

ANALISIS WAKTU BANJIR ROB PADA MODEL *SEA LEVEL ANOMALY* HARMONIK DARI DATA SATELIT ALTIMETRI JASON-3 TAHUN 2016—2018

ADITYA DWI NUGRAHA¹, NI MADE RAI RATIH CAHYA PERBANI²

1. Program Studi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional, Bandung
2. Program Studi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional, Bandung

Email: adityadwinugraha0@gmail.com

ABSTRAK

Menurut BNPB (2022) melaporkan bahwa hampir seluruh wilayah sepanjang pesisir Pantai Utara Jawa Tengah kabupaten dan kota mengalami peristiwa banjir rob. Penyebab utama terjadi banjir rob adalah perubahan pasang surut air laut. Dengan tujuan untuk memberikan informasi bagi pemerintah maupun masyarakat dalam upaya mitigasi bencana banjir rob di masa mendatang, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan memprediksi perilaku muka laut saat terjadi banjir rob dengan menggunakan model sea level anomaly harmonik (SLA) Jason-3 tahun 2016—2018. Data yang digunakan adalah data hasil pengamatan satelit altimetri Jason-3 tahun 2016—2018 (cycle 1—106 pass 063). Gelombang pasang surut yang digunakan untuk analisis harmonik adalah gelombang periode panjang. Berdasarkan puncak model sea level anomaly ditemukan bahwa waktu banjir rob terjadi pada saat puncak tertinggi dan perubahan menuju surut, sedangkan di lembah model sea level anomaly waktu banjir rob bertepatan terjadi pada saat surut terendah dan perubahan menuju pasang selanjutnya.

Kata kunci: waktu banjir rob, pasut, altimetri, model SLA

1. PENDAHULUAN

Banjir rob atau banjir yang disebabkan oleh pasang surut air laut adalah pola naik turunnya muka air laut yang dipengaruhi oleh gaya tarik benda-benda astronomi, terutama oleh bulan dan matahari terhadap massa air laut di bumi (Sunarto, 2003). Banjir rob akan memberikan dampak yang besar terhadap masyarakat di kawasan pesisir dan semakin diperparah jika terjadinya bersamaan dengan genangan air hujan, banjir kiriman, dan banjir lokal akibat drainase yang kurang memadai (Suryanti, 2009).

Dari BNPB (2022) melaporkan bahwa wilayah yang terdampak peristiwa banjir rob terjadi disepanjang pesisir Pantai Utara Jawa Tengah. Wilayah yang terdampak adalah Kabupaten Brebes, Kota Tegal, Kabupaten Tegal, Kabupaten Pekalongan, Kabupaten Pemalang, Kota Pekalongan, Kabupaten Kendal, Kabupaten Batang, Kota Semarang, Kabupaten Demak, Kabupaten Pati, Kabupaten Rembang, dan Kabupaten Jepara. Melalui BNPB (2022) BMKG melakukan pengamatan bahwa peristiwa banjir rob yang paling utama disebabkan oleh meningkatnya ketinggian gelombang yang terjadi di Pantai Utara Jawa. Guna mengetahui perilaku muka laut pada saat terjadi banjir rob tersebut dibutuhkan analisis harmonik pasut.

Dalam menganalisis pasut dibutuhkan data yang akurat dan lengkap. Selain itu dibutuhkan data yang selang pengamatannya panjang untuk dapat menentukan dengan akurat model harmonik pasang surut di suatu perairan. Data pengamatan stasiun pasut tergolong terbatas karena terletak hanya pada pesisir pantai. Oleh karena itu sulit untuk mengetahui perilaku muka laut di perairan lepas pantai (Gumelar dkk. 2016). Satelit altimetri memiliki tujuan untuk memantau perubahan atau dinamika muka air laut (Fikri, 2020). Dalam hal ini satelit altimetri dapat dijadikan sebagai alternatif pengamatan di perairan lepas pantai, karena data yang diperoleh satelit altimetri didapatkan secara kontinu dengan cakupan data yang luas serta tidak dibatasi oleh keadaan cuaca yang biasanya didapatkan dalam metode konvensional. Salah satu data yang diperoleh dari pengamatan satelit altimetri adalah *sea level anomaly* (SLA) dari tinggi muka laut bereferensi ke muka air laut rata-rata. Pengamatan yang didapatkan dari satelit altimetri sama prinsipnya dengan stasiun pasut, satelit altimetri memiliki akurasi hingga satuan sentimeter dan tersedia dalam skala global (OSTM/Jason-2 Products Handbook, 2017). Pada umumnya data pengamatan satelit altimetri digunakan untuk membangun ulang model pasut atau mendapatkan informasi pasut dari deret waktu data *time series* secara empiris (Piccioni dkk., 2018).

Flinchem & Jay (2000) dalam penelitiannya telah melakukan analisis harmonik dengan hasil dapat mengidentifikasi 400 konstanta pasut dalam satu periode pasut atau 19 tahun, metode analisis harmonik kuadrat terkecil atau *least square* dapat menganalisis data pasut sehingga akan menghasilkan konstanta-konstanta pembentuk energi pasut. Gumelar dkk. (2016) dalam penelitiannya menyarankan dari hasil nilai konstanta yang diperoleh perlu dilakukan pemodelan pasut guna memprediksi pasut di masa mendatang sehingga pada penelitian ini model pasut harmonik digunakan untuk memprediksi perilaku muka air di perairan Pantai Utara Jawa pada saat terjadi banjir rob. Pada akhirnya model pasut dapat digunakan untuk skema mitigasi banjir rob di masa mendatang oleh pemerintah maupun masyarakat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada wilayah yang dilintasi atau terlewati oleh jalur (*footprint*) satelit altimetri Jason-3, pada penelitian ini titik sampel lokasi penelitian ditempatkan di wilayah Indonesia terletak pada posisi geografis *Latitude* -6.66666667, *Longitude* 109.33333333. Titik sampel penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Wilayah Penelitian

2.2 Data Penelitian

Data pengamatan satelit altimetri digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari *National Centre for Environmental Information* (2016—2018) yang diunduh dari laman <https://www.ncei.noaa.gov/data/oceans/jason3/gdr/>. Data yang digunakan adalah data *sea level anomaly* dari hasil pengamatan satelit altimetri Jason-3 periode tahun 2016-2018 (*cycle 1—106 pass 063*). Sampel data *sea level anomaly* satelit altimetri Jason-3 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sampel Data Sea Level Anomaly (SLA)

Jason-3				
<i>Cycle</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>SLA (m)</i>	<i>Timestamp</i>
70	-6.666666667	109.3333333	0.113692	1/4/18 2:19
71	-6.666666667	109.3333333	0.098696	1/14/18 0:17
72	-6.666666667	109.3333333	0.075298	1/23/18 22:16
73	-6.666666667	109.3333333	0.071541	2/2/18 20:14
74	-6.666666667	109.3333333	0.026564	2/12/18 18:13
75	-6.666666667	109.3333333	0.038286	2/22/18 16:11
76	-6.666666667	109.3333333	0.023591	3/4/18 14:10
77	-6.666666667	109.3333333	0.01939	3/14/18 12:08
78	-6.666666667	109.3333333	0.046901	3/24/18 10:07
79	-6.666666667	109.3333333	0.046943	4/3/18 8:05

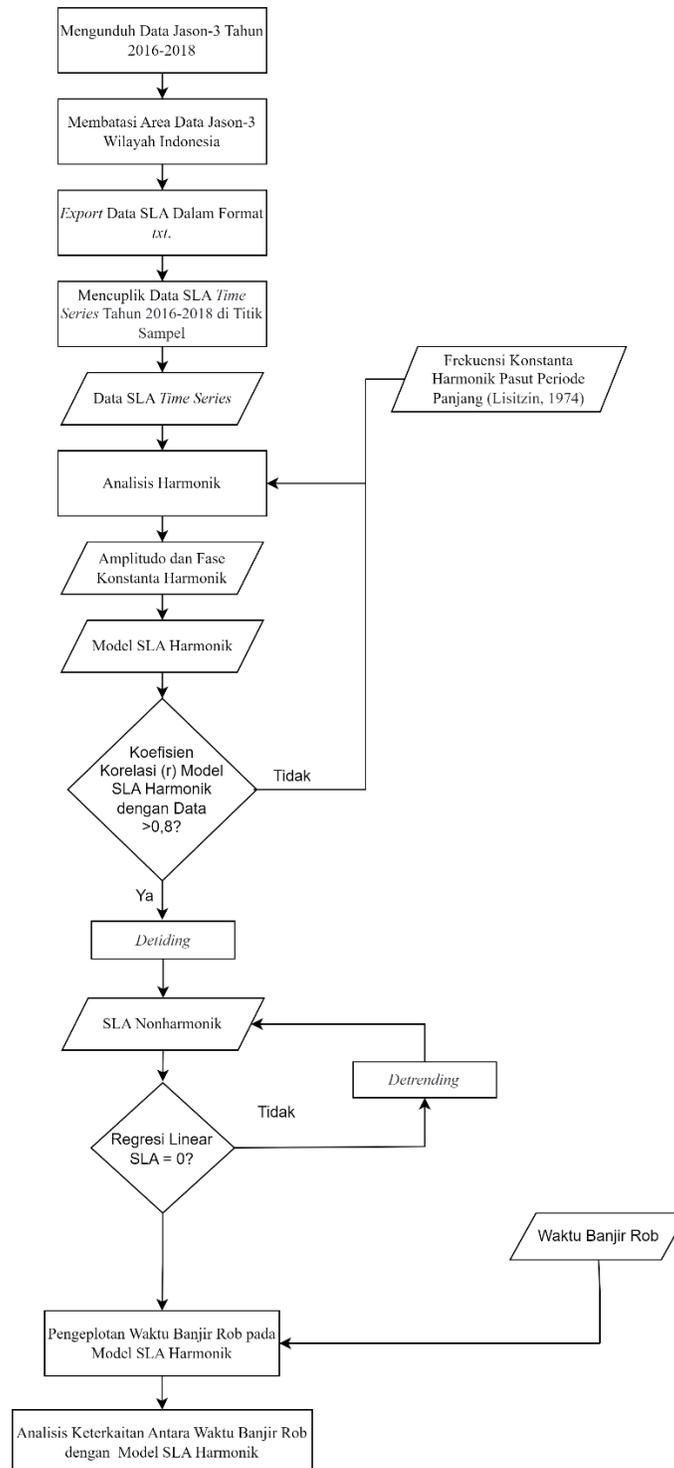
Waktu banjir rob meliputi wilayah pesisir Brebes, Cirebon, Tegal, Pemalang, Pekalongan, Semarang, Kendal, dan Demak. Waktu banjir rob didapatkan dari artikel berita untuk mengetahui fakta yang benar-benar terjadi. Berikut pada Tabel 2 merupakan sampel data waktu banjir rob.

Tabel 2. Sampel Data Waktu Banjir Rob Tahun 2018

No.	Tanggal	Lokasi
1	1/11/18 0:00	Semarang
2	1/31/18 4:00	Demak
3	2/1/18 0:00	Pekalongan
4	2/2/18 4:00	Semarang
5	2/4/18 0:00	Semarang
6	2/12/18 5:00	Semarang
7	2/14/18 0:00	Demak
8	2/19/18 5:00	Demak
9	2/24/18 0:00	Demak
10	3/13/18 0:00	Cirebon

2.3 Pelaksanaan Penelitian

Adapun tahapan pelaksanaan pengolahan data penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN ANALISIS

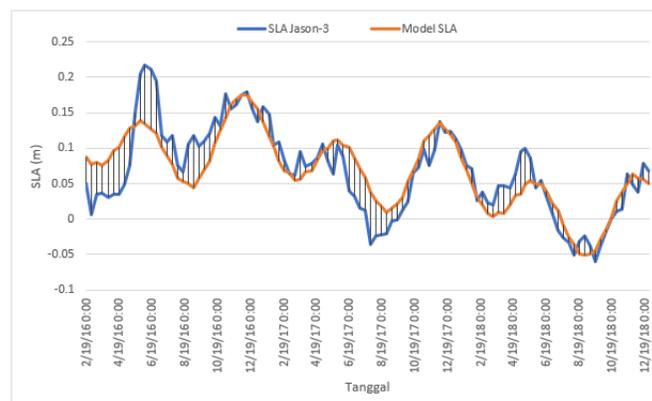
3.1 Analisis Harmonik

Menurut Ali dkk. (1994) untuk mengidentifikasi sifat dan karakter pasut di suatu wilayah perairan dari hasil pengamatan pasut dalam kurun waktu tertentu dapat dilakukan analisis harmonik. konstanta-konstanta pasut yang membentuk pasut air laut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda astronomi (Sunarto, 2003). Naik turunnya gelombang dalam deret waktu data dapat dihilangkan melalui proses *detiding* (Joseph, 2011). Penelitian ini dalam menganalisis harmonik menggunakan metode *least square* atau kuadrat terkecil untuk mendapatkan konstanta-konstanta pembentuk pasut (Gumelar dkk., 2016).

Satelit altimetri Jason-3 dalam pengamatannya menghasilkan data tinggi satelit dari bidang ellipsoid dan tinggi satelit ke muka laut, sehingga diketahui *value sea level anomaly* (SLA) yang bereferensi ke *mean sea surface height* (muka laut rata-rata). *Sea level anomaly* dapat mengetahui perilaku dan fenomena yang terjadi di muka laut (Raharjanto, 2012). Penelitian ini untuk melakukan analisis harmonik menggunakan data *sea level anomaly*.

Analisis harmonik menggunakan data dengan panjang dari tahun 2016—2018 atau sepanjang 1041,14 hari dengan selang rata-rata waktu pengamatan *sea level anomaly* adalah 237,29754 jam atau 9,9 hari. Konstanta gelombang dibatasi dengan menggunakan sampling batasan omega Nyquist untuk mencegah terjadinya *aliasing* antar gelombang ketika melakukan analisis harmonik, hasil sampling batasan omega Nyquist yang telah terbebas dari *aliasing* adalah konstanta gelombang yang terdiri dari Gelombang MN, Sa, Ssa, MSm, dan Mm. Penelitian ini menggunakan gelombang konstanta berperiode panjang sehingga tidak dapat menganalisis gelombang pasut diurnal, semidiurnal, dan perairan dangkal.

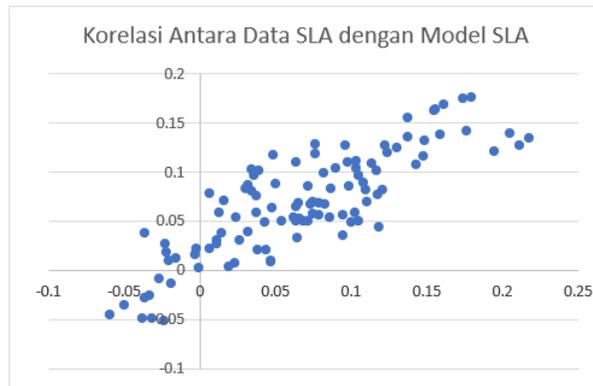
Menurut Perbani (2010) saat membangun ulang sampel sepanjang data, *aliasing* antar gelombang pasut memberikan dampak yang menyebabkan sinyal yang berbeda tidak dapat dibedakan satu sama lain. Dalam penelitian ini dilakukan proses dengan metode *dealiasing* untuk mempertahankan frekuensi konstanta gelombang dalam data pasut dengan melakukan sampling batasan omega Nyquist dan batasan resolusi agar mewakili kondisi *real* (Crawley, 2011). Omega Nyquist yang telah diterapkan adalah 0,0132013 rad/jam, sehingga dalam hal ini frekuensi konstanta gelombang tidak melebihi nilai batasan omega Nyquist guna mencegah terjadinya *aliasing* antar gelombang sepanjang data pasut.



Gambar 3. Hasil Pemodelan Analisis Harmonik *Sea Level Anomaly* Sepanjang Data

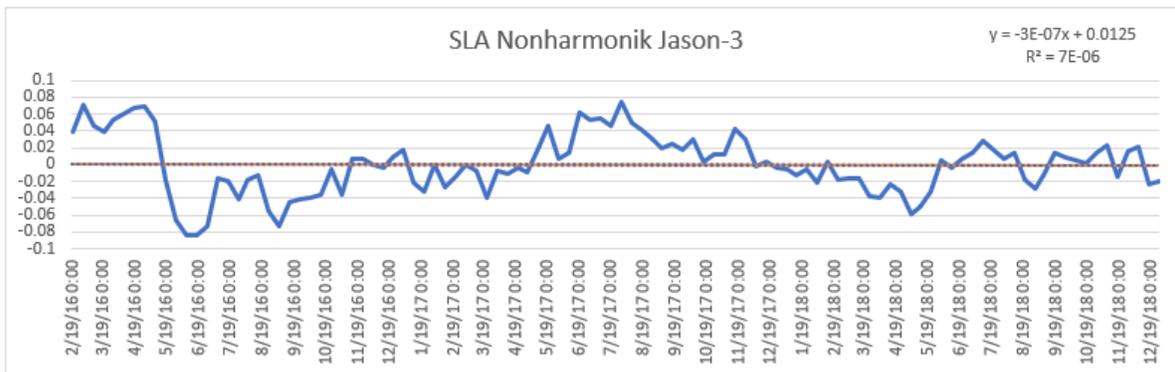
Selang tinggi muka laut tertinggi dan terendah pada model *sea level anomaly* sepanjang data yang terjadi adalah 0,227 meter. Model *sea level anomaly* sepanjang data dapat dilihat pada Gambar 2. Sepanjang data model *sea level anomaly* diperoleh nilai koefisien korelasi $r = 0,835364$ dapat disimpulkan bahwa menurut Sugiono (2007) hasil ini memiliki tingkat hubungan antara data pengamatan dengan model termasuk ke dalam hubungan dengan kategori tingkat hubungan yang sangat kuat. Sehingga model *sea level anomaly* dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Berikut merupakan plot korelasi antara data *sea level anomaly* dengan model *sea level anomaly* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 4. Plot Korelasi Antara Data SLA dengan Model SLA

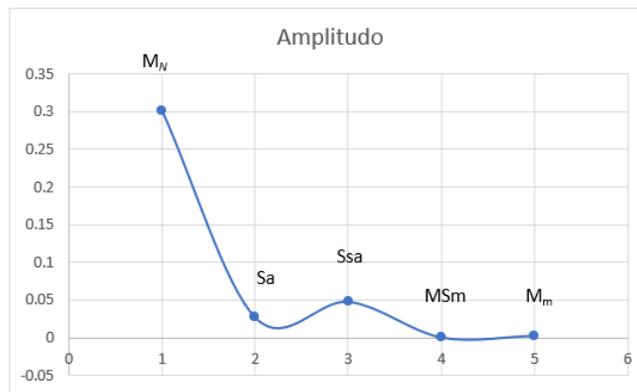
Analisis harmonik dapat mengetahui nilai nonharmonik sepanjang deret data dengan cara filterisasi model *sea level anomaly* melalui proses *detiding*. Untuk mengompensasi data pasang dalam data yang direkam adalah tujuan utama dari *detiding* (Consoli, 2013). Secara umum *detiding* merupakan proses untuk menghapus atau menghilangkan energi pasang dari deret waktu data. Oleh karena itu *sea level anomaly* nonharmonik digunakan untuk memastikan tidak adanya unsur periodik yang tersisa disepanjang deret data. Pada Gambar 4 merupakan grafik *sea level anomaly* nonharmonik hasil proses *detiding*.



Gambar 5. Hasil Proses Detiding SLA Nonharmonik Analisis Harmonik

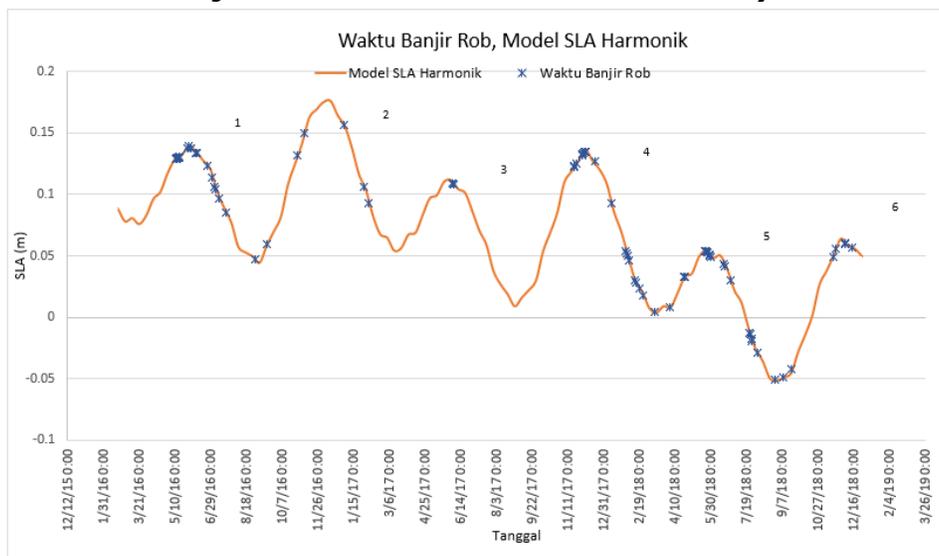
Tren *sea level anomaly* dalam Gambar 4 menunjukkan bahwa tren *sea level anomaly* nonharmonik = 0 dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa model *sea level anomaly* yang telah dilakukan analisis harmonik sudah tidak terpengaruh oleh unsur periodik yang tersisa.

Gelombang konstanta pasut yang dihasilkan dari proses analisis harmonik menggunakan gelombang berperiode panjang pada model pasut adalah gelombang MN, Sa, Ssa, MSm, dan Mm. Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa gelombang yang paling dominan menyumbangkan energi pembentuk pasut adalah gelombang MN, menurut Lisitzin (1974) gelombang tersebut merupakan gelombang yang terbentuk oleh orbit bulan.



Gambar 6. Konstanta Gelombang Hasil Analisis Harmonik

3.2 Analisis Waktu Banjir Rob Pada Model *Sea Level Anomaly* Harmonik



Gambar 7. Plot Waktu Banjir Rob dan Model *Sea Level Anomaly* Harmonik

Untuk mengidentifikasi karakter dan sifat pasut di suatu perairan dilakukan analisis harmonik dari data hasil pengamatan pasut atau pengamatan satelit altimetri dalam kurun waktu tertentu. Dapat dilihat pada Gambar 5 model *sea level anomaly* harmonik menggunakan metode *least square* atau

kuadrat terkecil sudah dapat mengetahui dan mengidentifikasi perilaku muka laut disaat terjadi banjir rob.

Dapat dilihat pada Gambar 5 berdasarkan puncak model *sea level anomaly* ditemukan bahwa waktu banjir rob terjadi pada saat puncak tertinggi dan perubahan menuju surut, sedangkan di lembah model *sea level anomaly* waktu banjir rob bertepatan terjadi pada saat surut terendah dan perubahan menuju pasang selanjutnya. banjir rob terjadi pada puncak atau pasang tertinggi ke 1, 3, 4, 5 dan 6, banjir rob juga terjadi pada lembah atau pasang terendah ke 1, 2, 4, dan 5. Menurut Pariwono (1989) pasang tertinggi terjadi pada saat kondisi matahari, bulan, dan bumi berada pada satu garis lurus. Fenomena ini disebut dengan *spring tide* atau pasang purnama. Pada saat *spring tide* dalam model *sea level anomaly* selalu terjadi banjir rob kecuali pada saat puncak ke 2, dalam hal ini pasang tertinggi memiliki potensi terjadinya banjir rob. Sehingga pola banjir rob dan model *sea level anomaly* dapat digunakan sebagai *warning* atau peringatan pada saat pasang tertinggi akan berpotensi terjadi banjir rob.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisis harmonik menggunakan data *sea level anomaly* dari hasil pengamatan satelit altimetri Jason-3 dan plot waktu banjir rob dapat mengetahui perilaku muka air laut pada saat terjadi banjir rob dan keterkaitannya dengan model *sea level anomaly* harmonik. Waktu banjir rob terjadi pada 5 puncak atau pada saat pasang tertinggi kecuali pada puncak ke 2, waktu banjir rob terjadi pada 4 lembah atau pada saat pasang terendah kecuali pada lembah ke 3. Sehingga dapat dijadikan *warning* atau peringatan pada saat *spring tide* akan berpotensi terjadinya pasang tertinggi dan menyebabkan banjir rob.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini, kepada dosen pembimbing penulis ucapkan terima kasih sebesar-besarnya telah membantu, memberikan waktu, dan saran kepada penulis untuk penelitian ini, dan kepada teman-teman penulis yang secara tidak langsung telah membantu penulis dalam proses menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali M, Mihardja DK, dan Hadi S. (1994). *Pasang Surut Laut*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- BNPB. (2022). *Sepanjang Pantura Jawa Tengah Dilanda Banjir Rob dan Gelombang Pasang*. Diakses pada 30 Juni 2023, dari <https://bnpb.go.id/berita-/sepanjang-pantura-jawa-tengah-dilanda-banjir-rob-dan-gelombang-pasang>
- Consoli, S, Diego R.R, Vanni, Z. (2013). *A Survey On Tidal Analysis And Forecasting Methods For Tsunami Detection*. National Research Council (CNR), Institute of Cognitive Sciences and Technologies, Via Gaifami 18- 95028 Catania, Italy.
- Crawley, S. E. (2000). *Seismic trace interpolation with nonstationary prediction-error filters*. Stanford University.
- Flinchem, E. P., & Jay, D. A. (2000). An introduction to wavelet transform tidal analysis methods. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 51(2), 177–200. <https://doi.org/10.1006/ecss.2000.0586>

- Gumelar, J., Sasmito, B., & Amarrohman, F. J. (2016). Analisis Harmonik Dengan Menggunakan Teknik Kuadrat Terkecil Untuk Penentuan Komponen-Komponen Pasut Di Wilayah Laut Selatan Pulau Jawa Dari satelit altimetri Topex/Poseidon dan Jason-1. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1), 194-203.
- Handbook Jason-2. (2017). *Ostm/Jason-2 Products Handbook*. Iss 1.11
- Lisitzin, E. (1974). *Sea-Level Changes*. Netherlands: Elsevier Science.
- Pariwono, J.I. (1989). *Gaya Penggerak Pasang Surut. Dalam Pasang Surut*. Dalam Ongkosongo, O.S.R., & Suyarso (Eds.), P3o-Lipi. Jakarta. Hal. 13-23.
- Perbani, N. M. R. R. C. (2010). Studi Prosedur Dealiasing untuk Deteksi Konstanta Pasut Dominan. *Jurnal Itenas Rekayasa*, 14(4).
- Piccioni, G., Denise Dettmering, Marcello Passaro, Christian Schwatke, Wolfgang Boschand Florian Seitz. (2018). Coastal Improvements for Tide Models: The Impact of ALES Retracker. *Remote Sens*. 10, 700. Doi:10.3390/rs10050700.
- Raharjanto, L., & Sukojo, B. M. (2012). Studi Pasang Surut di Perairan Indonesia dengan Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason-1. *Geoid*, 8(1), 58-67.
- Sugiyono. (2007). *Penelitian Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Suryanti. (2009). *Bijak dan Cerdas Mengelola Sampah Membuat kompos dari Sampah Rumah Tangga*. Jakarta: Kanisius.