



## APLIKASI ANALYTIC SIGNAL DAN TOTAL HORIZONTAL DERIVATIVE TERHADAP DATA GRAVITASI DI AREA TAMBANG EMAS RAKYAT KUTA USANG

### APPLICATION OF ANALYTIC SIGNAL AND TOTAL HORIZONTAL DERIVATIVE FOR GRAVITY DATA IN KUTA USANG ARTISANAL GOLD MINE AREA

F. Steven<sup>1\*</sup>, Syafrizal<sup>2</sup>, A. N. Hawu Hede<sup>2</sup>, K. Syahwalid<sup>3</sup>, J. C. da Costa<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Rekayasa Pertambangan, Institut Teknologi Bandung, Indonesia 40132

<sup>2</sup>Kelompok Keahlian Eksplorasi Sumber Daya Bumi, Institut Teknologi Bandung, Indonesia 40132

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung, Indonesia 40132

<sup>4</sup>Program Studi Magister Teknik Air Tanah, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia 40132

e-mail: <sup>1\*</sup>fredericsteven7@gmail.com

#### ABSTRAK

Informasi geologi lokal yang terbatas menjadi tantangan dalam eksplorasi mineral, khususnya di area tambang emas rakyat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi posisi, bentuk, dan estimasi lebar sumber anomali gravitasi di area Tambang Emas Rakyat Kuta Usang dengan menerapkan metode *analytic signal* (AS) dan *total horizontal derivative* (THD) terhadap data *complete bouguer anomaly* (CBA) Global Gravity Model Plus (GGMPlus). Data CBA diolah untuk menghasilkan peta anomali residual, yang kemudian dianalisis menggunakan AS dan THD. Hasil dari analisis tersebut diinterpretasi berdasarkan data geologi dan struktur regional yang sudah diketahui. Validasi lapangan dilakukan melalui pengamatan singkapan batuan dan karakteristik mineralisasi. Hasil penelitian menunjukkan pola anomali gravitasi yang diinterpretasikan sebagai sumber berbentuk tegak dan terpotong, terlihat dari pola lonceng dan patahan pada kurva AS. Dua titik singkapan granit di area tambang memperlihatkan pola lonceng, mengindikasikan sumber anomali yang relatif homogen. Estimasi lebar anomali dari puncak kurva THD menunjukkan kesamaan dengan lebar intrusi granit yang teridentifikasi di lapangan. Pola patahan yang teridentifikasi terutama di lokasi tambang rakyat, mengindikasikan perkembangan patahan dan rekahan di seluruh area Kuta Usang. Struktur-struktur ini berperan sebagai jalur bagi fluida hidrotermal, menyebabkan mineralisasi pada batuan sekitarnya, yang dibuktikan dengan keberadaan mineral seperti serisit, karbonat, pirit, sfalerit, galena, dan kalkopirit pada singkapan granit dan sekis mika. Studi ini menunjukkan bahwa analisis anomali gravitasi menggunakan data GGMPlus, AS, dan THD efektif dalam mengidentifikasi potensi mineralisasi emas di area dengan informasi geologi terbatas, dan dapat menjadi panduan awal yang berharga untuk eksplorasi lebih lanjut.

**Kata kunci:** *analytic signal, total horizontal derivative, GGMPlus, Kuta Usang, mineralisasi emas*

#### ABSTRACT

Limited local geological information is a challenge in mineral exploration, particularly in artisanal gold mining. This study aims to identify the position, shape, and width estimation of the gravity anomaly source in the Kuta Usang Artisanal Gold Mine area by applying the *analytic signal* (AS) and *total horizontal derivative* (THD) methods to the *complete bouguer anomaly* (CBA) Global Gravity Model Plus (GGMPlus) data. The CBA data was processed to produce a residual anomaly map, which was then analyzed using AS and THD. The analysis results are interpreted based on known geological data and regional structures. Field validations were carried out through observations of rock outcrops and mineralization characteristics. The results showed a pattern of gravity anomalies interpreted as upright and truncated sources, seen from the bell and fracture patterns on the AS curve. Two granite outcrop points in the mining area showed a bell pattern, indicating a relatively homogeneous anomaly source. The estimated width of the anomaly from the peak of the THD curve showed similarities to the width of the granite intrusion identified in the field. The fracture patterns identified, especially at the artisanal mining location, indicated the development of faults and fractures throughout the Kuta Usang area. These structures act as pathways for hydrothermal fluids, causing mineralization in the surrounding rocks, as evidenced by the presence of minerals such as sericite, carbonate, pyrite, sphalerite, galena, and chalcopyrite in granite and mica schist outcrops. This study demonstrates that gravity anomaly analysis using GGMPlus, AS, and THD data effectively identifies potential gold mineralization in areas with limited geological information and can be a valuable initial guide for further exploration.

**Keywords:** *analytic signal, total horizontal derivative, GGMPLUS, Kuta Usang, gold mineralization*

## PENDAHULUAN

Eksplorasi mineral di wilayah dengan informasi geologi terbatas, seperti area tambang emas rakyat, menghadirkan tantangan tersendiri. Area Tambang Emas Rakyat Kuta Usang di Sumatera Utara memiliki potensi mineralisasi emas yang menjanjikan, namun informasi geologi di daerah ini masih minim. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan inovatif untuk mengidentifikasi potensi tersebut. Metode geofisika, khususnya metode gravitasi, dapat menjadi solusi efektif dalam memetakan struktur bawah permukaan yang berpotensi mengandung mineralisasi, terutama di area dengan aksesibilitas terbatas. Data gravitasi, seperti dari Global Gravity Model Plus (GGMPlus), telah digunakan secara luas untuk memetakan struktur geologi bawah permukaan, termasuk patahan, gunung api aktif, dan perlapisan sedimen di berbagai lokasi [1, 2, 3]. Penggunaan data ini memberikan peluang besar untuk meningkatkan pemahaman tentang potensi mineralisasi di area yang sulit dijangkau.

Beberapa studi sebelumnya telah berhasil menerapkan metode *analytic signal* (AS) dan *total horizontal derivative* (THD) untuk analisis anomali gravitasi. Misalnya, AS telah digunakan untuk mengidentifikasi pusat anomali gravitasi di Vredefort Dome, Afrika Selatan, dan memetakan sumber panas di Gunung Erikawang, Ambon, Indonesia [4, 5]. Sementara itu, THD telah diaplikasikan untuk menentukan batas-batas luar anomali gravitasi, seperti dalam pemetaan patahan utama di Cekungan Shelf Laut Cina Timur [6]. Studi-studi ini menunjukkan bahwa metode AS dan THD efektif dalam menggambarkan struktur bawah permukaan yang berhubungan dengan proses geologi penting.

Meskipun metode AS dan THD telah berhasil diterapkan di beberapa studi terdahulu, belum ada penelitian yang secara spesifik memanfaatkan metode ini untuk menganalisis potensi mineralisasi emas di area dengan informasi geologi terbatas seperti daerah tambang rakyat Kuta Usang. Keterbatasan data geologi lokal dan ketidakhadiran batuan intrusi di permukaan menjadi kendala dalam eksplorasi emas primer di area ini. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi *gap* dengan menerapkan metode AS dan THD untuk memperkirakan posisi dan jenis sumber anomali gravitasi di Kuta Usang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi posisi, bentuk, dan estimasi lebar sumber anomali gravitasi di area Tambang Emas Rakyat Kuta Usang dengan menggunakan metode AS dan THD terhadap data

*complete bouguer anomaly* (CBA) dari GGMPlus. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan awal yang berharga untuk eksplorasi mineralisasi emas di wilayah tersebut.

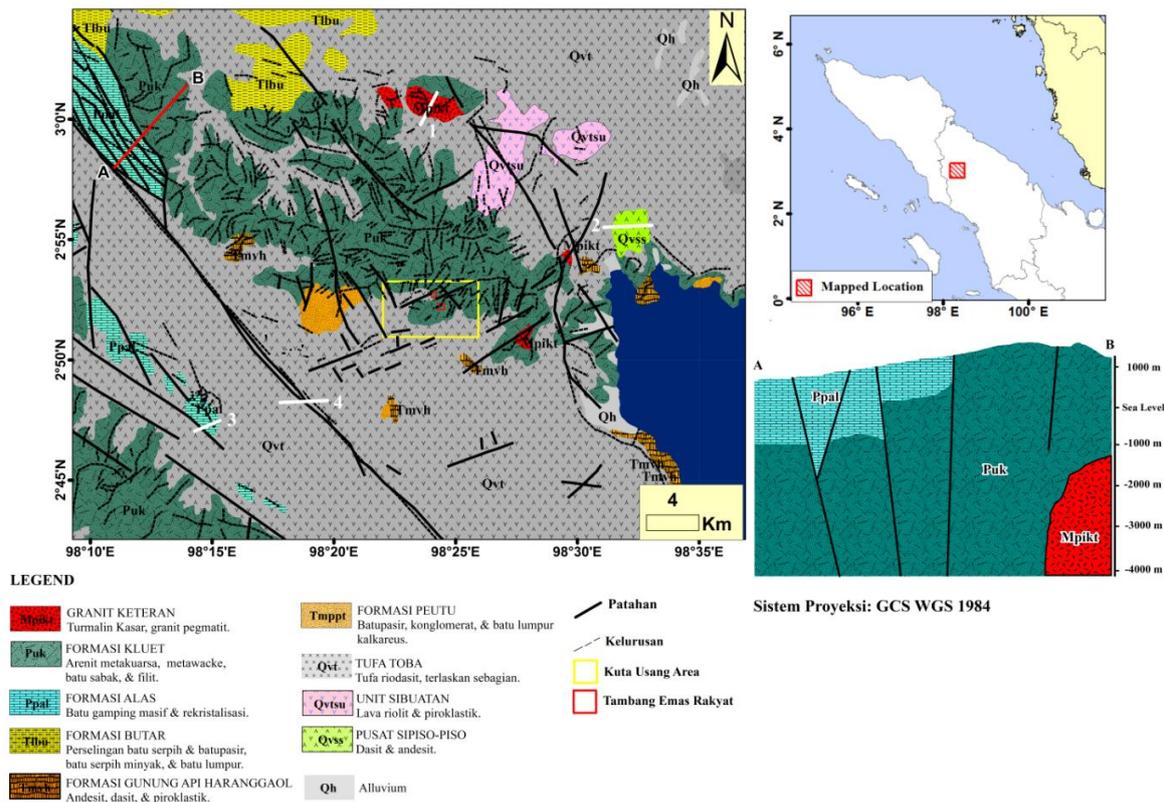
## METODE PENELITIAN

### Daerah Penelitian dan Kondisi Geologi Regional

Area penelitian terletak di Kuta Usang, Sumatera Utara, yang memiliki potensi mineralisasi emas primer. Informasi mengenai kondisi geologi regional di area ini diperoleh dari beberapa literatur, termasuk peta geologi regional dan studi-studi terdahulu [7, 8, 9]. Secara lebih rinci, area Kuta Usang berada pada Formasi Kluet, yaitu formasi sedimen yang berumur Permo-Carboniferous (Gambar 1) [7]. Formasi ini secara dominan tersusun atas batu sabak hitam, dengan filit, arenit kuarsa, dan *metagreywacke* konglomeratik. Kemudian mengalami metamorfisme fasies regional, sub-*greenschist*, hingga *greenschist* dengan kehadiran minor batuan metamorfik fasies amfibolit dan migmatit [8].

Selain itu, di sekitar zona Patahan Sumatera, terdapat Formasi Alas yang tersingkap, yang terdiri dari batu gamping dolomitik dengan tekstur lapuk, kristalin, dan terbreksiasi secara lokal. Metamorfisme batu gamping ini menyebabkan pembentukan marmer grafitik dan sekis kalkareus yang mengandung *phlogopite* [8]. Metamorfisme kemungkinan terjadi akibat pengaruh intrusi granit dan geseran tektonik di wilayah ini. Namun, aktivitas intrusi magma di area Kuta Usang relatif jarang, dengan hanya satu formasi granit yang teridentifikasi, yaitu Granit Keteran di utara dan timur area penelitian, yang terdiri dari granit pegmatitik dan turmalin.

Di sekitar area Kuta Usang, formasi vulkanik juga hadir, salah satunya Formasi Tufa Toba yang tersusun atas tufa riolitik yang terlaskan sebagian [7]. Tufa ini mengandung fenokris kuarsa, sanidin, biotit, plagioklas, dan amfibol, serta oksida Fe-Ti minor seperti magnetit dan ilmenit, allanit, zirkon, fayalit, dan orthopiroksen [9]. Formasi vulkanik Kuartir lainnya yang terdapat di sekitar Kaldera Toba adalah Pusat Sipiso-Piso dan Unit Sibuatan [7]. Sebagian besar formasi pra-Tersier di wilayah ini, terutama bagian selatan Kuta Usang, tertutup oleh Formasi Tufa Toba berumur Kuartir. Ketebalan formasi ini bervariasi tergantung pada elevasi, dengan tutupan yang lebih tebal di area yang lebih rendah pada saat erupsi Kaldera Toba. Kontak antara formasi ini dan formasi geologi lainnya sering menjadi indikasi adanya struktur patahan yang signifikan di wilayah tersebut.



**Gambar 1.** Peta Geologi Regional area penelitian. Garis putih merupakan garis profil untuk peta CBA, residual CBA, AS, dan THD [7].

### Pengolahan Data Gravitasi

Penelitian ini menggunakan data Global Gravity Model Plus (GGMPlus) yang memiliki resolusi 200 m, dimana data yang digunakan berupa *gravity disturbance* dalam satuan mGal [10]. Data GGMPlus dapat diakses pada situs <https://ddfe.curtin.edu.au/models/GGMplus/>. Data GGMPlus *gravity disturbance* setara dengan *free air anomaly* (FAA), sehingga perlu dikoreksi dengan koreksi bouguer dan koreksi medan untuk memperoleh nilai *complete bouguer anomaly* (CBA) [11]. Koreksi Bouguer dilakukan dengan nilai densitas rata-rata kerak bumi, yaitu 2,67 g/cm<sup>3</sup> dan nilai ketinggian geoid data GGMPlus, sedangkan koreksi medan menggunakan digital elevation model Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) beresolusi 1 *arc second*. Peta CBA diperoleh setelah menerapkan kedua koreksi tersebut.

Pemisahan peta CBA GGMPlus menjadi peta anomali regional dan residual dilakukan dengan *upward continuation* pada kedalaman yang ditargetkan (Gambar 2). Hal tersebut sesuai dengan penelitian terdahulu yang berhasil memetakan *skarn iron bodies deposit* di Distrik Dida, Jilin, China Timur Laut [12]. Anomali regional diperoleh dengan *upward continuation* 500 m karena anomali gravitasi pada kedalaman tersebut dinilai berelasi dengan struktur geologi yang kemungkinan berelasi dengan mineralisasi primer. Substraksi peta CBA terhadap peta anomali regional akan menghasilkan peta

anomali residual. Peta ini berelasi dengan anomali gravitasi dangkal pada kedalaman 500 m di bawah titik referensi. Kontras antara gravitasi tinggi dan rendah dari peta tersebut akan digunakan sebagai kontrol untuk interpretasi peta hasil peningkatan data CBA dengan metode AS dan THD, seperti pada Pers.(Persamaan 1) dan Pers.(2), untuk mengidentifikasi posisi sumber anomali gravitasi dan batas terluarnya yang ditunjukkan oleh nilai tinggi hingga maksimum keduanya. Area bernilai tinggi hingga maksimum dari peta AS dan THD (Gambar 3), diekstraksi sehingga menunjukkan lokasi sumber anomali gravitasi (Gambar 4).

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

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

Persamaan 1 untuk AS dan Persamaan 2 untuk THD.

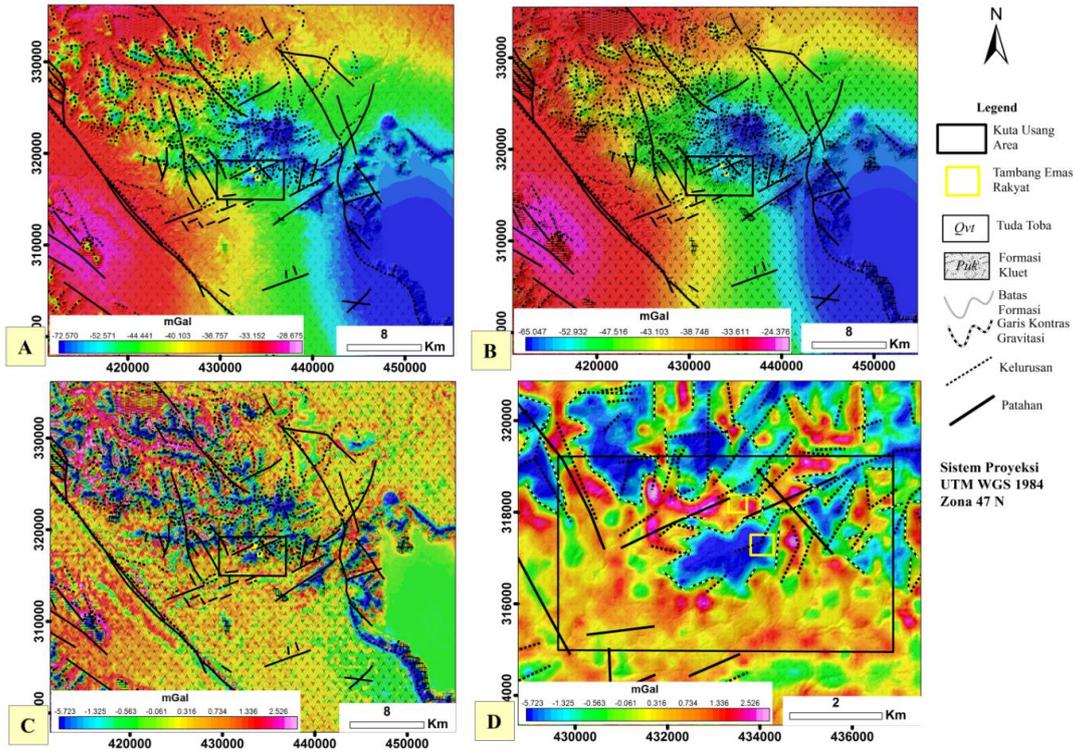
Keterangan:

- $\partial g/\partial x$  = data grid CBA diturunkan terhadap arah x
- $\partial g/\partial y$  = data grid CBA diturunkan terhadap arah y
- $\partial g/\partial z$  = data grid CBA diturunkan terhadap arah z

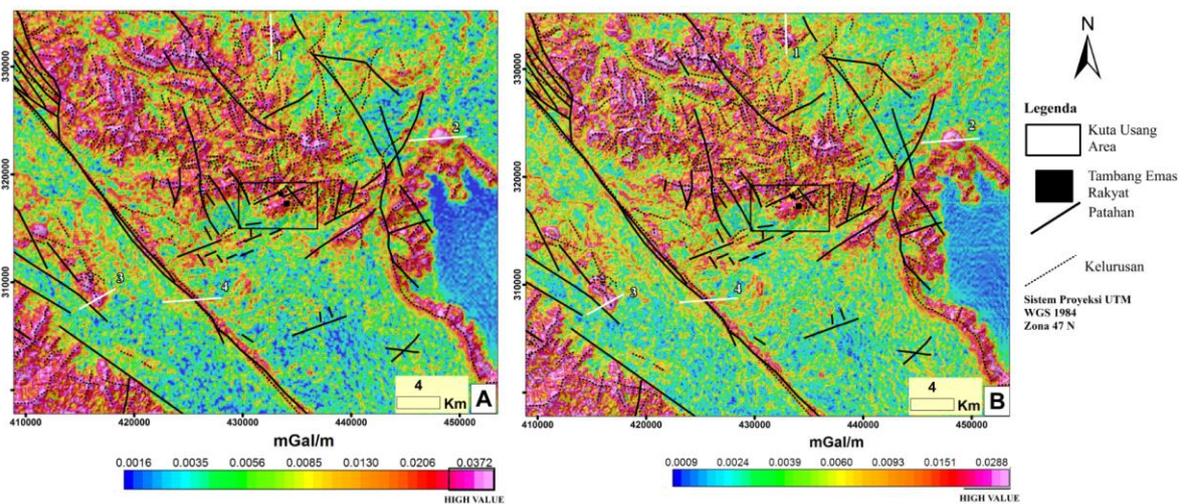
Selanjutnya, penarikan garis profil dilakukan pada area yang representatif berdasarkan informasi peta geologi

regional, seperti Intrusi Granit Keteran (Mpikt), Batuan Vulkanik Kuartar Sipiso-Piso (Qvss), bagian dari Formasi Alas Anggota Batu Gamping (Ppal) di Dolok Siraut, serta suatu bagian dari Patahan Sumatera (lihat Gambar 1). Tiap garis profil dapat menunjukkan bentuk dan estimasi lebar jarak sumber anomali gravitasi dari kurva maksimum AS dan THD.

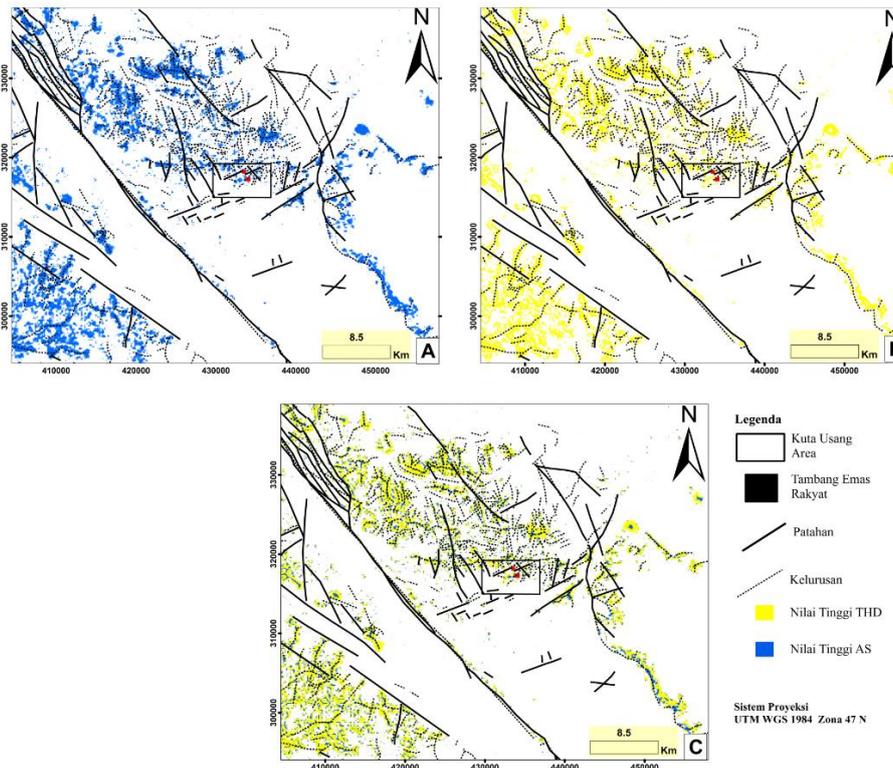
Berdasarkan hal tersebut, interpretasi struktur di Kuta Usang dapat dilakukan serta divalidasi dengan pengambilan sampel batuan dari singkapan intrusi granit dan patahan di lapangan. Sampel batuan yang diperoleh dari titik sampling dipreparasi menjadi sayatan tipis dan poles di Laboratorium Preparasi Geokimia, serta pengamatan sayatan dilakukan dengan Nikon LV100N POL di Laboratorium Mikroskopi Institut Teknologi Bandung.



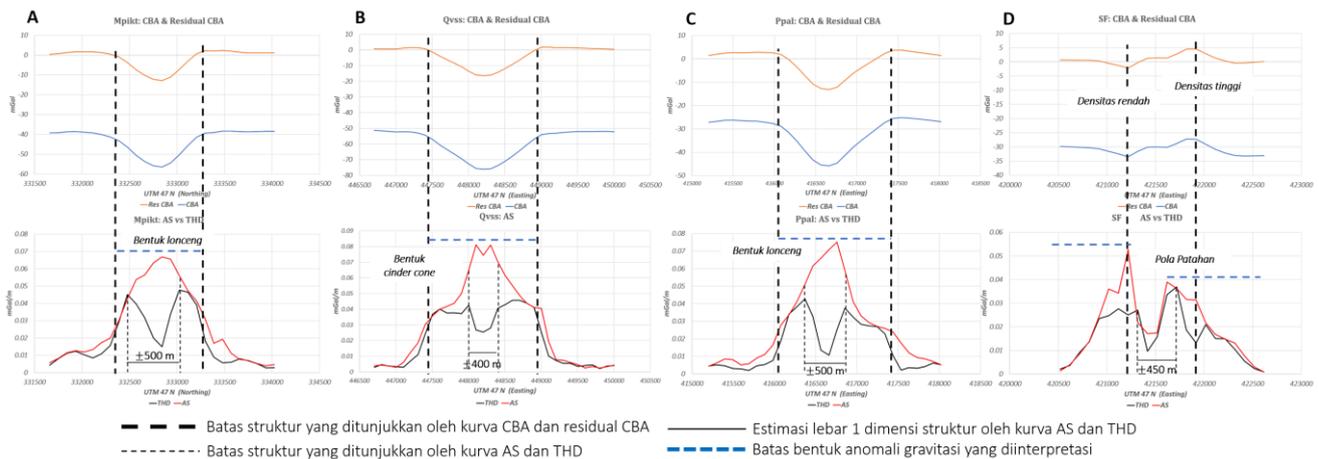
**Gambar 2.** Peta Complete Bouguer Anomali GGMPlus area penelitian serta hasil pemisahan anomali regional dan residualnya



**Gambar 3.** Peta AS (A) dan Peta THD (B) dari Peta CBA. Keterangan: garis profil diterapkan pada intrusi granit (A), pusat vulkanik Kuartar (B), bukit gamping Paleozoik (C), dan Patahan Sumatera (D)



**Gambar 4.** Peta ekstraksi nilai tinggi AS (A), THD (B), dan gabungan keduanya (C) dari Peta CBA.



**Gambar 5.** Kurva CBA, residual CBA, AS, dan THD garis profil dari fitur geologi yang ada di luar area tambang emas rakyat Kuta Usang menunjukkan bentuk lonceng dan pola patahan. Keterangan: (A) intrusi granit Keteran Mpikt, (B) pusat vulkanik Kuartir Sipiso-Piso Qvss, (C) bukit gamping Alas Ppal, (D) Patahan Sumatera atau SF.

**HASIL**

**Peta CBA dan Peta Pemisahan Anomali CBA**

Peta CBA yang dihasilkan dari data GGMPlus menunjukkan nilai gravitasi -72,5 mGal hingga -28,6 mGal (Gambar 2A). Hal ini membuktikan area ini berada di zona gravitasi rendah Tawar-Toba yang berada di bagian utara Pulau Sumatera [8]. Dari peta tersebut,

terlihat pembagian zona nilai gravitasi dengan warna berdasarkan pemerataan histogram. Area Kuta Usang dan pusat vulkanik Kuartir seperti Formasi Sipiso-Piso berada di zona gravitasi rendah yang terhubung dengan area Kaldera Toba. Intrusi granit Keteran dan bukit gamping Paleozoik Alas terlihat berada pada zona gravitasi tinggi, namun pada pusat keduanya menunjukkan area-area zona gravitasi rendah.

Peta CBA regional yang dihasilkan dengan *upward continuation* 500 m mempertegas pembagian zona nilai gravitasi (Gambar 2B). Zona-zona gravitasi rendah yang berelasi dengan warna biru tidak dijumpai di luar area Kaldera Toba dan area di barat laut Kaldera Toba, dimana Kuta Usang berada. Disamping itu, di area baratdaya Kuta Usang terlihat suatu zona bergravitasi tertinggi, yang mengelilingi bukit gamping Alas. Namun, penyebab dari anomali ini belum diketahui karena keterbatasan informasi geologi di area tersebut.

Substraksi peta CBA terhadap peta CBA regional menghasilkan peta CBA residual yang mendiskriminasi anomali gravitasi lokal (Gambar 2C). Pusat dari fitur geologi seperti intrusi granit Keteran, pusat vulkanik Kuartir Sipiso-Piso, dan bukit gamping Alas menampilkan zona bernilai gravitasi rendah yang dikelilingi zona bergravitasi tinggi. Selain itu, peta ini juga terlihat mempertegas batas antara Kaldera Toba terhadap sekitarnya.

Peningkatan skala pada Peta CBA residual khususnya di area Kuta Usang memperlihatkan kontras antara gravitasi tinggi dan rendah (Gambar 2D). Sejumlah batas kontras antar keduanya dijumpai memotong patahan dari peta geologi regional. Disamping itu, di salah satu lokasi tambang terdapat zona gravitasi rendah yang dikelilingi oleh zona bergravitasi tinggi. Pola ini serupa dengan yang ditunjukkan oleh pusat fitur geologi sebelumnya, seperti intrusi granit, bukit gamping, dan pusat vulkanik Kuartir.

### AS dan THD dari Peta CBA

Penerapan AS pada peta CBA memperlihatkan fitur-fitur geologi dari peta geologi regional sebagai sumber anomali gravitasi dari nilai tingginya (Gambar 3). Pusat dari fitur geologi memiliki nilai AS maksimum. Hal yang cukup serupa juga ditunjukkan oleh peta THD secara regional. Lokasi dari pinggir sumber anomali gravitasi ditunjukkan dengan nilai maksimum, namun pada area pusat fitur geologi terdapat zona nilai turunan gravitasi menengah hingga rendah. Untuk menunjukkan posisi sumber anomali gravitasi dan batas terluarnya, nilai tinggi dari peta AS dan THD diekstraksi dan keduanya dikombinasikan dalam suatu peta (Gambar 4). Dari peta kombinasi tersebut, deliniasi fitur geologi semakin dipertegas. Misalnya pada Patahan Sumatera dimana garis patahan dan nilai kombinasi AS serta THD berada pada posisi yang relatif sama.

## PEMBAHASAN

### Interpretasi Profil di Luar Area Kuta Usang

Tiga garis profil di area berelevasi relatif tinggi di sekitar Formasi Kluet (Puk) yang tertutupi tufa, yaitu intrusi Mpikt, bukit gamping Ppal, dan formasi Qvss menunjukkan kurva CBA dan residual CBA yang membentuk huruf U (Gambar 5). Hal ini membuktikan ketiganya memiliki densitas yang lebih rendah terhadap Formasi Kluet, walaupun formasi ini ditutupi oleh tufa

dan berelevasi lebih rendah. Profil Patahan Sumatra (SF) yang tertutupi Tufa Toba juga mendukung hal tersebut, dimana kurva yang ditunjukkan berbeda dari ketiganya dan tidak memperlihatkan penurunan nilai gravitasi yang signifikan. Pada peta gabungan AS dan THD terlihat bahwa area sumber anomali gravitasi ditunjukkan dengan zona nilai tinggi AS yang berhimpitan dengan zona nilai tinggi THD (Gambar 4).

Nabighian (1972) menyatakan turunan horizontal akan menunjukkan nilai tinggi di ujung tubuh anomali, sedangkan AS bernilai tinggi di atasnya. Hal tersebut terlihat pada kurva yang ditunjukkan oleh tiap garis profil (Gambar 5) [13]. Bentuk lonceng ditunjukkan oleh kurva AS intrusi Mpikt dan bukit gamping Ppal, dimana hal ini mengindikasikan bentuk tubuh anomali gravitasi yang relatif tegak.

Kurva THD menunjukkan batas terluar dari keduanya, serta estimasi lebar satu dimensinya sebesar  $\pm 500$  m. Bentuk yang hampir serupa ditunjukkan oleh kurva AS Qvss, namun sedikit mencekung pada bagian puncaknya. Hal ini berelasi dengan berkurangnya nilai gravitasi pada bagian kawah di tengah formasi Qvss. Di samping itu, kurva AS dan THD profil SF menunjukkan pola patahan dengan dua puncak yang terpisah sejauh  $\pm 450$  m, yang diinterpretasikan sebagai suatu tubuh anomali yang patah dan berbeda posisi vertikal.

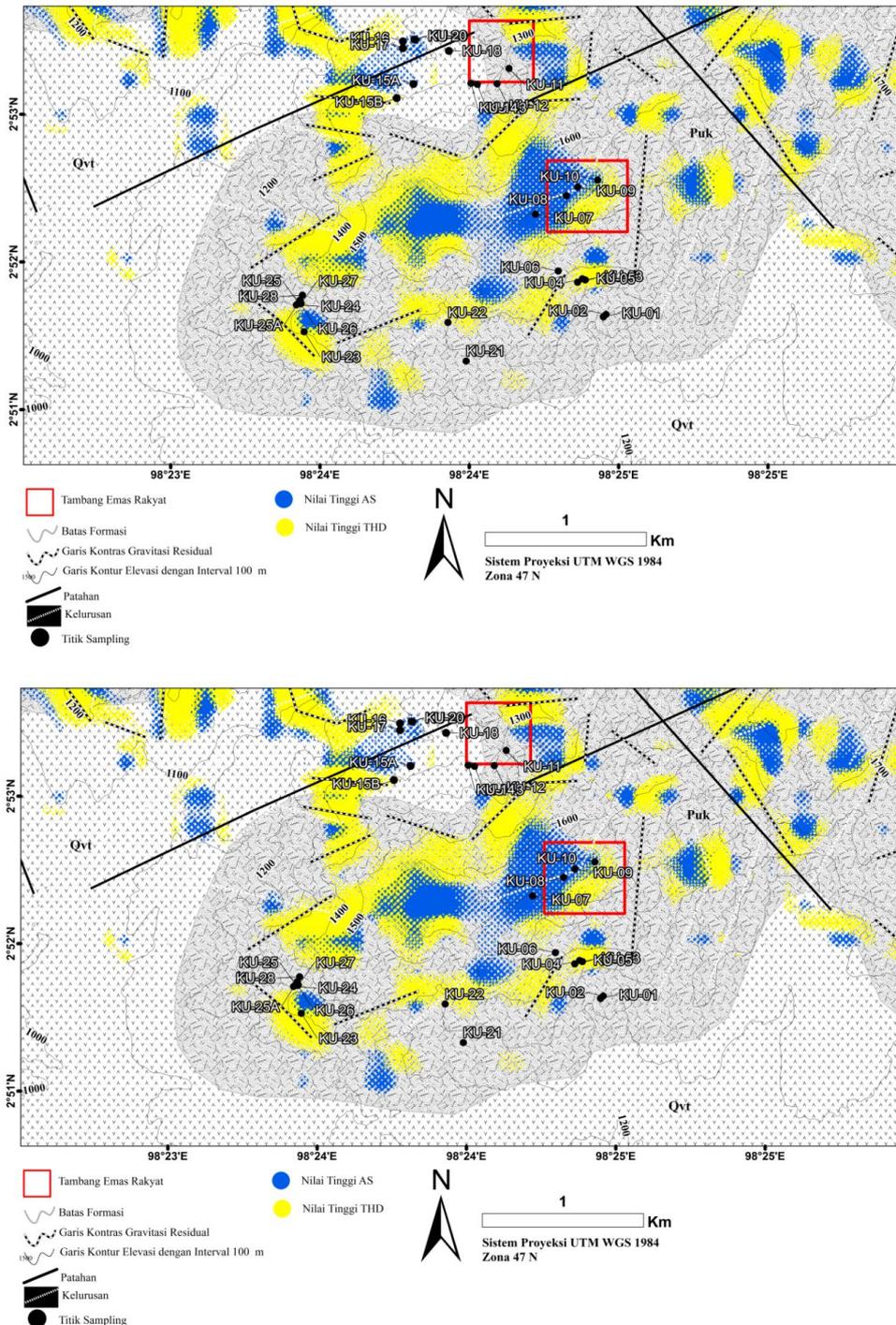
### Interpretasi Profil di Area Kuta Usang

Peta CBA regional memperlihatkan Area Kuta Usang berada di zona gravitasi rendah yang berelasi dengan Kaldera Toba (Gambar 2B). Barber, dkk (2005) menginterpretasikan rendahnya gravitasi di Area Toba karena kehadiran batolit granit besar yang masih dalam proses pembentukan, sehingga pada Area Kuta Usang kemungkinan sejumlah intrusi granit juga hadir. Pada Peta CBA residual, di tengah area ini terdapat zona gravitasi rendah yang dikelilingi oleh sejumlah zona gravitasi tinggi berukuran kecil (Gambar 2D) [7]. Hal ini, jika ditinjau dari pola kurva CBA dan residual CBA di luar Area Kuta Usang, dapat diinterpretasikan sebagai kehadiran batuan selain anggota Formasi Kluet yang memiliki densitas yang lebih rendah, seperti batuan intrusif, batuan vulkanik, dan batuan sedimen lainnya, atau keberadaan suatu graben (Gambar 5).

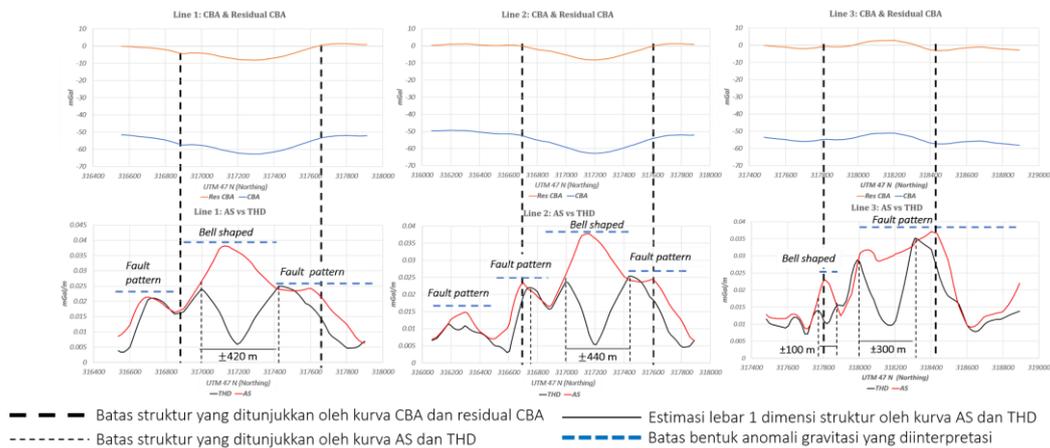
Kontras antara zona gravitasi tinggi dan rendah relatif berdekatan hingga memotong garis patahan yang ditunjukkan oleh peta geologi regional, dimana hal ini menunjukkan hubungan yang kuat antara keduanya. Pada Area Kuta Usang, terdapat sekumpulan zona nilai tinggi AS dan THD yang berdekatan dengan ukuran yang relative besar (Gambar 6). Zona-zona ini berelasi dengan kehadiran patahan yang terlihat dengan garis-garis kelurusan yang memotong zona tersebut. Namun terdapat beberapa zona-zona yang kecil yang mungkin berelasi dengan tubuh anomali gravitasi berukuran kecil atau relatif tegak. Kurva AS mendukung relasi tersebut dengan

bentuk lonceng yang ditunjukkan oleh ketiga garis profil (Gambar 7). Lebar satu dimensi dari ketiga bentuk lonceng ini yaitu  $\pm 420$  m,  $\pm 440$  m, dan  $\pm 100$  m, dimana ketiganya cukup serupa dengan yang ditunjukkan oleh profil intrusi Mpikt dan bukit gamping Ppal. Kurva AS

dari Line 3 menunjukkan bentuk lonceng yang lebih kecil dari Line 1 dan Line 2. Letak dari bentuk ini berdekatan dengan pola patahan, sehingga diinterpretasikan sebagai sumber anomali gravitasi berbentuk relatif tegak seperti intrusi yang berelasi dekat dengan patahan.



**Gambar 6.** Peta AS dan THD Area Kuta Usang disertai garis profil yang ditandai dengan garis merah. Persegi merah pada garis profil menunjukkan lokasi bentuk lonceng yang diindikasikan sebagai lokasi intrusi granit.



**Gambar 7.** Kurva CBA, residual CBA, AS, dan THD garis profil dari di area tambang emas rakyat Kuta Usang.

**Kehadiran Intrusi Granit dan Patahan di Kuta Usang**

Intrusi granit ditemukan pada titik pengambilan sampel keping batuan KU-04 dan KU-22 (Gambar 8). Singkapan granit KU-04 ditemukan di sekitar ±500 m dari posisi kurva AS berbentuk lonceng Line 2, membentuk dinding terjal yang dialiri air, dan berkontak langsung dengan sekis epidot (Gambar 7). Granit ini tersusun oleh kuarsa, mikroclin, turmalin, serisit, dan minor pirit. Turmalin terdeformasi kemudian digantikan oleh kuarsa, mikroclin, dan mineral opak seperti pirit. Sejumlah mikroclin

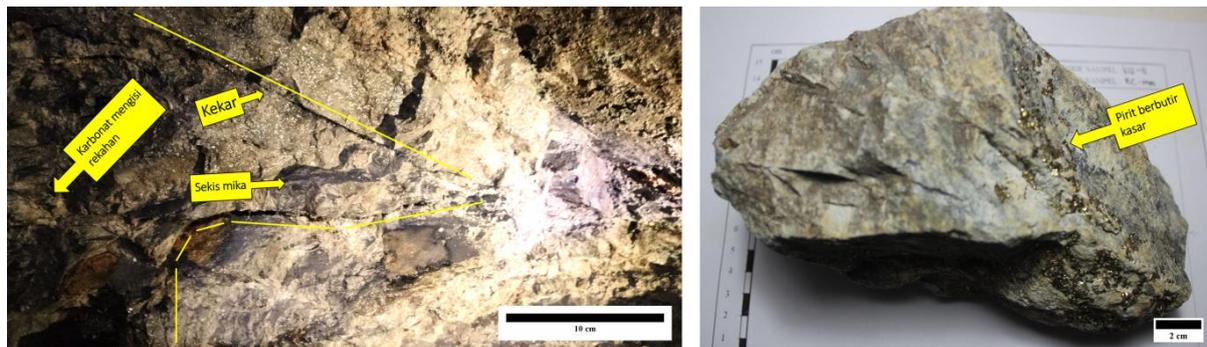
teridentifikasi mengalami seritisasi. Disamping itu, singkapan granit KU-22 teridentifikasi sekitar ±650 m dari lokasi kurva AS berbentuk lonceng (Gambar 7). Granit ini diduga berbentuk intrusi sill yang tersusun dari mineral yang hampir sama dengan granit di KU-04. Granit ini teralterasi lebih kuat dimana veinlet muskovit disertai kuarsa berbutir halus, barit, pirit, sfalerit terlihat mengisi rekahan yang memotong mikroclin dan turmalin berbutir kasar. Granit ini kontak dengan breksi barit dan sekis mika yang membawa pirit dan sfalerit.



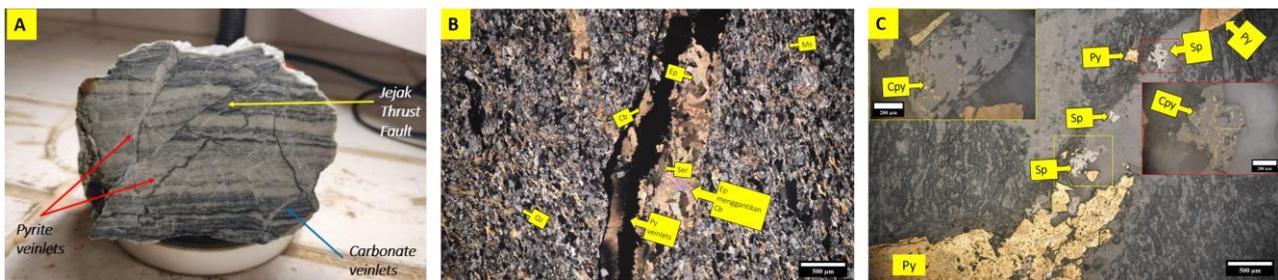
**Gambar 8.** Foto singkapan granit KU-04 (A dan B) dan KU-22 (C dan D) beserta fotomikrografnya. Singkatan: ser (serisit), mc (mikroclin), qz (kuarsa), py (pirit), opq (opak), ep (epidote), tour (turmalin).

Validasi lapangan terhadap bentuk lonceng pada kurva AS Line 3 tidak dilakukan karena terbatasnya akses untuk menuju lokasi tersebut. Pada line 3 ini, rentang easting 318000 hingga 318800 menunjukkan pola patahan, dimana terdapat sejumlah titik penambangan emas rakyat di lokasi tersebut. Namun di lokasi ini tidak teridentifikasi singkapan patahan yang signifikan. Rekahan terisi karbonat-pirit pada batuan sekis mika teridentifikasi di dalam lubang tambang rakyat berkedalaman horizontal 200 meter dari pintu masuk (Gambar 9). Jejak patahan

naik terlihat di dalam keping batuan yang diperoleh dari lubang tersebut. Rekahan yang berkembang akibat patahan naik terisi oleh karbonat (ankerit + dolomit). Pengisian rekahan oleh karbonat ini memotong foliasi kuarsa-serisit, kemudian karbonat tergantikan oleh veinlet pirit. Dalam veinlet pirit, terlihat pirit terlihat tumbuh bersama dengan sfalerit dan galena. Kalkopirit cukup jarang ditemui karena hadir dalam bentuk inklusi di dalam sfalerit (Gambar 10).



**Gambar 9.** Rekahan pada batuan sekis mika yang terisi oleh karbonat dan pirit di dalam lubang tambang rakyat KU-11.



**Gambar 10.** Foto keping batuan KU-11 dan fotomikrografnya. Singkatan: cb (karbonat), ep (epidot), ser (serisit), qz (kuarsa), sp (sfalerit), py (pirit), cpy (kalkopirit).

**KESIMPULAN**

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa metode AS dan THD efektif dalam mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan dan potensi mineralisasi emas di area Kuta Usang. Metode AS dan THD terhadap data CBA dari GGMPPlus efektif dalam mengidentifikasi struktur geologi yang berpotensi terkait mineralisasi emas di Kuta Usang. Sumber anomali gravitasi yang ditemukan berbentuk tegak dan terpotong, terlihat dari pola lonceng dan patahan pada kurva AS. Dua titik singkapan granit diidentifikasi konsisten dengan hasil THD dan menunjukkan kesamaan dengan lebar intrusi granit di lapangan. Pola patahan dan rekahan berfungsi sebagai jalur fluida hidrotermal yang mendukung mineralisasi batuan sekitar, dibuktikan oleh keberadaan mineral seperti serisit, karbonat, pirit, sfalerit, galena, dan kalkopirit. Metode AS dan THD memberikan panduan efektif untuk eksplorasi mineralisasi emas di wilayah

dengan informasi geologi terbatas, dan dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut di Kuta Usang.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Kami mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penyedia Dana Pendidikan (LPDP) yang telah memberi dukungan dalam bentuk finansial terhadap penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] M. Kassa, A. Alemu, and A. Muluneh, (2021), Determination of gravity and isostatic Moho: Implications for the evolution of rifting in the central Main Ethiopian Rift, *Journal of African Earth Sciences*, 184, 104350.  
 [2] A. F. Pohan *et al.*, (2023), Utilization and modeling of satellite gravity data for geohazard assessment in



- the Yogyakarta area of Java Island, Indonesia, *Kuwait Journal of Science*, 50(4), 499–511.
- [3] F. F. Putri, W. A. Nuqramadha, F. Fahmi, S. A. Pratama, and Y. Daud, Identification of low to moderate temperature fault-controlled geothermal system using satellite gravity method—A comparative study.
- [4] M. Beiki, (2010), Analytic signals of gravity gradient tensor and their application to estimate source location, *Geophysics*, 75(6), I59–I74.
- [5] R. Lewerissa, S. Sismanto, A. Setiawan, and S. Pramumijoyo, (2017), The study of geological structures in Suli and Tulehu geothermal regions (Ambon, Indonesia) based on gravity gradient tensor data simulation and analytic signal, *Geosciences (Basel)*, 8(1), 4.
- [6] W. Wang, Y. Pan, and Z. Qiu, (2009), A new edge recognition technology based on the normalized vertical derivative of the total horizontal derivative for potential field data, *Applied Geophysics*, 6(3), 226–233.
- [7] Aldiss, D.T., Whandoyo, R., Sjaefudien, A.G., Kusjono, (1983), The Geology of the Sidikalang and part of Sinabang Quadrangles (0518 and 0618), Sumatra. Scale 1:250,000.
- [8] A. J. Barber, M. J. Crow, and J. Milsom, (2005), Sumatra: geology, resources and tectonic evolution, Geological Society of London.
- [9] C. A. Chesner, (1998), Petrogenesis of the toba tuffs, sumatra, indonesia, *Journal of petrology*, 39(3), 397–438.
- [10] C. Hirt, S. Claessens, T. Fecher, M. Kuhn, R. Pail, and M. Rexer, (2013), New ultrahigh-resolution picture of Earth's gravity field, *Geophys Res Lett*, 40(16), 4279–4283.
- [11] A. Suprianto, N. Priyantari, and B. E. Cahyono, (2021), Correlation Between GGMPlus, Topex and BGI Gravity Data in Volcanic Areas of Java Island, *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 012023.
- [12] H. Zeng, D. Xu, and H. Tan, (2007), A model study for estimating optimum upward-continuation height for gravity separation with application to a Bouguer gravity anomaly over a mineral deposit, Jilin province, northeast China, *Geophysics*, 72(4), I45–I50.
- [13] M. N. Nabighian, (1972), The Analytic Signal of Two-Dimensional Magnetic Bodies with Polygonal Cross-Section: Its Properties and Use for Automated Anomaly Interpretation, *Geophysics*, 37(3), 507-517.