

# INTERPRETASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN JALUR SESAR OPAK DI YOGYAKARTA DENGAN METODE GEOMAGNET

## SUBSURFACE INTERPRETATION OF OPAK FAULT LINE IN YOGYAKARTA USING GEOMAGNETIC METHOD

Oleh: Desi Novi Dayana<sup>1)</sup>, Nugroho Budi Wibowo<sup>2)</sup>, Denny Darmawan<sup>1)</sup>

1) Universitas Negeri Yogyakarta

2) Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Yogyakarta

Email : desidayana20@gmail.com

### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola sebaran anomali medan magnet di sekitar jalur Sesar Opak dan mengetahui struktur bawah permukaan di kawasan jalur Sesar Opak. Pengambilan data dilakukan menggunakan *Proton Precession Magnetometer* Geometric tipe G-856 dengan 77 titik pengukuran dan jarak antar titik pengukuran  $\pm 2$  km. Pengolahan data dilakukan melalui koreksi variasi harian, koreksi IGRF, reduksi ke kutub, dan kontinuasi ke atas. Pemodelan dilakukan dengan menganalisis anomali medan magnet yang telah direduksi ke kutub dan kontinuasi ke atas pada ketinggian 3000 m. Hasil analisa menunjukkan rentang nilai anomali medan magnet di kawasan penelitian adalah -468 nT hingga 912 nT. Hasil pemodelan 2D menunjukkan bahwa kawasan penelitian tersusun oleh 6 formasi batuan yaitu Formasi Aluvium dengan nilai suseptibilitas  $0,7 \times 10^{-3}$ , Formasi Merapi Muda dengan nilai suseptibilitas  $(0 - 2) \times 10^{-3}$ , Formasi Wonosari dengan nilai suseptibilitas  $(0 - 1) \times 10^{-3}$ , Formasi Sambipitu dengan nilai suseptibilitas  $(0,4 - 5) \times 10^{-3}$ , Formasi Nglanggran dengan nilai suseptibilitas  $(0,6 - 70) \times 10^{-3}$ , dan Formasi Semilir dengan nilai suseptibilitas  $(0 - 100) \times 10^{-3}$ .

Kata kunci: metode geomagnet, Sesar Opak, struktur bawah permukaan.

### Abstract

*The aims of this study were to determine the distribution of magnetic field anomaly around Opak Fault line area and to determine subsurface structure in Opak Fault line area. Data were acquired using Geometric Proton Precession Magnetometer type G-856 with 77 observation points and interval between each point was  $\pm 2$  km. Data were processed using diurnal correction, IGRF correction, reduction to pole, and upward continuation. The modelling was done by analyzing magnetic field anomaly which had been reduced to pole and transformed using upward continuation at 3000 m elevation. The results showed that the range of magnetic field anomaly in study area was -468 nT to 912 nT. 2D modelling result showed that the study area was composed by 6 rock formations which were Alluvium Formation with susceptibility of  $0,7 \times 10^{-3}$ , Merapi Muda Formation with susceptibility of  $(0 - 2) \times 10^{-3}$ , Wonosari Formation with susceptibility of  $(0 - 1) \times 10^{-3}$ , Sambipitu Formation with susceptibility of  $(0,4 - 5) \times 10^{-3}$ , Nglanggran Formation with susceptibility of  $(0,6 - 70) \times 10^{-3}$ , and Semilir Formation with susceptibility of  $(0 - 100) \times 10^{-3}$ .*

Keywords: geomagnetic method, Opak Fault, subsurface structure.

## PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia merupakan wilayah yang berada di antara pertemuan tiga lempeng besar, yaitu Lempeng Eurasia di arah utara, Lempeng Indo-Australia di arah selatan, dan Lempeng Pasifik di arah timur (Bock *et al*, 2003). Daerah pertemuan lempeng yang konvergen atau saling menunjам dikenal dengan nama zona subduksi. Lempeng Indo-

Australia yang merupakan lempeng samudera bergerak menunjам ke bawah Lempeng Eurasia yang merupakan lempeng benua. Akibat daripenunjaman lempeng akan dihasilkan akumulasi energi dimana saat energi yang dihasilkan melampaui batas elastisitas lempeng, maka akan muncul bidang patahan pada lempeng yang terpancarkan dalam bentuk

gelombang gempa hingga ke permukaan bumi (BMKG, 2017).

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu propinsi di Indonesia yang berada di Pulau Jawa bagian selatan dan berbatasan langsung dengan Samudera Hindia, sehingga DIY termasuk daerah yang rawan terhadap bencana gempabumi karena berada di dekat zona subduksi. Oleh karena itu, banyak sesar yang terbentuk akibat aktivitas kegempaan di zona subduksi (Hamid, 2007).

Pada tanggal 27 Mei 2006, daerah Yogyakarta dan sekitarnya diguncang gempa dengan kekuatan 5,9 SR yang menelan korban hingga 6.234 jiwa (Elnashai, *et al.*, 2008). Ahli kebumihan berpendapat bahwa kerusakan parah akibat gempa tersebut memang berada di sekitar jalur Sesar Opak dan dianggap berhubungan dengan aktivitas sesar tersebut.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji jalur Sesar Opak dengan berbagai metode, dimana rata-rata penelitian tersebut menyimpulkan bahwa Sesar Opak berada di timur dari dugaan jalur sesar yang terpetakan di peta geologi. Namun karena penelitian tersebut tidak mencakup keseluruhan dari dugaan jalur Sesar Opak, sehingga keberadaan Sesar Opak masih menjadi kontroversi.

Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode geomagnet yang mencakup keseluruhan dugaan jalur Sesar Opak yang terpetakan pada peta geologi dengan tujuan untuk mengetahui pola sebaran anomali medan magnet disekitar jalur Sesar Opak dan mengetahui struktur bawah permukaan jalur

Sesar Opak dengan menggunakan metode geomagnet.

## **METODE PENELITIAN**

### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Pengambilan data geomagnet dalam penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 20 - 22 September 2017 dan 25 September 2017 dengan batas wilayah penelitian 430980 mT - 442864 mT dan 9113815 mU - 9144153 mU. Kawasan penelitian mencakup tiga kabupaten, yaitu Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul, dan Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta.

### **Akuisisi Data**

Jumlah titik penelitian adalah 77 titik dengan jarak antar titik 2 km ditambah 10 titik yang diambil dari data sekunder penelitian terdahulu (Heningtyas, 2017). Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat PPM Geometric tipe G-856. Metode dalam penelitian ini menggunakan metode *looping* dimana satu PPM berfungsi sebagai *base* dan *rover*.

### **Tahap Pengolahan Data**

Nilai medan magnet hasil pengukuran dilapangan merupakan nilai medan magnet total atau campuran dari medan magnet utama dan medan magnet luar, sedangkan target dari metode geomagnet adalah nilai anomali medan magnet di wilayah penelitian. Untuk mendapatkan nilai anomali medan magnet perlu dilakukan koreksi terhadap nilai medan magnet utama yang diwakili oleh nilai IGRF dan dikoreksi terhadap nilai medan magnet luar yang diwakili oleh nilai variasi harian. Anomali

medan magnet didapatkan dengan menggunakan rumus:

$$\vec{B}_A = \vec{B}_T - \vec{B}_M - \vec{B}_L$$

dimana:

$\vec{B}_T$  adalah medan magnet total bumi (nT),  $\vec{B}_M$  adalah medan utama bumi (nT),  $\vec{B}_A$  adalah anomali medan magnet (nT), dan  $\vec{B}_L$  adalah medan magnet luar (variasi harian) (nT).

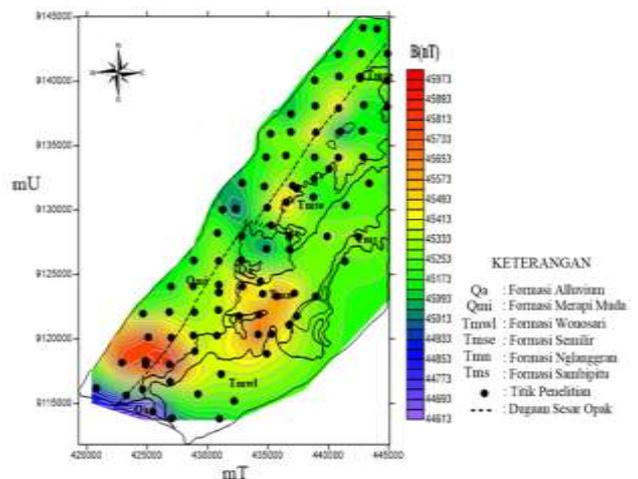
Anomali medan magnet yang dihasilkan masih bersifat dipole, sehingga untuk menjadikannya monopole perlu dilakukan proses reduksi ke kutub (RTP). RTP juga berfungsi untuk menunjukkan langsung posisi benda penyebab dari anomali di wilayah tersebut. Setelah direduksi selanjutnya anomali hasil RTP dikontuasi ke atas untuk menghilangkan anomali lokal (*noise*), sehingga diperoleh anomali regional sebagai gambaran umum untuk pembuatan model 2D. Dalam penelitian ini kontinuitas ke atas berhenti pada ketinggian 3000 m, karena pada ketinggian tersebut pola anomali medan magnet sudah tidak mengalami perubahan yang signifikan dengan ketinggian sebelumnya.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

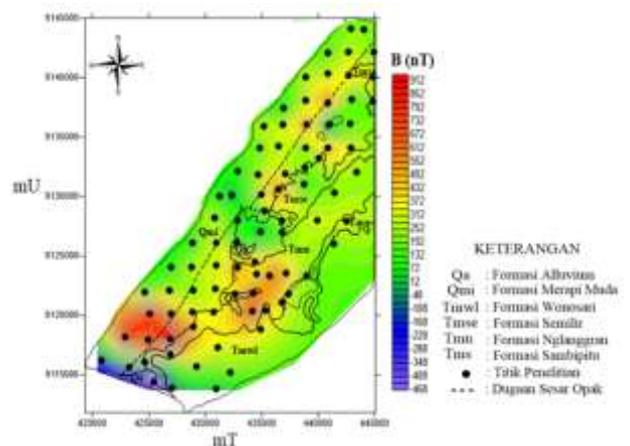
Medan magnet total yang diperoleh dari hasil pengukuran berkisar antara 44.613 nT – 45.973 nT dan didapatkan kontur medan magnet total seperti pada Gambar 1. Kontur medan magnet total mencakup 6 Formasi batuan yaitu Formasi Aluvium di bagian selatan dan tengah, Formasi Merapi Muda di bagian barat, Formasi Semilir dari utara hingga tengah, Formasi Nglanggran di bagian timur hingga selatan, Formasi Sambipitu di bagian tenggara, dan

Formasi Wonosari di bagian timur hingga selatan daerah penelitian.

Medan magnet total dikoreksi dengan IGRF dan variasi harian, sehingga didapatkan nilai anomali medan magnet di wilayah penelitian yang berkisar antara -468 nT hingga 912 nT dan menghasilkan kontur anomali medan magnet seperti pada Gambar 2.



Gambar 1. Kontur Medan Magnet Total Daerah Penelitian

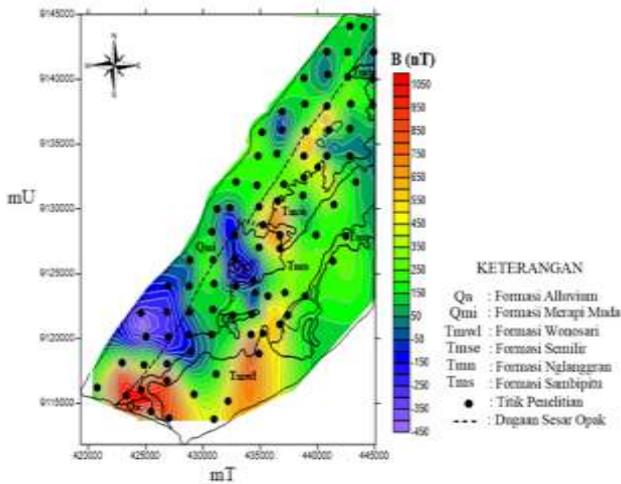


Gambar 2. Kontur Anomali Medan Magnet Daerah Penelitian Sebelum di-RTP

Klosur tertinggi dari anomali medan magnet berada pada Formasi Merapi Muda yaitu dengan nilai 912 nT, sedangkan klosur terendah berada pada Formasi Aluvium bagian selatan yaitu dengan nilai -468 nT. Klosur rendah pada Formasi Aluvium disebabkan oleh

batuan jenis lempung dan pasir yang memiliki nilai kemagnetan rendah dan adanya sumbangan dari panas bumi di daerah tersebut, sedangkan klosur tinggi pada Formasi Merapi Muda disebabkan karena wilayah ini merupakan wilayah perbatasan antara Formasi Merapi Muda dengan Formasi Nglanggran sehingga terdapat perbedaan susunan batuan yang menyebabkan nilai anomali di kawasan ini tinggi.

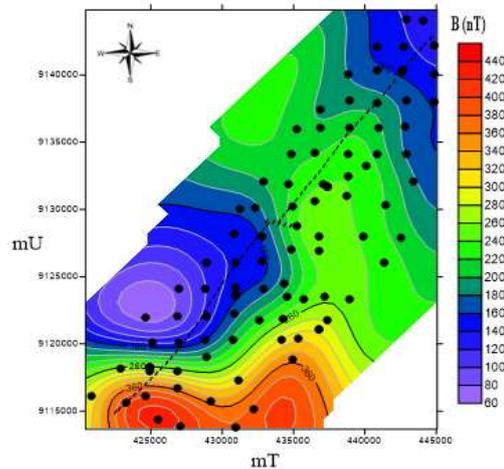
Anomali medan magnet selanjutnya di-RTP (*Reduction To Pole*) agar diperoleh medan magnet yang bersifat monopole, sehingga diperoleh kontur anomali medan magnet hasil RTP seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Kontur Anomali Medan Magnet Daerah Penelitian Setelah di-RTP

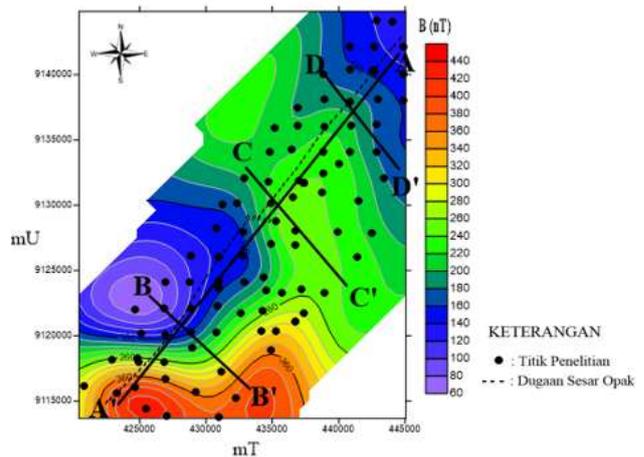
Terdapat perubahan rentang nilai anomali medan magnet sebelum dan sesudah dilakukan proses RTP, dimana setelah di-RTP nilai anomali medan magnet di wilayah penelitian menjadi lebih tinggi yaitu -450 nT hingga 1050 nT. Klosur tinggi dominan berada di tenggara - selatan kawasan penelitian, sedangkan klosur rendah berada di barat daya dan juga beberapa titik yang tersebar di tengah dan utara kawasan penelitian.

Setelah didapatkan anomali hasil RTP, selanjutnya dilakukan proses kontinuasi ke atas. Pada penelitian ini, kontinuasi ke atas berhenti pada ketinggian 3000 m dan didapatkan pola kontur anomali seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Kontur Anomali Medan Magnet Hasil Kontinuasi Ke Atas

Untuk membuat model 2D, maka dilakukan sayatan pada kontur anomali medan magnet hasil kontinuasi ke atas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Sayatan Pada Hasil Kontinuasi ke Atas Ketinggian 3000 m

Dari hasil sayatan tersebut maka diperoleh model 2D seperti berikut:

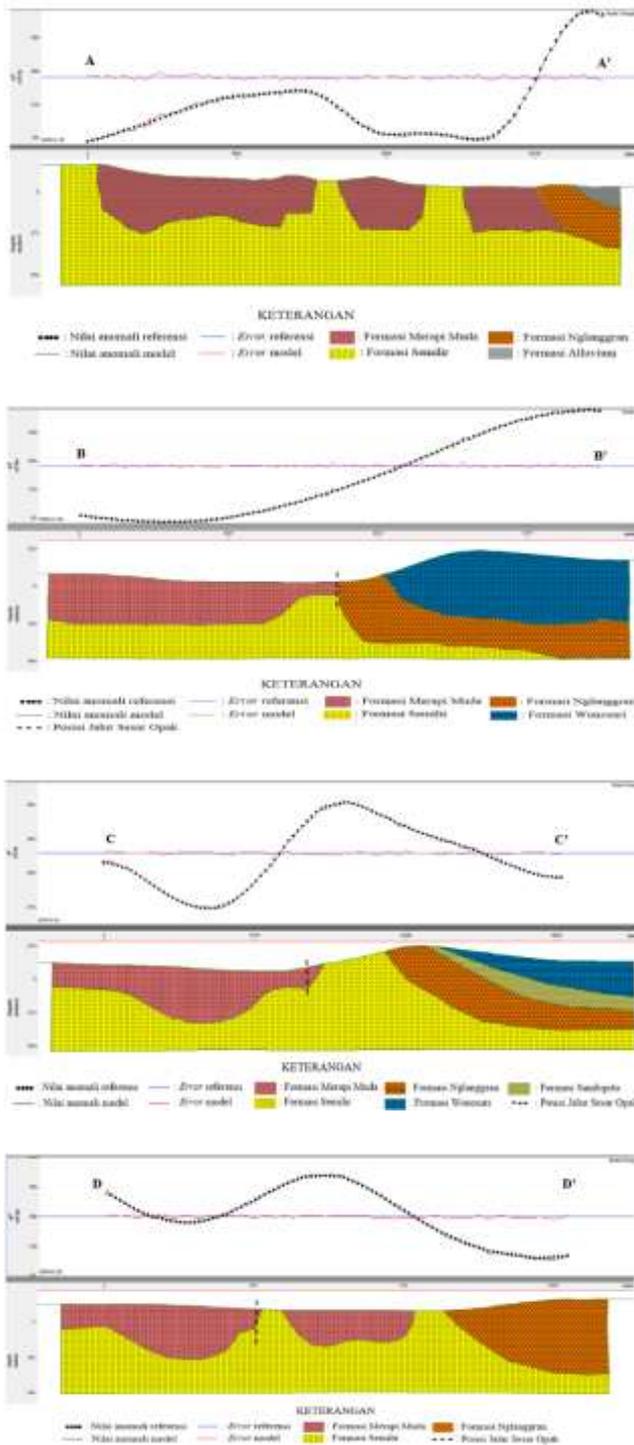
selatan daerah penelitian yang berada dekat dengan Pantai Parangtritis.

Formasi Merapi Muda memiliki nilai suseptibilitas dengan rentang  $(0 - 2) \times 10^{-3}$  yang tersusun oleh batuan jenis pasir dengan ketebalan (0 – 350) m. Ketebalan sedimen pada formasi ini disebabkan oleh abu dari Gunung Merapi yang masih aktif dan merupakan formasi yang dilalui oleh Sungai Opak dari sisi utara hingga selatan sehingga banyak terdapat batuan pasir.

Formasi Wonosari memiliki nilai suseptibilitas dengan rentang  $(0 - 1) \times 10^{-3}$  yang tersusun oleh batuan jenis gamping/karst dengan ketebalan (0-500) m.

Formasi Sambipitu memiliki nilai suseptibilitas dengan rentang yang tidak terlalu lebar yaitu  $(0,4 - 5) \times 10^{-3}$  yang didominasi oleh batuan jenis pasir dengan ketebalan (0 – 400) m. Formasi ini juga berada di antara Formasi Nglanggran dan Formasi Wonosari, sehingga batuan yang tersusun pada formasi ini diperkirakan berupa sedimen jenis batupasir campuran antara jenis gamping dari Formasi Wonosari dan batupasir jenis tuff dari Gunungapi Nglanggran secara berselingan.

Formasi Nglanggran memiliki nilai suseptibilitas dengan rentang yang cukup lebar yaitu  $(0,6 - 70) \times 10^{-3}$  yang didominasi oleh batuan jenis breksi-basalt dengan ketebalan (0-900) m. Batuan di sekitar kawasan ini berwarna gelap, fragmennya besar, dan kasar yang mengindikasikan bahwa batuan ini letaknya dekat dengan sumber vulkanik hingga akhirnya mengalami sedimentasi.



Gambar 6. Hasil Model 2D Sayatan AA', BB', CC', dan DD'

Berdasarkan pemodelan 2D, Formasi Aluvium memiliki nilai suseptibilitas batuan yaitu  $0,7 \times 10^{-3}$  yang tersusun oleh batuan jenis lempung dan pasir dengan ketebalan (0 – 100) m dimana wilayah ini merupakan wilayah

Formasi Semilir memiliki nilai suseptibilitas paling lebar di antara formasi lainnya yaitu  $(0 - 100) \times 10^{-3}$  yang didominasi oleh batuan jenis andesit dan di beberapa lokasi juga ditemukan batuan jenis lava bantal.

Variasi nilai anomali medan magnet dipengaruhi oleh formasi batuan penyusun daerah penelitian. Formasi yang paling banyak menyumbang variasi anomali medan magnet adalah Formasi Semilir karena memiliki nilai suseptibilitas yang lebih tinggi dibandingkan formasi lainnya yaitu  $(0 - 100) \times 10^{-3}$ , sehingga ketebalan dan sebaran dari formasi ini diindikasikan mempengaruhi nilai variasi medan magnet di kawasan tersebut. Hal ini dikarenakan ketebalan formasi merepresentasikan banyak sedikitnya partikel batuan termagnetisasi yang terdapat di bagian tersebut. Semakin banyak partikel yang termagnetisasi menyebabkan tingginya nilai anomali medan magnet.

## **SIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan penelitian dengan menggunakan metode geomagnet, didapatkan kesimpulan:

1. Sebaran anomali medan magnet di kawasan penelitian memiliki nilai -468 nT hingga 912 nT dan terbagi menjadi klosur rendah dan klosur tinggi. Klosur rendah berada di selatan daerah penelitian dengan nilai -468 nT hingga 12 nT, sedangkan klosur tinggi berada di barat daya – tenggara di kawasan penelitian dengan nilai 552 nT hingga 912 nT.
2. Daerah penelitian tersusun oleh 6 formasi batuan yaitu Formasi Aluvium, Formasi

Merapi Muda, Formasi Wonosari, Formasi Sambipitu, Formasi Nglanggran, dan Formasi Semilir. Formasi Aluvium memiliki nilai suseptibilitas  $0,7 \times 10^{-3}$  yang didominasi oleh batuan jenis lempung dan pasir dengan ketebalan (0 – 100) m. Formasi Merapi Muda memiliki nilai suseptibilitas  $(0 - 2) \times 10^{-3}$  yang didominasi oleh batuan pasir dengan ketebalan (0 – 350) m. Formasi Wonosari memiliki nilai suseptibilitas  $(0 - 1) \times 10^{-3}$  yang didominasi oleh batuan jenis gamping dengan ketebalan (0 – 500) m. Formasi Sambipitu memiliki nilai suseptibilitas  $(0,4 - 5) \times 10^{-3}$  yang didominasi oleh batuan pasir dengan ketebalan (0 – 400) m. Formasi Nglanggran memiliki nilai suseptibilitas  $(0,6 - 70) \times 10^{-3}$  yang didominasi oleh batuan jenis breksi-basalt dengan ketebalan (0 – 900) m. Formasi Semilir memiliki nilai suseptibilitas  $(0 - 100) \times 10^{-3}$  yang didominasi oleh batuan jenis breksi dengan ketebalan (0 – 900) m.

## **Saran**

Berdasarkan hasil penelitian ditemukan beberapa permasalahan yang belum terpecahkan, sehingga peneliti mengajukan beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan jarak antar titik pengambilan data yang lebih rapat untuk mengetahui secara detail batas-batas antar formasi batuan.
2. Penelitian terkait identifikasi jalur Sesar Opak dapat diperluas ke daerah timur karena berdasarkan penelitian terdahulu Sesar Opak

berada di timur dari dugaan jalur sesar yang ada di peta geologi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bock, Y., Prawirodirdjo., J.F Genrich., C.W Stevens., R. McCaffrey., Subarya., Puntodewo., Calais.(2003). Crustal Motion in Indonesia from Global Positioning System Measurements. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108, No. B8.
- BMKG. (2017). Indonesia Rawan Gempa Bumi dan Tsunami.Diakses dari [https://inatews.bmkg.go.id/new/about\\_inatews.php?urt=3](https://inatews.bmkg.go.id/new/about_inatews.php?urt=3) pada tanggal 21 Desember 2017.
- Elnashai, Amr S., Sung Jig Kim., Gun Jin Yun., Djoni Sidarta.(2008). *The Yogyakarta Earthquake of May 27,2006*. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Hamid, Ahmad Abu. (2007).Gempa Tektonik di Yogyakarta dan Sekitarnya serta Bencana Alam lainnya. Makalah Pengabdian Masyarakat (PPM).

Yogyakarta, 14 Mei 2018

Menyetujui

Pembimbing 1

  
Nugroho Budi Wibowo, M.Si  
NIP. 19840223 200801 1 011

Pembimbing 2

  
Denny Darmawan, M.Sc  
NIP. 19791202 200312 1 002

