

IDENTIFIKASI LETAK DAN JENIS SESAR BERDASARKAN METODE GAYABERAT SECOND VERTICAL GRADIENT STUDI KASUS SESAR LEMBANG, KOTA BANDUNG, JAWA BARAT

M. Wildan Firdaus¹⁾, **Agus Setyawan**¹⁾ dan **Mahmud Yusuf**²⁾

¹⁾Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

²⁾Departemen Instrumentasi dan Kalibrasi Alat Geofisika, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Angkasa I no.2, Kemayoran, Jakarta, Indonesia

E-mail: muhwildanf@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

Gravity measurement has been done in Lembang area, Bandung on 2014. Measurement were perform with relative gravity (Scintrex CG-5) with 28 measuring point around Lembang fault. The aim of this research is to observe gravity response Bouguer anomaly toward Lembang fault structure along 22 kilometers from eastern to west. In this research, we use second vertical gradient to know about the location and kind of fault structure. As the result from this research shown the Bouguer anomaly has a distribution value around -2 mGal – 52 mGal, this result indicated that Lembang Fault are located between high and low Bouguer anomaly. While the result from second vertical gradient indicated that Lembang Fault is a normal fault.

Keywords: gravity, Bouguer, SVG, fault, Lembang

ABSTRAK

Telah dilakukan pengukuran gayaberat di daerah Lembang, Bandung pada tahun 2014. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode gayaberat relative (Scintrex CG-5) dengan 28 titik yang tersebar di sekitar Sesar Lembang. Tujuan penelitian ini untuk melihat respon anomali Bouguer terhadap kenampakan struktur patahan Lembang yang berarah Barat – Timur sepanjang 22 kilometer. Pada penelitian ini digunakan analisis second vertical gradient untuk mengetahui keberadaan letak dan jenis sesar Lembang. Hasil yang didapatkan dari penelitian menunjukkan Anomali Bouguer daerah penelitian memiliki sebaran nilai -2 mGal sampai dengan 52 mGal, hasil tersebut menunjukkan lokasi Sesar Lembang berada diantara nilai Bouguer rendah dan tinggi pada daerah penelitian. Sedangkan hasil analisis SVG menunjukkan Sesar Lembang merupakan jenis sesar normal.

Kata kunci: gayaberat, Bouguer, SVG, sesar, Lembang

PENDAHULUAN

Gaya berat merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan dalam penggambaran struktur geologi bawah permukaan. Metode ini menggunakan prinsip variasi medan gravitasi bumi akibat perbedaan densitas secara lateral. Dalam perkembangannya metode gaya berat mengalami kemajuan yang cukup signifikan sehingga metode gayaberat sangat menunjang dalam penelitian mengenai ketebalan sedimen, batas batuan dasar (*basement*), sumber energi, air tanah, dan rekayasa sipil. Salah satu penerapan metode gayaberat dilakukan untuk memetakan struktur geologi berupa sesar. Dimana dalam metode ini digunakan untuk memperkirakan letak dan jenis sesar. Dalam penelitian ini, penulis memperkirakan letak sesar daerah penelitian berdasarkan respon

anomali Bouguer serta dengan analisis *second vertical gradient*.

Kawasan Lembang merupakan salah satu daerah yang potensial di daerah Bandung sebagai sentra pertanian, peternakan, dan pariwisata. Akan tetapi dilihat dari sudut pandang geologi, kawasan ini merupakan daerah yang rawan bencana karena diapit oleh gunung api Tangkuban parahu dan patahan Lembang yang masih aktif.

Patahan Lembang melintang dari timur-barat sepanjang 22 km, berupa sesar normal dengan bagian utaranya relative lebih turun sedalam 450 meter, terutama di bagian timur patahan^[1]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kertapati (2006) patahan ini merupakan patahan yang masih aktif bergerak dan merupakan sumber getaran yang dapat dirasakan sebagai gempa^[2]. Pernyataan tersebut didukung dengan adanya catatan pergeseran

Sesar Lembang dengan laju rata-rata sekitar 0,3 sampai 1,4 cm/tahun yang dipantau dengan menggunakan metode GPS^[3].

Hasil analisis morfotektonik menunjukkan morfologi daerah Sesar Lembang merupakan daerah tektonik aktif yang kemungkinan besar dipengaruhi oleh aktivitas tektonik Sesar Lembang^[4]. Hasil rekaman aktivitas tektonik dengan menggunakan metode *Single Event Determination* (SED) dan metode *Joint Hypocenter Determination* (JHD) menunjukkan bahwa pusat lokasi gempa bumi berada pada daerah sekitar sesar dengan kedalaman 3 km hingga 7 km. Adanya aktivitas kegempaan pada daerah sesar Lembang juga diperkirakan akibat adanya hubungan kemenerusan tiga sesar utama yang ada pada Jawa Barat yaitu Sesar Cimandiri – Sesar Lembang – Sesar Baribis^[3]. Meskipun aktivitas rekaman gempa yang tercatat BMKG masih digolongkan dalam kategori gempa ringan, namun demikian hal ini akan sangat membahayakan mengingat Kota Lembang merupakan salah satu tujuan wisata serta merupakan daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi.

METODE PENELITIAN

Anomali Bouguer

Anomali Bouguer adalah perbedaan nilai gayaberat terukur dengan nilai gayaberat teoritis untuk suatu model teoritis bumi. Untuk mendapatkan nilai Anomali Bouguer, hasil pengukuran di lapangan perlu dilakukan koreksi data. Setelah dilakukan koreksi, maka akan diperoleh persamaan anomali Bouguer^[5] yaitu :

$$BA = G_{Obs} - G_n + FAC - BGC + TC \quad (1)$$

$$BA = G_{Obs} - G_n + 0.308765 - 0.04193\rho\Delta h + C_3 \Delta h^2 \quad (2)$$

Dengan BA adalah anomali Bouguer lengkap, G_{Obs} gayaberat observasi/pengamatan, G_n gayaberat normal / teoritis pada lintang, FAC koreksi udara bebas, BGC koreksi Bouguer, TC koreksi terrain, ρ rapat massa, h ketinggian pengukuran, Δh beda tinggi titik amat dengan topografi sekitar.

Second Vertical Gradient

Metode *second vertical gradient* (SVG) digunakan untuk memunculkan sumber-sumber anomali yang bersifat lokal atau dangkal. Metode ini sangat baik digunakan untuk mengetahui diskontinuitas dari satu struktur bawah permukaan, khususnya dalam melakukan interpretasi struktur patahan atau sesar. Dengan menggunakan metode ini, keberadaan struktur patahan di suatu daerah akan dapat diketahui dengan baik^[6].

Medan potensial U dengan sumber tidak berada didalamnya akan memenuhi persamaan Laplace sesuai dengan persamaan berikut^[6] (Sarkowi, 2014) :

$$\nabla^2 U = 0 \quad (3)$$

Untuk metode gayaberat, persamaanya sesuai dengan persamaan :

$$\nabla^2 \Delta g = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = 0 \quad (5)$$

Selanjutnya untuk suatu penampang 1-D anomali SVG, persamaanya sesuai dengan persamaan berikut:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = - \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} = - \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial \Delta g}{\partial x} \quad (6)$$

Untuk data gayaberat 1-D dengan grid teratur anomali second vertical gradient dapat diturunkan melalui proses filtering dimana persamaan konvolusinya diberikan oleh :

$$\Delta g_{svd} \Delta x, \Delta y = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \Delta g(x, y) F(x - \Delta x, y - \Delta y) dx dy \quad (7)$$

dimana F adalah filter second vertical gradient sesuai dengan persamaan (5) dan Δg adalah anomali gaya berat sebagai data input.

Sedangkan untuk menentukan jenis struktur sesar dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

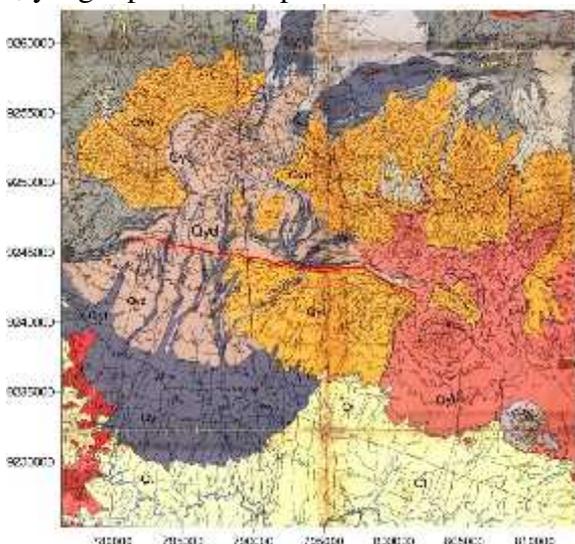
$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \text{ min} < \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \text{ maks} = \text{sesar turun} \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \text{ min} > \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \text{ maks} = \text{sesar naik} \quad (9)$$

Geologi Daerah Penelitian

Secara geologis, Sesar Lembang merupakan salah satu landmark yang paling menarik di dataran tinggi Bandung. Terletak di lereng selatan dari Gunung Tangkubanparahu dan merupakan ekspresi geomorfologi yang jelas dari neotektonik di cekungan Bandung^[1]. Secara morfologi Sesar Lembang diekspresikan berupa gawir sesar (*fault scarp*) dengan dinding gawir menghadap ke arah utara. Sesar Lembang yang terbentuk pada jaman kuartar pleistosen (sekitar 500.000 tahun yang lalu).

Sejarahnya jaman dulu gunung api raksasa Sunda meledak dan meruntuhkan tubuhnya. Kemudian menyisakan sedikit gunung api parasitnya. Akibat kekosongan penampung magmatis mengakibatkan batuan dari erupsi gunung api Sunda patah, patahan ini yang kemudian dikenal dengan Sesar Lembang. Sesar tersebut memanjang dari timur ke barat, dimana bagian timur mengalami penurunan lebih terlihat dibandingkan dengan bagian barat^[1], yang diperlihatkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta geologi lembar Bandung^[7]
(Silitonga, 2003)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran gayaberat di daerah sekitar Lembang dilakukan selama empat hari, terhitung sejak 15 September 2014 hingga 17 September 2014 dengan 28 titik stasiun pengukuran.

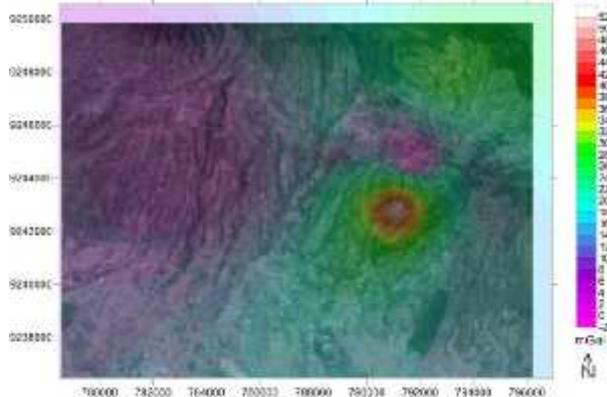
Data mentah hasil pengukuran selanjutnya dilakukan proses reduksi atau koreksi data. Tujuan dari dilakukannya koreksi data yaitu untuk menghilangkan faktor –faktor yang mempengaruhi besar nilai gayaberat di stasiun pengukuran. Nilai gayaberat yang terukur pada alat *gravimeter* tidak hanya berasal dari nilai gayaberat yang disebabkan oleh variasi densitas di bawah permukaan. Nilai tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya posisi lintang, elevasi, topografi daerah pengukuran dan juga pasang surut. Oleh karena itu perlu dilakukan proses untuk menghilangkan faktor-faktor lain yang mempengaruhi besar nilai gayaberat sehingga didapatkan nilai gayaberat yang hanya disebabkan oleh variasi densitas di bawah permukaan^[8]. Data yang telah dilakukan proses koreksi menghasilkan nilai anomali Bouguer lengkap, nilai ini yang kemudian nantinya digunakan sebagai data untuk proses pengolahan selanjutnya hingga interpretasi.

Berdasarkan peta topografi yang dilihat dengan citra satelit, perkiraan awal lokasi sesar Lembang dapat dilihat berdasarkan kenampakan bentang alam berupa adanya suatu struktur yang terbagi dua secara rapi dan memanjang. Hal ini berkaitan dengan sifat suatu struktur sesar yang memanjang, dinamis, membelah batuan dan senantiasa berkembang^[9] ditunjukkan pada **Gambar 2**.

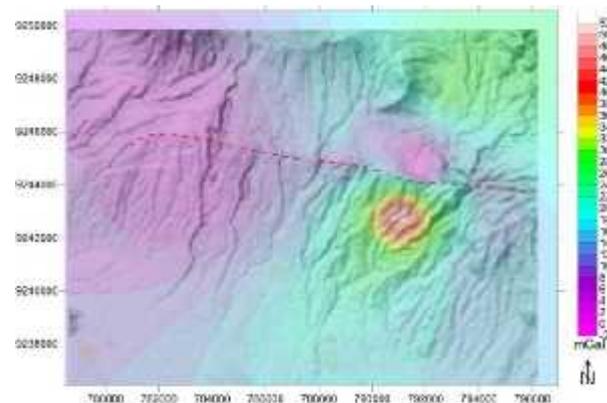


Gambar 2. Kontur topografi daerah penelitian

Nilai anomali Bouguer daerah penelitian berkisar antara -2 mGal hingga 52 mGal. Untuk mempermudah dalam melakukan interpretasi maka dilakukan overlay peta anomali Bouguer dengan peta topografi dan google earth yang ditunjukkan pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.



Gambar 3. Anomali Bouguer daerah penelitian pada Google Earth

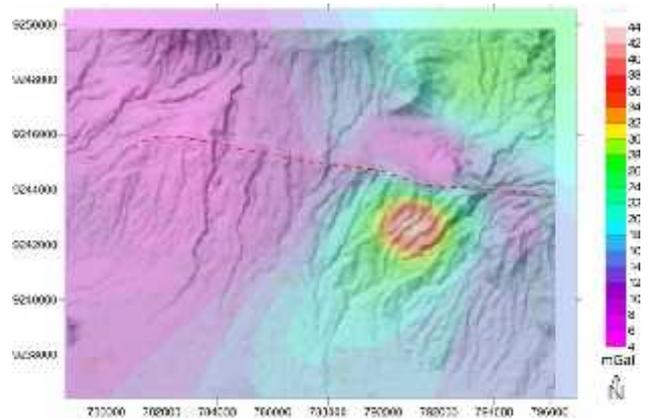


Gambar 4. Anomali Bouguer daerah penelitian pada topografi

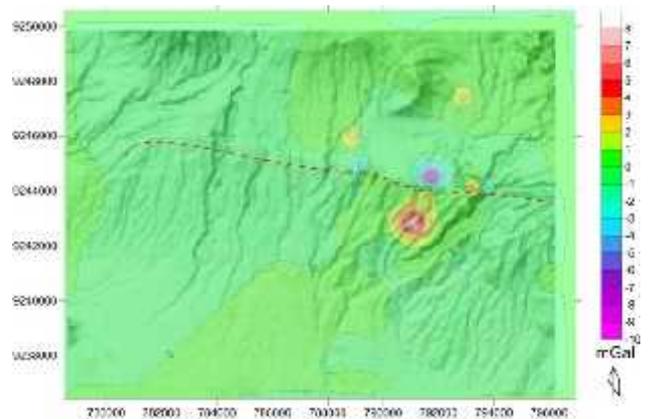
Berdasarkan hasil perhitungan metode Parasnis, didapatkan nilai densitas rata-rata batuan daerah penelitian sebesar 2,7 g/cc. Hasil tersebut sesuai dengan keterangan peta geologi daerah penelitian yang menyebutkan bahwa daerah sekitar sesar Lembang disusun oleh batuan beku hasil erupsi dua gunung api, yaitu Gunung Sunda dan Gunung Tangkubanparahu^[7]. Sebaran nilai anomali pada daerah penelitian digolongkan menjadi dua bagian, yaitu anomali Bouguer tinggi ditunjukkan oleh warna kuning hingga putih dengan nilai sekitar 30 mGal – 52 mGal dan anomali Bouguer rendah ditunjukkan oleh

warna ungu hingga putih dengan nilai sekitar -2 mGal hingga 28 mGal.

Nilai anomali Bouguer ini merupakan gabungan nilai antara anomali residual (dangkal) dan anomali regional (dalam), sehingga perlu dilakukan pemisahan pada kedua anomali tersebut. Tujuan dilakukannya pemisahan anomali yaitu untuk mengetahui sumber anomali dalam dan dangkal. Dalam penelitian ini digunakan pemisahan dengan menggunakan metode *moving average*. Proses ini dibantu dengan melakukan analisis spectral untuk mendapatkan bilangan gelombang cut off yang digunakan untuk menentukan lebar jendela pada proses *moving average*. Dari hasil pemisahan didapatkan peta anomali Bouguer regional dan residual yang ditunjukkan pada **Gambar 5** dan **Gambar 6**.



Gambar 5. Anomali Bouguer regional



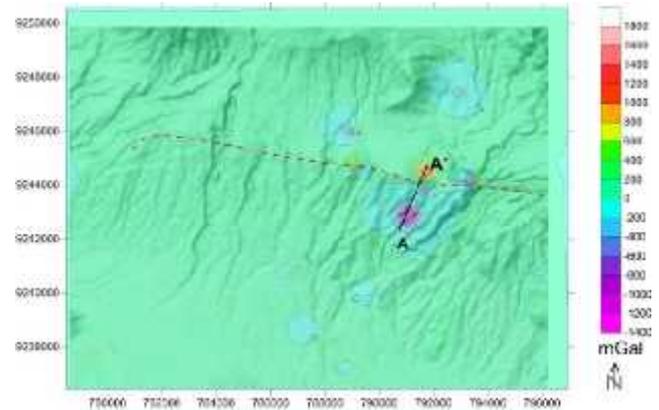
Gambar 6. Anomali Bouguer residual

Hasil anomali regional yang didapat tidak jauh berbeda dengan hasil anomali Bouguer, hal ini disebabkan penyebab efek

residualnya sangat dangkal sehingga efek anomali regional sangat dominan. Pada gambar kontur anomali residual dapat dilihat dan dibedakan secara jelas bahwa terjadi penurunan nilai Bouguer menjadi -10 mGal hingga 8 mGal dan juga terdapat berkurangnya variasi anomali. Sedikitnya variasi anomali disebabkan karena lokasi sesar yang telah diketahui berupa gawir (*fault scrap*) ditambah dengan kecenderungan topografi yang memperjelas bidang sesar^[8]. Pola yang diperlihatkan oleh kontur anomali Bouguer baik regional maupun residual menunjukkan adanya perbedaan nilai tinggi redah yang jelas pada bagian utara dan selatan daerah penelitian. Pola tersebut dipisahkan oleh suatu struktur kelurusan yang rapat berarah barat – timur yang merupakan lokasi sesar Lembang.

Analisis Second Vertical Gradient

Untuk memeperjelas lokasi dan mengetahui jenis sesar Lembang, maka digunakan analisis *second vertical gradient*. Pada prinsipnya analisis *second vertical gradient* merupakan salah satu metode pemisahan anomali. *Second vertical gradient* memiliki prinsip yang sama dengan metode pemisahan moving average yang mana dilakukan untuk memunculkan efek dangkal dari pengaruh regionalnya. pada analisis *second vertical gradient* anomali yang disebabkan oleh struktur geologi akan memiliki nilai mutlak maksimum dan nilai mutlak minimum serta dibatasi dengan nilai nol atau mendekati nol sebagai batas karakteristik geologi^[10].

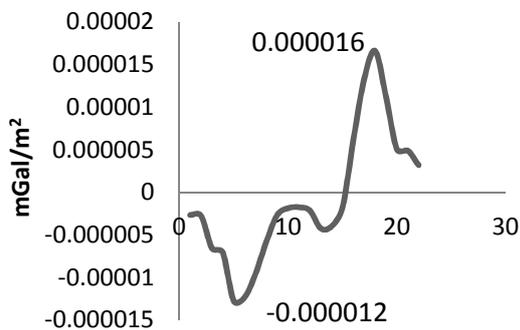


Gambar 7. Kontur hasil Second Vertical Gradient

Nilai nol yang ditunjukkan pada peta hasil *second vertical gradient* menunjukkan lokasi dimana sesar Lembang berada. Hasil tersebut besesuaian dengan peta anomali Bouguer lengkap (Gambar 4), peta anomali regional (Gambar 5) dan peta anomali residual (Gambar 6). Dapat dipastikan lokasi sesar Lembang tepat diantara dua nilai Bouguer minimum dan maksimum, hal ini sesuai dengan sifat anomali gayaberas yang disebabkan oleh sesar yaitu lokasi sesar berada diantara anomali gayaberas minimum dan maksimum^[11].

Dalam melakukan analisis jenis sesar pada daerah penelitian perlu dilakukan proses sayatan melintang pada hasil *second vertical gradient* yang terindikasi sebagai sesar. Hasil sayatan kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik untuk selanjutnya dilakukan analisis penentuan jenis sesar berdasarkan nilai yang didapatkan yang diunjukkan pada Gambar 7.

Penentuan penarikan penampang SVG daerah penelitian dibantu dengan data geologi daerah penelitian. Penarikan penampang dibuat memotong arah sesar dengan tujuan untuk mengetahui sebaran nilai *second vertical gradient* disekitar sesar. Hasil perhitungan *second vertical gradient* menunjukkan nilai $\text{second vertical gradient}_{\text{max}}$ lebih besar dari nilai $\text{second vertical gradient}_{\text{min}}$ yang berarti sesar pada daerah tersebut merupakan sesar turun (*normal fault*). Dimana bagian utara penelitian bergerak relative turun dibandingkan dengan bagian selatannya.



Gambar 8. Penampang SVG A-A'

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa letak Sesar Lembang berada diantara nilai anomali Bouguer rendah dan tinggi (-2 mGal – 52mGal) pada daerah penelitian, dimana anomali tinggi berada pada daerah selatan penelitian sedangkan anomali rendah berada pada daerah utara penelitian. Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode second vertical gradient, Sesar Lembang merupakan jenis sesar turun (*normal fault*) dengan trend bagian utara daerah penelitian yang mengalami penurunan. Hasil tersebut diperkuat oleh data anomali Bouguer daerah penelitian yang menunjukkan daerah utara penelitian memiliki nilai anomali yang rendah dibandingkan dengan nilai anomali pada daerah selatan penelitian. Nilai rendah tersebut menunjukkan adanya penurunan densitas yang disebabkan oleh penurunan lapisan permukaan.

Hasil penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa kronologi pembentukan Sesar Lembang diawali oleh letusan gunung api purba yang menyebabkan kekosongan ruang magma. Akibat kekosongan tersebut maka berlaku gaya gravitasi yang menyebabkan lapisan di atasnya mengalami penurunan sehingga terbentuk suatu struktur Sesar Lembang.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Brahmantyo, B. (2011). *Geologi Cekungan Bandung*. Bandung: Master Thesis ITB.

- [2]. Kertapati, E.K., 2006. *Aktivitas Gempabumi di Indonesia : Perspektif Regional Pada Karakteristik Gempabumi Merusak*. Bandung: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [3]. Hasanuddin Z. Abidin, dkk., 2009. *Crustal Deformation Studies in Java (Indonesia) Using GPS*. Journal of Earthquake and Tsunami Vol. 3 No. 2, pp.77-88.
- [4]. Hidayat, E. (2009). *Analisis Morfotektonik Sesar Lembang*. Bandung: ITB.
- [5]. Lestari, I., & Sarkowi, M. (2013). *Analisis Struktur Patahan Daerah Panas Bumi Lahendong Tompaso Sulawesi Utara Berdasarkan Data Second Vertical Gradient (SVD) Anomali Gaya Berat*. Seminar Nasional Sains & Teknologi Nasional Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Lampung.
- [6]. Sarkowi, M. (2014). *Eksplorasi Gaya Berat*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [7]. Silitonga, P. (2003). *Peta Geologi Lembar Bandung*. Bandung: Pusat Survey Geologi .
- [8]. Julius, A.M., 2014. *Perbandingan Metode Turunan Kedua Vertikal Dengan Data Gempabumi Historis Untuk Identifikasi Langsung Posisi dan Struktur Sesar Metano*. Seminar Sehari-Hari Meteorologi Dunia Ke-64. Jakarta, 2014. BMKG Wilayah 2 Ciputat.
- [9]. Torkis, R. (2012). *Analisa dan Permodelan Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Metode Gayaberat di Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Lawu*. Depok: FMIPA UI.
- [10]. Chumairoh, D. A., Susilo, A., & Wardhana, D. D. (2014). *Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan data Gayaberat di Daerah Koto Tangah, Kota Padang, Sumatera Barat*. Physics Student Journal Brawijaya University.
- [11]. Dwiyanto, M. I., & Setiawan, A. (2011). *Pemodelan Anomali Gravitasi Sesar Dengan Pendekatan Model Sheet*. Berkala Fisika, 129-134.