

Diterima: 30 Juni 2015, Direvisi: 1 Juli 2015, Diterbitkan 31 Juli 2015



## APPLICATION OF ANALYTIC SIGNAL IN ARCHEO- MAGNETIC PROSPECTION FOR LOCATING KUTA LUBOK FORTRESS

\*Muhammad Yanis<sup>1)</sup>, Nazli Ismail<sup>2)</sup>, Faisal<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Master of Physics Department, Postgraduate Studies, Syiah Kuala University

<sup>2)</sup>Physics Department, Faculty of Mathematic and Natural Sciences, Syiah Kuala University

Banda Aceh 23111, Indonesia.

\*Email:yanislancok46@gmail.com

### ABSTRAK

*Telah dilakukan survey geofisika metode magnetik di kawasan arkeologi bekas Kesultanan Lamuri. Aceh Besar. Penelitian ini bertujuan mengkaji pemanfaatan signal analitik untuk interpretasi data magnetik dalam arkeologi. Metode ini tidak sensitif terhadap arah remanen magnetisasi dari material terukur. Kami telah melakukan survey magnetik di kawasan benda arkeologi seluas 500 m<sup>2</sup>. Data medan magnetik total diukur pada 22 lintasan dengan jarak antar lintasan 20 meter dan jarak antar titik pengukuran 5 meter. Sebaran titik-titik pengukuran diusahakan sedemikian hingga dapat mencakupi keseluruhan wilayah yang diduga adanya benda – benda arkeologi di bawah permukaan. Data terukur telah dikoreksi variasi harian dan International Geomagnetic Reference Field (IGRF) sehingga diperoleh anomali medan magnetik total. Data anomali medan magnetik total yang telah direduksi ke kutub dibandingkan dengan data sinyal analitik. Hasil perbandingan kedua data tersebut menunjukkan sisa-sisa bangunan benteng Kuta Lubok yang telah terkubur di bawah permukaan dapat dipetakan kembali berdasarkan pola-pola kelurusan kontur anomali medan magnetik total di area penelitian.*

### Kata kunci

*Analytic Signal; reduction to the pole; archeo-magnetic; Lamuri Sultanate*

## PENDAHULUAN

Metode magnetik merupakan teknik yang handal untuk menggambarkan struktur bawah permukaan dan sudah banyak digunakan dalam berbagai macam kajian, termasuk pemetaan benda - benda arkeologi. Kendala utama dalam interpretasi anomali medan magnetik terdapat pada arahmagnetisasi yang sangat mempengaruhi struktur target yang dicari [1-4]

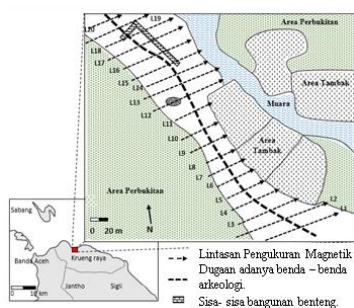
Metode transformasi reduksi ke kutub (RTP) untuk memudahkan interpretasi data magnetic[3]. Data anomali medan magnetik total hasil pengukuran pada lintang bumi tertentu ditransformasikan ke kutub utara magnet bumi yang arah inklinasinya vertikal terhadap permukaan bumi. Metode ini merupakan pemrosesan standar data magnetik untuk dapat diinterpretasi secara langsung[5]. Namun demikian metode reduksi ke kutub tidak mempertimbangkan arah remanent magnetisasi, sehingga ketidakakuratan arah tersebut dapat menyebabkan kesulitan dalam menentukan posisi target yang dicari. Pada penelitian ini diterapkan metode sinyal analitik untuk memetakan keberadaan benteng Kuta Lubok. Metode ini tidak sensitif terhadap arah remanent magnetisasi, dan telah banyak digunakan dalam interpretasi data real magnetic[1,6]

Benteng Kuta Lubok merupakan sisa – sisa Kerajaan Lamuri yang memerintah pada tahun 1600 masehi. Kawasan Lamuri dijadikan sebagai tempat pelabuhan kapal-kapal pelayar untuk berteduh selama musim barat berlangsung. Mengingat pentingnya lokasi Lamuri pada zaman dahulu, banyak ahli sejarah yang tertarik untuk memastikan lokasi kawasan tersebut di Aceh[7]. Berdasarkan temuan beberapa nisan dari awal masa Islam, disimpulkan bahwa kawasan Lamuri sekarang berada di Desa Lamreh, Kecamatan Masjid Raya, Aceh Besar. Pada kawasan tersebut juga ditemukan sisa-sisa bangunan benteng tua Kuta Lubok. Namun sebagian besar bangunan tersebut sudah terkubur dan rusak akibat tsunami 2004 yang melanda Aceh[8]. Dengan demikian perlu dilakukan suatu penelitian menggunakan metode geofisika untuk memetakan kembali keseluruhan bangunan benteng yang sudah terkubur.[9-10]

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini telah dilakukan di Desa Lamreh, Aceh Besar. Kondisi geologi di kawasan ini terdapat sesar lokal, sedangkan deformasi batuan berupa bongkahan gunungapi yaitu tufaan, andesit[7]. Data penelitian diakuisisi pada situs Kuta Lubok seluas 500 m<sup>2</sup>. Untuk menjangkau area tersebut profile pengukuran diukur pada 22 lintasan. Intensitas medan magnetik total diukur menggunakan *instrument* GEM Magnetometer. Instrumen ini merupakan peralatan standar untuk pengukuran medan magnet bumi dengan sensitivitas yang sangat tinggi yaitu 0.022 nT [11-12]

Pada umumnya pengukuran metode magnetik menggunakan dua PPM Magnetometer, yang pertama berfungsi sebagai base dengan mengukur intensitas medan magnetik secara *real time*, hal ini dilakukan untuk melihat perubahan medan magnetik harian akibat adanya badai magnetik (*diurnal correction*), sedangkan sensor PPM yang kedua digunakan untuk mengukur medan magnetik total dilintasan pengukuran untuk mencakup seluruh bangunan benteng (*mobile*). Namun pada penelitian ini hanya digunakan satu PPM Magnetometer yang pada waktu tertentu berfungsi sebagai *mobile* dan lainnya sebagai *base*. Oleh karena itu data perubahan medan magnetik total di *base* akan diukur setiap 1 jam. Panjang *profile* pengukuran bervariasi antara 30 – 100 meter dengan jarak antara titik pengukuran 5 meter, desain lokasi pengukuran secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 1.

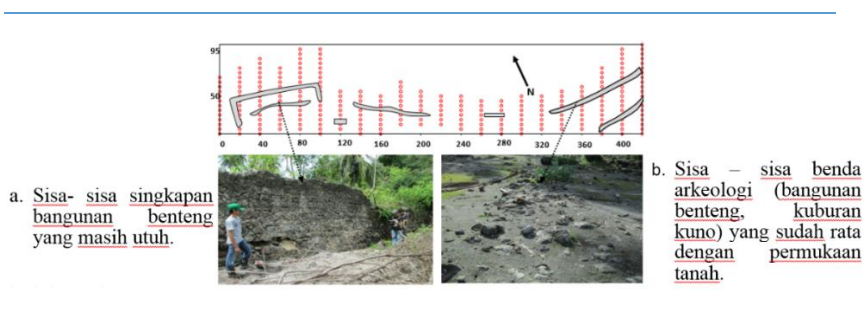


Gambar 1. Titik – titik pengukuran data magnetik

## HASIL PENELITIAN

Berdasarkan pengamatan lapangan, terdapat sisa – sisa benda arkeologi yaitu bangunan benteng dan kuburan kuno. Posisi titik – titik pengukuran terhadap sisa singkapan benda arkeologi hasil *tracing* menggunakan *GPS-hand held* ditunjukkan oleh Gambar 2. Lokasi sisa – sisa benda arkeologi tersebut berada sangat dekat dengan perikanan masyarakat dan bibir pantai, sehingga besar kemungkinan terjadi intrusi air asin. Hal ini menjadi ancaman tersendiri terhadap keberadaan bangunan benteng yang memiliki nilai sejarah tinggi[7].

Data total medan magnet hasil pengukuran masih dipengaruhi oleh medan eksternal dan internal. Pengaruh eksternal dihilangkan dengan melakukan koreksi harian yang diperoleh dari pengukuran di titik *base*, sedangkan pengaruh medan internal dapat dihilangkan dengan koreksi medan utama magnet bumi atau *International Geomagnetic References Field (IGRF)* terhadap data intensitas medan magnet terukur.

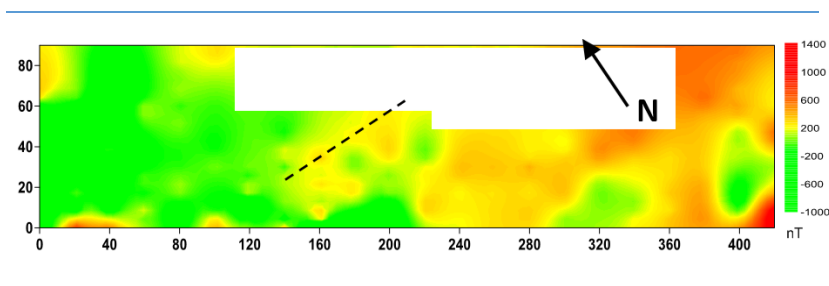


Gambar 2. Hasil tracing singkapan sisa – sisa benda arkeologi

Secara geografis lokasi pengukuran terletak pada 5.60904 N dan 95.53653 E, koordinat tersebut digunakan sebagai lokasi perhitungan medan utama magnet bumi untuk seluruh titik – titik pengukuran. Parameter medan geomagnetik untuk daerah penelitian dihitung dengan besar sudut inklinasi  $-4.89^\circ$ , deklinasi  $-0.80^\circ$  dan intensitas total medan magnet bumi 32.782 nT. Data intensitas medan magnet setelah koreksi diurnal dan IGRF diperoleh medan magnetik total dari anomali yang dicari.

Data intensitas medan magnetik total masih dipengaruhi oleh arah inklinasi serta remanent magnetisasi. Reduksi ke kutub merupakan suatu teknik transformasi

data kearah inklinasi vertikal, sehingga anomali medan magnetik total dapat diinterpretasikan secara langsung. Pada penelitian ini transformasi reduksi ke kutub dihitung menggunakan program MagPic yang dikembangkan oleh *Geometric*. Gambar 3. menunjukkan peta anomali total daerah penelitian yang telah ditransformasikan ke kutub.



Gambar 3. Anomali medan magnetik total setelah reduksi ke kutub

Peta kontur anomali medan magnetik total setelah reduksi ke kutub memperlihatkan sebaran nilai intensitas magnetik yang bervariasi antara -1000 sampai dengan 1400 nT, untuk memudahkan dalam interpretasi, intensitas medan magnetik di bawah 100 nT diplot kedalam satu skala warna. Nilai intensitas yang tinggi terletak disebelah Timur dari lintasan pengukuran, dan terdapat nilai intensitas yang rendah di sebelah Barat.

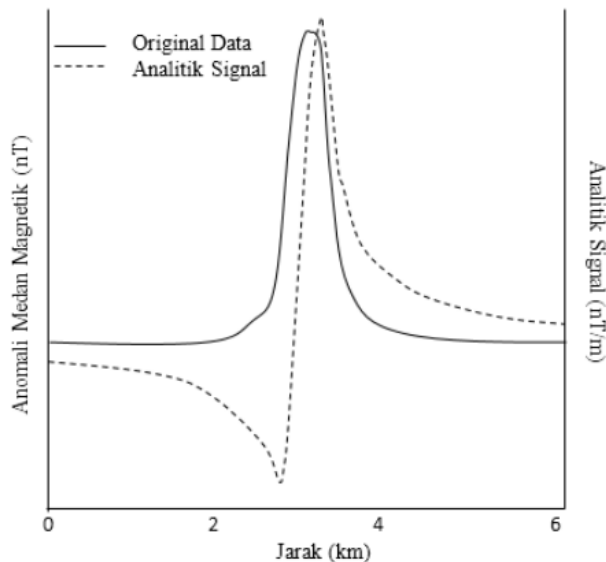
Lokasi yang diperkirakan terdapat benda – benda arkeologi, yaitu pada jarak titik pengukuran 20-50 meter ditunjukkan dengan nilai intensitas yang tinggi pada jarak 240-440 meter, sedangkan bernilai rendah pada jarak 0-200 meter. Namun demikian pada jarak 180 meter dimana terdapat klosur yang diperkirakan sebagai respon benda arkeologi bawah permukaan.

Secara keseluruhan pola kontur yang dihasilkan dari reduksi ke kutub (Gambar 3) tidak menunjukkan klosur - klosur yang menyerupai geometri benda arkeologi bawah permukaan. Dijelaskan bahwa hasil yang diperoleh dari metode reduksi ke kutub tidak mempertimbangkan arah daripada remanent magnetisasi material bawah permukaan, sehingga ketidakakuratan arah magnetisasi tersebut dapat menyebabkan *error* yang besar untuk dilakukan interpretasi[8].

Metode sinyal analitik (AS) yang tidak sensitif terhadap arah magnetisasi, inklinasi dan deklinasi anomali terukur[12]. Gambar 4 menunjukkan perbedaan

antara respon intensitas magnetik dan sinyal analitik dari sebuah benda yang bersifat vertikal (*dike*)[5]

Perbedaan intensitas anomali medan magnetik total pada benda, disebabkan akibat berbeda arah *remanent* magnetisasi material tersebut, namun hasil pengolahan data analitik sinyal terdapat puncak maksimum yang mengindikasikan keberadaan anomali dibawah permukaan. Sehingga memudahkan dalam interpretasi. Dengan demikian sinyal analitik dapat diaplikasikan untuk penentuan posisi benda – benda arkeologi bawah permukaan[11].



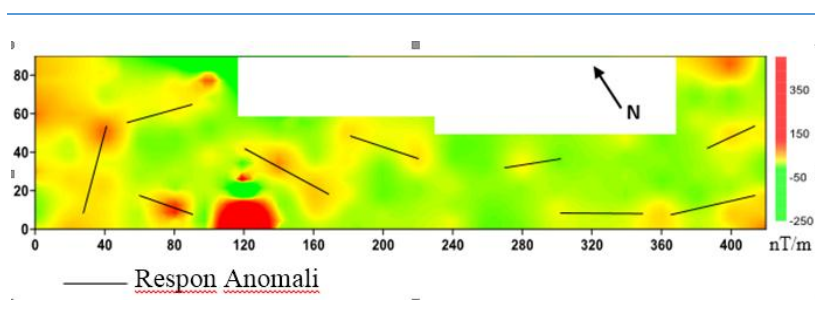
Gambar 4. Perbedaan respon anomali intensitas medan magnetik dengan sinyal analitik dari sebuah benda yang berbentuk dyke[11]

Secara matematis, sinyal analitik dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$AS(x, z) = \sqrt{\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)^2}$$

Dimana  $T$  merupakan intensitas anomali medan magnetik terukur, sedangkan  $\partial x$  sebagai derivative pada arah  $x$  dan  $\partial z$  sebagai turunan derivative terhadap arah  $z$ . Pada penelitian ini sinyal analitik dihitung menggunakan *software* SignProc yang

dikembangkan oleh G.R.J. Cooper untuk filtering data magnetik. Peta kontur sinyal analitik dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Solusi Sinyal Analitik terhadap intensitas medan magnetik total di daerah pengukuran

Berdasarkan kontur sinyal analitik, nilai intensitas magnetik yang tinggi terdapat di sebelah Barat dari lokasi pengukuran. Namun di daerah lokasi pengukuran secara umum didominasi oleh sinyal analitik yang rendah. Dalam kajian arkeologi, sinyal analitik digunakan untuk melihat respon daripada geometri benda bawah permukaan [11].

Area yang diduga terdapat benda – benda arkeologi diperoleh nilai intensitas yang tinggi. Pada jarak lintasan pengukuran 20-50 meter terdapat respon (ditunjukkan dengan garis lurus pada Gambar 4) dengan struktur kelurusan, hal ini diperkirakan sebagai geometri bangunan benteng. Pada jarak pengukuran 80, 120 – 160 dan 200 – 400 meter, terdapat kelurusan kontur yang diperkirakan sebagai benda arkeologi bawah permukaan. Secara keseluruhan metode sinyal analitik dapat memetakan struktur bekas Kerajaan Lamuri yang terkubur dibawah permukaan dengan baik.

---

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan interpretasi kualitatif data magnetik dapat disimpulkan bahwa:

1. Pola kontur distribusi anomali medan magnetik total setelah reduksi ke kutub tidak mampu menunjukkan lokasi dan geometri situs arkeologi Kuta Lubok berada.
2. Metode sinyal analitik (*AS*) dapat digunakan sebagai teknik terbaru dalam interpretasi data intensitas magnetik, yang tidak dipengaruhi oleh arah remanent, inklinasi dan deklinasi material terukur,
3. Pola kontur yang dihasilkan oleh respon sinyal analitik dapat digunakan untuk memprediksi geometri dan posisi keberadaan situs arkeologi Kuta Lubok.



---

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] SALEM, ET AL. 2004. LINEARIZED LEAST-SQUARES METHOD FOR INTERPRETATION OF POTENTIAL-FIELD DATA FROM SOURCES OF SIMPLE GEOMETRY. *GEOPHYSICS*. PP. 783–788
- [2] ANDIKA. F. 2014. APLIKASI METODE GEOMAGNETIK UNTUK PEMETAAN BENTENG LUBOK DI KAWASAN LAMREH, ACEH BESAR, SKRIPSI. FISIKA FMIPA UNSYIAH, BANDA ACEH.
- [3] BARANOV V., NAUDY H. 1957. NUMERICAL CALCULATION OF THE FORMULA OF REDUCTION TO THE MAGNETIC POLE. *GEOPHYSICS* 67-79.
- [4] EPELBAUM, L. V. 2010. ARCHAEOLOGICAL GEOPHYSICS IN ISRAEL: PAST, PRESENT AND FUTURE. *ADVANCES IN GEOSCIENCES, VOL. 24*, 45-68.
- [5] COOPER, G., R., ET AL. 2008. EDGE ENHANCEMENT OF POTENTIAL FIELD DATA USING NORMALIZED STATISTICS. *GEOPHYSICS* 73.
- [6] ISMAIL, N., YANIS, M., & GUNAWATI. 2014. REKONTRUKSI MODEL SITUS KUTA LUBOK BERDASARKAN DATA ELEKTROMAGNETIK VERY LOW FREQUENCY (VLF). SEMINAR ETNONATEMATIK MELAYONESIA II (PP. 101 - 116). BANDA ACEH: UNIVERSITAS SYIAH KUALA.
- [7] ISMAIL, N. 2001. INTERPRETASI DATA ANOMALI MEDAN MAGNETIK TOTAL REDUKSI KE KUTUB UNTUK PERMODELAN SESAR REGIONAL DI DAERAH GUNUNG MERAPI MERBABU, THESIS, FISIKA FMIPA UFM.
- [8] LI. X. 2008. MAGNETIC REDUCTION-TO-THE-POLE AT LOW LATITUDE: OBSERVATION AND CONSIDERATIONS: THE LEADING EDGE. PP. 990-1002.
- [9] MA GUO-QING, ET AL. 2012. INTERPRETATION OF MAGNETIC ANOMALIES BY HORIZONTAL AND VERTICAL DERIVATIVES OF THE ANALYTIC SIGNAL. *APPLIED GEOPHYSICS*. VOL.9: 468 - 474,.
- [10] MCKINNON, E. E. 2006. MEDIAEVAL LANDFALL SITES IN ACEH, NORTH SUMATERA, P. 325 – 334. IN *UNCOVERING SOUTHEAST ASIA’S PAST* (EDS. BACUS, E. A., GLOVER, I. C., AND PIGOTT, V. C.). NUS PRES, SINGAPORE.
- [11] OGAH, A. J. ET AL. 2014. THE APPLICATIONS OF ANALYTIC SIGNAL METHOD IN ARCHAEOLOGICAL INVESTIGATIONS OF PART OF LEJJA PRE-HISTORIC SITE, SOUTH-EASTERN NIGERIA. *BRITISH JOURNAL OF APPLIED SCIENCE & TECHNOLOGY*.
- [12] M.N. NABIGHIAN. 1972. THE ANALYTIC SIGNAL OF TWO-DIMENSIONAL MAGNETIC BODIES WITH POLYGONAL CROSS-SECTION: ITS PROPERTIES AND USE FOR AUTOMATED ANOMALY INTERPRETATION. *GEOPHYSICS*. PP. 507–517.