

# Identifikasi Sebaran dan Jenis Sesar Berdasarkan Analisis Data Anomali Gravitasi Topex Provinsi Maluku Utara Lembar Pulau Halmahera Utara

Bayu Achil Sadjab<sup>1,\*</sup>, I Putu Tedy Indrayana<sup>2</sup>, Kurnia<sup>1</sup>, Khafidh Nur Aziz<sup>3</sup>, Adrian Rahmat Nur<sup>4</sup>, Harsen Berg Janis<sup>1</sup>, Hanny F. Sangian<sup>5</sup>

<sup>1</sup>) Program Studi Fisika Universitas Halmahera

<sup>2</sup>) Program Studi Fisika Universitas Udayana Bali

<sup>3</sup>) Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta

<sup>4</sup>) Program Studi Fisika Universitas Halu Oleo

<sup>5</sup>) Program Studi Fisika Universitas Sam Ratulangi

Email korespondensi : [bayu0604@gmail.com](mailto:bayu0604@gmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v19i2.9616>

Submitted: 04 Desember 2020; Accepted: 18 Mei 2022

**ABSTRAK-** Provinsi Maluku Utara terutama Pulau Halmahera dan sekitarnya merupakan bagian dari kerangka sistem tektonik Indonesia yang kompleks dan memiliki aktifitas tektonik yang tinggi. Daerah ini berada pada zona pertemuan lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, lempeng Indo-Australia dan lempeng-lempeng kecil lainnya seperti lempeng Filipina. Sebagai akibat dari geodinamika maka daerah penelitian merupakan daerah dengan aktivitas seismisitas yang cukup tinggi, faktor utamanya karena terdapat struktur geologi berupa antiklin, sinklin, sesar naik, sesar mendatar dan sesar normal akibat aktivitas lempeng di daerah ini. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi sesar dan jenisnya adalah metode gravitasi. Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data observasi gravitasi satelit Topex dengan luasan area penelitian adalah 3.891,62 km<sup>2</sup> dalam bentuk *Free Air Anomaly* (FAA). Kemudian dikoreksi bouguer dan koreksi medan menghasilkan Anomali Bouguer Lengkap (ABL). Anomali regional dan residual menunjukkan korelasi yang baik dengan peta geologi daerah penelitian dalam mendelineasi sebaran sesar dengan rentang nilai anomali positif  $\pm 187$  mGal dan anomali negatif  $\pm -14.8$  mGal. Analisis anomali *Second Vertical Derivative* (SVD) menunjukkan sebaran sesar di daerah penelitian adalah jenis sesar turun atau sesar normal.

**KATA KUNCI:** anomali SVD, free air anomaly (FAA), koreksi bouguer, koreksi medan, sesar normal

**ABSTRACT**–North Maluku, especially Halmahera Island is part of the framework of Indonesia's complex tectonic system and has a high tectonic activity. This area has the meeting zone of the Eurasia plate, the Pacific plate, the Indo-Australian plate and other small plates such as the Philippine plate. As a result of geodynamics, the research area with high seismic activity is due to many geological structures such as anticlines, synclines, upward faults, horizontal faults and normal faults due to plate activity in this area. One of the methods that can be used to identify the faults and their types is the gravity method. this study was using the gravitational observation data of the Topex satellite with an area of 3,891.62 km<sup>2</sup> in the form of Free Air Anomaly (FAA), which is then corrected by bouguers and field correction yields a complete Bouguer Anomaly (ABL). Regional and residual anomalies show the good correlation with the geological map of the study area in delineating the distribution of faults with a range of positive anomalies  $\pm 187$  mGal and negative anomalies  $\pm -14.8$  mGal. Second Vertical Derivative (SVD) anomaly analysis shows that the distribution of faults in the study area is a type of normal fault.

**KEYWORDS :** SVD anomaly, free air anomaly (FAA), bouguer correction, field correction, normal fault

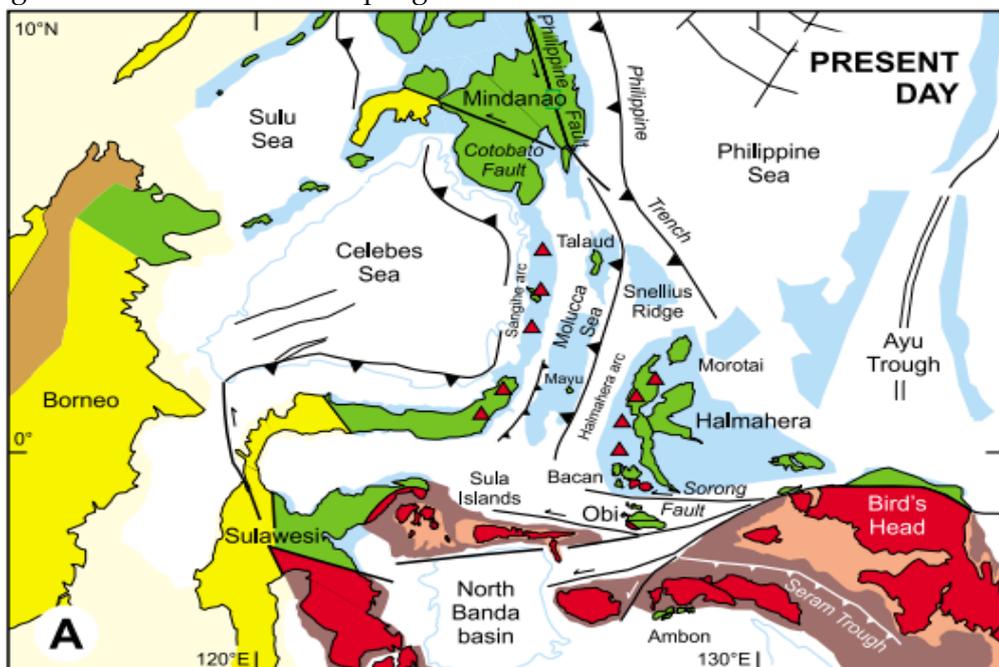
## PENDAHULUAN

Provinsi Maluku Utara terutama pulau Halmahera dan sekitarnya merupakan bagian dari kerangka sistem tektonik Indonesia yang kompleks dan memiliki aktifitas tektonik yang tinggi. Daerah ini berada pada zona pertemuan lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, lempeng Indo-Australia dan lempeng-lempeng kecil lainnya seperti lempeng Filipina yang ditunjukkan pada Gambar 1 (Hall, 2018). Pulau Halmahera termasuk dalam jalur sirkum Pasifik atau deretan Pegunungan Pasifik. Pertemuan lempeng pada zona ini bersifat konvergen karena keduanya saling bertumbukan, dengan batas pertemuan antar lempeng-lempeng ini ditandai dengan adanya palung lautan (*oceanic trough*).

Pergerakan lempeng Eurasia terhadap lempeng Pasifik dan beberapa lempeng kecil sekitarnya mengakibatkan daerah-daerah di Pulau Halmahera memiliki tingkat kegempaan yang cukup tinggi, hal ini berkaitan dengan aktivitas benturan lempeng

(*plate collision*). Selain itu adanya fenomena busur belakang atau *back arc thrust* kepulauan ini sangat menarik untuk diteliti dan dikaji mengingat sangat aktifnya dalam membangkitkan gempa tektonik di kawasan tersebut.

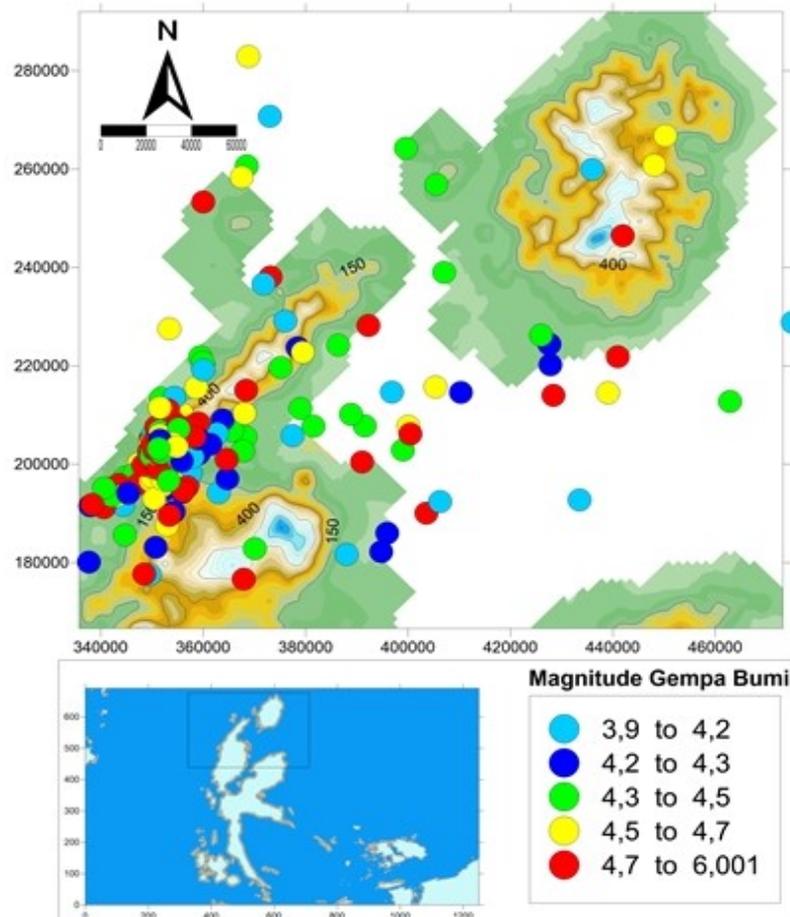
Sebagai akibat dari geodinamika yang telah dijelaskan sebelumnya, jelas bahwa daerah penelitian merupakan daerah dengan aktivitas seismisitas yang cukup tinggi, dengan faktor utamanya karena terdapat banyak struktur geologi berupa antiklin, sinklin, sesar naik, sesar mendatar dan sesar normal akibat aktivitas lempeng di daerah ini (Masinu et al., 2018). Selama lebih dari puluhan tahun sampai sekarang, wilayah Provinsi Maluku Utara khususnya pulau Halmahera utara tercatat telah dilanda ribuan kejadian gempa bumi dengan berbagai ukuran kekuatan gempa bumi dan kedalamannya yang bervariasi. Distribusi episenter gempa bumi tersebut ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 1. Tektonik Lempeng Regional Pulau Halmahera dan sekitarnya (Hall, 2018)

Salah satu pendekatan yang diperlukan dalam usaha mitigasi bencana dan prediksi gempa adalah dengan mengetahui struktur bawah permukaan secara rinci karena lapisan batuan bawah permukaan bumi memiliki sifat fisis yang beragam atau bervariasi. Untuk

mengetahui keberadaan struktur bawah permukaan bumi dibutuhkan data dan analisis geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan.



Gambar 2. Peta Sebaran gempabumi Kabupaten Halmahera Utara periode 2010-2020  
(Sumber : Data BMKG Periode 1 Januari 2010 – 1 Januari 2020)

Secara spesifik berdasarkan densitas batuan terdapat satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan adalah metode gravitasi, karena Metode gravitasi adalah salah satu metode geofisika yang dapat menentukan sebaran struktur geologi suatu wilayah (Chasanah *et al.*, 2021). Metode gravitasi merupakan salah satu metode penyelidikan bawah permukaan bumi yang didasarkan pada hukum Newton. Prinsip dasar metoda gravitasi adalah mengukur perbedaan nilai medan gravitasi yang disebabkan oleh massa batuan yang tidak merata. Perbedaan nilai medan gravitasi dapat digunakan untuk memperkirakan geometri struktur bawah permukaan secara global termasuk densitas dan kedalamannya. Selain dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan menggambarkan bentuk struktur geologi bawah permukaan (termasuk litologi batuan) berdasarkan variasi medan gaya berat bumi

yang ditimbulkan oleh perbedaan densitas antar batuan, metode gravitasi juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis sesar, yaitu dengan menggunakan pendekatan analisis *derivative* berdasarkan data Anomali Bouguer Lengkap (ABL) yang didapatkan dari hasil pengolahan data anomali gravitasi.

Berdasarkan latar belakang di atas dan informasi terkait masih sangat jarangya penelitian gravitasi tentang struktur bawah permukaan bumi di bagian Indonesia timur khususnya provinsi Maluku Utara atau pulau Halmahera, maka penting dilakukannya penelitian tentang tektonik wilayah Maluku utara tinjauan lembar wilayah Pulau Halmahera Utara, yang didasarkan pada identifikasi struktur sesar menggunakan metode analisis Second Vertical Derivative (SVD) berdasarkan data anomali gravitasi daerah pulau Halmahera Utara.

**Koreksi Bouguer**

Pada tahapan koreksi udara bebas kita mengabaikan seluruh massa material yang bukan sebenarnya antara permukaan tanah dengan *reference spheroid*. Pengaruh gravity dari massa ini berada dalam pengukuran  $g$ , dan magnitudo akan mengalir pada kerapatan  $H$ . Sebab pengaruh positif tersebut berlawanan dengan gradien udara bebas karena akan terus berkurang. Profil gravity karena pengaruh udara bebas yang melewati suatu bagian topografi berupa titik (W.M. Telford, 1991). Hasil korelasi negatif ini, memberikan perhatian utama pada topografi perubahan nilai densitas dibawah permukaan. dengan mengevaluasi integral pada Pers. 1:

$$G \frac{\partial}{\partial z} \int_V \frac{\rho(r_0) d^3 r_0}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_0|} \quad (1)$$

Integral ini memuat seluruh volume  $V$  yang terkandung antara permukaan tanah dan *reference spheroid*. Jika luasan dibatasi dengan mengabaikan lengkungan bumi dan menganggap *reference spheroid* sebagai lapisan permukaan. Material tambahan yang dapat mengembalikan spheroida dengan mengganti mean sea level lokal di  $H = h$ ,  $h$  adalah ketinggian permukaan tanah diatas sea level, dan membagi volume dalam dua bagian melalui titik A pada permukaan horizontal. Kontribusi dari slab yang terdapat antara dua permukaan horizontal secara tradisional disebut efek Bouguer yang biasa dikenal sebagai efek topografi dan dievaluasi secara terpisah. Jika densitas konstan di dalam volume  $V$ , efek Bouguer akan menjadi =  $2\pi G \rho h$ . Jika densitas yang dipakai bervariasi, densitas Bouguer di titik A dapat ditentukan dengan Pers. 2:

$$\rho_B(A) = \frac{1}{2\pi h} \int_{slab} \frac{\rho(r_0) \cos \vartheta_0}{r_0^2} d^3 r_0 \quad (2)$$

dan akhirnya efek Bouguer ditentukan dengan Pers. 3 :

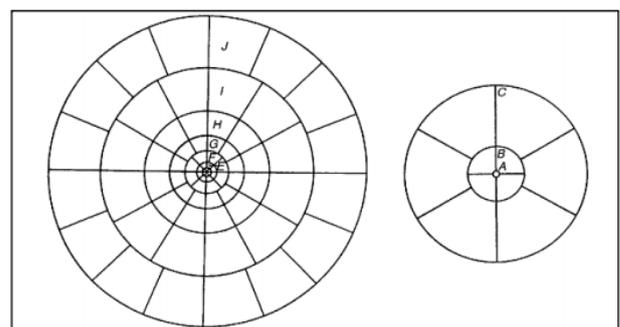
$$BC = 2\pi G \rho_B h = 0,0419 \rho h \quad (3)$$

dengan  $\rho$  adalah massa jenis Bouguer *slab* (biasanya menggunakan massa jenis kerak bumi sebesar  $2670 \text{ kg/m}^3$ ),  $G$  adalah konstanta gravitasi umum, dan  $h$  adalah ketinggian titik amat dari referensi (ketebalan *slab*). Apabila nilai massa jenis kerak bumi dimasukan ke dalam Pers. 3, maka perhitungan anomali Bouguer sederhana dirumuskan dengan Pers. 4 berikut :

$$\Delta g_B = \Delta g_{fa} - 0,112 h \text{ (mgal)} \quad (4)$$

**Koreksi Medan**

Tahapan koreksi Bouguer sederhana adalah massa berbentuk lempeng horizontal tak berhingga. Perhitungan koreksi tidak memperhitungkan bagian massa yang berada diatas bidang Bouguer, yakni keberadaan bukit, serta bagian massa yang hilang di bawah bidang Bouguer yaitu keberadaan lembah. Oleh karena itu, nilai koreksi Bouguer selalu lebih besar dari yang seharusnya. Akibat dari efek massa ini disebut sebagai efek medan, dan untuk mengatasinya dilakukan koreksi medan (*terrain correction*). Dalam metode Hammer, daerah yang berada disekitar titik amat dibagi menjadi zona-zona melingkar dan setiap zona dibagi menjadi sektor-sektor dengan menggunakan diagram zona seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram zona Hammer (Conyers, 1998)

Dalam diagram yang ditunjukkan pada Gambar 3 daerah sekitar topografi dibagi dalam 9 zona, yaitu zona B sampai zona J. Zona-zona ini kemudian dibagi menjadi sektor-sektor. Zona B dibagi menjadi 4 sektor, zona C dan D dibagi menjadi 6 sektor, zona E dan F dibagi menjadi 8 sektor, zona G, H, dan

I dibagi menjadi 12 sektor, sedangkan zona J, K, L, dan M dibagi menjadi 16 sektor. Secara keseluruhan 12 zona tersebut dibagi menjadi 132 sektor.

Perhitungan nilai koreksi medan untuk setiap sektor dalam diagram zona di atas diperoleh berdasarkan rumus untuk menghitung gaya tarik gravitasi dari sebuah silinder kosong vertikal yang memenuhi Pers. 5 berikut:

$$TC = \left( \frac{2\pi G \rho}{N} \left[ r_2 - r_1 + \sqrt{r_1^2 + h^2} - \sqrt{r_2^2 + h^2} \right] \right) mgal \quad (5)$$

Dengan  $G$  merupakan konstanta gravitasi universal,  $\rho$  adalah densitas dari massa,  $N$  adalah jumlah kompartemen pada zona yang digunakan,  $r_1$  merupakan jari-jari dalam zona tertentu,  $r_2$  merupakan jari-jari luar dari zona tertentu dan  $h$  adalah tinggi dari silinder (yang merupakan rata-rata beda elevasi untuk setiap sektor).

Dalam penelitian ini koreksi *terrain* yang dilakukan menggunakan perangkat lunak *Oasis Montaj 8.4* yang menggunakan algoritma komputer modern dengan menerapkan kombinasi metode Nagy (1966) dan metode kane (1962). Kane (1962) melakukan pengembangan pada koreksi medan dengan menggantikan peta topografi dengan peta DTM (*Digital Terrain Model*), sehingga menghasilkan grid koreksi regional yang mewakili koreksi di luar koreksi lokal wilayah dan dapat digunakan untuk

menghitung secara lebih rinci koreksi pada setiap titik pengukuran. Grid koreksi medan regional dan lokal dihasilkan dengan menggunakan geosoft minimum lengkung atau *bigrid gridding program* berdasarkan pembagian zona oleh Kane (1962) ditunjukkan pada Gambar 4.

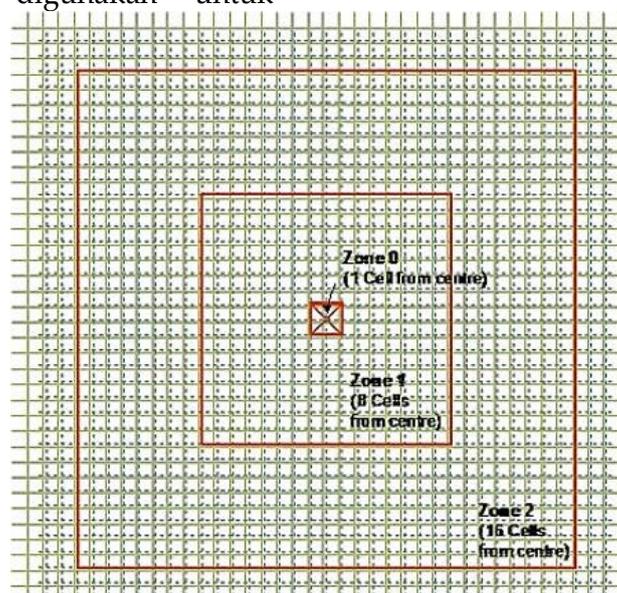
Koreksi terrain dilakukan terhadap keadaan topografi wilayah yang tidak teratur disekitar titik pengukuran, seperti misalnya terdapat lembah dan bukit yang akan mengurangi pembacaan nilai medan gravitasi di titik pengamatan (Mussett et al., 2000). Anomali yang dihasilkan setelah dilakukan koreksi medan atau terrain disebut sebagai anomali medan gravitasi Bouguer Lengkap (ABL) pada topografi, ABL dihitung dengan Pers. 6 sebagai berikut:

$$\Delta g_{BL} = \Delta g_B + TC \quad (6)$$

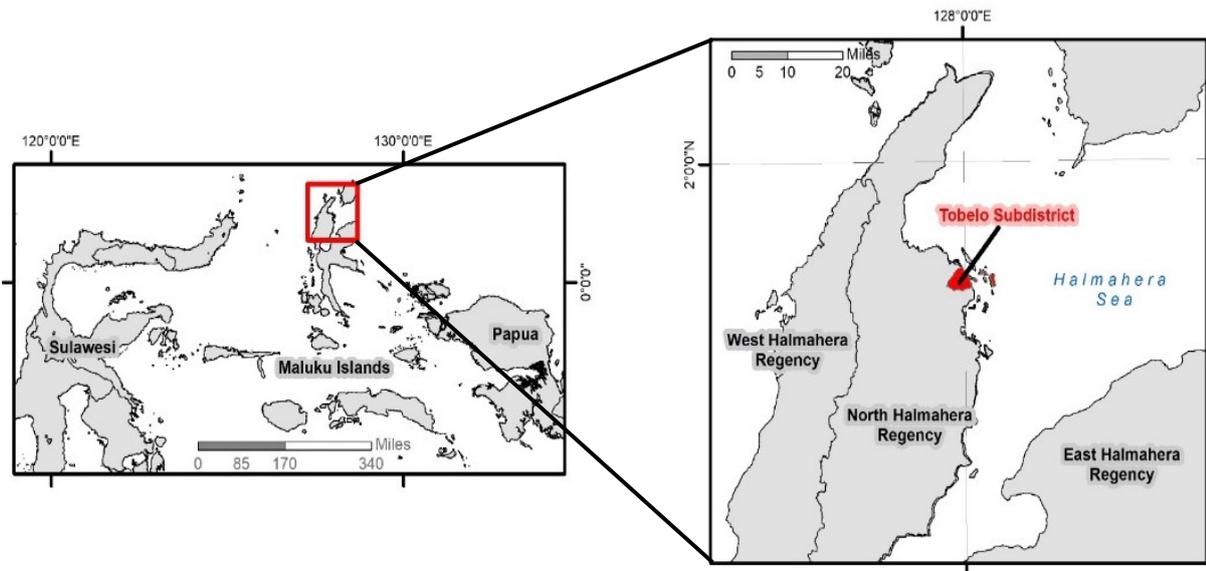
dengan  $\Delta g_{BL}$  adalah anomali Bouguer lengkap, dan  $TC$  adalah koreksi *terrain*.

#### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data Gravitasi sekunder berupa data *Free Air Anomaly* (FAA) dari satelit gravitasi TOPEX lembar pulau Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara dengan koordinat 10,57'-20,0' lintang Utara dan 128,17'-128,18' bujur timur, dengan luas 3.891,62 km<sup>2</sup> yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Grid koreksi medan regional dan lokal ([www.geosoft.com](http://www.geosoft.com))



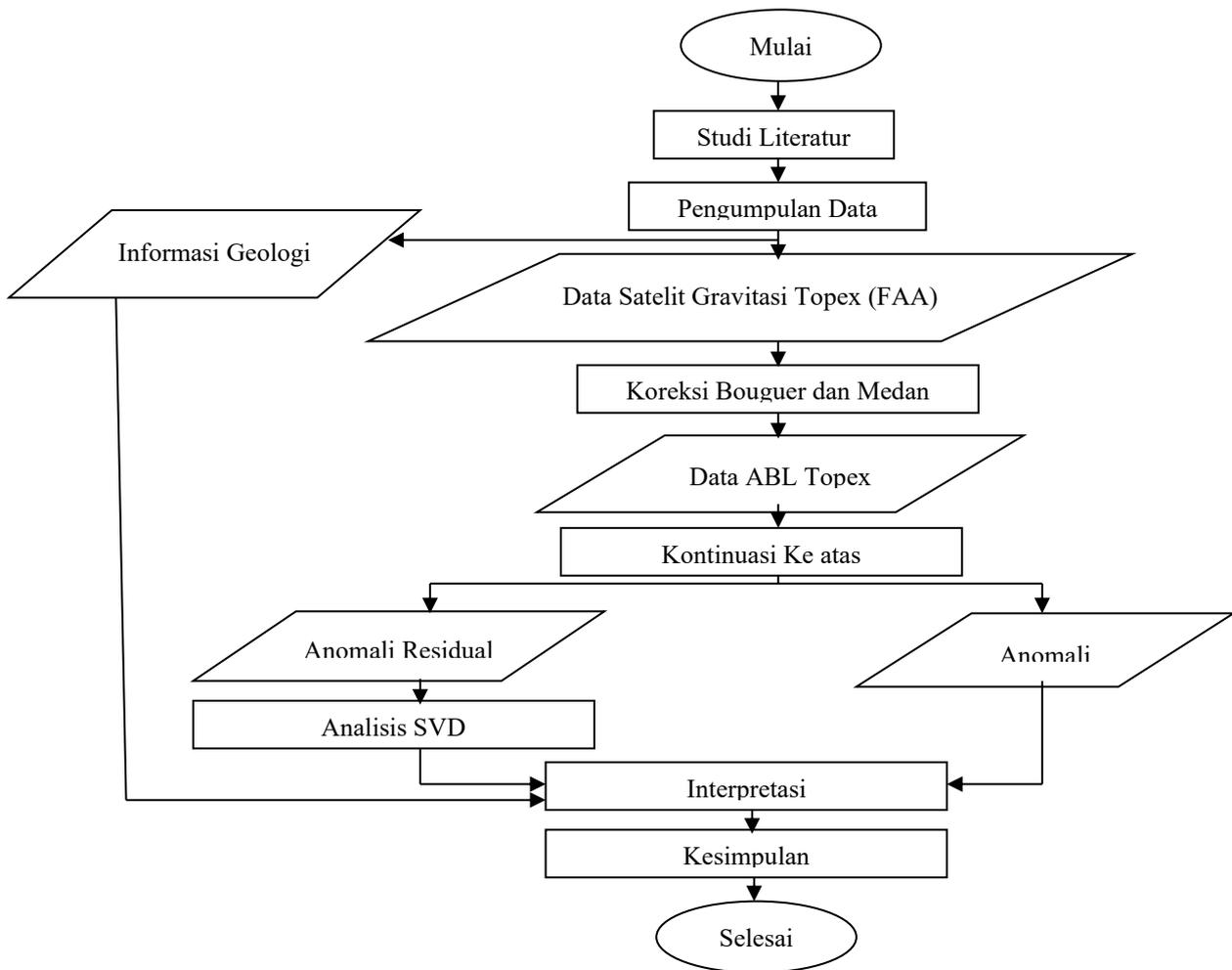
**Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk melihat sebaran dan jenis sesar yang ada di daerah Halmahera Utara sebagai salah satu langkah awal mitigasi bencana gempa bumi di daerah ini, yang didasarkan pada litologi densitas yang terlihat dari variasi nilai anomali gravitasi di daerah ini. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yang dimulai dari studi literatur yang merupakan studi tentang penelitian-penelitian terdahulu mengenai penggunaan data satelit gravitasi Topex yang dapat digunakan dalam mengidentifikasi sesar atau struktur bawah permukaan, serta meliputi kajian geologi daerah penelitian. Kemudian dilakukan tahapan pengumpulan data sekunder berupa data satelit gravitasi Topex sesuai batas koordinat wilayah penelitian. Data yang diperoleh berupa data FAA sehingga selanjutnya dilakukan koreksi bouguer serta koreksi medan untuk mendapatkan data Anomali Bouguer Lengkap (ABL) menggunakan software Oasis Montaj. Selanjutnya data ABL yang telah diperoleh dianalisis spektrumnya untuk mengetahui kedalaman anomali regional dan residualnya, selanjutnya data ABL dikontinuasi ke atas untuk memisahkan antara data anomali regional dan anomali residualnya. Kemudian dari anomali lokal dilakukan analisis *Second*

*Verticale Derivative* (SVD) agar dapat dilakukan interpretasi jenis sesar berdasarkan hasil slacing data SVD pada anomali gravitasi tersebut. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 6.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

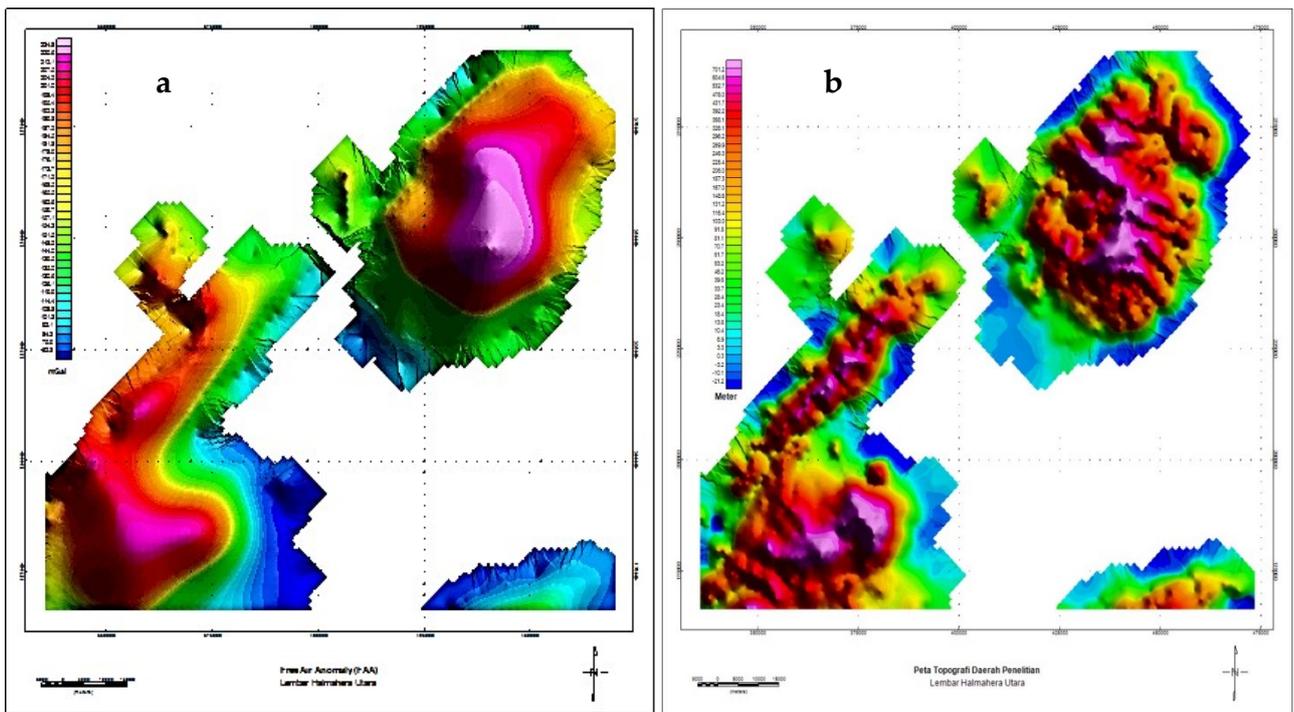
Data satelit gravitasi Topex adalah berupa data FAA kemudian diolah menjadi bentuk peta anomaly, dapat dilihat pada Gambar 7a. Peta FAA ini masih dipengaruhi oleh topografi ditunjukkan pada Gambar 7b pada nilai pembacaannya, hal ini disebabkan oleh variasi kelebihan dan kekurangan massa (Maulana & Prasetyo, 2019). Variasi topografi di daerah penelitian cukup tinggi, sehingga memberikan pengaruh terhadap data gravitasinya, hal ini terlihat dari bentuk data gravitasi yang masih menunjukkan kemiripan dengan pola ekspresi topografi wilayah penelitian. Koreksi Bouguer digunakan untuk mengurangi besarnya efek topografi pada anomali gravitasi, dengan cara menghitung pengaruh massa terhadap nilai gravitasi. Nilai massa diketahui dengan memperhitungkan nilai densitas batuan dan ketinggian titik ukur. Koreksi Bouguer mencakup massa berbentuk lempeng (*slab*) horizontal dengan ketebalan tertentu dan panjang tak berhingga.



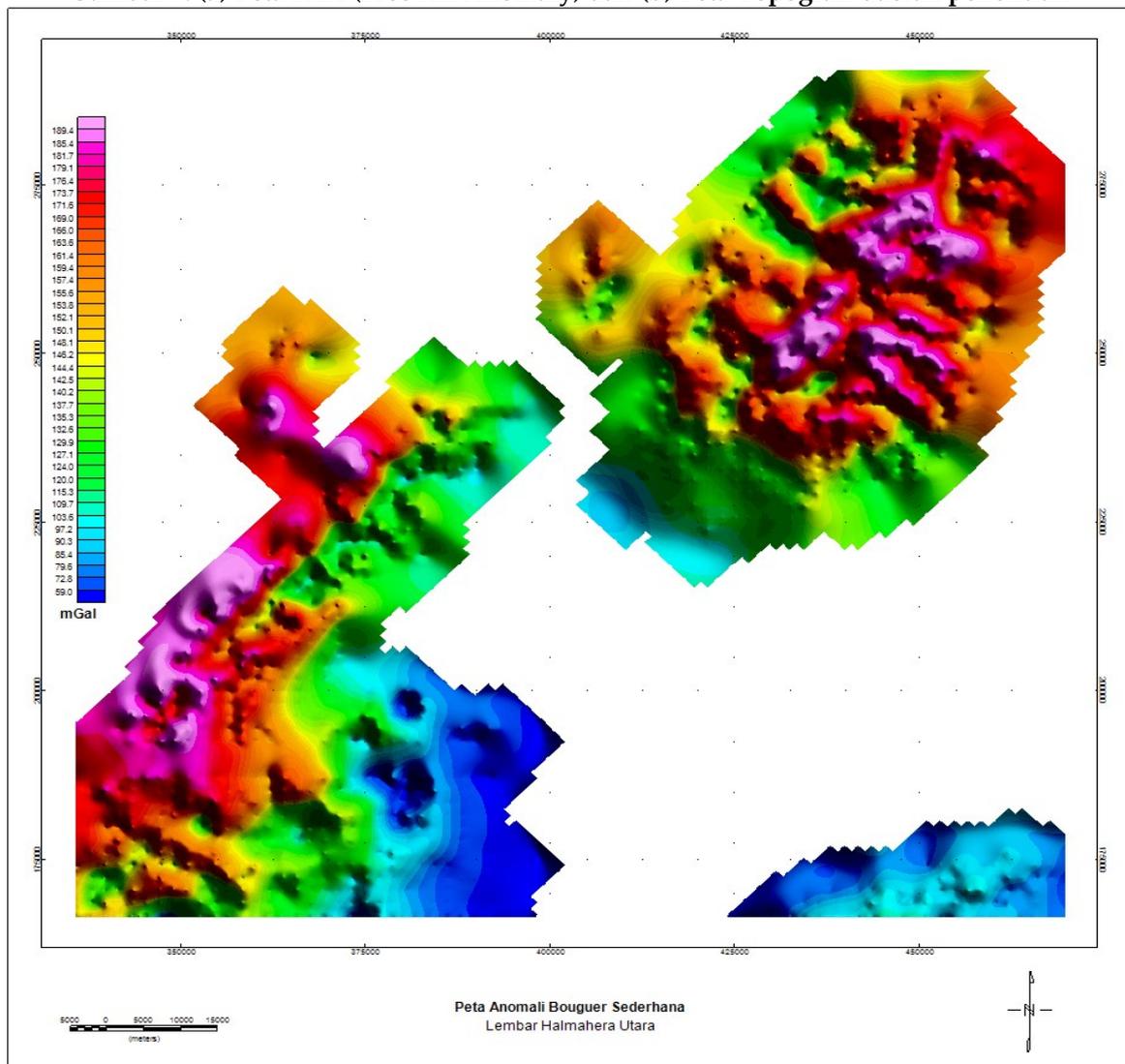
**Gambar 6. Diagram Alir Penelitian**

Anomali yang dihasilkan setelah dilakukan koreksi Bouguer disebut Anomali Bouguer Sederhana, ini ditunjukkan Gambar 8. Anomali Bouguer Sederhana merupakan anomali gravitasi yang belum tereduksi oleh efek topografi. Koreksi ini diterapkan sebagai akibat dari pendekatan Bouguer terhadap slab horizontal tak berhingga, meskipun pada kenyataannya permukaan bumi tidaklah datar melainkan berundulasi pada topografinya. Pada ABS terlihat mulai hilangnya efek topografi, hal ini terlihat dari nilai anomali gravitasi yang menunjukkan kecenderungan memiliki nilai tinggi di daerah daratan rendah dan anomali yang rendah di daerah daratan tinggi. Akan tetapi Anomali Bouguer Sederhana juga masih dipengaruhi oleh medan yang ada di daerah penelitian, sehingga belum secara signifikan menunjukkan lito-densitas untuk mendelineasi sesar.

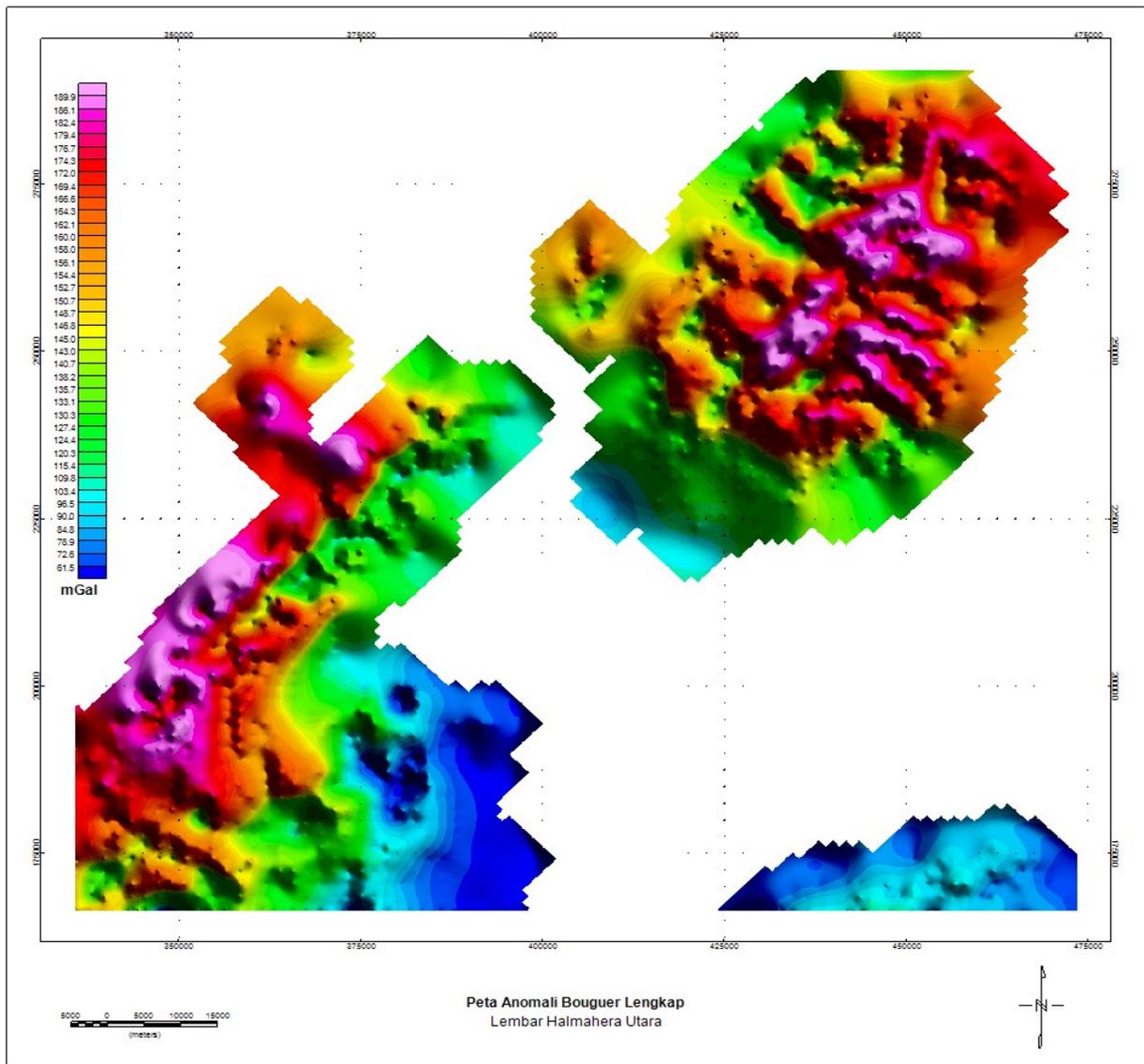
Koreksi medan atau koreksi *terrain* dilakukan untuk mendapatkan peta Anomali Bouguer Lengkap (ABL). koreksi ABL tidak menghilangkan anomali massa yang terdapat di atas referensi sferoid. Hal ini disebabkan karena densitas massa yang digunakan dalam perhitungan Bouguer lengkap adalah densitas rata-rata yang disebut sebagai densitas Bouguer dengan menganggap massa topografi bersifat homogen. Seperti halnya dengan koreksi udara bebas, dengan dilakukan koreksi Bouguer lengkap tidak berarti secara fisis memindahkan titik-titik observasi ke referensi sferoida. Densitas Bouguer yang digunakan dengan koefisien koreksi sama dengan nol pada nilai densitas sebesar  $2,67 \text{ gr/cm}^3$ . ABL merupakan nilai anomali gravitasi disuatu tempat yang dalam hasil perhitungannya telah dimasukkan keseluruhan faktor koreksi pada data gravitasi (Firdaus *et al.*, 2016).



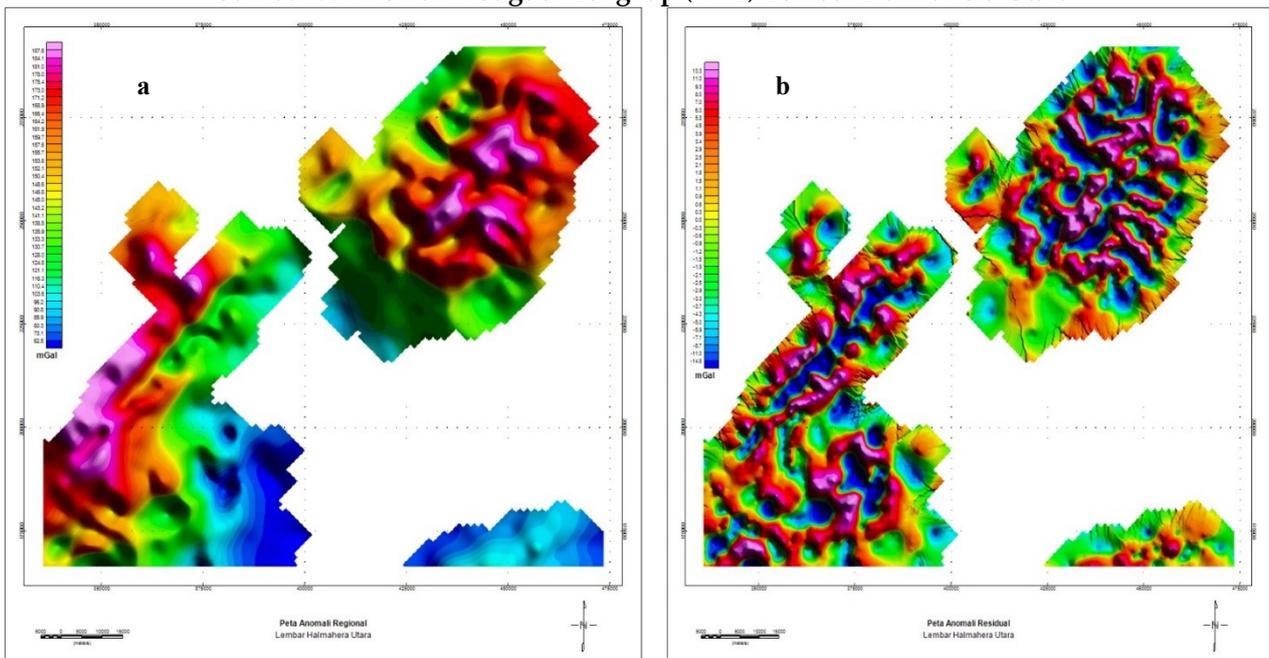
Gambar 7. (a) Peta FAA (Free Air Anomaly) dan (b) Peta Topografi daerah penelitian



Gambar 8. Anomali Bouguer Sederhana (ABS) Lembar Halmahera Utara



Gambar 9. Anomali Bouguer Lengkap (ABL) Lembar Halmahera Utara



Gambar 10. (a) Peta anomali Regional dan (b) Peta Anomali residual

Anomali ini yang kemudian digunakan sebagai acuan dalam menginterpretasi data gravitasi baik secara kualitatif maupun kuantitatif. ABL diperoleh dengan mengkoreksikan anomali udara bebas dengan koreksi topografi wilayah penelitian, di mana daerah penelitian merupakan daerah berbukit dengan ketinggian maksimum sekitar 1259 meter ditunjukkan Gambar 9.

Berdasarkan pengolahan data hasil koreksi FAA dan koreksi Topografi (koreksi Bouguer dan Koreksi Medan), peta ABL di topografi daerah Halmahera Utara dengan posisi lintang dan bujur dalam koordinat UTM yang ditunjukkan Gambar 9, Nilai anomali gravitasinya berkisar antara 61.5 mGal sampai 189,1 mGal.

Dalam penelitian ini proses pemisahan antara anomali regional dan anomali residual atau anomali lokal dilakukan dengan menggunakan metode kontinuitas keatas. Metode kontinuitas keatas ini merupakan metode dengan prinsip tapis lolos rendah yang berfungsi untuk meloloskan frekuensi-frekuensi rendah, sehingga kita dapatkan anomali regional ditunjukkan Gambar 10a yang secara teori merupakan anomali gravitasi yang disebabkan oleh keberadaan benda yang jauh dari permukaan bumi. Sedangkan anomali residual ditunjukkan Gambar 10b didapatkan dengan mengurangi nilai anomali Bouguer lengkap dengan anomali regional yang telah diperoleh. Berdasarkan Gambar 10, peta anomali regional dan residual memperlihatkan adanya dua kelompok anomali, yaitu anomali gravitasi positif yang terletak di bagian barat daerah penelitian, dan anomali gravitasi negatif yang berada di bagian timur daerah penelitian yang memanjang dengan arah selatan-utara. Daerah penelitian ini secara struktur terbagi oleh dua kelompok anomali tersebut, dengan batas hampir sejajar dengan sumbu pulau. Anomali gravitasi positif menempati bagian Utara dengan nilai tertinggi terdapat di sebelah timur laut  $\pm 187$  mGal, sedangkan anomali negatif menempati bagian selatan dengan anomali terendah  $\pm 14.8$  mGal. Kedua kelompok anomali dipengaruhi

oleh struktur atau sesar yang ada di daerah penelitian. Target dalam penelitian ini adalah anomali residual atau anomali lokal untuk dapat secara baik mendeliniasi sebaran dan jenis struktur yang ada di daerah Halmahera Utara. Kontur anomali residual yang telah diperoleh setelah dilakukan proses kontinuitas, selanjutnya digunakan untuk memodelkan dan menginterpretasi struktur bawah permukaan. Proses pengolahan anomali residual menggunakan metode analisis *derivative* yang menghasilkan peta anomali *First Horizontal Derivative* (FHD) yang ditunjukkan pada Gambar 11a dan *Second Vertical Derivative* (SVD) yang ditunjukkan pada Gambar 11b. Peta anomali *second vertical derivative* (SVD) dapat digunakan untuk mendeteksi atau mengidentifikasi struktur sesar dengan melihat nilai perbandingan antara anomali negatif dan anomali positif yang dibatasi oleh nilai nol, karena Metode SVD dapat digunakan untuk membantu interpretasi jenis struktur terhadap data anomali *Bouguer* yang diakibatkan oleh adanya struktur sesar turun atau sesar naik (Sarkowi, 2010). SVD akan memunculkan efek dangkal dari pengaruh regionalnya sehingga proses filtering dengan metode ini akan mampu menyelesaikan masalah anomali residual yang sulit terpisahkan dari anomali regional. Secara teoritis, metode *Second Vertical Derivatif* ini diturunkan dari fungsi harmonik Laplace dengan mensubstitusi  $f$  dengan  $\Delta g$ , dalam kasus gravitasi area anomali rendah dapat diidentifikasi berada pada daerah anomali negatif peta SVD, dan area anomali tinggi pada daerah positif peta SVD. peta anomali SVD dapat menggambarkan pola deliniasi berdasarkan batas-batas anomali rendah dan tinggi yang lebih jelas, sehingga dapat ditarik batas garis deliniasi struktur sesar secara lebih pasti melalui garis kontur yang bernilai nol pada peta anomali SVD (Aziz et al., 2018). Penentuan jenis sesar berdasarkan peta kontur anomali SVD ditentukan dengan dua kriteria yaitu :

1. Untuk struktur sesar turun berlaku Pers.7:

$$\left(\frac{\delta^2 \Delta U}{\delta x^2}\right)_{\max} > \left|\left(\frac{\delta^2 \Delta U}{\delta x^2}\right)_{\min}\right| \quad (7)$$

2. Untuk struktur sesar naik berlaku Pers.8

$$\left(\frac{\delta^2 \Delta U}{\delta x^2}\right)_{\max} < \left|\left(\frac{\delta^2 \Delta U}{\delta x^2}\right)_{\min}\right| \quad (8)$$

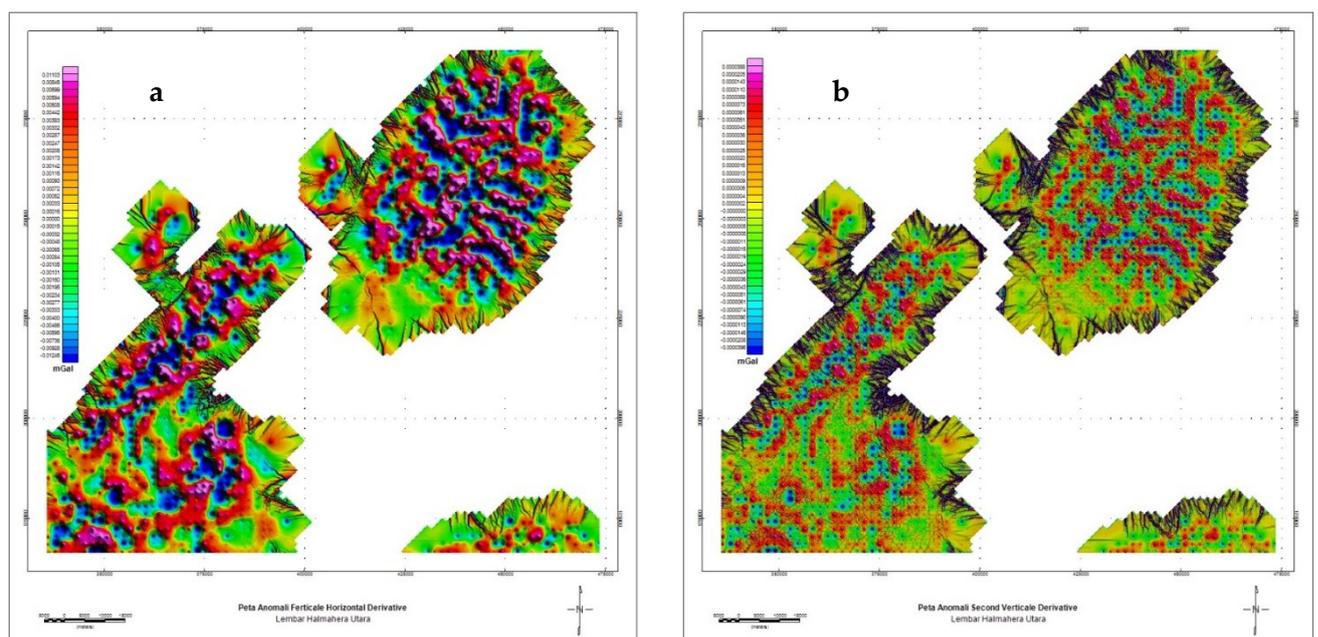
### Identifikasi Sesar

Beberapa lintasan dibuat pada peta anomali SVD yang sesuai dengan posisi dari sesar yang ditunjukkan oleh peta geologi daerah Halmahera Utara pada Gambar 12 untuk mendapatkan analisis sesar dengan cara melakukan slicing. Data hasil dari masing-masing penampang *slicing* peta SVD kemudian dianalisis lebih lanjut untuk dapat mengidentifikasi jenis sesar yang ada pada area tersebut, baik itu sesar naik ataupun sesar turun pada Gambar 13. Hasil penampang *slice* pada peta SVD akan menghasilkan kurva nilai yang kemudian dianalisis dengan melihat perbandingan puncak nilai antara  $\left(\frac{\delta^2 \Delta g}{\delta z^2}\right)_{maks}$  dan  $\left|\left(\frac{\delta^2 \Delta g}{\delta z^2}\right)_{min}\right|$  yang secara teori akan menggambarkan jenis sesar pada area tersebut (Aziz et al., 2018)

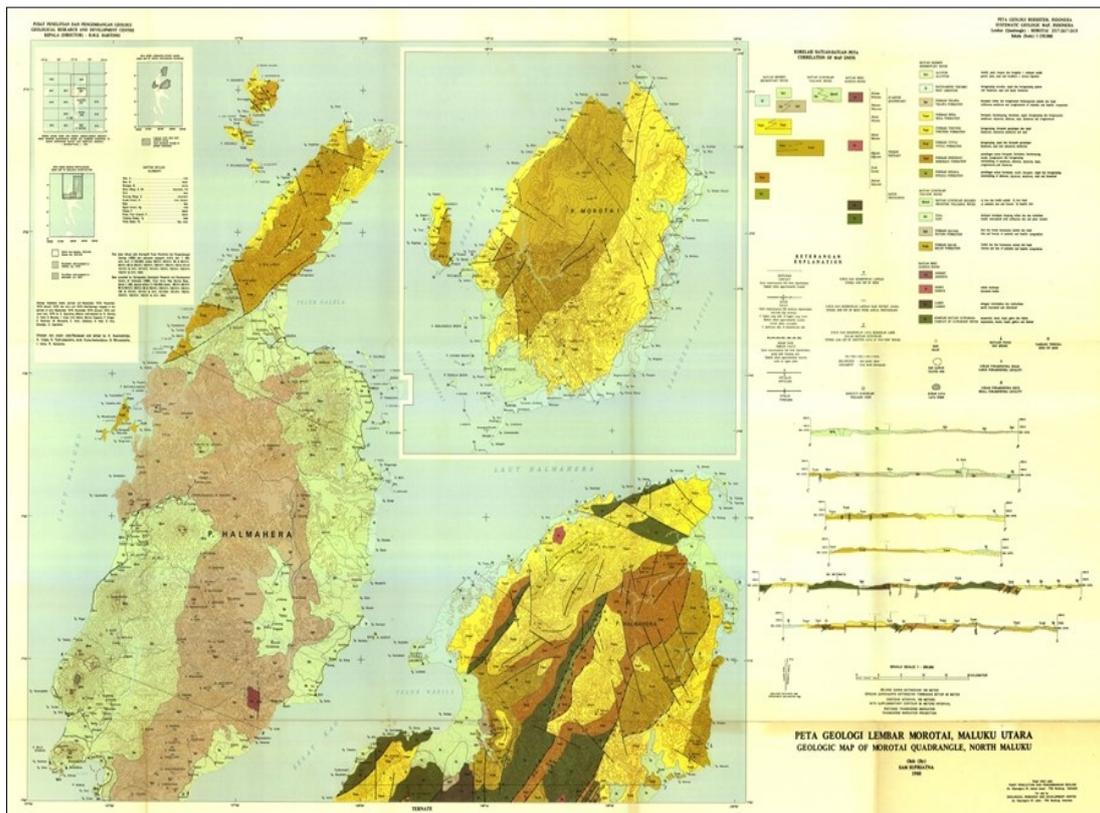
Pola-pola sayatan penampang pada peta anomali SVD pada Gambar 13 dibuat berdasarkan letak sesar hasil korelasi dengan

peta geologi daerah penelitian, pola sayatan ini dapat dibuat kurva yang menggambarkan jenis sesar berdasarkan nilai selisih atau beda nilai setiap puncak  $\left(\frac{\delta^2 \Delta g}{\delta z^2}\right)_{maks}$  dan  $\left|\left(\frac{\delta^2 \Delta g}{\delta z^2}\right)_{min}\right|$ . Dengan analisis sesar berdasarkan kurva data dari hasil slicing pada peta anomali SVD dapat digambarkan struktur sesar daerah penelitian secara lateral, di mana setiap sayatan pada peta anomali SVD dibuat tegak lurus yang berarah utara-selatan terhadap arah sesar.

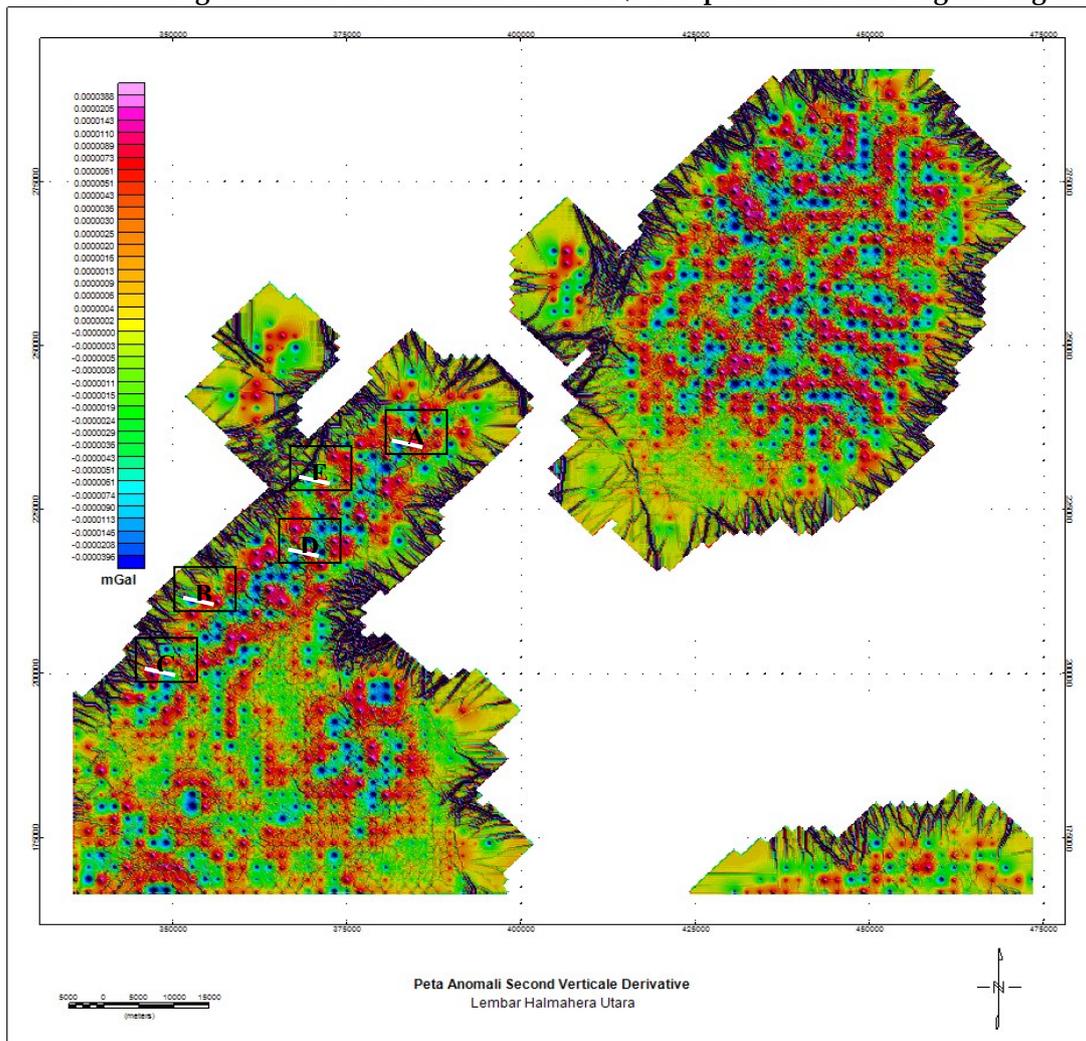
Hasil interpretasi setiap sayatan menunjukkan jenis sesar pada daerah penelitian yang bersesuaian dengan peta geologi daerah penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil interpretasi jenis sesar berdasarkan kurva slicing pada peta anomali SVD menunjukkan bahwa daerah penelitian didominasi oleh sesar turun, hal ini juga sesuai dengan kajian geologi daerah penelitian yang mengidentifikasi sesar turun sebagai jenis sesar yang paling banyak terdapat di daerah penelitian, karena Batuan tertua di daerah ini adalah Formasi Bacan berumur Oligo-Miosen, tersingkap di ujung utara pulau Halmahera, dengan Sesar yang dapat teramati adalah sesar Normal (Clarissa Maria Evelyn, 2017).



Gambar 11. (a) Peta Anomali FHD dan (b) Peta Anomali SVD



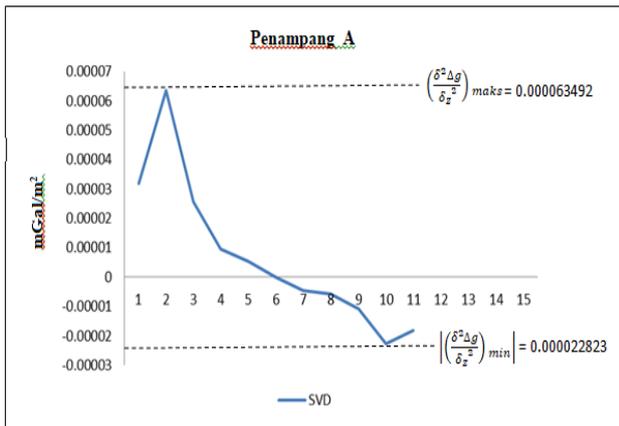
Gambar 12. Peta Geologi Lembar Pulau Halmahera Utara (Pusat penelitian dan Pengembangan Geologi)



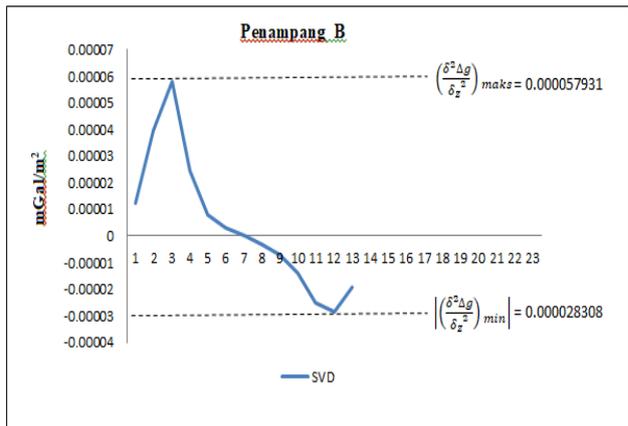
Gambar 13. Pola kontur Anomali SVD dengan Penampang Lintasan

**Tabel 1. Perhitungan Analisis Sesar Berdasarkan Data Anomali SVD**

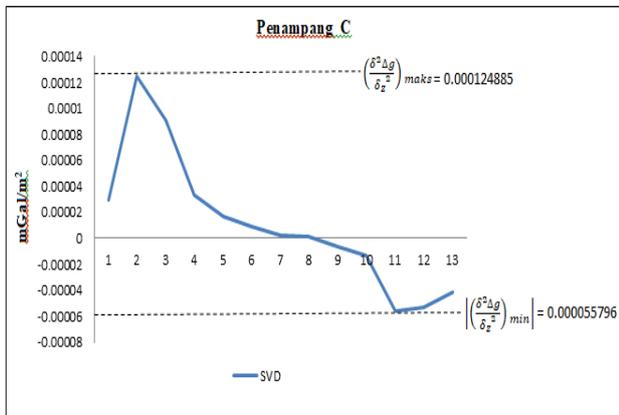
PENAMPANG	ANOMALI	ANOMALI	PERBANDINGAN PUNCAK  SVD MAX  DAN  SVD MIN	JENIS SESAR
	SVD MAX	SVD MIN		
	$\left(\frac{\delta^2 \Delta g}{\delta z^2}\right)_{maks}$	$\left(\frac{\delta^2 \Delta g}{\delta z^2}\right)_{min}$		
A	0.000063492	0.000022823	SVDmax  >  SVDmin	Sesar Turun
B	0.000057931	0.000028308	SVDmax  >  SVDmin	Sesar Turun
C	0.000124885	0.000055796	SVDmax  >  SVDmin	Sesar Turun
D	0.000091626	0.000057046	SVDmax  >  SVDmin	Sesar Turun
E	0.000091626	0.000057046	SVDmax  >  SVDmin	Sesar Turun



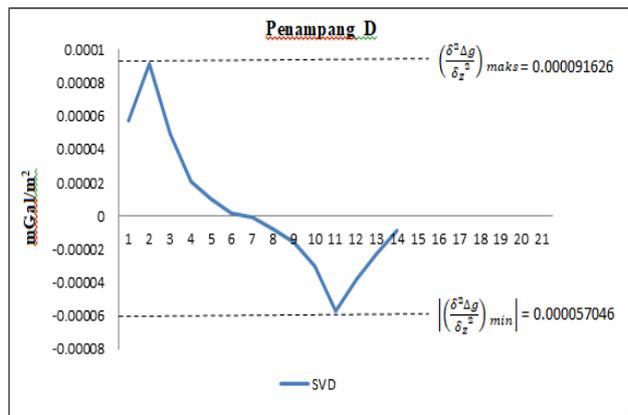
(a)



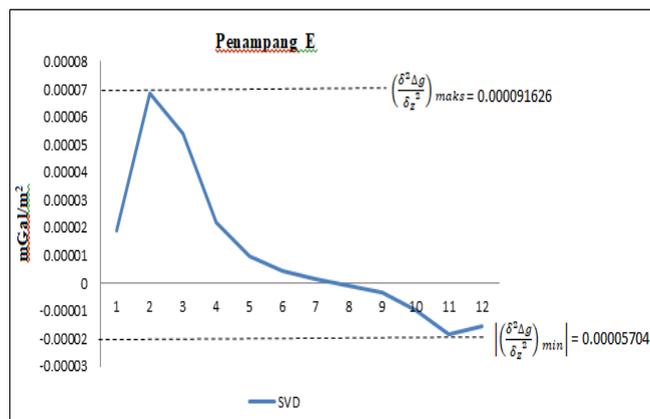
(b)



(c)



(d)



(e)

**Gambar 13. Grafik hasil Slicing Anomali SVD : (a) Penampang A, (b) Penampang B, (c) Penampang C, (d) Penampang D, dan (e) Penampang E**

## KESIMPULAN

Terdapat korelasi yang baik antara data anomali gravitasi hasil analisis *Second Verticale Derivative* (SVD) dengan data geologi dalam mendeliniasi sebaran sesar di daerah Halmahera Utara.

Daerah penelitian didominasi oleh sesar turun atau sesar normal berdasarkan hasil analisis SVD terhadap data anomali gravitasi daerah penelitian, hal ini juga bersesuaian dengan kajian geologi daerah penelitian.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan hibah sehingga penulis dapat melakukan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, K. N., Hartantyo, E., & Niasari, S. W. (2018). The Study of Fault Lineament Pattern of the Lamongan Volcanic Field Using Gravity Data. *Journal of Physics: Conference Series*.  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1011/1/012025>
- Chasanah, U., Febriani, S. D. A., & Minarto, E. (2021). Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Gunung Merapi Berdasarkan Analisis Data Anomali Medan Gravitasi Citra Satelit. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 18(1), 25.  
<https://doi.org/10.20527/flux.v18i1.8456>
- Clarissa Maria Evelyn. (2017). PEMODELAN JALUR FLUIDA HIDROTERMAL DAN INTERPRETASI SISTEM PANASBUMI PADA TAMBANG EMAS TOGURACI, HALMAHERA UTARA. In *skripsi* (pp. 1–111). Trisakti.
- Conyers, L. B. (1998). Book review: An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John M. Reynolds, John Wiley & Sons, Chichester, 1997. 796 pp. (525 b/w figures). Price £75.00; ISBN 0-471-96802-1 (hardback). Price: 29.95; ISBN: 0-471-95555-8 (paperback). *Archaeological Prospection*.  
[https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-0763\(199809\)5:3<179::aid-arp107>3.0.co;2-2](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-0763(199809)5:3<179::aid-arp107>3.0.co;2-2)
- Firdaus, M. W., Setyawan, A., & Yusuf, M. (2016). Gayaberat Second Vertical Gradient Studi Kasus Sesar. *Younster Physics Journal*, 5(1), 21–26.
- Hall, R. (2018). *Neogene history of collision in the Halmahera region, Indonesia*.  
<https://doi.org/10.29118/ipa.2461.g.014>
- Masinu, A. La, Yustesia, A., & Suwardi, S. (2018). Sistem Tektonik dan Implikasinya terhadap Gempa Bumi di Pulau Halmahera. *Jurnal Pendidikan Geografi*.  
<https://doi.org/10.17977/um017v23i12018p020>
- Maulana, A. D., & Prasetyo, D. A. (2019). ANALISA MATEMATIS PADA KOREKSI BOUGUER DAN KOREKSI MEDAN DATA GRAVITASI SATELIT TOPEX DAN PENERAPAN DALAM GEOHAZARD STUDI KASUS SESAR PALU KORO, SULAWESI TENGAH. *Jurnal Geosaintek*.  
<https://doi.org/10.12962/j25023659.v5i3.6100>
- Mussett, A. E., Khan, M. A., & Button, S. (2000). Looking into the Earth (Geophysics Textbook). In *Magnetic surveying*.
- Sarkowi, M. (2010). Identifikasi struktur daerah panasbumi ulubelu berdasarkan analisa data svd anomali bouguer. *J. Sains MIPA*, 16(2), 111–118.
- W.M. Telford, L. P. G. and R. E. S. (1991). *Applied geophysics* (second edition). In *Cambridge University Press*.
- Aziz, K. N., Hartantyo, E., & Niasari, S. W. (2018). The Study of Fault Lineament Pattern of the Lamongan Volcanic Field Using Gravity Data. *Journal of Physics: Conference Series*.  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1011/1/012025>
- Chasanah, U., Febriani, S. D. A., & Minarto, E. (2021). Pendugaan Struktur Bawah

- Permukaan Gunung Merapi Berdasarkan Analisis Data Anomali Medan Gravitasi Citra Satelit. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 18(1), 25. <https://doi.org/10.20527/flux.v18i1.8456>
- Clarissa Maria Evelyn. (2017). PEMODELAN JALUR FLUIDA HIDROTERMAL DAN INTERPRETASI SISTEM PANASBUMI PADA TAMBANG EMAS TOGURACI, HALMAHERA UTARA. In *skripsi* (pp. 1–111). Trisakti.
- Conyers, L. B. (1998). Book review: An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John M. Reynolds, John Wiley & Sons, Chichester, 1997. 796 pp. (525 b/w figures). Price £75.00; ISBN 0-471-96802-1 (hardback). Price: 29.95; ISBN: 0-471-95555-8 (paperback). *Archaeological Prospection*. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-0763\(199809\)5:3<179::aid-arp107>3.0.co;2-2](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-0763(199809)5:3<179::aid-arp107>3.0.co;2-2)
- Firdaus, M. W., Setyawan, A., & Yusuf, M. (2016). Gayaberat Second Vertical Gradient Studi Kasus Sesar. *Younster Physics Journal*, 5(1), 21–26.
- Hall, R. (2018). *Neogene history of collision in the Halmahera region, Indonesia*. <https://doi.org/10.29118/ipa.2461.g.014>
- Masinu, A. La, Yustesia, A., & Suwardi, S. (2018). Sistem Tektonik dan Implikasinya terhadap Gempa Bumi di Pulau Halmahera. *Jurnal Pendidikan Geografi*. <https://doi.org/10.17977/um017v23i12018p020>
- Maulana, A. D., & Prasetyo, D. A. (2019). ANALISA MATEMATIS PADA KOREKSI BOUGUER DAN KOREKSI MEDAN DATA GRAVITASI SATELIT TOPEX DAN PENERAPAN DALAM GEOHAZARD STUDI KASUS SESAR PALU KORO, SULAWESI TENGAH. *Jurnal Geosaintek*. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v5i3.6100>
- Mussett, A. E., Khan, M. A., & Button, S. (2000). Looking into the Earth (Geophysics Textbook). In *Magnetic surveying*.
- Sarkowi, M. (2010). Identifikasi struktur daerah panasbumi ulubelu berdasarkan analisa data svd anomali bouguer. *J. Sains MIPA*, 16(2), 111–118.
- W.M. Telford, L. P. G. and R. E. S. (1991). *Applied geophysics* (second edition). In *Cambridge University Press*.