



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: sinta.eng.unila.ac.id



Identifikasi Zona Sesar di Bagian Selatan Sumatra Menggunakan Data Satelit Global Gravitasi

F Murdapa, E Sumanjaya*, A Sari

Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung Jalan Soemantri Brojonegoro No 1, Bandar Lampung, Lampung, 35135, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:
Diterima 15/06/2023
Direvisi 20/12/2023

Kata kunci:
Sesar Sumatra
SBA
CBA

ABSTRAK

Identifikasi zona patahan (sesar) merupakan suatu hal yang esensial dalam memahami proses tektonik dan bahaya seismik di daerah sesar aktif. Untuk mengidentifikasi zona sesar khususnya di bagian Selatan Sumatra maka data satelit gravitasi global diterapkan. Hasil interpretasi anomaly bouger sederhana (SBA) dan lengkap (CBA) menunjukkan bahwa daerah dengan anomaly tinggi ditandai dengan nilai anomaly berkisar antara 150 hingga 290 mGal yang terletak dibagian barat Selatan Sumatra dimana melewati jalur sesar Liwa, Semangko Barat dan Semangko Timur. Sedangkan daerah dengan anomaly sedang berkisar antara 60 hingga 140 mGal berada pada bagian timur Selatan Sumatra sekaligus berdekatan dengan jalur sesar Teluk Lampung, Turun Way Sekampung dan Way Seputih. Sementara itu untuk anomaly rendah berada di bagian utara Selatan sumatera. Berdasarkan hasil ini mengindikasikan bahwa nilai anomaly tinggi terkonfirmasi dengan jalur sesar yang tersebar di wilayah sekitar Selatan Sumatra.

1. Pendahuluan

Identifikasi zona patahan (sesar) merupakan suatu hal yang esensial dalam memahami proses tektonik dan bahaya seismik di daerah aktif. Akibat proses tersebut maka memicu terjadinya deformasi kerak bumi. Deformasi kerak bumi itu sendiri memiliki banyak faktor yang mempengaruhinya seperti efek viskositas (Sumanjaya, dkk. 2015), ketebalan kerak, dan source mechanism (Sumanjaya, dkk.2016). Di bagian selatan Sumatera, Indonesia, telah diketahui tatanan tektonik yang kompleks. Hal ini ditandai dengan adanya subduksi lempeng Samudera Hindia di bawah lempeng Eurasia. Akibat dari proses suduksi ini menghasilkan beberapa patahan yang membentang sepanjang Pulau Sumatra. Adapun patahan yang terkenal khususnya dibagian selatan yaitu segmen komering dan segmen semangko. Patahan ini merupakan patahan aktif yang

dibuktikan dengan adanya catatan gempa bumi signifikan di masa lalu. Walaupun magnitudenya tidak sebesar dibandingkan dengan zona subduksi namun gempa ini bersifat merusak karena berpusat di darat dan cenderung dangkal.

Dalam beberapa tahun terakhir, teknik penginderaan jauh, seperti satelit gravitasi global, telah digunakan untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi zona patahan di berbagai belahan dunia. Data gravitasi satelit, yang memberikan informasi tentang variasi medan gravitasi bumi, semakin banyak digunakan dalam studi geologi karena kemampuannya mendeteksi variasi halus di kerak bumi. Dalam konteks identifikasi patahan, data gravitasi dapat digunakan untuk memetakan struktur bawah permukaan dan mengidentifikasi lokasi zona patahan berdasarkan anomali gravitasi yang ditimbulkannya.

*penulis korespondensi

Email: erlan.sumanjaya@eng.unila.ac.id

Beberapa penelitian telah menerapkan data gravitasi global satelit untuk mengidentifikasi zona patahan di berbagai wilayah Indonesia, termasuk Sumatera. Misalnya, sebuah studi oleh Liu et al. (2020) menggunakan data gravitasi satelit untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi sesar aktif di wilayah Sumatera. Demikian pula dengan penelitian Fauzi et al. (2019) menggunakan data gravitasi untuk menginvestigasi struktur Zona Sesar Sumatera. Selain itu, Adityawarman dan Hananto (2021) menggunakan data gravitasi satelit untuk mengidentifikasi zona sesar yang sebelumnya tidak diketahui di bagian selatan Sumatera. Sedangkan Yanis et al. (2019) menerangkan efisiensi dari pemanfaatan data anomaly gravitasi untuk mengidentifikasi zona sesar utama di wilayah utara Sumatera.

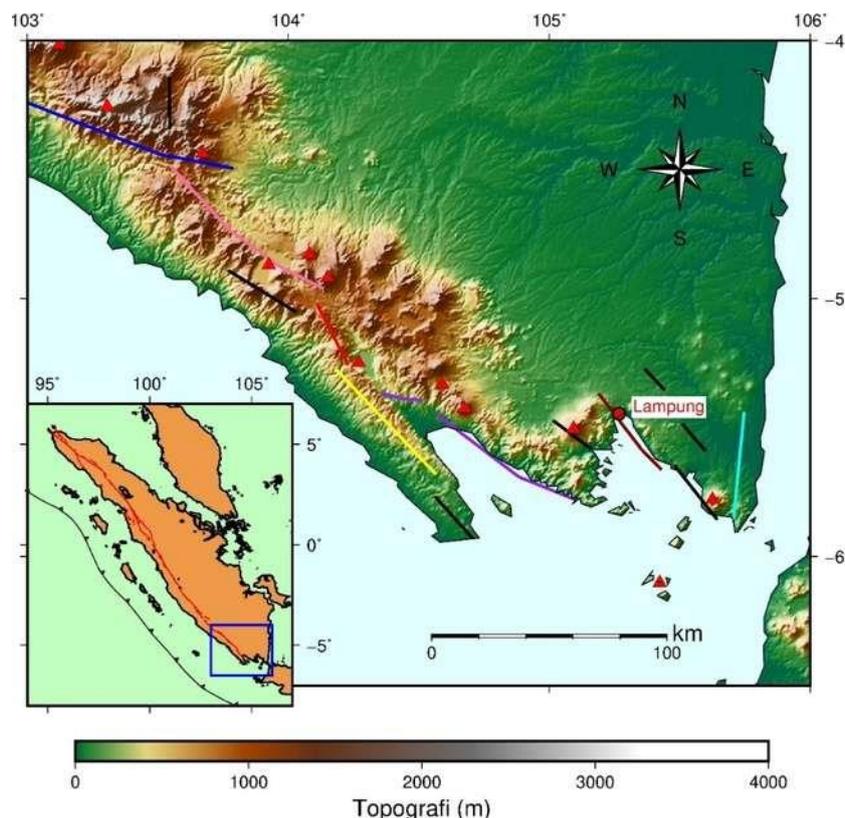
Secara keseluruhan, penggunaan data gravitasi satelit menunjukkan potensi yang besar dalam mengidentifikasi zona patahan di Sumatera Bagian Selatan dan daerah lainnya. Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk menggunakan data satelit gravitasi global untuk mengidentifikasi zona patahan di

bagian selatan Sumatera. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga tentang zona patahan (sesar) di wilayah Sumatera bagian Selatan dan potensi bahaya seismik di wilayah tersebut. Lalu kemudian dapat diterjemahkan menjadi sebuah informasi dalam melakukan upaya mitigasi dan pengelolaan bencana di masa depan.

2. Data dan Metodologi

2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data gaya berat yang berasal dari data observasi satelit altimetri. Data ini berupa data Free Air Anomaly (FAA) yang diperoleh dari TOPEX. Anomali gravitasi udara bebas berubah secara drastis di daerah dengan undulasi medan yang besar. Data dari satelit altimetri memiliki resolusi 1,85 km/px, dengan akurasi latitude dan longitude untuk data percepatan anomali gravitasi sebesar 0,1 mGal pada satu menit per grid dengan akurasi ketinggian satu meter.



Gambar 1. Lokasi Penelitian berada di wilayah Provinsi Lampung yang melingkupi data-data patahan (<https://geologi.esdm.go.id/geomap/pages/preview/peta-patahan-aktif-indonesia>). Garis Merah Segmen Liwa, Garis Hitam Patahan, Garis Ungu Segmen Semangko Timur, Garis Biru Segmen Manna, Garis Pink Segmen Koming, Garis Kuning Semangko Barat, Garis Cyan Turun Way Sekampung dan Way Seputih, Garis Dark Red Turun Teluk Lampung.

2.2. Tahap Pengolahan Data

Pada penelitian ini menggunakan data satelit TOPEX, dan dilakukan pemrosesan data melalui

beberapa tahapan. Pertama, koreksi Bouger dihitung untuk memperoleh *Simple Bouger Anomaly* (SBA).

Untuk mendapatkan nilai koreksi Bouger maka perlu untuk menentukan nilai desitasnya melalui Pers. 1

$$g_{bs} = 2\pi\rho Gh \tag{1}$$

Dimana G merupakan konstanta gravitasi lalu Pers.1 dapat menjadi Pers.2

$$g_{bs} = 0,04193\rho h \tag{2}$$

dimana g_{bs} merupakan koreksi Bouger (mGal), ρ ialah densitas batuan ($\frac{kg}{m^3}$), dan h merupakan tinggi dari titik pengukuran (m). Nilai koreksi Bouger yang didapatkan selanjutnya digunakan untuk memperoleh S_{ba} dengan Pers. 3 dibawah ini

$$S_{ba} = FAA - g_{bs} \tag{3}$$

dimana FAA merupakan Free Air Anomaly, g_{bs} merupakan koreksi Bouger (mGal). Pengaruh topografi juga dapat mempengaruhi nilai percepatan gravitasi di suatu tempat sehingga menyebabkan peningkatan atau

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Simple Bouger Anomaly (SBA)

penurunan nilai gravitasi. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan koreksi melalui Persamaan *Hamer Charat* dibawah ini

$$TC = \frac{2\pi\rho G}{n} \left[R_l - R_D + \sqrt{R_D^2 - z^2} - \sqrt{R_l^2 - z^2} \right] mGal \tag{4}$$

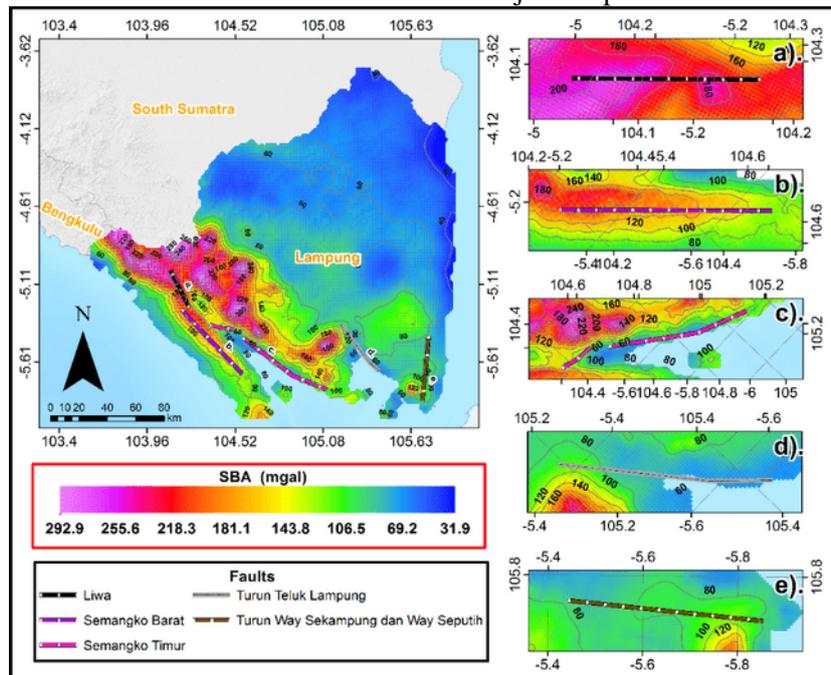
$$TC = (-0,3086 \times h)mGal$$

Untuk mendapatkan nilai anomali bouguer yang lengkap, dihitung dengan menggunakan Pers. 5

$$CBA = FAA - g_{bs} + TC \tag{5}$$

Dimana TC merupakan koreksi terrain, CBA merupakan koreksi Bouger anomaly lengkap, FAA merupakan *Free Air Anomaly*, g_{bs} merupakan koreksi Bouger (mGal). Kemudian, kami menggunakan perangkat lunak *Oasis Montaj* untuk menganalisis lebih lanjut properti gravitasi di area tersebut.

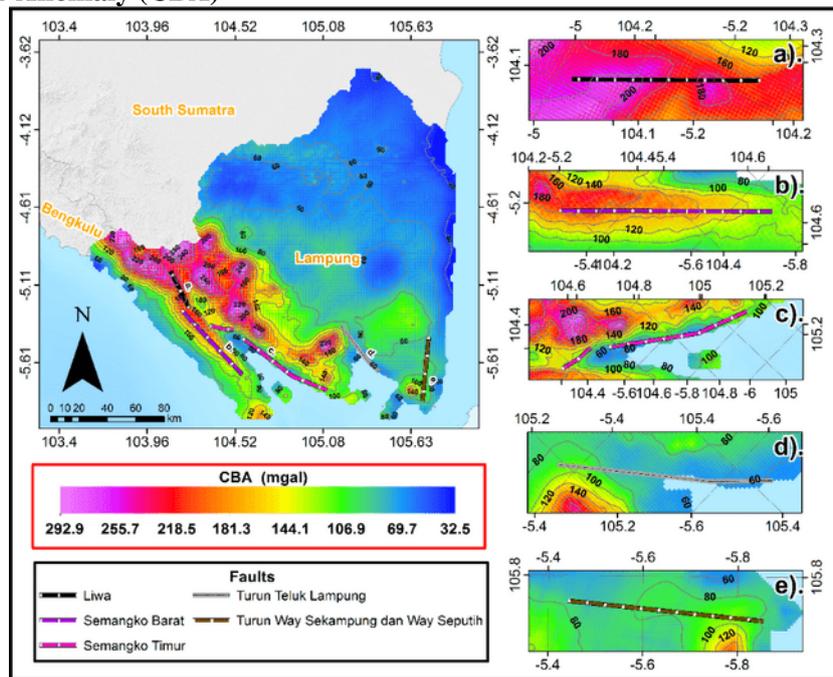
Peta anomali Bouguer sederhana untuk kawasan Selatan Sumatra yang melingkupi lima sesar ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Simple Bouger Anomaly (SBA)

Berdasarkan Gambar 2, daerah dengan nilai anomali gravitasi tinggi ditunjukkan dengan interval dari 181,9 hingga 292,9 mgal. Sebagai perbandingan, daerah dengan nilai anomali gravitasi rendah memiliki interval 31,9 hingga 180 mgal. Pada Gambar 2a menunjukkan anomaly Bouger yang melintasi jalur sesa Liwa dengan interval 120 hingga 290 mgal. Pada Gambar 2b menunjukkan anomaly Bouger yang melintasi jalur sesar Semangko Barat dengan interval 80 hingga 220 mgal. Pada Gambar 2c menunjukkan anomaly Bouger yang melintasi jalur sesar Semangko Timur dengan interval 80 hingga 250 mgal. Pada Gambar 2d menunjukkan anomaly Bouger yang melintasi jalur sesar Turun Teluk Lampung dengan interval 50 hingga 160 mgal. Pada Gambar 2e menunjukkan anomaly Bouger yang melintasi jalur sesar Turun Way Sekampung dan Way Seputih dengan interval 70 hingga 120 mgal.

3.2 Complete Bouguer Anomaly (CBA)



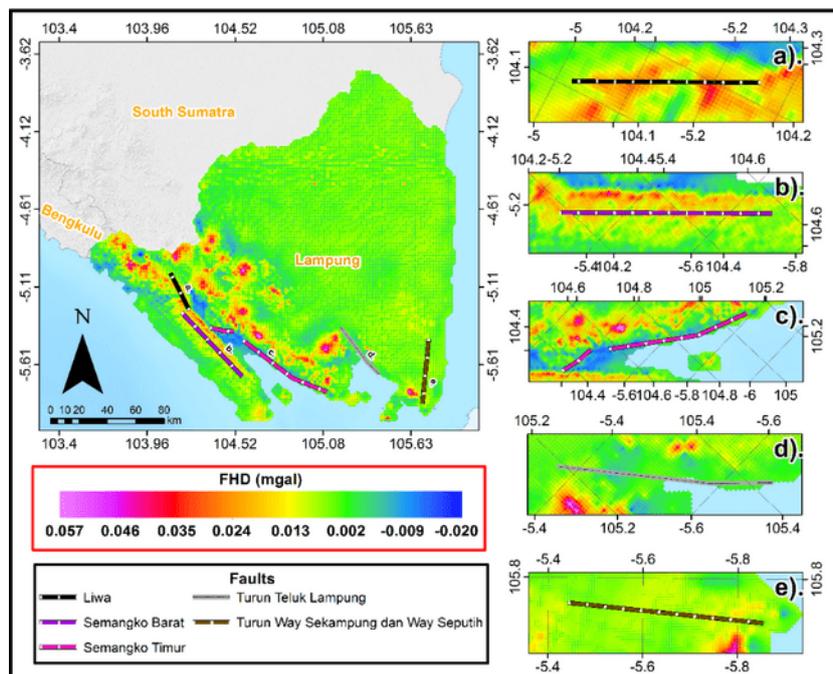
Gambar 3. Complete Bouguer Anomaly (SBA)

Berdasarkan Gambar 3, daerah dengan nilai anomali gravitasi tinggi ditunjukkan dengan interval dari 181,9 hingga 292,9 mgal. Sebagai perbandingan, daerah dengan nilai anomali gravitasi rendah memiliki interval 31,9 hingga 180 mgal. Pada Gambar 3a menunjukkan anomaly Bouguer yang melintasi jalur sesa Liwa dengan interval 120 hingga 290 mgal. Pada Gambar 3b menunjukkan anomaly Bouguer yang melintasi jalur sesa Semangko Barat dengan interval 80 hingga 220 mgal. Pada Gambar 3c menunjukkan anomaly Bouguer yang melintasi jalur sesa Semangko Timur dengan

interval 80 hingga 250 mgal. Pada Gambar 3d menunjukkan anomaly Bouguer yang melintasi jalur sesa Turun Way Sekampung dan Way Seputih dengan interval 70 hingga 120 mgal. Pada Gambar 3e menunjukkan anomaly Bouguer yang melintasi jalur sesa Turun Teluk Lampung dengan interval 50 hingga 160 mgal.

3.3 First Horizontal Decomposition (FHD) Residual

Peta FHD untuk kawasan Selatan Sumatra yang melingkupi lima sesa ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. First Horizontal Decomposition (FHD)

Pada Gambar 4 menunjukkan nilai FHD yang melintasi jalur sesar Liwa (4a), sesar Semangko Barat (4b), jalur sesar Semangko Timur (4c), jalur sesar Turun Teluk Lampung (4d), dan jalur sesar Turun Way Sekampung dan Way Seputih (4e). distribusi warna pada nilai FHD menunjukkan bahwa warna biru merupakan anomali FHD minimum sedangkan warna ungu menunjukkan nilai FHD maksimal dimana dengan rentang $-0,020$ hingga $0,057$ mGal.

3.4 Pembahasan

Hasil dari SBA dan CBA ditunjukkan dengan skala satuan mGal, dimana 1 mGal setara dengan 10^{-5} m/s^2 . Nilai tersebut mewakili respon gravitasi terhadap kerapatan batuan, dimana dalam hal ini $1,74 \text{ gr/cc}$. variasi kerapatan batuan dipengaruhi oleh material penyusun lapisan bumi yang heterogeny. Tinggi rendahnya nilai SBA juga dipengaruhi oleh posisi massa, kerapatan, dan volume massa. Pada daerah yang dilalui sesar atau yang mendekati jalur sesar, nilai SBA maupun CBA cenderung tinggi. Hal ini akibat terjadinya kenaikan suhu permukaan yang diakibatkan oleh rekahan atau aktivitas tektonik lainnya. Ini ditandai dengan tingginya nilai SBA dan CBA di jalur sesar Liwa, sesar Semangko Barat dan Semangko Timur. Sedangkan anomaly sedang terjadi pada bagian timur Selatan Sumatra tepatnya yang berdekatan dengan jalur sesar Turun Teluk Lampung dan Way Sekampung dan Way Seputih. Anomali sedang yang terjadi di sekitar kawasan ini merupakan efek dari batuan vulkanik yang telah mengalami proses sedimentasi. Breksi vulkanik dianggap sebagai batuan reservoir di daerah tersebut, menjadi batuan penutup yaitu anah liat tuffaan yang menahan panas fluida.

Kemudian, total anomaly residual dan regional adalah anomaly bouger. Kedua anomaly ini berinteraksi dan menyebabkan anomaly tumpang tindih. Oleh karena itu, anomaly ini harus dipisahkan satu sama yang lain. Sehingga diperlukan metode pemisahan anomaly regional dengan anomaly residual yang cukup baik untuk mendapatkan anomaly residual yang akurat untuk pemodelan geologi di bawah permukaan bumi. Anomaly bouger lengkapt dikurangkan dengan anomaly regional untuk mendaptkan anomaly residual. Dari Gambar 4, nilai anomaly residual berkisar antara $-0,02$ hingga $0,057$ mGal. peta anomaly residual menunjukkan sebaran struktur yang lebih spesifik di daerah dangkal. Namun anomaly tersebut juga dapat dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti posisi tubh batuan, densitas, dan ukuran yang menghasilkan anomaly tersebut.

4. Kesimpulan

Interpretasi anomaly bouger sederhana (SBA) dan lengkap (CBA) menunjukkan bahwa daerah dengan anomaly tinggi ditandai dengan nilai anomaly berkisar antara 150 hingga 290 mGal yang terletak dibagian barat Selatan Sumatra dimana melewati jalur sesar Liwa, Semangko Barat dan Semangko Timur. Sedangkan daerah dengan anomaly sedang berkisar antara 60 hingga 140 mGal berada pada bagian timur Selatan Sumatra sekaligus berdekatan dengan jalur sesar Teluk Lampung, Turun Way Sekampung dan Way Seputih. Sementara itu untuk anomaly rendah berada di bagian utara Selatan sumatera. Berdasarkan hasil ini mengindikasikan bahwa nilai anomaly tinggi terkonfirmasi dengan jalur sesar yang tersebar di wilayah sekitar Selatan Sumatra.

Ucapan terima kasih

Dengan ini kami Ucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik dan Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung dan juga kepada pihak yang telah memberi hibah bantuan melalui DIPA FT tahun Anggaran 2023 sehingga kegiatan ini dapat dilaksanakan.

Daftar Pustaka

- Aditiawarman, U., & Hananto, N. (2021). Spatial variations in crustal thickness and fault segmentation in the Sumatra subduction zone revealed by gravity inversion. *Journal of Asian Earth Sciences*, 214, 104784. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2021.104784>
- Coblentz, D. D., Woldai, T., Kidane, T., & Abdelsalam, M. G. (2019). Subsurface fault systems of the East African Rift System from GRACE satellite gravity data. *Tectonophysics*, 753, 14-27.
- Fauzi, A., Abidin, H. Z., & Kusuma, M. A. (2019). Detection of active fault zones in southern Sumatra using gravity data. *Journal of Physics: Conference Series*, 1231, 012032. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1231/1/012032>
- Li, X., Li, Z., Li, J., Li, T., & Wang, Y. (2020). Identification of the active fault zone in southern Sumatra using gravity data. *Journal of Applied Geophysics*, 177, 104089. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2020.104089>
- Liu, J., Shen, Z., Zhang, P., Liu, J., & Sun, H. (2019). Active faults revealed by satellite gravity data in the North China Plain. *Journal of Geodynamics*, 126, 39-47.

- Puspito, N. T., Adytia, D., Widiyantoro, S., & Cummins, P. R. (2021). Crustal structure of Southern Sumatra from GRACE gravity data: Implications for the tectonic setting and fault system. *Journal of Asian Earth Sciences*, 211, 104742.
- Ristiyani, A. T., Susilo, B., Rosyidie, A., Kusnadi, Y., & Kusuma, M. A. (2020). Integrated approach of satellite gravity, seismic, and geological data for identifying active faults in southern Sumatra, Indonesia. *Journal of Geodynamics*, 137, 101660.
- Sumanjaya, E., Samdara, R., Lubis. A.M. 2016. Pengaruh Sumber Gempa Bumi Terhadap Deformasi (Studi Kasus: Gempa Bumi Bengkulu 12 September 2007 Mw 8, 5). *Jurnal Gradien Vol 12 (2)*, 1197-1202
- Sumanjaya, E., Samdara, R., Lubis. A.M. 2015. Pengaruh Viskositas Terhadap Deformasi (Studi Kasus: Gempa Bumi Bengkulu 12 September 2007 Mw 8, 5). *Jurnal Gradien Vol 12 (2)*, 1197-1202
- Yanis, M., Abudullah, F., Zaini, N., Ismail, N. (2021). The northernmost part of the Great Sumatran Fault map and images derived from gravity anomaly. *Acta Geophysica*. 69: 795-807. <https://doi.org/10.1007/s11600-021-00567-9>.