

Analisis Keterkaitan Fenomena Supermoon Terhadap Komponen Pasang Surut Di Perairan Semarang, Jawa Tengah

Sativa Haliza Tiatama*, Warsito Atmodjo dan Rikha Widiaratih

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: sativahaliza@gmail.com

Abstrak

Fenomena *supermoon* merupakan fenomena bulan purnama yang terjadi pada saat posisi bulan sedang mencapai jarak terdekat dengan bumi (*lunar perigee*). Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis peristiwa pasang surut pada saat terjadinya fenomena *supermoon* dengan menganalisis komponen pasang surut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *least square* dengan menggunakan *t_tide toolbox*. Data yang digunakan adalah data pasang surut pada saat *supermoon* di Perairan Semarang pada bulan Juni 2019 dan Juni 2022 milik Badan Informasi Geospasial (BIG). Hasil pengolahan data dilakukan verifikasi dengan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE). Hasil dari pengolahan data didapatkan bahwa, nilai *Highest High Water Level* (HHWL) pada bulan Juni 2019 yaitu 150 cm, sedangkan pada bulan Juni 2022 memiliki nilai HHWL yaitu 182 cm. Nilai RMSE pasang surut yang di dapatkan pada bulan Juni 2019 yaitu 8,28% dan pada bulan Juni 2022 yaitu 9,06%. Komponen pasang surut yang signifikan pada saat terjadinya *supermoon* menurut nilai amplitudonya yaitu O1, S2, J1, OO1, ETA2 dan SK3. Sedangkan komponen signifikan pada saat fenomena *supermoon* berdasarkan nilai fasa yaitu O1, MS4 dan ETA2. Berdasarkan nilai frekuensi energi spektral, komponen yang dominan pada saat terjadinya fenomena *supermoon* yaitu S2, K1, ETA2 dan SK3.

Kata kunci: *Supermoon*, Pasang Surut, Komponen Pasang Surut, *Least Square*, Semarang

Abstract

Analysis of the Relationship of the Supermoon Phenomenon to Tidal Components in Semarang Waters, Central Java

The *supermoon* phenomenon is a full moon phenomenon that occurs when the moon reaches its closest distance to the earth (*lunar perigee*). The aim of this research is to analyse tidal events during the *supermoon* phenomenon by analysing tidal components. The method used in this research is the *least squares method* using the *t_tide toolbox*. The data used is tidal data during the *supermoon* in Semarang waters in June 2019 and June 2022, belonging to the Geospatial Information Agency (BIG). The results of data processing are verified using *root mean square error* (RMSE). The results of data processing showed that the *highest high water level* (HHWL) value in June 2019 was 150 cm, while in June 2022 the HHWL value was 182 cm. The tidal RMSE value obtained in June 2019 was 8.28%, and in June 2022 it was 9.06%. The tidal components that are significant during a *supermoon* according to their amplitude values are O1, S2, J1, OO1, ETA2 and SK3. Meanwhile, the significant components during the *supermoon* phenomenon are based on phase values, namely O1, MS4 and ETA2. Based on the spectral energy frequency values, the dominant components during the *supermoon* phenomenon are S2, K1, ETA2 and SK3.

Keywords: *Supermoon*, Tides, Tidal Components, *Least Square*, Semarang

PENDAHULUAN

Pasang surut merupakan fluktuasi muka air laut yang disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik dari benda-benda langit yaitu bulan dan Barnanrdnarmatahari (Cochran *et al.*, 2004; Kala, 2015). Massa bulan memiliki nilai lebih kecil daripada matahari, namun letak bulan yang cenderung lebih dekat dengan bumi, mengakibatkan bulan memiliki pengaruh gaya tarik lebih besar terhadap bumi dibandingkan dengan gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan terhadap bumi mencapai 2,2 kali lebih besar dibandingkan dengan gaya tarik matahari (Triatmodjo, 2012; Jiang *et al.*, 2024).

Fenomena *Supermoon* merupakan fenomena yang terjadi pada saat bulan purnama yang memiliki posisi lebih dekat dari bumi, sehingga bulan akan nampak lebih terang dari permukaan bumi (Banno & Kuriyama, 2020). Fenomena ini menyebabkan adanya pengaruh terhadap kondisi perairan termasuk pasang surut. Adanya

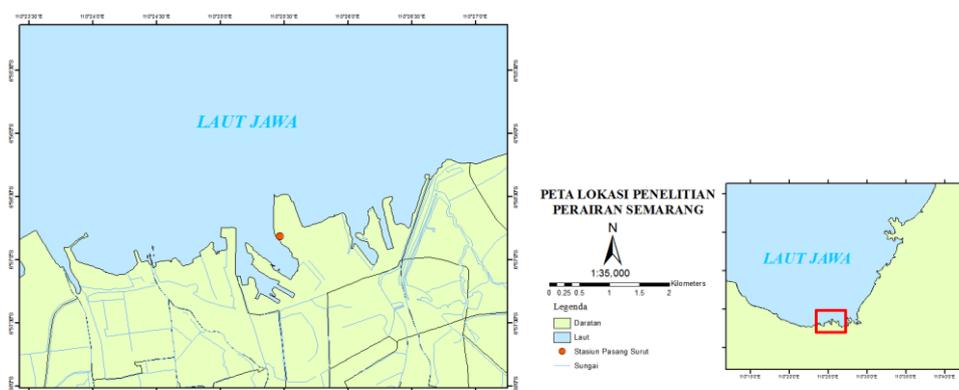
kenaikan muka air laut karena supermoon dapat menyebabkan perubahan morfologi pantai (Barnard *et al.*, 2017). Fenomena *supermoon* yang terjadi pada tanggal 14 Juni 2022, dilansir oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) (2022), menyarankan bagi nelayan untuk tidak melakukan aktivitas melaut pada dua hari sebelum dan dua hari sesudah terjadinya fenomena ini. Fenomena *supermoon* ini menyebabkan tingginya air pasang yang lebih tinggi dan air surut yang lebih rendah dari saat terjadinya pasang surut pada saat terjadinya bulan purnama (Román-Rivera & Ellis, 2018; Harito *et al.*, 2020). Pada saat terjadinya *lunar perigee*, siklus bulan ditentukan oleh orbit elips bulan yang mengelilingi bumi dengan fasenya dijelaskan oleh posisi jarak terkecil dan terbesar masing-masing dikenal sebagai *perigee* dan *apogee*. Garis yang menghubungkan *perigee* dan *apogee* (garis *apsides*) kemajuan dalam arah yang berlawanan dari regresi bulan yaitu, ke arah timur dan menyelesaikan satu revolusi penuh dalam 8,85 tahun. Karena alasan inilah bulan anomalistik atau periode waktu bulan bergerak dari *perigee* ke *apogee* dan ke *perigee* lagi lebih panjang dari bulan sideral. *Supermoon* ketika bulan purnama terjadi hampir di *perigee* terkecil bulan. Hal ini karena bulan mengorbit bumi dalam jalur elips dengan jarak *perigee* rata-rata 362.000 km dan jarak *apogee* rata-rata 405.000 km. Jadi, dalam kasus *supermoon*, bulan purnama atau bulan baru bertepatan dengan *perigee*, atau keduanya berdekatan dalam waktu. Ini adalah fakta astronomi bahwa diameter *supermoon* hanya 15% lebih besar dari bulan terjauh. Jika kedua cakram bulan ini digambarkan berdampingan, perbedaannya sangat mencolok (Banno & Kuriyama, 2020).

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan di Perairan Semarang yang terletak di Kelurahan Tanjung Mas, Kota Semarang, Jawa Tengah. Lokasi geografis yang menunjukkan lokasi penelitian yaitu pada $6^{\circ}55'52.5''\text{LS} - 6^{\circ}58'45''\text{LS}$ dan $110^{\circ}17'18''\text{BT} - 110^{\circ}29'25''\text{BT}$ yang dapat dilihat pada gambar 1.

Materi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data pasang surut yang diperoleh dari instansi BIG yang digunakan pada bulan Juni 2019 dan bulan Juni 2022. Data yang digunakan yaitu data 30 hari dengan interval perekaman 1 jam. Data bulan Juni 2019 digunakan sebagai data pembandingan pada saat tidak terjadinya fenomena supermoon, dan data bulan Juni 2022 digunakan sebagai data utama pada saat terjadinya fenomena supermoon di Perairan Semarang.

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode kuantitatif dengan sifat penelitian yaitu eksploratif, dimana dilakukan uji coba dalam mengidentifikasi sifat-sifat dalam suatu gejala atau peristiwa (Sugiyono, 2012). Metode kuantitatif merupakan metode dengan melibatkan angka atau perhitungan ilmiah dalam menganalisis suatu permasalahan. Metode analisis yang digunakan yaitu metode *least square* untuk mengolah data pasang surut untuk mendapatkan nilai konstanta pasang surut. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software MATLAB R2014a dengan *toolbox t_tide v1.3beta* (Arif *et al.*, 2019). Hasil yang didapatkan dari konstanta pasang surut, kemudian akan dilakukan perhitungan nilai formzahl untuk mengetahui tipe pasang surut di perairan tersebut (Munandar *et al.*, 2023). Selain itu digunakan pemetaan dengan menggunakan software ArcGIS 10.5 untuk melakukan pembuatan peta lokasi penelitian. Metode yang dilakukan dalam melakukan analisis yaitu dengan menggunakan teknik studi literatur pada penelitian sebelumnya. Analisis yang dilakukan yaitu analisis terhadap kedudukan muka air laut, konstanta pasang surut yang signifikan pada saat terjadinya fenomena supermoon.

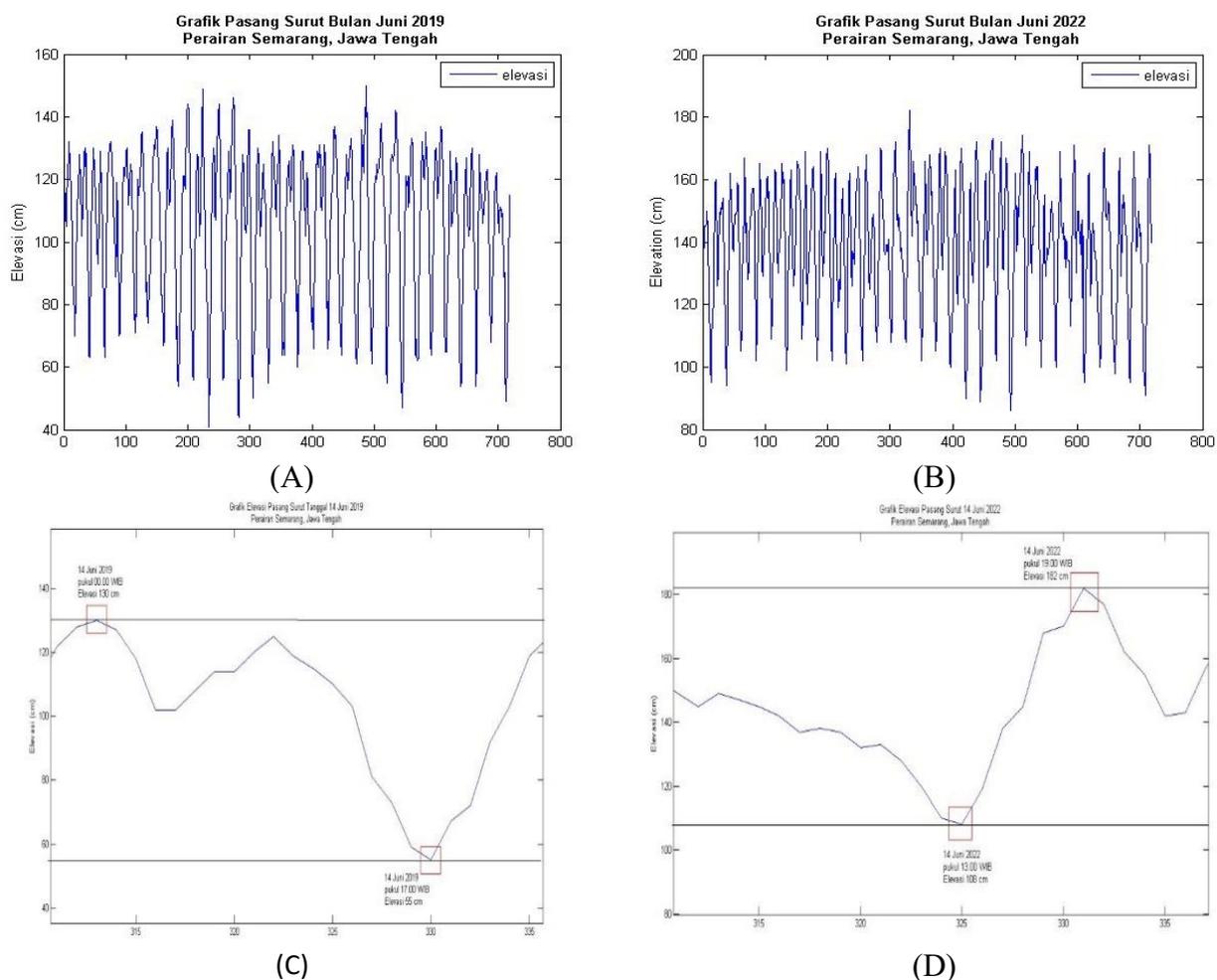


Gambar 1. Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kedudukan muka air laut di Perairan Semarang dengan menggunakan metode *least square* pada saat tidak terjadi fenomena *supermoon* (Gambar 2a) dari pengolahan data yang dilakukan pada bulan Juni 2019 menghasilkan nilai elevasi tertinggi pada tanggal 21 Juni 2019 pukul 7.00 WIB dengan ketinggian 150 cm. Nilai pasang surut terendah terjadi pada tanggal 10 Juni 2019 pukul 17.00 WIB. Terdapat nilai rata-rata pasang surut yang diperoleh yaitu 106 cm. Verifikasi data dilakukan dengan menggunakan nilai RMSE, dimana nilai RMSE pasang surut yang didapatkan yaitu 8.28%, dimana, Data tersebut dapat digunakan sebagai analisis dikarenakan masih di bawah 40%.

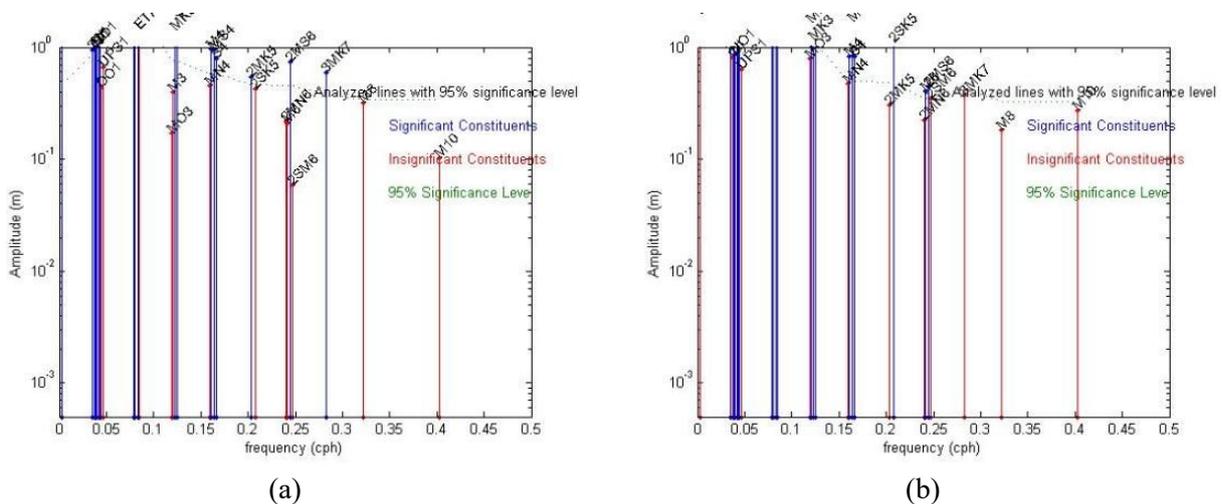
Pengolahan data pada bulan Juni 2022 (Gambar 2b) diperoleh nilai HHWL dengan ketinggian 182 cm yang terjadi pada tanggal 14 Juni 2022 pukul 19.00. Sedangkan, pada bulan Juni 2022 mengalami nilai pasang terendah yaitu pada tanggal 21 Juni 2022 pada pukul 14.00 WIB. Nilai RMSE yang dihasilkan dalam pengolahan data pasang surut bulan Juni 2022 yaitu 9.06%. Pada tanggal 14 Juni 2019, nilai elevasi tertinggi yaitu pukul 00.00 dengan ketinggian 130 cm. Sedangkan surut terendah terjadi pada pukul 17.00 dengan ketinggian 55 cm (Gambar 2c). Pada tanggal 14 Juni 2022, elevasi tertinggi terjadi pukul 19.00 dengan ketinggian 182 cm, dimana sedang berlangsung fenomena *supermoon*. Sedangkan untuk surut terendah terjadi pada pukul 13.00 dengan nilai ketinggian yaitu 108 cm (Gambar 2d). Ketinggian pasang tertinggi pada saat terjadinya fenomena *supermoon* hanya terjadi selama 1 jam pengamatan. Menurut website *time and date* terjadinya fenomena *supermoon* yaitu pada tanggal 14 Juni 2022 pukul 18.51 WIB. Pengaruh fenomena *supermoon* terhadap pasang surut tidak memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap pasang surut air laut, hal ini dikarenakan pasang surut yang meningkat hanya terjadi sementara.



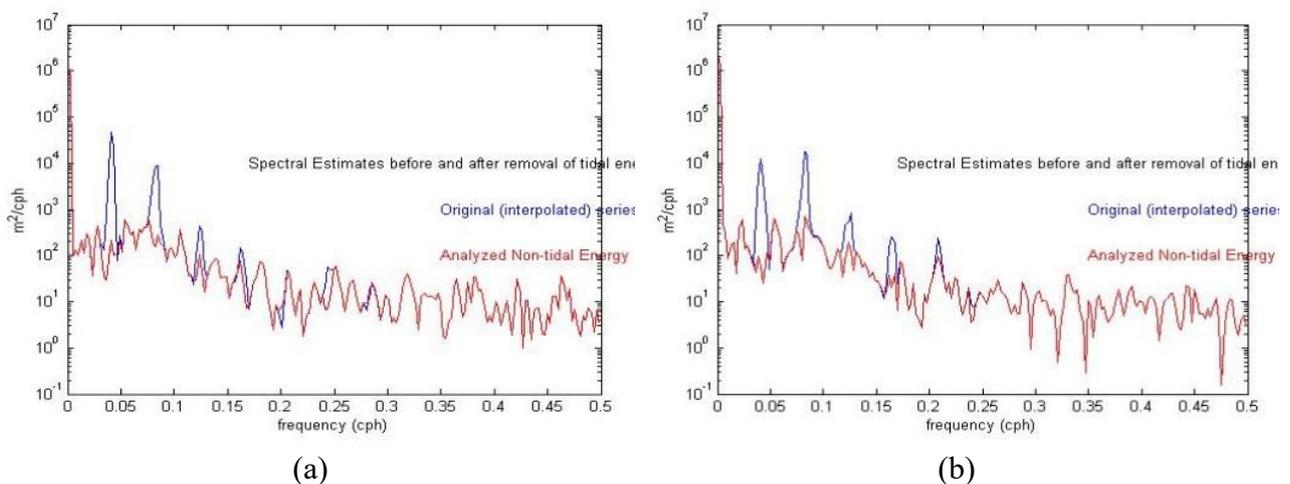
Gambar 2. Grafik elevasi pasang surut Perairan Semarang pada bulan Juni 2019 pada saat tidak terjadinya fenomena *supermoon* (A); pada saat bulan Juni 2022 pada saat terjadinya fenomena *supermoon* (B); grafik elevasi pasang surut tanggal 14 Juni 2019 (C); Grafik elevasi pasang surut 14 Juni 2022 (D).

Nilai amplitudo dari 32 konstanta pasang surut yang terjadi pada saat tidak terjadinya fenomena supermoon (Gambar 3a). Grafik tersebut menyajikan spektrum warna yang berbeda-beda. Spektrum warna biru menunjukkan komponen pasang surut yang paling signifikan mempengaruhi pasang surut, sedangkan spektrum warna merah menunjukkan komponen pasang surut yang tidak signifikan terhadap pasang surut. Komponen pasang surut yang signifikan ditunjukkan oleh komponen K1 dengan nilai amplitudo 25,222 m. Komponen yang tidak signifikan ditunjukkan oleh komponen M10 dengan nilai amplitudo 0.098 m.

Gambar 3b menunjukkan komponen pasang surut pada bulan Juni 2022 pada saat terjadinya fenomena *supermoon* yang signifikan ditunjukkan oleh komponen S2 dengan nilai amplitudo 17,713 m. Komponen yang tidak signifikan ditunjukkan oleh komponen M8 dengan nilai amplitudo 0,1886 m. Pada saat tidak terjadinya fenomena *supermoon*, nilai amplitudo pada komponen harmonik cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan pada saat terjadinya fenomena *supermoon*. Namun, kondisi ini berbanding terbalik dengan komponen signifikan diluar dari komponen harmonik pasang surut, yang memiliki nilai amplitudo yang lebih tinggi pada saat terjadinya fenomena *supermoon* dibandingkan dengan pada saat tidak terjadinya fenomena *supermoon*. Hal ini membuktikan bahwa nilai amplitudo di setiap bulan dan di setiap perairan memiliki nilai yang selalu berubah dan berbeda. Bahkan, pada saat terjadinya fenomena benda langit lainnya, akan menghasilkan nilai amplitudo yang berbeda juga.



Gambar 3. Grafik amplitudo pasang surut pada bulan Juni 2019 (a); amplitudo pasang surut pada bulan Juni 2022



Gambar 4. Grafik fasa pasang surut pada bulan Juni 2019 (a); fasa pasang surut pada bulan Juni 2022

Pada Gambar 4a menunjukkan frekuensi energi spektral pasang surut yang terjadi pada bulan Juni 2019. Hasil grafik menunjukkan terdapat dua spektrum warna berbeda, yaitu biru dan merah. Spektrum warna biru menunjukkan bahwa grafik tersebut merupakan nilai frekuensi yang berasal dari komponen pasang surut yang dominan. Sedangkan untuk spektrum warna merah menunjukkan nilai frekuensi yang tidak berasal dari pasang surut seperti gelombang, arus dan lainnya.

Pada Gambar 4b menunjukkan grafik frekuensi pada bulan Juni 2022 tertinggi menggambarkan komponen K1 yang menjadi dominan dengan nilai frekuensi 0.04178 *cycle per hour* (cph). Sedangkan untuk komponen yang berpengaruh namun tidak terlalu dominan yaitu 3MK7 dengan nilai frekuensi 0,5877 cph. Grafik frekuensi tertinggi menggambarkan komponen S2 yang menjadi dominan dengan nilai frekuensi 0.08333 cph. Sedangkan untuk komponen yang berpengaruh namun tidak terlalu dominan yaitu 2MS6 dengan nilai frekuensi 0,2415 cph.

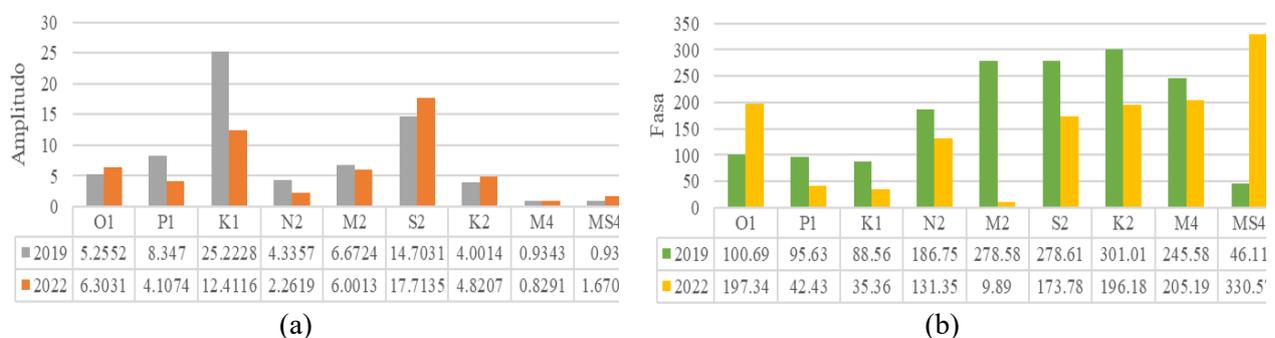
Berdasarkan grafik spektral energi yang didapatkan, diketahui bahwa pada bulan Juni 2019 memiliki komponen yang paling dominan pada bulan Juni 2019 adalah K1. Sedangkan pada bulan Juni 2022 memiliki komponen yang paling dominan yaitu S2. Fenomena *supermoon* menjadikan energi spektral pasang surut memiliki nilai yang berbeda-beda. Analisis spektral ini dilakukan untuk mengetahui keterkaitan energi lainnya diluar dari energi pasang surut. Dalam analisis spektral ini, dapat diperhatikan bahwa gelombang pada saat terjadinya fenomena *supermoon* ini memiliki kecenderungan meningkat dan dapat menyebabkan terjadinya erosi pantai dan dapat menyebabkan mundurnya garis pantai (Vitousek *et al.*, 2017).

Perbandingan nilai amplitudo dari konstanta harmonik pasang surut dilakukan untuk mengetahui perbedaan komponen yang signifikan antara bulan Juni 2019 dengan bulan Juni 2022. Pada Gambar 5a. menunjukkan nilai amplitudo pada komponen harmonik yang signifikan pada tahun 2019 atau pada saat tidak terjadi fenomena *supermoon* yaitu P1 nilai amplitudonya yaitu 8,347 m, K1 dengan nilai amplitudo 25,222 m, N2 dengan nilai amplitudo 4,335 m, M2 dengan nilai amplitudo 6,6724 m, dan M4 dengan nilai amplitudo 0,9343m. Sedangkan, pada saat tahun 2022 diduga komponen harmonik yang signifikan yaitu O1 dengan nilai amplitudo 6,3031 m, S2 dengan nilai amplitudo 17,7135 m, K2 dengan nilai amplitudo 4,8207 m, dan MS4 dengan nilai amplitudo 1,6704 m.

Pada Gambar 5, menunjukkan rata-rata nilai fasa pada tahun 2019 atau pada saat tidak terjadinya fenomena *supermoon*, adapun komponen harmonik yang diduga mempengaruhi terjadinya pasang surut yang signifikan yaitu P1 dengan nilai fasa 95,63 deg, K1 dengan nilai fasa 88,56 deg, N2 dengan nilai fasa 186,75 deg, M2 dengan nilai fasa 278.58 deg, S2 dengan nilai fasa 278.61 deg, K2 dengan nilai fasa 301.01 deg, M4 dengan nilai fasa 245,58 deg. Sedangkan pada tahun 2022, pada diagram menunjukkan nilai rerata fasa dari komponen harmonik pembangkit pasang surut yang di duga signifikan yaitu, O1 dengan nilai fasa 197,34 deg dan MS4 dengan nilai fasa 330,57 deg.

Tabel 1. Nilai Formzahl di Perairan Semarang

Keterangan	Nilai Formzahl	Tipe Pasang Surut
Juni 2019	1,425	Campuran condong harian ganda
Juni 2022	0,789	Campuran condong harian ganda



Gambar 5. Perbandingan nilai amplitudo komponen harmonik pasang surut (a); perbandingan nilai fasa komponen harmonik pasang surut (b).



Gambar 6. Diagram perbandingan nilai amplitudo komponen signifikan pasang surut (a); Diagram perbandingan nilai fasa komponen signifikan pasang surut (b)

Tipe pasang surut dapat diketahui berdasarkan nilai amplitudo dari konstanta harmonik pasang surut. Rachman *et al.* (2015) menyatakan bahwa Perairan Semarang memiliki tipe pasang surut campuran condong harian ganda. Hasil yang diperoleh untuk perhitungan nilai formzahl untuk Perairan Semarang pada bulan Juni 2019 di dapatkan nilai 1,425 sedangkan untuk bulan Juni 2022 di dapatkan nilai formzahl 0,789. Kedua hasil nilai formzahl tersebut menunjukkan bahwa nilai elevasi pasang surut valid dengan lokasi penelitian, dimana memiliki tipe pasang surut yang sama yaitu campuran condong harian ganda.

Pada Gambar 6a menunjukkan perbandingan nilai amplitudo dari komponen pasang surut signifikan dan dihasilkan dari diluar komponen harmonik pembangkit pasang surut biasanya. Komponen ini memiliki keterkaitan dengan komponen astronomis. Komponen yang signifikan yang dihasilkan yaitu, J1 dengan nilai amplitudo 3,2059 m, OO1 dengan nilai amplitudo 2,4528 m, ETA2 dengan nilai amplitudo 3,0677 m dan SK3 dengan nilai amplitudo 3,6109. Nilai rata-rata amplitudo dari komponen pasang surut ini, diduga signifikan pada tahun 2022 atau pada saat terjadinya fenomena supermoon. Nilai amplitudo pada tahun 2022 lebih besar dibandingkan dengan nilai amplitudo pada tahun 2019 atau pada saat tidak terjadi fenomena *supermoon* di Perairan Semarang.

Pada Gambar 6b menunjukkan, komponen pasang surut yang dilihat merupakan komponen yang tidak biasa dijumpai pada komponen harmonik pembangkit pasang surut. Komponen harmonik ini berkaitan dengan dengan komponen astronomis. Komponen yang ditinjau yaitu komponen J1, OO1, ETA2 dan SK3. Pada tahun 2019 nilai fasa terlihat lebih dominan dan signifikan yaitu pada komponen J1 dengan nilai fasa 327,07 deg, OO1 dengan nilai fasa 336,15 deg dan SK3 dengan nilai fasa 281,53 deg. Sedangkan pada saat tahun 2022 komponen harmonik yang mempengaruhi yaitu ETA2 dengan nilai fasa 284,07 deg yang memiliki nilai perbandingan sangat jauh dengan nilai komponen harmonik ETA pada tahun 2019.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa komponen pasang surut yang mempengaruhi pada saat terjadinya fenomena *supermoon* berdasarkan amplitudo yang signifikan yaitu O1, S2, J1, OO1, ETA2, SK3. Sedangkan konstanta signifikan berdasarkan nilai fasa yaitu O1, MS4 dan ETA2. Berdasarkan nilai frekuensi energi spektral yang didapatkan, komponen yang dominan mempengaruhi terjadinya fenomena *supermoon* yaitu S2, K1, ETA2 dan SK3. Kedudukan muka air laut yang didapatkan yaitu nilai elevasi tertinggi pada bulan Juni 2019 adalah 150 cm dan pada bulan Juni 2022 adalah 182 cm. Nilai terendah elevasi pada bulan Juni 2019 yaitu 41 cm dan pada bulan Juni 2022 adalah 86 cm. Nilai RMSE pada bulan Juni 2019 yaitu 8,28% dan pada bulan Juni 2022 yaitu 9,06% dimana, data tersebut masih dibawah 40% sehingga data dapat digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Arif, M., Hendri, A., & Suprayogi, I. 2019. Analisis Pasang Surut Di Pantai Dumai Menggunakan Metode Least Square 15 Piantan. *Jurnal online mahasiswa Fakultas Teknik*, 6(1): 1-9.
 Banno, M. & Kuriyama, Y. 2020. Supermoon Drives Beach Morphological Changes in the Swash Zone. *Geophysical Research Letters*, 47(22): e2020GL089745. <https://doi.org/10.1029/2020GL089745>.

- Barnard, P. L., Hoover, D., Hubbard, D. M., Snyder, A., Ludka, B. C., Allan, J., Kaminsky, G. M., Ruggiero, P., Gallien, T. W., Gabel, L., McCandless, D., Weiner, H. M., Cohn, N., Anderson, D. L., & Serafin, K. A. 2017. Extreme oceanographic forcing and coastal response due to the 2015–2016 El Niño. *Nature Communications*, 8(10): 801–807. <https://doi.org/10.1038/ncomms14365>.
- Cochran, E. S., Vidale, J. E., & Tanaka, S. 2004. Earth Tides Can Trigger Shallow Thrust Fault Earthquakes. *Science*, 306(5699): 1164-1166. <https://doi.org/10.1126/science.1103961>.
- Harito, R. R., Fatoni, K. I., & Pranowo, W. S. 2020. Studi Perhitungan Muka Surutan Peta Berdasarkan Waktu Terjadi Supermoon di Perairan Kalabahi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Chart Datum*, 6(1): 10-23. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v6i1.170>.
- Jiang, T., Yu, X., Guo, X., Liang, Y., Yu, L., Fan, J., Hu, C., Tu, L., Zhou, Z., & Liu, H. 2024. Quantitative analysis and cancellation of rotating modulation noise in gravity gradient measurement. *Sensors and Actuators A: Physical*, p.115477. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2024.115477>.
- Kala, T. 2015. The Gravitational Force Quantum and its Value. *Journal of Physical Science and Application*, 5(4): 288-290. <https://doi.org/10.17265/2159-5348/2015.04.007>.
- Munandar, B., Wirasatriya, A., Sugianto, D. N., Susanto, R. D., Purwandana, A., & Kunarso. 2023. Distinct mechanisms of Chlorophyll-a blooms occur in the Northern Maluku Sea and Sulu Sill revealed by satellite data. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 102(4): p.101360. <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2023.101360>.
- Rachman, R. K., Ismunarti, D. H., & Handoyo, G. 2015. Pengaruh Pasang Surut Terhadap Sebaran Genangan Banjir Rob di Kecamatan Semarang Utara. *Journal of Oceanography*, 4(1): 1-9.
- Román-Rivera, M. A. & Ellis, J. T. 2018. The King Tide Conundrum. *J. of Coastal Research*, 34(4): 769-771. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-18A-00001.1>.
- Sugiyono. 2012. *Memahami Penelitian Kualitatif*. Alfabeta, Bandung. p.234.
- Triatmodjo, B. 2012. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Vitousek, S., Barnard, P. L., Fletcher, C. H., Frazer, N., Erikson, L. & Storlazzi, C. D. 2017. Doubling of coastal flooding frequency within decades due to sea-level rise. *Scientific Reports*, 7: p.1399. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01362-7>.