

Pola Antartahunan Muka Air Laut Pasang Bulan Mei (2021-2025) dan Kaitannya dengan Banjir Rob di Tanjung Mas, Kota Semarang

Endah Wahyu Nur Aini^{1*}, Baskoro Rochaddi², Chrisna Adhi Suryono¹

¹Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

²Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

Email: endahwahyunurreini02@gmail.com

Abstract

Tidal Harmonic Analysis Using the Least Square Method to Characterize Sea Level Elevation and Its Association with Tidal Flooding in Tanjung Mas Coastal Waters, Semarang City

Coastal areas play a strategic role but are vulnerable to various environmental pressures, including tidal flooding, which has become a problem in Semarang City. This condition is exacerbated by land subsidence, which reaches 9–13 cm per year in several coastal zones. Although previous research has examined the spatial and temporal patterns of tidal flooding in Semarang, quantitative characterization of tidal harmonic components in the Tanjung Mas area is still limited. This study aims to analyze the characteristics of tidal harmonics and sea level elevation parameters in Tanjung Mas waters and examine their relationship to the tidal flooding event in May 2022. Time series tidal data for the period 2021–2025 was obtained secondarily from the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC-UNESCO) and processed using the Least Square method to obtain amplitude and phase values for the nine tidal constituents. The results show that the diurnal components, particularly K1 and O1, have higher amplitudes than the semidiurnal components M2 and S2, with Formzahl values ranging from 1.52 to 2.58, which classifies the tidal type at the study site as mixed, tending to single diurnal. Significant increases in mean water level (So) and K1 values occurred in 2022 and 2025, two years closely associated with tidal flooding events. This finding underscores the importance of integrating long-term tidal harmonic data into the tidal flood early warning system to support effective disaster mitigation strategies for the growing coastal residential areas of Semarang City.

Keywords: tidal harmonic analysis; Least Square method; sea level elevation; tidal flooding (rob); Tanjung Mas

Abstrak

Wilayah pesisir memiliki peran strategis, namun rentan terhadap berbagai tekanan lingkungan, termasuk banjir rob yang telah menjadi persoalan di Kota Semarang. Kondisi tersebut diperparah oleh fenomena penurunan muka tanah (land subsidence) yang mencapai 9–13 cm per tahun di sejumlah zona pesisir. Meskipun penelitian terdahulu telah mengkaji pola spasial dan temporal banjir rob di Semarang, karakterisasi kuantitatif komponen harmonik pasang surut di kawasan Tanjung Mas masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik harmonik pasang surut serta parameter elevasi muka air laut di perairan Tanjung Mas dan mengkaji keterkaitannya dengan kejadian banjir rob Mei 2022. Data time series pasang surut bulan Mei periode 2021–2025 diperoleh secara sekunder dari Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC-UNESCO) dan diolah menggunakan metode Least Square untuk memperoleh nilai amplitudo dan fase sembilan konstituen pasut. Hasil penelitian menunjukkan komponen diurnal, khususnya K1 dan O1, memiliki amplitudo lebih tinggi dibandingkan komponen semidiurnal M2 dan S2, dengan nilai Formzahl berkisar 1,52 hingga 2,58, yang mengklasifikasikan tipe pasut di lokasi kajian sebagai pasang surut campuran condong ke harian tunggal. Peningkatan signifikan nilai muka air rerata (So) dan K1 terjadi pada tahun 2022 dan 2025, dua tahun yang berkaitan erat dengan kejadian banjir rob. Temuan ini menegaskan pentingnya integrasi data harmonik pasang surut jangka panjang dalam sistem peringatan dini banjir rob, guna mendukung strategi mitigasi bencana yang efektif bagi kawasan permukiman pesisir Kota Semarang yang terus berkembang.

Kata kunci : pasang surut; metode Least Square; elevasi muka air laut; banjir rob; Tanjung Mas

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan zona peralihan antara daratan dan lautan yang memiliki nilai strategis tinggi bagi kehidupan masyarakat, baik sebagai kawasan permukiman, pusat aktivitas ekonomi, maupun kawasan industri dan pariwisata (Sundari, 2023). Tingginya intensitas pemanfaatan ruang pesisir tersebut menjadikan wilayah ini rentan terhadap berbagai tekanan lingkungan, mulai dari erosi pantai, genangan, hingga degradasi ekosistem akibat aktivitas manusia seperti pembangunan permukiman dan alih fungsi lahan (Setyaningsih *et al.*, 2019). Salah satu ancaman yang paling nyata dirasakan oleh masyarakat pesisir adalah banjir rob, yaitu genangan

air laut yang masuk ke daratan akibat naiknya muka air laut yang melampaui elevasi daratan di sekitarnya.

Kota Semarang menjadi salah satu wilayah di Indonesia yang paling akrab dengan persoalan banjir rob. Hingga kini, persoalan tersebut belum sepenuhnya tuntas. Data yang dihimpun menunjukkan bahwa dalam kurun 1990–2011 saja, Kota Semarang telah mengalami sedikitnya 28 kejadian banjir dengan kerugian ekonomi yang besar serta menimbulkan korban jiwa dan luka-luka (Setyaningsih *et al.*, 2019). Kondisi ini diperparah oleh fenomena penurunan muka tanah (*land subsidence*) yang terus berlangsung, terutama di zona pesisir yang menjadi pusat pembangunan properti komersial, ditambah eksploitasi air tanah yang tidak terkendali (Wijayanto & Marlina, 2024). Bila dibandingkan dengan Jakarta yang mengalami persoalan serupa, penurunan muka tanah di beberapa kawasan Semarang tercatat lebih signifikan, yakni berkisar 9–13 cm per tahun (Kurniawan *et al.*, 2021).

Secara alamiah, kejadian banjir rob berkaitan erat dengan dinamika pasang surut, yaitu gerak naik-turun muka laut yang ditimbulkan oleh gaya tarik gravitasi benda-benda astronomis, terutama bulan dan matahari (Khalid *et al.*, 2022). Walaupun massa bulan jauh lebih kecil daripada massa matahari, posisinya yang jauh lebih dekat ke bumi menyebabkan gaya gravitasi bulan lebih dominan dalam menggerakkan massa air laut. Pemahaman terhadap pola pasang surut dipandang penting, tidak hanya untuk upaya mitigasi bencana, tetapi juga untuk perencanaan konstruksi pelabuhan, bangunan lepas pantai, kegiatan budi daya perairan, dan sistem navigasi (Wadly *et al.*, 2024). Oleh sebab itu, pemantauan elevasi muka air laut secara berkelanjutan dianggap sebagai salah satu instrumen kunci dalam sistem peringatan dini terhadap potensi genangan rob di kawasan pesisir.

Isu banjir rob di Semarang telah dikaji melalui berbagai pendekatan. Inventarisasi kejadian banjir rob periode 2012–2020 dengan menelaah faktor pasang surut, kenaikan muka air laut, dan pola angin menggunakan data dari *Badan Informasi Geospasial*, serta data reanalisis angin ERA5 ECMWF, yang diolah melalui pendekatan statistik deskriptif (Egaputra *et al.*, 2022). Sementara itu Rahman & Kurniadin (2023) berfokus pada aspek keruangan dengan mengidentifikasi luasan genangan rob pada peristiwa 24 Mei 2022 menggunakan citra satelit *Landsat 8* dan *9* yang diproses dengan perangkat lunak *ArcGIS*, namun penelitian tersebut belum mengungkap aspek ketinggian genangan secara kuantitatif. Pendekatan berbeda dilakukan Frederick *et al.*, (2016) di Kecamatan Medan Belawan, Sumatera Utara, yang memetakan luas genangan rob terhadap pasang tertinggi menggunakan metode *Admiralty*. Ketiga penelitian tersebut memberikan gambaran penting mengenai pola spasial dan temporal banjir rob, namun belum secara spesifik mengulas karakteristik komponen harmonik pasang surut sebagai basis analisis kuantitatif elevasi muka air laut di wilayah Tanjung Mas Semarang.

Sisi metodologis, metode *Least Square* banyak dimanfaatkan dalam analisis harmonik pasang surut karena nilai amplitudo dan fase komponen pasut yang dihasilkan dinilai lebih presisi dibandingkan metode konvensional, terutama apabila didukung oleh rentang data pengamatan yang panjang (Supriyono *et al.*, 2015). Lebih lanjut Yoganda *et al.*, (2019) membuktikan efektivitas metode ini dalam mengungkap karakteristik pasut di perairan Kabupaten Bengkalis. Sementara itu Wulandari, (2022) membandingkan hasil metode *Admiralty* dan *Least Square* dalam peramalan pasang surut di Selat Bintang dan menemukan bahwa keduanya memiliki keunggulan pada konteks data yang berbeda. Dilain pihak Mardika & Pratama (2021) menegaskan bahwa metode ini mengandalkan data historis sebagai basis prediksi kondisi mendatang, dengan prinsip meminimalkan jumlah selisih kuadrat antar pengamatan. Penelitian Pramudito & Wijaya, (2019) turut memperkaya kajian ini melalui komparasi komponen pasut hasil pengolahan data satelit altimetri dengan data stasiun pasang surut di perairan Serang, Banten, yang menunjukkan pentingnya validasi silang antar sumber data. Sementara itu (Zahro *et al.*, 2024) menganalisis tipe pasang surut untuk menentukan elevasi muka air laut di perairan Semarang menggunakan metode *Admiralty*, memberikan pembandingan metodologis yang relevan bagi penelitian ini. Aspek sosial-ekologis

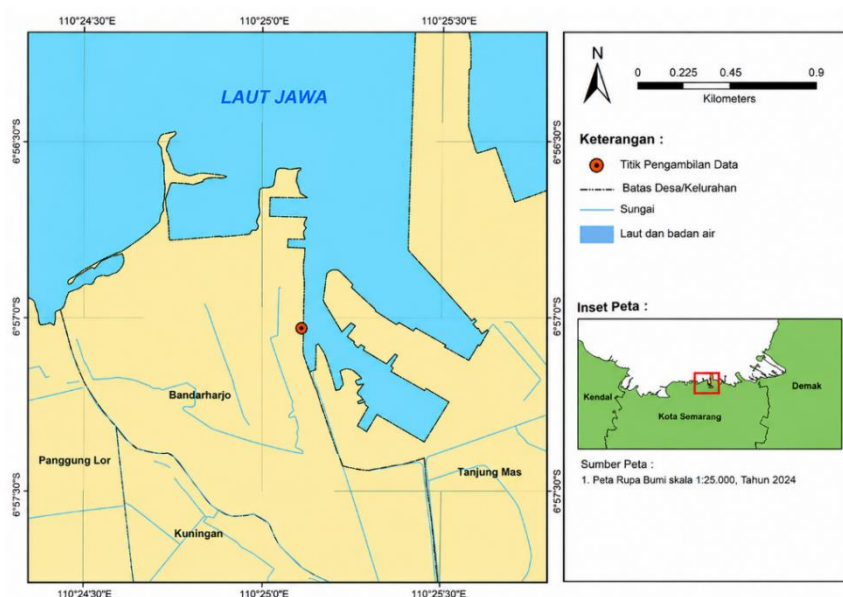
wilayah pesisir turut diperkuat oleh kajian (Naibaho *et al.*, 2023) mengenai pemanfaatan ekosistem mangrove pesisir, yang menegaskan kompleksitas interaksi antara faktor fisik dan lingkungan di kawasan pantai.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan guna menganalisis secara kuantitatif karakteristik pasang surut di wilayah Tanjung Mas, Kota Semarang, dengan memanfaatkan metode *Least Square* sebagai pendekatan analisis harmonik. Studi kasus banjir rob Mei 2022 dipilih karena tercatat sebagai salah satu kejadian dengan dampak genangan yang cukup luas, sehingga penting untuk ditelaah keterkaitannya dengan kondisi elevasi muka air laut pada periode tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengungkap karakteristik komponen harmonik pasang surut serta parameter elevasi muka air laut di lokasi kajian, sekaligus menelaah keterkaitannya dengan potensi kejadian banjir rob, sehingga hasilnya diharapkan dapat menjadi rujukan ilmiah bagi pengembangan sistem peringatan dini bencana pesisir di Kota Semarang.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan pesisir Tanjung Mas, Kota Semarang, Jawa Tengah, yang merupakan salah satu titik dengan tingkat kerawanan banjir rob tertinggi menurut basis data BPBD Kota Semarang. Materi utama penelitian berupa data *time series* pasang surut air laut yang merepresentasikan perubahan elevasi muka air terhadap waktu, dengan fokus kajian pada periode Mei 2022 sebagai studi kasus kejadian banjir rob. Data diperoleh secara sekunder melalui laman resmi *Intergovernmental Oceanographic Commission* (IOC) yang dikelola oleh UNESCO, dengan cakupan pengamatan data bulan Mei pada setiap tahun selama periode 2021–2025 guna memberikan konteks tren antartahunan terhadap kondisi bulan kajian utama.

Pengolahan data dilakukan secara bertahap menggunakan bantuan perangkat lunak *spreadsheet Microsoft Excel*. Tahap awal berupa proses *screening* dan penyusunan data mentah pasang surut ke dalam format interval waktu yang seragam. Selanjutnya, analisis harmonik pasang surut dilakukan menggunakan metode *Least Square*, yaitu pendekatan statistik yang menghitung nilai amplitudo dan fase tiap komponen pasut berdasarkan prinsip minimisasi jumlah kuadrat selisih antara data pengamatan dan model harmonik (Supriyono *et al.*, 2015; Mardika & Pratama, 2021). Persamaan dasar yang digunakan merujuk pada formulasi $h(t) = Z_0 + \sum H_n \cos(\omega_n t + g_n)$, yang kemudian diuraikan menjadi komponen A_n dan B_n untuk memperoleh nilai amplitudo (H_n) dan fase (g_n) tiap konstituen pasut.



Gambar 1. Titik Lokasi Penelitian di Tanjung Mas Semarang

Berdasarkan hasil analisis harmonik tersebut, ditentukan parameter elevasi muka air laut yang meliputi *Mean Sea Level (MSL)*, *Highest High Water Level (HHWL)*, *Lowest Low Water Level (LLWL)*, *Mean High Water Level (MHWL)*, *Mean Low Water Level (MLWL)*, serta nilai *Formzahl* untuk mengklasifikasikan tipe pasang surut di lokasi kajian, mengacu pada pendekatan yang digunakan (Khalid *et al.*, 2022; Zulfan & Manar, 2024). Nilai HHWL dan LLWL menjadi perhatian khusus dalam penelitian ini, mengingat kedua parameter tersebut berperan penting dalam menentukan ambang batas genangan rob sekaligus relevan bagi perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan.

Tahap akhir penelitian berupa analisis keterkaitan antara elevasi muka air laut hasil perhitungan dengan kejadian banjir rob Mei 2022 mempertimbangkan data pendukung berupa kondisi topografi dan elevasi daratan di sekitar kawasan Tanjung Mas. Pendekatan ini sejalan dengan kerangka analisis yang digunakan (Y. Setyaningsih *et al.*, 2023) dalam mengaitkan dinamika pasang surut dengan luasan genangan rob, namun dengan penekanan pada aspek kuantifikasi elevasi melalui pendekatan harmonik *Least Square*. Hasil analisis ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih spesifik mengenai karakteristik pasang surut sebagai salah satu determinan utama kejadian banjir rob di wilayah pesisir Kota Semarang (Sundari, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data pasang surut Perairan Tanjung Mas pada bulan Mei 2021-2025 dengan metode *Least Square* menghasilkan nilai muka air rerata (*So*) dan sembilan konstanta harmonik, yaitu M2, S2, N2, K1, M4, O1, P1, K2, dan MS4, untuk setiap tahun. Amplitudo dan beda fase konstituen tersebut menjadi dasar penentuan tipe pasut dan parameter elevasi muka air laut. Metode ini dipilih karena estimasi amplitudo dan fasenya dinilai lebih presisi daripada metode konvensional (Supriyono *et al.*, 2015). Pengolahan data Mei 2021 hingga 2025 dengan metode *Least Square* memberikan nilai *So* yang beragam, bersama sembilan pasang amplitudo dan beda fase konstituen yang dirangkum pada Tabel 1.

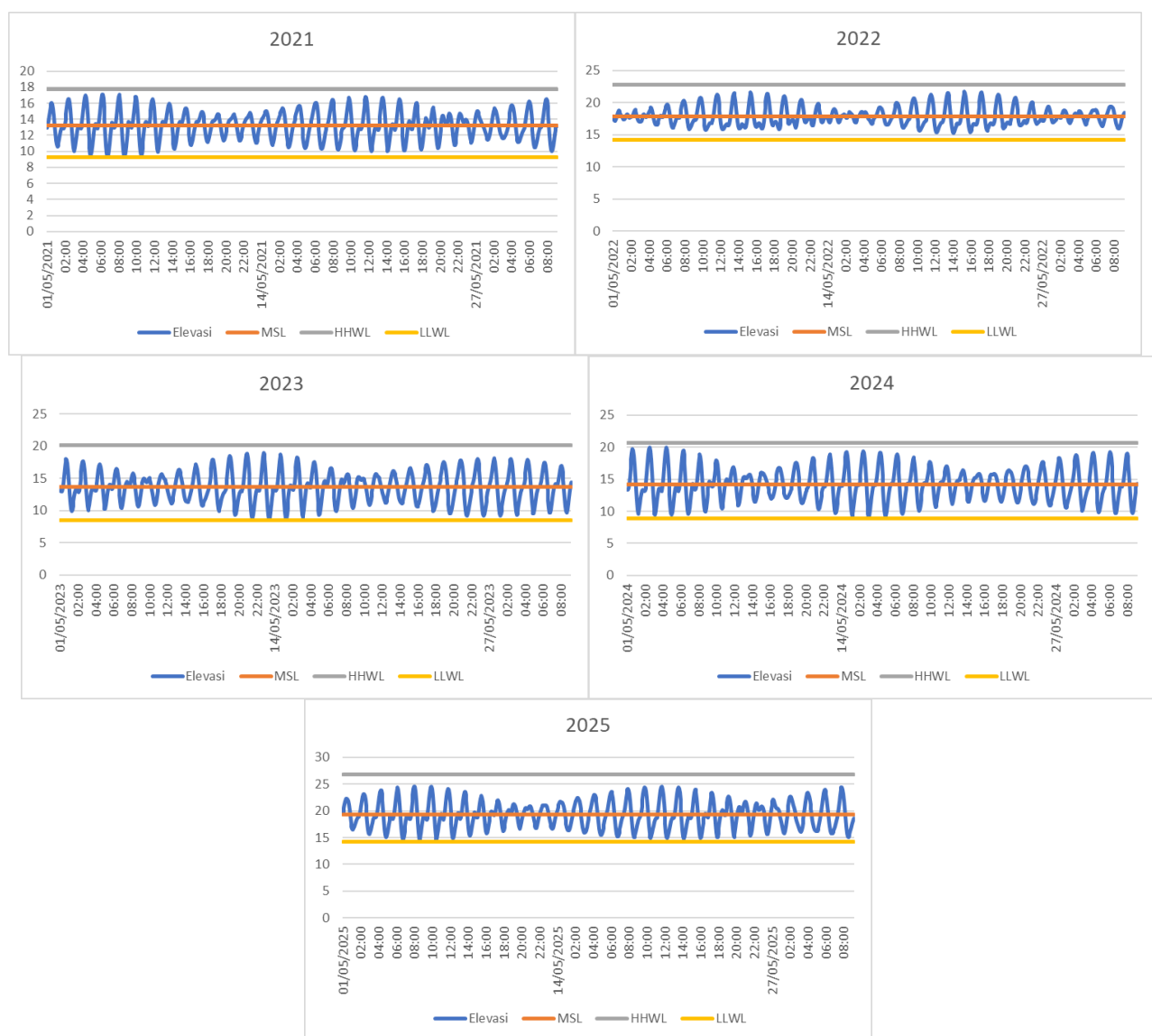
Berdasarkan Tabel 1, komponen K1 pada tahun 2021 tercatat sebagai konstituen dengan amplitudo tertinggi (1,548 dm), diikuti oleh M2 (0,732 dm) dan S2 (0,710 dm), yang mengindikasikan pengaruh komponen diurnal cukup dominan pada tahun ini. Pada tahun 2022, nilai *So* yang diperoleh meningkat menjadi 17,91, lebih tinggi dibandingkan tahun sebelumnya. Hasil tahun 2022 komponen K1 kembali mendominasi dengan amplitudo 1,813 dm, disusul O1 sebesar 1,068 dm, sementara komponen semidiurnal M2 dan S2 relatif lebih kecil dibandingkan tahun 2021. Komponen K1 pada tahun 2023 mengalami peningkatan amplitudo yang cukup tajam menjadi 2,614 dm,

Tabel 1. Konstanta Harmonik Pasang Surut Perairan Tanjung Mas Bulan Mei Tahun 2021-2025

Konstanta	Amplitudo	Beda Fase	Amplitudo	Beda Fase	Amplitudo	Beda Fase	Amplitudo	Beda Fase	Amplitudo	Beda Fase
	2021		2022		2023		2024		2025	
So	13,232	-	17,91	-	13,647	-	14,203	-	19,332	-
M2	.732dm	81,75	.511dm	-69,53	.996dm	-78,41	1.025dm	74,92	1.069dm	-85,42
S2	.710dm	19,23	.606dm	57,3	.856dm	12,7	.778dm	3,42	1.044dm	18,65
N2	.366dm	45,74	.156dm	35,16	.396dm	56,66	.369dm	71,07	.301dm	-79,89
K1	1.548dm	39,77	1.813dm	-74,81	2.614dm	26,02	2.959dm	-52,18	2.504dm	17,13
M4	.018dm	23,25	.050dm	53	.027dm	1,4	.030dm	85,22	.041dm	69,14
O1	.642dm	-80,9	1.068dm	-5,6	.871dm	-68,01	.951dm	-0,17	1.018dm	87,25
P1	.519dm	81,31	.508dm	-59,76	.625dm	-12,79	.062dm	81,36	1.255dm	4,43
K2	.266dm	10,7	.384dm	72,1	.391dm	29,06	.652dm	22,23	.509dm	51,41
MS4	.045dm	7,4	.086dm	51,88	.088dm	-48,89	.041dm	-51,37	.141dm	-19,38

sedangkan M2 dan S2 juga meningkat dibandingkan tahun-tahun sebelumnya, tahun 2024 amplitudo K1 mencapai nilai tertinggi di antara seluruh periode pengamatan, yaitu 2,959 dm, sementara amplitudo P1 justru menurun drastis menjadi 0,062 dm dibandingkan tahun-tahun lainnya. Hasil tahun 2025 memperlihatkan bahwa seluruh komponen harmonik utama (M2, S2, K1, O1, P1) memiliki amplitudo yang relatif lebih tinggi dibandingkan tahun-tahun sebelumnya, sejalan dengan meningkatnya nilai S_0 yang mengindikasikan kenaikan muka air rerata di lokasi kajian. Hasil pembuatan grafik pasang surut yang dilakukan dari tahun 2021 hingga 2025 didapatkan hasil yang beragam

Kurva pada tahun 2021 memperlihatkan naik-turun muka air yang teratur, dengan dua puncak pasang dalam sehari yang tingginya tidak seragam. Pola ini sesuai dengan ciri pasut campuran, terjadi lonjakan elevasi muka air pada Mei 2022, selaras dengan tingginya S_0 dan kuatnya komponen diurnal. Kondisi ini penting karena pemetaan risiko berbasis sistem informasi geografis oleh (West *et al.*, 2025) menempatkan bagian utara dan tengah Tanjung Mas, yang padat permukiman



Gambar 2. Pasang surut di perairan Tanjung Mas bulan Mei 2021-2025

dan industri, sebagai kawasan dengan kerentanan tertinggi terhadap genangan pesisir. Dengan kata lain, muka air rerata yang tinggi pada 2022 bertemu dengan wilayah yang memang paling rawan. Tahun 2023 menampilkan variasi tinggi muka air yang lebih besar dibandingkan tahun 2021, menandakan dinamika pasut yang lebih beragam di lokasi kajian, lain halnya tahun 2024 didominasi satu siklus pasang surut per hari, konsisten dengan besarnya K1 pada tahun ini. Hasil tahun 2025 memperlihatkan elevasi muka air yang secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan tahun 2021 hingga 2024, sehingga potensi genangan rob pada Mei 2025 patut diwaspadai.

Secara keseluruhan, nilai *Formzahl* 1,52 hingga 2,58 pada 2021-2025 menempatkan pasut Tanjung Mas dalam kelas campuran yang condong ke harian tunggal ($1,5 < F \leq 3,0$). K1 selalu melampaui M2 dan S2 pada setiap tahun, sedangkan O1 berfluktuasi mendekati keduanya. Temuan paling menonjol terletak pada *So*, yang hanya melampaui 17 pada 2022 (17,91) dan 2025 (19,332), sementara tiga tahun lainnya berkisar antara 13,232-14,203. Amplitudo K1 memang tinggi pada kedua tahun itu, tetapi puncaknya justru pada 2024, sehingga keterkaitannya dengan banjir rob lebih tepat dibaca melalui *So*. Muka air rerata yang lebih tinggi mempersempit jarak terhadap elevasi daratan, sehingga puncak pasang lebih mudah melampaui batas genangan. Hubungan ini masih bersifat indikatif, karena *So* bulanan dapat dipengaruhi faktor nonpasut seperti angin, yang bersama pasut dan kenaikan muka air laut ikut ditelaah (Egaputra *et al.*, 2022) dalam inventarisasi rob Semarang 2012-2020.

Faktor daratan ikut menentukan. Penurunan muka tanah di pesisir utara Semarang berlangsung dengan laju yang bervariasi antarwilayah. (Aditiya & Ito, 2023), dengan data *interferometric synthetic aperture radar* (InSAR) periode 2015-2022, mengaitkannya dengan konsolidasi alamiah tanah aluvial muda, pengambilan air tanah, dan beban konstruksi. Daratan yang turun sementara muka air rerata naik saling memperbesar peluang genangan, tetapi penelitian ini belum mengukur penurunan muka tanah.

Dampaknya terasa langsung pada masyarakat. (Giovanie *et al.*, 2023) menunjukkan bahwa penurunan muka tanah di pesisir utara Semarang memengaruhi aktivitas sosial-ekonomi warga, termasuk warga Kelurahan Bandharharjo yang menyisihkan sebagian penghasilan untuk meninggikan lahan. Penanganan struktural berupa tanggul, kolam retensi, dan sistem pompa di pesisir Semarang dan Pekalongan telah dijalankan.

Hasil analisis harmonik 2021-2025 menunjukkan bahwa kenaikan muka air rerata di Tanjung Mas, terutama pada Mei 2022 dan Mei 2025, berjalan beriringan dengan meningkatnya potensi rob. Temuan ini mendukung pemanfaatan data harmonik jangka panjang serta pemantauan muka air yang berkelanjutan (Wadly *et al.*, 2024) dalam sistem peringatan dini rob di Kota Semarang.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengungkap karakteristik harmonik pasang surut di perairan Tanjung Mas, Kota Semarang, pada bulan Mei selama periode 2021–2025 melalui pendekatan metode Least Square. Hasil analisis menunjukkan bahwa komponen diurnal, terutama K1 dan O1, secara konsisten mendominasi dibandingkan komponen semidiurnal M2 dan S2, dengan nilai *Formzahl* berkisar 1,52 hingga 2,58 yang mengklasifikasikan tipe pasut di lokasi kajian sebagai pasang surut campuran condong ke harian tunggal. Peningkatan nilai *So* dan amplitudo K1 pada tahun 2022 dan 2025 memperkuat indikasi keterkaitan dinamika pasut dengan intensitas kejadian banjir rob. Kelebihan penelitian ini terletak pada penggunaan data time series bulan Mei lima tahun yang memberikan konteks tren antartahunan, meskipun masih memiliki keterbatasan berupa sumber data sekunder tunggal dari IOC-UNESCO tanpa validasi lapangan serta belum melibatkan variabel penurunan muka tanah secara terukur. Pengembangan penelitian selanjutnya disarankan mengintegrasikan data pengukuran *in-situ*, analisis *land subsidence* berbasis interferometri, dan pemodelan prediktif guna mendukung sistem peringatan dini banjir rob yang lebih akurat di Kota Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditiya, A., & Ito, T. (2023). Present-day land subsidence over Semarang revealed by time series InSAR new small baseline subset technique. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 125, 103579. doi: 10.1016/j.jag.2023.103579
- Egaputra, A. A., Ismunarti, D. H., & Pranowo, W. S. (2022). Inventarisasi kejadian banjir rob Kota Semarang periode 2012 – 2020. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 4(2), 29–40. doi: 10.14710/jekk.v%25vi%25i.13240
- Frederick, H., Dwi, S., Anugroho, A., & Hariadi, H. (2016). Pemetaan banjir rob terhadap pasang tertinggi di wilayah pesisir Kecamatan Medan Belawan, Sumatera Utara. *Jurnal Oseanografi*, 5(3), 334–339.
- Giovanie, Y., Azzara, A. B., & Hidayatullah, A. F. (2023). Land subsidence in the North Coastal Semarang City for socioeconomic activities. *Jurnal Pembangunan Sosial*, 6(1), 15–22. doi: 10.15575/jt.v6i1.21935
- Khalid, M., Akram, R., & Muttaqin, K. (2022). Sistem monitoring pasang surut air laut berbasis web menggunakan fuzzy logic pada kuala langsa. *Jurnal Teknologi Informasi Unimor*, 2(2), 65–69. doi: 10.32938/jitu.v2i2.3254
- Mutaqin, B. W., & Ningsih, R. L. (2023). Tidal characteristics in the southern waters of Java - Indonesia. *Jurnal Geografi*, 15(2), 154–164. doi: 10.24114/jg.v15i2.45017
- Naibaho, A. A., Harefa, M. S., & Nainggolan, R. S. (2023). Investigasi pemanfaatan hutan mangrove dan dampaknya terhadap daerah pesisir di pantai mangrove Paluh Getah, Tanjung Rejo. *J-CoSE: Journal of Community Service Dan Empowerment*, 1(1), 22–33. doi: 10.58536/j-cose.v1i1.3
- Pramudito, E., & Wijaya, D. D. (2019). Komparasi komponen pasut utama hasil pengolahan data satelit altimetri dengan data stasiun pasang surut (studi kasus Perairan Serang Banten): Comparison of main tidal components resulting from altimetry satellite data processing with tidal station data (case study of Serang Banten Waters). *Jurnal Hidropilar*, 5(2), 57–69. doi: 10.37875/hidropilar.v5i2.161
- Rahman, A. N., & Kurniadin, N. (2023). Identifikasi luasan banjir rob di Kota Semarang pada tanggal 24 Mei 2022 menggunakan citra landsat. *Journal of Geomatics Engineering, Technology, And Sciences (JGETS)*, 1(2), 50–53. doi: 10.51967/gets.v1i2.16
- Rusdin, A., Oshikawa, H., Divanesia, A. M. A., & Hatta, M. P. (2024). Analysis and prediction of tidal measurement data from temporary stations using the least squares method. *Civil Engineering Journal*, 10(2), 384–403. doi: 10.28991/CEJ-2024-010-02-03
- Setyaningsih, W., Benardi, A. I., Aji, A., & Kahfi, A. (2019). Pengembangan model spasial kajian perluasan rob terhadap perubahan kondisi masyarakat di Kota Semarang. *Indonesian Journal of Conservation*, 8(2), 89–94.
- Setyaningsih, Y., Winarni, S., Nugraha, P., Lisnawati, N., Aditya, P., O, S. B., F, D. S., Savira, A., & M, F. F. (2023). Pemberdayaan masyarakat dalam upaya peningkatan kualitas lingkungan hidup di Kelurahan Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Journal of Public Health and Community Services – JPHCS*, 2(2), 95–99. doi: 10.14710/jphcs.2023.20772
- Sundari, I. L. (2023). Status penguasaan tanah sempadan pantai oleh masyarakat di Pesisir Pantai Ujong Blang Lhokseumawe. *Locus Journal of Academic Literature Review*, 2(2), 97–116. doi: 10.56128/ljoalr.v2i2.130
- Supriyono, S., Pranowo, W. S., Rawi, S., & Herunadi, B. (2015). Analisa dan perhitungan prediksi pasang surut menggunakan metode admiralty dan metode least square (studi kasus Perairan Tarakan dan Balikpapan): Tide prediction analysis and calculation using admiralty method and least square method (case study of Tarakan and Balikpapan Waters). *Jurnal Chart Datum*, 1(1), 9–20. doi: 10.37875/chartdatum.v1i1.7
- Wadly, F., Ramadhan, Z., & Alfisyahri, D. (2024). Sistem pemantauan pasang surut air laut berbasis internet of things di Pantai Kurnia my darling. *Jurnal Teknologi Dan Ilmu Komputer Prima*, 7(2), 224–239. doi: 10.34012/jutikomp.v7i2.5923
- Wang, R., Golparvar, B., & Mark, M. (2023). Determining undersampled coastal tidal harmonics using regularized least squares. *Advancing Earth and Space Science*, 1–12. doi: 10.1029/2023EA002885

- Wungo, G. L., Dewi, S. P., Mussadun., Rofiati, C., Hangkalea, M. P., & Pratama, A. R. (2025). Using GIS and analysis at flood risk mapping evacuation system in Tanjung Mas, Semarang City Kalimantan Area. *Indonesian Journal of Geography*, 54(3), 70–79. doi: 10.22146/ijg.98406
- Wulandari, S. J. (2022). Perbandingan penerapan hasil metode admiralty dan least square untuk peramalan pasang surut di Selat Bintan, Kepulauan Riau. *Jurnal Kelautan*, 15(3), 258–269. doi: 10.21107/jk.v15i3.11406
- Yoganda, M., Hendri, A., & Suprayogi, I. (2019). Kajian pasang surut dengan metode least square di Perairan Kabupaten Bengkalis. *Jom FTEKNIK*, 6(1), 1–9.
- Zahro, A. A., Fisika, P. S., Harmonik, K., & Surut, T. P. (2024). Analisis tipe pasang surut untuk penentuan elevasi muka air laut di Perairan Semarang menggunakan metode admiralty. *Jurnal Hidrografi Indonesia*, 6(1), 7–14. doi: 10.62703/jhi.v6i1.55
- Zulfan, F. I., & Manar, D. G. (2024). Implementasi kebijakan penanggulangan bencana banjir rob di Kota Semarang. *Journal of Politic and Government Studies*, 13(3), 1–18.