



Identifikasi Objek Bawah Permukaan Menggunakan Metode *Ground Penetrating Radar* di Kompleks Candi Kedaton, Muarojambi, Indonesia *Sub-Surface Object Identification using Ground Penetrating Radar Method in Kedaton Temple Complex, Muarojambi, Indonesia*

Bambang Sugiarto, G.M. Lucki Junursyah dan Indyo Pratomo

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Jl. Diponegoro No. 57 Bandung, 40122.

email: bambang.sugiarto@esdm.go.id

Naskah diterima : 4 Juli 2018, Revisi terakhir : 23 Oktober 2018 Disetujui : 29 Oktober 2018, Online : 5 November 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.19.4.201-211>

Abstrak- Telah dilakukan pengukuran *Ground Penetrating Radar* (GPR) dengan menggunakan antena frekuensi 200 MHz pada bulan Juli 2011 di Kompleks Candi Kedaton, Muarojambi, Jambi, Indonesia. Pengukuran ini bertujuan untuk menyediakan data bawah permukaan tanpa melakukan penggalian (ekskavasi) sebagaimana biasa dilakukan dalam metode arkeologi konvensional. Pengambilan data dilakukan pada enam lintasan di sekitar bangunan utama dan halaman candi di dalam pagar pembatas Kompleks Candi Kedaton. Data yang diperoleh berkualitas baik dengan perbandingan *signal to noise ratio* lebih besar dari pada 110 dB. Pemodelan bawah permukaan berdasarkan sifat keelektromagnetan batuan menghasilkan tiga lapisan tanah, dari yang termuda adalah lapisan A dengan ketebalan 0,26 meter hingga 0,78 meter, lapisan B dengan ketebalan mencapai 1,51 meter, dan lapisan C yang menutupi indikasi objek arkeologi dengan ketebalan 0,35 meter hingga 3,87 meter. Bagian selatan bangunan utama menunjukkan delineasi dan sebaran lapisan tanah dengan total tebal hingga 4,50 meter, sedangkan bagian utara bangunan utama menunjukkan delineasi dan sebaran lapisan tanah dengan total tebal lapisan hanya 2,60 meter. Indikasi objek arkeologi di bawah permukaan ditunjukkan oleh bentukan tinggian-tinggian anomali yang memiliki kedalaman bervariasi dari 1,65 meter hingga 4,50 meter. Hal ini ditafsirkan sebagai bangunan masa lampau yang terletak pada zona depresi dan terkubur akibat banjir besar, tidal Sungai Batanghari, atau akibat pasang surut air laut pada zaman dulu.

Kata kunci: Arkeologi, geofisika, *Ground Penetrating Radar* (GPR), Kedaton, Muarojambi.

Abstract- *Ground Penetrating Radar* (GPR) survey using 200 MHz frequency antenna have been conducted in July 2011 at Kedaton Temple Complex, Muarojambi, Jambi, Indonesia. The survey is aimed at providing subsurface information without digging (excavation) as in usual conventional archaeological methods. The data were collected on six lines around the main building and a courtyard inside the boundary fence of Kedaton Temple Complex. Good quality data were obtained with *signal to noise ratio* greater than 110 dB. The result of the subsurface model based on the electromagnetic properties of rocks generating three layers of soil, from the youngest are Layer A with a thickness of 0.26 meters to 0.78 meters, Layer B with a thickness up to 1.51 meters, and Layer C covering the indication of archaeological object with a thickness of 0.35 meters up to 3.87 meters. The southern part of the main building shows a delineation and spread of thick layers of soil with a total thickness up to 4.50 meters, while the northern part of ancillary buildings shows a delineation and thin layers of soil with a total thickness only 2.60 meters. The indication of archaeological objects in the sub-surface indicated by the presence of anomalous heights which has a depth varying from 1.65 meters to 4.50 meters. This is interpreted to be a sub-surface anomaly that is likely to be archaeological objects still buried. The archaeological object may represent an ancient building in the zone of depression that accumulates due to the great floods, tidal Batanghari River, and sea level fluctuation in the past.

Keywords: Archaeology, geophysics, *Ground Penetrating Radar* (GPR), Kedaton, Muarojambi.

PENDAHULUAN

Penelitian arkeologi di Indonesia belum beranjak jauh dan berkembang seperti penelitian arkeologi di negara-negara maju. Hal ini akibat keterbatasan tenaga ahli, minimnya anggaran penelitian, serta peralatan canggih dan teknologi mutakhir yang belum dimiliki oleh lembaga riset seperti Pusat Penelitian Arkeologi Nasional dan Balai Arkeologi (Intan, 2016). Banyak dan luasnya wilayah dengan temuan arkeologi yang tidak sebanding dengan sumber daya yang tersedia sering menjadi hambatan kegiatan penelitian, seringkali suatu penelitian berhenti di tengah jalan dan tidak dilanjutkan (Yogi, 2009).

Metode geofisika seperti magnetik, tahanan jenis, dan *Ground Penetrating Radar* (GPR) diterapkan sedemikian rupa dalam penelitian arkeologi melahirkan cabang ilmu baru arkeologi geofisika. Ilmu ini telah diterima secara luas oleh komunitas arkeologi, laboratorium riset dan dimasukkan ke kurikulum akademik berbagai perguruan tinggi seluruh dunia. Arkeologi geofisika diposisikan sebagai suatu perangkat untuk mengetahui lokasi, memetakan dan menghasilkan gambar dari objek arkeologi yang terkubur (Conyers dan Leckerbush, 2010). Objek arkeologi seperti bata kuno, tembok, lantai, ruangan bawah tanah, pondasi, kuburan telah berhasil dilokalisasi menggunakan metode GPR (Jarzina, 2012). Kompleks Percandian Muarojambi merupakan situs arkeologi terbesar dan terluas di Indonesia, bahkan di Asia Tenggara. Situs paling terawat di Pulau Sumatra ini memiliki luas 12 km² dan terletak pada tanggul alam kuno, membentang lebih dari 7,5 km searah jalur Sungai Batanghari (Gambar 1). Terdapat paling tidak 83 candi yang sebagian besar masih berupa gundukan tanah (menapo) dan belum dikupas (diokupasi). Dari sekian banyak temuan arkeologi, baru sembilan bangunan candi yang telah dipugar, antara lain: Kota Mahligai, Kedaton, Gedong Satu, Gedong Dua, Gumpung, Tinggi, Kembar Batu, Astano, dan Kolam Telagarajo (Ramelan, 2014).

Pengukuran GPR telah dilakukan di sekitar bangunan induk dan halaman di dalam pagar tembok Candi Kedaton (Gambar 2). Terdapat sekurang-kurangnya sembilan unit runtuh bangunan dan gundukan batu bata merah (menapo), diantaranya pagar tembok bata, gerbang/gapura, dan bangunan perwara yang masih berserakan di sekitar bangunan induk Candi Kedaton. Hanya bangunan induk dan mandapa saja yang sudah

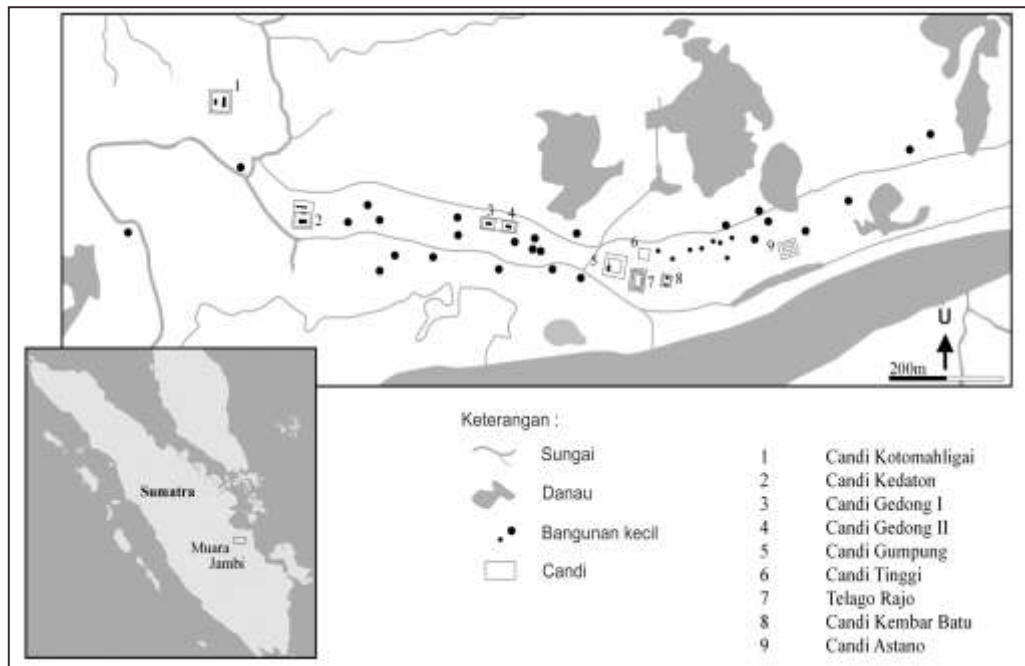
dipugar dan direkonstruksi sedemikian rupa mendekati bentuk aslinya. Pengukuran bertujuan untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan serta mempelajari lebih lanjut kemungkinan keterdapatannya bangunan, candi atau objek arkeologi lain pada lokasi tersebut tanpa merusak struktur tanah. Hasil pengukuran GPR ini dapat dijadikan acuan untuk penelitian lanjutan dan rekomendasi untuk dilakukan penggalian (ekskavasi).

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Geologi daerah penelitian berdasarkan Peta Geologi Lembar Jambi (Mangga dkk., 1993), secara keseluruhan merupakan bagian dataran rendah Sumatera bagian timur yang bercirikan topografi dataran dan perbukitan rendah dengan ketinggian maksimum 100 m. Daerah penelitian berada di satuan morfologi dataran rendah yang terbentuk di atas aluvium (Qa) dan endapan rawa (Qs). Kemiringan sungai yang rendah (*low river gradient*) mengakibatkan sungai tersebut sangat dipengaruhi oleh air pasang (*tidal dominated*). Keterdapatannya *meander* dan *ox-bow lake* mengindikasikan aktifnya erosi secara lateral dan pengendapan secara berulang.

Sejumlah perlipatan berarah barat-laut-tenggara berupa periklinal, terbuka dan simetris, dengan sayap yang miring landai dan sumbu lipatan mendatar sampai membaji landai mempengaruhi batuan berumur Miosen sampai Plio-Plistosen (Mangga, dkk., 1993). Kemungkinan perlipatan dikontrol oleh sesar batuan alas yang telah ada sebelumnya, sehingga orientasi tegangan pemampatan maksimum dalam cekungan itu bisa tidak tegak-lurus pada sumbu lipatannya. Orientasi arah tegangan pemampatan utama yang berhubungan dengan pembalikan cekungan Plio-Plistosen, terletak antara timurlaut-baratdaya dan timur-barat.

Walaupun tidak tersingkap di permukaan, sesar-sesar berarah barat-laut-tenggara dan timurlaut-baratdaya mempengaruhi batuan alas pra-Paleogen. Sesar-sesar ini memberikan pergeseran tegak yang besar serta digambarkan oleh perubahan nyata ketebalan sedimen Eosen sampai Oligosen. Sesar tersebut mempengaruhi batuan berumur Paleogen-Neogen. Bukti pembalikan cekungan yang tercermin oleh perlipatan, menunjukkan bahwa sesar-sesar tersebut telah diaktifkan kembali selama Pliosen Akhir sampai Plistosen, mencerminkan adanya rotasi besar terhadap bidang tegangan pemampatan (Holder, 1990).



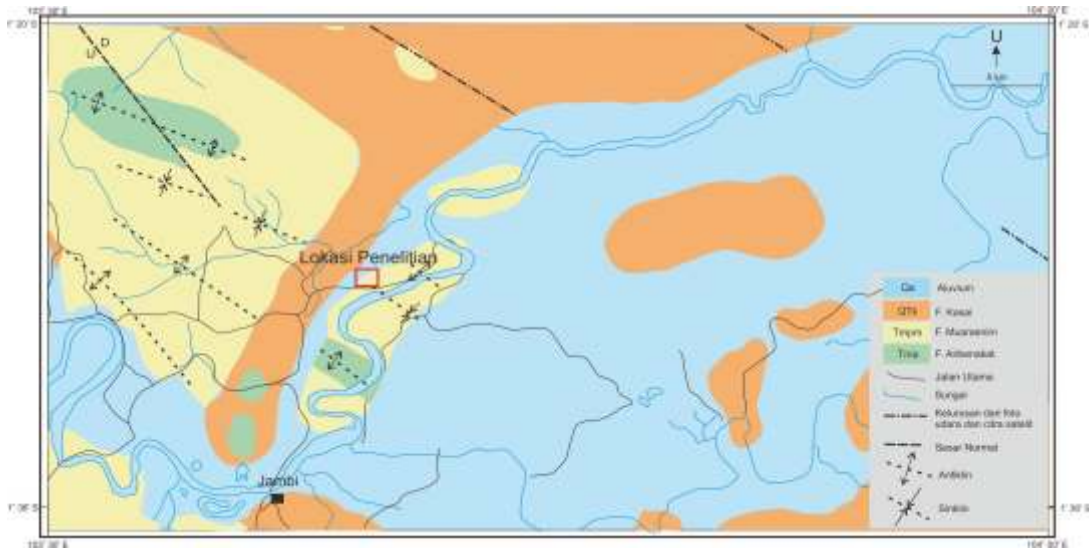
Sumber: Tjoa-Bonatz, dkk (2009)

Gambar 1. Peta sebaran Situs Arkeologi Murojambi.



Sumber: Leo (2010)

Gambar 2. Foto Candi Kedaton.



Sumber: Modifikasi dari Mangga, dkk (1993)

Gambar 3. Geologi daerah penelitian. Lokasi penelitian ditunjukkan oleh kotak berwarna merah.

METODE GROUND PENETRATING RADAR (GPR)

Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) adalah suatu metode geofisika yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik frekuensi tinggi sekitar 10 MHz – 2 GHz untuk mengetahui kondisi bawah permukaan berdasarkan parameter fisis permitivitas listrik () (Cassidy, 2009). Pada bidang batas perlapisan, gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh *transmitter* akan dipantulkan kembali ke permukaan, ditangkap oleh *receiver*, dan ditampilkan pada data display secara *real-time*.

Pemanfaatan gelombang elektromagnetik dalam aplikasinya terhadap suatu material serta menentukan sifat listrik dan magnetik suatu material, didasarkan atas persamaan Maxwell. Persamaan pertama menunjukkan bahwa medan magnetik disebabkan oleh medan listrik. Persamaan kedua menunjukkan bahwa medan listrik dihasilkan dari medan induksi magnetik yang berubah terhadap waktu.

$$\nabla \times \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{J} \quad (1)$$

dengan H = intensitas medan magnet (Ampere/m), D = medan (listrik) perpindahan (*displacement field*), J - kerapatan arus konduksi (Ampere/m²),

$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2)$$

dengan E = intensitas medan listrik (Volt/m)

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (3)$$

dengan B = fluks magnetik (Ampere/m),

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon} \quad (4)$$

dengan ρ - tahanan jenis (Ohm.meter), ϵ - permitivitas material (Farad per meter - F/m) dengan hubungan:

$$D = \epsilon E \quad (5)$$

$$J = \sigma E \quad (6)$$

$$B = \mu H \quad (7)$$

dengan σ - konduktivitas material (Ohm⁻¹/m), μ - permeabilitas material (Henry per meter – H/m), dapat diturunkan persamaan gelombang elektromagnetik sebagai berikut:

$$\nabla^2 \vec{E} - \mu\epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \quad (8)$$

$$\nabla^2 \vec{H} - \mu\epsilon \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0 \quad (9)$$

Propagasi gelombang elektromagnetik yang melalui medium ditentukan oleh sifat material yaitu: permitivitas (), konduktivitas (), dan permeabilitas (μ). Permitivitas berkaitan dengan kemampuan dari medium untuk mempolarisasikan medan listrik dan menentukan kecepatan gelombang elektromagnetik yang berjalan pada suatu medium. Untuk medium yang

berbeda, harga (permitivitas) akan menentukan harga kecepatan gelombang dalam medium.

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

dengan v = kecepatan gelombang radar ($m/\mu s$), c = kecepatan cahaya pada ruang hampa udara ($300 m/\mu s$),

Konduktivitas suatu material atau batuan tidak harus konstan, bergantung pada waktu, temperatur, tekanan dan faktor lingkungan. Berbeda dengan sifat permitivitas dan konduktivitas listrik, harga permeabilitas biasanya tidak bergantung pada kuat medan listrik, akan tetapi lebih dipengaruhi oleh medan magnetik. Sifat-sifat elektromagnetik dari suatu material berhubungan dengan komposisi dan kadar airnya, yang merupakan pengontrol utama kecepatan perambatan dan atenuasi gelombang elektromagnetik dalam material.

PENGUKURAN *GROUND PENETRATING RADAR* (GPR)

Berdasarkan diskusi dengan Tim Arkeologi, Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala (BP3) Jambi dan Balai Arkeologi Palembang, lintasan survei GPR dipilih

di sekitar bangunan Candi Kedaton. Pengukuran GPR menggunakan peralatan GSSI SIR-20. Pengukuran dilakukan di halaman Candi Kedaton sebanyak enam lintasan. Terdapat tiga lintasan berarah barat-timur, yaitu K-01 dengan panjang lintasan 205 meter, K-02 dengan panjang lintasan 190 meter, dan K-03 dengan panjang lintasan 180 meter. Selain itu, tiga lintasan berarah selatan-utara, yaitu K-07 dengan panjang lintasan 205 meter, K-08 dengan panjang lintasan 230 meter, dan K-09 dengan panjang lintasan 200 meter, dengan jarak antar lintasan berkisar antara 40-60 meter sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 4. Kondisi cuaca pada saat pengukuran relatif cerah dan kondisi tanah kering.

Dibandingkan dengan candi-candi lain di Kompleks Muarojambi, Candi Kedaton mempunyai ukuran yang relatif lebih besar. Kondisi sekitar Candi Kedaton relatif rata tanpa undulasi topografi dan tidak terlalu ditutupi oleh rimbunnya pepohonan. Desain survei yang tepat membantu mengoptimalkan waktu akuisisi dan mendapatkan data yang bermanfaat. Pengambilan data GPR secara 3D memberikan visualisasi struktur bawah permukaan yang baik, namun membutuhkan waktu lama dan tambahan waktu ketika memroses data sehingga kurang efisien untuk area yang luas (Bristow, 2009).



Gambar 4. Lintasan pengukuran GPR di halaman Candi Kedaton.

HASIL PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data GPR dilakukan di lokasi (*at site processing*) segera setelah selesai pengukuran dan di *workstation (post-processing)*. Pengolahan di lokasi meliputi: *editing, stacking, data display* dan *gain*. Pengolahan di *workstation* meliputi: *editing, distance normalization, time-zero correction, filtering, time to depth conversion, data display* dan *gain*. Hasil pengolahan data ditampilkan dalam mode tampilan *grayscale, red (+) & blue (-)*, dan *wiggle* yang saling ditumpang tindih (*overlay*). Hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil *picking* yang maksimal serta terkoreksi pada setiap perpotongan antar lintasan. Gambar 5 menunjukkan penampang GPR berarah barat-timur, sedangkan Gambar 6 menunjukkan penampang GPR berarah selatan-utara. Hasil pengolahan data dalam Gambar 5 dan 6 menunjukkan korelasi secara vertikal. Penampang GPR menunjukkan deliniasi *Layer A* (warna biru) dengan ketebalan 0,26 meter hingga 0,78 meter, *Layer B* (warna kuning) dengan ketebalan mencapai 1,51 meter, dan *Layer C* (warna hijau) yang menutupi indikasi objek anomali dengan ketebalan 0,35 meter hingga 3,87 meter, dan beberapa indikasi objek anomali (warna merah).

Indikasi Objek A ditemukan pada penampang GPR di Lintasan K-01 dan Lintasan K-02 (Gambar 5) pada interval kedalaman 2,0–3,0 meter, tepat di bawah pagar pembatas

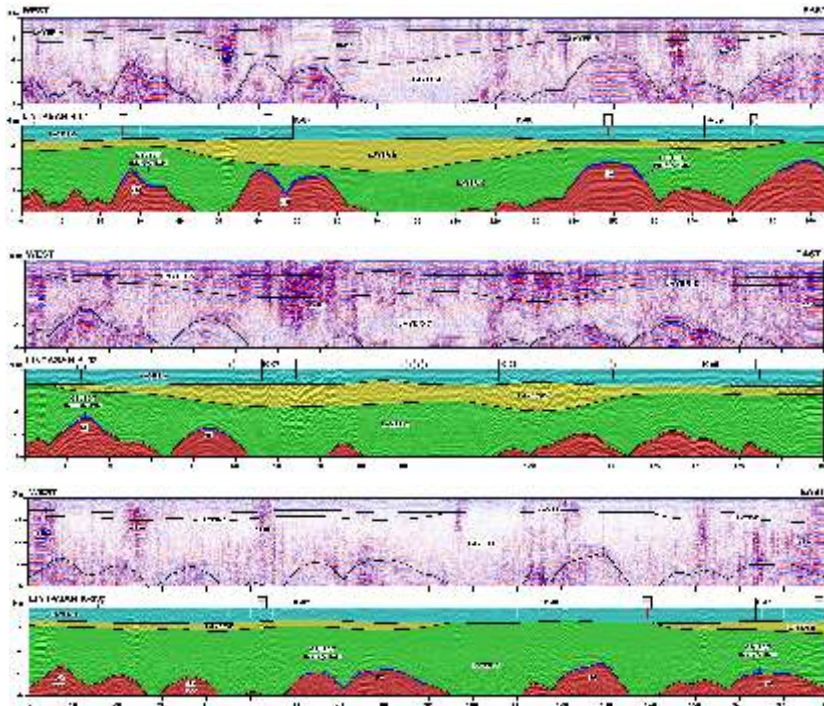
sebelah barat yang terlihat di atas permukaan. Pada Lintasan K-03 (Gambar 5), indikasi objek A berada pada kedalaman 3,0–4,0 meter dan sedikit bergeser ke sebelah barat pagar pembatas.

Indikasi Objek B ditemukan pada penampang GPR di Lintasan K-01 dan Lintasan K-02 (Gambar 5) (Gambar 6) kedalaman 2,2 meter tepat di bawah pagar pembatas. Pada Lintasan K-02 dan Lintasan K-03, objek B berada pada kedalaman 2,5–3,0 meter dan sedikit bergeser 5,0–10,0 meter ke sebelah barat.

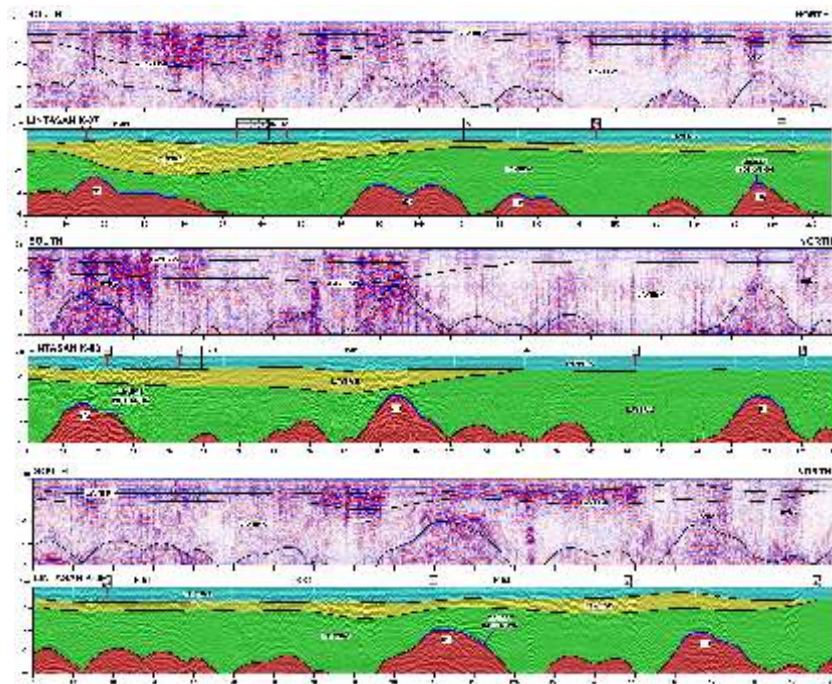
Indikasi Objek C ditemukan pada penampang GPR di Lintasan K-01 (Gambar 5) kedalaman kurang dari 2,0 meter tepat di bawah pagar pembatas dan di Lintasan K-08 (Gambar 6) kedalaman kurang dari 2,6 meter tepat di bawah pagar pembatas sebelah selatan.

Indikasi Objek D ditemukan pada penampang GPR pada Lintasan K-03 (Gambar 5) dan Lintasan K-07 (Gambar 6) pada interval kedalaman 3,0–4,0 meter. Berbeda dengan objek A, B, dan C, Objek D tidak berkorelasi dengan pagar pembatas yang terlihat di permukaan. Lintasan pengukuran merupakan area yang bebas dari pohon, dan tumpukan batu bata ataupun objek lain yang bisa menjadi *noise* (gangguan) pada data.

Indikasi Objek E ditemukan pada penampang GPR di Lintasan K-03 (Gambar 5) pada *interval* kedalaman 3,0–4,0 meter tepat di bawah pagar pembatas dan pada Lintasan K-08 dan Lintasan K-09 (Gambar 6) pada *interval* kedalaman 2,0–3,0 meter.



Gambar 5. Penampang GPR arah barat-timur; (a). Lintasan K-01, 205 m; (b). Lintasan K-02, 190 m; dan (c). Lintasan K-03, 180 m.



Gambar 6. Penampang GPR arah selatan-utara; (a). Lintasan K-07, 205 m; (b). Lintasan K-08, 230m; dan (c). Lintasan K-09, 200m.

Indikasi Objek F ditemukan pada penampang GPR di Lintasan K-07, Lintasan K-08, dan Lintasan K-09 (Gambar 6) pada *interval* kedalaman 2,0–3,0 meter di bawah pagar pembatas sebelah utara dan agak sedikit bergeser 5,0-10,0 meter sebelah selatan pagar pembatas.

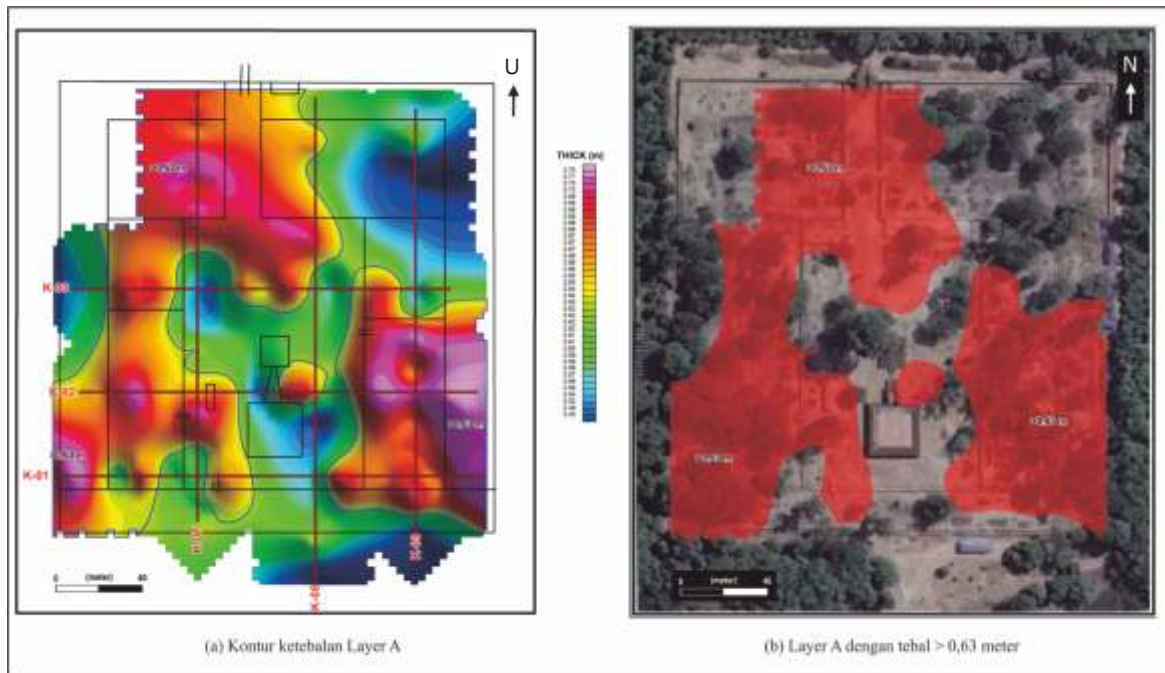
ANALISIS DAN DISKUSI

Hasil pengolahan data merupakan penampang GPR secara vertikal. Diperlukan analisis secara horizontal untuk mengetahui sebaran layer hasil pengolahan data secara lateral. Ketebalan *Layer A*, *Layer B*, *Layer C* dan semua indikasi objek arkeologi diplot kedalamannya pada setiap titik *marking* (jarak 10 meter) pada semua penampang vertikal GPR (Gambar 5 dan 6) dan dibuatkan peta sebaran lateral berdasarkan kontur ketebalan untuk mengetahui sebaran layer-layer dan indikasi objek arkeologi secara horizontal.

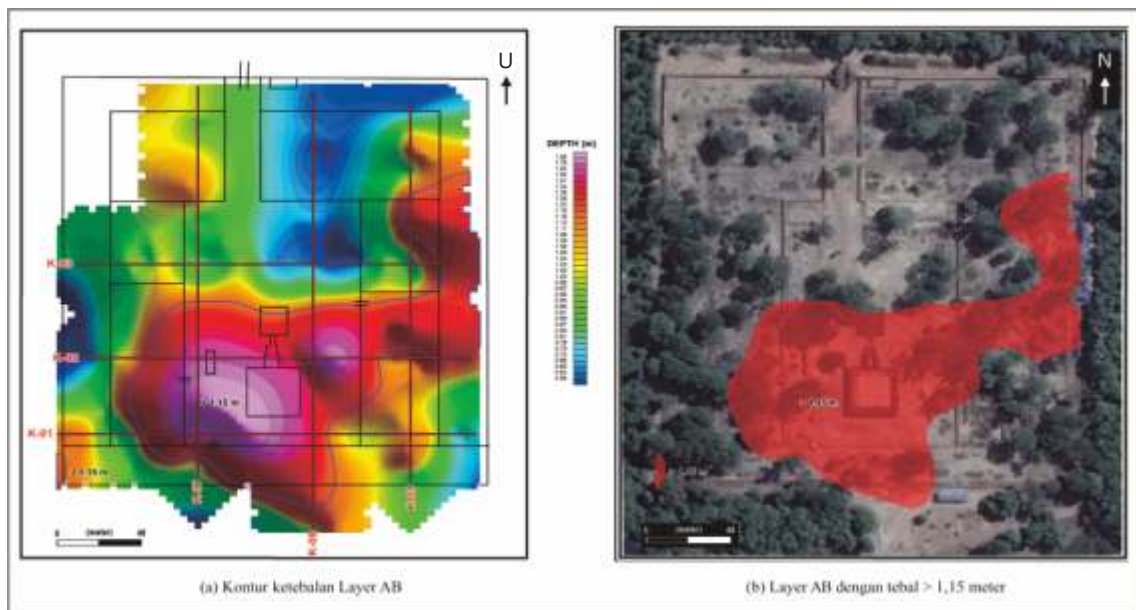
Distribusi lateral ketebalan *Layer A* ditunjukkan pada Gambar 7. Terlihat pada Gambar 7a menunjukkan *Layer A* yang relatif tipis berwarna biru-hijau dan *Layer A* yang relatif tebal berwarna kuning-merah-ungu. Gambar 7b menunjukkan distribusi *Layer A* dengan ketebalan lebih dari 0,63 meter (warna merah) ditumpang tindih dengan *satellite imagery* (Google Earth, 2016). Secara umum, *Layer A* menebal ke arah

barat dengan arah sedimentasi relatif utara-selatan, sedangkan pada bagian timur kemungkinan penebalan berasal dari arah relatif baratlaut-tenggara. Distribusi lateral ketebalan *Layer AB* (*Layer A+Layer B*) ditunjukkan pada Gambar 8. Tampak pada Gambar 8a menunjukkan *Layer AB* yang relatif tipis berwarna biru-hijau-kuning dan *Layer AB* yang relatif tebal berwarna merah-ungu. Gambar 8b menunjukkan distribusi *Layer AB* dengan ketebalan lebih dari 1,15 meter (warna merah) ditumpang tindih dengan *satellite imagery* (Google Earth, 2016). Secara umum *Layer AB* menebal ke arah selatan dengan arah sedimentasi relatif barat-timur, sedangkan pada bagian timur kemungkinan penebalan berasal dari arah relatif baratlaut-tenggara.

Distribusi lateral ketebalan *Layer ABC* (*Layer A+Layer B+Layer C*) ditunjukkan pada Gambar 9. Tampak bahwa Gambar 9a menunjukkan *Layer ABC* yang relatif tipis berwarna biru-hijau-kuning dan *Layer ABC* yang relatif tebal berwarna merah-ungu. Gambar 9b menunjukkan distribusi *Layer ABC* dengan ketebalan lebih dari 3,46 meter (merah) ditumpang tindih dengan *satellite imagery* (Google Earth, 2016). *Layer ABC* menebal di tengah, sekitar bangunan utama dengan arah sedimentasi relatif utara-selatan, menebal di sebelah utara dengan arah sedimentasi relatif barat-timur, sedangkan pada bagian timur kemungkinan penebalan berasal dari arah relatif baratlaut-tenggara.



Gambar 7. Distribusi lateral *Layer A*; (a). Peta kontur ketebalan *Layer A*; Garis merah menunjukkan lintasan GPR. Kontur biru merupakan nilai kontur ketebalan *Layer A* 0.63 meter; (b). *Satellite imagery* ditumpang-tindihkan distribusi *Layer A* dengan ketebalan > 0.63 meter.



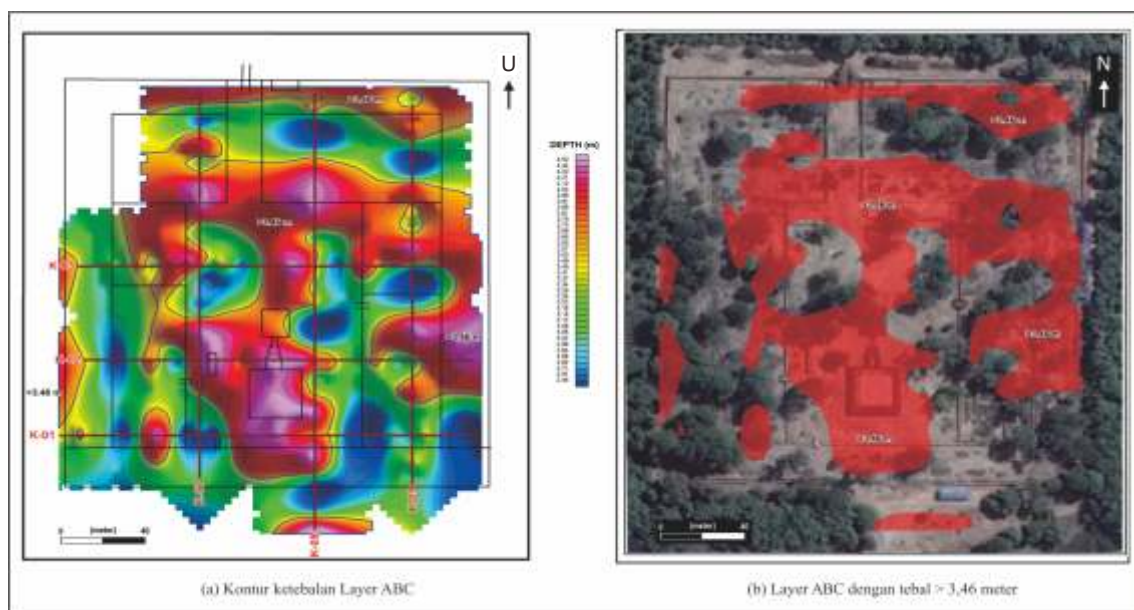
Gambar 8. Distribusi lateral *Layer AB*; (a). Peta Kontur Ketebalan *Layer AB*, Garis merah menunjukkan lintasan GPR. Kontur biru merupakan nilai kontur ketebalan *Layer AB* 1.15 meter; (b). *Satellite imagery* ditumpang-tindihkan dengan distribusi *Layer AB* berketebalan > 1.15 meter.

Tampak bahwa pada Gambar 9 terdapat tinggian-tinggian dengan ketebalan Layer ABC yang tipis, ditunjukkan oleh kontur berwarna biru muda-biru. Jika dianalisis kembali dari penampang GPR, tinggian-tinggian ini merupakan indikasi objek arkeologi bawah permukaan. Penentuan indikasi objek dilakukan dengan menggabungkan tinggian-tinggian dan juga pengecekan pada setiap penampang GPR.

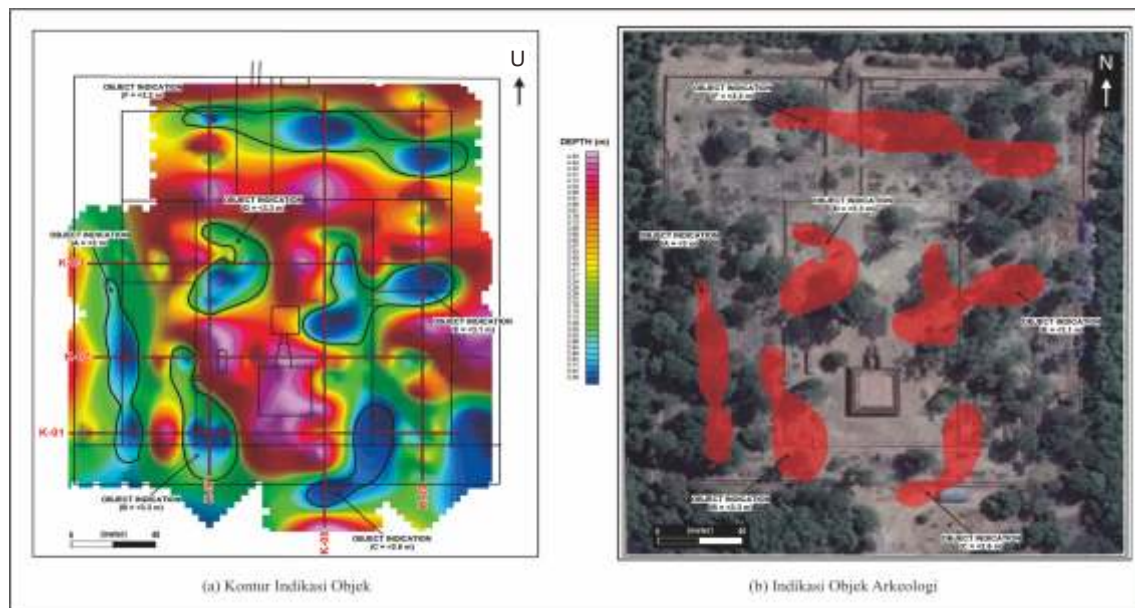
Distribusi lateral dari semua indikasi objek terlihat pada Gambar 10. Kontur indikasi objek dibuat berdasarkan kontur kedalaman dan pengecekan posisi dan kedalaman indikasi objek pada setiap penampang GPR. Indikasi objek A terletak di bagian barat bangunan utama dengan kedalaman kurang dari 3.0 meter, memanjang hampir berarah utara-selatan. Indikasi objek B terletak di bagian barat daya bangunan utama dengan kedalaman kurang dari 3.3 meter. Indikasi objek C terletak di bagian tenggara bangunan utama dengan kedalaman kurang dari 2.6 meter. Indikasi objek D terletak di bagian barat laut bangunan utama dengan kedalaman kurang dari 3.3 meter. Indikasi objek E terletak di bagian timur laut bangunan utama dengan kedalaman kurang dari 3.1 meter. Indikasi objek F terletak di bagian utara bangunan utama dengan kedalaman kurang dari 3.2 meter memanjang hampir berarah barat-timur.

Hasil tumpang tindih Indikasi objek dengan *Satellite Imaginery* (Gambar 10.b) menunjukkan masih adanya objek arkeologi yang tertimbun di sekitar bangunan utama Candi Kedaton. Indikasi objek A dan indikasi objek F memiliki dimensi memanjang utara-selatan dan barat timur kemungkinan merupakan tembok pembatas. Indikasi objek B, indikasi objek C, indikasi objek D, dan indikasi objek E berada tepat pada setiap pojok bangunan utama menunjukkan kemungkinan objek arkeologi masa lampau memiliki luas yang lebih besar dari bangunan utama Candi Kedaton yang sekarang.

Objek arkeologi masa lampau ini terletak pada zona depresi dan tertutupi oleh lapisan endapan aluvial yang kemungkinan berasal dari limbah banjir, pasang surut sungai Batanghari, pasang surut air laut, dan pelapukan. Bentuk sebaran *Layer ABC* dengan ketebalan lebih dari 3.46 meter (Gambar 9.a) berkaitan dengan endapan limbah banjir. Bentuk sebaran *Layer AB* dengan ketebalan lebih dari 1.15 meter (Gambar 8.b) berkaitan dengan tidal sungai Batanghari dan pasang surut air laut. Bentuk sebaran *Layer A* dengan ketebalan lebih dari 0.63 meter berkaitan dengan pengendapan material hasil pelapukan (*weathering*).



Gambar 9. Distribusi lateral *Layer ABC*; (a). Peta Kontur ketebalan *Layer ABC*; Garis merah menunjukkan lintasan GPR. Kontur Biru menunjukkan nilai kontur ketebalan *Layer ABC* 3,46 meter; (b). *Satellite imagery* ditumpang-tindihkan dengan distribusi *Layer ABC* dengan ketebalan >3,46 meter.



Gambar 10. Sebaran indikasi objek dan kedalamannya; (a). Konturindikasi objek; Garis merah menunjukkan lintasan GPR. Kontur biru menunjukkan delineasi indikasi objek; (b). Indikasi objek arkeologi hasil tumpang-tindihkan dengan *satellite imagery*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Metode GPR dapat dimanfaatkan untuk menunjang penelitian arkeologi. Dengan memanfaatkan metode GPR objek arkeologi dapat diperkirakan dengan tepat posisinya di permukaan dan kedalamannya di bawah permukaan. Indikasi objek bawah permukaan dari penampang GPR memudahkan ahli arkeologi merencanakan ekskavasi (penggalian). Adanya objek arkeologi di bawah permukaan yang tertutupi oleh lapisan endapan aluvial kemungkinan berasal dari limbah banjir, pasang-surut sungai Batanghari dan hasil pelapukan (*weathering*). Objek arkeologi masa lampau diindikasikan memiliki luas yang lebih besar dari bangunan utama Candi Kedaton yang sekarang. Diperlukan koordinasi lintas kementerian/lembaga pemerintah serta dengan institusi pendidikan

(perguruan tinggi negeri dan swasta) untuk melakukan riset bersama terintegrasi dan saling melengkapi kekurangan sumberdaya di masing-masing instansi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi atas izin untuk diterbitkannya tulisan ini. Seluruh anggota Tim Penelitian Pusat Survei Geologi, Museum Geologi, dan Sekretariat Badan Geologi, atas kerjasama dan diskusi selama pengambilan data. Tim Arkeologi BP3 Jambi dan Balai Arkeologi Palembang yang telah memberikan rekomendasi lintasan pengukuran GPR. Gubernur Propinsi Jambi, Bappeda, Dinas ESDM, Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Propinsi Jambi. Saran dan masukan semua pihak sehingga tulisan ini menjadi lebih baik.

ACUAN

- Bristow, C. 2009. *Ground penetrating radar in aeolian dune sands. Book: Ground penetrating radar: theory and applications. Chapter 9: 273-297*, Elsevier, Oxford, UK.
- Cassidy, 2009. *Ground penetrating radar data processing, modelling and analysis. Book: Ground penetrating radar: theory and applications. Chapter 5: 141-176*, Elsevier, Oxford, UK.
- Conyers, L.B. and Leckebusch, J., 2010. Geophysical archaeology research agendas for future: Some ground penetrating radar examples. *Archaeological Prospection*. DOI: 10.1002/arp.379.
- Google Earth, 2016. *Satellite Imagery*, Tanggal Citra 6/8/2016; © 2018 Google, Image © 2018 Digital Globe.
- Holder, M.T., 1990. Tertiary and Quaternary tectonics of the Barisan Mountains of Southern Sumatra. Internal report, Geological Research and Development Centre, Bandung.

-
- Intan, M.F.S., 2016. *Georadar dalam penelitian arkeologi di Indonesia*. Neditira Widya 10(1): 25-40. Balai Arkeologi Banjarmasin.
- Jarzina, 2012. Geophysics in near-surface investigations, preface to the special issue. *Acta Geophysics*, 58: 1-4.
- Leo, H., 2010. Foto Candi Kedaton. <http://www.panoramio.com/photo/56508181>.
- Mangga, S.A., Santoso, S., dan Hermanto, B., 1993. *Peta Geologi Lembar Jambi, skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Tjoa-Bonatz, M.L., Neidel, J.D. and Widiatmoko, A., 2009. Early Architectural Images from Muara Jambi on Sumatra, Indonesia. *Asian Perspectives* 48(1): 32-55. doi:10.1353/asi.0.0009.
- Ramelan, W.D.S. (ed), 2014. *Candi Indonesia Seri Sumatera, Kalimantan, Bali, Sumbawa, Jakarta*. Direktorat Pelestarian Cagar Budaya dan Permuseuman, Direktorat Jenderal Kebudayaan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, h. 132-134.
- Yogi, I.B.P.P., 2009. Penggunaan *ground penetrating radar (GPR) dalam penelitian arkeologi*. Neditira Widya 3(2/2009): 167-176. Balai Arkeologi Banjarmasin.
-