

# INTERPRETASI KEBERADAAN GOA BAWAH TANAH (BUNKER) BERDASARKAN DATA *GROUND PENETRATING RADAR* (GPR) DI DESA JEMBAYAN, KECAMATAN LOA KULU, KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA

\*<sup>1</sup>Youvenalis Di'ong Ladjar, <sup>1,2</sup>Supriyanto, <sup>3</sup>Petrus A.D Lazar

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Mulawarman

<sup>2</sup>Laboratorium Geofisika FMIPA, Universitas Mulawarman

\*Corresponding Autor: youvenalis123@gmail.com

## ABSTRAK

Penelitian bunker di Jembayan ini dilakukan untuk memberikan informasi tambahan dalam bidang bangunan sejarah baik bagi para arkeologi. Penelitian ini menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) untuk interpretasi keberadaan bunker berdasarkan *raw* data yang dihasilkan dari proses perekaman di desa Jembayan. Metode GPR bekerja berdasarkan prinsip penjalaran gelombang elektromagnetik. Hasil dari metode ini menghasilkan profil atau *raw* data. Hasil pengolahan data GPR diinterpretasi untuk menentukan indikasi bunker berdasarkan kontras warna amplitudo yang dihasilkan, dimana kontras warna yang dilihat adalah kontras warna amplitudo udara. Dari hasil analisis data GPR yang dilakukan menunjukkan adanya indikasi bunker hanya berada pada lintasan A, B, E dan lintasan G, dengan kedalaman 0.05 meter–3.5 meter dan penyebaran titik-titik bunker berada pada lintasan A, lintasan B, lintasan E, lintasan G, dengan pola kemenerusan bunker yaitu pada arah tenggara-barat laut.

**Kata Kunci :** *Ground Penetrating Radar* (GPR), Gelombang Elektromagnetik, Amplitudo, Bunker.

## 1. PENDAHULUAN

Penelitian tentang goa bawah tanah (bunker) di Jembayan ini dilakukan untuk memberikan informasi tambahan dalam bidang bangunan sejarah baik bagi para arkeologi, pemerintah setempat serta masyarakat umum maupun masyarakat lokal. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan untuk memperkenalkan kepada masyarakat, dimana di Jembayan Loa Kulu ini terdapat bunker yang dapat dijadikan objek wisata peninggalan sejarah.

Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk mendeteksi bunker yaitu metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) atau georadar, dimana metode GPR atau georadar merupakan alat pelacak bumi dengan deteksi bawah permukaan

dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik.

Besarnya penetrasi atau kedalaman yang dapat dicapai gelombang radar sangat bergantung besar kecilnya frekuensi yang digunakan. Semakin kecil frekuensi yang digunakan, maka akan semakin besar penetrasi yang dapat dicapai oleh gelombang radar dan sebaliknya. Gelombang radar dari transmitter akan menghasilkan gelombang refleksi dengan amplitudo yang berbeda-beda. Amplitudo gelombang refleksi yang terekam di *receiver* bergantung pada sifat elektromagnetik dari benda yang ada di bawah permukaan yang dilewati gelombang radar (Reynolds, 1997).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan goa bawah tanah

(bunker) berdasarkan data *Ground Penetrating Radar* (GPR), mengetahui pola difraksi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan alat GPR pada bunker dan mengetahui kemenerusan bunker di Desa Jembayan, Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kartanegara.

## 2. TEORI

### 2.1 Pengertian Bunker

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia goa bawah tanah (bunker) merupakan ruang perlindungan bawah tanah atau ruangan yang dibuat untuk digunakan sebagai pertahanan atau perlindungan dari serangan musuh. Umumnya bunker ini dibuat dengan cara dicor dengan memakai bahan batu (kerikil), pasir dan semen (Pamungkas, 2017).

### 2.2 Struktur Bunker di Jembayan

Struktur bunker Jepang tersebut merupakan padatan hasil perkawinan semen dan pasir batu (sirtu), yang sebagian dibuat sebagai bata persegi (semen dan pasir halus) maupun adonan kasar semen dan kerikil-kerakal untuk Struktur atap atau sekat antar ruang bunker. Tampak ada plat logam juga pada bagian sekat atap atau ruang antar bunker. Struktur bunker utama tersebut tampaknya menggunakan kontur alami bukit tersebut untuk penyangga bangunan bunkernya. Ketinggian bunker utama mencapai 15 meter.

### 2.3 Gelombang Elektromagnetik

Hal yang paling mendasar dalam penelitian ini adalah masalah gelombang. Definisi gelombang adalah sebuah getaran yang merambat dalam ruang dan waktu. Gelombang elektromagnetik merupakan energy dalam bentuk gelombang yang dapat merambat walaupun tidak ada medium. Gelombang elektromagnetik yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam spectrum gelombang mikro. Dalam suatu sistem radar, gelombang mikro dipancarkan terus

menerus ke segala arah oleh pemancar. Jika ada objek yang terkena gelombang ini, sinyal akan dipantulkan oleh objek dan diterima kembali oleh penerima. Sinyal pantulan ini akan memberikan informasi keberadaan objek yang ada di bawah permukaan tanah yang akan ditampilkan oleh layar radar (Griffith, 1999).

Di dalam ruang hampa atau di medium udara, himpunan persamaan Maxwell ditulis :

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{E} &= 0 \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} &= \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}\end{aligned}$$

Dengan  $\mathbf{E}$  adalah kuat medan listrik (volt/meter),  $\mathbf{B}$  adalah induksi magnet (weber/meter<sup>2</sup>),  $t$  adalah waktu (s),  $\epsilon_0$  adalah permitivitas listrik dalam ruang vakum ( $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$ ) dan  $\mu_0$  adalah permeabilitas magnet dalam ruang vakum ( $4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$ ) (Griffith,1999).

Nilai laju cahaya pada ruang hampa yaitu :

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \approx 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Dalam medium linear dan homogen, kecepatan gelombang elektromagnetik dirumuskan sebagai

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}}$$

Berdasarkan persamaan diatas maka didapat persamaan konstanta dielektrik sebagai,

$$\frac{c}{v} = \frac{\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}}{\frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}}}$$

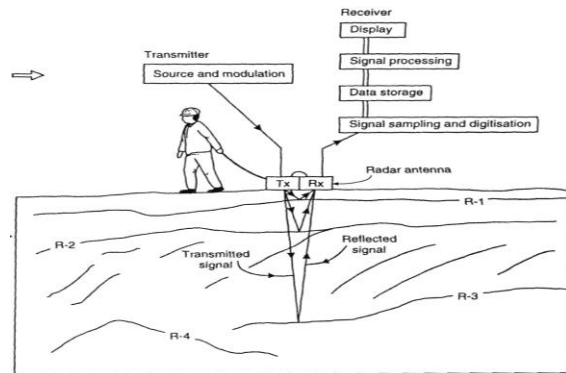
Maka diperoleh persamaan sebagai,

$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

Dimana,  $c$  merupakan laju cahaya pada ruang hampa,  $v$  merupakan kecepatan gelombang elektromagnetik dan  $\epsilon_r$  merupakan konstanta dielektrik (Griffith, 1999).

## 2.4 Prinsip Kerja GPR

*Ground Penetrating Radar*, juga dikenal sebagai *ground radar* atau *georadar*, merupakan teknik resolusi tinggi penggambaran lapisan dangkal dan struktur tanah menggunakan prinsip-prinsip perambatan gelombang

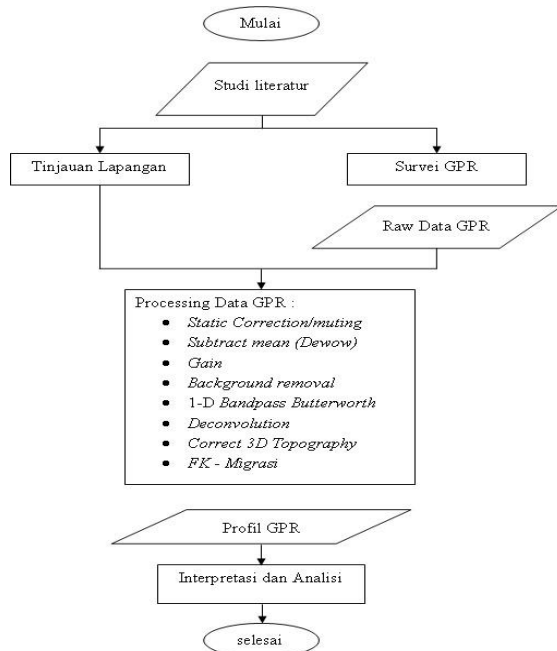


elektromagnetik. Kedalaman penetrasinya dan besar amplitudo yang terekam bergantung pada sifat kelistrikan dari batuan atau media bawah permukaan dan frekuensi antenna yang digunakan.

Gambar 1. Prinsip Kerja *Ground Penetrating Radar* (Reynolds, 1997)

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

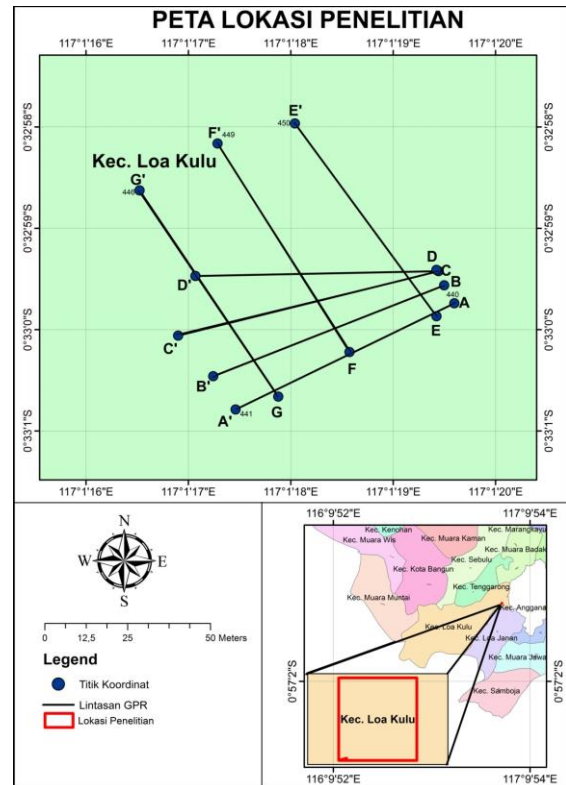
Penelitian ini akan dilaksanakan pada tanggal 5 Mei 2018 di Desa Jembayan Loa Kulu, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. secara UTM terletak pada X=0502449 dan Y=9939205.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini terletak pada koordinat X = 0502400 dan Y = 9939185.

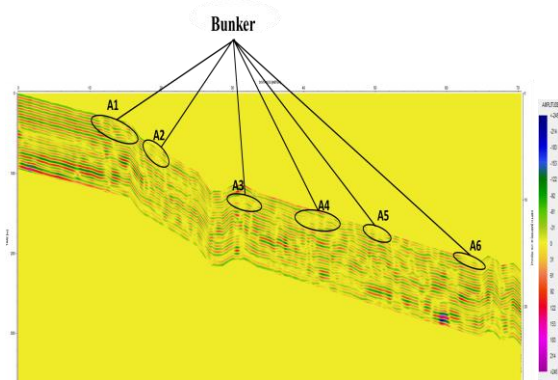


Gambar 3. Peta Lintasan GPR

Pada proses akuisisi data, metode pengukuran yang digunakan adalah *Reflection profiling*. Metode ini menggunakan geometri antenna yang sudah pasti, dan dipindahkan secara bersamaan sepanjang lintasan pengukuran untuk mendapatkan reflektivitas terhadap posisinya. Hasil pengolahan data GPR pada setiap lintasan ditampilkan dalam bentuk radargram dua dimensi (2-D), berikut merupakan data hasil *scanning* di lapangan dalam bentuk *rawdata* beserta proses pengolahan dan hasil analisa data GPR sebagai berikut.

**Lintasan A**

Gambar 4. Indikasi Bunker pada Lintasan

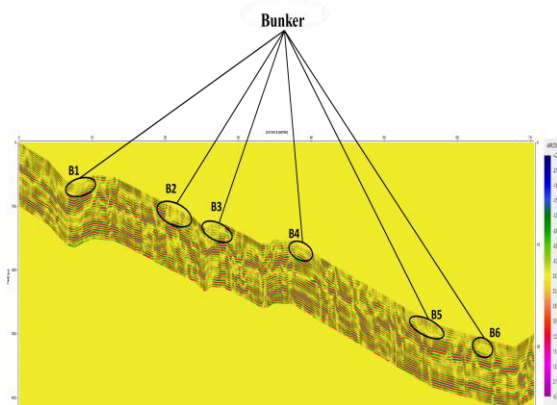


A

Tabel 1. Indikasi Keberadaan Bunker pada Lintasan A

Bunker	Jarak (meter)	Kedalaman (meter)
A1	11.5 m – 15 m	0.157 m – 1 m
A2	20.5 m – 22 m	0.07 m – 0.72
A3	31 m – 33.5 m	1.19 m – 1.8 m
A4	40 m – 43 m	0.09 m – 1.5 m
A5	49 m – 51 m	0.07 m – 1.123 m
A6	62.5 m – 64 m	0.05 m – 0.8 m

**Lintasan B**



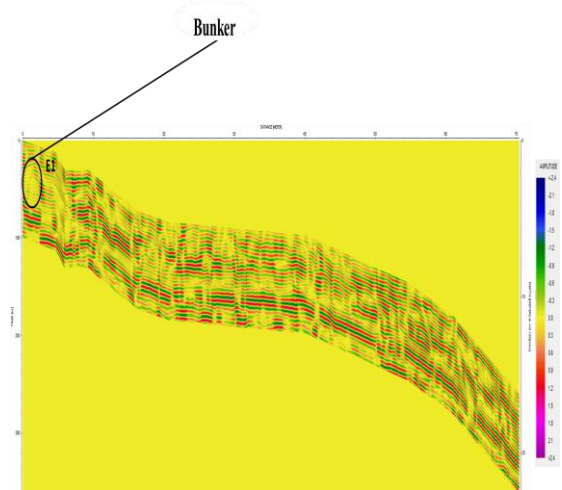
B

Gambar 5. Indikasi Bunker pada Lintasan

Tabel 2. Indikasi Keberadaan Bunker pada Lintasan B

Bunker	Jarak (meter)	Kedalaman (meter)
B1	7.5 m – 9 m	0.05 m – 1 m
B2	21 m – 23.5 m	0.75 m – 1.5 m
B3	25.5 m – 28 m	0.7 m – 1 m
B4	37.5 m – 39.5 m	0.07 m -1 m
B5	54 m – 58.5 m	0.8 m – 1.5 m
B6	63 m – 64.5 m.	0.57 m – 1.25 m

**Lintasan E**

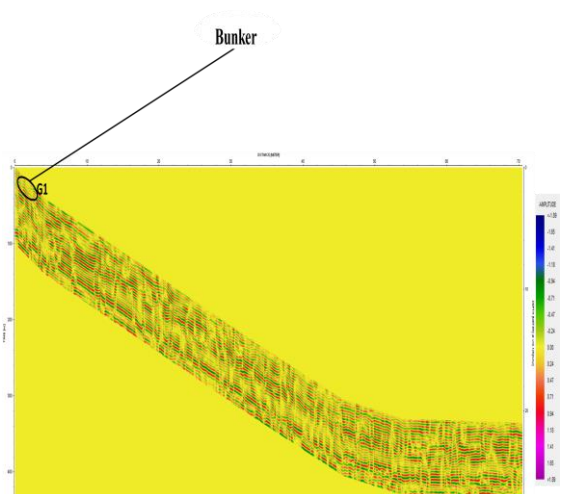


E

Gambar 6. Indikasi Bunker pada Lintasan

Berdasarkan gambar 8. Indikasi Bunker pada Lintasan E, diperoleh indikasi keberadaan bunker pada jarak 0.5 m – 2.19 m dengan kedalaman 2 m – 3.5 m.

**Lintasan G**



G

Gambar 7. Indikasi Bunker pada Lintasan

Berdasarkan gambar 7. Indikasi Bunker pada Lintasan G, diperoleh indikasi keberadaan bunker pada jarak 1 m – 2.5 m dengan kedalaman 0.18 m – 1 m.

**4.2 Pembahasan**

Interpretasi data GPR ini dimaksud untuk mengetahui keberadaan bunker, dimana dalam proses penentuan indikasi

bunker ini lebih difokuskan berada pada permukaan saja dan dilihat dari kontras amplitudo pada hasil pengolahan data. Kontras nilai amplitudo yang dilihat adalah nilai amplitudo udara, karena udara bersifat resistiv sehingga menyebabkan amplitudo refleksi yang dihasilkan semakin kuat karena absorpsi gelombang radarnya sangat kecil, dan memiliki nilai kontras amplitudo pada *rawdata* sangat kecil.

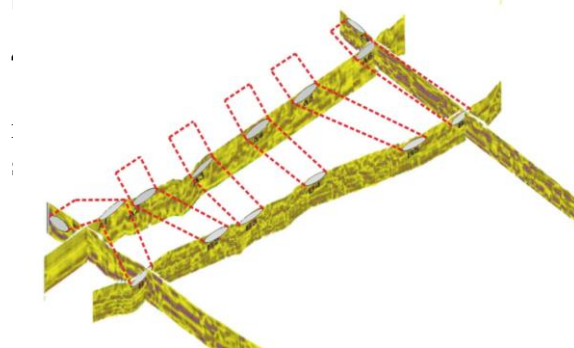
Pada lintasan A dengan elevasi maksimum yang terpetakan 30 meter, Dari hasil pemodelan dapat dilihat bahwa terdapat beberapa bagian pada kedalaman  $\pm 2 \text{ m} - 7 \text{ m}$  memiliki kontras warna amplitudo yang menyerupai bunker, hal ini kemungkinan terjadi karena kontras warna amplitudo yang kecil ini menunjukkan lapisan non kuduktiv, dimana lapisan ini kemungkinan adalah pasir kering.

Pada lintasan B dengan elevasi maksimum yang terpetakan 30 meter. Pada lintasan B diperoleh beberapa titik indikasi bunker, hal ini didukung pada lokasi ini juga terdapat alur paritan yang tampak dengan ukuran-ukuran tertentu dan tiba-tiba buntu seakan alur paritan itu dibuat, bisa saja alur dihasilkan oleh proses amblesan karena didalamnya terdapat struktur terowongan (rongga) yang ada dibawahnya.

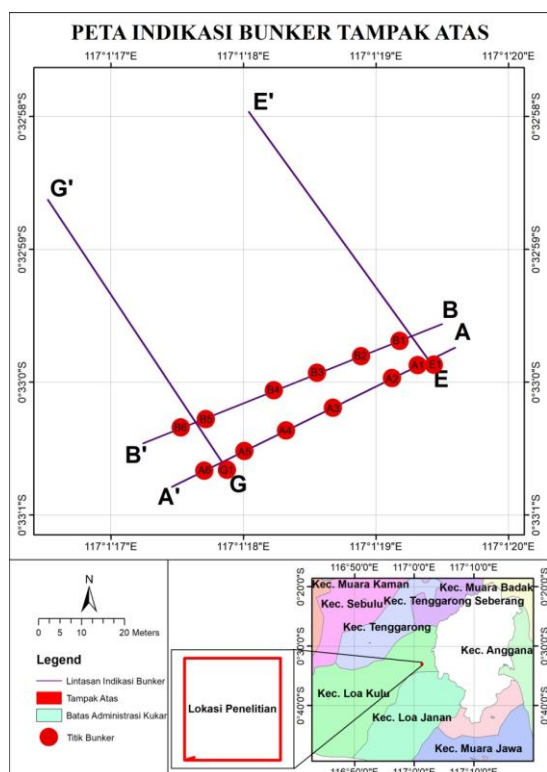
Lintasan E dan lintasan G juga merupakan titik acuan pada lintasan lainnya. Pada lintasan E dan lintasan G memiliki struktur bunker yang terlihat dipermukaan yang ditandai pada pada titik E1 dan G1. Pada lintasan E dan lintasan G, proses akuisi data tepat diatas bunker yang ditandai pada titik E1 dan G1, dimana pada titik E1 rongga bunker sudah mengalami sedimentasi, sehingga pada hasil pemodelan terdapat diatas indikasi bunker yang ditandai dengan kontras warna amplitudo yang kecil terdapat kontras warna amplitudo yang besar, ini menunjukkan rongga bunker tersebut terisi dengan lapisan yang memiliki konduktivitas tinggi. Sedangkan pada lintasan G yang ditandai dengan titik G1

diantara kontras warna amplitudo yang kecil terdapat kontras warna amplitudo yang sangat besar, ini terjadi karena struktur bunker sudah mengalami sedimentasi serta rongga pada bunker sudah terisi oleh material-material yang konduktiv.

Dari hasil interpretasi yang dilakukan tidak di temukan indikasi bunker pada lintasan C, lintasan D dan lintasan F. Dimana letak lintasan C dan D ini memiliki jarak  $\pm 10$  meter dari bunker utama atau titik acuan, sehingga memungkinkan pada lintasan ini tidak terdapat indikasi bunker, dan dari struktur permukaan lintasan ini tidak terdapat alur atau puritan seperti pada lintasan A dan B. Sedangkan pada hasil pengolahan pada lintasan F tidak begitu bagus hal ini karena pada saat akuisi di lintasan ini terdapat banyak sekali undulasi yang menyebabkan



Gambar 8. Indikasi Bunker Tampak Atas



Gambar 9. Kemenerusan Bunker

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut yaitu, hasil interpretasi data GPR yang dilakukan menunjukkan adanya indikasi bunker hanya berada pada lintasan A, B, E dan lintasan G, dengan kedalaman 0.05 meter – 3.5 meter dan penyebaran titik-titik bunker berada pada lintasan A, lintasan B, lintasan E, lintasan G, dengan pola kemenerusan bunker yaitu pada arah tenggara-barat laut.

## DAFTAR PUSTAKA

Abdul, S. 2009. *Pemetaan Batuan Dasar Sungai Dengan Metode Ground Penetrating Radar*. Skripsi. Universitas Indonesia.

Akyas, 2007. *Pemodelan Gelombang Seismik Untuk Memvalidasi Interpretasi Data Seismik Refraksi*, Skripsi, Program Studi Teknik Geofisika Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Institut Teknologi Bandung.

Alam, F. *Catatan Jelajah Bunker Jepang Di Jembayan, Loa Kulu – Kutai Kartanegara*. <https://www.facebook.com/iagikaltim/posts/758992704198772>. 16 April 2015.

Annan, A.P. 2001. *Ground Penetrating Radar Workshop Notes*. Canada. pp. 118-131.

Daniels, David J. 2004. *Ground Penetrating Radar, 2nd Edition*. The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom.

Fadlan, M. dan Intan S. *Georadar Dalam Penelitian Arkeologi di Indonesia*. Vol. 10. No. 1. Hal. 25-40. April 2016. Pusat Penelitian Arkeologi Nasional, Jalan Raya Condet Pejaten No. 4, Jakarta Selatan.

Griffith D. J. 1999. *Introduction to Electrodynamics third edition*. Prentice Hall. New Jersey.

Henry, Kalam. 2008. *Deteksi Keberadaan Endapan Nikel Laterit Dengan Pemanfaatan Gelombang Radar*, Skripsi Sarjana FMIPA Universitas Indonesia, Depok.

Mussett, Alan E., and Khan, M. Aftab. 1993. *Looking Into The Earth*. Cambridge University Press, New York. pp. 227-270.

Pamungkas, J.H. 2017. *Studi Bunker Jepang Di Lumajang Tahun 1942-1945*. Universitas Negeri Surabaya. *Jurnal Pendidikan Sejarah Volume 5, No. 1*. Jurusan Pendidikan Sejarah Fakultas Ilmu Sosial dan Hukum Universitas Negeri Surabaya.

Reynold, J. M., 1997. *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics*. England, John Wiley and Sons, inc. pp. 688-719.

Supriyanto. 2007. *Perambatan gelombang elektromagnetik*. Fmipa fisika. Universitas Indonesia, Depok.

Telford, W.M., Geldart, L.P, and Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, Australian and New York. pp. 168.

Yulianto, T. 2008. *Identifikasi Penyebaran Dan Ketebalan Batubara Menggunakan*

*Metode Geolistrik Resistivitas.*  
Surabaya.

Suswandi, Iwan, 1997. *Pendugaan Struktur Lapisan Bumi Dengan Metode Seismik Bias*, Jurnal Aneka Widya STKIP Singaraja No.4 TH.XXX Juli 1997, diunduh Jam 21.35 WITA, tanggal 26/02/18.