

Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut di Pelabuhan Perikanan Pantai Tumumpa Menggunakan Metode Kuadrat Terkecil dan Metode Admiralty

(Comparison of Tidal Analysis Results at Tumumpa Coastal Fishing Port Using Least Squares Method and Admiralty Method)

Abigail E. F. Lang¹, Patrice N. I. Kalangi^{*2}, Heffry V. Dien², K.W.A. Masengi², Revols D. Ch. Pamikiran², Frangky E. Kaparang²

¹Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi, Manado, 95115 Sulawesi Utara. Indonesia

²Staf Pengajar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi, Manado, 95115 Sulawesi Utara. Indonesia

*Corresponding author: patrice.kalangi@unsrat.ac.id

Abstract

Tumumpa Coastal Fishing Port is located at 1°31'21"-1°31'35" N, 124°50'28"-124°51'24" E Tides are one of the phenomena that can be utilized as a reference in determining natural resource management policies and as a supplement to data used to forecast future marine conditions. Using the Least Squares Method and the Admiralty Method with 15 days of observation data, the analysis was undertaken with the goal of finding the phase and amplitude of tidal components, type of tides, and the elevation of sea level at Tumumpa Coastal Fishing Port. The tidal type at the port is mixed semidiurnal tides, the formzahl value for the least square method is 0.48, while for the Admiralty method is 0.39

Keywords: Tides; Formzahl; RMSE; PPP Tumumpa.

Abstrak

Pasang surut air laut merupakan salah satu fenomena yang bisa dijadikan referensi dalam penentuan kebijakan untuk pengelolaan sumber daya alam dan sebagai data pelengkap untuk menggambarkan kondisi laut pada masa mendatang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis komponen-komponen pasang surut dan tipe pasang surut yang diukur di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Tumumpa. Analisis dengan menggunakan metode kuadrat terkecil dan metode Admiralty berdasarkan data 15 hari pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe pasang surut di PPP Tumumpa bertipe campuran condong harian ganda. Didapatkan dominasi komponen harmonik pasang surut pada PPP Tumumpa, bertipe campuran condong harian ganda. Komponen harmonik pasang surut dominan di PPP Tumumpa, yaitu komponen semidiurnal untuk metode kuadrat terkecil $M_2 = 0.21$ dan $S_2 = 1.47$ sedangkan untuk metode Admiralty $M_2 = 52.08$ dan $S_2 = 34.59$.

Kata kunci: Pasang surut; Nilai Formzahl; RMSE; PPP Tumumpa

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan yang memiliki garis pantai sepanjang 95.181 km dan merupakan garis pantai terpanjang kedua di dunia. Pemanfaatan ruang pantai memerlukan pemahaman tentang kondisi lingkungan seperti pasang surut. Pengetahuan mengenai pasang surut sangat berguna juga untuk berbagai keperluan, mulai dari masalah navigasi, hidrografi sampai ke perencanaan bangunan laut atau pantai (Anonim, 2020) Menurut Poerbandono (2005), dalam

melakukan peramalan pasang surut bertujuan untuk mendapatkan informasi elevasi muka air laut yang menentukan dalam perencanaan di masa mendatang pada lokasi dan waktu yang telah ditentukan. Sebagai suatu fenomena yang periodik, pasut dapat diprediksi. Hasil dari peramalan pasang surut dapat menjadi penunjang ketersediaan data dalam pengembangan wilayah pesisir (Guntara, 2017).

Pasang surut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air

laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil (Dronkers, 1964). Pasang laut purnama (*spring tide*) terjadi ketika bumi, bulan dan matahari berada dalam suatu garis lurus. Pada saat itu akan dihasilkan pasang naik yang sangat tinggi dan pasang surut yang sangat rendah. Pasang laut purnama ini terjadi pada saat bulan baru dan bulan purnama. Sedangkan pasang laut perbani (*neap tide*) terjadi ketika bumi, bulan dan Matahari membentuk sudut tegak lurus. Pada saat itu akan dihasilkan pasang naik yang rendah dan pasang surut yang tinggi. Pasang laut perbani ini terjadi pada saat bulan kuartal pertama dan kuartal ketiga.

Pasang surut merupakan efek gaya pembangkit bergejala periodik, maka pasang surut dapat dinyatakan sebagai jumlah linier gelombang-gelombang stasioner yang bergerak (Hasanudin, *et al* 2016). Setiap gelombang harus mewakili setiap atraksi periodik (Ingham, 1974) dan dinamakan komponen pasang surut. Dalam jangka waktu yang panjang, kombinasi suku-suku pasang surut mungkin terjadi, bisa berupa kombinasi frekuensi. Hal ini mengakibatkan timbulnya variasi komponen pasang surut. (Gumelar, 2016)..

Berdasarkan periode pengulangannya, gelombang pasang surut laut dapat dikelompokkan ke dalam tiga komponen utama pada table 1 (Khusuma, 2008), yaitu:

1. Komponen semi diurnal (setengah harian)
2. Komponen diurnal (harian)
3. Komponen periode panjang (dwi mingguan atau lebih)

Tabel 1. Penjelasan komponen-komponen harmonik dalam penentuan konstanta pasang surut

Jenis	Simbol	Kecepatan Sudut (derajat/jam)	Periode (am)	Komponen
Semidiurna	M2	28.9842	12.24	Utama bulan
	S2	30	12.00	Utama matahari
	N2	28.4397	12.66	Bulan akibat variasi bulanan jarak bumi ke bulan
	K2	30.0821	11.97	Matahari ke bulan akibat perubahan sudut deklinasi matahari ke bulan
Diurnal	K1	15.0411	23.93	Matahari
	O1	13.943	25.82	Utama bulan
Periode panjang	P1	14.9589	24.07	Utama matahari
	M4	57.968	6.21	Utama bulan
	MS4	58.084	6.20	Matahari dan bulan

Salnuddin, (2018) menyatakan bahwa perhitungan konstituen harmonik pasang surut yang dinotasikan dengan komponen konstituen harmonik ditentukan oleh tanggal, jam dan nilai pengukuran merujuk pada penanggalan Masehi. Karakteristik spesifik pergerakan pasang surut terhadap fase bulan menunjukkan

ada 37 konstituen yang biasanya mempunyai efek terbesar pada pasut dan digunakan sebagai konstituen harmonik pasut untuk memprediksi kondisi pasut di suatu tempat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menentukan besar serta jenis pasang surut yang terjadi di Pelabuhan Perikanan Pantai Tumumpa

dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (MKT) dan metode Admiralty. Dua metode ini merupakan metode analisis pasang surut yang banyak digunakan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Pengambilan Data

Penelitian ini dilaksanakan di PPP Tumumpa, Kota Manado selama 15 hari yang dilaksanakan pada Kamis, 27 Mei 2021 sampai Kamis, 10 Juni 2021. Gambaran peta lokasi penelitian bisa dilihat pada Gambar 1.

Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data di Pelabuhan Perikanan Pantai Tumumpa Manado yang diambil dalam penelitian ini berupa data

elevasi muka air laut selama 15 hari (2 minggu) dengan interval selama 1 jam sekali dengan cara mengobservasi langsung tiang palem pasut sesuai dengan alat dan bahan yang digunakan di gambar 2. Data pasut selanjutnya diolah, menggunakan Microsoft Excel dengan dua metode yaitu Metode Kuadrat Terkecil (MKT) dan metode Admiralty. Komponen pasang surut yang telah diolah selanjutnya digunakan untuk menentukan tipe pasang surut dengan mencari nilai Formzahl (F).

Analisis Data

Metode Kuadrat Terkecil

Untuk jumlah konstituen harmonik yang mungkin M , runut waktu, $x(t_n) = 1, \dots, N$ dapat ditulis sebagai:

$$x(t_n) = \bar{x} + \sum_{q=1}^M A_q [\cos(2\pi f_q t_n + B_q) \sin(2\pi f_q t_n)] + x_r(t_n) \quad (1)$$

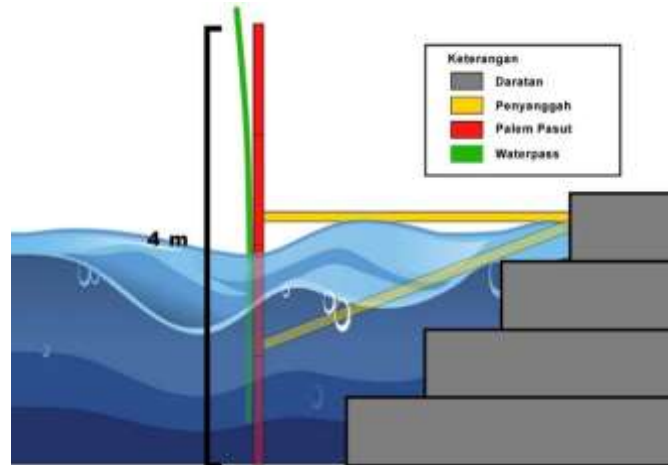
dengan \bar{x} adalah nilai rata-rata hasil pengukuran; x_r adalah sisaan yang dapat mengandung konstituen harmonik lain; $t_n = n\Delta t$; $f_q = q/(N\Delta t)$ adalah frekuensi; A_q dan B_q adalah koefisien yang tidak diketahui. Untuk menyelesaikan persamaan di atas digunakan persamaan matriks.

$$Dz = y \quad (2)$$

dengan D adalah matriks berukuran $(M+16) \times (M+1)$ yang mengandung suku-suku penjumlahan sinus dan cosinus, y adalah vektor kolom yang berisi penjumlahan dari data runut waktu, dan z adalah vektor kolom yang berisi koefisien-koefisien yang dibutuhkan, $A_q, B_q, C_q, D_q, E_q, F_q, G_q, H_q$. Selanjutnya menyelesaikan untuk konstituen utama $K_1, M_2, O_1, N_2, S_2, M_4, MS_4, K_2$ dengan frekuensi $f(M_2) = 0.0805$ cph (cycle per hour), $f(S_2) = 0.0833$, $f(N_2) = 0.079$ cph, $f(K_1) = 0.0418$ cph, $f(O_1) = 0.0387$ cph, $f(M_4) = 0.1610$ cph, $f(MS_4) = 0.1638$ cph, $f(K_2) = 0.0836$ cph, $f(P_1) = 0.0416$ cph.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



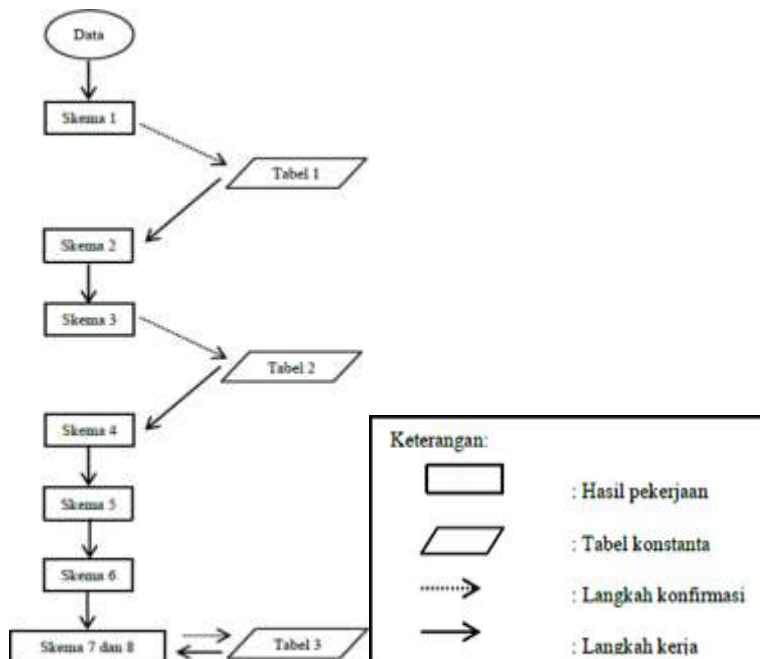
Gambar 2. Ilustrasi pengukuran pasut di PPP Tumumpa

Metode kuadrat terkecil banyak digunakan setelah alat penghitung numeris modern ditemukan. Hal ini dikarenakan metode kuadrat terkecil memerlukan proses penghitungan matriks dengan dimensi matriks yang besar (tergantung pada jumlah data)

Metode Admiralty

Penentuan konstanta harmonik pasang surut, datum dan tipe pasang surut air lautsangat dipengaruhi oleh lokasi, posisi bulan dan matahari yang mempunyai nilai periode tersendiri setiap waktunya. Metode Admiralty merupakan salah satu dari metode harmonik, di mana dalam

perhitungannya melibatkan kedudukan permukaan air laut rata-rata dan fungsi sinusoidal. Metode *Admiralty* dalam pengerjaannya membutuhkan beberapa skema dan tabel bantuan. Amplitudo dan beda fase merupakan dua komponen utama yang dihitung melalui metode *Admiralty* ini. Metode perhitungan yang dipakai untuk pasang surut laut erat kaitannya dengan tujuan pengamatan, yakni untuk menentukan Muka Laut Rata-Rata (MLR) harian, bulanan, dan tahunan. Metode ini menggunakan tiga tabel konstanta dan delapan buah skema.



Gambar 3. Diagram alur pengolahan data

Selanjutnya menghitung bilangan Formzahl (F) untuk menentukan tipe pasang surut;

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \quad (3)$$

Keterangan:

A (K1) = Amplitudo dari konstanta pasut
 A (O1) = Amplitudo dari konstanta pasut
 A (M2) = Amplitudo dari konstanta pasut
 A (S2) = Amplitudo dari konstanta pasut S

Tipe pasang surut diklasifikasikan dengan kriteria berikut:

1. Pasang surut harian ganda jika $F \leq 0.25$
2. Pasang surut campuran condong harian ganda jika $0.25 < F \leq 1.5$
3. Pasang surut campuran condong harian tunggal jika $1.5 < F \leq 3$
4. Pasang surut harian tunggal jika $F > 3$

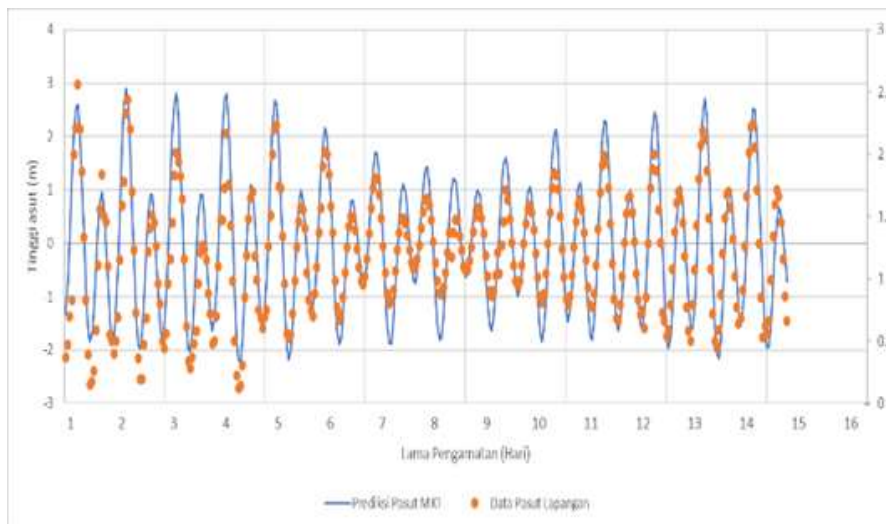
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengukuran dan analisis pasut dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, amplitudo dan fase komponen dari persamaan harmonik pasut dihitung berdasarkan data pengamatan terhadap kedudukan muka air dalam jangka waktu tertentu, sehingga didapatkan hasil nilai amplitudo dan fase komponen dari metode kuadrat terkecil dan metode Admiralty dengan 9 komponen pasang surut.

Banyaknya komponen pasut yang dapat diuraikan bergantung kepada panjangnya data, semakin panjang data pengamatan maka komponen pasut yang dapat dihasilkan akan semakin banyak. Dengan memasukkan koefisien yang sudah didapatkan (Tabel 1) pada persamaan (1) maka grafik pasang surut akan tergambar seperti pada gambar 4 dan 5.

Tabel 1. Nilai amplitudo dan fase komponen

		S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
MKT	A cm	1.119	-0.21	1.47	0.04	0.59	0.03	0.01	0.01	-0.02	-0.75
	g	0	-85.38	-37.68	-33.45	-13.44	0.64	1.22	0.60	0.60	-8.88
Admiralty	A cm	120.05	52.08	34.59	3.24	16.39	17.54	1.31	1.65	9.34	5.41
	g	0	60.41	198.13	214.77	265.92	102.70	187.33	307.92	198.13	265.92



Gambar 4. Pasang surut di PPP Tumumpa menggunakan metode kuadrat terkecil

Berdasarkan komponen-komponen pasang surut yang didapat dari hasil analisis menggunakan metode kuadrat terkecil dan metode Admiralty maka tipe pasang surut di PPP Tumumpa hasil analisis dapat ditentukan. Dengan metode

kuadrat terkecil nilai Formzahl yang didapatkan adalah 0.48, sedangkan dengan metode Admiralty sebesar 0.39. Nilai-nilai ini berada pada rentang 0.25–1.5. Dengan demikian tipe pasang surut di PPP Tumumpa adalah tipe pasut campuran

condong harian ganda. Tipe pasut ini terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama.

Tabel 3. Eleveasi muka air laut

Elevasi Muka Air	Data
Zo	1.39
MSL	1.2
HHWL	2.59
MHWL	2.26
MLWL	0.53
LLWL	-19.736

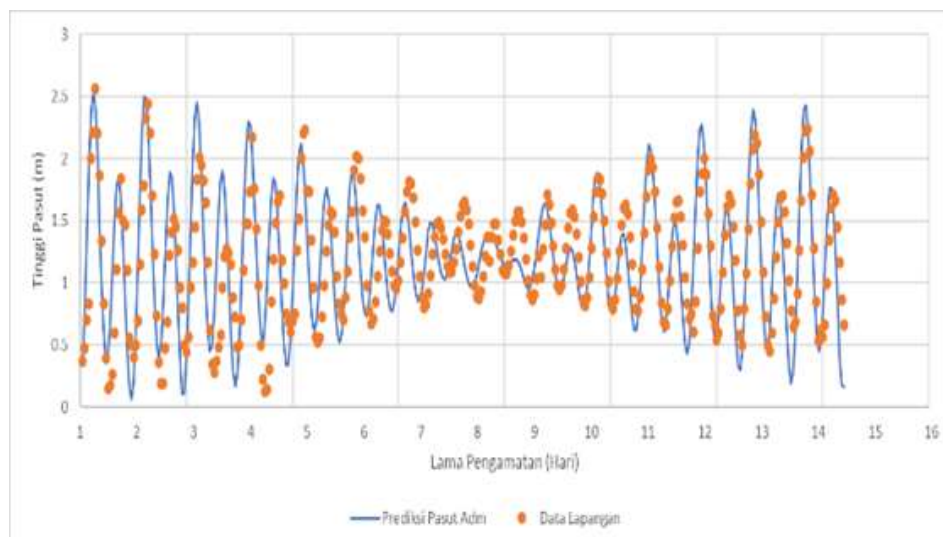
Perbandingan Metode Kuadrat Terkecil dan Metode Admiralty

Hasil perhitungan menggunakan dua metode ini ditunjukkan pada Gambar 6. Grafik di atas menunjukkan perbandingan antara data lapangan pasut, prediksi metode kuadrat terkecil, metode Admiralty misalnya pada tanggal 27 Mei 2021 pada pukul 00.00 setinggi 0.37 m, sedangkan prediksi dari perhitungan menggunakan MKT adalah 0.38 m dan prediksi menggunakan metode Admiralty 1.11 m. Hasil verifikasi ini menggunakan nilai RMSE yang telah dihitung dengan perbandingan metode kuadrat terkecil

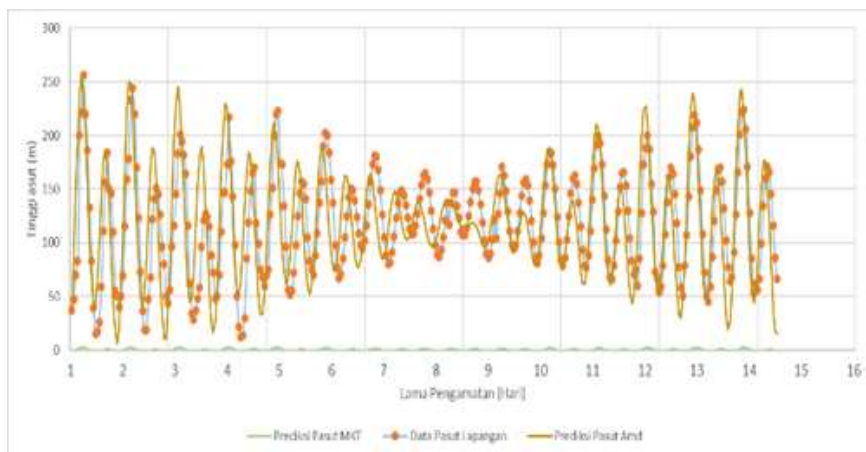
sebesar 0.21 m sedangkan metode Admiralty sebesar 0.29 m.

Metode MKT relatif memiliki *error* yang lebih kecil dari pada metode Admiralty ini menunjukkan bahwa perhitungan selama 15 hari di Pelabuhan Perikanan Pantai Tumumpa menggunakan metode MKT lebih mendekati nilai pengamatan. Beberapa penelitian juga telah dilakukan pada ini juga didapatkan hasil yang berbeda. Jumlah komponen yang dihasilkan dari pengolahan dengan menggunakan kedua metode ini bervariasi, bergantung pada panjang data yang digunakan. Semakin panjang data yang digunakan maka semakin banyak jumlah komponen yang dapat diidentifikasi dan semakin didapatkan hasil yang dapat menggambarkan kondisi sebenarnya yang ada di lapangan (Herdia, 2016).

Penelitian yang dilakukan oleh Prayogo (2020) di Pulau Mandangin Kabupaten Sampang, Jawa Timur mendapatkan tipe pasut campuran dengan kecenderungan semidiurnal.



Gambar 5. Pasang surut di PPP Tumumpa menggunakan metode Admiralty



Gambar 6. Grafik pasang surut dari data pengukuran, prediksi MKT dan Admiralty

ACKNOWLEDGMENT

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kevin W.S Kalesaran, S.Tr.T

Dan rekan-rekan lainnya yang telah membantu penelaahan naskah bagi penelitian ini.

KESIMPULAN

Tipe pasang surut di PPP Tumumpa pasut bertipe campuran condong harian ganda. Berdasarkan nilai RMSE metode kuadrat terkecil lebih efektif digunakan untuk melakukan prediksi pasut dibandingkan dengan metode Admiralty.

DAFTAR PUSTAKA

- Dronkers, J. J. (1964). *Tidal Computations in Rivers and Coastal Waters*. North-Holland Publishing Company. Amsterdam.
- Gracella. (2019). *Uji Kualitas Hasil Analisa Perbandingan Prediksi Pasang Surut Metode Admiralty Dan Metode Least Square* [Skripsi]. Malang: Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional Malang, 60 hal.
- 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.
- Guntara, O., Handoyo, G., & Marwoto, J. (2017). *Peramalan Pasang Surut Di Pelabuhan Perikanan Pantai Teluk Saleh Sumbawa*. Journal of Oceanography, 6(4), 616-624.
- Hasanudin, M., Kusmanto, E., & Budisetyawan, W. (2016). *Amplifikasi pasang surut dan dampaknya terhadap perairan pesisir Probolinggo*. OLDI (Oseanologi dan Limnologi di Indonesia), 1(3), 69-80.
- Ingham, A. E. (1974). *Sea Surveying*. John Wiley and Son. Brent Wood
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2020). Diakses Juni, jdih.kkp.go.id, https://jdih.kkp.go.id/bahanrapat/bahanrapat_16072020172530.pdf
- Khusuma, F. H. (2008). *Analisis Harmonik dengan Menggunakan Teknik Kuadrat Terkecil untuk Penentuan Komponen-komponen Pasut di Perairan Dangkal dari Data Topex/Poseidon*. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Nazir, M. (2003). *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Poerbandono dan Djunarsjah, E. (2005). *Survey Hidrografi*. PT Refika Aditama, Bandung, 166 hal. Prayogo,

- LM (2020). Perbandingan Metode Admiralty dan Least Square untuk Analisis Pasang Surut di Pulau Mandangin Kabupaten Sampang, Jawa Timur (Comparison of Jurnal Perikanan dan Kelutan p-ISSN, researchgate.net.
- Salnuddin, S, Nurjaya, IW, Jaya, I. (2018). Amplitude Variations of Tidal Harmonic Constituents in Bitung Station (Variasi Amplitudo Konstituen Harmonik Pasang Surut Utama di Stasiun Bitung).
- Triatmodjo, B (2014). Perencanaan bangunan pantai., repo.unikadelasalle.ac.id, http://repo.unikadelasalle.ac.id/index.php?p=show_detail&id=9669&keywords=