

## IDENTIFIKASI KEMENERUSAN PIPA AIR BAWAH PERMUKAAN MENGUNAKAN METODE GROUND PENETRATING RADAR (GPR)

Wien Lestari<sup>1</sup>, Afni Nur Jannah<sup>1</sup>, Ahmad Faqih<sup>1</sup>, Mesya Sabhna Adma Dita<sup>1</sup>, Daniel Juliandro<sup>1</sup>, Helda Kusuma Rahayu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya  
e-mail : afninurj02@gmail.com

**Abstrak.** Metode Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan metode geofisika non destruktif yang menghasilkan resolusi tinggi terhadap kontras dielektrik bawah permukaan. Dengan menggunakan metode GPR, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi kemenerusan pipa air dan kepadatan lapisan pada daerah "AYE". Frekuensi alat yang digunakan dalam pengambilan data adalah 270 MHz dengan jumlah lintasan sebanyak dua lintasan dan panjang tiap lintasan 20 m. Pengolahan dilakukan dengan program MATGPR dalam software Matlab 2015a. Tahap yang dilakukan dalam pengolahan antara lain *input data, adjust signal position, remove DC component, dewow filter, median filter, inverse amplitude decay, removal global background, karhunen-loeve filter, bandpass filter, resample scan axis, 1-D velocity model, phase-shifting migration, 1D time to depth conversion, dan picking anomaly*. Hasil pengolahan diperoleh penampang radargram dengan kedalaman  $\pm 7$  meter. Dalam penampang radargram tersebut, diketahui dua anomali hiperbola yang sama diduga sebagai kemenerusan pipa air dengan bahan PVC pada meter 11.1 dan 18.1 dengan kedalaman 0,3 meter pada lintasan 1, dan ditemukan pada meter 10.7 dan 18.3 dengan kedalaman 0.9 meter pada lintasan 2. Anomali yang diduga pipa tersebut memiliki rentang kecepatan 0.0171 m/ns hingga 0.138 m/ns. Lapisan yang padat diindikasikan berada di kedalaman  $>4$  meter yang ditunjukkan oleh reflektor dengan horizon yang kurang tajam, sedangkan lapisan bagian atas yang kurang padat diduga sebagai lapisan timbunan.

**Kata Kunci:** GPR; Kemenerusan Pipa; Kontras Dielektrik

**Abstract.** Ground Penetrating Radar (GPR) method is a non destructive geophysical method that produces high resolution of subsurface dielectric contrast. Using the GPR method, this research was conducted to identify the continuity of water pipes and layer density in the "AYE" area. The frequency of the tool used in data collection is 270 MHz with a total of two passes and a length of 20 m for each pass. Processing is done with the MATGPR program in Matlab 2015a software. The stages carried out in the processing include data input, adjust signal position, remove DC component, dewow filter, median filter, inverse amplitude decay, removal global background, karhunen-loeve filter, bandpass filter, resample scan axis, 1D velocity model, phase-shifting migration, 1D time to depth conversion, and anomaly picking. The processing results obtained a radargram cross section with a depth of  $\pm 7$  meters. In the radargram cross section, the same two hyperbola anomalies are suspected to be the continuation of a water pipe with PVC material at meters 11.1 and 18.1 with a depth of 0.3 meters on track 1, and found at meters 10.7 and 18.3 with a depth of 0.9 meters on track 2. The suspected pipe anomaly has a velocity range of 0.0171 m/ns to 0.138 m/ns. The dense layer is indicated to be at a depth of  $>4$  meters as indicated by the reflector with a less sharp horizon, while the less dense upper layer is suspected to be the fill layer.

**Keywords:** GPR; Pipe Continuation; Dielectric Contrast

## PENDAHULUAN

Salah satu metode geofisika non destruktif yang sering digunakan adalah metode GPR atau *Ground Penetrating Radar*. Metode GPR menghasilkan resolusi yang tinggi dan cukup baik terhadap kontras dielektrik material bawah permukaan. Kedalaman GPR bergantung pada frekuensi dari antena GPR, efisiensi dari radiasi antena, dan sifat-sifat kelistrikan dari lapisan batuan bawah permukaan (Benson & Glaccum, 1979). Studi kasus menyatakan bahwa kedalaman penetrasi GPR dengan antena berfrekuensi 80 MHz hanya mencapai 20-70 kaki di bawah permukaan (Beres dan Haeni, 1991). Besarnya atenuasi akan membuat kedalaman penetrasi semakin dangkal (Putranto & Iskandarsyah, 2021).

Pada daerah "AYE" terdapat kemenerusan pipa air yang menjalar di bawah permukaan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Arief & Sumargana tahun 2021, metode GPR dapat digunakan untuk mengidentifikasi objek bawah permukaan seperti pipa besi, pipa air, kabel serat optik, dan kabel listrik. Selain itu, analisis mengenai lapisan tanah yang berada di bawah permukaan dapat dilakukan dengan menggunakan metode GPR seperti yang telah dilakukan (Fiquriawan, 2023; Adsura, 2021; Mariyanto, 2023). Dalam penelitian sebelumnya, utilitas berupa pipa berbahan PVC bisa memiliki kecepatan 0.01 - 0.03 m/ns ketika di berada di lapisan clay (Mohd Kamal et al., 2020). Dari penelitian-penelitian tersebut, metode GPR terbukti mampu untuk digunakan dalam mengidentifikasi utilitas. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan metode GPR untuk mengidentifikasi kemenerusan pipa air dan kepadatan lapisan pada daerah "AYE".

## Metode GPR

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan metode geofisika untuk identifikasi bawah permukaan dangkal dengan prinsip penjaran gelombang elektromagnetik. Frekuensi metode GPR antara 10 – 1000 MHz (Syukri, 2020). Prinsip kerja GPR adalah memanfaatkan gelombang elektromagnetik yang dikirimkan oleh antena transmitter kemudian dipantulkan ke bawah permukaan hingga mengenai objek tertentu. Gelombang hasil pemantulan akan dihamburkan oleh struktur permukaan dan anomali bawah permukaan lalu diterima oleh antena receiver dalam bentuk radargram (Azizah, 2016).

Penetrasi kedalaman yang dapat dicapai oleh gelombang radar sangat bergantung pada besar kecilnya frekuensi yang digunakan. Selain itu, penetrasi juga dipengaruhi oleh konduktivitas dari material, karena konduktivitas material yang tinggi dapat menyebabkan penetrasi lebih dangkal. Hal itu dikarenakan terjadi absorpsi oleh lapisan-lapisan yang konduktif (Musset and Khan, 1993). Frekuensi gelombang radar juga akan berpengaruh pada resolusi yang dihasilkan. Untuk menghasilkan resolusi yang baik maka harus digunakan frekuensi yang tinggi (Putranto & Iskandarsyah, 2021).

Kecepatan gelombang elektromagnetik bawah permukaan tergantung pada frekuensi, konduktivitas listrik, konstanta dielektrik dan permeabilitas magnet, yang diturunkan melalui persamaan sebagai berikut :

$$V_m = \frac{\omega}{\beta} = \frac{c}{\sqrt{\frac{\epsilon_r \mu_r}{2} \sqrt{1 + \tan^2 D} + 1}} \text{ (m/ns)} \quad (1)$$

dengan  $c$  adalah kecepatan cahaya di udara,  $\epsilon_r$  adalah konstanta dielectric relatif,  $\mu_r$  adalah permeabilitas magnetik relatif, dan  $\tan^2$  adalah *loss factor*.

$$\tan^2 D = \frac{\sigma}{\epsilon \omega} \quad (2)$$

Medium bawah permukaan memiliki sifat kemagnetan yang sedikit ( $\mu_r = 1$ ) dan merupakan material dengan konduktivitas yang kecil ( $\sigma = 0$ ), maka persamaan kecepatan gelombang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$V_m = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{0,3}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

Atenuasi adalah pelemahan sinyal akibat pengaruh jarak yang ditempuh oleh sinyal semakin menjauh. Faktor terjadinya atenuasi adalah sifat konstanta dielektrik material bumi, konduktivitas, permeabilitas magnet, dan *skin depth* (Reynolds, 1997).

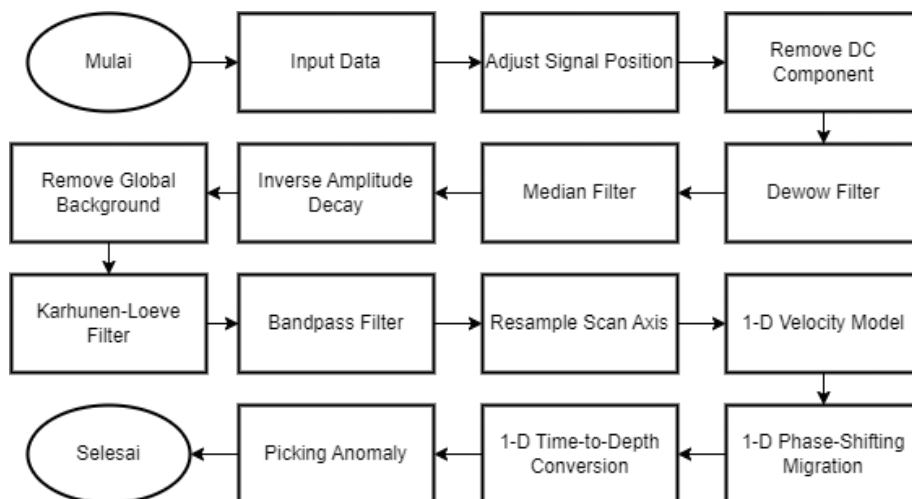
## METODOLOGI

Data GPR yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak dua lintasan, JB24 dengan panjang lintasan 19.26 m dan JB25 dengan panjang lintasan 19.1 m.



**Gambar 1.** Desain Akuisisi Penelitian

Pengolahan data berupa .dzt dilakukan menggunakan program MATGPR pada *software* Matlab 2015a. Parameter median yang digunakan pada data JB24 adalah 1x5, eigen factor 2, dan *bandpass* agar anomali yang ditargetkan dapat terlihat lebih jelas, serta *resample scan* untuk memperjelas penampang. Sementara itu, parameter median yang digunakan data pada data JB25 adalah 1x5, eigenfactor 10, tanpa *bandpass* dan *resample scan* karena anomali sudah terlihat.



**Gambar 2.** Flowchart Pengolahan Data

Pengolahan data GPR dilakukan untuk menghasilkan penampang GPR yang baik agar dapat diinterpretasi struktur lapisan penelitian. Tahapan pengolahan data GPR yang ditunjukkan Gambar 1 adalah sebagai berikut.

1. **Input Data**, merupakan proses memasukkan raw data hasil perekaman akuisisi GPR.
2. **Adjust Signal Position**, merupakan proses pengembalian sinyal pada posisi sebenarnya dengan menghilangkan jeda sinyal saat akuisisi data sebelum alat menyentuh permukaan (Elfaraby & Syaifudin, 2017).
3. **Remove DC Component**, merupakan tahapan untuk menghilangkan pengaruh komponen DC yang dapat menimbulkan distorsi pada gelombang (Pramudhita et al., 2021).
4. **Dewow Filter**, merupakan salah satu langkah processing untuk menghilangkan frekuensi rendah yang terekam oleh radargram (Pramudhita et al., 2021).
5. **Median Filter** atau filter mean, berfungsi untuk menghilangkan noise dengan frekuensi tinggi dan tidak beraturan (Elfaraby & Syaifudin, 2017).
6. **Inverse Amplitude Decay**, berfungsi untuk menguatkan amplitudo yang sebelumnya hilang hingga seolah-olah setiap titik memiliki energi yang sama (Elfaraby & Syaifudin, 2017).
7. **Removal Global Background**, bertujuan menghilangkan noise yang muncul di profil sehingga menutupi sinyal yang awalnya berarah mendatar (Elfaraby & Syaifudin, 2017).
8. **Karhunen-Loeve Filter** dengan vektor eigen untuk memperkuat koherensi lateral.
9. **Bandpass Filter**, berfungsi sebagai filter untuk menghilangkan noise dengan batas frekuensi tertentu (Elfaraby & Syaifudin, 2017).
10. **Resample Scan Axis** berfungsi untuk memperdetail penampang.
11. **1D Velocity Model**, proses menentukan cepat rambat gelombang elektromagnetik pada material permukaan bawah tanah, kemudian mengubah travel time menjadi kedalaman penetrasi.
12. **Filter 1-D Phase-Shifting Migration**, merupakan prosedur mengubah permukaan yang telah terekam oleh data GPR dengan lokasi Heterogenesis bawah permukaan agar data kembali ke posisi yang sebenarnya.
13. **1D Time to Depth Conversion**, merupakan konversi data GPR dari domain waktu ke domain kedalaman.
14. **Picking Anomaly**, merupakan proses penentuan anomali yang menjadi target sehingga diketahui kedalaman serta kecepatan anomali tersebut.

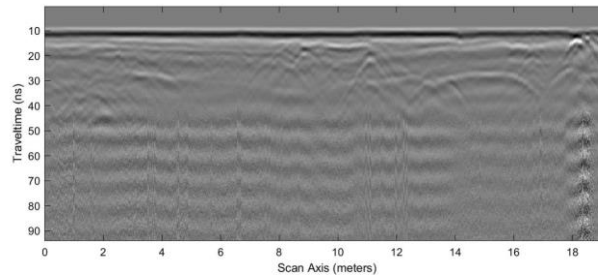
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran data GPR dengan frekuensi 270 MHz mendapatkan hasil berupa radargram yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 4. Radargram tersebut menunjukkan adanya variasi jenis tanah atau anomali yang disebabkan oleh sinyal antenna *transmitter*. Radargram hasil pengukuran ini diolah menggunakan MATGPR untuk menghasilkan penampang 2D yang digunakan dalam interpretasi kemenerusan pipa bawah permukaan dan kepadatan lapisan pada daerah penelitian.

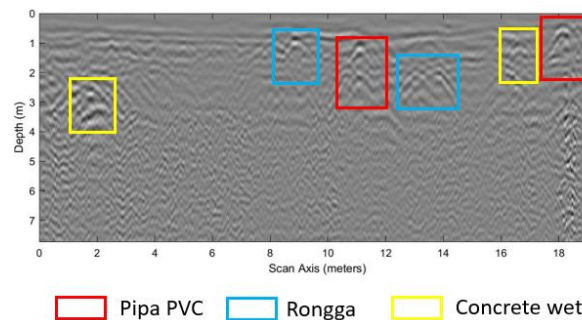
### Lintasan 1

Profil radagram lintasan 1 yang disajikan pada Gambar 2 merupakan *raw data* hasil pengukuran GPR. Data yang diukur memiliki panjang lintasan sebesar 20 meter dan penetrasi gelombang elektromagnetik  $\pm 7$  meter. Kemudian, dilakukan pengolahan dengan beberapa filter dan dikonversikan dari waktu menjadi kedalaman yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3 yaitu *time depth conversion* dan kecepatan tersebut didapatkan kedalaman dan pengindikasian material penyusunnya. Anomali dengan kecepatan 0.13 m/ns dan 0.138 m/ns diindikasikan sebagai pipa yang memiliki bahan PVC yang ditemukan pada jarak 11.1 meter dan 18.1 meter serta di kedalaman sekitar 0.9 meter. Anomali lain yang diidentifikasi dengan kecepatan 0.091 m/ns dan 0.095 m/ns diindikasikan sebagai *concrete wet* yang ditemukan hingga pada kedalaman 1.13 meter. Selain itu, juga terdapat anomali dengan kecepatan 0.103 m/ns diindikasikan sebagai rongga pada *soil* dimana lapisan *soil* ini merupakan timbunan dengan sifat *less dense* yang ditemukan di kedalaman 0.298 dan 0.776 m.



Gambar 3. Hasil Raw Data Pengukuran GPR pada Lintasan 1



Gambar 4. Hasil Pengolahan pada Lintasan 1

Tabel 1. Anomali pada Lintasan 1

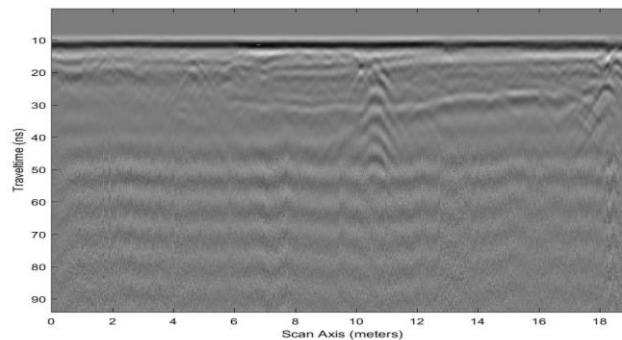
Jenis Anomali	Jarak ke- (meter)	Kedalaman (meter)	Velocity (m/ns)
Concrete wet	1.87	1.13	0.091
	16.6	0.442	0.095
Rongga	8.97	0.298	0.103
	13.4	0.776	0.103
Pipa PVC	11.1	0.298	0.13
	18.1	0.9	0.138

## Lintasan 2

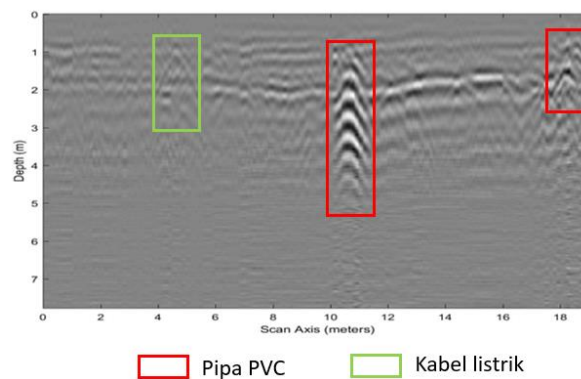
Pada Gambar 4, disajikan *raw data* hasil pengukuran GPR pada lintasan 2 sebelum dilakukan pengolahan. Seperti dengan lintasan 1, data yang diukur memiliki panjang lintasan 20 meter dengan penetrasi kedalaman  $\pm 7$  meter. Setelah dilakukan beberapa pengolahan, penghilangan noise pada proses *removal background*, dan konversi waktu menjadi kedalaman, didapatkan hasil berupa penampang yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan hasil pengolahan (Gambar 5), diketahui bahwa anomali pada meter ke-10.7 dan meter ke-18.3 masing-masing berada pada kedalaman 1.09 m dan 0.912 m. Anomali tersebut berada di panjang lintasan yang sama dengan anomali yang terdapat di lintasan 1 sehingga diduga merupakan kemenerusan berupa pipa dengan bahan PVC seperti pada lintasan 1. Hal ini diperkuat dengan nilai kecepatannya yaitu 0.0171 m/ns dan 0.0236 m/ns. Meskipun nilai kecepatan PVC pada lintasan 1 lebih besar, ini dapat disebabkan oleh perbedaan jenis atau keadaan kering dan basah lapisan. Perbedaan kedalaman antara anomali hiperbola yang diindikasikan sebagai PVC pada lintasan 1 dan lintasan 2 diduga akibat adanya pelemahan reflektor pada lintasan 2 karena dianggap noise.

Selain anomali pipa PVC, terdapat juga anomali berbentuk hiperbola pada meter ke-4.66 dengan kedalaman 0.451 m dan nilai kecepatan 0.0745 m/ns. Anomali tersebut diduga sebagai utilitas lain yaitu kabel listrik.



**Gambar 5.** Hasil *Raw Data* Pengukuran GPR pada Lintasan 2



**Gambar 6.** Hasil Pengolahan pada Lintasan 2

**Tabel 2.** Anomali pada Lintasan 2

Jenis Anomali	Jarak ke- (meter)	Kedalaman (meter)	Velocity (m/ns)
Pipa PVC	4.66	0.451	0.0745
	10.7	1.09	0.0171
Kabel listrik	4.66	0.451	0.0745

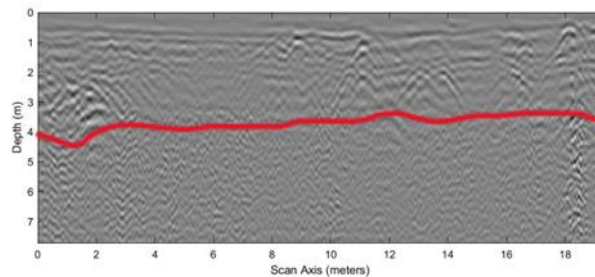
### Analisis Kepadatan Lapisan

Garis merah pada Gambar 6 menunjukkan interpretasi batas perbedaan kepadatan lapisan batuan yang didasari atas perbedaan karakteristik reflektor pada data GPR.

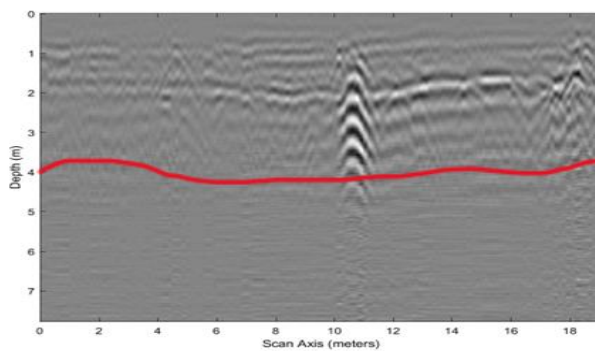
Rentang kedalaman 0 - 4 meter pada lintasan 1 dan 0 - 5 meter pada lintasan 2 memiliki reflektor dengan horizon tajam, sedangkan rentang kedalaman di bawah batas garis merah memiliki reflektor dengan horizon yang kurang tajam. Reflektor dengan horizon yang kurang tajam yang berada di bawah batas garis merah menunjukkan lapisan yang lebih padat dibandingkan lapisan yang berada di atas batas garis merah. Pematatan ini dapat dipengaruhi oleh pembebanan oleh pipa-pipa yang berada di atasnya sehingga butiran-butiran pada lapisan tersebut terkompaksi dan batumannya menjadi lebih padat, sedangkan lapisan bagian atas yang kurang padat diduga sebagai lapisan timbunan.

Adanya perbedaan reflektor terjadi akibat pengurangan energi yang dialami oleh gelombang ketika menemui lapisan dengan kepadatan yang lebih padat. Horizon tajam pada reflektor juga dapat dipengaruhi

oleh keberadaan air pada pipa-pipa ataupun air yang terkandung oleh lapisan batuan tersebut dimana air sebagai medium konduktif dengan konstanta dielektrik yang tinggi sehingga memengaruhi respon reflektor pada gelombang radar. Reflektor yang kontinu pada kedalaman 0 meter di setiap lintasan menunjukkan perlapisan endapan muda. Detail mengenai jenis lapisan batuan dapat diketahui menggunakan data bor ataupun SPT.



(a)



(b)

**Gambar 7.** Interpretasi Perbedaan Kepadatan Lapisan Batuan pada (a) Lintasan 1 dan (b) Lintasan 2

## **PENUTUP**

### **Simpulan dan Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Diperoleh dua anomali hiperbola yang sama dengan dugaan sebagai keberadaan pipa air yang menerus yang ditemukan pada jarak 11.1 meter dan 18.1 meter dengan kedalaman 0.3 m pada lintasan 1, sedangkan pada lintasan 2 ditemukan pada jarak 10.7 dan 18.3 dengan kedalaman 0.9 m.
2. Kepadatan lapisan batuan dapat diinterpretasi secara kualitatif dengan melihat hasil reflektor data GPR dimana ketajaman horizon suatu reflektor berbanding terbalik dengan kepadatan lapisan tersebut.

Untuk saran yang diberikan penulis adalah menganalisis lebih lanjut mengenai kepadatan lapisan batuan dan jenis lapisan batuan dapat diketahui dengan lebih akurat menggunakan pengukuran langsung seperti pengambilan sampel data bor ataupun SPT.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adsura, S.P. and Nur, A.A. (2021), "Analisa Tanah Lunak Menggunakan Metode Standar Penetration Test Dan Ground Penetration Radar", *Bulletin of Scientific Contribution: GEOLOGY*, 19(1), pp.1-8.
- Arief, M., & Sumargana, L. (2021). Penggunaan Metode Ground Penetrating Radar (GPR) Untuk Identifikasi Utilitas Bawah Tanah. *Prisma Fisika*, 9(3), 244-248.
- Azizah. (2016), "Pemfokusan Citra Radar Untuk Hasil Pemodelan Radar Penembus Permukaan Menggunakan Algoritma Migrasi Jarak", *Jurnal ELKOMIKA*, Vol: 4; No:1; Hal:110-122.
- Benson, R., and R. Glaccum. 1979. *The application on of groundpenetrating radar to soil surveying*. Final Report NASA, Cape Kennedy Space Center, FL. Technos, Inc., Miami, FL.
- Beres, M., and Haeni, F. P. (1991). Application of groundpenetrating-radar methods in hydrogeologic studies. *Ground Water*, 29(3), 375-386.
- Elfaraby, W. A., & Syaifudin, F. (2017). Pengolahan data Ground Penetrating Radar (GPR) dengan menggunakan software MATGPR R-3.5. *Jurnal Teknik ITS*, 6.
- Fiqriawan, M.R. (2023), "Pemanfaatan Metode Georadar dalam Menganalisis Lapisan Tanah di Indonesia", *Einstein's: Research Journal of Applied Physics*, 1(2), pp.38-41.
- Mohd Kamal, N. H. B., Amin, Z. M., & Mohamad, N. B. (2020), "The Effect of Ground Penetrating Radar (GPR) Image Reflection on Different Pipes and Soil", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 540(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/540/1/012093>
- Musset, A.E. and Khan, M.A. (1993). *Looking into the Earth: An Introduction to Geological Geophysics*. London: Cambridge University Press.
- Pramudhita, B. D. P. A., Yusroni, S. A., Wafi, A., Setiawan, N. S., Santoso, S. B., & Mariyanto, M. (2021). Georadar method for detecting underground septic tank. *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1825, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.
- Putranto, P. A., & Iskandarsyah, I. (2021). Identifikasi Morfologi Sungai Masa Lampau dan Kaitannya dengan Banjir Masa Lampau Menggunakan Metode Ground Penetrating Radar (GPR) di Daerah Aliran Sungai Citarum, Bandung, Jawa Barat. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 4-5. <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/2804/2195>
- Syukri, Muhammad. (2020), *Pengantar Geofisika*, Aceh: Syiah Kuala University Press. (<https://Unsyiahpress.Id/Pengantar-geofisika/>)
- Reynolds, J.M. (1997), *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, Chichester: John Wiley and Sons Ltd. 796p.