

MENGUNGKAP KEMBALI EKSISTENSI BENTENG INDRAPATRA DENGAN METODE *GROUND PENETRATING RADAR* (GPR)

Nursyafira¹, Fazlah Mauhida², Anshar Vahreza Ms³, Muhammad Syukri⁴

¹Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Indonesia

²Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Indonesia

³Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Indonesia

⁴Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Indonesia

¹nursyafira200400@gmail.com; ²fazlahmauhida@gmail.com;

³Ansharvahreza686@gmail.com; ⁴m.syukri@unsyiah.ac.id

Abstract

The research related to the reconstruction of the existence of the ancient Indrapatra Fortress using the Ground Penetrating Radar (GPR) method in study area of the fortress ruins in Ladong Village, Aceh Besar District, Aceh. This research is based on the interest of researchers to study the response of electromagnetic waves to sub-surface of the fort that had been lost. By signals response, it can be identified the existence of a fortress that has been lost based on the part of fort that is still intact. The use of the GPR method is because this method works based on the principle of electromagnetic and wave propagation non-destructive. The results shows that electromagnetic signals that describes the location of subsurface vertical profiles ruins. Data processing by using GRESWIN software to obtain subsurface imagery from the study area. The result depicts the location of fort foundation based on the susceptibility variability value of rocks that make up the fortress against the surrounding environment. Its testify that the GPR is a significant method to reveal the existence of the loss fort.

Keywords : *Fortress, Ground Penetrating Radar, Reconstruction, Indrapatra, Archeology.*

Pendahuluan

Indonesia memiliki beraneka ragam warisan budaya yang wajib dilestarikan agar kebudayaan yang ada tidak hilang dan dapat menjadi pelajaran bagi penerus bangsa. Aceh merupakan salah satu daerah yang menyimpan banyak warisan kebudayaan, mengingat banyaknya kerajaan yang berdiri pada masa lampau. Salah satu situs Arkeologi pada zaman dahulu adalah Benteng Indrapatra yang terletak di Desa Ladong, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar.

Benteng Indrapatra adalah peninggalan kerajaan Hindu pertama di Aceh. Menurut catatan sejarah, benteng ini dibangun pada abad ke-7 Masehi semasa pemerintahan Kerajaan Lamuri oleh Putra Raja Harsa. Benteng ini sendiri berada pada posisi yang cukup strategis karena berhadapan langsung dengan Selat Malaka, sehingga berfungsi sebagai benteng pertahanan dari serangan penjajah Portugis. Di masa Sultan Iskandar Muda, seorang laksamana wanita pertama di dunia yang terkenal dan disegani, yaitu Laksamana Malahayati, menggunakan benteng ini untuk pertahanan Kerajaan Aceh Darussalam dari serangan Portugis yang datang dari Selat Malaka. Hal ini menjadikan Benteng Indra Patra sebagai saksi bisu perjalanan sejarah dari masa ke masa; dari masa kejayaan Hindu hingga berjayanya kerajaan Islam di Aceh (Anonymous, 2018).

Situs Kerajaan Lamuri di Aceh diyakini sebagai kerajaan tertua di Aceh. Kerajaan ini menjadi cikal bakal berdirinya Kerajaan Aceh Darussalam di Gampong Pande, Banda Aceh. Awalnya, Kerajaan Lamuri adalah kerajaan Hindu. Berdasarkan penelitian terakhir, peneliti dari Aceh dan Malaysia telah melakukan penggalian di situs sejarah Kerajaan Lamuri di Bukit Lamreh, Kecamatan Masjid Raya, Aceh Besar. Di sana Terdapat pecahan-pecahan keramik dan tembikar yang ditemukan. Penelitian ini dilakukan secara intensif untuk menentukan artefak-artefak berusia ratusan tahun. “Dari hasil analisis, artefak tersebut telah berumur lebih kurang 700 tahun,” kata Arkeologi Aceh sekaligus ketua tim ekskavasi penelitian situs Lamuri dari Aceh, Dr. Husaini Ibrahim (DetikNews, 2018).

Menurut catatan, bahan bangunan yang berarsitektur kuno ini terdiri dari susunan batu gunung, kapur, tanah liat, kulit kerang, dan telur. Hingga saat ini

Benteng Indrapatra masih berdiri kokoh. Selain menyimpan nilai sejarah yang tinggi, benteng ini juga memiliki keindahan tersendiri karena letaknya yang berada di pinggir pantai yang indah. Ada dua benteng yang masih berdiri kokoh hingga sekarang di situs sejarah ini. Benteng utama berukuran 70×70 m dengan ketinggian 4 m dan ketebalan sekitar 2 m. Pada bagian lain juga terdapat lubang pengintai yang menghadap ke laut. Di dalam benteng terdapat dua bangunan yang berbentuk kubah yang di dalamnya terdapat sumur.

Di dalam penggalian tersebut juga ditemukan sebuah mangkuk dalam kondisi masih utuh dan terbuat dari keramik. Mangkuk tersebut ditemukan pada kedalaman sekitar 50 cm dalam posisi terbaik. Dari hasil analisis, diketahui keramik ini diproduksi di Vietnam pada abad ke-14 dan 15 Masehi. Keramik Vietnam, keramik China yang diproduksi pada masa Dinasti Song Selatan dan Yuan abad ke-13 Masehi, juga dijumpai pada saat penggalian berlangsung. Selain itu, juga ada tembikar dari Asia Selatan yang diduga berasal dari periode yang sama. Beberapa bukti yang menunjukkan adanya kerajaan Lamuri pada zaman dulu yaitu terdapat banyak benteng. Antara satu benteng dengan benteng lainnya memiliki rangkaian. Tiga benteng paling terkenal yang menjadi cikal bakal lahirnya Aceh *Lhee Sagoe* adalah Benteng Indra Patra, Indrapurwa, dan Indrapuri.

Benteng tersebut sekarang sudah hilang dan hanya menyisakan sedikit puing-puing saja. Namun, sejarah keberadaan benteng tersebut perlu diungkap kembali, sehingga dapat menjadi aset ilmu pengetahuan dan warisan budaya. Salah satu cara untuk merekonstruksi kembali keberadaan benteng tersebut adalah dengan menggunakan metode geofisika. Salah satu metode geofisika yang unggul untuk mendeteksi lapisan bawah permukaan dangkal ialah metode elektromagnetik. Penjalaran gelombang elektromagnetik di dalam tanah dan interaksi antara medan listrik dan medan magnet dapat memberikan informasi tentang karakteristik fisis tanah yang diukur.

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mendeteksi benda-benda yang terkubur di bawah tanah dengan tingkat kedalaman tertentu, dengan menggunakan sumber gelombang

elektromagnetik berupa radar (*Radio detection and ranging*) yang biasanya berada dalam *range* 10 MHz-1GHz (Heteren, dkk., 1998). Metode ini bersifat tidak merusak dan mempunyai resolusi yang tinggi, tetapi terbatas sampai kedalaman beberapa puluh meter saja, dan dapat digunakan pada segala waktu dan cuaca (Knight, 2001).

Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan metode *GPR* yaitu metode yang memanfaatkan target anomali geofisika yang bersifat konduktif. Metode ini menggunakan frekuensi yang relatif tinggi untuk mendapat gambaran anomali dangkal di bawah permukaan yang akurat dan bersifat *non-destructive*, sehingga baik digunakan dan aman bagi lingkungan (Arisona, 2009). *GPR* pada dasarnya bekerja dengan memanfaatkan pemantulan sinyal. Teknik yang digunakan adalah sistem *Electromagnetic Subsurface Profiling* (ESP) dengan memanfaatkan pengembalian gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari permukaan tanah dengan perantara antena (Heteren, dkk., 1998).

Metode ini memiliki resolusi tinggi terhadap kontras dielektrik material bumi. Metode *GPR* juga mampu mendeteksi karakteristik bawah permukaan tanah tanpa dilakukan pengeboran ataupun penggalian. Pada saat pengukuran dengan menggunakan metode *GPR* perlu diperhatikan kondisi lapangan, karena kondisi lapangan juga mempengaruhi hasil yang dihasilkan oleh alat *GPR*. Jika pada kondisi lapangan terdapat *noise* maka itu akan berpengaruh pada hasil. Oleh sebab itu, untuk mendapatkan hasil yang bagus diperlukan pengolahan data untuk meminimalisir *noise* pada data *GPR*.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan sejak awal 2019 dan bertempat di Benteng Indrapatra Desa Ladong, Kecamatan Masjid Raya, Aceh Besar, Aceh. Proses pengambilan data dilakukan dengan menentukan titik di daerah benteng, sehingga dapat diketahui anomali untuk menentukan sifat konduktivitas dari bawah permukaan. Titik lintasan pengukuran dapat dilihat pada Gambar di bawah.



Gambar 1. Lintasan pengukuran Benteng Indrapatra (<http://earth.google.com>)

Metode GPR yang juga dikenal sebagai *ground radar* atau georadar, merupakan teknik resolusi tinggi penggambaran lapisan dangkal dan struktur tanah. GPR menggunakan prinsip perambatan gelombang elektromagnetik, di mana kedalaman penetrasi dan besar amplitudo terekam bergantung pada sifat kelistrikan dari batuan atau media bawah permukaan dan frekuensi antenna yang digunakan. Keuntungan menggunakan gelombang elektromagnetik adalah adanya sinyal-sinyal dengan panjang gelombang relatif pendek yang dapat dibangkitkan dan diradiasikan ke dalam tanah, untuk mendeteksi beberapa anomali pada sifat dielektrik material geologi (Warnana, 2008). Besar frekuensi yang digunakan untuk penelitian adalah 80 MHz. Dengan menggunakan frekuensi tersebut diperoleh penetrasi kedalaman sekitar 5 – 6 m.

Proses akuisisi data dimulai dengan membuat lintasan ukur di mana setiap lintasan yang diukur harus lurus dan memenuhi setiap sudut ruang benteng. Selanjutnya dilakukan pengambilan data GPR berdasarkan pada lintasan lurus yang telah ditentukan sebelumnya. Pengambilan data posisi dilakukan secara diferensial dengan metode survei statik singkat menggunakan *Portabel GPS* tipe Navigasi.

Data GPR dilakukan dengan *software GRESWIN* yang dilengkapi dengan instrumen yang dirancang untuk menampilkan gambar berkualitas tinggi, baik itu secara matriks maupun secara 2D (radargram), dengan pilihan aplikasi yang

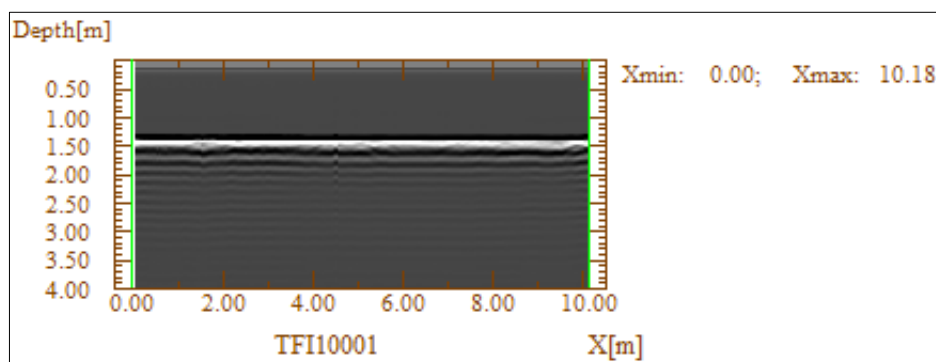
mencakup semua kebutuhan untuk mendeteksi kondisi bawah permukaan. Setelah kondisi bawah permukaan terdeteksi, proses dilanjutkan dengan interpretasi data atau perkiraan struktur bawah permukaan hingga dapat diidentifikasi.

Setelah proses pengambilan dan pengolahan data selesai. Langkah selanjutnya adalah melakukan interpretasi mengenai pencitraan bawah permukaan berupa profil penampang 2D (radargram) yang dihasilkan oleh *software GRESWIN* dengan membaca panduan atau literatur pada *software* tersebut, maka akan diketahui objek di bawah permukaan di daerah Benteng Indrapatra.

Hasil Dan Pembahasan

Di dalam penelitian ini, didapatkan 6 lintasan pada benteng 1 dan 22 lintasan pada benteng 4, sedangkan benteng 2 dan 3 masih dalam keadaan kokoh. Pada penelitian ini, setiap lintasan memiliki interval jarak bervariasi antara 3 hingga 10 m. Pengambilan data dilakukan sepanjang permukaan yang mengalami kerusakan. Hal ini disesuaikan dengan kondisi lapangan dan kebutuhan data yang diperlukan.

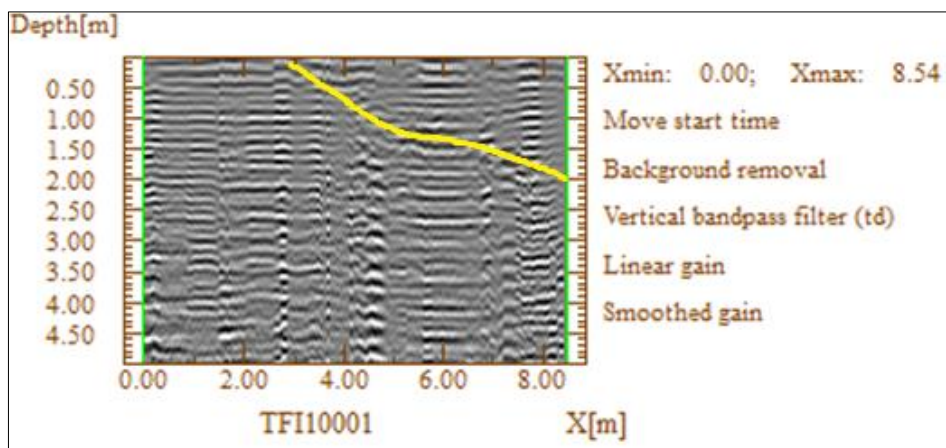
Setelah dilakukan pengumpulan data di lapangan, selanjutnya dari data hasil pengukuran GPR dihasilkan gambar yang diplot dalam tampilan layar komputer berupa gambar radargram, yaitu jarak pengambilan data dan kedalaman yang ditempuh. Hasil pengukuran di lapangan pada lintasan 1 benteng 4 dengan jarak 0-10 m dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Raw data lintasan 1 pada benteng 4

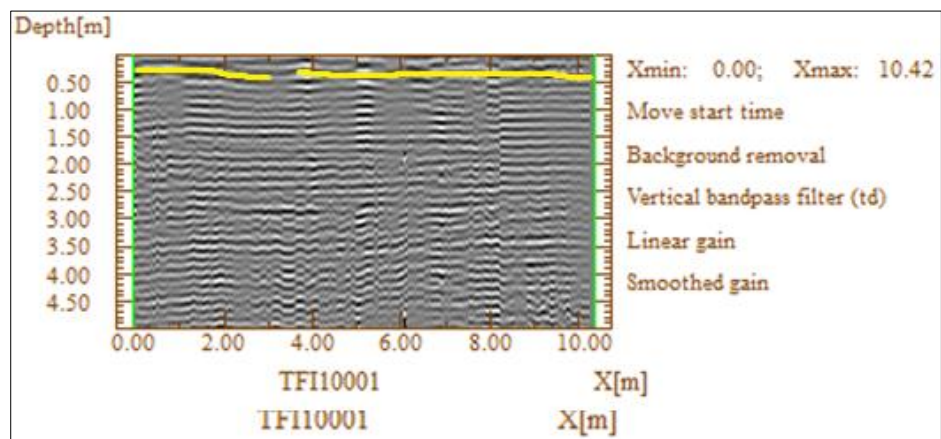
Proses pengolahan data dari lintasan 1 hingga lintasan 22 pada benteng 4 dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu, *graphic parameter*, *move start time*, *background removal*, *vertical bandpass filter (TD)*, *Linear gain*, dan *Smoothed gain*. Hal yang sama dilakukan pada lintasan 1 hingga lintasan 6 pada benteng 1.

Gambar 3 adalah hasil pengolahan data yang menunjukkan kedalaman penetrasi gelombang elektromagnetik 5 m ke bawah permukaan. Pada lintasan 7 benteng 4 terdapat reflektor gelombang elektromagnetik, yang menunjukkan tampilan reflektor dimulai dari 3-8 m panjang lintasan. Reflektor yang muncul berbentuk gelombang yang menurun dan memanjang ke bawah, hal tersebut dapat diasumsikan sebagai reflektor miring sebanding dengan singkapan benteng yang ada di lapangan.



Gambar 3. Hasil pengolahan data pada lintasan 7 benteng 4

Lintasan pengukuran 3 benteng 1, diawali dengan medan yang berlubang. Terlihat dari tampilan pada gambar lintasan pengukuran yang menunjukkan tampilan reflektor yang tampak dimulai dari 0-3 m. Tampilan reflektor juga ditunjukkan pada 3-10 m, yang memanjang dan arah gelombangnya cenderung rapat dan datar disebut sebagai reflektor datar. Hal itu diasumsikan sebagai pantulan dari sebaran batuan yang rapat pada sisa bangunan benteng.

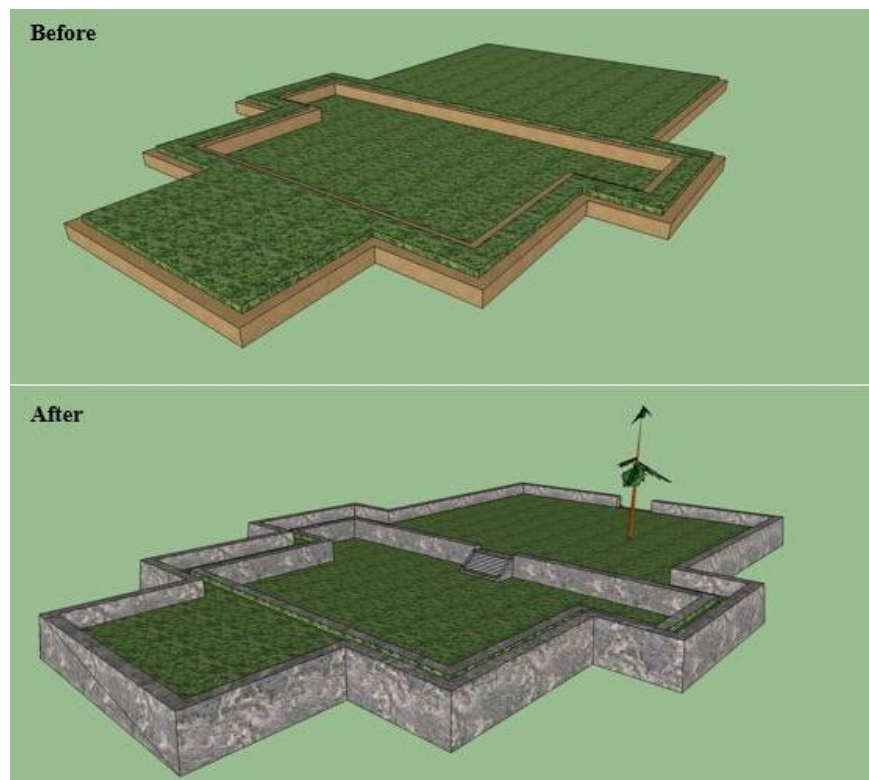


Gambar 4. Hasil pengolahan data pada lintasan 3 benteng 1

Berdasarkan prediksi model bangunan benteng 1 dan 4 pada Gambar 5 dan 6, gambar di bawah merupakan gambaran struktur bawah permukaan dari keberadaan sisi benteng 1 dan 4 berdasarkan sisi benteng yang tampak pada benteng 2 dan benteng 3.



Gambar 5. Prediksi model rekontruksi benteng 1



Gambar 6. Prediksi model rekontruksi benteng 4

Berdasarkan prediksi model bangunan benteng (Gambar 7), sisa atau singkapan bangunan benteng ditunjukkan pada bentang 1 dan 4 yang telah direkontruksi dengan sangat baik menggunakan pengukuran *Ground Penetrating Radar* (GPR). Area Benteng Indrapatra terlihat sangat jelas baik itu secara data maupun singkapan di lapangan. Terbentang sejajar kearah utara yang merupakan laut dan dihimpit oleh kebun kelapa disebelah barat, disebelah selatan terdapat tambak masyarakat, dan disebelah timur terdapat juga tambak masyarakat dan kebun kelapa.



Gambar 7. Prediksi model rekontruksi 3D Benteng Indrapatra berdasarkan data *Ground Penetrating Radar*(GPR).

Kesimpulan

Berdasarkan pengukuran dan analisis data yang dilakukan di Benteng Indrapatra menggunakan GPR, kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Metode ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan dangkal yang dalam penelitian ini diaplikasikan pada sisa bangunan Benteng Indrapatra.
2. Didapatkan model dari susunan yang lengkap dari Benteng Indrapatra yang merupakan hasil pencitraan pada setiap lintasan pengukuran
3. Terlihat ada dua jenis reflektor yang muncul pada lintasan pengukuran yaitu reflektor datar pada benteng 1 dan reflektor miring pada benteng 4.
4. Reflektor datar adalah reflektor yang muncul pada lintasan 3 benteng 1, yang disimpulkan sebagai pantulan dari sebaran batuan yang rapat pada sisa bangunan benteng.
5. Reflektor miring adalah reflektor yang muncul pada lintasan 7 benteng 4, yang disimpulkan sebagai singkapan benteng yang ada di lapangan.

Daftar Pustaka

- Anonymous. (2018), Benteng Indra Patra Bukti Sejarah Hindu-Buddha di Aceh:
<https://ksmtour.com/infor-masi/tempat-wisata/aceh/benteng-indra-patra-buktisejarah-hindu-buddha-di-aceh.html>. Diakses pada 18 November 2018.
- Arisona, A. P. (2001). *Ground Penetrating Radar Warkshop Notes*. Brevik Places Mississauga, Canada.
- DetikNews, (20 Maret 2018, 09:46 WIB). *Lamuri, Kerajaan Pertama di Aceh yang Beragama Hindu*. Diperoleh dari:
<https://news.detik.com/berita/d3926025/lamuri-kerajaan-pertama-di-aceh-yang-beragama-hindu>. Diakses pada 12 November 2018.
- Heteren, V.S., Fitzgerald, D.M., McKinlay, P.A., and Buynevich, I.V. (1998) *Radar Facies of Paraglacial Barrier System*. Coastal New England, USA. Sedimentology.
- Knight, R. (2001). *Ground Penetrating Radar for Evironment Application*. Annu. Rev. Earth Planet. Sci, Vol. 29, pp. 229-55.
- Warnana, D.D. (2008). *Identifikasi Scouring sebagai Potensi Kelongsoran Tanggul Sungai Bengawan Solo berdasarkan Survei GPR (Studi Kasus Desa Widang, Kabupaten Tuban)*. Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika-FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.