

Distribusi Batu Arkelogis dari Candi Palgading di Sinduharjo, Ngaglik, Sleman, Yogyakarta dengan Menggunakan Metode Magnetik

Sismanto dan Nigers Ferdinand Nau

Geophysics Laboratory of Gadjah Mada University, Yogyakarta.

e-mail: sismanto@ugm.ac.id

Intisari

Dalam bulan oktober 2007 dilakukan pengukuran medan magnet total di situs Palgading dengan menggunakan *Proton Precession Magnetometer* (PPM). Pengukuran tersebut bermaksud untuk mencari sebaran batuan-batuan penyusun candi Palgading yang sekarang tersebar dan terpendam di sekitar situs Palgading. Anomali medan magnet totalnya diperoleh dengan mengkorekasi data pengukuran dengan medan magnet utama bumi dan variasi harian dan kemudian direduksi ke kutub. Data hasil reduksi ke kutub digunakan untuk menghitung interpretasi semikuantitatif dengan menggunakan signal analitik dan pemodelan 2,5D untuk memperoleh kedalaman batuan situs Palgading yang terpendam. Hasilnya menunjukkan bahwa kedalaman batuan yang terpendam di daerah A-B, I-J, dan K-L adalah 3,7m, 4m, dan 3m

Kata kunci: Situs Palgading, Metode Magnetik

Archaeological Stone Distribution of Palgading Temple in Palgading, Sinduharjo, Ngaglik, Sleman, Yogyakarta Using Magnetic Method

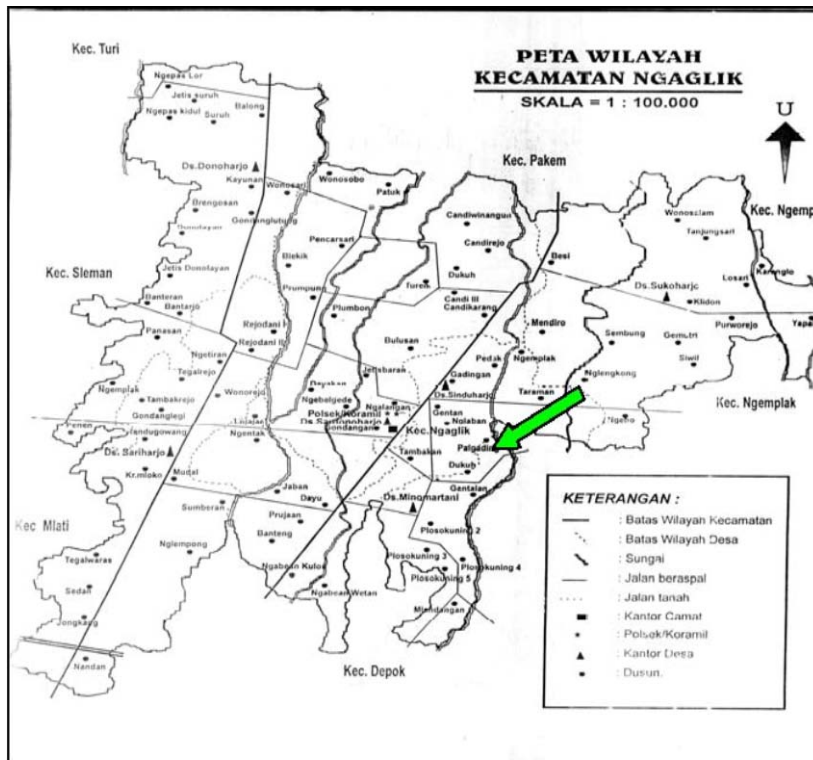
Abstract

In October 2007, total magnetic field measurement is conducted in Palgading site by using *Proton Precession Magnetometer* (PPM). The measurement is intended to find out the distribution of stones that were the building blocks of now crumbled and buried in and around the site of Palgading. The anomaly in total magnetic field is found by correction of the earth's main magnetic field and daily variation and then it have been reduced to the pole. Resulting data of pole reduction are used to calculate semi-quantitative interpretation by using analytic signal and 2.5D modeling to find the depth of buried stone of Palgading site. The results show that depth of buried stone in A-B, I-J, and K-L area are 3,7m, 4m, and 3m.

Keywords: Palgading Site, Magnetic Method.

1. Pendahuluan

Candi, arca, prasasti, perwara, guci dan lain sebagainya adalah peninggalan purbakala yang sering ditemukan di Indonesia. Usaha mencari benda sejarah dan purbakala yang efektif dan efisien menjadi hal yang penting untuk terlebih dahulu dilakukan sebelum usaha penggalian dilaksanakan. Kajian ini bertujuan untuk menentukan posisi dan kedalaman batuan penyusun Candi Situs Palgading yang telah terpendam dengan menggunakan data magnetik. Waktu pengukuran data 23-31 Oktober 2007, di Dusun Palgading Desa Sinduharjo Kecamatan Ngaglik (Gambar 1). Di sekitar kompleks Candi Palgading terdapat beberapa singkapan batu candi yang diduga sebagai batuan penyusun batuan candi Palgading. Berdasarkan rekonstruksi Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala (BP3) DIY terdapat beberapa singkapan dengan bentuk yang berbeda-beda (Rini, 2006).



Gambar 1.1 Peta lokasi penelitian (Kesmas Ngaglik, 2003)

Survey dengan metode magnetic untuk keperluan keurbakalaan pernah dilakukan oleh Mahfi, dkk. (1990) di situs purbakala Candi Plaosan Kidul. Penelitian ini merupakan studi penjajakan tentang pelacakan penyebaran batu-batu candi dan material sejarah yang lain di bawah permukaan tanah dengan metode magnetik, resistivitas, dan seismik bias. Obyek dari penelitian tersebut adalah pagar candi Plaosan Kidul di bagian selatan, dimana ada sebagian pagar yang sudah tersingkap. Marjiono (1998) melakukan penelitian dengan menggunakan metode magnetik di situs Kedulan untuk mengetahui keberadaan batuan penyusun situs candi tersebut. Diperoleh kelurusan anomali pada arah barat-timur yang diinterpretasikan sebagai bangunan pagar candi yang berjarak 38 m dari tepi candi ke arah selatan, pada kedalaman 6 m. Dari pemodelan yang dilakukan dengan menggunakan program Magpoly diperkirakan penampang pagar dengan tinggi ± 2 m, puncak berbentuk limas segitiga dan tinggi pondasi 1 m. Tebal pagar dan pondasi masing-masing 0.5 m dan 1 m. Masykuri dan Sismanto (2005) meneliti keberadaan batu candi Situs Kunden, Kabupaten Klaten dengan menggunakan metode geomagnetik. Terdapat tiga lokasi penemuan situs batuan andesit berdasarkan pola kontur anomali magnetik total. Sismanto, dkk., 2006 melakukan penelitian tentang sebaran batu candi pada situs Candi Morangan berdasarkan pengukuran medan magnet total di Dusun Morangan, Sindhumartani, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta. Diduga terdapat 5 daerah timbunan batu-batu candi pada situs tersebut berdasarkan analisis terhadap pola kontur medan magnetik setelah ditapis dengan sinyal analitik. Kali ini metode magnetic digunakan untuk memetakan sebaran batuan penyusun candi situs Morangan.

2. Dasar Teori

Medan magnetik bumi merupakan medan aktif yang secara umum dapat dipandang sebagai medan dipol (Blakely, 1995). Bentuk potensial skalar medannya dinyatakan

$$A(\vec{r}) = -\int_V \vec{I} \cdot \nabla \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_0|} d^3\vec{r}_0 \quad (1)$$

dengan \vec{I} adalah intensitas magnetisasi. Intensitas medan magnetnya dituliskan

$$\vec{H}(\vec{r}) = -\nabla A(\vec{r}) \quad (2)$$

sedangkan intensitas medan magnetik bumi adalah

$$\vec{H}_0(\vec{r}) = -\nabla A(\vec{r}) \quad (3)$$

Intensitas benda yang termagnetisasi secara linear sebesar

$$\vec{I} = \Delta k \vec{H}_0 \quad (4)$$

$$\Delta k = k_t - k_0 \quad (5)$$

dengan Δk adalah kontras suseptibilitas magnetik, k_t adalah suseptibilitas batuan target, dan k_0 adalah suseptibilitas rata-rata batuan di sekeliling benda target.

Intensitas medan magnetik total bumi di sekitar benda termagnetisasi adalah

$$\vec{H} = \vec{H}_0 + \Delta T \quad (6)$$

dengan \vec{H}_0 adalah medan magnetik utama bumi dan ΔT adalah anomali medan magnetik total. Pada pengukuran intensitas medan magnetik bumi di permukaan, nilai yang teramati adalah \vec{H}_p yang merupakan jumlahan dari medan magnetik utama bumi di titik pengukuran \vec{H}_0 , medan magnetik luar $\Delta \vec{D}$ misal variasi harian dan medan magnetik akibat benda anomali $\Delta \vec{T}$.

Sehingga pengukuran intensitas medan magnetik bumi di permukaan dapat dituliskan sebagai,

$$\vec{H}_p = \vec{H}_0 + \Delta \vec{D} + \Delta \vec{T} \quad (7)$$

3. Metode Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah dua set Proton Precision Magnetometer (PPM) merk Geometrics model G-856, yang satu sebagai base untuk mencatat variasi harian dan lainnya sebagai rover (bergerak). Pada penelitian ini luas area survei berukuran (22 x 44) m² dengan jarak antar intasan bervariasi antara 1-2 meter, spasi titik pengukuran adalah 2 meter, dan jumlah lintasan adalah 30. Setiap titik dilakukan 5 kali pengukuran, kemudian diambil nilai rata-ratanya. Untuk pengolahan data dipergunakan seperangkat komputer dengan perangkat lunak antara lain : MS.Office, Magmap 2000, Surfer 8, Magpick, dan SignProc.

Pengolahan data intensitas medan magnetik total meliputi koreksi variasi harian dan IGRF (Anonim, 2008), koreksi efek regional, reduksi ke kutub dan sinyal analitik. Koreksi variasi harian dilakukan dengan mengurangi nilai variasi harian pada data intensitas medan magnetik total di tiap titik ukur pada waktu yang sama. Data variasi harian diperoleh dari selisih antara data pembacaan rover pada pengukuran pertama dengan data base pada waktu yang bersamaan. Selanjutnya mengurangi nilai intensitas medan magnet total yang terkoreksi variasi harian dengan nilai intensitas medan magnet utama bumi (IGRF) daerah penelitian, maka akan diperoleh data anomali medan magnet total pada area survei. Koreksi efek regional dilakukan karena anomali medan magnetik total daerah penelitian masih dipengaruhi oleh efek magnetisasi dari regional bawah permukaan, sehingga anomali tidak benar-benar disebabkan oleh benda penyebab anomali target penelitian. Koreksi kontinuasi ke atas dilakukan pada data anomali medan magnet total untuk melihat pola regionalnya. Kontinuasi ke atas berfungsi sebagai filter tapis rendah (low pass filter) dari anomali lokal. Pada penelitian ini pola regional terlihat pada kontinuasi ke 3m. Koreksi efek regional dilakukan dengan mengurangi data anomali medan magnetik dengan data medan regionalnya.

Anomali medan magnet total setelah dikoreksi efek regional masih menunjukkan pola-pola anomali dwikutub. Untuk menyederhanakannya menjadi satu kutub, maka dilakukan reduksi ke kutub, sehingga anomali yang dihasilkan menjadi lebih mudah untuk diinterpretasi secara kualitatif. Namun demikian kontur anomali medan magnet setelah

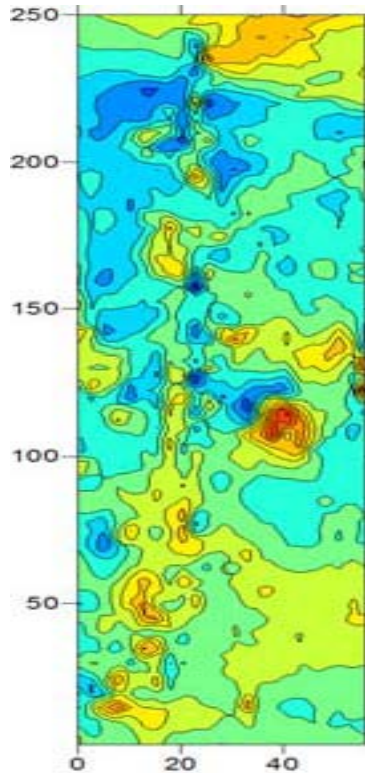
reduksi ke kutub masih memiliki nilai-nilai negatif, untuk melihat sinyal yang setiap nilainya positif, maka dilakukan sinyal analitik dari data reduksi ke kutub. Interpretasi kualitatif dilakukan dengan menganalisis klosur-klosur yang terdapat pada kontur medan magnet total yang telah dikoreksi efek regional dan kontur medan magnet total yang telah direduksi ke kutub dan yang telah dilakukan sinyal analitik. Hasil yang diperoleh adalah posisi benda penyebab anomali berdasarkan pola kontur klosur tersebut. Interpretasi semi kuantitatif dilakukan dengan menentukan kedalaman benda target penelitian langsung dari sinyal analitiknya. Caranya dengan mengambil sayatan pada pola kontur yang diinterpretasikan sebagai anomali benda target dan dilakukan penentuan kedalaman langsung dari profil sayatannya berdasarkan jenis model yang diperkirakan (MacLeod, dkk., 1993; Billim dan Ates, 2003). Interpretasi kualitatif dilakukan dengan pembuatan model dengan metode 2.5D (Shuey dan Pasquale, 1973).

4. Hasil dan Pembahasan

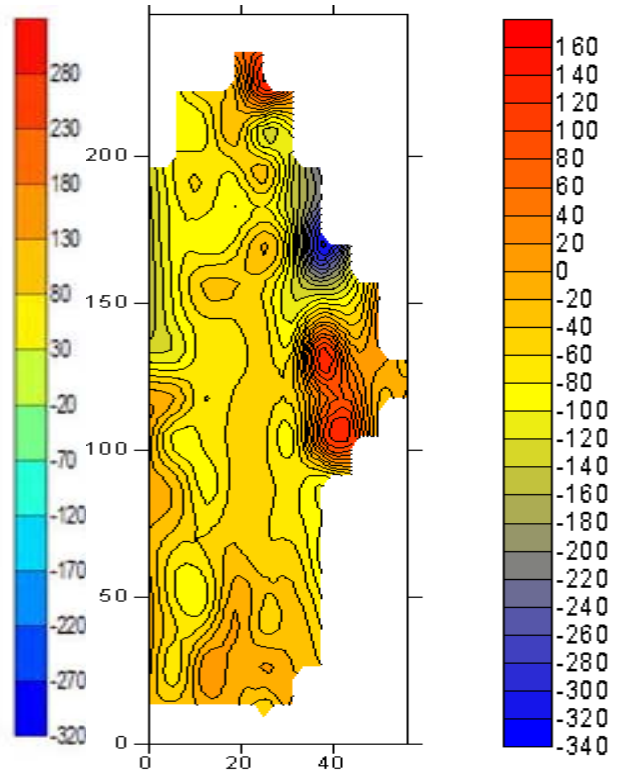
Koreksi variasi harian dan IGRF menghasilkan anomali medan magnet total dengan intensitas berkisar antara -294,86 hingga 512,04 nT. Deklinasi daerah penelitian 1°, inklinasinya -33°, dan intensitas medan magnet utama buminya 45301 nT. Dari data pengukuran sebelum dan sesudah koreksi IGRF dan variasi harian disajikan pada gambar 2 dan 3. Proses kontinuasi ke atas dilakukan untuk menghilangkan pengaruh lokal, dan memperjelas pengaruh anomali regional, disajikan dalam gambar 4 dan reduksi ke kutub terhadap data kontinuasi ke atas 3m diberikan pada gambar 5. Reduksi ke kutub mengubah parameter medan magnet bumi pada daerah penelitian yang memiliki deklinasi 1°, inklinasi -33° menjadi kondisi di kutub yang memiliki deklinasi 0° dan inklinasi 90°. Tujuan dari proses ini adalah melokalisasi daerah dengan anomali maksima tepat berada di bawah benda penyebab anomali. Gambar 5 adalah anomali medan magnet total yang terkoreksi efek regional dan telah direduksi ke kutub utara magnet bumi. Di kutub, anomali medan magnet secara teori hanya terdiri dari satu kutub (monopol), dengan posisi benda anomali tepat berada di bawah anomali maksimum, jadi anomali akan terlihat lebih sederhana.

Tetapi pada peta kontur anomali medan magnet total yang telah direduksi ke kutub (Gambar 5) masih terdapat anomali-anomali dipol di beberapa tempat pada lokasi penelitian, baik dipol yang berarah relatif utara-selatan maupun timur-barat. Walaupun demikian pola anomali yang memanjang dan menerus yang berarah utara-selatan semakin jelas terlihat dan menjadi lebih sederhana. Ketidakstabilan yang terjadi dengan menggunakan transformasi linear pada reduksi ke kutub dapat direduksi dengan sinyal analitik yang dikembangkan oleh Nabighian (1972), dengan M adalah medan magnetic yang berada di kutub dan A adalah medan magnetic hasil proses sinyal analitik dalam persamaan (8).

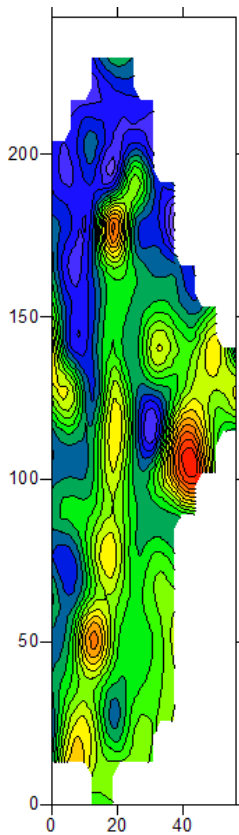
$$|A(x,y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial M}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial z}\right)^2} \quad (8)$$



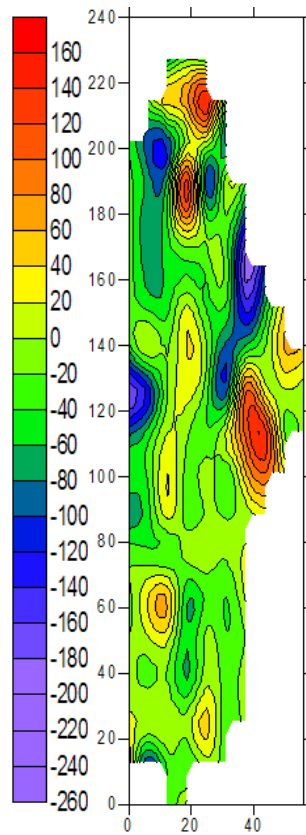
Gambar 2. Data pengukuran medan magnet total Situs Palgading sebelum dikoreksi IGRF dan variasi harian.



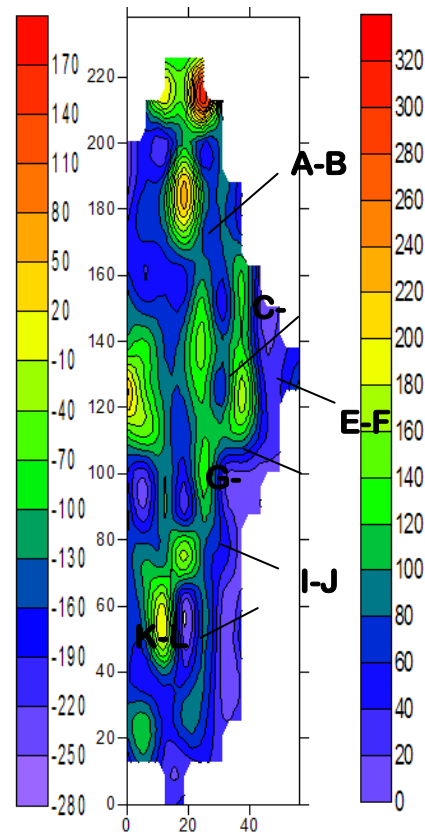
Gambar 3. Data pengukuran medan magnet total Situs Palgading sesudah dikoreksi IGRF dan variasi harian.



Gambar 4. Kontinuasi ke atas pada ketinggian 3m.

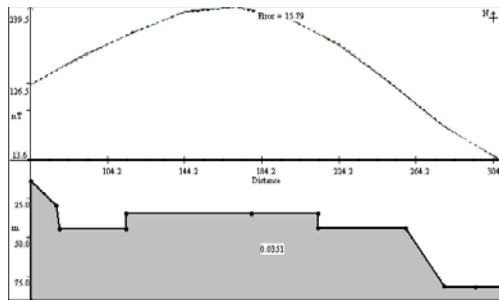


Gambar 5. Reduksi ke kutub terhadap data kontinuasi

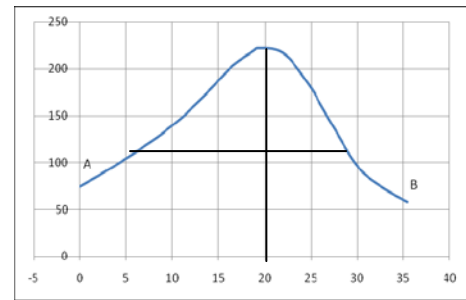


Gambar 6. Hasil proses Analisis Signal

Dari proses sinyal analitik maka dapat diperkirakan posisi benda penyebab anomali. Bentuk sinyal analitik dapat digunakan untuk menentukan kedalaman dari sumber magnetik. Roest, dkk. (1992) menggunakan lebar pada setengah amplitudo anomali untuk menentukan kedalaman, berdasarkan model yang diperkirakan. Berdasarkan peta kontur sinyal analitiknya terdapat 6 lokasi pusat anomaly pada Gambar 6. Analisis kuantitatif dilakukan dengan membuat sayatan pada lokasi-lokasi anomaly benda target untuk dilakukan pemodelan langsung. Interpretasi kuantitatif juga dilakukan dengan pembuatan model dengan metode 2,5D (Shuey dan Pasquale, 1973). Contoh hasil pemodelan benda anomaly dengan metode 2,5D dan dengan menggunakan lebar pada setengah amplitudo anomali untuk menentukan kedalaman ditunjukkan dengan grafik pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Contoh hasil pemodelan benda anomaly dengan metode 2,5D



Gambar 8. Contoh sayatan lebar pada setengah amplitudo anomaly.

Secara lengkap hasil interpretasi kuantitatif disajikan dalam table 1 berikut;

Tabel 1. Hasil interpretasi kuantitatif dengan menggunakan metode pemodelan 2,5D (Mag2DC) dan setengah lebar tinggi maksimum dari signal analitik

Sayatan	Koordinat (x, y) (m)		Kedalaman (m) dari signal analitik	Kedalaman (m) dari Mag2DC	Keterangan
	18	184			
A-B	18	184	3,7	3,7	Batuan terpendam
I-J	20	76	4	4	
K-L	12	54	2,9	3	
C-D	22	138	4	3,9	Batuan tersingkap
E-F	38	124	3,1	3,2	
G-H	22	100	3,5	3,5	

5. Kesimpulan

Hasil interpretasi semikuantitatif signal analitik dan interpretasi kuantitatif dengan perangkat lunak Mag2DC diperoleh pendugaan letak penyebaran batu-batu candi Situs Palgading yang berarah utara-selatan. Posisi dan kedalaman benda anomaly yang diduga sebagai timbunan batuan candi yang terpendam berada di posisi A-B, I-J, dan K-L dengan kedalaman masing-masing 3,7 m, 4 m, dan 3 m. Disarankan perlu dilakukan penggalian lanjutan untuk mengetahui keberadaan batuan candi yang terpendam.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2008, Internet download, <http://www.ava.fmi.fi/MAGN/PICS/dmap/html>, 29 April 2008.
- Blakely, R.J., 1995, *Potential Theory in Gravity and Magnetic Application*, Cambridge University Press, USA.
- Billim, F., and Ates, A., 2003, Analytic Signal Inferred From Reduced to The Pole Data, *Journal of The Balkan Geophysical Society*.

- MacLeod, I.N., Jones, K., and Dai, T.F., 1993, 3-D Analytic signal the Interpretation of Total Magnetic Field Data at Low Magnetic Latitudes, *Journal of The Balkan Geophysical Society*.
- Mahfi, A, Kirbani SBp, Sudiartono, Suparwoto, Sismanto, Wahyudi, 1990, *Metode Geofisika dalam Kepurbakalaan, Sebuah Program Pengabdian Masyarakat di Candi Plaosan Kidul*, Laporan, FMIPA-UGM.
- Marjiono, 1998, Pendugaan keberadaan Batu Candi Situs Purbakala Candi Kedulan dari Pola Anomali Medan Magnet Total, *Skripsi S-1*, Program Studi Geofisika, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Masykuri, A.F., dan Sismanto, 2005, Penyebaran Batu-batu Candi Pada Situs Kunden, Klaten, Jawa Tengah, Berdasarkan Data Medan Magnet Total, Proceedings 3rd Kentingan Physics Forum, Sahid Raya Hotel Solo, September 24th 2005.
- Nabighian, M.N., 1972, The Analytic Signal of-Two Dimensional Magnetic Bodies With Polygonal Cross-Section : Its Properties and Use for Automated Anomaly Interpretation, *Geophysics*, 37 507-507.
- Rini, W.H., 2006, Laporan Her-inventarisasi Kec. Ngaglik Tahun 1988, Kantor Suaka Peninggalan Sejarah Purbakala, Yogyakarta.
- Roest, W.E., Verhoef, J., and Pilkington, M., 1992, Magnetic Interpretation Using 3-D Analytic Signal, *Geophysics*, 57 116-125.
- Shuey, R.T., and Pasquale, A.S., 1973, End Corrections in Magnetic Profile Interpretation, *Geophysics*, v.38, No.3, p.507-512.
- Sismanto, Zaman, T., and Nospindarta, Y.T., 2006 ,The Archaeological Stones Distribution of Morangan Temple Sites Based on Total Magnetic Field and Resistivity Measurement on Foot of Merapi Volcano, Morangan,Sindumartani, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta, Indonesia, Proceeding Volcano International Gathering 2006, "1000 Years Merapi Paroxymal Eruption".