

INTERPRETASI STRUKTUR GEOLOGI PADA AREA GEOPARK CILETUH DENGAN ANALISIS DERIVATIF DATA GAYABERAT GGMPLUS

INTERPRETATION OF GEOLOGICAL STRUCTURE IN GEOPARK CILETUH AREA WITH DERIVATIVE ANALYSIS OF GGMPLUS GRAVITY DATA

Adib Ihsan Panggabean^{1*}, Iskandarsyah¹, William Jhanesta¹

¹Program Studi Geofisika, Departemen Geosains, Universitas Indonesia

²enerGIS Indonesia, Beji, Depok, Indonesia

Received: 2021, August 29th

Accepted: 2021, October 31th

Keywords:

Derivative;

Geopark Ciletuh;

Gravity;

Structure.

Correspondent Email:

adib.ihsan@ui.ac.id

How to cite this article:

Panggabean, A.I.,
Iskandarsyah, & Jhanesta, W.
(2021). Interpretasi Struktur
Geologi pada Area Geopark
Ciletuh dengan Analisis
Derivatif Data Gayaberat

Abstrak. *Geopark Ciletuh terletak di Kecamatan Ciemas sebelah barat Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat, Indonesia. Pada Geopark Ciletuh terdapat adanya batuan Pra-Tersier yang tersingkap di permukaan dan juga terdapat berbagai macam struktur yang terbentuk akibat terjadinya pergerakan tektonik di sebelah barat daya Geopark Ciletuh. Penelitian ini dilakukan bertujuan mendelineasi struktur pada Geopark Ciletuh yang timbul oleh adanya perbedaan densitas dengan metode gaya berat. Pada penelitian ini digunakan analisis derivatif *first horizontal derivative* (FHD) untuk mengetahui keberadaan struktur dan *second vertical derivative* (SVD) untuk menentukan jenis patahan. Pada penelitian ini juga dilakukan *dip estimation* dengan metode *multi-level second vertical derivative* (ML-SVD). Setelah didapatkan data FHD, SVD, dan ML-SVD selanjutnya diintegrasikan dengan data *geological section* dari peta geologi Lembar Jampang Balekambang untuk dibuat penampang geologi. Interpretasi dugaan patahan memiliki arah orientasi NW-SE dan NE-SW. Hasil penelitian menunjukkan adanya indikasi dugaan patahan naik dan patahan turun. Pada analisis terpadu, didapatkan adanya kesesuaian maupun ketidaksesuaian antara data peta geologi dengan data geofisika.*

Abstract. Ciletuh Geopark is located in Ciemas District, west of Sukabumi Regency, West Java, Indonesia. In Ciletuh Geopark, there are Pre-Tertiary rocks exposed on the surface. There are also various kinds of structures formed due to tectonic movements in the southwest of Ciletuh Geopark. This research was conducted to delineate the existing structures in the Ciletuh Geopark, using the gravity method to map the gravitational anomaly caused by differences in

GGMplus. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 07(03), 226-237.

© 2021 JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi). This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

density. In this study, the first horizontal derivative (FHD) analysis was used to determine the existence of the structure and the second vertical derivative (SVD) to determine the type of fault. Dip estimation was also carried out using the multi-level second vertical derivative (ML-SVD) method in this study. After obtaining FHD, SVD, and ML-SVD data, it was then integrated with geological section data from the geological map of the Jampang Balekambang Sheet for making geological cross-sections. Interpretation of the alleged fault has an orientation of NW-SE and NE-SW. The results of the study show that there are indications of suspected ascending and descending faults. In the integrated analysis, it is found that there is a match or discrepancy between the geological map data and the geophysical data.

1. PENDAHULUAN

Sukamto (1975) melakukan pemetaan geologi pada daerah Jampang dan Balekambang termasuk di dalamnya kawasan *Geopark* Ciletuh. Berdasarkan peta geologi yang dibuat Sukamto, terbukti bahwa terdapat adanya batuan Pra-Tersier yang tersingkap di permukaan sebelah barat kawasan *Geopark* Ciletuh dan terdapat adanya sebuah landscape dataran tinggi yang memanjang dan menghadap ke arah laut. Pada peta geologi oleh Sukamto, terdapat adanya beberapa patahan dengan berbagai macam karakteristik yang terbentuk akibat terjadinya pergerakan tektonik di sebelah barat daya *Geopark* Ciletuh.

Pada wilayah penelitian sebelumnya belum pernah dilakukan adanya survei metode geofisika. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk mendelineasi struktur yaitu dengan metode gayaberat. Metode gayaberat merupakan survei awal yang memiliki kelebihan memberi informasi terkait kontras densitas batuan dan struktur geologi dengan cukup detail (Hidayat & Basid, 2011). Data anomali residual gayaberat selanjutnya digunakan untuk memetakan dan mendelineasi keberadaan struktur dengan dilakukan metode *first horizontal derivative* (FHD) dan *second vertical derivative* (SVD). Nilai FHD dapat digunakan untuk menunjukkan keberadaan patahan. Sedangkan SVD digunakan untuk menimbulkan efek

dangkal agar dapat terdeteksi jenis struktur patahan (Wachidah & Minarto, 2018).

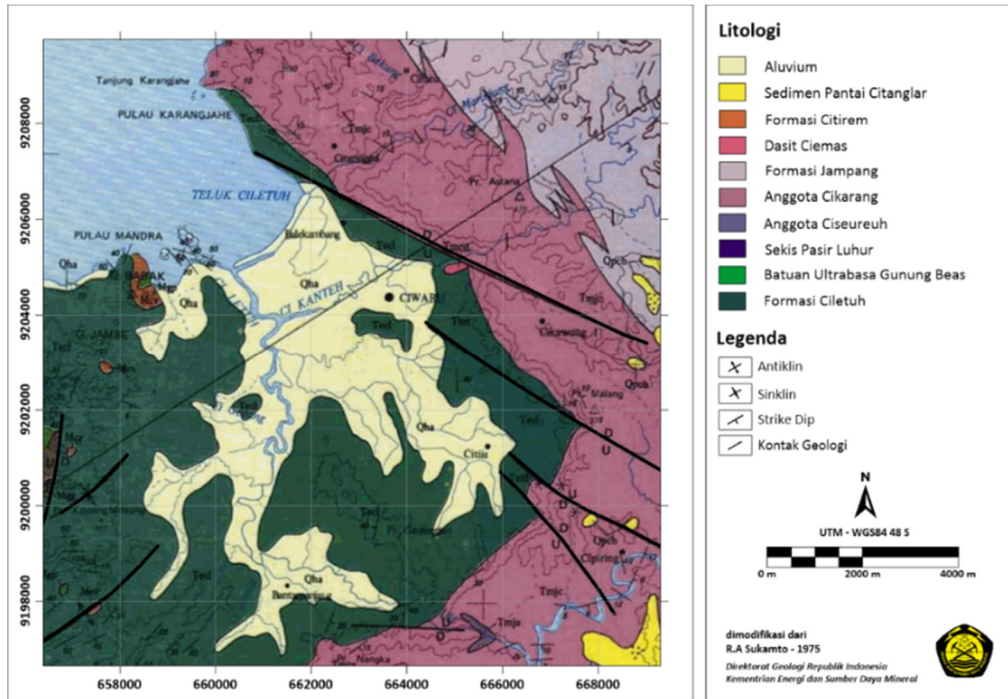
2. TINJAUAN PUSTAKA

Kawasan *Geopark* Ciletuh berdasarkan data administratif berada di Kecamatan Ciemas, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. Pada Gambar 1 kawasan *Geopark* Ciletuh terletak pada Peta Geologi Lembar Jampang dan Balekambang. Secara geomorfologi, *Geopark* Ciletuh terletak pada kompleks Teluk Ciletuh yang berada di zona Pegunungan Selatan Jawa morfologi pegunungan yang memiliki ketinggian bervariasi (Rosana dkk., 2006) dengan keunikan terdapatnya singkapan kelompok batuan berumur Pra-Tersier hingga Pra-Eosen tengah yang menjadi salah satu daerah tertua di Pulau Jawa (Sarmili & Setiady, 2015). Keunikan lain pada lokasi ini yaitu terdapatnya lembah yang menyerupai amfiteater dengan bentuk tapal kuda yang di dalamnya terdapat seluruh singkapan batuan (Andriany dkk., 2016).

Geopark Ciletuh berdasarkan karakteristik di lapangan dapat dibedakan menurut bentukan asal menjadi tiga, yaitu morfologi bentukan asal fluvial, bentukan asal struktur, dan bentukan asal laut (Rosana dkk., 2006). Morfologi bentukan asal fluvial memiliki bentang alam berupa dataran aluvial, morfologi bentukan asal struktur dicirikan dengan bentang alam perbukitan berpuncak meruncing dan membundar, dan morfologi

bentukan asal pasir dicirikan dengan bentang alam lahan pasir yang memiliki luas wilayah

sekitar 10% dari kawasan *Geopark* Ciletuh (Rosana dkk., 2006).



Gambar 1. Peta Geologi Kawasan Ciletuh modifikasi dari Sukanto (1975).

3. METODE PENELITIAN

3.1. First Horizontal Derivative

Turunan pertama horizontal atau FHD biasa disebut juga sebagai gradien horizontal. FHD adalah nilai laju perubahan gayaberat dalam arah horizontal dengan satuan mgal/km. Anomali gayaberat mengalami perubahan gradien horizontal terbesar terjadi ketika benda tabular cenderung berada di ujung-ujung bodi batuan (Blakely, 1995). Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa perubahan anomali yang cenderung signifikan menandakan adanya batas struktur geologi dengan nilai FHD dengan titik puncak maksimum dari kurva (Rosid & Siregar, 2017). Nilai FHD diperoleh dengan persamaan (Blakely, 1995):

$$FHD = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad (1)$$

Dimana, $\frac{\partial g}{\partial x}$ dan $\frac{\partial g}{\partial y}$ adalah turunan pertama dari anomali gayaberat pada arah x dan y.

3.2. Second Vertical Derivative

Terdapat sebuah masalah yang inheren ketika melakukan interpretasi pada peta Anomali Bouguer tidak cukup mampu memisahkan efek struktur pada kedalaman dangkal dengan kedalaman yang dalam. Dihapusnya efek regional pada data anomali Bouguer memberikan hasil residual tidak spesifik dan tidak pasti. Oleh karena itu, dibutuhkan turunan vertikal kedua atau *second vertical derivative* untuk memberikan efek yang lebih spesifik (Reynolds, 1997).

Second vertical derivative (SVD) digunakan sebagai *high pass filter* yaitu mengabaikan anomali di posisi lebih dalam dengan meningkatkan efek yang berada dekat dengan permukaan. Maka, hasil diperoleh akan berasosiasi terhadap struktur dangkal (Fitriani

dkk., 2020). SVD bisa didapatkan melalui penurunan horizontal dikarenakan medan gayaberat mencukupi persamaan Laplace, ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

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

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = -\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2}\right) \quad (3)$$

Dimana, $\frac{\partial^2 g}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 g}{\partial y^2}$, dan $\frac{\partial^2 g}{\partial z^2}$ adalah turunan kedua dari anomali gayaberat pada arah x, y, dan z.

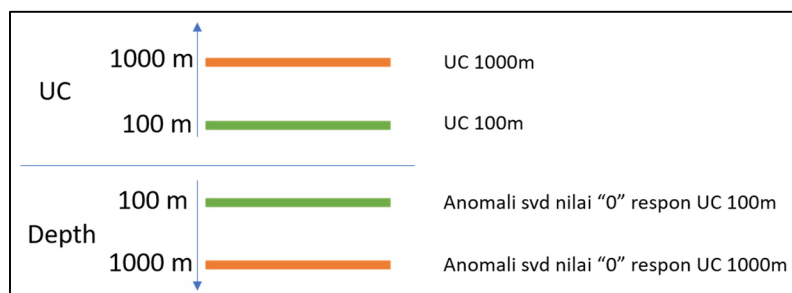
Hasil perhitungan SVD dapat berfungsi mengidentifikasi terkait dengan jenis patahan (Sriyanto & Ifantyana, 2016 dalam Fitriani dkk., 2020). Dalam persamaan (4) dan (5) seperti berikut (Kearey dkk., 2002):

$$\left(\frac{\partial^2 g}{\partial z^2}\right)_{\max} > \left(\frac{\partial^2 g}{\partial z^2}\right)_{\min} \text{ patahan normal} \quad (4)$$

$$\left(\frac{\partial^2 g}{\partial z^2}\right)_{\max} < \left(\frac{\partial^2 g}{\partial z^2}\right)_{\min} \text{ patahan naik} \quad (5)$$

3.3. Multi-Level Second Vertical Derivative

ML-SVD merupakan suatu teknik atau metode SVD yang diperoleh dari data anomali gayaberat yang telah dilakukan proses *upward continuation* sebanyak-n (Rosid & Jaidi, 2020). Dalam penelitian ini, yang dilakukan proses *upward continuation* adalah data residual gayaberat yang kemudian dilakukan proses SVD. Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2 nantinya akan didapatkan respon SVD nilai "0" yang berasal dari anomali gayaberat yang tidak dilakukan UC dan juga didapatkan respon SVD nilai "0" yang berasal dari anomali gayaberat yang telah dilakukan UC dimulai dari 0-2000 meter dengan interval 200 meter. Nilai diperoleh dengan menghitung *arctan* dari nilai gradien hasil persamaan regresi linier antara *fault location* yang mengindikasikan SVD nilai "0" dan UC level (Jhanesta & Supriyanto, 2021).



Gambar 2. Konsep *Upward Continuation* (Rosid & Jaidi, 2020).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data densitas parasnis, lokasi penelitian memiliki densitas rata-rata batuan bawah permukaan sebesar 2,59 g/cm³. Perhitungan nilai densitas memiliki kesesuaian dengan litologi batuan lokasi penelitian yang didominasi oleh breksi polimik dengan komponen batuan *melange* dan batuan ofiolit serta batuan andesit dan juga terdapat adanya batuan sedimen (Andriany dkk., 2016).

4.1. Complete Bouguer Anomaly

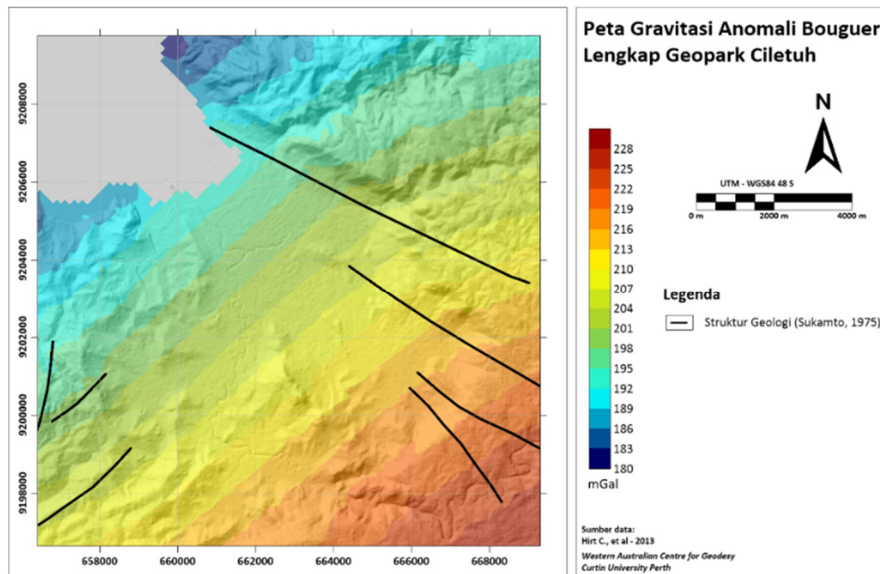
Dihasilkan peta Anomali Bouguer Lengkap (CBA) seperti pada Gambar 3 dengan rentang nilai anomali gayaberat antara 180–228 mGal. Terlihat nilai anomali gayaberat yang tertinggi berada pada bagian tenggara dikarenakan daerah tersebut relatif lebih jauh dari laut. Sedangkan daerah dengan anomali rendah berada pada bagian barat laut dikarenakan

daerah ini didominasi oleh adanya aluvium dan berada dekat dengan garis pantai dengan diduga adanya intrusi air laut.

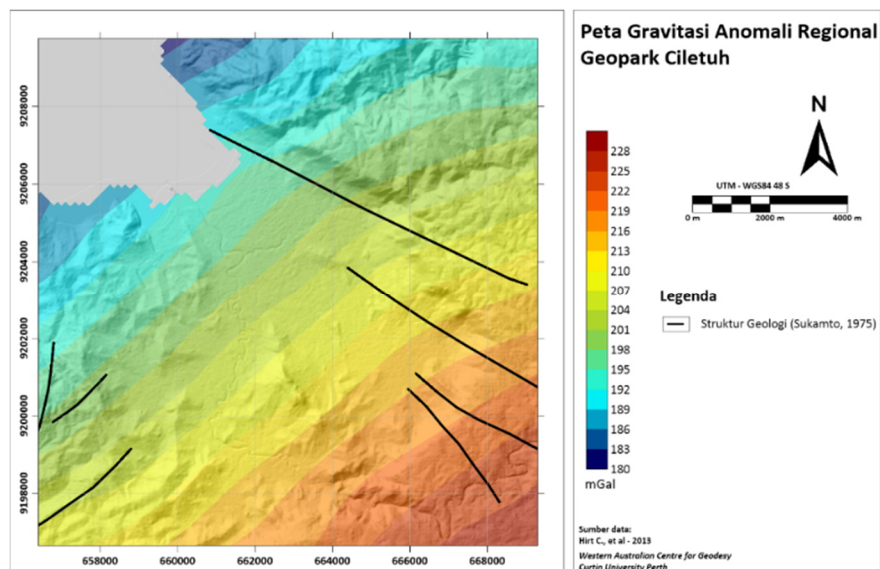
4.2. Anomali Regional dan Residual

Pada Gambar 4 anomali regional memiliki rentang nilai yang berkisar 180-228 mGal. Arah orientasi struktur yang ditunjukkan oleh

peta anomali regional menunjukkan adanya kesesuaian dengan arah orientasi W-E dan NE-SW yang mengikuti pola Meratus (Hilmi & Haryanto, 2008). Pada Gambar 5, anomali residual memiliki tiga pola anomali yaitu tinggi (0,3 hingga 1,7 mGal), sedang (-0,3 hingga 0,3 mGal), dan rendah (-1,3 hingga -0,3 mGal).



Gambar 3. Peta Gayaberat Anomali Bouguer Lengkap.



Gambar 4. Peta Gayaberat Anomali Bouguer Regional.

4.3. Analisis FHD dan SVD

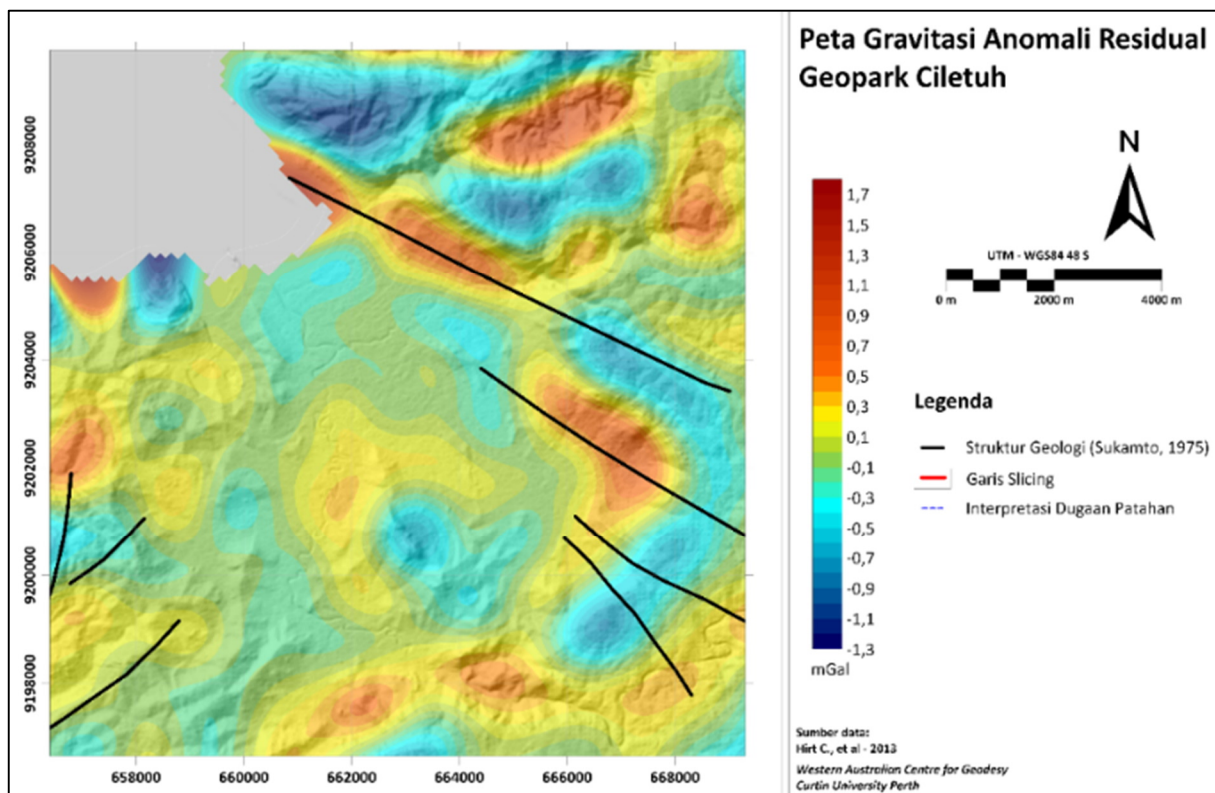
Pada Gambar 6 peta gayaberat anomali FHD dan SVD, dilakukan penarikan

interpretasi dugaan adanya struktur patahan sebanyak sepuluh garis yang diberi nama F1–F10. Penarikan interpretasi ini dilakukan

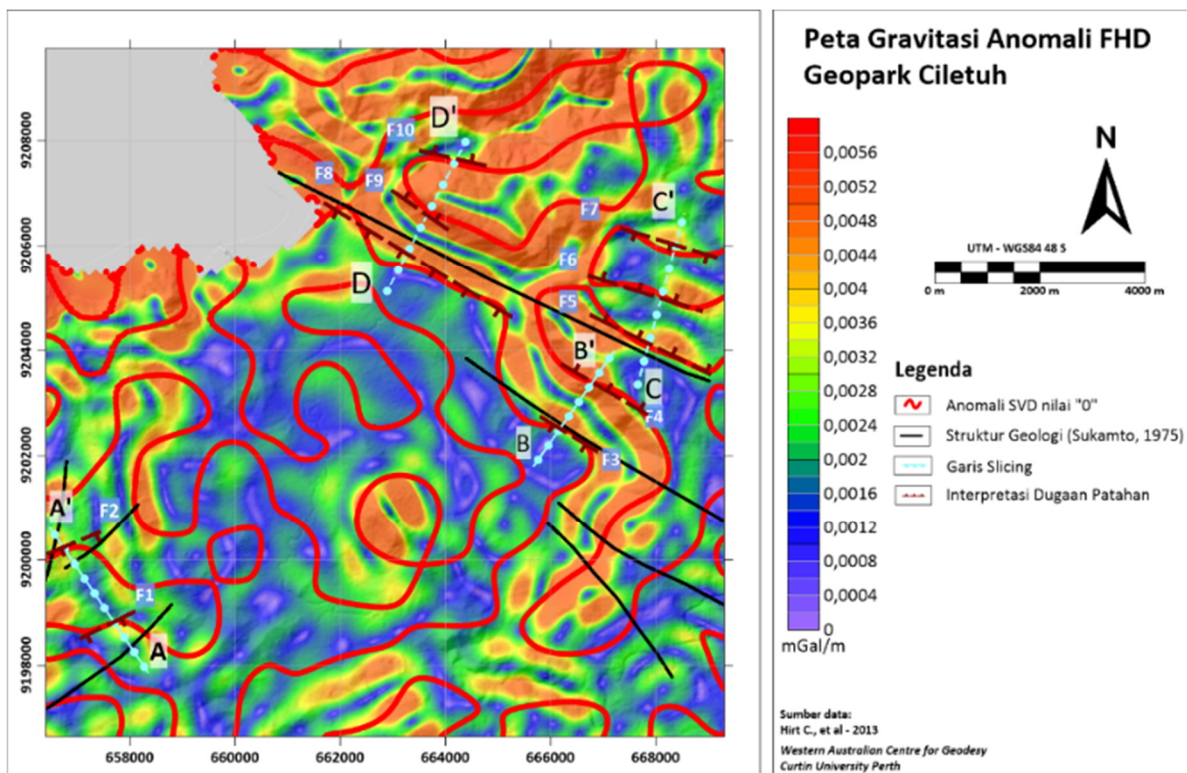
sesuai dengan struktur patahan yang terdapat pada permukaan Peta Geologi Lembar Jampang Balekambang yang dibuat oleh Sukamto (1975) dan dikorelasikan dengan peta gayaberat anomali FHD dan SVD. Pada peta terdapat juga *slicing line* yang diberi nama *line A-A'*, *line B-B'*, *line C-C'*, dan *line D-D'* dengan tujuan untuk mengetahui kebenaran adanya struktur patahan dan jenis patahan. Berdasarkan analisis diagram Rosset pada Gambar 7 yang didapatkan dari data geologi dan data geofisika, didapatkan arah orientasi sebaran orientasi strike struktur yang berada di area penelitian. Kedua diagram menunjukkan orientasi struktur dominan berarah yang sama yaitu NW-SE.

Data anomali FHD maksimum pada

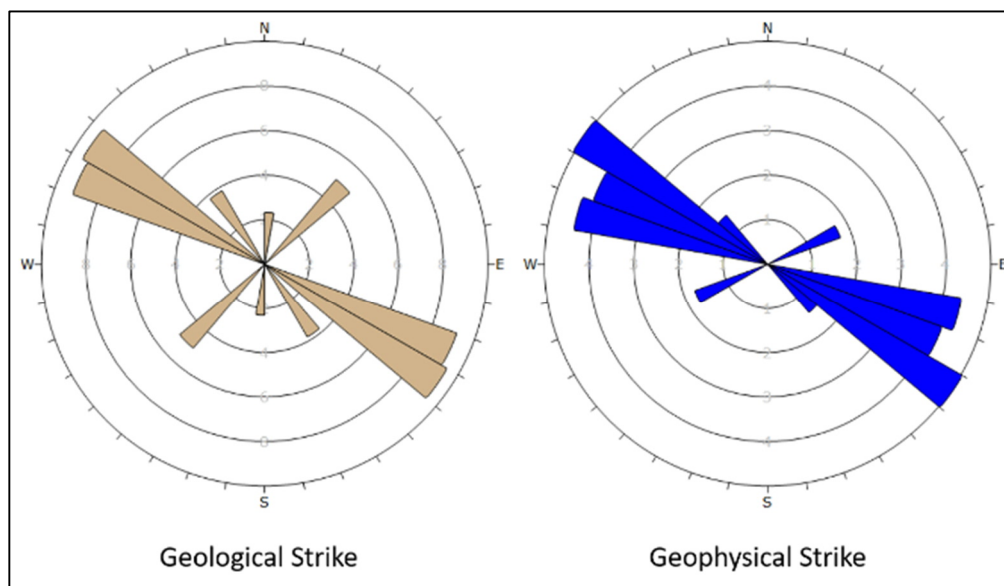
Gambar 8 bertujuan untuk menentukan adanya batas objek geologi berupa patahan dan lipatan pada umumnya, yang ditandai dari keterdapatannya nilai anomali lebih tinggi dari sekitar pada area. Di sisi lain, anomali SVD nilai nol dapat dimanfaatkan untuk mengonfirmasi keberadaan objek berupa struktur patahan atau lipatan serta menentukan arah pergerakan dari patahan tersebut (Fitriastuti dkk., 2019). Pada Gambar 8 *line A-A'* memotong dugaan adanya struktur patahan F1 dan F2, *line B-B'* memotong dugaan adanya struktur patahan F3 dan F4, *line C-C'* memotong dugaan adanya struktur patahan F5, F6, dan F7, dan *line D-D'* memotong dugaan adanya struktur patahan F8, F9, dan F10.



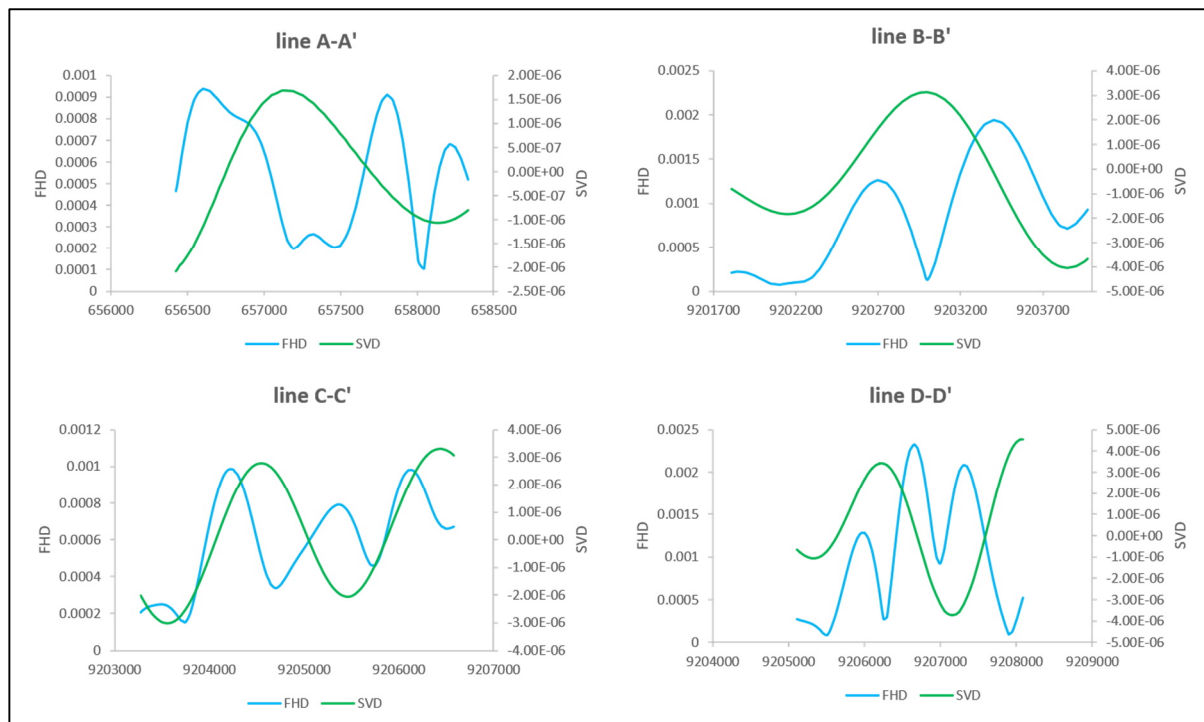
Gambar 5. Peta Gayaberat Anomali Bouguer Residual.



Gambar 6. Peta Gayaberat Anomali FHD.



Gambar 7. Diagram Rosset Arah *Geological* dan *Geophysical Strike* Struktur Pada Geopark Ciletuh dengan masing-masing data berjumlah 10 data.



Gambar 8. Kurva FVD (biru) dan SVD (hijau) dari Setiap Line.

4.4. Analisis ML-SVD

Berdasarkan Gambar 9, dapat dilihat pada wilayah penelitian memiliki variasi arah dip yang bermacam-macam dan terlihat juga berbagai macam dugaan adanya struktur (patahan atau lipatan). Akan tetapi, penelitian ini hanya berfokus pada *slicing line* A-A' hingga D-D' yang di dalamnya terdapat adanya interpretasi dugaan patahan mulai dari F1 hingga F10. Dugaan patahan F1 dan F2 memiliki arah dip SE. Untuk dugaan patahan F3, F7, dan F8 memiliki arah dip SW. Sedangkan untuk dugaan patahan F4, F5, F6, F9, dan F10 memiliki arah dip NE.

Respon SVD nilai nol dijadikan acuan karena mengindikasikan batas dari *fault location* dari patahan yang terdeteksi pada ML-SVD (Rosid & Jaidi, 2020). Analisis ini berguna untuk membantu dalam mengurangi *uncertainty* dan meng-*update geological cross section* pada Peta Geologi Lembar Jampang Balekambang yang dibuat oleh Sukamto (1975) yang dirangkum pada Tabel 1.

4.5. Analisis Terpadu

Menurut Sukamto (1975), terdapat tujuh struktur geologi dalam wilayah penelitian yang berupa patahan dan berupa struktur antiklin dan sinklin. Area fokus penelitian ditandai dengan adanya interpretasi dugaan patahan F1 hingga F10 berdasarkan analisis data peta geologi Lembar Jampang Balekambang, data DEM, dan interpretasi patahan gayaberat dengan metode SVD, FHD, dan ML-SVD. Kemudian dibuat sebuah model tentatif geologi dari data-data tersebut. Dengan memanfaatkan analisis FHD untuk menentukan keberadaan patahan dan SVD mengonfirmasi jenis patahan, sedangkan ML-SVD untuk melihat arah dip dan mengestimasi dip dari setiap patahan kemudian peta Geologi Lembar Jampang Balekambang oleh Sukamto (1975) digunakan untuk mengonfirmasi letak struktur, stratigrafi formasi, penamaan formasi dan menggunakan geological crosssection pada peta geologi untuk melihat batas kedalaman formasi batuan serta data DEM

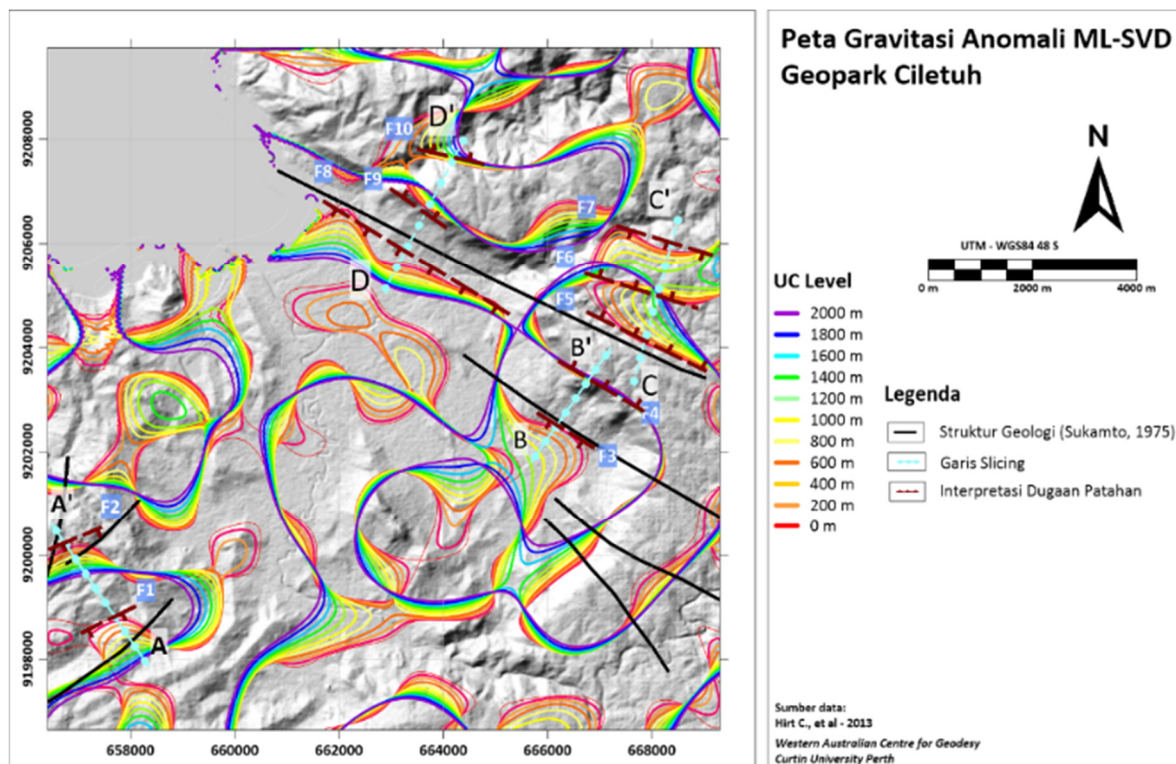
untuk melihat topografi permukaan dari tiap *slicing line*.

Berdasarkan Gambar 10, dapat dilihat visualisasi dari kolaborasi data. Pada *line A-A'* terdapat adanya Formasi Ciletuh dengan sebuah struktur berupa antiklin dan sinklin (Sukanto, 1975). Akan tetapi, setelah dilakukan integrasi dengan data gayabarat, terlihat adanya sebuah patahan yang berada dekat dengan struktur antiklin dan sinklin yaitu berupa patahan normal pada F1 dan patahan naik pada F2. Patahan memiliki arah jurus NE-SW sesuai dengan pola Meratus (Hilmi & Haryanto, 2008). Zona di antara F1 dan F2 diduga merupakan adanya keterbentukan *horst*, dikarenakan pada wilayah tersebut memiliki mekanisme pergerakan ke atas. Bila dikaitkan secara geologi, wilayah ini pernah terjadi pengangkatan dan dilanjutkan dengan erosi. Hal ini dapat terlihat pada bagian atas formasi tidak menunjukkan adanya ketinggian yang signifikan yang disebabkan oleh keterbentukan *horst* dikarenakan adanya proses erosi (Hilmi & Haryanto, 2008).

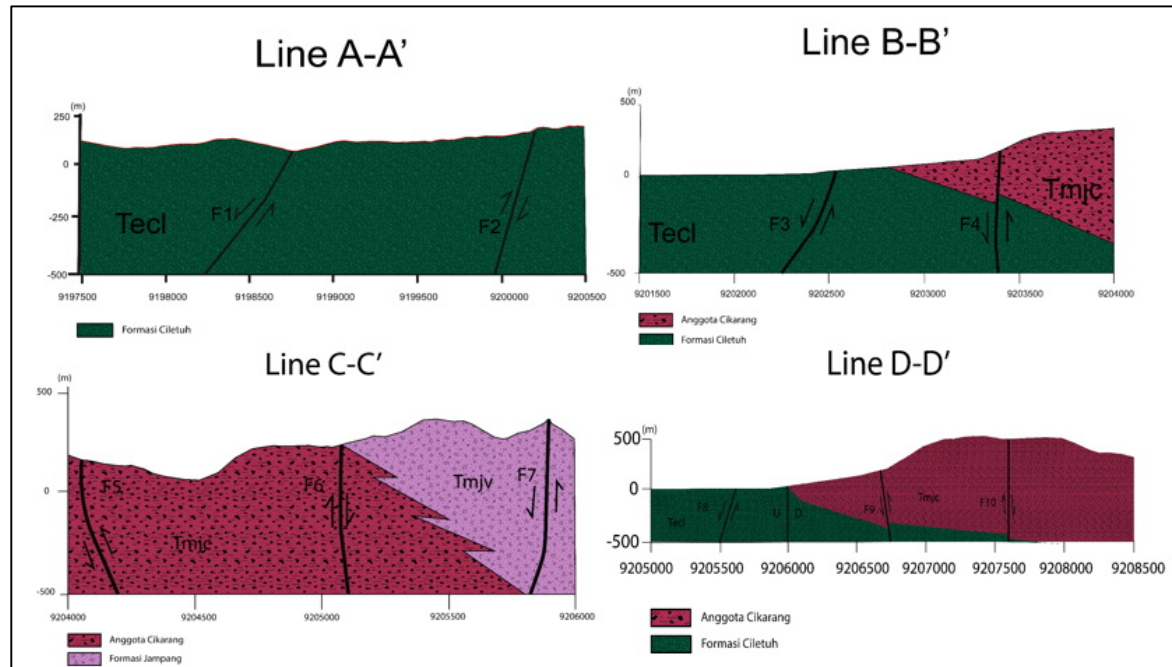
Berdasarkan Gambar 10, dapat dilihat visualisasi integrasi data geologi dan gayabarat *line B-B'*, *C-C'*, dan *D-D'* terdapat adanya

Formasi Ciletuh yang berumur relatif lebih tua yaitu pada masa eosen dengan Anggota Cikarang yang berumur miosen awal yang juga terdapat struktur berupa patahan (Sukanto, 1975), Anggota Cikarang dan Formasi Jampang yang berdasarkan stratigrafi memiliki umur relatif yang sama yaitu pada masa miosen awal dengan terdapat adanya sebuah struktur berupa patahan, dan terdapat adanya Formasi Ciletuh yang berdasarkan stratigrafi berumur relatif lebih tua yaitu pada masa Eosen dengan Anggota Cikarang yang berumur miosen awal dengan terdapat adanya sebuah struktur berupa patahan (Sukanto, 1975).

Pada *line B-B'*, diduga terdapat patahan F3 dan F4 dengan pergerakan normal dan naik secara berurutan. Pada *line C-C'*, diinterpretasikan terdapat tiga dugaan patahan, yaitu F5, F6, dan F7, sedangkan pada *line D-D'* diduga juga memiliki tiga patahan, yaitu F8, F9, dan F10. Kedelapan patahan ini memiliki pola jurus yang bersesuaian dengan pola Sumatra (NW-SE). Hal ini sesuai dengan data geologi pada periode Plio-Plistosen terjadi tektonik kompresi yang menghasilkan Pola Sumatra (Hilmi & Haryanto, 2008).



Gambar 9. Peta Gayaberat Anomali ML-SVD Geopark Ciletuh.



Gambar 10. Model konseptual line A-A', line B-B', line C-C', dan line D-D'.

Tabel 1. Lokasi, karakterisasi patahan berdasarkan analisis ML-SVD dan SVD. Penentuan nilai *dip* dari masing-masing patahan dilakukan dengan menghitung nilai arctan dari gradien (M).

UC	Line AA'		Line BB'		Line CC'		Line DD'			
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
0	9198800	9200200	9202525	9203390	9204090	9205065	9205875	9205650	9206690	9207590
-200	9198750	9200150	9202465	9203385	9204120	9205070	9205865	9205590	9206710	9207590
-400	9198660	9200090	9202395	9203380	9204165	9205090	9205835	9205540	9206733	9207590
-600	9198550	9200050	9202300	9203380	9204230	9205100	9205800	9205485	9206760	9207590
-800	9198450	9200000	9202170	9203380	9204320	9205110	9205745	9205433	9206790	9207600
-1000	9198300	9199900	9202000	9203385	9204430	9205130	9205650	9205380	9206822	9207615
-1200	9198225	9199850	9201800	9203390	9204610	9205175	9205480	9205345	9206845	9207645
-1400	9198150	9199800		9203400				9205305	9206880	9207685
-1600	9198100	9199750		9203410				9205265	9206910	9207740
-1800	9198050	9199700		9203420				9205235	9206940	9207820
-2000	9198000	9199650		9203435				9205210	9206945	9207910
Dip										
Direction	SE	SE	SW	NE	NE	NE	SW	SW	NE	NE
M	2,2668	3,5205	1,6029	29,786	2,2194	10,903	2,8066	4,4405	7,2428	5,3697
Dip	66,20	74,14	58,04	88,08	65,74	84,76	70,34	77,31	82,14	79,45
	Max >	Max <	Max >	Max <	Max <	Max >	Max >	Max >	Max <	Max >
$[\delta^2g/\delta z^2]$	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Min
Fault Type	Normal	Reverse	Normal	Reverse	Reverse	Normal	Normal	Normal	Reverse	Normal

5. KESIMPULAN

Berdasarkan data gayaberat, setidaknya didapatkan sepuluh interpretasi dugaan patahan. Di mana F1, F3, F6, F7, F8, dan F10 mempunyai tipe patahan normal, sedangkan patahan F2, F4, F5, dan F9 dengan tipe patahan naik.

Kemudian arah *strike* yang didapatkan dari data gayaberat memiliki kesamaan dengan arah jurus yang ditampilkan pada peta geologi Jampang Balekembang.

Kemudian pada *line* A-A' ditemukan sebuah patahan baru dari data gayaberat GGMplus yang lokasinya berada dekat dengan struktur antiklin dan sinklin yang ditampilkan pada peta geologi.

Pada *line* B-B' ditemukan mekanisme pergerakan yang tidak sama diantara patahan yang berhimpitan yang di dapatkan dari data

gayaberat GGMplus dengan yang ditampilkan pada peta geologi.

Pada *line* C-C' dan D-D' ditemukan mekanisme pergerakan yang memiliki kesesuaian antara patahan yang berdekatan yang didapatkan dari data gayaberat GGMplus dengan yang ditampilkan pada peta geologi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak A. Hafidz, M.T dan Bapak Gamma Abdul Jabbar, M.Sc. yang telah memberi kritik dan masukan terhadap hasil penelitian ini sehingga menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Andriany, S. S., Fatimah, M. R., & Hardiyono, A. (2016). Geowisata *Geopark* Ciletuh: Geotrek Mengelilingi Keindahan Mega Amfiteater Ciletuh (the Magical of Ciletuh Amphitheater). *Bulletin of Scientific Contribution*, 14(1), 75–88.

- Blakely, R. J. (1995). *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511549816>
- Fitriani, D. S., Putri, S. N. A., & Fauzan, I. (2020). Metode Gravitasi Untuk Identifikasi Sesar Weluki Dengan Analisis First Horizontal Derivative Dan Second Vertical Derivative. *Prosiding Seminar Nasional Fisika, IX*, 53–60.
- Fitriastuti, A., Aristo, & Putri, F. F. (2019). Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Gaya Berat Analisis First Horizontal Derivative (FHD) dan Second Vertical derivative (SVD), Guna Upaya Mitigasi Bencana Gempabumi di Kabupaten Wonosobo, Provinsi Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-12*, 604–614.
- Hidayat, N., & Basid, A. (2011). Analisis Anomali Gravitasi Sebagai Acuan Dalam Penentuan Struktur Geologi Bawah Permukaan Dan Potensi Geothermal (Studi Kasus Di Daerah Songgoriti Kota Batu). *Jurnal Neutrino*, 4(10), 35–47.
- Hilmi, F., & Haryanto, I. (2008). Pola Struktur Regional Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution*, 6(1), 57–66.
- Jhanesta, W., & Supriyanto. (2021). Application of Multi-Level Second Vertical Derivative (ML-SVD) Method to Identify Subsurface Structure in Mount Endut Geothermal Prospect Area, Indonesia. *The 2nd Digital Indonesia International Geothermal Convention 2021*.
- Kearey, P., Brooks, M., & Hill, I. (2002). *An Introduction to Geophysical Exploration 3rd Edition*. Blackwell Publishing.
- Reynolds, J. M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley and Sons.
- Rosana, M. F., Mardiana, U., Syafri, I., Sulaksana, N., & Haryanto, I. (2006). *Geologi Kawasan Ciletuh, Sukabumi : Karakteristik, Keunikan dan Implikasinya*.
- Rosid, M. S., & Jaidi, F. (2020). Identification of Geological Structure in Bekasi City Using MS-SVD Method Gravity Data. *AIP Conference Proceedings*, 2256(September).
- Rosid, M. S., & Siregar, H. (2017). Determining Fault Structure Using First Horizontal Derivative (FHD) and Horizontal Vertical Diagonal Maxima (HVD) Method: A Comparative Study. *AIP Conference Proceedings*, 1862(July).
- Sarmili, L., & Setiady, D. (2015). Pembentukan Prisma Akresi Di Teluk Ciletuh Kaitannya Dengan Sesar Cimandiri, Jawa Barat. *Jurnal Geologi Kelautan*, 13(3), 173.
- Sriyanto, S. P. D., & Ifantiana, I. (2016). Identifikasi Patahan Mikro Penyebab Gempa Bumi Tarakan 21 Desember 2015. *Prosiding Seminar Nasional Fisika, V, SNF2016-EPA-79-SNF2016-EPA-84*.
- Sukanto, R. (1975). *Geologi Lembar Jampang dan Balekambang, Skala 1:100.000*. Direktorat Geologi Bandung.
- Wachidah, N., & Minarto, E. (2018). Identifikasi Struktur Lapisan Bawah Permukaan Daerah Potensial Mineral dengan Menggunakan Metode Gravitasi di Lapangan "A", Pongkor, Jawa Barat. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(1), 32–37.