



Tinjauan Geofisika Kabupaten Malang, Jawa Timur, Indonesia (Aplikasi Kartografi Modern dan Geokomputasi Sederhana)

Bambang Sugiarto*

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian ESDM, Jl. Diponegoro No. 57 Bandung, Jawa Barat, Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: bambang.sugiarto@esdm.go.id

Paper received: 01-04-2022; revised: 15-04-2022; accepted: 30-04-2022

Abstract

This paper presents an analysis and summary of geophysical conditions including topography, volcanism, and earthquake activity in Malang Regency and its surroundings. The geological and geophysical conditions of this area are very complex due to geological processes from millions of years ago to the present. The purpose of this paper is to visualize geoinformation data using modern cartographic techniques and simple computational methods. The unique feature of this paper is the high resolution data visualization with Generic Mapping Tools (GMT). Includes grid/raster data in NetCDF and GRD: ETOPO1 formats, SRTM2 grav satellite gravity data. The volcano catalog uses the Global Volcanism Program online database. The BMKG earthquake database is used to generate data on earthquake activity in the study area. Earthquake catalog includes earthquake distribution/position, magnitude, and depth of the hypocenter. This study demonstrates that GMT is effective for high-quality map presentation and geoinformation processing. The presented paper will contribute to the regional study of Java's subduction zones and volcanism and provide data and base maps for further research.

Keywords: GMT, cartography, gravity, earthquake, volcanism

Abstrak

Makalah ini menyajikan analisis dan ringkasan kondisi geofisika meliputi topografi, vulkanisme, dan aktivitas gempa di Kabupaten Malang dan sekitarnya. Kondisi geologi dan geofisika area ini sangat kompleks akibat proses geologi sejak jutaan tahun yang lalu hingga saat ini. Tujuan dari makalah ini yaitu memvisualisasikan data geoinformasi menggunakan teknik kartografi modern dan metode komputasi sederhana. Fitur unik dari makalah ini adalah visualisasi data resolusi tinggi dengan *Generic Mapping Tools* (GMT). Termasuk data *grid/raster* dalam format NetCDF dan GRD: ETOPO1, data *gravity satelit* SRTM grav. Katalog gunungapi menggunakan database *online* Program Vulkanisme Global. Database gempabumi BMKG digunakan untuk menghasilkan data aktivitas gempa di daerah penelitian. Katalog gempa meliputi sebaran/posisi gempa, magnitudo, dan kedalaman hiposenter. Studi ini menunjukkan GMT yang efektif untuk penyajian peta berkualitas tinggi dan pemrosesan geoinformasi. Makalah yang disajikan ini akan berkontribusi pada studi regional zona subduksi dan vulkanisme Jawa serta menyediakan data dan peta dasar untuk penelitian lanjutan.

Kata kunci: GMT, cartography, gravity, earthquake, volcanism

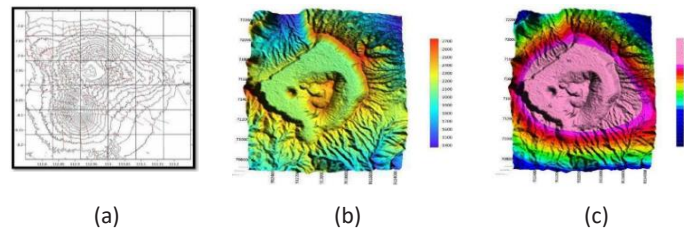
1. Pendahuluan

Kabupaten Malang sangat rentan akan bahaya geologi diantaranya erupsi gunungapi dan gempa bumi. Area yang luas serta padat penduduk menambah alasan pentingnya dilakukan kajian geofisika di Kabupaten Malang ini terutama aspek gunungapi dan gempa bumi.

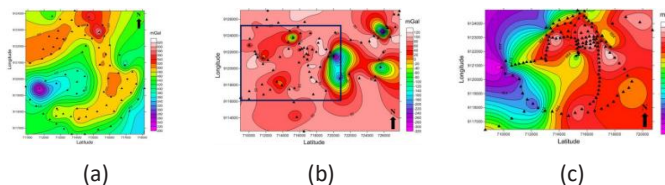
Data catatan erupsi gunungapi di Jawa Bagian Timur (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), n.d.) diantaranya : Kaldera Tengger (2021); Semeru (2021); Kelut

(2014, 1586); Arjuna Welirang (1952); Penanggung; Lamongan (1898); Iyang Argapura; Raung (2021); Ijen (1999).

Beberapa penelitian geofisika sebelumnya di Kabupaten Malang dan sekitarnya pada Gambar 1 menyajikan visualisasi data yang tidak akurat (Syahputra & Saputra, 2021). Permasalahan dari penelitian sebelumnya yaitu resolusi dan sebaran data yang kurang baik akibat kesulitan medan pada saat akuisisi data geofisika (Maryanto et al., 2017).



Gambar 1. Visualisasi Data Geofisika yang Tidak Akurat : (a) Kontur Topografi; (b) Peta Elevasi; (c) Peta Gravity



Gambar 2. Resolusi dan Sebaran Data Geofisika yang Kurang Baik : (a) Akuisisi Gravity 2014; (b) Akuisisi 2009; (c) akuisisi 2000

Makalah ini bertujuan memvisualisasikan data geofisika dan data geoinformasi resolusi tinggi menggunakan kartografi dan komputasi sederhana.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan data sebagai berikut:

- Global Volcanism Program (GVP) database* (Venzke, 2013)
- Database gempa bumi BMKG*
- @earth_relief_30s/15s/05s/01s*
- Gravity satelit: SRTM2gravity* (Hirt et al., 2019)

Peralatan atau perangkat lunak yang digunakan:

- Generic Mapping Tools (GMT) V6.1* (Wessel et al., 2019)
- Visual Studio Code 1.60.2*
- MATLAB R2016A*

Database gunungapi dan database gempa bumi diekstrak dalam format *notepad* (.txt) seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Data diplot menggunakan GMT yang dijalankan *Visual Studio Code* seperti pada Gambar 4. Data *gravity satelit* resolusi sangat tinggi (*ultra-high resolution*) *SRTM gravity* dijalankan di MATLAB dengan script komputasi sederhana *File Test Access* hasil modifikasi (Hirt et al., 2019) seperti pada Gambar 5.

Volcano Num	Volcano Name	Country	Primary Volcanic Activity Evidence (Last Known)	Region	Subregion	Latitude	Longitude	Elevation (Dominant Rock Type)	Tectonic Setting
263190	Slamet	Indonesia	Stratovolcano	Eruption Observ 2014 CE	Indonesia Java	-7,242	109,208	3428 Basalt / Picro-Basalt	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263200	Dieng Volcanic Complex	Indonesia	Complex	Eruption Observ 2021 CE	Indonesia Java	-7,2	109,879	2565 Andesite / Basaltic Andesite	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263210	Sundoro	Indonesia	Stratovolcano	Eruption Observ 1971 CE	Indonesia Java	-7,3	109,992	3136 Andesite / Basaltic Andesite	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263220	Sumbing	Indonesia	Stratovolcano	Eruption Observ 1736 CE	Indonesia Java	-7,384	110,07	3371 Andesite / Basaltic Andesite	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263230	Ungaran	Indonesia	Stratovolcano	Evidence Credib Unknown	Indonesia Java	-7,18	110,33	2050 Trachyandesite / Basaltic Trac	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263231	Telomoyo	Indonesia	Stratovolcano	Evidence Credib Unknown	Indonesia Java	-7,362	110,4	1864 Andesite / Basaltic Andesite	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263240	Merbabu	Indonesia	Stratovolcano	Eruption Observ 1797 CE	Indonesia Java	-7,454	110,44	3118 Basalt / Picro-Basalt	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263250	Merapi	Indonesia	Stratovolcano	Eruption Observ 2021 CE	Indonesia Java	-7,54	110,448	2910 Andesite / Basaltic Andesite	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263251	Muria	Indonesia	Stratovolcano	Eruption Dated 100 BCE	Indonesia Java	-6,62	110,88	1625 Trachybasalt / Tephrite Basan	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263260	Lawu	Indonesia	Stratovolcano	Eruption Observ 1885 CE	Indonesia Java	-7,625	111,192	3265 Andesite / Basaltic Andesite	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263270	Wilis	Indonesia	Stratovolcano	Evidence Credib Unknown	Indonesia Java	-7,808	111,758	2563 Andesite / Basaltic Andesite	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263280	Kelut	Indonesia	Stratovolcano	Eruption Observ 2014 CE	Indonesia Java	-7,93	112,268	1731 Andesite / Basaltic Andesite	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263281	Kawi-Butak	Indonesia	Stratovolcano	Evidence Credib Unknown	Indonesia Java	-7,92	112,45	2051 No Data (checked)	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263290	Arjuno-Welirang	Indonesia	Stratovolcano	Eruption Observ 1952 CE	Indonesia Java	-7,733	112,575	3339 Andesite / Basaltic Andesite	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263291	Pananggungan	Indonesia	Stratovolcano	Evidence Credib Unknown	Indonesia Java	-7,816	112,62	1831 Andesite / Basaltic Andesite	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263300	Semera	Indonesia	Stratovolcano	Eruption Observ 2021 CE	Indonesia Java	-8,108	112,922	3657 Andesite / Basaltic Andesite	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263310	Tengger Caldera	Indonesia	Stratovolcano	Eruption Observ 2021 CE	Indonesia Java	-7,942	112,95	2329 Trachyandesite / Basaltic Trac	Subduction zone / Continental crust (>25 km)
263320	Lamongan	Indonesia	Stratovolcano	Eruption Observ 1898 CE	Indonesia Java	-7,981	113,341	1641 Basalt / Picro-Basalt	Subduction zone / Continental crust (>25 km)

(a)

The Agency for Meteorology Climatology and Geophysics (BMKG)
Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS)

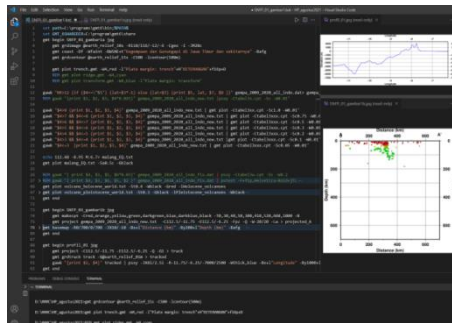
Format origin results for:

Latitude : -20 until 10
Longitude: 90 until 150
Depth : 1 until 1000
Magnitude: 1 until 9.5
Time : 2009/01/01 until 2020/10/06

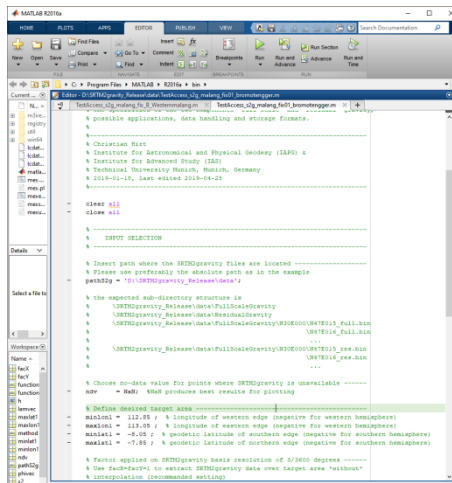
Date	Time	Lat	Lon	Dep	M	MT	Region
2020/10/06	22:17:32.052	8.32 S	108.77 E	24	3.9	-	Java, Indonesia
2020/10/06	21:47:20.613	1.70 N	127.19 E	125	4.1	-	Halmahera, Indonesia
2020/10/06	21:29:16.115	9.59 N	126.67 E	90	4.6	-	Mindanao, Philippines
2020/10/06	20:26:36.767	7.69 S	127.83 E	216	4.5	-	Banda Sea
2020/10/06	18:40:32.390	3.75 N	97.62 E	10	3.3	-	Northern Sumatra, Indonesia
2020/10/06	15:14:45.845	9.59 S	112.86 E	10	3.9	-	South of Java, Indonesia
2020/10/06	14:26:00.622	9.52 S	112.85 E	10	4.2	-	South of Java, Indonesia
2020/10/06	14:10:00.491	9.45 S	112.89 E	10	4.5	-	South of Java, Indonesia

(b)

Gambar 3. (a) Database Gunungapi (b) Database Gempa Bumi



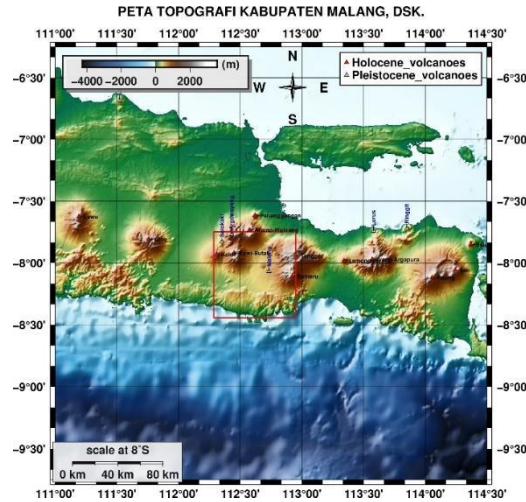
Gambar 4. Tampilan Generic Mapping Tools Menggunakan Editor Visual Studio Code



Gambar 5. Test Access SRTM2 Gravity menggunakan MATLAB R2016A

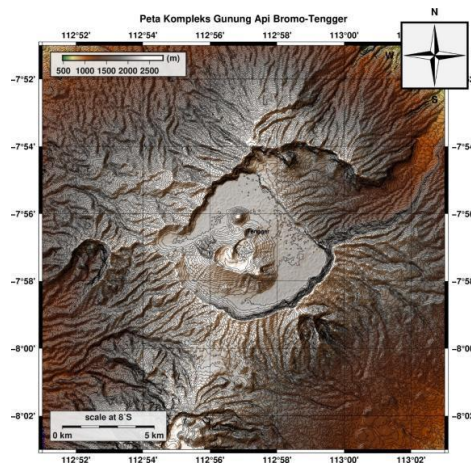
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil visualisasi yang pertama adalah peta topografi Kabupaten Malang dan sekitarnya seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Topografi daratan dan batimetri lautan serta sebaran gunungapi dapat ditampilkan dengan baik menggunakan GMT.



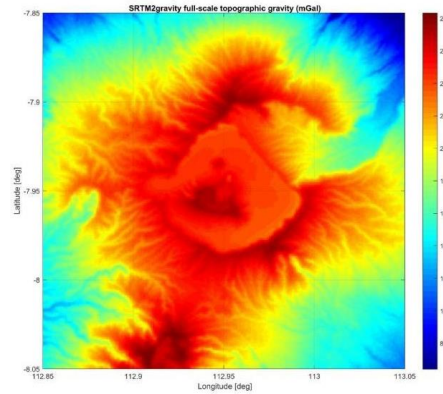
Gambar 6. Peta Topografi Kabupaten Malang dan sekitarnya; diplot menggunakan perangkat lunak *Generic Mapping Tools* dengan menggunakan *remote dataset earth_relief 05s GEBCO 2021* (Oceans, n.d.)

Hasil visualisasi yang kedua adalah peta kompleks gunungapi Bromo-Tengger seperti pada Gambar 7. GMT memproses data geoinformasi misalkan kontur topografi dengan sangat baik.

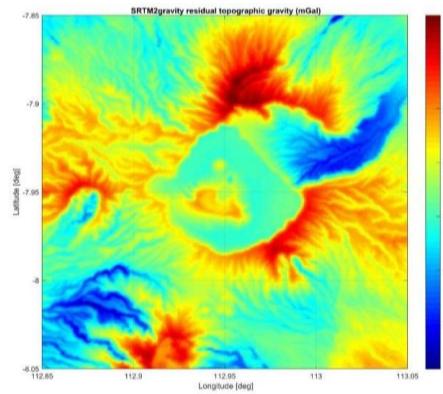


Gambar 7. Peta kompleks gunungapi Bromo-Tengger; diplot menggunakan *Generic Mapping Tools* (Oceans, n.d.)

Hasil visualisasi yang ketiga dan keempat adalah peta SRTM gravity Full-scale dan Residual area gunung api Bromo-Tengger seperti pada Gambar 8 dan Gambar 9. MATLAB memproses data gravity satelit resolusi sangat tinggi dengan sangat baik.

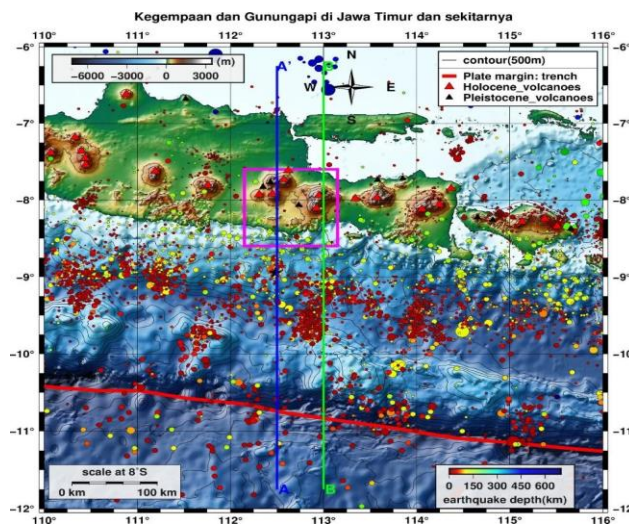


Gambar 8. Peta *SRTM gravity Full-scale area* gunung api Bromo-Tenger; diplot menggunakan MATLAB R2016A

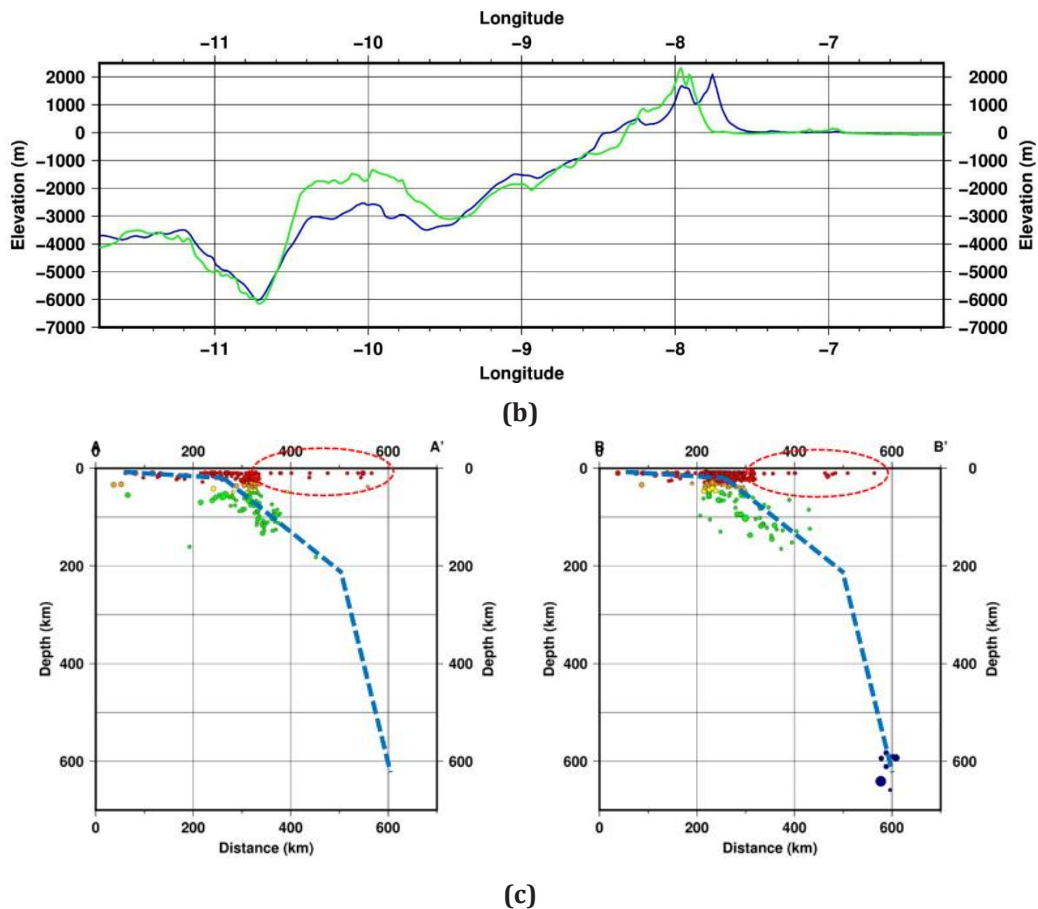


Gambar 9. Peta *SRTM gravity residual area* gunung api Bromo-Tenger; diplot menggunakan MATLAB R2016A

Hasil visualisasi yang kelima adalah gabungan topografi, gunungapi dan kegempaan Jawa Bagian Timur dilengkapi profil elevasi dan *cross-section* gempabumi seperti pada Gambar 10.



(a)



Gambar 10. Hasil visualisasi GMT menggabungkan data topografi, gunung api, kegempaan serta profil elevasi dan *cross-section* gempabumi; (a) Peta Kegempaan dan gunung api Jawa Timur; (b) profil elevasi A-A' (warna biru) dan B-B' (warna hijau); (c) *cross section* gempabumi A-A' dan B-B'. Gempabumi dangkal yang jauh dari zona subduksi kemungkinan berhubungan dengan keberadaan patahan aktif dangkal (dekat permukaan).

4. Simpulan

Generic Mapping Tools (GMT) efektif untuk pemetaan berkualitas tinggi dan pemrosesan geoinformasi. Data *gravity satelit* dapat digunakan dan sangat bermanfaat terutama di area yang minim data serta topografi pegunungan yang sulit dilakukan survei darat. Hasil penelitian berkontribusi pada studi regional zona subduksi dan vulkanisme Jawa serta menyediakan data dan peta untuk penelitian lanjutan. Para ahli ilmu kebumihan sangat disarankan untuk mempelajari teknik kartografi dan geokomputasi untuk keperluan penelitian dan publikasi.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada segenap Panitia Seminar Nasional Fisika dan Pembelajarannya tahun 2021 atas kesempatan yang diberikan untuk mengikuti Seminar Nasional ini. Dosen dan Mahasiswa FMIPA Universitas Negeri Malang atas diskusi selama kegiatan seminar ini. Reviewer dan editor yang telah memberikan saran, masukan serta koreksi untuk artikel ini.

Daftar Rujukan

Hirt, C., Yang, M., Kuhn, M., Bucha, B., Kurzmann, A., & Pail, R. (2019). SRTM2gravity: An ultrahigh resolution global model of gravimetric terrain corrections. *Geophysical Research Letters*, 46(9), 4618–4627.

- Maryanto, S., Wuryani, S. D., Nugraha, A. K., Prayogo, A., Kunrat, S. L., & Basuki, A. (2017). Temporal changes of complete bougeuer anomalies at Bromo Volcano, East Java, Indonesia. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(21), 10867–10873.
- Oceans, G. B. C. of the. (n.d.). *Gridded bathymetry data (General Bathymetric Chart of the Oceans)*. GEBCO. Retrieved June 22, 2022, from https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG). (n.d.). *MAGMA Indonesia (Multiplatform Application for Geohazard Mitigation and Assessment in Indonesia)*. <https://magma.esdm.go.id/v1>.
- Syahputra, A. E. S., & Saputra, D. W. T. (2021). IDENTIFIKASI HUBUNGAN PROSPEK PANAS BUMI BERDASARKAN FAULT ANDN FRACTURE DENSITY (FFD) DENGAN RESIDUAL GRAVITY STUDI KASUS GUNUNG BROMO, PROVINSI JAWA TIMUR. *Prosiding Seminar Teknologi Kebumian Dan Kelautan (SEMITAN)*, 3(1), 392–396.
- Venzke, E. (2013). *Global Volcanism Program, 2013. Volcanoes of the World, v. 4.5. 2*. Smithson. Institution, Natl. Museum Nat. Hist.
- Wessel, P., Luis, J. F., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W. H., & Tian, D. (2019). The generic mapping tools version 6. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20(11), 5556–5564.