

ANALISA DATA GEOMAGNETIK: STUDI KASUS DI WILAYAH CALON TAPAK RDE PUSPIPTEK-SERPONG DAN SEKITARNYA

Adhika Junara Karunianto¹, Dwi Haryanto¹, Fakhri Muhammad²

¹Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir-BATAN
Jalan Lebak Bulus Raya No. 9 Pasar Jumat Jakarta Selatan 12440

²Universitas Negeri Solo
Jalan Ir. Sutami No. 36 A Surakarta 57126
email: adhika@batan.go.id

ABSTRAK

ANALISA DATA GEOMAGNETIK: STUDI KASUS DI WILAYAH CALON TAPAK RDE PUSPIPTEK-SERPONG DAN SEKITARNYA. Metoda geomagnetik adalah salah satu metoda geofisika yang paling tua dan sudah banyak diaplikasikan di dunia eksplorasi dan survei tapak. Data geomagnetik di dalam penelitian ini berupa data gradiomagnetik yang pengukurannya dilakukan dengan dua sensor dalam 1 alat magnetometer dengan jarak pisah 1.3m sejajar secara horisontal dengan interval waktu sekitar 5 detik. Area pengambilan datanya dilakukan di area calon tapak Reaktor Daya Eksperimen (RDE) Daerah Puspipstek Serpong dan sekitarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan peta anomali geomagnetik daerah Puspipstek Serpong dan sekitarnya. Cara pengolahannya menggunakan metoda analisa tingkat lanjut yaitu teknik reduksi ke kutub dan *upward continuation*. Metoda pengolahan ini akan menghilangkan medan gradiomagnetik yang disebabkan oleh objek magnetik di atau dekat permukaan yang dianggap sebagai gangguan atau noise. Hasil penelitian berupa peta anomali medan gradiomagnetik yang terdistribusi secara lateral dengan rentang nilainya sekitar -400-450 nT. Berdasarkan peta tersebut dapat diperoleh tiga zona anomali yaitu *westpart*, *centerpart*, *eastpart* yang penyebarannya relatif arah utara-selatan. Bagian barat disebut zona *westpart* dengan nilai anomali sekitar 100-250 nT. Bagian tengah disebut zona *centerpart* dengan nilai anomali sekitar 50-450 nT, sedangkan bagian timur disebut *eastpart* dengan nilai anomali sekitar 50-250 nT.

Kata kunci: geomagnetik, gradiomagnetik, sensor, *noise*, anomali

ABSTRACT

GEOMAGNETIC DATA ANALYSIS: CASE STUDY IN AREA OF PROSPECTIVE SITE OF RDE PUSPIPTEK-SERPONG AND SURROUNDING. Geomagnetic methods are one of the oldest and most applied geophysical methods in the field of mineral exploration and site survey. Geomagnetic data of this research is gradiomagnetic data which measurement is done with two sensors in single magnetometer with separation distance 1.3m parallel horizontally with interval time of measurement about 5 second. The research area of data collection is carried out in the Prospective Site of The RDE (Experimental Site Reactor) at Puspipstek Serpong and surrounding areas. The purpose of this research is to get map of gradiomagnetic anomaly of Puspipstek Serpong and surrounding area. The data processing using the method of advanced analysis is technique of reduction to pole and upward continuation. This processing methods will remove the gradiomagnetic fields caused by magnetic objects at or near the surface which are considered as noise or disturbance. The result of the research is an anomaly map of the laterally distributed gradiomagnetic field with a range of values around -400 nT sampai 450 nT. Based on the map can be obtained three anomalous zone that is *westpart*, *centerpart*, *eastpart* the penyebarannya relative north-south direction. The western part is called the *westpart* zone with an anomalous value of about 100-250 nT. The middle section is called the *centerpart* zone with anomalous values of about 50-450 nT, while the eastern part is called the *eastpart* with an anomalous value of about 50-250 nT.

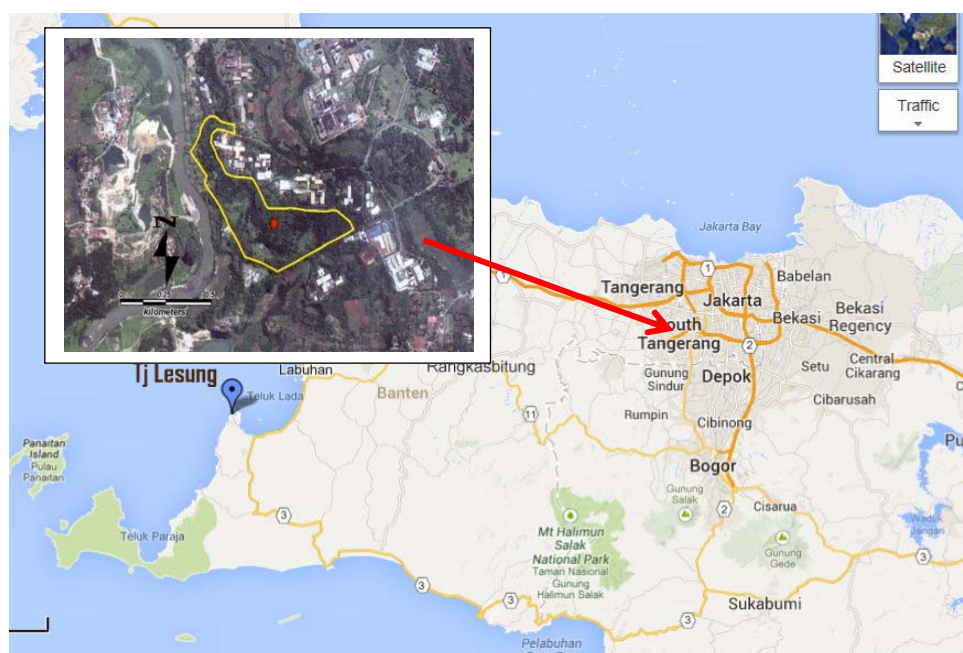
Keywords: geomagnetic, gradiomagnetic, sensor, *noise*, anomaly

PENDAHULUAN

Berdasarkan PERKA BATAN No. 5 Tahun 2015 tercantum keberadaan rencana strategis BATAN yang memasukkan pembangunan Reaktor daya Eksperimen (RDE) di kawasan Puspiptek Serpong. Keberadaan RDE nantinya diharapkan bisa membantu mengenalkan ke masyarakat tentang pentingnya PLTN untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia[1]. Dalam rangka rencana pembangunan RDE tersebut maka kebutuhan untuk menyiapkan studi tapak baik secara geologi maupun geofisika menjadi sangat penting. Pada tahun 2015 survei geofisika menggunakan metoda geomagnetik telah dilakukan di Daerah Puspiptek-Serpong dan sekitarnya yang merupakan calon tapak lokasi RDE. Tujuan dilakukan penelitian geomagnetik adalah untuk mendapatkan peta anomali geomagnetik serta melakukan interpretasi arah distribusi anomalnya.

Metoda geomagnetik adalah salah satu metoda geofisika pasif yang paling tua yang digunakan untuk melihat distribusi anomali magnetik secara lateral yang diakibatkan objek magnetik di bawah permukaan[2]. Objek yang berada didalam medan magnetik Bumi dimagnetisasi sesuai dengan tingkat kerentanan magnetiknya, dan magnetometer dengan sensitifitas tinggi akan merespon intensitas dan distribusi secara lateral medan magnetik Bumi yang dipengaruhi kondisi geologi dibawah permukaan bumi[3]. Metoda ini sudah banyak diaplikasikan pada berbagai lingkup permasalahan seperti: pencarian benda logam yang terpendam, pemetaan utilitas dari bahan besi yang terpendam, studi patahan, eksplorasi geotermal, eksplorasi mineral, eksplorasi benda arkeologi dan lain sebagainya[4]. Pada bidang nuklir, metoda ini juga sudah diterapkan diberbagai bidang permasalahan seperti eksplorasi uranium serta studi tapak untuk rencana pembangunan PLTN[5,6,7].

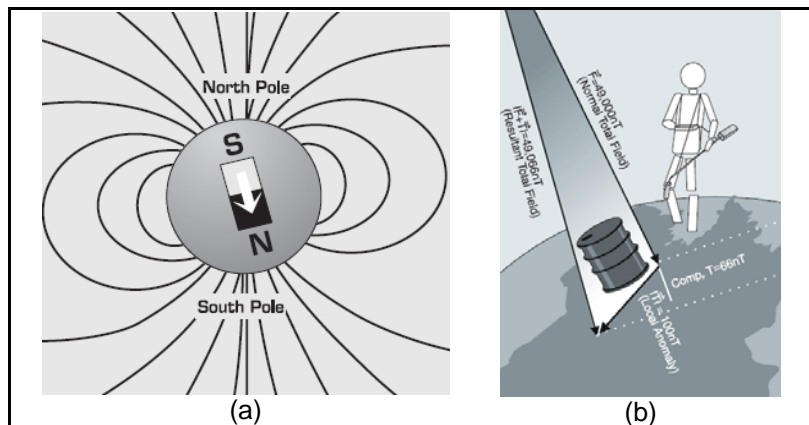
Lokasi pengambilan data lapangan berada area calon tapak RDE di Kawasan Puspiptek-Serpong dan sekitarnya, dimana secara geografis meliputi Kabupaten Bogor Propinsi Jawa Barat dan Kotamadya Tangerang Selatan Propinsi Banten (Gambar 1). Secara astronomis dibatasi oleh koordinat Latitude: $6,30^{\circ}$ - $6,50^{\circ}$ LS dan Longitude: 106.61° - 106.71° BT.



Gambar 1. Lokasi pengambilan data geomagnetik di Puspiptek Serpong dan sekitarnya.

DASAR TEORI

Medan magnetik bumi dapat digambarkan secara sederhana sebagai suatu magnet raksasa dengan kutub utara menuju ke arah selatan (Gambar 2a). Hal ini mengapa jarum kompas selalu menunjuk ke arah utara, karena tertarik oleh kutub magnet yang memiliki tanda berlawanan magnet Bumi. Medan magnetik bumi di titik-titik permukaan bumi adalah vektor, sehingga medan tersebut mempunyai arah dan intensitas. Inklinasi dan deklinasi menggambarkan orientasi lokal vektor medan magnetik.



Gambar 2. (a) Sketsa medan magnetik Bumi; (b) Interaksi medan magnetik Bumi dengan objek magnetik.

Intensitas medan magnetik bumi umumnya memiliki satuan gamma atau nanoTesla (nT). NanoTesla merupakan satuan SI, dan 1 nT sama dengan 1 gamma. Nilai medan magnetik yang diamati di seluruh permukaan bumi memiliki kisaran 25000 nT sampai 70000 nT.

Magnetometer medan total dengan opsi gradiometer adalah alat ukur yang mengukur amplitudo skalar dari vektor medan magnetik. Medan magnetik utama adalah medan magnetik bumi yang ditunjukkan oleh vektor F pada Gambar 2(b). Gangguan medan magnetik lokal oleh objek magnetik dinyatakan dalam simbol vektor T . Medan vektor lokal ini menambah medan vektor bumi, sehingga menghasilkan medan vektor total ($F + T$).

Terdapat dua pengukuran didalam survei geomagnetik yaitu pengukuran intensitas medan magnetik total dan medan gradiomagnetik. Medan gradiomagnetik merupakan gradien (laju perubahan) dari medan geomagnetik terhadap jarak horisontal diantara dua sensor yang diukur secara bersamaan dan simultan[3].

Teknik reduksi ke kutub adalah metoda untuk menghilangkan ketergantungan terhadap inklinasi medan magnetik bumi yang digunakan untuk mengetahui pola respon anomali ketika diukur pada inklinasi vertikal (di kutub)[8,9]. Sedangkan teknik *upward continuation* adalah perhitungan matematika yang digunakan untuk memproyeksikan data geomagnetik pada bidang datar pada elevasi yang lebih tinggi[8,9]. Teknik ini digunakan untuk menghilangkan respon anomali geomagnetik dengan panjang gelombangnya pendek yang umumnya dipengaruhi oleh objek magnetik di atau dekat permukaan. Persamaan (1) berikut adalah persamaan matematis upward berupa integrasi permukaan dari perubahan medan geomagnetik (ΔF) dari elevasi nol menuju elevasi tertentu.

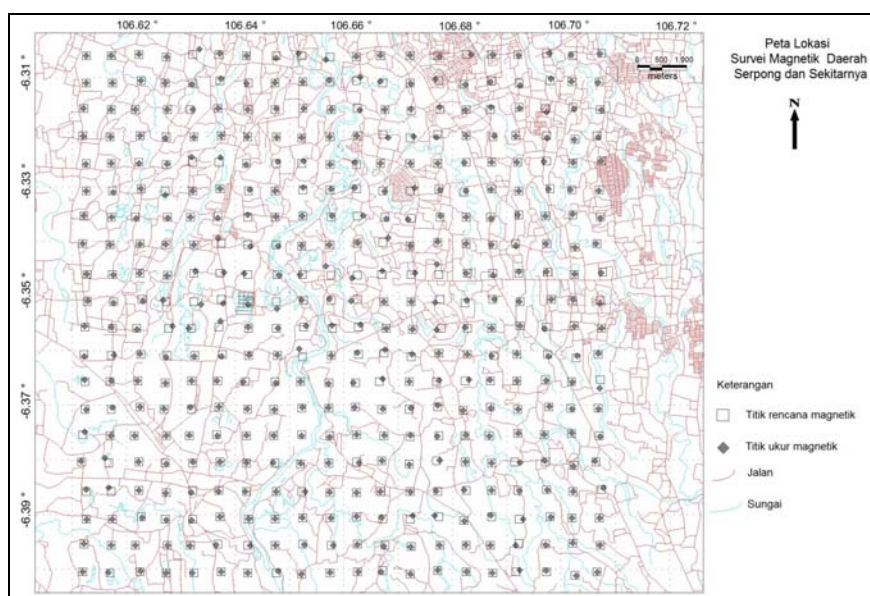
$$\Delta F(x, y, -h) = \frac{h}{2\pi} \iint \frac{\Delta F(x_0, y_0) dx_0 dy_0}{((x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + h^2)^{3/2}} \dots\dots\dots (1)$$

METODOLOGI PENELITIAN

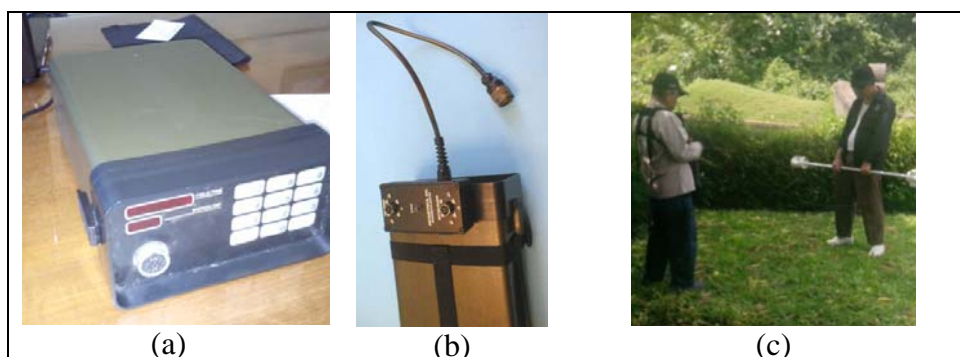
Metodologi yang dilakukan dalam survei geomagnetik pada prinsipnya terdiri dari tiga bagian yaitu: pengambilan data lapangan (akusisi/survei), pengolahan data (processing) dan deskripsi atau analisa hasil. Sebelum kegiatan akusisi, perlu dilakukan pengumpulan data sekunder dan pembuatan peta rencana kerja lapangan yang terdiri dari peta kontur, peta wilayah, dan peta rencana stasiun (Gambar 3). Pada saat akusisi juga memerlukan pengetahuan tentang parameter harga IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*) di Wilayah Serpong dan sekitarnya, dimana diperoleh harga inklinasi $-30,83^\circ$, deklinasi 0.69° dan medan total sebesar 44627,16 nT. Peralatan yang digunakan dalam survei magnetik adalah alat ukur *magnetometer* (Gambar 4a) dan peralatan tambahan gradiometre switch (Gambar 4b) serta peralatan pendukung yang bisa dilihat pada Tabel 1. Pengambilan data

geomagnetik di lapangan adalah berupa data medan gradiomagnetik. Teknik survei ini berbeda dengan survei magnetik biasa yang menggunakan dua alat yaitu satu sebagai rover dan satu lagi sebagai BS (*Base Station*). Teknik ini menggunakan satu alat sebagai rover dengan memasang dua sensor secara horisontal dan tanpa pengukuran BS, sehingga tidak lagi memperhitungkan nilai koreksi harian magnetik.

Studi geomagnetik dilakukan di daerah penelitian dengan titik tengahnya lokasi rencana pembangunan RDE dengan radius sekitar 5km dan jarak interval antar titik pengukuran sekitar 500m. Total jumlah titik pengukuran adalah 400 titik. Pengukuran data gradiomagnetik horizontal. Ada dua sensor yang terpisah pada jarak sekitar 1,2m yang dipasang pada stick aluminium membentang pada posisi horisontal barat-timur (Gambar 4c). Kedua sensor harus dihadapkan ke arah utara, dimana tanda utara bisa dilihat dibagian atas sensor. Jarak sensor dengan alat ukur magnetometer dibuat semaksimal mungkin sesuai ukuran kabel untuk menghindari pengaruh medan elektromagnetik pada *elektronik circuit*. Selanjutnya dilakukan pembacaan medan magnetik pada kedua sensor, dimana pada saat tombol switch gradiomagnetik ditekan, maka akan terjadi pengukuran medan magnet total dua kali untuk sensor 1 dan 2 dengan interval waktu sekitar 5 detik. Kedua nilai selanjutnya dicatat di dalam *logbook* disertai koordinat, waktu dan kondisi lokasi sekitar apabila ada yang perlu dicatat seperti jarak dari rumah, kabel listrik, tiang listrik dan lain lain.



Gambar 3. Peta rencana dan realisasi lokasi stasiun pengukuran (lokasi RDE tepat berada di tengah).

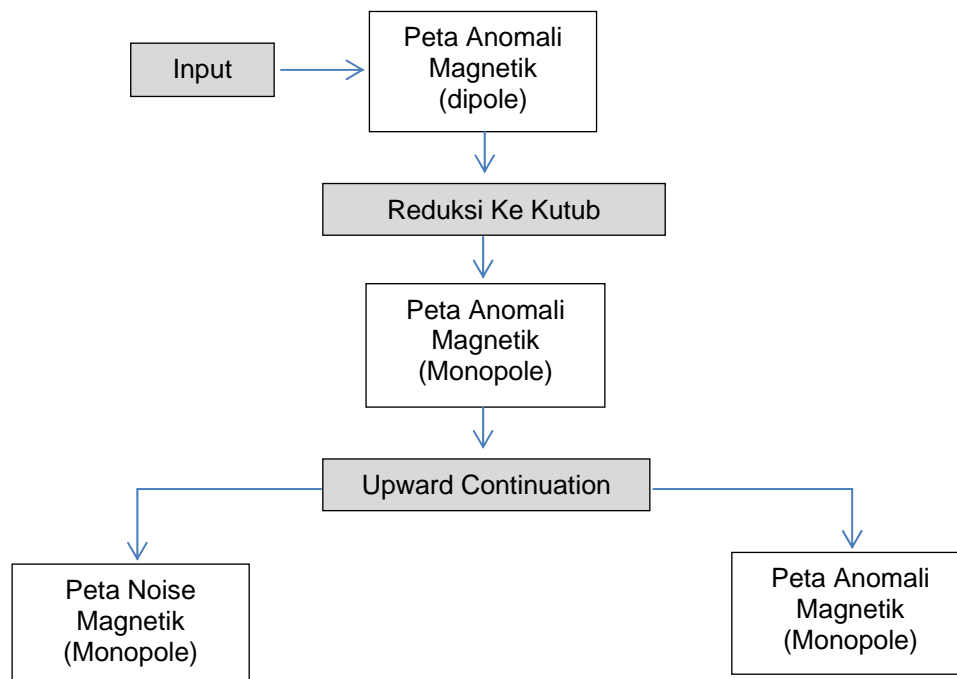


Gambar 4. (a) Magnetometer tampak atas; (b) Magnetometer dengan gradiometer tool, (c) Posisi pengukuran data magnetik dengan 1 orang pengukur dan 1 orang pembawa sensor.

Tabel 1. Peralatan dan bahan dalam survei magnetik.

No	Nama Alat dan Bahan	Jumlah	Satuan
1	G-856AX console	1	buah
2	Sensor	2	buah
3	Stick dari alumunium	1	meter
4	Rechargeable battery	1	pak
5	Kabel sinyal sensor	2	set
6	Switch gradiometer	1	buah
7	Tas gendong alat ukur magnetik	1	buah
8	GPS handheld Garmin 62Cx	1	buah
9	Buku <i>log book</i>	2	buah
10	Alat tulis	4	buah

Metodologi pengolahan data gradiomagnetik pada prinsipnya adalah bagaimana melakukan *filtering* terhadap respon gradiomagnetik yang tidak diinginkan. Teknik processing data gradiomagnetik menggunakan metoda analisa tingkat lanjut yaitu teknik reduksi ke kutub dan *upward continuation*. teknik pengolahan ini akan menghilangkan medan gradiomagnetik yang disebabkan oleh objek magnetik di atau dekat permukaan yang dianggap sebagai gangguan atau *noise*. Tahapan pengolahan data yaitu: (1) Data gradiomagnetik hasil pengukuran digunakan sebagai data input, (2) dilakukan proses reduksi ke kutub untuk menghasilkan data anomali gradiomagnetik monopole, (3) kemudian data di *upward continuation* yang memisahkan antara respon medan gradiomagnetik dengan respon gangguan/ *noise*. Secara sederhana dapat digambarkan melalui diagram alir pada Gambar 5 sebagai berikut:



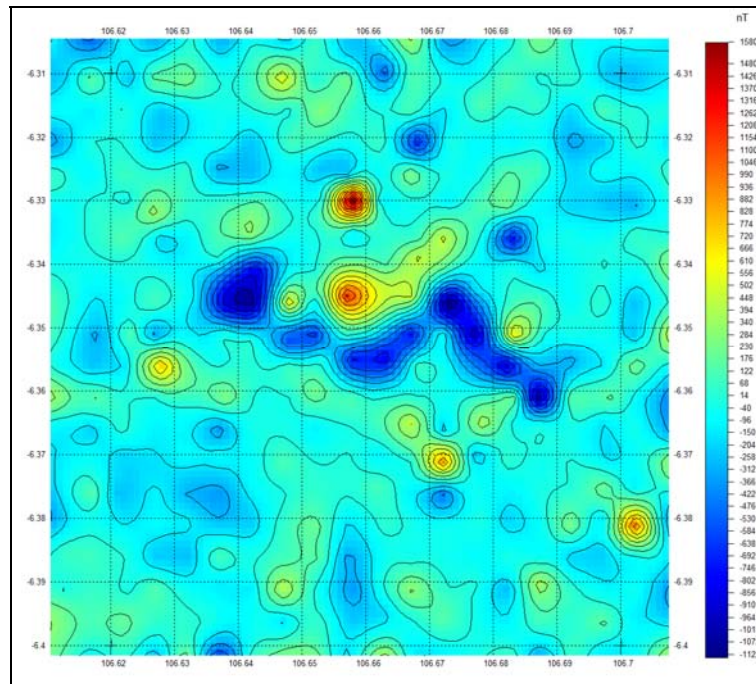
Gambar 5. Diagram alur tahapan pengolahan data geomagnetik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

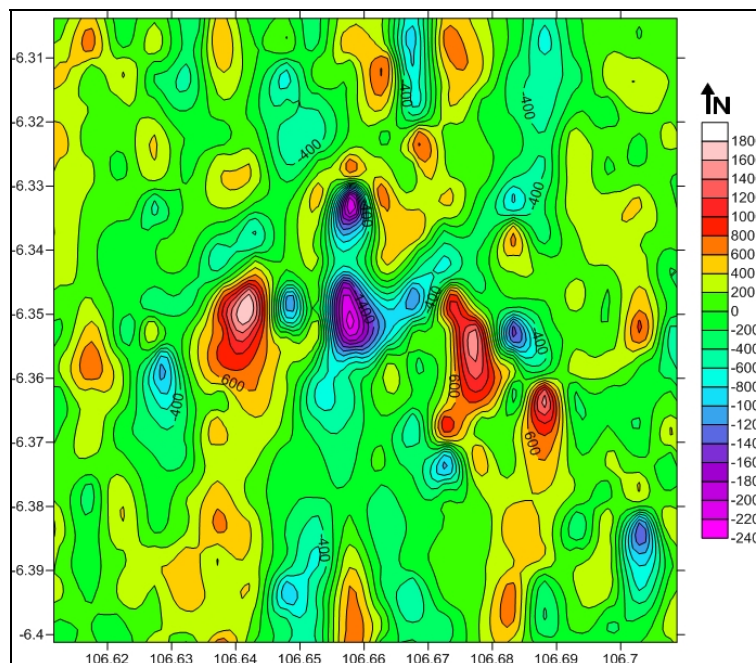
Studi geomagnetik di Daerah Puspipetek-Serpong dan sekitarnya menghasilkan peta anomali medan geomagnetik (Gambar 6). Peta tersebut memperlihatkan distribusi laju perubahan medan geomagnetik atau laju geomagnetik yang terukur di lapangan secara lateral dengan rentang nilai sekitar 0-1500 nT. Respon laju geomagnetik ini disebabkan oleh variasi sifat magnetik batuan di bawah permukaan bumi serta objek-objek buatan manusia yang bersifat magnetik (seperti pipa besi tertanam, pondasi tertanam, kabel listrik tertanam dan sebagainya) yang terletak di atau dekat permukaan. Karena daerah penelitian merupakan wilayah perkotaan dengan pemukiman padat penduduk, sehingga banyak terdapat objek magnetik (logam, besi, baja) yang berfungsi sebagai fasilitas atau utilitas umum (seperti tiang listrik, sutet, tiang telepon dan lain sebagainya). Respon laju magnetik dari objek-objek magnetik di permukaan ini dianggap sebagai medan pengganggu (*disturbance*) karena dapat mempengaruhi nilai terukur laju geomagnetik, sehingga didalam pengolahannya perlu dilakukan upaya penghilangan respon gangguan tersebut (*filtering*).

Gambar 7 memperlihatkan peta anomali laju geomagnetik yang merupakan hasil dari proses transformasi ke kutub (*reduction to pole*). Proses ini merupakan penyederhanaan terhadap data anomali geomagnetik melalui perhitungan matematis untuk mengetahui posisi sumber anomali berdasarkan bentuk respon anomali di wilayah kutub [10]. Bila dibandingkan antara peta laju geomagnetik pada Gambar 6 dan Gambar 7, maka terlihat peta hasil transformasi Gambar 7 relatif lebih jelas dalam menggambarkan pola distribusi anomalnya. Rentang perubahan laju geomagnetik sekitar 0-2400 nT, dimana nilai perubahan tinggi terlihat di area bagian tengah yang memanjang realtif ke arah selatan dan utara.

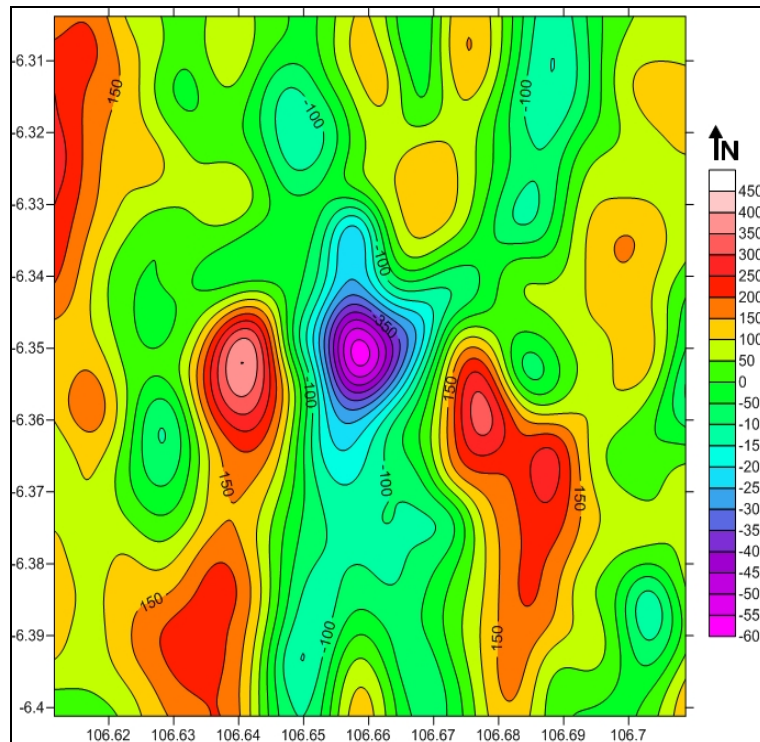
Setelah melalui proses penyederhanaan respon anomali, maka selanjutnya dilakukan proses filtering yang akan memisahkan harga laju geomagnetik dari pengaruh kondisi geologi atau objek di bawah permukaan, dengan objek pengganggu di/ dekat permukaan (*noise*). Proses filtering menggunakan metoda *upward continuation* yang merupakan suatu teknik untuk menonjolkan respon anomali yang berasal dari pengaruh geologi atau objek bawah permukaan dengan kedalaman tertentu[5]. Gambar 8 memperlihatkan peta anomali laju geomagnetik yang dihasilkan dari proses filtering, sedangkan Gambar 9 adalah respon *noise*-nya. Gambar 10 merupakan interpretasi hasil pengukuran dan pengolahan yang menggambarkan distribusi medan laju geomagnetik yang terdiri dari tiga zona anomali yaitu *westpart*, *centerpart*, dan *eastpart*. Zona *wespart* terlihat berada di bagian barat laut daerah penelitian dengan nilai laju geomagnetik sekitar 100-250 yang terdistribusi memanjang sekitar 4km. Zona *centerpart* terlihat dibagian tengah daerah penelitian yang memanjang relatif utara selatan dengan kisaran nilai laju geomagnetik sekitar 50-450 nT. Zona *eastpart* terlihat dibagian timur daerah penelitian yang memanjang relatif utara selatan dengan kisaran laju geomagnetik sekitar 50-250 nT.



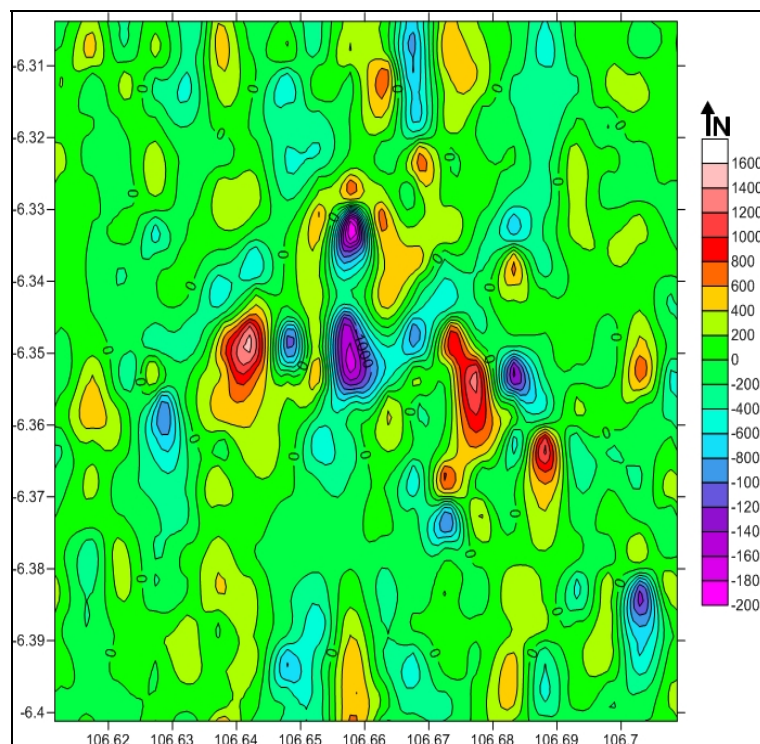
Gambar 6 Peta anomali magnetik observasi di daerah Puspiptek Serpong dan sekitarnya.



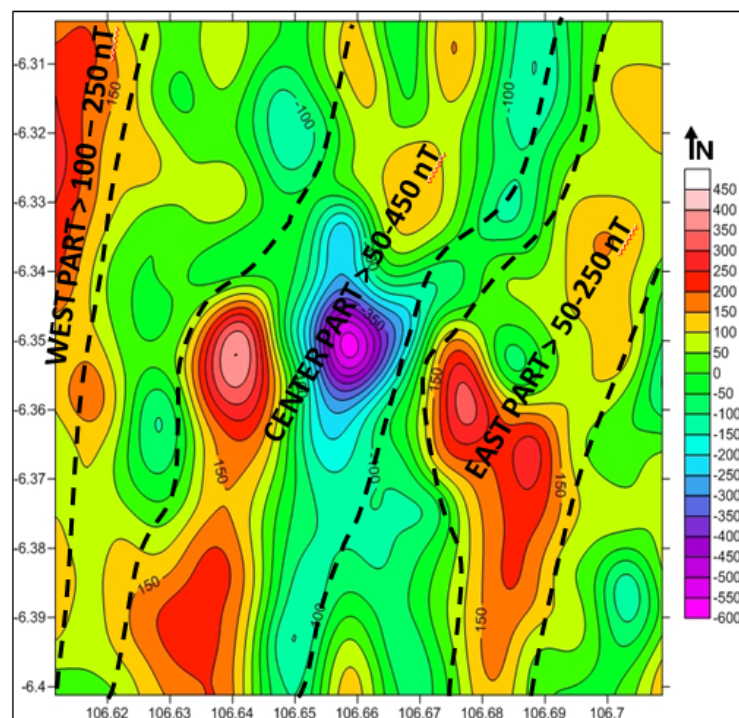
Gambar 7. Peta anomali magnetik hasil transformasi ke kutub di daerah Puspiptek Serpong dan sekitarnya.



Gambar 8. Peta anomali laju geomagnetik hasil filtering *upward continuation* Puspiptek Serpong dan sekitarnya.



Gambar 9 Peta laju geomagnetik noise di daerah Puspiptek Serpong dan sekitarnya.



Gambar 10 Interpretasi peta laju geomagnetik yang terdiri tiga zona (*westpart*, *centerpart* dan *eastpart*).

KESIMPULAN

Pengaruh objek magnetik di atau dekat permukaan memiliki laju perubahan medan magnet dari 400-2000 nT dan dianggap noise. Berdasarkan peta anomali gradiomagnetik terdapat tiga zona anomali yaitu *westpart*, *centerpart*, dan *eastpart*. *Westpart* adalah zona bagian barat dengan rentang harga anomali geomagnetik sekitar 100-250 nT. *Centerpart* adalah zona bagian tengah dengan rentang harga anomali geomagnetik sekitar 50-450 nT. *Eastpart* merupakan zona anomali bagian timur dengan rentang harga anomali geomagnetik sekitar 50-250 nT. Penyebaran semua zona relatif dari utara-selatan yang kemungkinan dipengaruhi oleh kondisi geologi batuan dasar dimana zona bagian tengah memiliki sifat kerentanan magnetik yang relatif lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kepala PKSEN atas pendanaan kegiatan penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada Kepala PTBGN yang telah memberi dukungan atas pelaksanaan kegiatan penelitian ini serta KPTF yang telah memberi arahan untuk sempurnanya tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. PERKA BATAN NOMOR 5 TAHUN 2015 TENTANG "RENCANA STRATEGIS BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL TAHUN 2015-2019".
2. TELFORD, W.M., GELDART, L. P., SHERRIF, R.E., and KEYS, D. A., "*Applied Geophysics: Magnetic Method*", Cambridge University Press, Cambridge, London, New York, Melbourne, 1990.
3. Scintrex, "Magnetic Applications Guide", SCINTREX Limited, Canada, 1996.

4. Jose Rivas,"*Short Course on Surface Exploration for Geothermal Resources: GRAVITY AND MAGNETIC METHODS*", UNU-GTP and LabGeo, El Salvador, 17-30 Oktober, 2009.
5. IAEA,"*Advances In Airborne and Ground Geophysical Methods for Uranium Exploration*", IAEA Nuclear Energy Series, No. NF-T-1.5, 2013.
6. Alexander R. McBirney, Leonello Serva, M. Guerra, Charles B. Connor,"*Volcanic and seismic hazards at a proposed nuclear power site in central Java*", Journal of Volcanology and Geothermal Research 126, Hal. 11-30, 2003.
7. *Lithuanian National Report*, "Convention on Nuclear Safety Seventh Lithuanian National Report", State Nuclear Power Safety Inspectorate (VATESI),ISSN. 2424-5658, 2016.
8. Ganiyu S. A., Badmus B. S., Awoyemi M. O., Akinyemi O. D. dan Olurin O T.,"*Upward Continuation and Reduction to Pole Process on Aeromagnetic Data of Ibadan Area, South-Western Nigeria*", Earth Science Research, Vol. 2 No. 1, Hal. 66-73, 2013.
9. Al-Garni M. A.,"*Magnetic Survey for Delineating Subsurface Structures and Estimating Magnetic Sources Depth, Wadi Fatima, KSA*", Journal of King Saud University (Science), Vol 22, Hal. 87-96, 2010.