penampang bawah permukaan diperoleh 6 (enam) pola refleksi yang berbeda dimana pola refleksi tersebut diindikasikan sebagai adanya kontak litologi antar batuan penyusun yang ada dibawah permukaan.

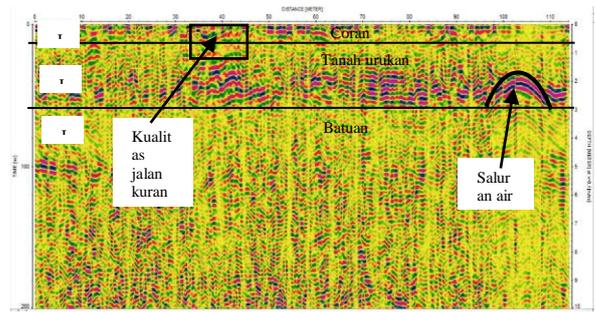
Lintasan 4

Pengukuran GPR di lintasan 4 dimulai pada titik koordinat 0° 27' 19,4" S dan 117° 07' 59,1" E dengan ketinggian (elevasi) 52 meter diatas permukaan laut (mdpl) sampai pada titik koordinat 0° 27' 20,2" S dan 117° 07' 00,3" E dengan elevasi 47 m diatas permukaan laut (mdpl) dengan Panjang lintasan sekitar 44 meter dan memiliki kedalaman 11,2 m dibawah permukaan. dari hasil penampang bawah permukaan diperoleh 4 (empat) pola refleksi yang berbeda dimana pola refleksi tersebut diindikasikan sebagai adanya kontak litologi antar batuan penyusun yang ada dibawah permukaan. serta dapat diinterpretasi berdasarkan pola refleksinya, adanya struktur patahan, pada jarak sekitar 16 meter diduga adanya struktur sesar turun (*Normal Fault*) berada pada kedalaman sekitar 1,6 m sampai dengan 3 m di bawah permukaan.



Gambar 7. Hasil Interpretasi Lintasan 4 dalam model 2D

Lintasan 5

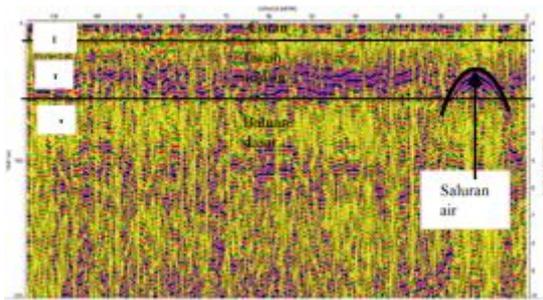


Gambar 8. Hasil Interpretasi Lintasan 5 dalam model 2D

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa struktur geologi daerah penelitian terdiri atas sesar turun. Dengan litologi batuan terdiri dari batupasir, batubara, lempung, dan lanau. Serta, pada lintasan 5 dan 6 tertadapat pola difraksi yang dimana merupakan adanya saluran air.

Berdasarkan profil GPR pada gambar 4.9, lintasan 5 berada disisi kiri jalan raya dengan Panjang lintasan 114 m dan penetrasi kedalaman mencapai 10 m dibawah permukaan, dapat diinterpretasi berdasarkan pola refleksinya pada jarak sekitar 34 m sampai 46 m dapat diketahui bahwa kualitas jalan kurang baik. Dilihat dari hasil pengolahan data, memiliki 3 lapisan yang dipisahkan dengan garis berwarna hitam, pada lapisan pertama L1 diidentifikasi sebagai lapisan *concrete* (jalan semen) dapat diinterpretasi sebagai lapisan batupasir dan *gravel* (kerikil), lapisan kedua L2 diidentifikasi sebagai lapisan *top soil* atau tanah penutup/urukan yang diinterpretasikan sebagai lempung pasiran, sedangkan lapisan ke tiga L3 diidentifikasi sebagai lapisan batuan dasar atau tanah asli yang diinterpretasikan sebagai pasir lempungan. Pada lintasan tersebut juga dapat dilihat pada ujung lintasan terakhir adanya pola difraksi yang diduga sebagai saluran air pada jarak sekitar 104 m dengan kedalam objek sekitar 1,7 m sampai dengan 2,4 m dibawah permukaan.

Lintasan 6



Gambar 9. Hasil Interpretasi Lintasan 6 dalam model 2D

lintasan pengukuran pada lintasan 6 diperoleh Panjang lintasan 116 m dengan penetrasi kedalaman mencapai 10 m dibawah permukaan, posisi lintasan ini berada disisi kanan jalan raya. Dilihat dari hasil pengolahan data, memiliki 3 lapisan yang dipisahkan dengan garis berwarna hitam, pada lapisan pertama L1 diidentifikasi sebagai lapisan *concrete* (jalan semen) dapat diinterpretasi sebagai lapisan batupasir dan *gravel* (kerikil), lapisan kedua L2 diidentifikasi sebagai lapisan *top soil* atau tanah penutup/urukan yang diinterpretasikan sebagai lempung pasir, sedangkan lapisan ke tiga L3 diidentifikasi sebagai lapisan batuan dasar atau tanah asli yang diinterpretasikan sebagai pasir lempungan. Pada lintasan tersebut juga dapat dilihat pada ujung lintasan terakhir dapat diinterpretasi adanya pola difraksi yang diduga sebagai saluran air pada jarak sekitar 12 m, yang dimana berada pada kedalam 1,6 m sampai dengan 2,4 m dibawah permukaan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa struktur geologi daerah penelitian terdiri atas sesar turun. Dengan litologi batuan terdiri dari batupasir, batubara, lempung, dan lanau. Serta, pada lintasan 5 dan 6 tertadapat pola difraksi yang dimana merupakan adanya saluran air.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Daniels, David J. 2004. *Ground Penetrating Radar, 2nd Edition*. The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom.
- Musset, Alan E., and Khan, M. Aftab. 1993. *Looking Into The Earth*. Cambridge Universitas Press, New York. Pp. 227-270.
- Noor, Djauhari. 2009. *Pengantar Geologi jilid pertama*. Fakultas Teknik. Universitas Pakuan. Bogor.
- PT. Andalan Tunas Mandiri. 2013. *Buku Petunjuk Manual Geoscanners AKULA 9000*. Jakarta Timur.
- Reynold, J. M. 1997. *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics*. England, John Wiley and Sonc, inc. Pp. 688-719.
- Supriyanto. 2007. *Perambatan gelombang elektromagnetik*. Fmipa fisika. Universitas Indonesia. Depok.