

# IDENTIFIKASI AREA POTENSI DEPOSIT MINERALISASI EMAS SESAR SEMANGKO DAERAH NGAMBUR PROVINSI LAMPUNG BERDASARKAN ANALISIS DERIVATIF DATA GAYA BERAT GGM PLUS

**Yazid Pangaloan Lubis<sup>1</sup>, AUFAR FARRELL KHAMADA<sup>1</sup>, KARYANTO<sup>1</sup>, RAHMAT CATUR WIBOWO<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soeamtri Brodjonegoro No.1, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

<sup>2</sup> Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soeamtri Brodjonegoro No.1, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

\*email: rahmat.caturwibowo@eng.unila.ac.id

## ABSTRAK

Indonesia memiliki kekayaan sumber daya alam yang sangat melimpah salah satunya pada daerah Ngambur yang terletak di Kabupaten Pesisir Barat Provinsi Lampung yang berada pada cekungan Pull Apart Basin Sesar Semangko. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan dengan analisis data gravity menggunakan metode SVD untuk melihat zona pesbaran mineralisasi emas daerah Ngambur. Penelitian ini dilakukan menggunakan data dari website GGMPlus yang kemudian diolah untuk mengetahui densitas permukaan rata-rata. Perhitungan metode Parasnis dengan rata-rata sebesar 2.569 g/cc digunakan pada perhitungan koreksi bouguer sehingga didapatkan nilai ABL dan koreksi medan. Penelitian kali ini, dilakukan dengan analisis spektrum pada 5 lintasan yang mewakili nilai anomali keseluruhan daerah penelitian. Nilai lebar jendela yang didapatkan dari proses analisis spektrum dimasukkan dalam filter moving average untuk melakukan pemisahan anomali regional dan residual. Pada penelitian kali ini dilakukan analisis SVD menggunakan operator matriks Elkins pada software Surfer. Korelasi struktur hasil interpretasi SVD dengan Peta Geologi menunjukkan adanya zona mineralisasi emas pada formasi Hulusimpang (Tomh). Persebaran formasi geologi badan batuan induk mineralisasi emas tersebar hingga intrusi andesit-porfiri yang diketahui terbentuk secara intrusi.

Kata Kunci: Gravity; SVD; Formasi Hulusimpang

## ABSTRACT

**[Title: Identification of Landslide Potential in The Semangko Fault Area Using UAV Aerial Photography (Case Study: Way Kerap, Semaka, Tanggamus Regency)]** Indonesia has very abundant natural resources, one of which is the Ngambur area which is located in the West Pesisir Regency, Lampung Province, which is in the Pull Apart Basin of the Semangko Fault. This research was carried out to determine the subsurface geological structure by analyzing gravity data using the SVD method to see the distribution zone of gold mineralization in the Ngambur area. This research was carried out using data from the GGMPlus website which was then processed to determine the average surface density. The Parasnis method calculation with an average of 2.569 g/cc, which is used in calculating the Bouguer correction to obtain the ABL and terrain correction values. In this research, spectrum analysis was carried out on 5 trajectories which represent the anomaly values for the entire research area. The window width value obtained from the spectrum analysis process is included in the moving average filter to separate regional and residual anomalies. In this research, SVD analysis was carried out using the Elkins matrix operator in Surfer software. Correlation of the structure of the SVD interpretation results with the Geological Map shows the existence of a gold mineralization zone in the Hulusimpang (Tomh) formation. The distribution of the geological formation of the host rock body of gold mineralization is spread to andesite-porphiry intrusions which are known to have formed intrusively.

Keywords: Gravity; SVD; Hulusimpang Formation

## PENDAHULUAN

Akumulasi energi hasil desakan pertemuan dua lempeng yang melampaui batas elastisitasnya mengakibatkan muncul bidang patahan atau sesar. Sesar (*fault*) merupakan bidang rekahan atau zona rekahan pada batuan yang sudah mengalami

pergeseran. Sesar terjadi sepanjang retakan pada kerak bumi yang terdapat *slip* di antara dua sisi sesar

(Sarkowi dkk., 2023). Indonesia yang merupakan negara di antara pertemuan tiga lempeng dunia (*Ring of Fire*) yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-

Australia dan lempeng Pasifik dengan pergerakan lempeng yang sangat aktif sehingga terbentuk lipatan, patahan serta sebaran gunung api dari Sumatra hingga Jawa.

Pulau Sumatra memiliki tatanan tektonik yang unik. Di sebelah barat Pulau Sumatra membentang zona subduksi yang sejajar dengan garis pantai Sumatra, sementara di darat membentang sesar Sumatra yang membelah Pulau Sumatra menjadi dua dari teluk Andaman di ujung utara sampai teluk Semangko di ujung selatan yang sejajar dengan kelurusan zona subduksi (Arisbaya dkk., 2015). *Sumatra Fault system* atau sesar Semangko merupakan sesar yang membentang sepanjang zona subduksi Pulau Sumatra dan seterusnya. Sesar ini merupakan hasil gaya *collision* antar lempeng benua yang menghasilkan tinggian berupa jajaran Bukit Barisan di sepanjang Pulau Sumatra. Pergerakan lempeng disepanjang sesar Semangko segmen Lampung ini terjadi secara terus menerus dengan kecepatan tertentu. Pada kondisi tertentu pergerakan lempeng satu dengan yang lain dapat melambat atau bahkan berhenti (Sarkowi dkk., 2022).

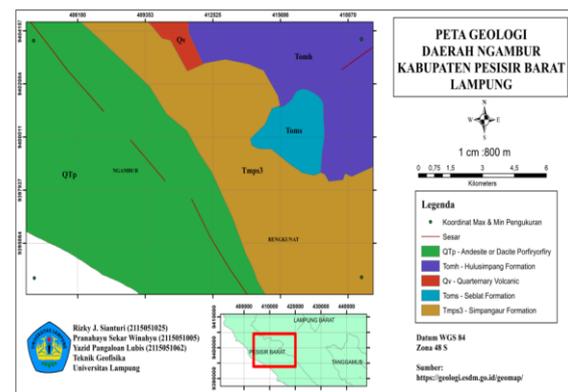
Patahan Semangko pada segmen Lampung terletak di antara zona Teluk Semangko sampai Danau Ranau. Sistem Sesar Sumatra segmen Semangko Lampung membentang dari teluk Semangko ke Utara sampai dengan depresi Suoh sepanjang 65 km memotong batuan gunung api (Bellier dkk., 1994). Menurut Sutrisno dkk. (2019) Suoh termasuk kedalam *pull apart basin* dengan dengan arah sesar NW-SE. Segmen sesar Semangko membentang sepanjang lebih dari 80 km dari Selat Sunda sampai dengan daerah Danau Ranau di utara. Perpanjangan *pull apart basin* pada kedalaman dangkal yang dekat permukaan dapat menjadi wadah batuan intrusif vulkanik felsik dengan mineralisasi tembaga yang kadarnya tinggi. Gaya yang terjadi pada *pull apart* berupa transtensional sehingga mengakibatkan adanya gaya yang saling tarik menjauh dan terbentuk *pull apart basin*. Sebaliknya, gaya transpressional merupakan gaya tumbukan yang tarik menarik sehingga terbentuk *pop up* dengan kondisi yang umumnya terdeformasi (Paguti & Nalendra, 2020).

Metode Gayaberat merupakan metode yang banyak digunakan untuk eksplorasi struktur geologi dan untuk studi geodinamika. Metode Gayaberat

menggunakan variasi kerapatan massa yang terdistribusi dalam lapisan tanah. Setiap batuan atau material dalam tanah memiliki nilai kerapatan massa yang berbeda-beda dan dapat mempengaruhi variasi medan gravitasi bumi, sehingga menyebabkan terjadi anomali gravitasi. Pada saat pengolahan data gayaberat, perlu dilakukan beberapa koreksi yang bertujuan untuk menghilangkan atau mereduksi gangguan dari luar yang dapat mempengaruhi suatu data pengukuran. Pemisahan anomali regional dan residual dilakukan dengan menggunakan analisis spektrum. Analisis *Second Vertical Derivative* (SVD) digunakan untuk memunculkan sumber-sumber anomali yang bersifat dangkal/lokal untuk mendapatkan struktur patahan, batas litologi, dan sumber anomali berasal dari dekat permukaan (Zaenudin, 2021).

### Geologi Regional

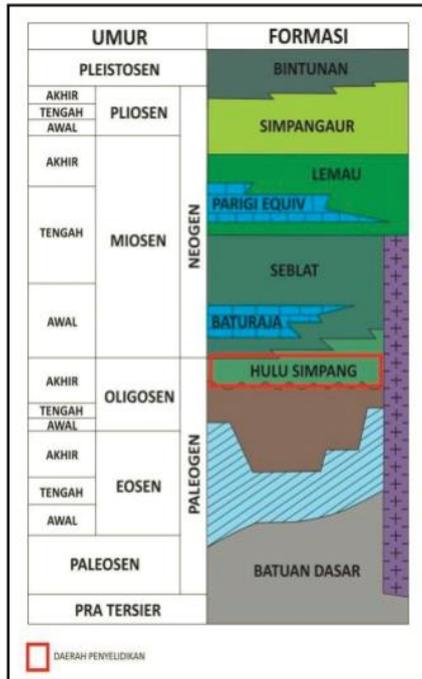
Secara Astronomis Pulau Sumatra berada di antara  $5^{\circ} 39' \text{ LU} - 5^{\circ} 54' \text{ LS}$  dan  $95^{\circ} \text{ BT} - 106^{\circ} \text{ BT}$ . Adapun secara geografis Pulau Sumatra memanjang dari Ulee Lheue di Utara sampai ke Provinsi Lampung di Selatan. Sebelah selatan Pulau Sumatra merupakan target dari daerah penelitian, yang mana hasil akhir penelitian ini berupa interpretasi bawah permukaan dari gambaran *overlay* hasil analisis SVD dengan model litologi bawah permukaan Sesar Semangko.



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian

Pada Gambar 1, merupakan lokasi dari daerah penelitian yang diidentifikasi sebagai *Pull Apart* sesar Semangko. Struktur geologi daerah penelitian terdiri atas batuan sedimen alluvial, formasi seblat, formasi simpangaur dan formasi hulusimpang. Pada lokasi penelitian juga terlihat batuan berumur Oligosen Awal - Miosen Akhir seperti formasi hulusimpang dan formasi seblat sebagai batuan hasil

kegiatan gunungapi Miosen Akhir. Pada Formasi Hulusimpang (Gambar 2) terdapat litologi berupa breksi gunungapi, lava, tuff bersusunan andesitik basal, yang biasa dijumpai dalam keadaan teralterasi hidrotermal bermineral sulfida berurat kuarsa.



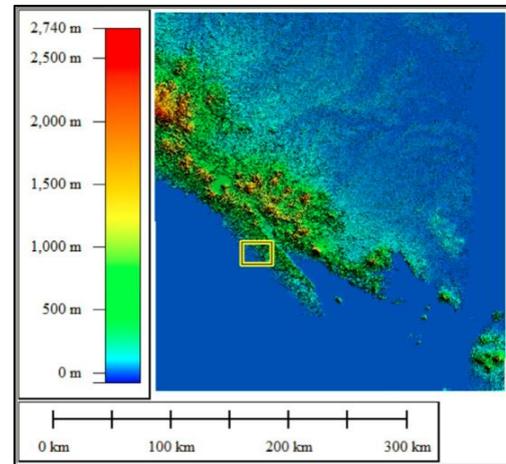
Gambar 2. Formasi Derah penelitian (Amin dkk., 1993)

Pada daerah penelitian yang berada di Kabupaten Pesisir Barat Provinsi Lampung tepatnya di daerah Ngambur diduga memiliki potensi kekayaan alam dalam sektor penambangan. Kandungan emas daerah Pesisir Barat merupakan endapan emas hidrotermal tipe epithermal (berupa urat-urat kuarsa), termasuk dalam epithermal low sulphidation (Indarto dkk., 2007). Di daerah penelitian juga ditemukan mineral pyrite dalam arah bidang patahan yang merupakan hasil asosiasi dari larutan hidrotermal. Dalam tinjauan ilmu geologi, umumnya keberadaan mineral pyrite di suatu lokasi dijadikan sebagai indikasi awal tentang keberadaan mineral emas (Sehah dkk., 2015).

**METODOLOGI**

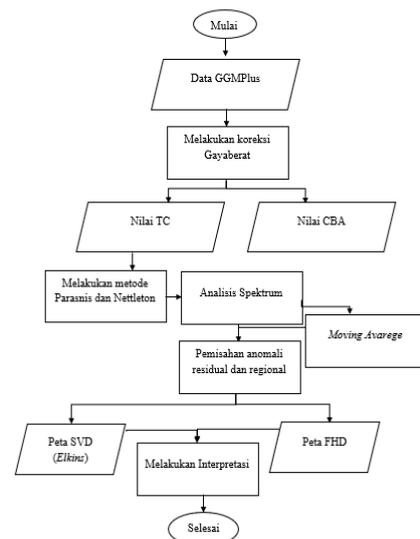
Lokasi penelitian dilakukan di Teknik Geofisika Universitas Lampung pada bulan November 2023 dengan data penelitian berasal dari data percepatan gravitasi hasil pengukuran satelit yaitu data Global Gravity Model Plus (GGMplus) pada area penelitian (Gambar 3). Adapun data yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu data gravity acceleration dan

topografi (elevasi) dari tiap titik pengukuran, dengan jumlah data sebanyak 3010 data.



Gambar 3. Peta Lokasi Daerah penelitian

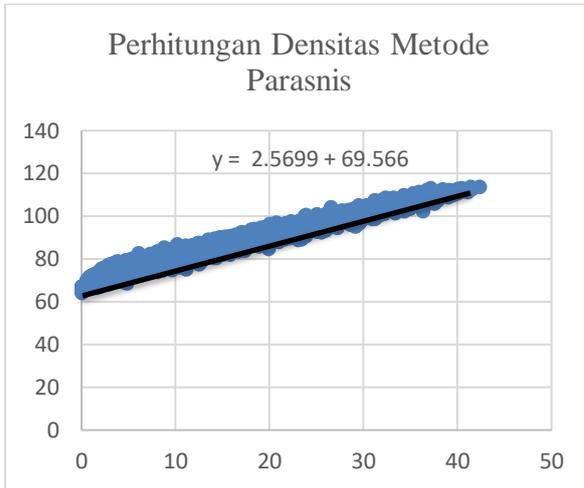
Metode gayaberat merupakan salah satu metode medan potensial yang mampu mengukur nilai densitas suatu material yang ada di dalam bumi. Dalam eksplorasi di lingkungan pengendapan emas epitermal sulfidasi rendah, metode ini berperan dalam memetakan zona struktur yang menjadi penyebab terbentuknya lingkungan pengendapan emas. Dalam penelitian ini, keberadaan struktur geologi bawah permukaan diidentifikasi berdasarkan respon dari anomali Bouguer, analisis derivative serta pemodelan 2D. Analisis derivative yang digunakan adalah metode SVD menggunakan operator matriks Elkins pada software surfer. Secara umum tahapan penelitian dapat seperti pada Gambar 4 di bawah.



Gambar 4. Diagram Alir

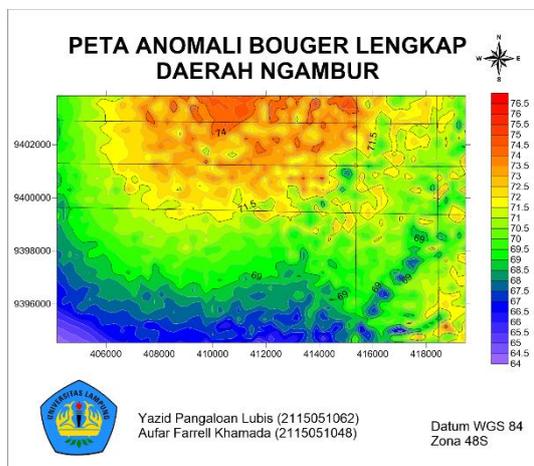
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Densitas permukaan rata-rata dihitung menggunakan metode Parasnis (Gambar 5). Dalam metode Parasnis, densitas akan diperoleh dari gradien garis lurus pada grafik hubungan antara anomali udara bebas dengan selisih koreksi bouguer dan koreksi medan per satuan densitas.



**Gambar 5.** Kurva Perhitungan Densitas Permukaan Metode Parasnis

Metode parasnis digunakan untuk mendapatkan nilai densitas permukaan, yaitu rata-rata sebesar 2,569 g/cc, yang akan digunakan pada perhitungan koreksi bouguer dan koreksi medan. Pembuatan peta Anomali bouguer lengkap dilakukan untuk melihat distribusi rapat massa bawah permukaan suatu daerah penelitian. Anomali Bouguer Lengkap (ABL) didapatkan setelah melalui perhitungan berbagai koreksi, yaitu koreksi lintang, koreksi udara bebas, koreksi Bouguer, dan koreksi medan.



**Gambar 6.** Peta Anomali Bouguer Lengkap Daerah Ngambur

Berdasarkan peta anomali bouguer lengkap daerah penelitian (Gambar 6) nilai anomali rendah berada di barat daya daerah penelitian yang ditunjukkan dengan skala warna biru hingga ungu. Anomali sedang berada pada tengah daerah penelitian yang ditunjukkan dengan warna hijau tua sampai hijau muda sedangkan anomali tinggi berada pada utara dan tenggara daerah penelitian dengan skala warna kuning sampai merah. Untuk mendapatkan data anomali Bouguer dalam domain bilangan gelombang, nilai anomali bouguer dengan domain spasial harus ditransformasikan terlebih dahulu dengan menggunakan transformasi Fourier (FFT), sehingga dapat dilakukan tahapan analisis spektrum. Pada penelitian ini, dilakukan analisis spektrum pada 5 lintasan yang ditandai dengan garis lurus warna hitam pada peta ABL (Gambar 6) yang mewakili nilai anomali keseluruhan daerah penelitian. Dari kelima lintasan yang dilakukan analisis spektrum, dilakukan perata-rataan nilai kedalaman regional, kedalaman residual, bilangan gelombang, serta lebar jendela.

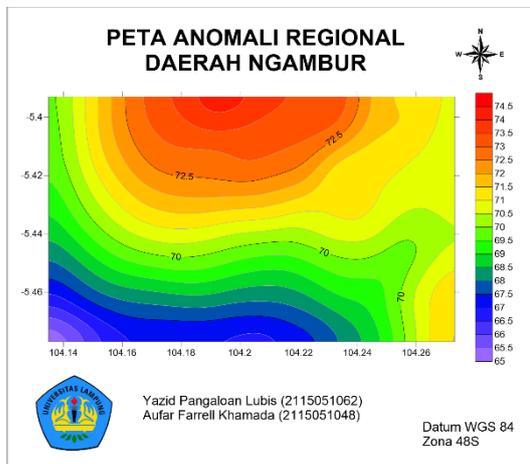
**Tabel 1.** Tabel kc dan n

Lintasan	Bilangan Gelombang (kc)	Lebar Jendela
Lintasan 1	0,003163938	9,929373386
Lintasan 2	0,003237279	9,704423455
Lintasan 3	0,002820961	11,13660724
Lintasan 4	0,002760507	11,38049218
Lintasan 5	0,003402249	9,233870338
<b>Rata-rata</b>	<b>0,003076987</b>	<b>10,27695332</b>

Berdasarkan perhitungan, rata-rata nilai bilangan gelombang dari kelima lintasan daerah penelitian (Tabel 1) sebesar 0,003076987. Sedangkan untuk lebar jendela, berdasarkan perata-rataan nilai didapatkan nilai sebesar 10,27695332, dengan pembulatan ke ganjil terdekat, maka nilai lebar jendela yang digunakan adalah sebesar 11. Hasil dari transformasi ini akan berupa spektrum amplitudo dan spektrum fasa sehingga dapat memperkirakan kedalaman dengan mengestimasi nilai bilangan gelombang (k) dan amplitudo (A) yang dapat digunakan untuk menghitung lebar jendela yang selanjutnya dijadikan sebagai *input* data dalam proses *filtering* untuk pemisahan anomali regional dan anomali residual. Nilai lebar jendela yang didapatkan

dari proses analisis spektrum, digunakan sebagai *input* dalam *filter moving average* untuk melakukan pemisahan anomali regional dan residual yang dilakukan menggunakan *software* surfer. Metode *moving average* digunakan berdasarkan analisis pada data penelitian yang mempunyai sebaran data relatif datar dengan penyimpangan nilai anomali bouguer yang kecil.

Setelah dilakukan pemisahan anomali menggunakan filter *moving average*, maka akan didapatkan anomali regional. Anomali regional adalah anomali gaya berat yang memiliki frekuensi rendah. Anomali Regional merupakan representasi dari batuan yang berada jauh pada bawah permukaan.

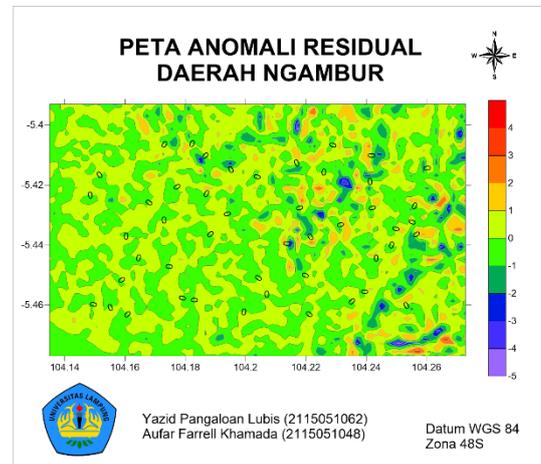


**Gambar 7.** Peta Anomali Regional Daerah Ngambur

Anomali regional daerah penelitian (Gambar 7) memiliki rentang nilai mulai dari 65 sampai 74,5 mGal. Daerah dengan anomali rendah berada di barat daya daerah penelitian, yang ditunjukkan dengan skala warna ungu hingga biru. Anomali sedang berada pada tengah daerah penelitian dengan warna hijau tua sampai hijau muda. Anomali tinggi berada pada utara dan tenggara daerah penelitian yang ditunjukkan oleh skala warna kuning sampai merah.

Anomali bouguer lengkap merupakan superposisi atau penjumlahan dari anomali regional dan residual. Anomali residual merupakan anomali untuk merepresentasikan batuan dengan kedalaman yang dangkal atau dekat permukaan. Anomali residual daerah penelitian (Gambar 8) memiliki rentang nilai berkisar antara -5 sampai 5 mGal. Jika dibandingkan dengan anomali regional, pola anomali residual relatif lebih kompleks, hal ini disebabkan

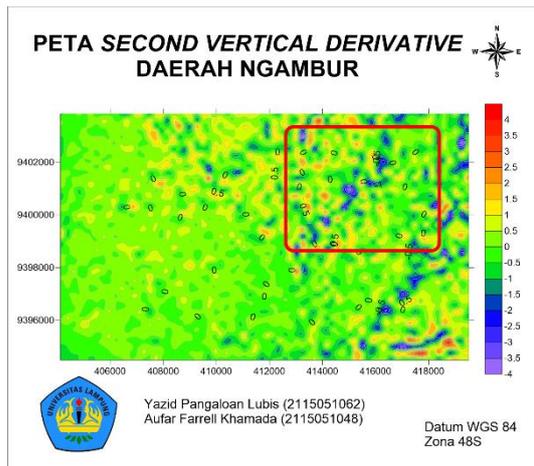
karena batuan dekat permukaan yang sangat bervariasi. Anomali rendah memiliki rentang nilai -5 sampai -1 mGal, keberadaannya sangat sedikit pada daerah penelitian, terdapat pada utara-timur hingga ke selatan daerah penelitian dengan warna ungu sampai biru.



**Gambar 8.** Peta Anomali Residual Daerah Ngambur

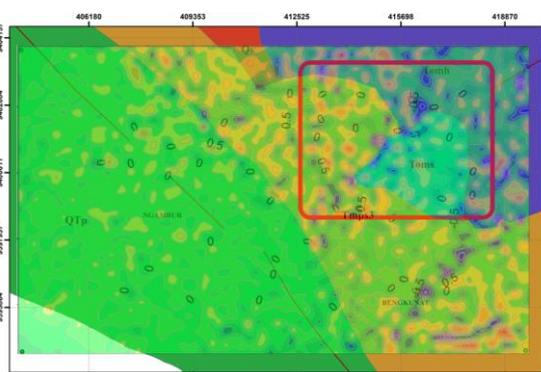
Anomali sedang, memiliki rentang nilai 0 sampai 1 mGal, persebaran anomali ini mendominasi sebaran anomali daerah penelitian. Anomali tinggi memiliki rentang nilai 1 sampai 5 mGal, anomali tinggi tersebar pada daerah utara-timur laut, selatan, dan barat-barat daya dari daerah penelitian. Tinggi rendahnya nilai anomali pada kontur anomali residual terjadi akibat sebaran rapat massa batuan dekat permukaan yang bervariasi, anomali yang tinggi akan merepresentasikan batuan dengan rapat massa yang relatif tinggi, begitupun sebaliknya. Selanjutnya, dari anomali residual dilakukan analisis derivatif untuk menganalisa struktur bawah permukaan daerah penelitian.

Analisis *second vertical derivative* digunakan untuk memunculkan sumber-sumber anomali yang bersifat dangkal atau lokal yang dimunculkan dalam peta anomali residual. Analisis SVD ini merupakan turunan kedua dari anomali residual. Pada penelitian kali ini dilakukan analisis SVD menggunakan operator matriks Elkins pada *software* surfer. Pemilihan operator matriks *Elkins* pada analisis SVD dikarenakan pola anomalnya yang menyerupai dengan anomali residual daerah penelitian.



**Gambar 9.** Peta Anomali Metode SVD Daerah Ngambur

Peta anomali hasil analisis SVD daerah penelitian (Gambar 9) memiliki rentang nilai sebesar -4 sampai 4.5 mGal. Persebaran anomali pada peta kontur SVD ini menyerupai anomali residualnya. Kontur 0 SVD mengindikasikan adanya perbedaan densitas lapisan yang biasanya disebabkan adanya keberadaan struktur bawah permukaan. Pemilihan area yang diduga mengandung emas dapat dilihat pada area berwarna merah. Area tersebut adalah hasil perbandingan dari peta Residual, FHD dan SVD, dimana korelasi dari peta tersebut menunjukkan adanya kontak geologi yang dominan berarah Timur Laut dan Tenggara. Dari hasil analisis struktur, selanjutnya dilakukan *overlay* ada peta geologi daerah penelitian, untuk melihat kesesuaiannya dengan peta geologi yang ada.



**Gambar 10.** Peta *Overlay* struktur SVD pada Peta Geologi

Pada peta *overlay* hasil analisis SVD (Gambar 10) terdapat 2 bidang kontak struktur, dimana bidang kontak utama merupakan sesar Semangko. Untuk SVD yang bernilai 0 cenderung menurun ke arah

tenggara-selatan yang sesuai dengan arah sesar Semangko. Pada sesar yang berlawanan terhadap sesar Semangko merupakan sesar tegak lurus. Sesar *minor* pada area yang berwarna merah merupakan sesar sekunder, yang menjadi sesar pengontrol adanya sumber daya. Terlihat pada (Gambar 10) bahwa terdapat beberapa struktur pada kontur SVD yang berkorelasi dengan struktur geologi atau sesar. Struktur-struktur tersebut didominasi berarah utara-timur laut dan arah tenggara. Dari hasil *overlay* analisis SVD menunjukkan bidang kontak antara *Andesite/Dacite Porphyry* (Qtp) dengan Formasi Simpangaur (Tmps3) yang terlihat dari peta geologi. Kandungan emas daerah Pesisir Barat merupakan endapan emas *hydrothermal* tipe *epithermal* (berupa urat-urat kuarsa), termasuk dalam *epithermal low sulphidation* (Indarto dkk., 2007). Di daerah penelitian pada peta geologi juga ditemukan mineral *Pyrite* (FeS<sub>2</sub>) dalam arah bidang patahan yang merupakan hasil asosiasi dari larutan *hydrothermal*, dimana Formasi Hulusimpang biasa dijumpai dalam keadaan teralterasi *hydrothermal*.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis SVD menunjukkan terdapat 2 bidang kontak struktur, dimana bidang kontak utama merupakan sesar Semangko. Proses mineralisasi tersebar pada Timurlaut-Tenggara daerah penelitian. Pada hasil analisis SVD untuk sesar sekunder merupakan sesar pengontrol adanya sumber daya dengan hasil *overlay* terhadap struktur geologi daerah penelitian terdapat Formasi Hulusimpang. Formasi Hulusimpang tersebar pada daerah struktur dengan kontur bernilai 0, yang sesuai dengan arah sesar semangko. Persebaran formasi geologi badan batuan induk mineralisasi emas tersebar hingga intrusi andesit-porfiri yang diketahui terbentuk secara intrusi. Hal ini mendukung karakteristik tipe endapan emas epitermal pada sulfidasi rendah dimana kontrol secara lokal adalah sesar semangko yang terletak pada daerah Ngambur. Korelasi hasil analisis SVD dengan struktur geologi daerah penelitian menunjukkan area yang ditandai dengan warna merah, yaitu Formasi Hulusimpang menjadi lokasi deposit mineralisasi emas sesar semangko daerah Ngambur.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Amin, T.C., Sidarto, S., Santosa, S., & Gunawan, W. (1993). *Peta Geologi Lembar Kotaagung, Sumatera*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Arisbaya, I., Mukti, M. M., Handayani, L., Permana, H., Schnabel, M., & Jaxybulatov, K. (2015). *Tinggian Tabuan-Panaitan, Jejak Sesar Sumatera di Selat Sunda Berdasarkan Analisis Data Geofisika*. Prosiding Geoteknologi LIPI.
- Bellier, O., & Sebrier, M. (1994). Relationship between tectonism and volcanism along the Great Sumatran fault zone deduced by SPOT image analyses, *Tectonophysics*. Hal: 233, 215-231.
- Indarto, S., Setiawan, I., Zulkarnain, I., Fiqih, F. M. & Fauzi, A. (2007). Alterasi Dan Mineralisasi Hidrotermal Pada Batuan Vulkanik Formasi Hulusimpang Daerah Bengkulu Dan Lampung di Kawasan Sayap Barat Pegunungan Bukit Barisan, Sumatera. *Prosiding Seminar Geoleknologi Kontribusi Ilmu Kebumlan Dalam Pembangunan Berkelanjutan*. ISBN. 978-979-799-255-5.
- Paguti, N. & Nalendra, S. (2020). Pull Apart sebagai Indikator Mineral Deposit South Sumatera Basin di Suoh, Lampung Barat. *Scientific Article*. Universitas Sriwijaya.
- Sarkowi, M., Wibowo, R.C., & Yogi, I.B.S. (2022). Potensi Gempabumi Di Sepanjang Sesar Semangko Segmen Lampung. *Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri*. Vol. 3. No. 02.
- Sarkowi, M., Yusuf, M., & Minardi, S. (2023). Identifikasi Struktur Iliran High Sumatera Selatan Berdasarkan Analisa Anomali Gravity. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 9(2), 150-160.  
doi:<https://doi.org/10.23960/jge.v9i2.303>
- Sehah, S., Raharjo., & Prasetyo, C.A. (2015). Interpretasi Model Anomali Magnetik Bawah Permukaan Di Area Pertambangan Emas Rakyat Desa Cihonje, Kecamatan Gumelar, Kabupaten Banyumas. *Berkala Fisika*. Vol. 18. No. 2.
- Sutrisno, L., Bonte, D., Daud, Y., Beekman, F., Wees, J., & Purwanto, W. (2019). *Assessing the Role of Pull Apart Basins for High Temperature Geothermal Resources in Transcurrent Tectonic Setting: Sumatra and California compared*. European Geothermal Congress 2019.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., & Sheriff, R.E. (2004). *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Zaenudin, A., Kayanto., Kurniasih, A., & Wibowo, R.C. (2021). Analisis Struktur Patahan Daerah Suoh Menggunakan Metode Gaya Berat dan Penentuan Kerapatan Patahan. *POSITRON*. Vol. 11, No. 2.