

Karakteristik Geodinamika Periodik di Provinsi Lampung dari Pengukuran GNSS Kontinu Selama Satu Bulan pada Tahun 2018

Satrio Muhammad Alif^{1*}, M Rizky¹

¹ Program Studi Teknik Geomatika, Jurusan Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35365

* Corresponding email: satrio.muhammad@gt.itera.ac.id

Riwayat Artikel

Diterima
21/08/2021
Disetujui
17/03/2022
Diterbitkan
15/06/2022

Abstrak

Geodinamika periodik merupakan fenomena yang diamati untuk mempelajari perilaku bumi. GNSS dapat digunakan untuk mengamati fenomena periodik tersebut. Fenomena periodik diteliti karena memiliki kegunaan dalam hal sistem referensi dan menjadi koreksi agar dapat memperoleh pergerakan fenomena sekuler dan episodik yang lebih akurat. Penelitian ini bertujuan mengkaji karakteristik geodinamika periodik di Provinsi Lampung. Data GNSS yang digunakan pada penelitian ini adalah data kontinu selama satu bulan pada Januari 2018 pada titik TJKG di Natar dan titik KRUI di Krui yang berada pada pesisir yang menghadap samudra. Pengolahan data GNSS menghasilkan solusi koordinat titik untuk setiap menit dengan strategi *Precise Point Positioning* (PPP) dan metode absolut kinematik dengan tidak menggunakan model geodinamika periodik. Hasil pengolahan dilakukan analisis data 24 jam dan analisis data 31 hari, serta analisis pada domain frekuensi yang didapatkan dari hasil transformasi Fourier. Kekuatan fenomena periodik di KRUI lebih besar dibandingkan titik TJKG yang disebabkan posisi titik KRUI yang lebih dekat dengan samudra. Fenomena geodinamika periodik yang teridentifikasi pada kedua titik tersebut adalah fenomena diurnal dengan periode 24 jam, fenomena semidiurnal dengan periode 12 jam, dan fenomena fortnightly dengan periode 15 hari.

Kata Kunci: Geodinamika; Periodik; Fourier; GNSS

Abstract

Periodic geodynamics are phenomena that are observed to understand Earth's behavior. The GNSS can be used to observe these periodic phenomena. Periodic phenomena are studied because they have big role in reference systems and corrections to obtain more accurate movements of secular and episodic phenomena. This study aims to examine periodic geodynamics characteristics in Lampung Province. The GNSS data used in this study is continuous data for one month. GNSS data processing produces a point coordinate solution for every minute with the Precise Point Positioning (PPP) strategy and the kinematic absolute method without using periodic geodynamics models. The results of the processing were analyzed for 24 hours of data and 31 days of data, and frequency domain resulted from the Fourier transform. The amplitude of the periodic phenomenon in KRUI is greater than that of the TJKG point because the KRUI point is closer to the ocean. The periodic geodynamics phenomena identified at these two points are a diurnal phenomenon with a 24 hour period, a semidiurnal phenomenon with a 12 hour period, and a two week phenomenon with a 15 day period.

Keywords: Geodynamics; Periodic; Fourier; GNSS

1. Pendahuluan

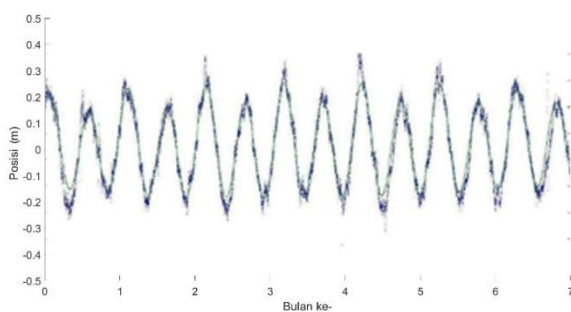
Geodinamika, yang merupakan bagian dari ilmu kebumiharian untuk mempelajari perilaku bumi, memiliki kegunaan dalam hal sistem referensi [1]. Pergerakan dari bumi yang dinamis dalam arah

horizontal dan vertikal diteliti untuk mendapat koordinat dengan sistem referensi yang tunggal. Fenomena geodinamika dapat bersifat periodik, sekuler, dan episodik. Fenomena sekuler seperti pergerakan lempeng/sesar [2] dan fenomena episodik seperti pergeseran saat gempa bumi [3]

banyak diteliti dengan model untuk fenomena geodinamika periodik seperti model *International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) Convention* [4]. Fenomena sekuler dan episodik diteliti karena memiliki kegunaan dalam hal kebencanaan dan sistem referensi sedangkan fenomena periodik diteliti karena memiliki kegunaan dalam hal sistem referensi dan menjadi koreksi agar dapat memperoleh pergerakan fenomena sekuler dan episodik yang lebih akurat [5].

Fenomena geodinamika periodik merupakan fenomena berulang dari pergerakan bumi selain fenomena geodinamika sekuler dan fenomena geodinamika non sekuler. Fenomena periodik tersebut antara lain pasang surut bumi, pasang surut kutub, beban atmosfer, dan beban pasang surut laut. Fenomena periodik terjadi akibat rotasi bumi dan pergerakan massa atmosfer dan laut [6]. Fenomena periodik dapat diteliti menggunakan baik *Global Navigation Satellite System (GNSS)* maupun data gaya berat [7]. Fenomena geodinamika periodik yang diteliti dalam penelitian ini merupakan fenomena yang diakibatkan rotasi bumi sehingga fenomena yang mendominasi memiliki periode bervariasi dari 12 jam hingga 30 hari.

Fenomena geodinamika periodik di setiap tempat memiliki karakteristik yang berbeda. Beban pasang surut laut di Hong Kong didominasi oleh fenomena dengan periode 12 jam [8]. Pasang surut bumi di Jawa Barat menunjukkan tunggang pasang surut bumi hingga 781 mm dan didominasi oleh fenomena dengan periode 12 jam [9]. Residu pasang surut bumi di Jawa Barat dengan model pasang surut bumi IERS hingga 36 cm [10] yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 1. Selain dua penelitian mengenai pasang surut bumi di Jawa Barat tersebut, penelitian mengenai pasang surut bumi secara khusus dan fenomena geodinamika periodik secara umum masih jarang dilakukan sehingga penelitian ini bertujuan mengkaji karakteristik geodinamika periodik di Provinsi Lampung.



Gambar 1. Residu pasang surut bumi hasil pengukuran GNSS dengan Model IERS [10].

2. Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data GNSS kontinu pada Januari 2018. Data GNSS kontinu yang digunakan adalah data dikelola oleh Sumatran GPS Array (SuGAR) [11] dari tanggal 1 Januari 2018 hingga 31 Januari 2018. Titik SuGAR yang digunakan adalah titik TJKG di Natar dengan lintang $5,239^\circ$ Lintang Selatan dan bujur $105,175^\circ$ Bujur Timur serta titik KRUI di Krui dengan lintang $5,090^\circ$ Lintang Selatan dan bujur $103,855^\circ$ Bujur Timur (Gambar 2) yang berjarak 146 km dan diukur dengan interval 15 detik. Pemilihan titik TJKG disebabkan lokasinya yang berdekatan dengan ibukota Provinsi Lampung, Bandar Lampung yang sedang berkembang [12]. Pemilihan titik KRUI disebabkan lokasinya yang dekat pesisir sehingga beban pasang surut laut dapat teramati. Pemilihan waktu satu bulan dilakukan karena fenomena sekuler di Provinsi Lampung yaitu pergerakan lempeng dan sesar hingga 24 cm/tahun atau hanya 2 mm/bulan [13,14] dan dapat diabaikan ketika pengolahan data. Selain itu, tidak ada fenomena episodik yang terjadi di Provinsi Lampung selama bulan Januari 2018 berupa gempa bumi yang dapat menimbulkan pergeseran koseismik [15,16,17].



Gambar 2. Titik GNSS Kontinu yang digunakan dalam penelitian ini.

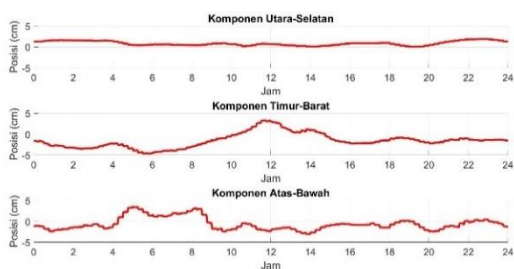
Pengolahan data GNSS menggunakan perangkat lunak ilmiah dan menghasilkan solusi koordinat titik untuk setiap menit. Pengolahan data GNSS menggunakan strategi *Precise Point Positioning (PPP)* dengan metode absolut kinematik dengan tidak menggunakan model geodinamika periodik seperti model pasang surut bumi, model beban atmosfer, dan model beban pasang surut laut. Pengolahan data GNSS menggunakan parameter *Precise Satellite Ephemeris*, IONEX TEC sebagai koreksi ionosfer, ZTD sebagai koreksi troposfer, *Elevation Mask* sebesar 10° , dan solusi koordinat setiap 60 detik/1 menit. Hasil deret waktu koordinat dalam tiga komponen (Utara-Selatan, Timur-Barat, dan Atas-Bawah) dalam domain waktu

dilakukan analisis data 24 jam yaitu pada tanggal 1 Januari 2018, serta analisis data 31 hari.

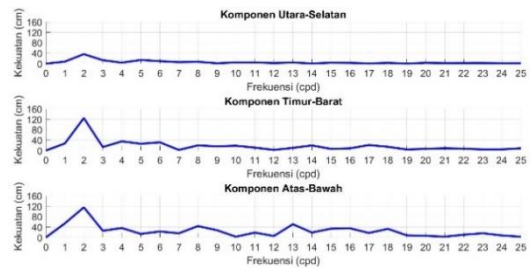
Transformasi Fourier dilakukan untuk identifikasi periode dari fenomena geodinamika periodik di Provinsi Lampung. Deret waktu koordinat pada domain waktu ditransformasi menjadi domain frekuensi menggunakan transformasi Fourier. Dari hasil pada domain frekuensi, periode yang mendominasi fenomena geodinamika periodik di Provinsi Lampung dapat ditentukan. Koordinat yang ditransformasi adalah deret waktu koordinat harian pada tanggal 1 Januari 2018, serta deret waktu selama satu bulan.

3. Hasil dan Pembahasan

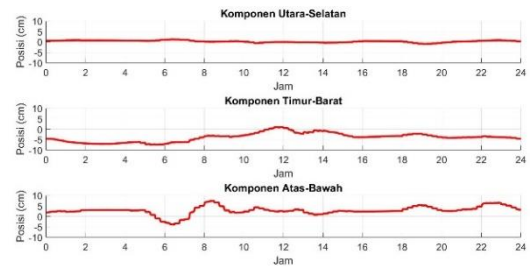
Hasil dari deret waktu koordinat menunjukkan selisih nilai maksimum dan nilai minimum titik KRUI lebih besar dibandingkan titik TJKG. Deret waktu koordinat titik TJKG selama 24 jam (Gambar 3 dan Gambar 4), memiliki selisih nilai maksimum dan nilai minimum sebesar 1,9 cm pada komponen utara-selatan, 7,9 cm pada komponen timur-barat, dan 6,6 cm pada komponen atas-bawah. Deret waktu koordinat titik KRUI selama 24 jam (Gambar 5 dan Gambar 6), memiliki selisih nilai maksimum dan nilai minimum sebesar 2,2 cm pada komponen utara-selatan, 8,4 cm pada komponen timur-barat, dan 11,2 cm pada komponen atas-bawah. Pada domain frekuensi dari analisis data 24 jam, fenomena yang dominan di kedua titik adalah fenomena dengan frekuensi 2 *cycle per day* (cpd) atau dengan periode 12 jam. Fenomena selanjutnya yang dominan adalah fenomena dengan frekuensi 1 cpd atau dengan periode 24 jam dengan kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan fenomena dengan frekuensi 2 cpd. Dari ketiga komponen, komponen timur-barat menunjukkan kekuatan yang paling besar dan kekuatan di titik KRUI lebih besar dibandingkan kekuatan di titik TJKG.



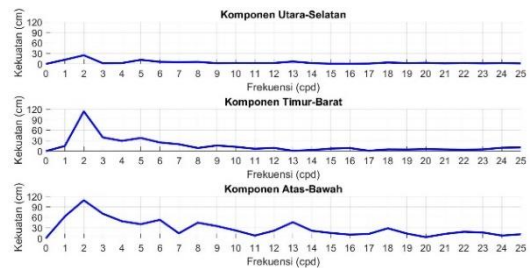
Gambar 3. Deret waktu koordinat titik TJKG selama 24 jam pada domain waktu.



Gambar 4. Deret waktu koordinat titik TJKG selama 24 jam pada domain frekuensi.



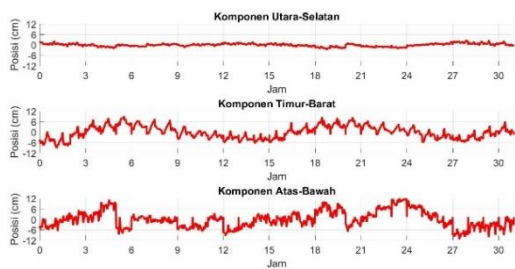
Gambar 5. Deret waktu koordinat titik KRUI selama 24 jam pada domain waktu.



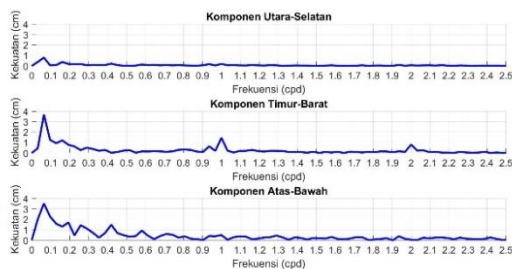
Gambar 6. Deret waktu koordinat titik KRUI selama 24 jam pada domain frekuensi.

Hasil analisis data 31 hari dari fenomena geodinamika periodik menunjukkan fenomena yang lebih banyak dan fenomena dominan yang berbeda dibandingkan pada analisis data 24 jam. Deret waktu koordinat titik TJKG selama 31 hari (Gambar 7 dan Gambar 8), memiliki selisih nilai maksimum dan nilai minimum sebesar 5,2 cm pada komponen utara-selatan, 18,0 cm pada komponen timur-barat, dan 25,0 cm pada komponen atas-bawah. Deret waktu koordinat titik KRUI selama 31 hari (Gambar 9 dan Gambar 10), memiliki selisih nilai maksimum dan nilai minimum sebesar 5,9 cm pada komponen utara-selatan, 22,7 cm pada komponen timur-barat, dan 20,9 cm pada komponen atas-bawah. Selisih nilai maksimum dan nilai minimum pada analisis data 31 hari lebih besar dibandingkan pada analisis data 24 jam. Pada domain frekuensi dari analisis data 31 hari, fenomena yang dominan di kedua titik adalah fenomena dengan frekuensi 0,067 *cycle per day* (cpd) atau dengan periode 15 jam. Fenomena selanjutnya yang dominan adalah fenomena dengan frekuensi 1 cpd atau dengan periode 24 jam dengan

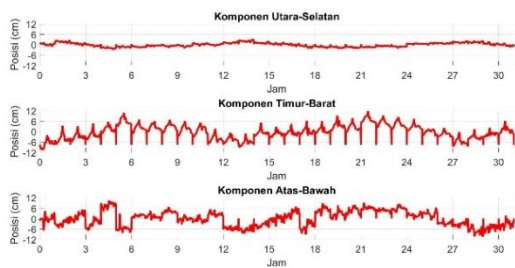
kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan fenomena dengan frekuensi 0,067 cpd. Pada analisis data 31 hari, fenomena dengan frekuensi 2 cpd memiliki kekuatan lebih rendah dibandingkan dengan fenomena dengan frekuensi 1 cpd.



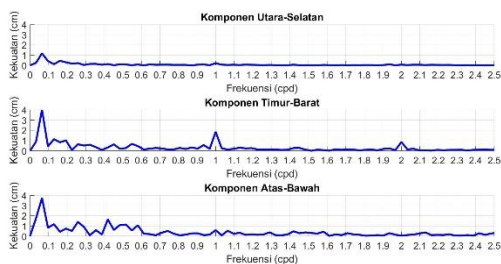
Gambar 7. Deret waktu koordinat titik TJKG selama 31 hari pada domain waktu.



Gambar 8. Deret waktu koordinat titik TJKG selama 31 hari pada domain frekuensi.



Gambar 9. Deret waktu koordinat titik KRUI selama 31 hari pada domain waktu.



Gambar 10. Deret waktu koordinat titik KRUI selama 31 hari pada domain frekuensi.

Karakteristik geodinamika periodik di Provinsi Lampung adalah didominasi fenomena diurnal, semidiurnal, dan fortnightly. Fenomena diurnal dengan periode 24 jam dan semidiurnal dengan

periode 12 jam teridentifikasi pada analisis data 24 jam dan analisis data 31 hari. Fenomena fortnightly dengan periode 15 hari teridentifikasi pada analisis data 31 hari dan mendominasi pergerakan di titik TJKG dan titik KRUI. Fenomena diurnal dan semidiurnal disebabkan rotasi bumi dan gaya tarik matahari dan bulan sedangkan fenomena fortnightly disebabkan oleh deklinasi bulan relatif terhadap bumi [18]. Ketiga fenomena tersebut juga terdeteksi pada pengamatan fenomena periodik di Sungai Alapaha, Amerika Serikat [19]. Penggunaan data satu bulan ini menyebabkan fenomena dengan periode lebih panjang seperti fenomena monthly dan annual tidak teridentifikasi, tetapi fenomena geodinamika sekuler juga tidak terdeteksi.

Fenomena geodinamika periodik yang teridentifikasi pada penelitian ini masih merupakan penggabungan fenomena pasang surut bumi, pasang surut kutub, beban atmosfer, dan beban pasang surut laut. Besarnya selisih nilai maksimum dan nilai minimum di titik KRUI disebabkan oleh lokasi titik KRUI yang terletak di Krui dan dekat dengan samudra dibandingkan titik TJKG yang terletak di Natar (Gambar 2). Titik TJKG juga terletak di dekat laut yaitu Selat Sunda, tetapi bukan Samudra yang memiliki massa air lebih banyak [20]. Pengaruh jarak dengan samudra terkait dengan besarnya beban pasang surut laut yang bernilai besar di Samudra dan pesisir yang menghadap Samudra dibandingkan di tengah benua [21]. Selain itu, pergerakan horizontal pada komponen timur-barat lebih besar dibandingkan pada komponen utara-selatan baik pada titik KRUI maupun titik TJKG yang disebabkan samudra terletak di barat kedua titik tersebut.

4. Kesimpulan

Karakteristik geodinamika periodik di Provinsi Lampung adalah dengan periode 15 hari, 24 jam, dan 12 jam. Fenomena dengan periode lebih panjang dan fenomena geodinamika sekuler tidak teridentifikasi pada data penelitian ini. Kekuatan dari fenomena periodik teridentifikasi lebih besar di Krui yang terletak di pesisir yang menghadap samudra dibandingkan di Natar. Selisih maksimum yang didapatkan pada titik TJKG adalah 7,9 mm, sedangkan selisih maksimum yang didapatkan pada titik KRUI adalah 11,2 mm. Penelitian ini merupakan studi awal untuk mempelajari karakteristik geodinamika periodik secara umum di Provinsi Lampung yang dapat dirincikan pada penelitian selanjutnya untuk memisahkan fenomena pasang surut bumi, pasang surut kutub, beban atmosfer, dan beban pasang surut laut di Provinsi Lampung secara khusus, dan Pulau Sumatera secara umum. Fenomena geodinamika periodik yang diamati secara lokal tentu akan lebih baik dibandingkan penggunaan model yang diamati secara global dalam pendefinisian sistem referensi dan menjadi

koreksi dalam memperoleh pergerakan fenomena sekuler dan episodik.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada seluruh pihak yang terlibat dalam pengumpulan data dan pengolahan data. Penelitian ini didanai hibah GBU45 ITERA tahun 2021. Gambar dibuat menggunakan Generic Mapping Tools [22].

Daftar Pustaka

- [1] Kryński J, Barlik M. On a lasting role of geodynamics in modern vertical and gravity reference systems. *Reports on Geodesy*. 2012.
- [2] Alif SM, Meilano I, Gunawan E, Efendi J. Evidence of postseismic deformation signal of the 2007 M8. 5 Bengkulu earthquake and the 2012 M8. 6 Indian Ocean earthquake in Southern Sumatra, Indonesia, based on GPS data. *Journal of Applied Geodesy*. 2016 Jun 1;10(2):103-8. DOI: 10.1515/jag-2015-0019.
- [3] Kodaira S, Fujiwara T, Fujie G, Nakamura Y, Kanamatsu T. Large coseismic slip to the trench during the 2011 Tohoku-Oki earthquake. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 2020 May 30;48:321-43. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-071719-055216>.
- [4] Petit G, Luzum B. IERS conventions. Bureau International des Poids et mesures sevres (france); 2010 Jan 1.
- [5] Wijaya, I. A. Pengaruh Pasang Surut Bumi Terhadap Gempabumi Mentawai 25 Oktober 2010 Mw 7, 8 (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada). 2013.
- [6] Agnew DC. 6 Earth Tides. *Treatise on Geophysics, Volume 3: Geodesy*. 2010 Apr 20:163.
- [7] Ito T, Okubo M, Sagiya T. High resolution mapping of Earth tide response based on GPS data in Japan. *Journal of geodynamics*. 2009 Dec 1;48(3-5):253-9. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2009.09.012>.
- [8] Zhou M, Liu X, Guo J, Jin X, Chang X. Ocean Tide Loading Displacement Parameters Estimated From GNSS-Derived Coordinate Time Series Considering the Effect of Mass Loading in Hong Kong. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2020 Oct 1;13:6064-76.
- [9] Haryati A. Analisis Sinyal Pasang Surut Bumi Menggunakan Metode Kinematic Precise Point Positioning GPS. *GEOPLANART*. 2020 May 11;2(2):124-35.
- [10] Pahlevi AM, Prijatna K, Meilano I, Sofian I. Investigation of the solid earth tide based on GPS observation and superconducting gravimeter data. *J. Ilm. Geomatika*. 2017 Jan 12;22(1):29. DOI: 10.24895/JIG.2016.22-1.488.
- [11] McLoughlin IV, Wong KJ, Tan SL. Data collection, communications and processing in the Sumatran GPS array (SuGAR). *In Proceedings of the World Congress on Engineering 2011 (Vol. 2, pp. 6-8)*.
- [12] Alif SM, Silaen RA. Klasifikasi Parameter Penyebab Kemacetan Jalan Kolektor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*. 2020 Apr 12;7(1):25-36. DOI: <http://dx.doi.org/10.25292/j.mtl.v7i1.360>.
- [13] Alif SM, Fattah EI, Kholil M. Geodetic slip rate and locking depth of east Semangko Fault derived from GPS measurement. *Geodesy and Geodynamics*. 2020 May 1;11(3):222-8. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2020.04.002>.
- [14] Alif SM, Ardiansyah MI, Wiyono S. Segmentation of Sumatran Fault Zone in Tanggamus District, Lampung based on GPS Displacement and SRTM Data. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2020 Jul 1 (Vol. 537, No. 1, p. 012002)*. IOP Publishing.
- [15] Alif SM, Fattah EI, Kholil M, Anggara O. Source of the 2019 Mw6.9 Banten Intraslab earthquake modelled with GPS data inversion. *Geodesy and Geodynamics*. 2021 Jun 14; 12(4):308-314. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2021.06.001>
- [16] USGS. (2020). USGS Natural Hazard. [Online]. Available: <https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/information-region>. [Accessed 17 June 2020].
- [17] Alif SM, Sauri MS, Perdana RS. Perubahan Kecepatan Subduksi Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Sundaland akibat Gempa Bumi Samudera Hindia tahun 2016. *Jurnal Geosains dan Teknologi*. 2021 Dec 4;4(3):159-67. <https://doi.org/10.14710/jgt.4.3.2021.159-167>
- [18] Joseph A. *Measuring ocean currents: tools, technologies, and data*. Newnes; 2013 Aug 12.
- [19] Briciu AE. Changes in Physical Properties of Inland Streamwaters Induced by Earth and Atmospheric Tides. *Water*. 2019 Dec;11(12):2533. DOI: 10.3390/w11122533.
- [20] Alif SM, Pratama AB. Penentuan Lokasi Stasiun Komunikasi Pemberitahuan Tsunami Berdasarkan Waktu Tiba Tsunami Selat Sunda Tahun 2018. *Geo-Image*. 2021 Jun 11;10(1):30-5. <https://doi.org/10.15294/geoimage.v10i1>
- [21] Francis O, Mazzega P. Global charts of ocean tide loading effects. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 1990 Jul 15;95(C7):11411-24. DOI: 10.1029/JC095iC07p11411.

- [22] Wessel P, Smith WH, Scharroo R, Luis J, Wobbe F. Generic mapping tools: improved version released. *Eos, Transactions American Geophysical Union*. 2013 Nov 5;94(45):409-10.
<https://doi.org/10.1002/2013EO450001>.