

Identifikasi Komponen Pasang Surut Perairan Dangkal dan Periode Panjang di Wilayah Perairan Indonesia

Tiara Syella Angelina Manikape¹, Ivonne Milichristi Radjawane¹, Saat Mubarrok¹

¹Program Studi Oseanografi, Institut Teknologi Bandung

Korespondensi:ivonnemr@itb.ac.id

Diterima: 3 Maret 2025; Direvisi: 13 Desember 2025; Disetujui: 30 Desember 2025

Abstrak

Perairan Indonesia memiliki variasi batimetri yang kompleks, yang mempengaruhi dinamika penjalaran gelombang pasut di wilayah perairannya. Penelitian ini mengkaji karakteristik komponen pasang surut perairan dangkal dan komponen pasang surut periode panjang di lima stasiun pasang surut, yaitu Sabang, Sibolga, Padang, Benoa, dan Saumlaki. Data yang digunakan adalah data pasang surut berkualitas baik selama tahun 2018, yang diperoleh dari jaringan terintegrasi *tide gauge* dunia dan diperuntukkan untuk riset. Analisis dilakukan terhadap komponen harmonik pasang surut utama (M_2 , S_2 , K_1 , dan O_1), 26 komponen pasang surut perairan dangkal lainnya, serta komponen pasang surut periode panjang (S_{sa} , M_m , M_f , dan MS_f) dengan menggunakan metode analisis komponen harmonik pasang surut *least square* dan *Fast Fourier Transform* (FFT). Berdasarkan metode *least square*, amplitudo komponen perairan dangkal yang signifikan diperoleh sebesar 0.017 m ($2N_2$), 0.014 m (M_4), 0.018 m (M_4), 0.011 m (MKS_2), dan 0.019 m ($2N_2$) di masing-masing stasiun pasang surut Sabang, Sibolga, Padang, Benoa, dan Saumlaki. Komponen pasang surut periode panjang yang signifikan adalah S_{sa} dengan amplitudo sebesar 0.047 m, 0.052 m, 0.055 m, 0.054 m, dan 0.034 m di masing-masing stasiun pasang surut tersebut. Hasil analisis FFT menunjukkan bahwa komponen pasang surut dominan di seluruh daerah kajian memiliki periode semidiurnal (12 jam) dan diurnal (24 jam). Meskipun amplitudonya kecil, komponen dengan periode pendek (4 dan 6 jam) serta komponen periode panjang (15 hingga 30 hari) masih dapat terdeteksi.

Kata kunci: pasang surut, perairan dangkal, periode panjang, least square, FFT

Abstract

Indonesian waters have a complex bathymetric variation, which affects the dynamics of tidal wave propagation in the region. This study examines the characteristics of shallow water tidal components and long-period tidal components at five tidal stations: Sabang, Sibolga, Padang, Benoa, and Saumlaki. The data used are high-quality tidal data for the year 2018, obtained from the globally integrated tide gauge network and intended for research purposes. The analysis focuses on the main tidal harmonic components (M_2 , S_2 , K_1 , and O_1), 26 other shallow water tidal components, and long-period tidal components (S_{sa} , M_m , M_f , and MS_f) using the least squares harmonic tidal component analysis method and Fast Fourier Transform (FFT). Based on the least squares method, the significant shallow water tidal component amplitudes obtained are 0.017 m ($2N_2$), 0.014 m (M_4), 0.018 m (M_4), 0.011 m (MKS_2), and 0.019 m ($2N_2$) at the respective tidal stations of Sabang, Sibolga, Padang, Benoa, and Saumlaki. The significant long-period tidal component is S_{sa} , with amplitudes of 0.047 m, 0.052 m, 0.055 m, 0.054 m, and 0.034 m at these stations. FFT analysis results show that the dominant tidal components in the entire study area have semidiurnal (12-hour) and diurnal (24-hour) periods. Although the amplitudes are small, short-period components (4 and 6 hours) and long-period components (15 to 30 days) are still detectable.

Key words: tides, shallow-water components, long-period components, least square, FFT

PENDAHULUAN

Pasang surut air laut merupakan fenomena alami yang timbul akibat pengaruh gaya tarik gravitasi dari benda langit, terutama bulan dan matahari. Interaksi gravitasi ini menyebabkan permukaan laut mengalami perubahan ketinggian secara periodik. Dalam konteks kelautan, pasang surut memiliki peran yang sangat penting dalam kegiatan navigasi, survei oseanografi, hingga perencanaan konstruksi di wilayah pesisir. Hal ini menjadi semakin relevan di Indonesia yang memiliki kondisi geografis kompleks dan garis pantai yang tidak beraturan (Zakaria, 2015).

Kondisi garis pantai yang rumit tersebut dapat menimbulkan distorsi pada pola pasang surut, sehingga diperlukan pertimbangan terhadap konstanta pasut perairan dangkal untuk meningkatkan ketelitian prediksi. Selain itu, fenomena pasang surut juga memengaruhi dinamika ekosistem perairan. Penjalaran gelombang pasang surut dipengaruhi oleh faktor-faktor fisik seperti amplitudo dan gesekan dasar. Di wilayah perairan dangkal, proses penjalaran gelombang pasut bersifat nonlinier karena dipengaruhi oleh kuadrat amplitudo serta adanya gesekan dasar yang mengakibatkan munculnya komponen pasut perairan dangkal (shallow water tides) (Airy, 1845 dalam Bowden, 1983; Hadi, 1973; Pugh, 1987).

Komponen pasang surut dengan frekuensi rendah, seperti *fortnightly*, *monthly*, *semiannual*, dan *annual*, umumnya masih jarang dianalisis dalam kajian prediksi pasut. Beberapa studi sebelumnya telah membahas perhitungan dan penentuan karakteristik pasang surut, baik menggunakan metode konvensional maupun metode admiralty, dengan tujuan untuk mengidentifikasi komponen serta tipe pasut (Fadilah dkk., 2013). Namun, penelitian mengenai komponen pasut perairan dangkal dan periode panjang di Indonesia masih relatif terbatas.

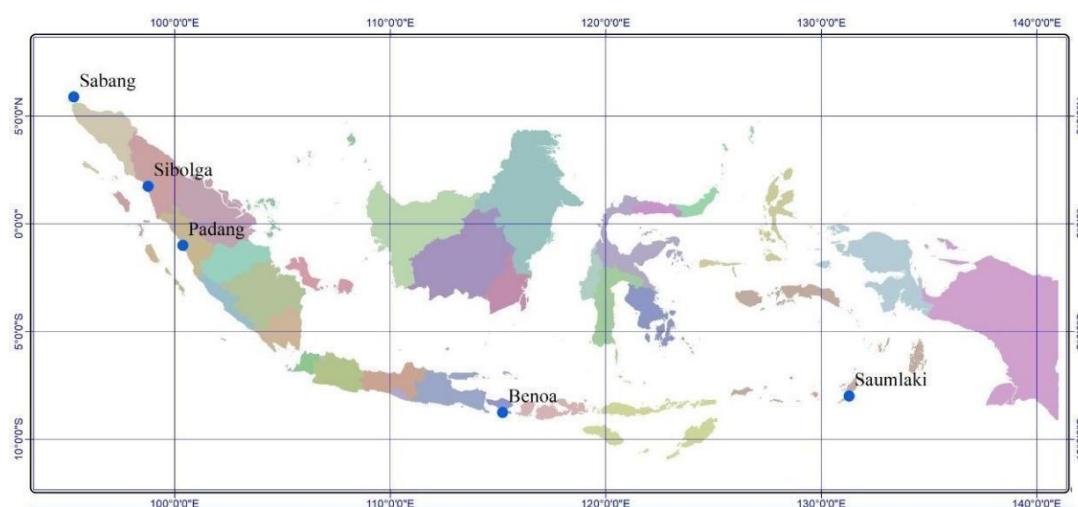
Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini difokuskan untuk menganalisis perbedaan karakteristik komponen pasang surut di beberapa lokasi perairan Indonesia melalui parameter amplitudo dan perbedaan fase. Studi ini mencakup lima stasiun pasang surut yang mewakili wilayah perairan Indonesia, yaitu Sabang, Sibolga, Padang, Benoa, dan Saumlaki.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Daerah kajian pada penelitian ini meliputi lima stasiun pasang surut yang terletak di seluruh wilayah perairan Indonesia mulai dari wilayah barat hingga timur Indonesia (Gambar 1). Wilayah barat Perairan Indonesia diwakili oleh stasiun pasang surut Sabang yang terletak di sebelah utara Provinsi Aceh dengan tipe pasang surut semidiurnal.

Terdapat dua stasiun pasang surut lainnya di Perairan Indonesia bagian barat, yaitu Sibolga dan Padang yang terletak di pesisir barat Pulau Sumatra. Kedua stasiun pasang surut tersebut memiliki tipe pasang surut campuran condong semidiurnal. Pada wilayah selatan Perairan Indonesia diwakili oleh stasiun pasang surut Benoa yang terletak di Pulau Bali dan memiliki tipe pasang surut campuran condong semidiurnal. Untuk wilayah timur Perairan Indonesia diwakili oleh stasiun pasang surut Saumlaki yang terletak di Kepulauan Tanimbar, Provinsi Maluku. Stasiun pasang surut Saumlaki memiliki tipe pasang surut campuran condong semidiurnal. Lokasi stasiun pasang surut beserta koordinatnya ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian dan beberapa stasiun pasut di Indonesia (titik biru): Saumlaki, Benoa, Padang, Sibolga, dan Sabang.

Tabel 1. Koordinat stasiun pasut pada studi ini (sumber data UHSLC).

Daerah Kajian	Latitude	Longitude
Sabang	5° 53' 16.80" LU	95° 19' 1,20" BT
Sibolga	1° 45' 0" LU	98°46' 1,20" BT
Padang	1° 0' 0" LU	100°22' 1,20" BT
Benoa	8° 44' 42" LS	115°12' 36" BT
Saumlaki	7° 58' 55.20" LS	131°17' 24" BT

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data pasang surut harian 24 jam pengukuran terbaru sepanjang tahun 2018, yang diunduh dari *University of Hawaii Sea Level Center* (UHSLC, <https://uhslc.soest.hawaii.edu/data/>) . Rentang data yang digunakan mulai dari 1 Januari 2018 sampai 31 Desember 2018. Dataset pasang surut yang digunakan adalah jenis *Research Quality Data* (RQD) dengan interval pengamatan satu jam, yang telah melewati proses *Quality Control* (QC), sehingga data

tersebut dirilis satu hingga dua tahun setelah data diterima oleh UHSLC. Proses QC yang dilakukan terdiri dari tiga aspek utama untuk memastikan validitas data pasang surut harian. Aspek pertama yaitu menghubungkan data dengan referensi datum pasang surut, kedua yaitu pemeriksaan kualitas waktu, dan yang terakhir adalah pembersihan data dengan menginterpolasi *short gaps* dan menghilangkan *spikes*. Prosedur teknis QC oleh UHSLC tersebut telah didokumentasikan dengan baik (Caldwell dan Kilonsky, 1992).

Metode

Metode yang pertama digunakan adalah metode analisis harmonik komponen pasut dengan menggunakan metode *least square*. Program yang digunakan adalah aplikasi pemrograman MATLAB dengan modul T_TIDE (Parlowicz dkk., 2002). Persamaan (1) merupakan persamaan gelombang harmonik pasang surut dalam bentuk *least square* yang dapat ditulis sebagai berikut.

$$\eta(t) = S_0 + \sum_{r=1}^k A_r \cos(\omega_r t_n) + \sum_{r=1}^k B_r \sin(\omega_r t_n) \dots \dots \dots \quad (1)$$

Dengan A_r dan B_r adalah konstanta harmonik ke- r , k merupakan jumlah komponen pasang surut dan t_n adalah waktu pengamatan setiap jam. Nilai S_0 adalah nilai *mean sea level* dan ω_r adalah frekuensi gelombang pasut ke- r . Modul T_TIDE melakukan *least-square fit* berdasarkan model respon pasang surut (*tidal response model*) yang memiliki rumus sebagai berikut:

$$x(t) = b_0 + b_1 t + \sum_{k=1}^n a_k e^{-i\sigma_k t} + a_{-k} e^{i\sigma_k t} \dots \quad (2)$$

Dimana n merupakan jumlah konstituen ke- k yang digunakan yang memiliki bilangan Doodson yang berbeda-beda untuk setiap konstituen. Setiap konstituen memiliki frekuensi (σ_k) dan amplitudo kompleks (a_k). Nilai t adalah deret waktu observasi pasut dan nilai b_0 dan b_1 nilai konstanta harmonik pasut.

Konstituen perairan dangkal tambahan dapat ditentukan jika diperlukan. Jika fase/amplitudo relatif dari dua konstituen yang tidak dapat dipecahkan diketahui dari sumber lain, maka prosedur inferensi dapat dilakukan. Selain itu, daftar konstituen dapat ditentukan secara eksplisit. Kecocokan kuadrat terkecil (*least-square fit*) adalah koefisien yang diminimalkan (E), dengan rumusan sebagai berikut:

Dengan nilai t adalah deret waktu data ke- m , x dan y adalah observasi dan prediksi pasang surut hasil.

Metode *least square T_TIDE* memungkinkan analisis harmonik pasang surut dengan koreksi nodal dan berbagai pilihan yang dapat disesuaikan. Program ini dapat memprediksi pasang surut dengan menganalisis komponen pasang surut utama, perairan dangkal, dan periode panjang, serta menghasilkan 45 komponen astronomis dan 101 komponen pasang surut perairan dangkal (Pawlacz dkk., 2002). Data pasang surut harian yang diunduh dari UHSLC diproses dengan urutan jam dan hari, kemudian difilter menggunakan *bandpass* atau *high filter* untuk membuang data yang tidak relevan. Setelah diolah, amplitudo komponen pasang surut dihitung untuk menentukan tipe pasang surut dan komponen dominan di lokasi kajian. Metode kedua adalah *Fast Fourier Transform* (FFT), yang mengubah data pasang surut dari domain waktu menjadi frekuensi untuk memisahkan sinyal dari *noise*. FFT mempermudah analisis sinyal utama dan mengisolasi komponen yang diinginkan. Hasil analisis FFT menunjukkan tiga gambar: sinyal domain waktu, domain periode, dan domain frekuensi. Dari sini, amplitudo dan fase komponen pasang surut dihitung untuk menentukan tipe pasang surut di lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen Pasang Surut Utama

Pengolahan data pasang surut harian menggunakan *least square* menghasilkan komponen harmonik pasang surut dengan data frekuensi, amplitudo, amplitudo *error*, *phase*, *phase error* dan *signal to noise ratio* (SNR). Pada penelitian ini hanya ditinjau 34 komponen yang terdiri dari empat komponen pasang surut utama, 26 komponen perairan dangkal dan empat komponen periode panjang. Dari nilai amplitudo tiap komponen pasang surut utama yang diketahui dari lima lokasi kajian, dapat dihitung nilai Formzahlnya untuk menentukan tipe pasang surut di daerah tersebut.

Dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa nilai Formzahl pada stasiun pasang surut Sabang sebesar 0,20, sehingga pada daerah tersebut memiliki tipe pasang surut harian ganda (*semidiurnal*). Hal ini didukung oleh penelitian Umam dkk., (2020) yang memiliki tipe pasut yang sama. Stasiun pasang surut di Sibolga dan Padang memiliki nilai Formzahl sebesar 0,38 dan 0,41, Kedua stasiun pasang surut di daerah pesisir barat Pulau Sumatra tersebut memiliki tipe pasang surut campuran condong harian ganda atau *mix tide prevailing semidiurnal* (Zuhaira dkk., 2020; Solihuddin, 2011). Pada stasiun pasang surut Benoa, diperoleh nilai Formzahl sebesar 0,41. Hasil tersebut dapat dikategorikan bahwa perairan di bagian selatan Bali memiliki tipe pasang surut

campuran condong harian ganda (*mix tide prevailing semidiurnal*). Stasiun pasang surut Saumlaki yang terletak di bagian selatan Pulau Maluku, memiliki nilai Formzahl sebesar 0,59 dan dapat diketahui bahwa tipe pasang surut pada daerah kajian tersebut yaitu campuran condong harian ganda (*mix tide prevailing semidiurnal*).

Tabel 2. Nilai Formzahl dan Tipe Pasang Surut di Lima Daerah Kajian

Provinsi	Stasiun Pasang Surut	Amplitudo (m)				Nilai Formzahl	Tipe Pasang Surut
		M ₂	S ₂	K ₁	O ₁		
Nangroe Aceh Darussalam	Sabang	0,50	0,23	0,10	0,04	0,20	<i>Semidiurnal</i>
Sumatra Utara	Sibolga	0,29	0,14	0,10	0,06	0,38	<i>Mix Tide Prevailing Semidiurnal</i>
Sumatra Barat	Padang	0,35	0,15	0,13	0,08	0,41	<i>Mix Tide Prevailing Semidiurnal</i>
Bali	Benoa	0,64	0,37	0,25	0,16	0,41	<i>Mix Tide Prevailing Semidiurnal</i>
Maluku	Saumlaki	0,62	0,22	0,28	0,21	0,59	<i>Mix Tide Prevailing Semidiurnal</i>

Komponen M₂ merupakan komponen *semidiurnal* yang dominan di semua daerah kajian, dengan nilai amplitudo maksimal yang berada di stasiun pasang surut Benoa sebesar 0,6419 meter. Komponen tersebut memiliki pengaruh yang besar dalam pembentukan pasang surut. Komponen S₂ merupakan komponen *semidurnal* dominan kedua hampir di seluruh daerah kajian. Nilai amplitudo maksimal komponen S₂ sebesar 0,366 meter yang berada di stasiun pasang surut Benoa. Pada stasiun pasang surut Saumlaki, dapat dilihat bahwa komponen pasang surut utama dominan pertama yaitu M₂ dengan nilai amplitudo sebesar 0,621 meter. Komponen pasang surut dominan kedua di daerah tersebut adalah komponen K₁, yang merupakan komponen diurnal dengan nilai amplitudo sebesar 0,283 meter. Komponen pasang surut utama yang dominan di stasiun pasang surut Sabang, Sibolga dan Padang yaitu komponen M₂ dan S₂. Kedua komponen pasang surut tersebut merupakan komponen pasang surut *semidiurnal*. Nilai amplitudo komponen M₂ di stasiun pasang surut tersebut secara berturut adalah 0,502 meter, 0,288 meter dan 0,352 meter.

Perbandingan Amplitudo Komponen Pasut

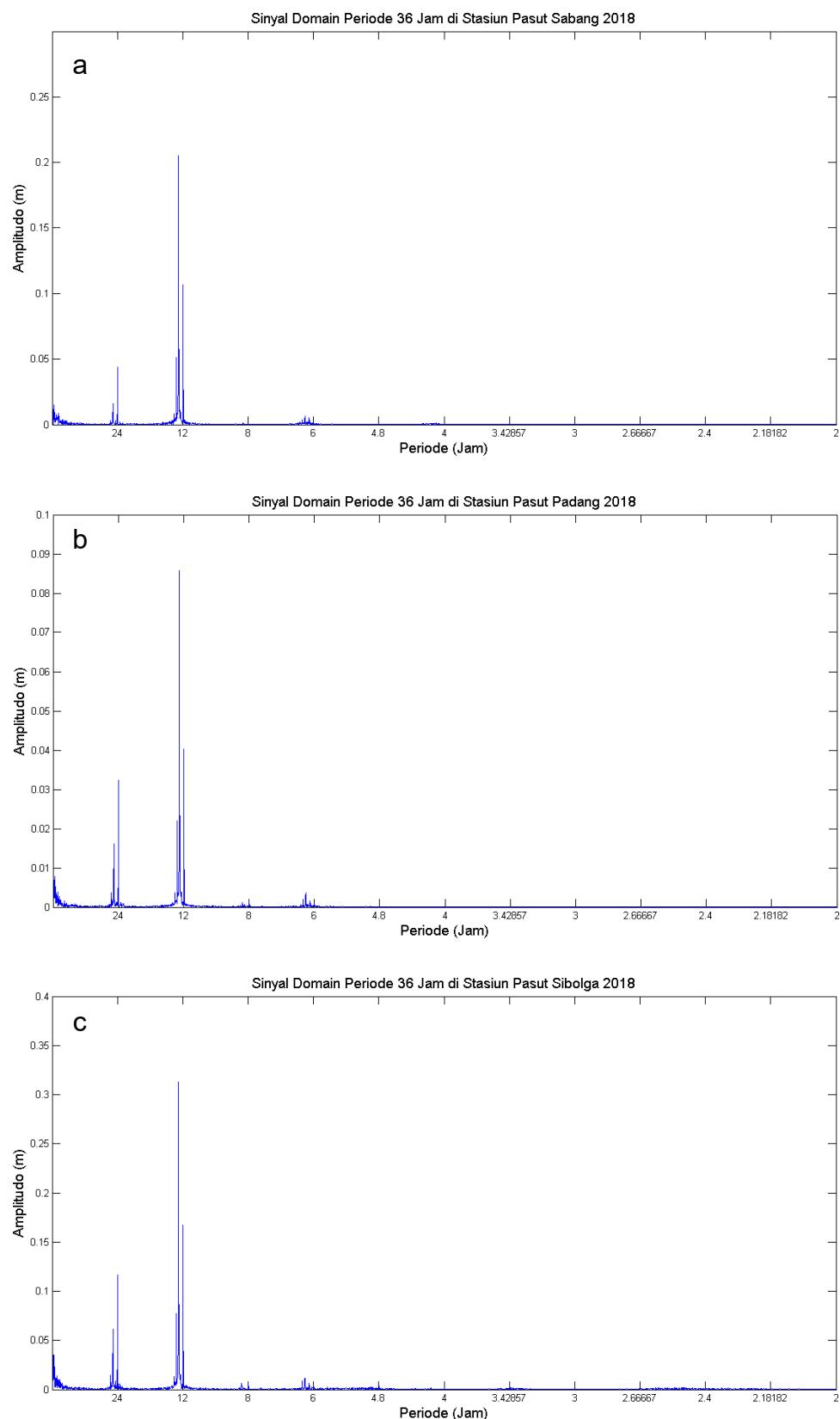
Perbandingan amplitudo komponen pasang surut utama, perairan dangkal dan periode panjang di tiap daerah kajian dapat dilihat pada Tabel 3. Jenis komponen pasang surut diurutkan dari yang paling dominan di setiap daerah yaitu komponen pasang surut utama, kemudian komponen pasang surut periode panjang, dan komponen pasang surut perairan dangkal. Stasiun pasang surut Benoa memiliki nilai amplitudo komponen M_2 dan S_2 yang maksimal, yaitu sebesar 0,642 meter serta 0,366 meter. Untuk komponen pasang surut perairan dangkal dapat dilihat bahwa stasiun pasang surut Saumlaki, memiliki nilai amplitudo komponen $2N_2$ dan M_4 yang maksimal, yaitu sebesar 0,019 meter serta 0,021 meter. Nilai amplitudo maksimal untuk komponen pasang surut periode panjang terdapat di stasiun pasang surut Sabang dan Padang. Stasiun pasang surut Sabang memiliki nilai amplitudo komponen M_m sebesar 0,027 meter. Sedangkan stasiun pasang surut Padang memiliki nilai amplitudo komponen S_{sa} sebesar 0,055 meter.

Tabel 3. Perbandingan Komponen Pasang Surut Utama, Perairan Dangkal dan Periode Panjang di Lima Daerah Kajian

Stasiun Pasang Surut	Amplitudo Komponen Pasut (m)		
	Pasut Utama	Perairan Dangkal	Periode Panjang
Sabang	0,502 (M_2)	0,0167 ($2N_2$)	0,047 (S_{sa})
	0,232 (S_2)	0,0154 (M_4)	0,027 (M_m)
Sibolga	0,288 (M_2)	0,0073 ($2N_2$)	0,052 (S_{sa})
	0,137 (S_2)	0,0141 (M_4)	0,018 (M_m)
Padang	0,352 (M_2)	0,0116 ($2N_2$)	0,055 (S_{sa})
	0,147 (S_2)	0,0179 (M_4)	0,020 (M_m)
Benoa	0,642 (M_2)	0,0104 ($2N_2$)	0,054 (S_{sa})
	0,366 (S_2)	0,0077 (M_4)	0,022 (M_m)
Saumlaki	0,621 (M_2)	0,0190 ($2N_2$)	0,034 (S_{sa})
	0,219 (S_2)	0,0210 (M_4)	0,012 (M_m)

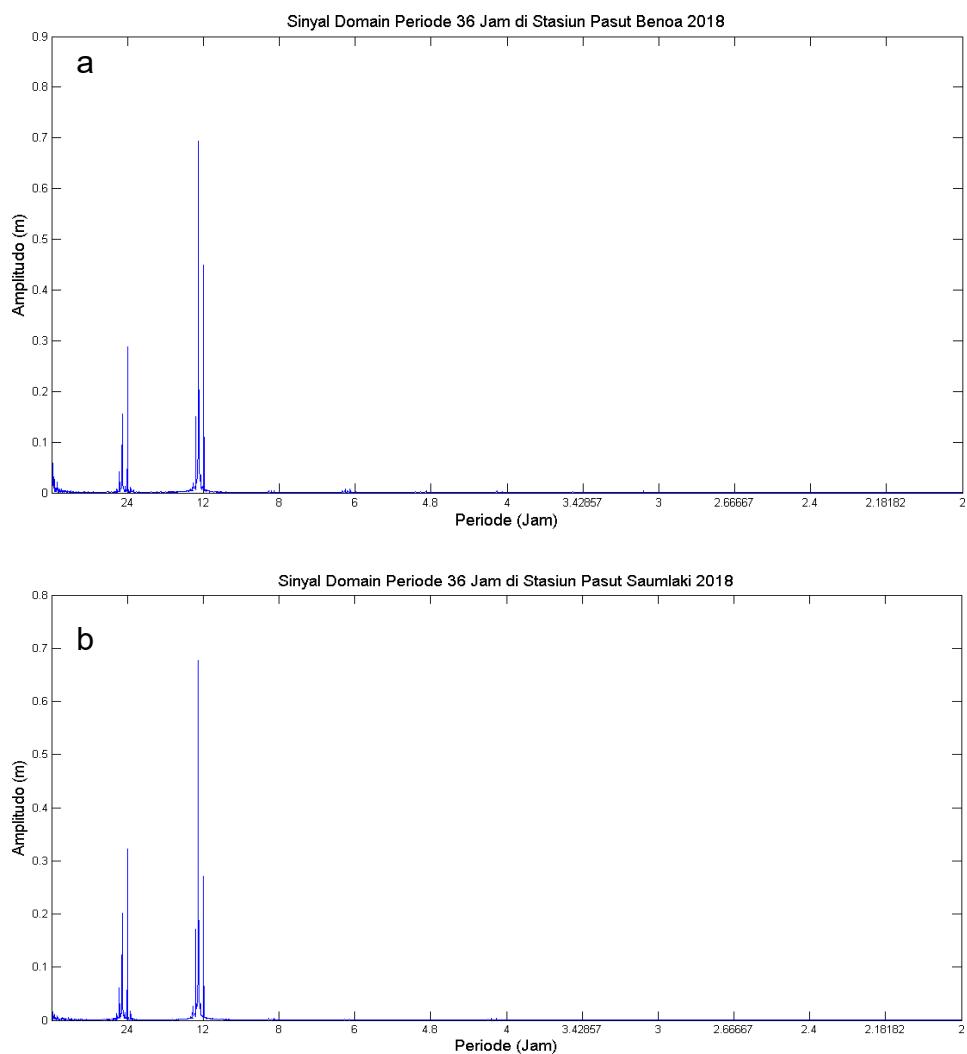
Analisa hasil FFT

Analisis menggunakan metode FFT menunjukkan grafik amplitudo komponen pasang surut beserta periodenya selama 36 jam di beberapa stasiun pasang surut (Gambar 2 dan Gambar 3). Di stasiun Sabang (Gambar 2(a)), komponen pasang surut yang dominan memiliki periode 12 jam dengan amplitudo 0,2 meter, diikuti oleh komponen 24 jam dengan amplitudo 0,04 meter.



Gambar 2. Hasil FFT dari pasang surut di stasiun (a) Sabang, (b) Padang, dan (c) Sibolga
 Sementara itu, di stasiun Sibolga (Gambar 2(b)), komponen dominan berperiode 12 jam memiliki amplitudo 0,32 meter, sedangkan komponen harian dengan periode 24

jam memiliki amplitudo 0,12 meter. Hasil serupa ditemukan di stasiun Padang (Gambar 2(c)), di mana komponen pasang surut utama memiliki periode 12 jam dengan amplitudo 0,2 meter dan komponen 24 jam memiliki amplitudo 0,04 meter. Di stasiun Benoa (Gambar 3(a)), amplitudo komponen 12 jam lebih besar, yaitu 0,69 meter, sedangkan komponen 24 jam memiliki amplitudo 0,28 meter. Hal yang sama juga terjadi di stasiun Saumlaki (Gambar 3(b)), dengan komponen dominan berperiode 12 jam sebesar 0,68 meter dan komponen sekunder 24 jam sebesar 0,32 meter.



Gambar 3. Hasil FFT dari pasang surut di stasiun (a) Benoa dan (b) Saumlaki.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa komponen pasang surut dengan periode 12 jam merupakan yang paling dominan di seluruh stasiun, dengan amplitudo yang bervariasi terhadap lokasi. Komponen 24 jam juga hadir sebagai komponen sekunder di semua lokasi, meskipun dengan amplitudo yang lebih kecil dibandingkan komponen utama.

KESIMPULAN

Dari analisis selama satu tahun, ditemukan 34 komponen pasang surut signifikan di setiap daerah kajian. Komponen tersebut terdiri dari empat komponen utama, 26 komponen pasang surut perairan dangkal, dan empat komponen dengan periode panjang. Beberapa komponen pasang surut perairan dangkal yang signifikan di seluruh daerah meliputi 2N2 dengan amplitudo 0,0167 meter di Sabang, M4 sebesar 0,0141 meter di Sibolga, M4 sebesar 0,0179 meter di Padang, MKS2 sebesar 0,011 meter di Benoa, serta 2N2 dengan amplitudo 0,019 meter di Saumlaki. Komponen ini memiliki periode antara 6,2 hingga 12,9 jam dan dipengaruhi oleh interaksi gravitasi bulan serta pergerakan orbitnya. Selain itu, komponen pasang surut periode panjang yang signifikan di seluruh daerah adalah Ssa, dengan amplitudo masing-masing 0,047 meter di Sabang, 0,052 meter di Sibolga, 0,055 meter di Padang, 0,054 meter di Benoa, dan 0,034 meter di Saumlaki. Komponen Ssa, yang memiliki periode enam bulan, terutama dipengaruhi oleh siklus matahari. Hasil pengolahan menggunakan FFT menunjukkan bahwa komponen pasang surut yang dominan di seluruh daerah kajian memiliki periode 12 dan 24 jam. Selain itu, juga ditemukan komponen pasang surut perairan dangkal dengan periode 4 hingga 6 jam, serta komponen dengan periode panjang antara 15 hingga 30 hari, meskipun dengan amplitudo yang relatif kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian ITB yang telah mensupport penelitian ini.

REFERENSI

- Airy, G.B., (1845). Tides and waves. *In Encyclopedia Metropolitana* (p. 289), London.
- Bowden, K.F., (1983). Physical Oceanography of Coastal waters. *Ellis Horwood series Marine science*, Camelot Press Ltd., Southampton, Great Britain.
- Caldwell P., dan Kilonsky B., (1992). Data processing and quality control at the TOGA Sea-level Center. Joint IAPSO-IOC Workshop on Sea-level Measurements and Quality Control, Paris, 12–13 October, 1992. *IOC Workshop Report* No. 81, UNESCO, pp 122–135.
- Fadilah, Suripin, dan Sasongko, D. P., (2013). Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. *Maspuri Journal*, 2014, 6 (1), 1-12.
- Hadi, S., (1973). *Studi Perambatan Pasang Nonlinier di Sungai Musi*. Tugas Sarjana Departemen Geofisika dan Meteorologi FMIPA, Institut Teknologi Bandung.
- Pawlowicz, R., B. Beardsley, B., dan S. Lentz, S., (2002). Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE, *Computers and Geosciences* 28, 929- 937.

Pugh, D.T., (1987). *Tides, surges, and mean sea level. A handbook for engineer and scientist.* Natural Environment Research Council Swindon, UK

Umam, C., Pranowo, W. S., & Fatoni, K. I. (2022). Studi Perbandingan Karakteristik Pasang Surut Hasil Perhitungan Data Lokal Dengan Model Pasang Surut Global di Perairan Indonesia: Comparative Study of Tidal Characteristics Calculation of Local Data Using Global Tidal Models in Indonesian Waters. *Jurnal Chart Datum*, 5(2), 97–112.

Solihuddin, Sari, M.E., dan Kusumah, G., (2011). Prediksi Laju Sedimentasi di Perairan Pemangkat, Sambas Kalimantan Barat Menggunakan Metode Pemodelan. *Buletin Geologi Tata Lingkungan*. 21(3): 117-126.

Zakaria, A. 2015. Model Periodik dan Stokastik Data Pasang Surut Jam – Jaman Dari Pelabuhan Panjang. *Jurnal Rekayasa*, 19(1):67 – 84.

Zuhaira, H., Handoyo, G., Purwanto, P., Suryoputro, A. A. D., & Yulina, S. (2020). Kajian Perbandingan Analisis Pasang Surut dengan Menggunakan Metode Least Square dan Fourier di Perairan Barat Sumatera. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(3), 225-232.