# ANALISIS DATA GRAVITASI UNTUK IDENTIFIKASI SESAR LOKAL PENYEBAB GEMPABUMI DI WILAYAH BARAT DAYA SUMBA INDONESIA

## GRAVITY DATA ANALYSIS TO IDENTIFY LOCAL FAULTS AS SOURCE OF EARTHQUAKE IN THE SOUTHWEST SUMBA REGION INDONESIA

#### Relly Margiono\*, Adinda Novitri, Anggi Pevriadi, Hilmi Zakariya

Program Studi Geofisika, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Jalan Perhubungan I No.5 Pondok Betung, Bintaro, Kec. Pd. Aren, Kota Tangerang Selatan, Banten 15221 \*E-mail: relly.margiono@stmkg.ac.id

Naskah masuk: 08 Oktober 2020 Naskah diperbaiki: 20 November 2021 Naskah diterima: 22 November 2021

#### ABSTRAK

Pulau Sumba terletak pada Zona Transisi Busur Sunda-Banda dan memisahkan Cekungan Savu dengan Cekungan Lombok. Pulau ini memiliki tatanan tektonik yang kompleks dan termasuk wilayah yang rawan terhadap bencana gempabumi. Berdasarkan monitoring kegempaan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), telah terjadi gempabumi sebanyak 81 kali sejak 5 Agustus 2020 hingga 12 Agustus 2020. Gempabumi tersebut merupakan jenis gempabumi dangkal akibat deformasi kerak benua di dasar laut. Berdasarkan kejadian gempa tersebut, penelitian ini mencoba untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan pada lokasi hiposenter gempa dengan menggunakan data gravitasi dari Satelit Topex dan juga untuk menentukan nilai Anomali Bouguer di wilayah tersebut. Teknik yang digunakan adalah Second Vertical Derivative (SVD) dan First Horizontal Derivative (FHD) untuk mengetahui batas karakteristik geologi dan batas bidang kontak struktur. Berdasarkan hasil analisis FHD dan SVD, didapatkan struktur sesar yang memanjang dari Barat Laut ke Tenggara dengan mekanisme sesar turun. Selain itu, didapatkan nilai Anomali Bouguer pada rentang -29,6 mGal hingga 184,5 mGal.

Kata kunci: Gempabumi, Gravitasi, Sesar, SVD, FHD

#### ABSTRACT

Sumba Island is located in the Sunda-Banda Arc Transition Zone and is separated by the Savu Basin and the Lombok Basin. This island has a complex tectonic setting and prone to the earthquake's disasters. Based on seismic monitoring by the Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency, from 5 August 2020 to 12 August 2020, it shows that 81 earthquakes have occurred. Earthquake's type is shallow earthquake caused by deformation of the continental crust on the seabed. Based on the earthquake events, this research aims to identify subsurface structures at the earthquake hypocentre location using gravity data from the Topex satellite. This research also identifies the Bouguer anomaly in the area. We use Second Vertical Derivative (SVD) and First Horizontal Derivative (FHD) technic to identify the structure. The result shows if the fault extends from Northwest to Southeast with a normal fault mechanism. The value of the Bouguer Anomaly in Southwest Sumba is in the range of -29,6 mGal to 184,5 mGal.

Keywords: Earthquake, Gravity, Fault, SVD, FHD

#### 1. Pendahuluan

Perubahan tatanan tektonik dari Subduksi Lempeng Indo-Australia ke Tumbukan Busur Benua menandakan adanya Zona Transisi dari Busur Sunda ke Busur Banda di Selatan Pulau Flores [1]. Pulau Sumba dapat dikatakan sebagai pembatas antara Zona Subduksi (Java Trench) dan Zona Tumbukan (Timor Trough). Pulau ini terletak di batas Zona Transisi yang memisahkan dua buah cekungan busur muka, yaitu Cekungan Savu di bagian timur Pulau Sumba dan Cekungan Lombok di bagian barat Pulau Sumba. Selain itu, pulau ini juga berada di tengah antara Jalur Vulkanik Nusa Tenggara-Flores dengan Jalur Melange Timor. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa posisi Pulau Sumba sangat unik karena seperti terisolasi dari daerah sekitarnya [2].

#### Seismisitas Pulau Sumba

Selatan Pulau Sumba memiliki tingkat seismisitas yang tinggi dan memiliki sejarah gempabumi dan

tsunami yang telah terjadi pada tahun 1977 [3]. Gempabumi di sepanjang Palung Jawa didominasi oleh gempabumi dengan mekanisme sesar turun dan hampir tidak terdapat mekanisme sesar naik, hal ini mengindikasikan bahwa *aseismic slip* terjadi di sepanjang Palung Jawa dan menyebabkan ektensi di sekitar Palung Jawa [4].

Gempabumi di barat Pulau Sumba didominasi oleh patahan normal di sekitar palung yang menandakan adanya pengaruh dari *bending stress* pada lempeng yang tersubduksi. Sementara di sebelah timur Pulau Sumba memiliki sedikit aktivitas seismik yang mungkin terjadi akibat tumbukan *arc-continent*. Pola ini menandakan adanya heterogenitas dari struktur bawah permukaan di Pulau Sumba [2].

#### Gempabumi 5 Agustus 2020

Berdasarkan data dari BMKG, sejak 5 Agustus 2020 hingga 12 Agustus 2020 di wilayah Pulau Sumba telah terjadi gempabumi sebanyak 81 kejadian dan sebanyak 7 kejadian diantaranya merupakan gempabumi dirasakan (Gambar 1). Gempabumi yang terjadi memiliki magnitudo yang beragam mulai dari 2,5 hingga yang terbesar adalah 5,6. Berdasarkan analisis BMKG, gempabumi utama (*mainshock*) yang terjadi pada 5 Agustus 2020 memiliki magnitudo 5,2 dan merupakan jenis gempabumi dangkal dengan mekanisme penyesaran turun (*normal fault*).

Berdasarkan penelitian terdahulu, [5] menyebutkan bahwa terdapat patahan normal kuarter yang melintasi Pulau Lombok, Sumbawa dan Sumba. Patahan tersebut diyakini dapat diaktifkan kembali jika terjadi gempabumi kuat di dekatnya sehingga kejadian gempabumi pada tanggal 5 Agustus 2020 kemungkinan besar bersumber dari patahan ini.



Gambar 1. Peta sebaran gempabumi utama dan gempabumi susulan (5 Agustus 2020– 12 Agustus 2020)

Metode geofisika potensial yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan adalah metode magnetik dan metode gravitasi. Pengamatan dengan metode magnetik telah dilakukan di Indonesia dengan adanya beberapa stasiun magnet [10] dan survei magnetik/*repeat station* [12], sedangkan pengamatan gravitasi dilakukan dengan survei gravitasi lapangan. Ketersediaan data survei gravitasi pada kenyataanya masih sangat sedikit sehingga diperlukan data lain seperti data satelit gravitasi (contohya: Topex [13], GRACE dan GOCE [14]) yang dapat menyediakan data gravitasi secara global.

Metode gravitasi diyakini dapat menggambarkan bentuk atau geologi bawah permukaan berdasarkan data anomali variasi medan gravitasi bumi yang ditimbulkan oleh perbedaan densitas atau rapat massa antar batuan secara lateral [6]. Selain itu, metode gravitasi juga dapat digunakan dalam penentuan jenis sesar, yaitu dengan menggunakan analisis *Second Vertical Derivative (SVD)* sehingga dapat ditentukan jenis sesar seperti sesar naik, sesar turun dan sesar geser [7][11].

Berdasarkan latar belakang pada uraian-uraian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan pada lokasi hiposenter Gempabumi 5 Agustus 2020 di Wilayah Barat Daya Pulau Sumba dan juga bertujuan untuk menentukan nilai Anomali Gravitasi di wilayah tersebut.

## 2. Metode Penelitian

Secara umum metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 yang ditampilkan dalam Diagram Alir Penelitian. Penelitian ini memanfaatkan data satelit Topex vang dapat diunduh dari laman https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get\_data.cgi dengan cakupan wilayah secara geografis 9°-12° LS dan 118°-120° BT. Data yang diunduh terdiri dari dua jenis, yaitu data topografi dan data Free Air Anomaly (FAA). Terdapat sebanyak 22264 titik topografi dan FAA dalam area penelitian. Data topografi digunakan dalam menghitung nilai Koreksi Bouguer (Pers.1). Kemudian untuk mendapatkan nilai Simple Bouguer Anomaly (SBA) dilakukan pengurangan FAA dengan nilai Koreksi Bouguer (Pers.2).

$$BC = 0,04192 \rho h \tag{1}$$
  

$$SBA = FAA - BC \tag{2}$$

dimana,

BC	: Koreksi Bouguer (mGal)			
ρ	: Densitas Batuan (g/cm <sup>3</sup> )			

h : Topografi (m)

- SBA : Simple Bouguer Anomaly (mGal)
- FAA : Free Air Anomaly (mGal)

Langkah selanjutnya adalah memetakan anomali. First Horizontal Derivative (FHD) dan Second Vertical Derivative (SVD) dihitung dengan menggunakan Software Oasis Montaj v 8.4. FHD digunakan untuk mengetahui batas struktur geologi yang menyebabkan anomali [8]. Turunan pertama horizontal akan bernilai tajam berupa maksimum atau minimum ketika di daerah penelitian terdapat struktur geologi yang mencolok. Setelah itu, SVD digunakan untuk membantu interpretasi jenis struktur terhadap data Anomali Bouguer yang diakibatkan oleh adanya struktur sesar turun atau sesar naik [9].



Gambar 2. Diagram alir

Filter SVD yang digunakan adalah filter Elkins (1951) dengan matriks koefisiennya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Matriks koefisien filter SVD (Elkins)

Elkins (1951)	0.0000	-0.0833	0.0000	-0.0833	0.0000
	-0.0833	-0.0667	-0.0334	-0.0667	-0.0833
	0.0000	-0.0334	+1.0668	-0.0334	0.0000
	-0.0833	-0.0667	-0.0334	-0.0667	-0.0833
	0.0000	-0.0833	0.0000	-0.0833	0.0000

Dalam penentuan jenis sesar digunakan kriteria sebagai berikut:

$\left \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2}\right _{max} > \left \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2}\right _{min}$	untuk sesar turun (3)
$\left \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2}\right _{max} < \left \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2}\right _{min}$	untuk sesar naik (4)
$\left \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2}\right _{max} \approx \left \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2}\right _{min}$	untuk sesar geser (5)

#### 3. Hasil dan Pembahasan

Data yang didapatkan dari laman Topex (FAA dan nilai topografi) digunakan untuk mencari densitas rata-rata di wilayah Barat Daya Pulau Sumba dan untuk selanjutnya dicari nilai Koreksi Bouguernya. Metode yang digunakan untuk mengestimasi densitas rata-rata di wilayah Barat Daya Pulau Sumba dan sekitarnya adalah metode Parasnis. Densitas rata-rata yang didapatkan di wilayah penelitian adalah 0,6983 gram/cm<sup>3</sup> (Gambar 3).

Peta Anomali Bouguer Sederhana dapat mencerminkan pola penyebaran densitas batuan di bawah permukaan. Hasil pemetaan Anomali Bouguer Sederhana pada Gambar 4 menunjukkan bahwa sebaran Anomali Bouguer di wilayah Barat Daya Pulau Sumba dan sekitarnya berada pada rentang -29,6 hingga 184,5 mGal.



Gambar 3. Densitas rata-rata wilayah Sumba dan sekitarnya



Gambar 4. Peta Anomali Bouguer Sederhana dalam koordinat UTM

ANALISIS DATA GRAVITASI UNTUK IDENTIFIKASI SESAR ...... Relly Margiono, dkk

Berdasarkan peta Anomali Bouguer Sederhana tersebut, diketahui bagian Selatan (zona subduksi) dan Pulau Sumba menunjukkan pola anomali positif yang tinggi, mengindikasikan bahwa distribusi densitas batuan bawah permukaan daerah tersebut lebih tinggi dari daerah sekitarnya, sedangkan anomali negatif yang ditunjukkan dengan kontur berwarna biru di bagian tengah peta menunjukkan bahwa distribusi densitas batuan bawah permukaan daerah tersebut lebih rendah dibandingkan dengan daerah sekitarnya. Peta Anomali FHD dan SVD dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan peta tersebut diketahui rentang nilai Anomali FHD di wilayah Barat Daya Pulau Sumba dan sekitarnya berkisar antara 0,000025 hingga 0,00485 mGal/m. Sedangkan untuk anomali SVD berkisar antara -0,19171 hingga  $0.08525 \text{ mGal/m}^2$ .

Second Vertical Derivative (SVD) merupakan turunan kedua anomali gravitasi yang digunakan untuk memunculkan efek dangkal dari pengaruh regionalnya. SVD dapat digunakan untuk mengetahui jenis struktur sesar naik atau turun. Pada SVD, anomali yang disebabkan oleh struktur geologi akan memiliki nilai mutlak maksimum atau minimum serta dibatasi dengan nilai nol atau mendekati nol sebagai batas karakteristik geologi. Selanjutnya dilakukan sayatan pada peta Anomali FHD dan SVD yang dibuat tegak lurus terhadap dugaan sesar di wilayah tersebut.

Sayatan penampang pada peta FHD dan SVD menghasilkan grafik nilai yang kemudian dianalisis untuk melihat perbandingan puncak nilai maksimum

dan minimumnya. FHD digunakan sebagai indikasi batas struktur geologi atau sesar dan SVD digunakan untuk menggambarkan jenis sesar.

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 6, Grafik FHD menunjukkan adanya nilai maksimum vang berkorelasi dengan nilai nol pada grafik SVD. Berdasarkan hasil sayatan penampang A-A' (Gambar 6), puncak dari anomali maksimum SVD menunjukkan nilai 0,13987 mGal/m<sup>2</sup> sedangkan nilai puncak anomali minimumnya bernilai 0,03184 mGal/m<sup>2</sup>. Kemudian pada sayatan penampang B-B', puncak dari anomali maksimum SVD menunjukkan nilai 0,07605 mGal/m<sup>2</sup> sedangkan nilai puncak anomali minimumnya bernilai 0,03027 mGal/m<sup>2</sup>. Selanjutnya pada sayatan penampang C-C', puncak dari anomali maksimum SVD menunjukkan nilai 0,31513 mGal/m<sup>2</sup> sedangkan nilai puncak anomali minimumnya bernilai 0,10864 mGal/m<sup>2</sup>. Sayatan penampang D-D' menunjukkan puncak dari anomali maksimum SVD dengan nilai 0,52881 Gal/m<sup>2</sup> sedangkan nilai puncak anomali minimumnya bernilai 0,14148 mGal/m<sup>2</sup>. Sayatan penampang E-E', puncak dari anomali maksimum SVD menunjukkan nilai 0,46498 mGal/m<sup>2</sup> sedangkan nilai puncak anomali minimumnya bernilai 0,22075 mGal/m<sup>2</sup>. Selanjutnya pada sayatan F-F' menunjukkan puncak dari anomali maksimum SVD bernilai 2,85923 mGal/m<sup>2</sup> sedangkan nilai puncak anomali minimumnya bernilai 0,20055 mGal/m<sup>2</sup>. Untuk Sayatan G-G', puncak dari anomali maksimum SVD menunjukkan nilai 0,99184 mGal/m<sup>2</sup> sedangkan nilai puncak anomali minimumnya bernilai 0,19206 mGal/m<sup>2</sup>.



Gambar 5. Peta anomali (a) FHD dan (b) SVD



Gambar 6. Grafik hasil sayatan FHD-SVD

Berdasarkan ketujuh nilai absolut anomali SVD tersebut menunjukkan puncak maksimum nilai anomali SVD lebih besar dibandingkan puncak nilai minimumnya atau  $\left|\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2}\right|_{max} > \left|\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2}\right|_{max}$ min, sehingga dapat diidentifikasikan bahwa ketujuh lintasan tersebut merupakan jenis sesar turun.

#### Keterkaitan dugaan sesar dengan gempabumi 5 Agustus 2020

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa sesar pada penelitian sebelumnya [5] menunjukkan sesar yang lurus memanjang dari Barat Laut ke arah Tenggara. Hal ini selaras dengan hasil penelitian ini, dimana sesar yang dihasilkan adalah sama. Namun pada penelitian ini sesar tidak menunjukkan bentuk yang lurus memanjang tetapi berkelok-kelok sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Overlay sesar yang diusulkan oleh [5] dengan sesar hasil penelitian

Mekanisme sumber dari gempabumi 5 Agustus 2020 dapat dilihat pada Gambar 8 yang ditunjukkan sebagai bola fokal. Berdasarkan gambar tersebut, mekanisme gempabumi yang terjadi pada 5 Agustus 2020 didominasi oleh sesar turun. Hal ini sesuai dengan hasil SVD, dimana hasil seluruh sayatan menunjukkan sesar turun. Selain itu, jenis sesar hasil penelitian ini juga sesuai dengan jenis sesar yang diusulkan oleh [5].



Gambar 8. Peta overlay sesar hasil penelitian dengan bola fokal gempa 5 Agustus 2020

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1. Analisis derivative (FHD dan SVD) menunjukan struktur sesar hasil penelitian memiliki karakteristik sesar turun. Hal isi sesuai dengan mekanisme sumber gempabumi yang berada pada lokasi penelitian tersebut.
- 2. Nilai Anomali Bouguer di wilayah Barat Daya Sumba bervariasi. Persebaran nilai anomali tinggi berada di selatan (Zona Subduksi) dan bagian Timur Laut, sedangkan anomali rendah berada di bagian tengah.

## **Ucapan Terima Kasih**

Ucapan terima kasih disampaikan kepada dua reviewer atas diskusi dan saran perbaikanya. Selain itu penulis juga berterima kasih kepada penyedia data satelit Topex yang dapat digunakan dalam penelitian.

## **Daftar Pustaka**

- [1] Haolia. "Pola Tektonik Zona Transisi Busur Sunda-Banda Berdasarkan Tomografi Double Difference." Laporan Tugas Akhir, Fakultas Teknologi Eksplorasi dan Produksi: Universitas Pertamina, 2020.
- [2] Harjono, H., Handayani, L., Mukti, M. M., Anggono, T., Syuhada, Puspito, N. T., Hananto, N. D., Aribowo, S. dan Handayani, L., "Sesmotektonik Busur Sunda", (diterjemahkan oleh : H. Harjono, Ed.), LIPI Press, Jakarta, 2017.
- [3] Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). "Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017". Badan Penelitian dan Pengembangan Kementrian PUPR. ISBN 978-602-5489-01-3.
- [4] Abercrombie, R. E., Antolik, M., Felzer, K. dan Ekström, G., "The 1994 Java tsunami earthquake: Slip over a subducting seamount", Journal of Geophysical Research: Solid Earth, Vol. 106, no. B4, pp 6595-6607, 2001.
- [5] Zubaidah, T., Korte, M., Mandea, M. dan Hamoudi, M., "New insights into regional tectonics of the Sunda-Banda Arcs region from integrated magnetic and gravity modelling", Journal of Asian Earth Sciences, Vol. 80, no. August 2018, pp 172-184, 2014.

- [6] Ningrum, T., Kadir, W.G.A., Alawiyah S., dan Wahyudi, E.J., "Studi Identifikasi Struktur dan Prospek Hidrokarbon Daerah Frontier Pada Cekungan Melawi - Ketungau, Kalimantan Barat dengan Metode Gayaberat", JTM Vol. XVIII No.2/2011. 57-66, 2011.
- [7] Parera, A.F.T dan Mahmud Yusuf, "Pemodelan Tiga Dimensi Anomali Gravitasi dan Identifikasi Sesar Lokal dalam Penentuan Jenis Sesar di Daerah Sidoarjo",
- [8] Chumairoh, D. A., Susilo, A. dan Wardhana, D. D., "Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Data Gayaberat Di Daerah Koto Tangah, Kota Padang, Sumatera Barat", jurnal Geofisika, Universitas Brawijaya: Malang, pp 2– 6, 2015.
- [9] Ali, Y. H., Azimi, A. dan Wulandari, A.,"Pemetaan Sesar Nusa Laut Berdasarkan Hiposenter Gempabumi Nusa Laut Agustus-September 2015 dan Data Gravitasi", Proseding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya, pp 11-18, 2015.
- [10] Margiono, R., Turbitt, C. W., Beggan, C. D., and Whaler, K. A.: Production of definitive data from Indonesian geomagnetic observatories, Geosci. Instrum. Method. Data Syst., 10, 169-182, https://doi.org/10.5194/gi-10-169-2021, 2021.
- [11] Maimuna, A. K., Elisabet, A. P., Segoro, Y. A., Margiono, R., Azzahra, K. S., Akhadi, M., dan Siregar, D. V., "Analisis Anomali Gaya Berat Menggunakan Metode SVD dan Pemodelan 3D (Studi Kasus Gempa di Kepulauan Togean, Kabupaten Tojo Una-Una, Sulawesi Tengah)." Jurnal Geofisika [Online], 19.1 (2021): 17-23. Web. 17 Nov. 2021
- [12] Ilham, Syirojudin, M., Margiono, R., Marsono, A., & Ardiana, N. (2021). Indonesian Earth's Lithospheric Magnetic Field modelling using Spherical Cap Harmonic Analysis Method. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 873(1), 012030. doi:10.1088/1755-1315/873/1/012030
- [13] Fu, Lee-Lueng et al. "TOPEX/POSEIDON mission overview". Journal of Geophysical Research: Oceans 99.C12 (1994): 24369-24381. Web.
- [14] Visser, P. N. A. M. "Gravity field determination with GOCE and GRACE". Advances in Space Research 23.4 (1999): 771-776. Web.