

## PENGUNAAN GROUND PENETRATING RADAR (GPR) DALAM PENELITIAN ARKEOLOGI<sup>1</sup>

Ida Bagus Putu Prajna Yogi<sup>2</sup>  
(Balai Arkeologi Banjarmasin)

### *Abstraction*

*The core of archaeological research is excavation, a destructive and unrepeatable method employed to collect data buried underground. Today, there is a device which can reduce excavation failure and harmful impact upon archaeological data i.e. ground penetrating radar (GPR). Many archaeological researches carried out abroad have been using the GPR, since it is considered one of the most effective methods to identify the condition beneath the ground before starting an excavation. Unfortunately, it is still infrequently employed in archaeological research in Indonesia. This article discusses the benefiting of GPR methods for archaeological research and excavation in Indonesia.*

Kata kunci: *ground penetrating radar*, ekskavasi arkeologi, metode, geofisik

### **A. Pendahuluan**

Selama ini penelitian arkeologi terhadap tinggalan arkeologi dibawah permukaan tanah sering tidak menemukan tinggalan yang diinginkan. Kebanyakan penentuan lokasi atau pembukaan tes pit penggalian atau ekskavasi yang dilakukan para peneliti arkeologi Indonesia selama ini masih menggunakan metode-metode lama. Mungkin hanya memperhatikan faktor konteks yang ada disekitarnya. Hasilnya ketika dilakukan ekskavasi sering kali tidak menemukan temuan atau data yang dimaksud. Selain faktor keakuratan dalam mencari potensi arkeologi di bawah permukaan tanah, masalah biaya dan waktu serta tenaga merupakan suatu hal yang sering menyebabkan ilmu arkeologi di Indonesia cukup sulit berkembang. Dalam hal ini masalah tenaga dan waktu serta dana menjadi suatu alasan dimana penelitian arkeologi di Indonesia sering terhambat pelaksanaannya atau bahkan terhenti di tengah jalan ketika dalam proses penelitian.

Sebenarnya disiplin ilmu lain seperti Geologi, Geofisika, Geografi dan disiplin-disiplin ilmu lainnya di Indonesia sudah mengenal metode-metode untuk mengetahui kondisi dibawah permukaan tanah seperti : geomagnet, geolistrik, dan radar namun hal tersebut masih awam dalam ilmu arkeologi. Gelombang radar merupakan teknologi yang sangat memungkinkan digunakan dalam penelitian arkeologi. Alat yang menggunakan radar dalam ilmu geofisika disebut dengan GPR (Ground Penetrating Radar) (Foto 1).

### **B. Ground Penetrating Radar (GPR)**

GPR merupakan teknik eksplorasi Geofisika yang menggunakan gelombang elektromagnet, bersifat non-destruktif dan mempunyai resolusi yang tinggi terhadap kontras dielektrik material dan formasi geologi. Prinsip dasar metode ini tidak jauh berbeda dengan metoda seismik refleksi, yang telah berkembang luas penggunaannya di berbagai bidang seperti : konstruksi dan rekayasa, pencarian benda-benda arkeologi, untuk melihat kondisi geologi bawah permukaan dan masalah lingkungan. Ground Penetrating Radar (GPR) biasa disebut georadar. Berasal dari dua kata yaitu geo yang berarti bumi dan radar singkatan dari radio detection and ranging. Jadi, arti harfiahnya adalah alat pelacak bumi menggunakan gelombang radio. GPR baik digunakan untuk eksplorasi dangkal (nearsurface) dengan ketelitian (resolusi) yang amat tinggi, sehingga mampu mendeteksi benda sasaran bawah permukaan hingga benda yang berdimensi beberapa sentimeter sekali pun.

GPR terdiri dari pembangkit sinyal, antena transmiter dan receiver, fasilitas perekam data (*control unit*) dan media tampilan grafik (*labtop*). Sistem radar ini mengakibatkan antena transmiter menghasilkan gelombang periodik dari gelombang elektromagnetik yang menyebar pada sudut yang sangat lebar. Pulsa tersebut kemudian akan merambat ke bawah permukaan sebagai muka gelombang

<sup>1</sup> Artikel ini masuk ke dewan redaksi pada tanggal 5 Mei 2009 dan selesai diedit pada 11 September 2009.

<sup>2</sup> Penulis adalah calon peneliti pada Balai Arkeologi Banjarmasin. Email: bagoesbalar@gmail.com

(*wave front*) dan sebagian lagi akan dipantulkan kembali karena adanya perubahan kontras kerapatan massa dan kontras permitivitas listrik di bawah permukaan tanah.

Metoda radar menggunakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi dalam daerah radar. Sebagai metoda elektromagnetik, metoda radar sangat sensitive terhadap kontras konduktivitas bahan. Gelombang radar dipantulkan dengan sangat kuat oleh biji sulfide logam sehingga metode ini banyak dipakai dalam dunia pertambangan dan pekerjaan lapangan seperti geologi, teknik lingkungan/studi lingkungan.

Teknologi radar saat ini sedang menjadi pusat perhatian dalam dunia eksplorasi dangkal (near surface exploration). Ground Penetrating radar (GPR) ini merupakan teknik eksplorasi yang relative baru dibandingkan dengan metode yang lain, yang manfaatnya telah tersebar luas di berbagai bidang seperti geologi, konstruksi dan rekayasa, arkeologi, ilmu forensik masalah lingkungan dan lainnya.

Beberapa contoh penelitian yang sudah pernah dilakukan dengan memanfaatkan teknologi GPR adalah membedakan warna tanah dengan kandungan karbon organik (Dolitte, 1982). Menentukan ketebalan dan mengkarakterisasi kedalaman material organik ( Shih et al, 1984). Menentukan kecepatan propagasi gelombang (Tillard et al, 1995); mengindikasikan adanya erosi pada bendungan (Carlten et al. 1995); mendeteksi dan memetakan rekahan dalam batuan plutonik (Stems et al., 1995); mengindikasikan adanya erosi pada bendungan ( Carlten et al., 1995) aplikasi pada bidang rekayasa, manajemen lingkungan dan geologi (mellet et al., 1995). Penerapan Teknologi ini misalnya pada eksplorasi air tanah, pemantauan penyebaran limbah dan juga pada eksplorasi tambang mineral logam seperti eksplorasi bijih emas, nikel dan lain-lain. Metode ini dapat mendeteksi tulangan beton dengan frekuensi antenna 1000 MHz atau juga dapat mendeteksi pipa berisi kabel yang hanya berdiameter 10 cm, dimana hal ini sulit dilakukan dengan metoda seismik karena panjang gelombang seismic umumnya berkisar lebih dari 50 m.

Bahkan alat GPR juga banyak digunakan untuk mendeteksi peninggalan purbakala, pencarian harta karun dan lain-lain. Teknologi radar ini mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan metode geofisika yang lain yaitu:

- Biaya operasional yang lebih murah
- Cara pengoprasian dilapangan juga lebih mudah
- Frekuensi yang digunakan sangat tinggi
- Merupakan metoda non destructive

Metoda Radar menggunakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi dalam daerah radar. Sebagai metoda elektromagnetik, metoda radar sangat sensitive terhadap kontras konduktivitas bahan. Gelombang radar dipantulkan sangat kuat oleh biji sulfide logam, sehingga metoda ini banyak dipakai dalam dunia pertambangan.

Prinsip perambatan gelombang radar merupakan prinsip gelombang elektromagnetik. Sifat-sifat elektromagnetik dari suatu material berhubungan dengan komposisi dan kadar airnya yang merupakan pengontrol utama kecepatan perambatan gelombang radar dan atenuasi gelombang elektromagnetik dalam material.

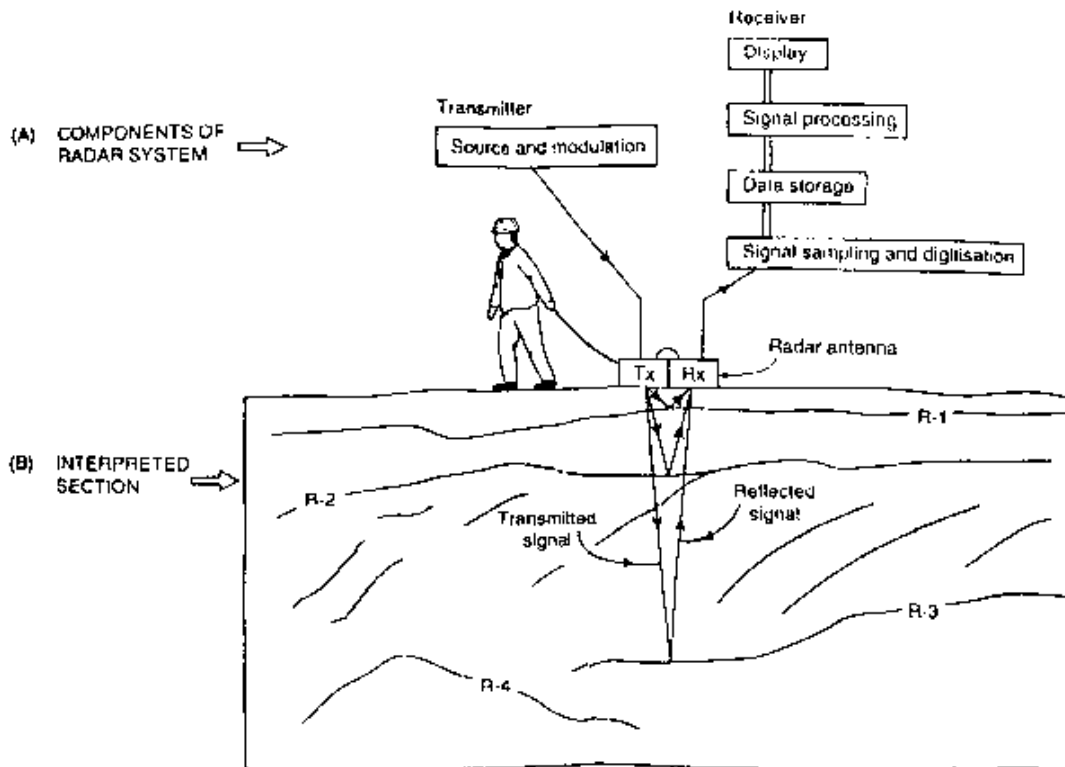
Medium	$\epsilon_r$	Kecepatan [ $m/\mu s$ ]
Air	1	300
Fresh water	81	33
Limestone	7-17	75-113
Granite	5-7	113-134
Schist	5-15	77-134
Concrete	4-10	95-150
Clay	4-16	74-150
Silt	9-23	63-100
Sand	4-30	55-150
Moraine	9-25	60-100
Ice	3-4	150-173
Permafrost	4-8	106-150

Pada suatu sistem radar terdiri dari sebuah pembangkit sinyal, antenna transmisi dan sebuah antenna penerima yang berfungsi untuk merekam keluaran yang dihasilkan. Mulai dari masukan antenna transmisi dan berakhir dengan keluaran dari antenna penerima merupakan suatu sistem linier (Kong et al., 1995). Linieritas ini akan menjelaskan beberapa fenomena dan peristiwa elektromagnetik yang terjadi diantara dua antenna (misalnya propagansi gelombang sepanjang antenna pemancar, radiasi, atenuasi, transmisi dan refleksi, dari suatu target). Antena transmisi membangkitkan gelombang radio yang berjalan dengan kecepatan tinggi. Waktu perambatan (travel time) dari gelombang radio yang ditransmisikan melewati medium dan selanjutnya kembali ke antenna penerima.

Respon sistem radar berhubungan dengan filter dari antenna transmisi dan penerima dan respon target berhubungan dengan refleksi obyek bawah permukaan (sub surface). Deteksi GPR selanjutnya adalah merupakan masalah penginderaan dan pengukuran respons target menggunakan suatu sinyal masukan (input signal) yang telah diketahui dan melakukan analisis sinyal keluaran (output signal) yang diobservasi.

Kemampuan penetrasi GPR tergantung pada frekuensi sinyal sumber, efisiensi radiasi antenna dan sifat dielektrik material. Sinyal radar dengan frekuensi yang tinggi akan menghasilkan resolusi yang tinggi, tetapi kedalaman penetrasinya lebih terbatas (Davis dan Anan, 1989). Frekuensi gelombang radar yang dipancarkan dapat diatur dengan mengganti antenna. Dimensi antenna bervariasi dengan frekuensi gelombang radar, sebagai misal antenna 1 GHz. Berukuran 30 cm, sedangkan antenna 25 MHz mempunyai panjang 6 m.

Gambaran model kerja dari alat GPR di lapangan diperlihatkan oleh gambar 1. Gambar 1 menunjukkan skema alat terdiri dari antenna transmitter dan receiver dihubungkan ke unit control melalui fiber optic. Energy ditransmisikan ke obyek dan dikembalikan lagi ke receiver sebagai hasil refleksi yang hasilnya akan terekam oleh komputer data



Gambar 1: Skema Peralatam GPR (MALA GeoScience,1997)

Metoda elektromagnet didasarkan atas persamaan Maxwell yang merupakan perumusan matematis untuk hukum-hukum alam yang melandasi semua fenomena elektromagnetik. Persamaan Maxwell terdiri dari empat persamaan medan, yang masing-masing dapat dipandang sebagai hubungan

antara medan dan distribusi sumber (muatan atau arus) yang bersangkutan. Persamaan-persamaan tersebut adalah :

$$1. \quad \bar{\nabla} \cdot \bar{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$2. \quad \bar{\nabla} \cdot \bar{B} = 0$$

$$3. \quad \bar{\nabla} \times \bar{E} = 0$$

$$4. \quad \bar{\nabla} \times \bar{B} = \mu J$$

di mana :

$\epsilon_0$  = permitivitas listrik ruang hampa

$\rho$  = tahanan jenis

$\bar{B}$  = medan magnet

$\bar{E}$  = medan listrik

$\mu$  = permeabilitas magnetik

$J$  = rapat arus

Persamaan yang menghubungkan sifat fisik medium dengan medan yang timbul diasumsikan tidak bervariasi terhadap waktu dan posisi (homogen tropis) sehingga persamaan Maxwell dapat ditulis sebagai berikut :

$$1. \quad \bar{\nabla} \times \bar{E} = -\mu \frac{\partial H}{\partial t}$$

$$2. \quad \bar{\nabla} \times \bar{H} = \sigma \bar{E} + \epsilon \frac{\partial E}{\partial t}$$

$$3. \quad \bar{\nabla} \times \bar{B} = \mu J$$

$$4. \quad \bar{\nabla} \cdot \bar{H} = 0$$

dengan

$$k_1 = \frac{n_1 \cdot \omega}{c} \quad \text{konduktivitas ; H = intensitas medan magnet.}$$

Persamaan Maxwell ini merupakan landasan berfikir dari perambatan gelombang elektromagnet.

$$R = \frac{\left[ n_1 - \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} \right) n_2 \right]^2 + \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} \right)^2 \left( c \frac{\beta_1}{\omega} \right)^2}{\left[ n_1 + \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} \right) n_2 \right]^2 + \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} \right)^2 \left( c \frac{\beta_1}{\omega} \right)^2}$$

Pada material dielektrik murni, suseptibilitas magnetik (  $\mu$  ) dan permitivitas listrik (  $\epsilon$  ) adalah konstan dan tidak terdapat atenuasi dalam perambatan gelombang. Sifat-sifat material bumi bergantung dari komposisi dan kandungan air mineral tersebut. Keduanya mempengaruhi cepat rambat gelombang dan atenuasi gelombang elektromagnet.

Keberhasilan metode GPR bergantung pada variasi bawah permukaan yang menyebabkan gelombang tertransmisikan. Perbandingan energi yang direfleksikan diakibatkan oleh perubahan impedansi listrik dalam tanah atau bentuk geometri.

$$R = \frac{\left[ n_1 - \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} \right) n_2 \right]^2 + \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} \right)^2 \left( c \frac{\beta_1}{\omega} \right)^2}{\left[ n_1 + \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} \right) n_2 \right]^2 + \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} \right)^2 \left( c \frac{\beta_1}{\omega} \right)^2}$$

dengan  $k_1 = \frac{n_1 \cdot \omega}{c}$  dan  $k_2 = \alpha_2 + i \cdot \beta_2$

$k_1$  dan  $k_2$  adalah bilangan gelombang lapisan 1 dan lapisan 2 ; dan:

$$\alpha = \omega \sqrt{\frac{\mu \epsilon}{2}} \left\{ \sqrt{1 + \left( \frac{\sigma}{\omega \epsilon} \right)^2} + 1 \right\}^{\frac{1}{2}} \Rightarrow \text{faktor atenuasi}$$

$$\beta = \omega \sqrt{\frac{\mu \epsilon}{2}} \left\{ \sqrt{1 + \left( \frac{\sigma}{\omega \epsilon} \right)^2} - 1 \right\}^{\frac{1}{2}} \Rightarrow \text{konstan atenuasi}$$

Ada dua jenis teknologi GPR yang sering digunakan, yaitu monostatik dan bistatik. Monostatik adalah sewaktu antenna transmiter dan antenna receiver terdapat dalam satu alat. Bistatik adalah penggunaan dua antenna yang terpisah (transmiter dan receiver) sedangkan data GPR ditunjukkan dalam bentuk profil kedalamannya 2-D sepanjang lintasan yang dilewati.

Aplikasi GPR dapat dibagi dalam 2 klasifikasi berdasarkan pada frekuensi antenna. Untuk aplikasi geologi, antenna dengan frekuensi < 500 MHz banyak digunakan karena penetrasi kedalamannya lebih diutamakan dibandingkan dengan resolusinya. Untuk geoteknik, frekuensi yang digunakan lebih besar dari 500 MHz atau sekitar 1 GHz

**Resolusi dan daya tembus gelombang radar**

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

(MALA GeoScience, 1997).

### C. Ground Penetrating Radar (GPR) dalam Arkeologi

Seperti yang kita ketahui selama ini ekskavasi merupakan metode yang paling sering digunakan oleh arkeolog untuk melakukan penelitian di bidang arkeologi. Sedangkan kegiatan ekskavasi merupakan metode arkeologi yang bersifat merusak (*unrepeatable experiment*). Untuk itu, agar tidak terjadi pengerusakan atau kegagalan dalam suatu penelitian arkeologi maka, kegiatan penelitian arkeologi bisa menggunakan metode baru dengan menggunakan bantuan disiplin ilmu lain.

Saat ini, dunia arkeologi di Indonesia masih diguncang oleh perusakan situs. Contohnya yaitu peninggalan Kerajaan Majapahit di Trowulan. Situs ini menarik perhatian dengan dilaksanakannya pembangunan Pusat Informasi Trowulan (PIM) di atas lokasi bekas kerajaan tersebut. Sesungguhnya perusakan situs ini sudah berlangsung lebih lama dan lebih parah daripada yang terjadi akibat pembangunan PIM. Bukan rahasia lagi bahwa tidak sedikit masyarakat lokal yang melakukan penggalian secara liar situs ini untuk memenuhi kebutuhan hidupnya.

Dari kacamata sains dan teknologi, kerusakan sebagian dari situs Majapahit di Trowulan adalah akibat dari belum dikembangkannya ilmu geofisika pada bidang arkeologi. "Pemetaan arkeologi bawah tanah yang merupakan perpaduan antara geofisika dan arkeologi nyaris tak tersentuh di Indonesia, antara lain karena dianggap kurang mempunyai nilai ekonomis," ujar Anggoro Sri Widodo, geofisikawan lulusan S-2 ITB yang kini bergabung di CITIC Seram Energy. Di Indonesia, program studi di geofisika terfokus pada bidang minyak dan gas bumi, eksplorasi mineral, geotermal, gempa dan tsunami, serta cuaca.

Situs Kerajaan Majapahit di Kecamatan Trowulan, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur, mungkin akan terlindungi dari upaya okupasi peruntukan lain dan penjarahan bila ada upaya pemetaan kawasan itu dengan menggunakan georadar. Karena adanya kesamaan teori, konsep, metode interpretasi antara geofisika migas dan geofisika-arkeologi, tidak sulit memetakan situs Majapahit di Trowulan yang telah terpendam. Yang membedakan untuk eksplorasi migas digunakan energi gelombang getaran seismik untuk mendapatkan citra bawah permukaan, sedangkan untuk kepentingan pemetaan arkeologi digunakan sumber gelombang radar (*ground penetration radar/GPR*).

Pemetaan GPR menggunakan pulsa radar frekuensi tinggi yang dipancarkan dengan antena dari permukaan ke dalam tanah. Gelombang ini kemudian diteruskan dan dipantulkan kembali oleh benda-benda yang terpendam di dalam tanah. Kemudian data pantulan gelombang ini akan direkam di dalam domain waktu dan citra yang dihasilkannya kemudian dikonversi ke domain kedalaman. Citra bawah permukaan digambarkan dalam bentuk amplitude gelombang. Amplitude ini menggambarkan perubahan cepat rambat gelombang pada benda terpendam maupun sedimen tertutup. "Batu candi atau benda peninggalan lainnya mempunyai cepat rambat gelombang yang lebih tinggi daripada sedimen penutupnya.

Sementara itu, peneliti di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Inventarisasi Sumber Daya Alam (TISDA) BPPT, Djoko Nugroho, mengungkapkan, aplikasi georadar telah dilakukan dalam pencarian

bekas Kerajaan Sumbawa yang terpendam akibat letusan Gunung Tambora di pulau di Nusa Tenggara Barat. Pencarian melibatkan peneliti ITB ini berhasil menemukan lokasi situs kerajaan tersebut. BPPT pun, katanya, juga pernah menggunakan georadar untuk pendeteksi keberadaan situs purba di kota Pagar Alam di Desa Rimba Candi, Sumatera Selatan, yang terkubur akibat letusan Gunung Dempo. Situs itu merupakan peninggalan peradaban megalitikum.

Aplikasi lain

- Pengujian georadar di Indonesia pertama kali dilakukan oleh BPPT pada November 1996, kata Lena Sumargana, peneliti geofisika di P3 TISDA BPPT. Uji coba georadar ketika itu dilakukan untuk survei utilitas yang tertanam pada jalur Sarinah-Gambir. Bekerja sama dengan Dinas Pemetaan DKI Jakarta pada tahun 1997, BPPT kemudian memetakan secara terpadu utilitas yang tertanam di bawah tanah, meliputi jaringan kabel telepon, listrik, pipa air, dan pipa gas. Sistem georadar menjangkau obyek di kedalaman 25 meter.
- Peralatan georadar juga dimiliki Direktorat Teknologi Pengembangan Sumber Daya Mineral BPPT. Sistem georadar ini bekerja dua kali lebih cepat dibandingkan dengan yang dimiliki P3 TISDA BPPT. Ketika digunakan untuk mendeteksi penurunan permukaan tanah di Kantor Pusat BPPT di Jalan Thamrin, Jakarta, Juni 2008, hanya butuh tiga jam untuk memantau struktur lapisan bawah tanah pada 15 lintasan yang panjangnya masing-masing 20 meter.
- Georadar juga digunakan untuk membantu pengungkapan kasus kriminal—pertama kali dilakukan, Januari 2001. Ketika itu dengan peralatan georadar dari Kanada, BPPT membantu polisi menemukan lokasi bunker persembunyian Hutomo Mandala Putra atau Tommy yang ditemukan di pojok Jalan Cendana dan Jalan Yusuf Adiwinata.
- Di banyak negara maju, teknologi ini juga digunakan untuk menemukan tempat penguburan korban pembunuhan dan obat-obat terlarang. Juga digunakan untuk mendeteksi ranjau.
- Pengoperasian georadar

Georadar beroperasi pada frekuensi 25 megahertz-1.200 megahertz. Untuk deteksi pipa besi atau beton sebagai sarana utilitas, misalnya, digunakan frekuensi 1.000 megahertz yang jangkauannya berkisar 0,5 meter-4,0 meter. Untuk obyek pada kedalaman 35 meter-60 meter digunakan frekuensi 25 megahertz.

Tampilan profil yang tampak di layar monitor berupa irisan suatu lapisan demi lapisan seperti kue lapis legit yang disayat vertikal. Bila di sepanjang garis penyisiran terdapat rongga atau obyek tertentu, akan tampak perbedaan nyata pada citra berbeda rona atau kontras.

Dibeberapa Negara di dunia, Geofisika merupakan salah satu cara/metode seorang arkeolog dalam pengumpulan data dilapangan untuk mengetahui memetakan apa yang berada di bawah permukaan tanah yang tidak mungkin diketahui dengan cara tradisional.

Kenapa GPR diperlukan dalam penelitian arkeologi.

1. Keterbatasan waktu dan dana dalam penelitian arkeologi baik itu survey maupun ekskavasi sehingga arkeolog membutuhkan bantuan alat atau ilmu lain yang membuat kerja arkeolog lebih efektif.
2. Arkeologi bersifat merusak (*destructive*). Sangat banyak penggalian data arkeologi yang dilakukan sangat sistematispun akan membuat data arkeologi rusak. Data-data arkeologi penting seperti struktur tanah akan berubah jika arkeolog melakukan penggalian. Metode geografi bisa dilakukan dengan rapi, tidak merusak bahkan tidak merusak situs itu sendiri.
3. Tidak semua situs arkeologi dapat dieksvasi. Sebagai contoh bangunan historis seperti gereja, mesjid, piramid, pemukiman kuno dan candi yang terletak di area masyarakat modern. Sekali lagi, dengan metode geografi yang tidak merusak dan dilakukan dengan sistematis serta menggunakan biaya yang murah dapat membantu arkeolog melakukan penelitian di situs tersebut.
4. Arkeolog dapat terbantu dengan metode geografi untuk melakukan prioritas penggalian pada situs pemukiman kuno dimana dengan survey arkeologi menggunakan metode geografi dapat diperkirakan keletakan artefak di bawah tanah seperti benteng, struktur bangunan, saluran air ataupun jalanan kuno.
5. Bertahun-tahun mungkin diperlukan untuk melakukan eksplorasi pada sebuah situs arkeologi terutama pada situs yang sangat luas, biaya dan waktu menjadi hal yang sangat sulit untuk

melakukan ekskavasi total sebuah situs. Penggunaan metode geografi pada sebuah situs arkeologi bisa mempersingkat survey arkeologi menjadi beberapa hari, hal yang sepadan daripada harus bertahun-tahun untuk melakukan ekskavasi total sebuah situs arkeologi.

6. Pengetahuan akan pemukiman kuno menjadi sangat penting bagi perkembangan masyarakat modern di seluruh dunia. Terutama bagi perkembangan sebuah kota modern yang akan melakukan pengembangan wilayah bagi pembangunan kotanya. Dalam melakukan pembangunan sebuah daerah harus diyakinkan bahwa tanah di daerah tersebut bersih dari tinggalan arkeologi. Tapi kiprah arkeologi sangat kurang pada hal semacam ini dikarenakan tidak adanya metode yang tepat untuk menentukan perencanaan pembangunan wilayah yang bersih dari tinggalan arkeologi. (<http://nuzulla1.multiply.com/journal/item/2/>).

#### D. Penutup

Ground Penetrating Radar (GPR) adalah suatu teknologi yang terbaharui karena pada tahun 1960-an teknologi ini sudah dikenal, namun baru pada tahun 1980-an dikembangkan kembali. GPR digunakan untuk mendeteksi, melokalisasi, dan memetakan ketidakhomogenan tatanan geologi pada kedalaman dangkal. GPR banyak digunakan pada bidang Geofisika teknik, Geofisika lingkungan, Geofisika untuk arkeologi dan Geofisika untuk pertambangan.

Penelitian arkeologi di Indonesia yang selama ini menggunakan metode sederhana seharusnya sudah dapat menerapkan ilmu bantu lain yang dapat lebih mempermudah kerja arkeolog di lapangan. Selain efektifnya kegiatan arkeologi di lapangan, bantuan GPR dalam penelitian arkeologi juga dapat membantu menjaga kelestarian dan keberadaan suatu situs arkeologi.

Selama ini teknologi radar dalam hal ini GPR mungkin sebuah alat yang mahal dan sulit dioperasikan, namun jika dibandingkan alat ini jauh lebih murah karena dapat digunakan berkali-kali pada setiap penelitian arkeologi, dengan keuntungan waktu yang lebih singkat, kegiatan penelitian yang lebih efektif dan hasilnya pasti. jadi kegiatan ekskavasi yang akan dilakukan selalu tepat sasaran bahwa dibawah tanah tersebut meserupakan potensi arkeologi yang harus kita teliti. GPR akan lebih membantu akan keselamatan atau keutuhan artefak, ekofak, dan fitur yang beraada di dalam tanah. Sebab kita akan tahu benda apa yang akan ditemukan dibawah tanah tersebut.

#### Daftar Pustaka

- <http://nuzulla1.multiply.com/journal/item/2/>, 2008. Bagaimana metode geografi dapat membantu arkeologi (diunduh 27 September 2009).
- Carlsten S., Sam Johansson, Anders Worman, 1995. Radar Techniques for Internal Erosion in Embankment Dams, *Journal of Applied Geophysics*, vol. 33, 143-156.
- Davis and Anan, 1989. Field Observations of electromagnetic Pulse Propagation in Dielectric Slabs, *Geophysics*, vol 49, No.10, 1763-1773.
- Doolittle James A., dan Mary E. Collins, 1995. Use of Soil information to Determine Application of Ground Penetrating Radar, *Journal of Applied Geophysics*. Vol 33,
- Kong, F.N., dan T.L. By., 1995, Performance of a GPR System Wich Uses Step Frequency Signal, *J. Geoph*, 33, 15-26.
- MALA GeoScience, 1997
- Alexandre Novo(1), Mark Grasmueck(2), Dave A. Viggiano(2), Henrique Lorenzo(1), 2008. *3D GPR in Archaeology: What Can Be Gained From Dense Data Acquisition and Processing ?*. Birmingham, UK: 12 th International Conference on Ground Penetrating Radar.
- Astutik, Sri, *Penggunaan Ground Penetrating Radar (GPR) Sebagai Metal Detector (Application of Ground Penetrating Radar (GPR) for Metal Detector)*. Jember: Program Studi Fisika FKIP Universitas Jember.
- Sanny, T.A. 2000, *Penerapan teknologi Ground Penetrating Radar (GPR) untuk eksplorasi bawah laut*, HAGI (Himpunan Ahli Geofisika Indonesia), Bandung.
- Sanny, T.A. dan Gunawan Handayani, 2000, *Penerapan teknologi Ground Penetrating Radar (GPR) dan pemodelan ke depan untuk eksplorasi emas*, HAGI, Bandung.



Syukri, M. dan Satria Bijaksana, 2000, *Pendeteksian kontaminasi bawah permukaan dengan metode GPR*, HAGI, Bandung.



(Foto 1: GPR (Ground Penetrating Radar))