

## Identifikasi Objek Bawah Permukaan Untuk Fondasi Jalan Tol di Jakarta Menggunakan Metode Ground Penetrating Radar (GPR) Pada Segmen Area Y

Tika Devi Widayanti <sup>1,†</sup>, Sutrisno <sup>1</sup>, Titi Anggono <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jalan. Ir. H. Djuanda No.95, Cempaka Putih, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten 15412, Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2F-LIPI) Kawasan PUSPIPEK, Gedung 440-442, Muncul, Setu, Tangerang Selatan, Banten 15314, Indonesia

[†tikadeviwidayanti@gmail.com](mailto:†tikadeviwidayanti@gmail.com)

**Abstrak.** Penelitian ini dilakukan di Jakarta dengan tujuan untuk mendeteksi keberadaan utilitas di bawah permukaan tanah sebelum dilakukan pembangunan fondasi jalan tol. Saat ini Jakarta sedang melakukan pembangunan infrastruktur jalan tol. Untuk itu perlu diketahui apakah ada utilitas di bawah permukaan tanah yang dapat mengganggu pembangunan fondasi jalan tol. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* (GPR). Terdapat 32 lintasan yang datanya telah diolah menggunakan *software reflexw* 2008. Dari hasil pengolahan dan interpretasi adanya material pasir kering dengan kecepatan gelombang 0,140 m/ns pada kedalaman ~1-2m. Jenis anomali dari radargram menggambarkan lempengan berbentuk kotak dan hiperbola yang menunjukkan utilitas berbentuk silinder. Dari lintasan 1 – 32 terdapat 115 utilitas yang bisa mengganggu pembangunan fondasi jalan tol. Lintasan 5 merupakan lintasan yang paling banyak adanya utilitas terdeteksi sebanyak 6, sedangkan lintasan 10, 23 dan 28 memiliki utilitas terdeteksi paling sedikit sebanyak 2, untuk lintasan 18 dan 19 memiliki 5 utilitas terdeteksi, kemudian lintasan 2, 3, 7, 8, 11, 12, 16, 20, 22, 25, 26, 27, 29, 30, 31 terdapat 4 utilitas terdeteksi, dan lintasan 1, 4, 6, 9, 13, 14, 15, 17, 21, 24, 32 terdapat 3 utilitas terdeteksi. Dari utilitas yang terdeteksi itu perlu dilakukan konfirmasi dengan Lembaga yang mempunyai utilitas tersebut.

**Kata Kunci:** *Ground Penetrating Radar, processing, radargram, reflexw, utilitas.*

**Abstract.** *This research was conducted in Jakarta with the aim of detecting the presence of utilities below ground level before to the construction of the toll road foundation. Currently Jakarta is developing toll road infrastructure. For this reason, it is necessary to know whether there are utilities below ground level that can interfere with the construction of the toll road foundation. This research was conducted using the Ground Penetrating Radar (GPR) method. There are 32 tracks whose data has been processed using Reflexw 2008 software. From the results of processing and interpretation of dry sand material with a wave speed of 0.140 m/ns at a depth of ~ 1-2m. This type of anomaly of a radargram depicts a rectangular plate and a hyperbola indicating cylindrical utility. From routes 1 - 32, there are 115 utilities that can interfere with the construction of the toll road foundations. Line 5 is the path with the most detected utility as many as 6, while lines 10, 23 and 28 have the least detected utility of 2, for lines 18 and 19 it has 5 detected utilities, then trajectories 2, 3, 7, 8, 11, 12, 16, 20, 22, 25, 26, 27, 29, 30, 31 there are 4 utilities detected, and trails 1, 4, 6, 9, 13, 14, 15, 17, 21, 24, 32 there are 3 utilities detected. From the detected utility, it is necessary to confirm with the institution that owns the utility.*

**Keywords:** *Ground Penetrating Radar, processing, radargram, reflexw, utility.*

DOI : 10.15408/fiziya.v3i2.17764

## PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman kebutuhan manusia semakin meningkat yang dimana mengakibatkan perkembangan pada ilmu dan teknologi, serta meningkatnya perkembangan dalam pembangunan di suatu wilayah negara. Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang memiliki cukup banyak penduduk serta masih banyak terdapat sumber daya alam di dalamnya. Saat ini Indonesia sedang aktif melakukan pembangunan infrastruktur khususnya di wilayah DKI Jakarta, dimana fungsi dari pembangunan infrastruktur sendiri untuk memajukan wilayah dan meningkatkan perkembangan ekonomi serta memudahkan masyarakat Jakarta dalam beraktivitas. Jakarta sudah memiliki beberapa akses jalan tol salah satunya yaitu jalan tol Jagorawi (Jakarta-Bogor-Ciawi) dengan memiliki panjang 59 km yang menghubungkan antara Jakarta, Cibubur, Citeureup, Bogor, hingga Ciawi yang dikelola oleh PT Jasa Marga [1].

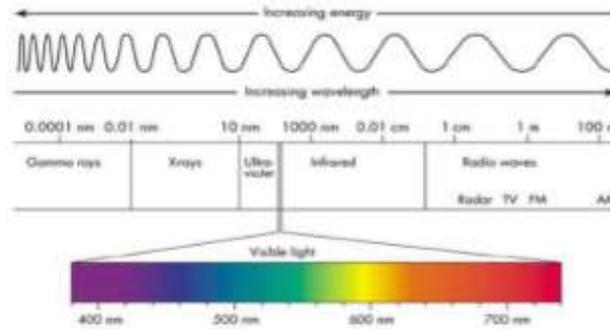
Pada pembangunan tentunya membutuhkan bahan-bahan material, dari bahan material dan kondisi bawah permukaan tanahlah yang akan menentukan bagaimana kualitas bangunannya. Melihat dari fungsi sebuah jalan itu sendiri baik jalan raya maupun jalan tol bahwa jalan harus memiliki daya topang atau fondasi yang kuat karena nantinya banyak yang akan melintasi jalan tersebut. Dalam pembangunan ada yang dinamakan jalur utilitas, dimana jalur utilitas yang sudah ada di bawah permukaan ini bisa mengganggu proses pembangunan dan juga bisa mengurangi fungsi kekuatan dari fondasi. Untuk itu perlu mengetahui terlebih dahulu utilitas tertanam yang ada supaya mengurangi kerusakan demi kelancaran proses pembangunan tersebut. Mengamankan utilitas adalah suatu kewajiban untuk memastikan keberlanjutan pembangunan dan mengurangi kerusakan utilitas tertanam.

Metode GPR ini merupakan salah satu metode geofisika yang menggunakan gelombang elektromagnetik, bersifat non destruktif (tidak merusak) serta mempunyai resolusi tinggi terhadap kontras dielektrik material bumi dan mampu melakukan pendeteksian formasi geologi yang relatif dangkal dengan resolusi tinggi. Metode ini selain digunakan pada bahan geologi bumi, banyak juga yang menggunakan GPR pada sejumlah media lain yaitu kayu, beton, dan aspal. Tujuan dari survey GPR ini untuk memperoleh informasi tentang struktur bawah permukaan secara tidak langsung dengan menggunakan gelombang radio. Pada metode GPR ini sangat memanfaatkan karakteristik dari gelombang.

Teknologi georadar ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode yang lainnya, yaitu salah satunya frekuensi yang digunakan sangat tinggi (Mhz) maka resolusi yang diperoleh juga sangat tinggi. Penerapan dalam teknologi ini seperti untuk mendeteksi utilitas, investigasi lapisan struktur bawah permukaan tanah, arkeologi, pertambangan dan geo-teknologi. Karena memiliki resolusi akuisisi data yang sangat tinggi dengan frekuensi tinggi dengan sifat tidak merusak GPR ini dianggap metode yang paling prospektif.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka penelitian ini penting dilaksanakan karena sangat berhubungan dengan pembangunan yang sering dilakukan di wilayah Jakarta. Penelitian ini bertujuan mendeteksi keberadaan utilitas di bawah permukaan tanah sebelum dilakukan pembangunan fondasi jalan tol di wilayah DKI Jakarta. Data yang digunakan adalah data hasil rekaman *Ground Penetrating Radar* (GPR) melalui gelombang elektromagnetik. Untuk menggambarkan rekaman radargram pada penelitian metode GPR ini yaitu menggunakan *software ReflexW 2008*. Karena jika adanya utilitas yang terdeteksi di bawah permukaan tanah kemungkinan tidak akan bisa memulai proses pembangunan sebab dapat berpotensi merusak utilitas tertanam dan akan mengurangi fungsi kekuatan dari fondasi itu sendiri.

## Gelombang Elektromagnetik



**Gambar 1.** Spektrum Gelombang Elektromagnetik [2]

Gelombang elektromagnetik yang digunakan pada GPR termasuk dalam spektrum gelombang mikro, yaitu gelombang yang memiliki frekuensi paling tinggi ~3 GHz. Dalam sistem kerja radar, gelombang mikro dipancarkan ke segala arah oleh pemancar. Jika terdapat suatu objek di bawah permukaan tanah yang mengenai gelombang, maka sinyal gelombang akan dipantulkan oleh objek yang ada di bawah permukaan tanah serta diterima kembali oleh penerima. Sinyal dari pantulan ini akan memberikan informasi mengenai keberadaan objek yang ada di bawah permukaan tanah kemudian akan ditampilkan oleh layar radar berupa gambaran radargram [2]. Sifat dari material-material bumi bergantung dari komposisi dan kandungannya. Komposisi dan kandungan material tersebut mempengaruhi cepat rambat gelombang dan atenuasi gelombang elektromagnetik.

Gelombang elektromagnetik memiliki konsep dasar dari persamaan Maxwell. Persamaan Maxwell ini menggambarkan terbentuknya medan listrik dan medan magnet yang saling berkaitan. Di sebuah ruang hampa atau medium udara, berikut persamaan-persamaan Maxwell yaitu [3]:

$$\nabla \cdot E = \frac{1}{\epsilon_0} \rho \quad (1)$$

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (2)$$

$$\nabla \times E = - \frac{\partial B}{\partial t} \quad (3)$$

$$\nabla \times B = \mu_0 J + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \quad (4)$$

Dimana:

E = kuat medan listrik (V/m)

$\rho$  = tahanan jenis ( $\Omega \cdot m$ )

J = rapat arus ( $A/m^2$ )

B = induksi medan magnet (tesla)

$\epsilon_0$  = permitivitas listrik dalam ruang hampa ( $8,85 \times 10^{-12} C^2/Nm^2$ )

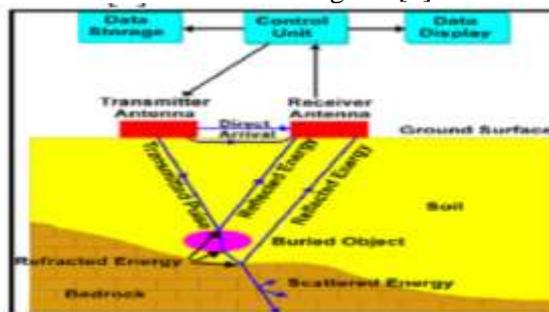
$\mu_0$  = permeabilitas magnetik

**Tabel 1.** Konstanta Dielektrik dan Kecepatan Gelombang pada berbagai material [4]

Material	$\epsilon_r$	V (m/n <sub>s</sub> )
Udara	1	0,3
Air Murni	81	0,033
Air Laut	81	0,033
Salju Kutub	1,4 - 3	0,194 – 0,252
Es Kutub	3 – 3,15	0,168
Es Murni	3,2	0,167
Air Tawar	4	0,15
Pasir Pantai	10	0,095
Pasir Kering	3 – 6	0,120 – 0,170
Pasir Basah	25 – 30	0,055 – 0,06
Lanau	10	0,095
Tanah liat basah	8 – 15	0,086 – 0,11
Tanah liat kering	3	0,173
Rawa	12	0,086
Tanah pertamina	15	0,077
Tanah rata-rata	16	0,075
Granit	5 – 8	0,106 – 0,115
Batu Kapur	7 – 9	0,1 – 0,113
Dolomit	6,8 – 8	0,106 – 0,115
Basal	8	0,106
Serpilh	7	0,113
Batu pasir	6	0,112
Batu bara	4 – 5	0,134 – 0,15
Kuarsa	4,3	0,145
Beton	6 – 12	0,055 – 0,112
Aspal	3 – 5	0,134 – 0,173

**Prinsip Metode Ground Penetrating Radar (GPR)**

Prinsip kerja alat GPR yaitu dengan mentransmisikan gelombang radar (*Radio Detection and Ranging*) ke dalam medium target dan selanjutnya gelombang tersebut dipantulkan kembali ke permukaan dan diterima oleh alat penerima radar (*receiver*), dari hasil refleksi itulah berbagai macam objek dapat terdeteksi dan terekam dalam radargram [5].



**Gambar 2.** Skema Kerja GPR [5]

Semua sistem GPR pasti memiliki rangkaian pemancar (*transmitter*), yaitu sistem antenna yang terhubung ke sumber pulsa, dan rangkaian penerima (*receiver*), yaitu sistem antenna yang terhubung ke unit pengolahan sinyal. Rangkaian pemancar akan menghasilkan pulsa listrik dengan bentuk prf (*Pulse Repetition Frequency*), energi, dan durasi tertentu. Pulsa ini akan dipancarkan oleh antenna ke dalam tanah. Pulsa ini akan mengalami atenuasi dan cacat sinyal lainnya selama perambatannya di tanah. Jika tanah bersifat homogen, maka sinyal yang dipantulkan akan sangat kecil. Jika pulsa menabrak suatu inhomogenitas di dalam tanah, maka akan ada sinyal yang dipantulkan ke antenna penerima. Sinyal ini kemudian diproses oleh

rangkaian penerima. Kedalaman objek dapat diketahui dengan mengukur selang waktu antara pemancaran dan penerimaan pulsa. Dalam selang waktu ini, pulsa akan bolak balik dari antenna ke objek dan kembali lagi ke antenna. Jika selang waktu dinyatakan dalam  $t$ , dan kecepatan penjalaran gelombang elektromagnetik dalam tanah  $v$ , maka kedalaman objek yang dinyatakan dalam  $h$  adalah [2]:

$$h = \frac{1}{2} tv \tag{5}$$

Frekuensi gelombang radar yang dipancarkan dapat diatur dengan mengganti antenna. Pemilihan Frekuensi yang digunakan bergantung pada ukuran target, aproksimasi *range* kedalaman dan aproksimasi maksimum kedalaman penetrasi yang ditunjukkan pada Tabel 2 [6].

**Tabel 2.** Resolusi dan Daya Tembus Gelombang Radar [6]

Frekuensi Antena (MHz)	Ukuran target minimum yang terdeteksi (m)	Aproksimasi range kedalaman (m)	Penetrasi kedalaman maksimum (m)
25	$\geq 1,0$	5 -30	35 – 60
50	$\geq 0,5$	5 -20	20 – 30
100	0,1 – 1,0	2 - 15	15 – 25
200	0,05 – 0,50	1 - 10	5 – 15
400	$\approx 0,05$	1 - 5	3 – 10
1000	Cm	0,05 - 2	0,5 - 4

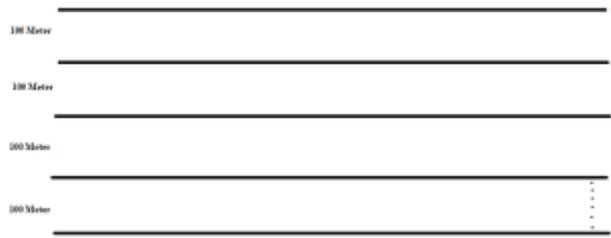
Sinyal yang dipancarkan oleh GPR ke bawah permukaan akan berbentuk seperti kerucut atau serupa dengan cahaya yang dipancarkan oleh torsi. Pada GPR ini ada yang Namanya resolusi vertikal maupun resolusi horizontal. Dimana untuk resolusi vertikal ini merupakan resolusi yang tidak bergantung pada kedalaman penetrasi (*skin depth*), objek yang akan terdeteksi yaitu jika objek tersebut memiliki ketebalan minimal  $\lambda/4$ , jadi frekuensi yang dipancarkan ke bawah permukaan hanya meresolusi ukuran minimum ketebalan dari objek. Jika objek tersebut memiliki ketebalan kurang dari  $\lambda/4$  maka tidak dapat terdeteksi oleh GPR. Sedangkan untuk resolusi horizontal/lateral yaitu resolusi yang menggambarkan jarak antara objek di permukaan. Untuk *skin depth* dimana frekuensi yang dipancarkan ke bawah permukaan hanya berhubungan dengan jarak kedalaman dari permukaan tanah tersebut.

### Hubungan Antara Geoteknik dan *Ground Penetraing Radar*

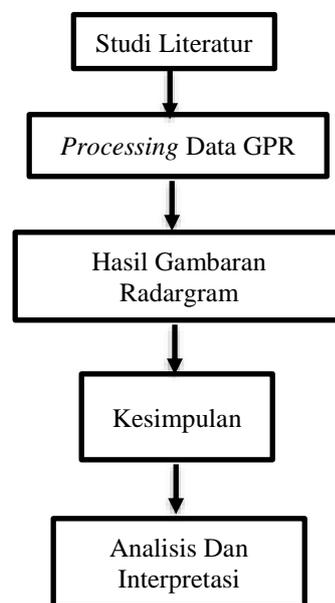
Geoteknik adalah ilmu yang membahas mengenai permasalahan kekuatan tanah dan batuan serta berperan penting dalam kemampuan dasar menahan beban bangunan. Geoteknik berguna untuk kepentingan dalam mencapai keberhasilan pembangunan fisik infrastruktur yang kuat dan aman dari ancaman kerusakan. Dalam pembangunan infrastruktur khususnya pembangunan fondasi jalan tol, geoteknik dengan GPR sangat berkesinambungan. Dimana fungsi dari geoteknik yakni untuk menentukan kekuatan tanah dan batuan serta berhubungan dengan kemampuan menahan beban bangunan yang berdiri di atasnya. Sedangkan, *Ground Penetraing Radar* berfungsi untuk mendeteksi objek yang terkubur di bawah permukaan tanah dan mengevaluasi kedalaman objek tersebut. GPR juga dapat digunakan untuk mengetahui kondisi dan karakteristik permukaan bawah tanah tanpa mengebor ataupun menggali permukaan tanah. Untuk resolusi yang tinggi, objek harus berada di dekat permukaan bumi (0,1-3 meter) [7].

## METODE

Data penelitian ini berupa data sekunder yang terdapat 32 lintasan dalam format file data (.rd3). Lokasi penelitian ini di suatu wilayah di Jakarta yang bertujuan untuk mengetahui keberadaan utilitas di bawah permukaan tanah sebelum dilakukan pembangunan fondasi pada salah satu segmen jalan tol yang ada di Jakarta.



Gambar 3. Contoh Pola Sketsa Lintasan Pada Segmen Area Y



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

### **Processing Data GPR**

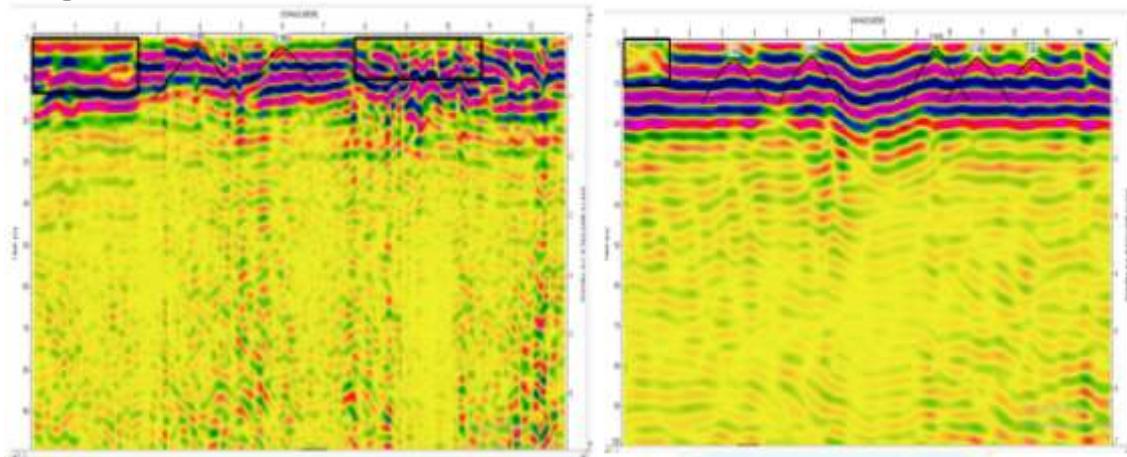
1. *Static Correction*  
Pada proses ini akan melakukan pengoreksian untuk menghilangkan pengaruh dari gelombang udara dengan menggunakan *processing - static correction - move starttime* pada *software reflexw*.
2. *Dewow*  
Dalam tahap proses ini, akan menghilangkan sinyal-sinyal yang tidak diinginkan dengan menggunakan *processing - 1D filter - dewow*.
3. *Gain*  
Di gain ini akan dilakukan perubahan sinyal yang berfungsi untuk memperjelas sinyal yang lemah dengan *processing - gain - gain function*.
4. *Bandpass Filter*  
Pada tahap ini akan dilakukan proses penghilangan berbagai frekuensi yang tidak diinginkan dengan menggunakan *processing - 1D filter - bandpass frequency*.
5. *2D Filter - Background Removal*  
Proses penghilangan *noise* yang muncul secara konsisten pada radargram dengan menggunakan *processing - 2D filter - banckground removal*.

6. *Fk-filter*

Pada proses terakhir ini, akan dilakukan penghilangan *noise* dari keseluruhan profil radargram yang belum dihilangkan dengan menggunakan *processing –fk filter – generate fk spectrum*, setelah itu akan mendapatkan hasil gambaran radargramnya.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada hasil pengolahan data yang sudah dilakukan dan didapatkan kemudian akan di analisis. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan tanah guna melihat keberadaan utilitas berdasarkan data georadar (GPR) *Reflexw 2008* yang akan menunjukkan hasil radargram.



**Gambar 5.** Hasil Gambaran Radargram, (a) Lintasan 3 – Data 3, (b) Lintasan 5 – Data 4.b

Pada gambar 5(a) lintasan 3 di atas garis – garis horizontal yang ada pada radargram tidak lurus atau terlihat tidak beraturan, berbeda dengan lintasan 5. Hal ini kemungkinan data yang mengalami masalah (*error*). Salah satunya dengan ditunjukkan pada hasil *processing* yang memperlihatkan horizon yang tidak lurus. Data yang *error* ini bisa juga disebabkan karena banyaknya *noise* pada saat akuisisi data, sehingga pada tahapan *processing*-pun *noise* sulit untuk dihilangkan.

Pada gambar 5(b) lintasan 5 terdeteksi 6 jenis anomali, yaitu pada jarak ± 1 meter terlihat anomali berbentuk lempengan/kotak, dan untuk jarak ± 3 meter, 6, 10, 11 dan 13 meter terlihat 5 anomali berbentuk hiperbola. Dimana anomali tersebut diindikasikan sebagai utilitas yang ada di bawah permukaan tanah, dengan diasumsikan kecepatan gelombang pada material berupa pasir kering sebesar 0,140 m/ns. Frekuensi yang digunakan pada penelitian ini yaitu 250 Mhz.

**Tabel 3** Kedalaman, lokasi dan jenis anomali terdeteksi

Lintasan	Jenis Anomali	Lokasi (m)	Kedalaman (m)
Line 1	Kotak	0 – 2	1
	Kotak	4 – 5	0 – 0,5
	Hiperbola	7	0,2 – 0,7
Line 2	Kotak	3 – 4	1
	Kotak	6 – 7	0 – 0,5
	Hiperbola	9	0,2 – 1
Line 3	Hiperbola	11	0,2 – 1
	Kotak	0 – 2	0 – 1
	Kotak	8 – 11	0 – 0,8
Line 4	Hiperbola	4	0,2
	Hiperbola	6	0,2
	Kotak	2 – 4	0 – 0,8

	Hiperbola	10	0,3
	Hiperbola	13	0,5
	Kotak	0 – 1	0 – 0,8
	Hiperbola	3 – 4	0,3
<b>Line 5</b>	Hiperbola	6	0,3
	Hiperbola	10	0,1
	Hiperbola	11	0,3
	Hiperbola	13	0,3
	Kotak	0 – 2	0,4
<b>Line 6</b>	Hiperbola	3	0,5
	Hiperbola	6 – 7	0,5
	Kotak	0 – 3	0,5 – 1
<b>Line 7</b>	Kotak	6 – 10	0 – 0,7
	Hiperbola	5	0,1
	Hiperbola	11	0,5
	Kotak	0 – 1	~ 1
<b>Line 8</b>	Kotak	7 – 8	0,1
	Hiperbola	4	0,1
	Hiperbola	8 – 9	0,1
	Kotak	2 – 3	~ 1
<b>Line 9</b>	Kotak	4	0,5 – 1
	Hiperbola	5	0,1
<b>Line 10</b>	Kotak	3	~ 1
	Hiperbola	4 – 5	0,2
	Kotak	0 – 2	0,2
<b>Line 11</b>	Kotak	~ 6	0,2
	Hiperbola	3	0,2
	Hiperbola	5	0,2
	Kotak	0 – 1	0,6
<b>Line 12</b>	Kotak	~ 4	0,6
	Kotak	6 – 8	0,3
	Hiperbola	5	0,1
	Kotak	1 – 5	0,1
<b>Line 13</b>	Kotak	8 – 9	0,1
	Hiperbola	6 – 7	0,3
	Kotak	0 – 2	0,1 – 0,5
<b>Line 14</b>	Kotak	9 – 10	0,1 – 0,5
	Hiperbola	7	0,4
	Kotak	3	1
<b>Line 15</b>	Kotak	7 – 8	0,3
	Hiperbola	10 – 11	0,3
	Kotak	0 – 2	0,2 – 0,5
<b>Line 16</b>	Kotak	7 – 9	0,2
	Hiperbola	5	0,2
	Hiperbola	6	0,2
	Hiperbola	2	0,3
<b>Line 17</b>	Hiperbola	6	0,3
	Hiperbola	13	0,3
	Kotak	0 – 3	0,3
	Kotak	18 – 20	0,2
<b>Line 18</b>	Hiperbola	4	0,3
	Hiperbola	8	~ 1
	Hiperbola	15	0,2
	Kotak	5 – 7	0 – 0,2
	Kotak	11 – 15	0 – 0,2
<b>Line 19</b>	Hiperbola	2 – 3	0,3
	Hiperbola	3 – 4	0,3
	Hiperbola	8	0,3

	Kotak	1 – 3	0,2 – 0,8
<b>Line 20</b>	Kotak	9 – 11	0,2 – 0,5
	Kotak	13 – 15	0,2 – 0,8
	Hiperbola	4	0,5
<b>Line 21</b>	Kotak	1 – 4	0,2 – 1
	Kotak	9 – 11	0,2
	Hiperbola	5	0,3
<b>Line 22</b>	Kotak	0 – 2	0,2
	Hiperbola	3	0,2
	Hiperbola	5	0,3
<b>Line 23</b>	Hiperbola	9 – 10	0,3
	Kotak	8 – 9	0,2
	Kotak	~ 11	0,2
<b>Line 24</b>	Kotak	3 – 4	0 – 1
	Hiperbola	5	0,2
	Hiperbola	9	0,2
<b>Line 25</b>	Kotak	1 – 3	0,5
	Kotak	5 – 7	0 – 1
	Hiperbola	4	0,3
<b>Line 26</b>	Hiperbola	10 – 11	0,2
	Kotak	1 – 2	~ 1
	Kotak	8 – 9	0 – 0,8
<b>Line 27</b>	Hiperbola	5 – 6	~ 1
	Hiperbola	11	0,5
	Kotak	1 – 3	~ 1
<b>Line 28</b>	Hiperbola	4	0,3
	Hiperbola	7	0,3
	Hiperbola	10	0,2
<b>Line 29</b>	Kotak	0 – 3	0 – 0,5
	Hiperbola	6	0,2
	Kotak	0 – 3	0 – 0,4
<b>Line 30</b>	Kotak	5 – 6	0 – 0,5
	Hiperbola	3 – 4	0,4
	Hiperbola	9 – 10	~ 1
<b>Line 31</b>	Kotak	2 – 4	0 – 0,3
	Hiperbola	8	0,2
	Hiperbola	12 – 13	0,3
<b>Line 32</b>	Hiperbola	14	0,3
	Kotak	1 – 3	0 – 0,5
	Hiperbola	5	0,2
<b>Line 33</b>	Hiperbola	7 – 8	0,3
	Hiperbola	9	0,3
	Kotak	11 – 12	0,8
<b>Line 34</b>	Hiperbola	6 – 7	0,3
	Hiperbola	9	0,3

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan interpretasi data yang dilakukan menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) dengan *software Reflex 2008* di suatu wilayah studi dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Berdasarkan hasil *processing* secara keseluruhan, setiap lintasan menunjukkan adanya objek terdeteksi berbentuk lempengan/kotak dan hiperbola. Objek hiperbola menunjukkan utilitas dalam bentuk silinder.
2. Anomali yang terdeteksi paling banyak berbentuk hiperbola sejumlah 63 buah dengan jenis material pasir kering pada kedalaman ~0,1 – 0,5m, dan kecepatan gelombang 0,140 m/ns.

3. Dari seluruh lintasan, anomali yang terdeteksi sebagai utilitas sebanyak 115. Enam utilitas terdeteksi di lintasan 5, lima utilitas di lintasan 18 dan lintasan 19, empat utilitas di lintasan 2, lintasan 3, lintasan 7, lintasan 8, lintasan 11, lintasan 12, lintasan 16, lintasan 20, lintasan 22, lintasan 25, lintasan 26, lintasan 27, lintasan 29, lintasan 30, dan lintasan 31, tiga utilitas di lintasan 1, lintasan 4, lintasan 6, lintasan 9, lintasan 13, lintasan 14, lintasan 15, lintasan 17, lintasan 21, lintasan 24, lintasan 32, dan dua utilitas di lintasan 10, lintasan 23, dan lintasan 28. Untuk mengetahui apakah utilitas tersebut mengganggu pembangunan jalan tol atau tidak, perlu konfirmasi dengan Lembaga yang mempunyai utilitas tersebut.

## REFERENSI

- [1] PT Jasa Marga - Informasi layanan ruas tol, Jakarta, 2020. [Online]. Available:<https://www.jasamarga.com/>. [Accessed: 12-Apr-2020].
- [2] A. Bahri, dkk., Penentuan Karakteristik Dinding Gua Seropan Gunungkidul Dengan Metode Ground Penetrating Radar, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2009. [Online]. Available:<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-12481-Paper.pdf>. [Accessed: 18-Apr-2020]
- [3] Supriyanto, Y.D. Ladjar, and P.A.D. Lazar, Interpretasi Keberadaan Goa Bawah Tanah (Bunker) Berdasarkan Data Ground Penetrating Radar (GPR) di Desa Jembayan, Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, J. Geosains Kutai Basin., vol. 2, no. 2, 2019
- [4] N. Ramadianti, dkk., - PT Abhinaya Mappindo Bumitala, Aplikasi Ground Penetrating Radar untuk Mengidentifikasi Voids pada Beton, 2019. [Online]. Available:<https://www.researchgate.net/publication/337006324>. [Accessed: 30-Mar-2020].
- [5] Agung, dkk., Modul Eksplorasi Elektromagnetik. Bandarlampung: Universitas Lampung, 2011. [Online]. Available:[https://www.academia.edu/31652341/eksplorasi\\_elektromagnetik\\_pdf](https://www.academia.edu/31652341/eksplorasi_elektromagnetik_pdf). [Accessed: 12-Apr-2020]
- [6] Astutik, Penggunaan Ground Penetrating Radar(GPR) Sebagai Metal Detektor, Univ. Jember, J. ILMU Dasar, vol. 2, no. 1, p. 9-16, 2001.
- [7] U. Achsanita, dkk., SURVEI BAWAH TANAH. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015. [Online]. Available:[https://www.academia.edu/19659161/Geolistrik\\_geoteknik\\_gpr](https://www.academia.edu/19659161/Geolistrik_geoteknik_gpr). [Accessed: 1-Sept-2020]