
Perbandingan Metode Admiralty dan Least Square untuk Analisis Pasang Surut di Pulau Mandangin Kabupaten Sampang, Jawa Timur

(Comparison of Admiralty and Least Square Methods for Tidal Analysis in Mandangin Island, Sampang Regency, East Java)

Luhur Moekti Prayogo¹

¹Magister Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
Jl. Grafika No. 2 Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281
Corresponding author, e-mail: luhur.moekti.prayogo@mail.ugm.ac.id

Diterima : 8 Januari 2021 / Disetujui : 31 Maret 2021

ABSTRAK

Keberadaan informasi hidro-oseanografi seperti pasang surut berperan penting dalam menunjang transportasi wilayah pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil analisis pasang surut di Pulau Mandangin Kabupaten Sampang, Jawa Timur menggunakan metode Admiralty dan Least Square. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data pasang surut bulan Mei dan November 2020 yang mewakili musim kemarau dan penghujan di wilayah Indonesia. Data pasang surut diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan interval satu jam. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tipe pasang surut yang dihasilkan dari metode Admiralty dan Least Square di Pulau Mandangin, Jawa Timur bertipe campuran dengan kecenderungan semidiurnal. Penggunaan metode Admiralty dan Least Square menghasilkan selisih nilai amplitudo komponen harmonik. Komponen M2 dan O1 memiliki selisih paling besar pada bulan Mei 2020 dengan nilai amplitudo secara berturut-turut sebesar 0.0003 dan 0.0002. Selisih nilai amplitudo komponen harmonik juga terjadi pada bulan November 2020. Komponen M2 memiliki selisih paling besar dibandingkan dengan komponen yang lain yaitu sebesar 0.0011. Kemudian komponen O1, P1 dan MS4 pada bulan yang sama menghasilkan selisih nilai amplitudo yang relatif kecil dengan nilai secara berturut-turut sebesar 0.0002, 0.0002 dan 0.0001. Untuk penelitian pasang surut selanjutnya, hendaknya mempertimbangkan koreksi data salah satunya koreksi nodal untuk menghasilkan data pengamatan yang lebih teliti. Koreksi ini dapat dilakukan menggunakan program T_Tide dengan konstanta yang diperoleh dari proses analisis.

Kata Kunci: Pasang Surut, Admiralty, Least Square, Nodal, Pulau Mandangin

ABSTRACT

The existence of hydro-oceanographic information such as tides plays an essential role in supporting coastal areas' transportation. This study aims to compare the tidal analysis results in Mandangin Island, Sampang Regency, East Java using the Admiralty and Least Square methods. The data used in this study are tidal data for May and

November 2020, which represent the dry and rainy seasons in Indonesia. Tide data are obtained from the Geospatial Information Agency (BIG) at one-hour intervals. From this research, it can be concluded that the tidal types generated from the Admiralty and Least Square methods in Mandangin Island, East Java, are mixed types with semidiurnal tendencies. The use of the Admiralty and Least Square methods results in the difference in the harmonic components' amplitude values. The M2 and O1 components have an enormous difference in May 2020, with amplitude values of 0.0003 and 0.0002, and the difference in the amplitude values of the harmonic components also occurred in November 2020. The M2 component has the most significant difference compare to other components, namely 0.0011. The components O1, P1, and MS4 in the same month result in a relatively small difference in amplitude values with values of 0.0002, 0.0002, and 0.0001. For further tidal research, data corrections should be considered, a nodal correction to produce more accurate observational data. This correction can use the T_Tide program with constants obtained from the analysis process.

Keywords: *Tides, Admiralty, Least Square, Nodal, Mandangin Island*

PENDAHULUAN

Kabupaten Sampang merupakan salah satu kabupaten di Jawa Timur dengan letak geografis pada $06^{\circ} 05' - 07^{\circ} 13'$ Lintang Selatan (LS) dan $113^{\circ}08' - 113^{\circ}39'$ Bujur Timur (BT) (Pemerintah Kabupaten Sampang 2019). Secara umum wilayah Kabupaten Sampang berupa daratan luas dan memiliki salah satu pulau bernama Pulau Mandangin. Pulau tersebut memiliki panjang 1.8 km dan luas $1,65 \text{ km}^2$ (Ariani dan Hayati 2020). Pulau ini dihuni oleh cukup banyak penduduk yang mencapai 19.570 jiwa dan termasuk wilayah terpadat di Kabupaten Sampang (Badan Pusat Statistik Kabupaten Sampang 2019).

Kondisi perairan Pulau Mandangin yang masih jernih menjadi kawasan yang sesuai dengan berbagai ekowisata salah satunya adalah Selam. Ariani dan Hayati (2020); Muhsoni (2016) menyatakan bahwa pulau ini memiliki kesesuaian ekowisata selam sekitar 69%. Dengan potensi ekowisata yang dimiliki serta letaknya yang pisah dengan pulau Madura, membuat transportasi laut menjadi penting untuk akses ke pulau tersebut.

Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal) merupakan lembaga yang mempunyai kewenangan dalam pengadaan data hidrografi (Prayogo dan Basith 2020). Beberapa data dan informasi yang penting untuk diketahui adalah batimetri (kedalaman laut), arus, gelombang dan pasang surut. Dalam kajian ini parameter yang dikaji berfokus pada fenomena pasang surut air laut. Pasang surut

merupakan fenomena naik turunnya air laut yang terjadi secara periodik akibat gaya gravitasi benda-benda langit (Triatmodjo 2012). Fenomena ini dipengaruhi oleh banyak faktor yang menyebabkan tipe pasang surut berbeda pada setiap wilayah (Fadilah dan Suripin 2014).

Pengetahuan mengenai pasang surut menjadi penting dikarenakan setiap wilayah memiliki karakteristik masing-masing. Hal ini akan mengakibatkan pengaruh terhadap aktivitas masyarakat wilayah tersebut, dimana secara tidak langsung akan mendorong pertumbuhan ekonomi wilayah pesisir yang salah satunya karena faktor transportasi (Hidayah *et al.* 2018). Selain itu, pengetahuan mengenai pasang surut dapat digunakan nelayan untuk menentukan waktu kapal berlabuh dan berlayar. Tidak hanya itu, informasi ini juga digunakan masyarakat untuk mengisi tambak garam saat air pasang.

Kajian untuk mengetahui tipe pasang surut suatu wilayah dibutuhkan analisa perhitungan baik menggunakan metode Admiralty maupun Least Square. Metode Admiralty merupakan metode perhitungan pasang surut air laut yang dapat menghitung hanya dengan rentang data yang pendek atau sedikit yaitu sebesar 15 piantan dan 29 piantan (Fitriana *et al.* 2019). Pariwono (1989) menyatakan bahwa metode ini efektif digunakan untuk menghitung pasang surut karena menghasilkan 9 komponen. Perhitungan pasang surut juga dapat dilakukan dengan metode Least Square. Metode Least Square merupakan metode perhitungan pasang surut yang menghasilkan beberapa komponen yang memerlukan proses perhitungan dengan dimensi matrik yang besar (Gumelar *et al.* 2016; Yoganda *et al.* 2019). Metode ini dapat menganalisa komponen pasang surut sehingga elevasinya dapat diketahui (Ongkosongo dan Suyarso 1989).

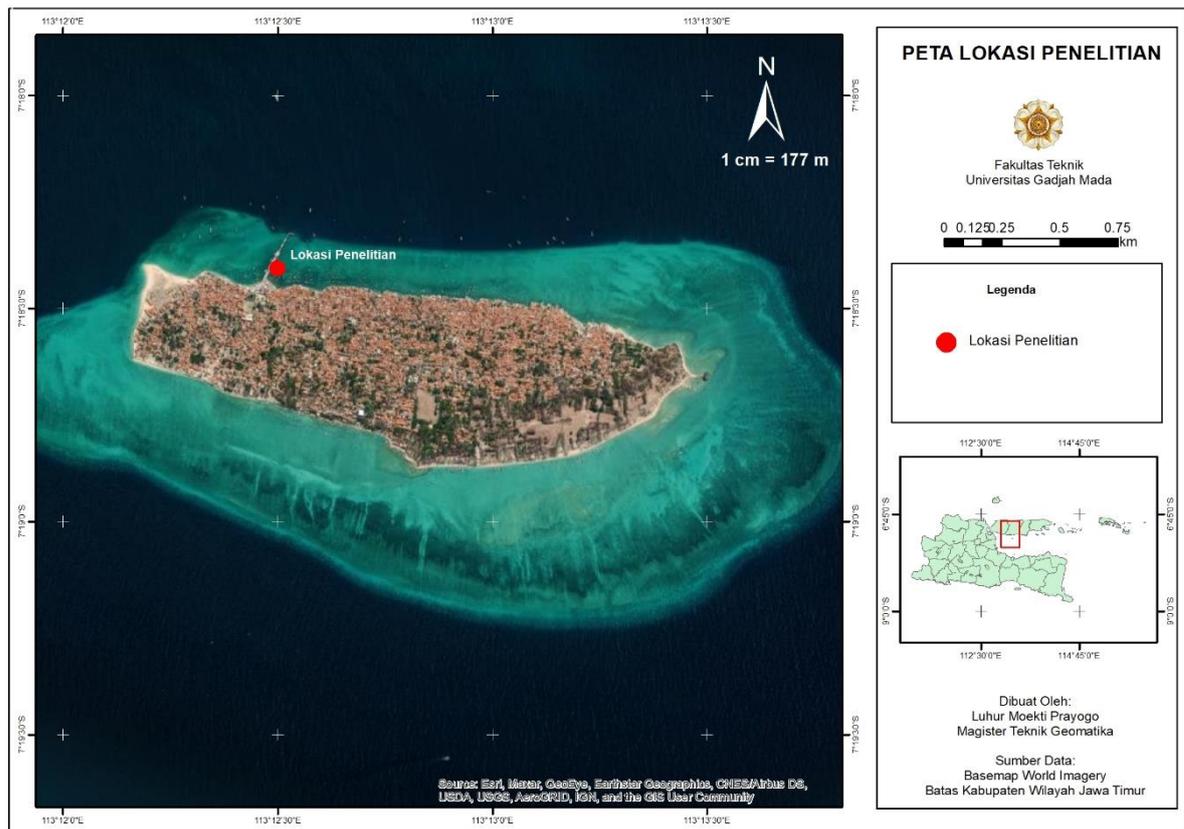
Hasil perhitungan dari kedua metode tersebut penting untuk diketahui untuk melihat seberapa besar perbedaan dari hasil nilai komponen dan tipe pasang surut. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah melakukan kajian perbedaan hasil analisis pasang surut dari metode Admiralty dan Least Square. Studi kasus dilakukan di Pulau Mandangin Kabupaten Sampang, Jawa Timur.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini terletak di Pulau Mandangin Kabupaten Sampang, Jawa Timur dengan letak geografis $7^{\circ}18'25.70''S$ dan $113^{\circ}12'29.34''E$ tepatnya di sekitar pelabuhan rakyat pulau Mandangin. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data

pasang surut dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan interval 1 jam. Data pasang surut yang digunakan yaitu pada bulan Mei 2020 yang mewakili musim kemarau (angin muson timur) dan November 2020 yang musim penghujan (angin muson barat). Gambar 1 merupakan lokasi penelitian di pulau Mandangin Kabupaten Sampang, Jawa Timur.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian Pulau Mandangin Kabupaten Sampang, Jawa Timur

Metode Perhitungan Pasang Surut

Metode Admiralty

Metode Admiralty ditemukan oleh AT Doodson pada tahun 1921 untuk keperluan sebuah kantor Hidrografi, British Admiralty yang digunakan untuk perhitungan pasang surut dengan 15 piantan dan 29 piantan (Fitriana *et al.* 2019). Menurut Supriyadi *et al.* (2019), amplitudo dan beda fase merupakan dua komponen utama yang dihitung menggunakan metode ini. Perhitungan pasang surut menggunakan metode Admiralty dapat dilakukan dengan menggunakan tabel bantuan atau skema (Pariwono 1989). Menurut Fadilah dan Suripin (2014), perhitungan menggunakan metode Admiralty dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu perhitungan ketinggian air

harian, pengelompokan konstanta pasang surut dan perhitungan matrik dengan menyusun kombinasi dari tabel pengali.

Metode Least Square

Metode kedua yang digunakan dalam penelitian ini adalah Least Square. Ongkosongo dan Suyarso (1989) menyatakan bahwa persamaan metode Least Square yaitu sebagai berikut:

$$\eta(t) = S_0 + \sum_{i=1}^N A_i \cos(\omega_i t - P_i) \dots \dots (1)$$

Dimana:

- $\eta(t)$ = Elevasi pasang surut (fungsi waktu)
- P_i = Fase ke-i
- S_0 = *Mean Sea Level*
- A_i = Amplitudo ke-i
- T = waktu
- N = Jumlah Komponen
- $\omega_i = \frac{2\pi}{T_i}$, T_i merupakan periode komponen

Komponen harmonik dihitung menggunakan metode Admiralty dan Least Square yang terdiri dari empat komponen dan bagian dari komponen utama pasang surut. Penelitian ini dibatasi hanya menghitung nilai Amplitudo (A) pada kedua metode yang digunakan yaitu Admiralty dan Least Square. Tabel 1 menunjukkan komponen harmonik yang dihitung dalam penelitian ini.

Tabel 1. Komponen Harmonik Pasang Surut

Keterangan Komponen Harmonik	Simbol
Komponen yang disebabkan pengaruh gaya tarik menarik bulan dan bumi	M2
Komponen harmonik yang dipengaruhi oleh deklinasi bulan	O1
Komponen harmonik yang dipengaruhi oleh interaksi antara M2 dan S2 (Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh posisi matahari)	MS4
Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh deklinasi matahari	P1

Bilangan Formzahl

Penentuan tipe pasang surut air laut dari perhitungan menggunakan metode Admiralty maupun Least Square dengan melihat nilai bilangan Formzahl yang

dihasilkan. Rumus bilangan Formzahl dalam perhitungan tersebut yaitu (Prayogo 2021; Triatmodjo 2009):

$$F = \frac{(O1 + K1)}{(M2 + S2)} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- F = Bilangan Formzahl
- M2 = Konstanta (dipengaruhi posisi bulan)
- O1 = Konstanta (dipengaruhi deklinasi bulan)
- S2 = Konstanta (dipengaruhi posisi matahari)
- K1 = Konstanta (dipengaruhi deklinasi bulan dan matahari)

Apabila nilai $F > 3$, maka tipe pasut adalah diurnal, bila $F < 0.25$ tipe pasut adalah semidiurnal, apabila nilai F antara $0.25 - 1.25$ maka tipe pasut adalah campuran dengan kecenderungan semidiurnal dan apabila nilai F antara $1.25 - 3.0$, maka tipe pasut adalah campuran dengan kecenderungan diurnal (Triatmodjo 2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tipe Pasang Surut

Perhitungan pasang surut menggunakan metode Admiralty menunjukkan bahwa pada bulan Mei 2020, bilangan Formzahl yang dihasilkan sebesar 1.0121. Kemudian pada bulan November 2020, perhitungan dengan metode yang sama menghasilkan nilai bilangan Formzahl sebesar 1.0344. Selanjutnya, penggunaan metode Least Square menunjukkan bahwa pada bulan Mei dan November 2020 menghasilkan bilangan Formzahl secara berturut-turut sebesar 1.0121 dan 1.0343. Dari percobaan perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tipe pasang surut yang dihasilkan dari keseluruhan metode yaitu bertipe Campuran dengan kecenderungan semidiurnal ($F=0.25 - 1.25$). Tabel 2 menunjukkan hasil bilangan Formzahl yang diperoleh menggunakan metode Admiralty dan Least Square.

Tabel 2. Hasil bilangan Formzahl

Wilayah	Bulan	Bilangan Formzahl	Tipe Pasut
Admiralty	Mei	1.0121	Campuran dengan kecenderungan semidiurnal
	November	1.0344	Campuran dengan kecenderungan semidiurnal

Least Square	Mei	1.0121	Campuran dengan kecenderungan semidiurnal
	November	1.0343	Campuran dengan kecenderungan semidiurnal

Nilai Amplitudo Komponen Harmonik Pasang Surut

Komponen harmonik yang dihitung dalam penelitian ini terdiri dari empat komponen yaitu M2, O1, MS4 dan P1. Analisis pasang surut diawali pada bulan Mei 2020 yang menunjukkan bahwa komponen M2 memiliki nilai paling besar dibandingkan dengan komponen lain. Nilai yang dihasilkan menggunakan metode Admiralty dan Least Square secara berturut-turut sebesar 0.6928 dan 0.6925. Kemudian perhitungan dilanjutkan pada bulan November 2020 dengan metode yang sama. Dari hasil analisis nilai amplitudo pada bulan tersebut menunjukkan bahwa komponen MS4 memiliki nilai paling kecil dibandingkan dengan komponen lain. Nilai amplitudo MS4 yang dihasilkan menggunakan metode Admiralty dan Least Square secara berturut-turut sebesar 0.0067 dan 0.0066. Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan amplitudo komponen harmonik menggunakan metode Admiralty dan Least Square.

Tabel 3. Hasil perhitungan amplitudo

Komponen	Admiralty	Least Square	Admiralty	Least Square
	Mei	Mei	November	November
M2	0.6928	0.6925	0.5222	0.5211
O1	0.6665	0.6663	0.6925	0.6923
MS4	0.0315	0.0314	0.0067	0.0066
P1	0.2148	0.2147	0.1754	0.1752

Selisih Nilai Amplitudo (A)

Pada penelitian ini, terdapat selisih nilai amplitudo komponen harmonik pasang surut dengan menggunakan metode Admiralty dan Least Square pada kedua bulan yaitu Mei dan November 2020. Tabel 4 menggambarkan bahwa komponen M2 dan O1 pada bulan Mei 2020 memiliki selisih paling besar dibandingkan dengan komponen yang lain. Selisih nilai amplitudo dari kedua komponen tersebut secara berturut-turut sebesar 0.0003 dan 0.0002. Sedangkan komponen MS4 dan P1 memiliki nilai selisih yang sama yaitu sebesar 0.0001.

Tabel 4. Selisih nilai amplitudo bulan Mei 2020

Komponen	Admiralty	Least Square	Selisih (A)
M2	0.6928	0.6925	0.0003

O1	0.6665	0.6663	0.0002
MS4	0.0315	0.0314	0.0001
P1	0.2148	0.2147	0.0001

Selanjutnya, terdapat selisih nilai amplitudo komponen harmonik pasang surut pada bulan November 2020. Tabel 5 menggambarkan bahwa komponen M2 pada bulan November 2020 memiliki selisih paling besar dibandingkan dengan komponen yang lain. Selisih nilai amplitudo dari komponen tersebut sebesar 0.0011. Kemudian komponen O1, P1 dan MS4 menghasilkan selisih nilai amplitudo yang relatif kecil dengan nilai secara berturut-turut sebesar 0.0002, 0.0002 dan 0.0001.

Tabel 5. Selisih nilai amplitudo bulan November 2020

Komponen	Admiralty	Least Square	Selisih (A)
M2	0.5222	0.5211	0.0011
O1	0.6925	0.6923	0.0002
MS4	0.0067	0.0066	0.0001
P1	0.1754	0.1752	0.0002

Pembahasan

Perbandingan hasil perhitungan pasang surut menggunakan metode Admiralty dan Least Square sebelumnya pernah dilakukan oleh (Gracella 2019). Penelitian tersebut menggunakan data 15 hari pada wilayah Tanjung Medang, LOTT Brondong – Lamongan, Pantai Rindu Alam di Kalimantan Selatan dan Pulau Seraya di Batam. Pemilihan lokasi berdasarkan perbedaan tipe pasang surut. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode Least Square menghasilkan residu lebih kecil dibandingkan dengan metode Admiralty (Gracella 2019). Terdapat selisih pada komponen tunggal diakibatkan oleh posisi bulan terhadap bumi (K1) sebesar 0.139 meter. Uji *Root Mean Square Error* (RMSE) juga menunjukkan bahwa metode Least Square menghasilkan nilai RMSE lebih kecil dibandingkan dengan metode Admiralty pada data perhitungan (Gracella 2019).

Pada penelitian ini terdapat selisih pada data nilai amplitudo komponen harmonik pasang surut pada bulan Mei dan November 2020 menggunakan metode Admiralty dan Least Square. Hal ini disebabkan karena tidak ada koreksi nodal pada data pasang surut yang digunakan. Pemrosesan data pasang surut pada penelitian ini menggunakan software Microsoft Excel dan keseluruhan perhitungan dilakukan secara manual tanpa perhitungan koreksi nodal terlebih dahulu. Gumelar *et al.* (2016)

menyarankan dalam penelitiannya mengenai analisis harmonik dengan menggunakan teknik kuadrat terkecil (Least Square), bahwa perlu dilakukan koreksi data pasang surut salah satunya adalah koreksi nodal untuk menghasilkan data pengamatan yang lebih teliti. Menurut Kurniawan *et al.* (2019), koreksi nodal dapat dilakukan menggunakan program T_Tide dengan konstanta yang diperoleh dari analisis pasang surut.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tipe pasang surut yang dihasilkan dari metode Admiralty dan Least Square di Pulau Mandangin Kabupaten Sampang, Jawa Timur bertipe campuran dengan kecenderungan semidiurnal. Penggunaan metode Admiralty dan Least Square menghasilkan selisih nilai amplitudo pada komponen harmonik. Komponen M2 dan O1 memiliki selisih paling besar pada bulan Mei 2020 dibandingkan dengan komponen yang lain. Selisih nilai amplitudo dari kedua komponen tersebut secara berturut-turut sebesar 0.0003 dan 0.0002. Sedangkan komponen MS4 dan P1 memiliki nilai selisih yang sama yaitu sebesar 0.0001. Selisih nilai amplitudo komponen harmonik juga terjadi pada bulan November 2020. Komponen M2 memiliki selisih paling besar dibandingkan dengan komponen yang lain. Selisih nilai amplitudo dari komponen tersebut sebesar 0.0011. Kemudian komponen O1, P1 dan MS4 pada bulan yang sama menghasilkan selisih nilai amplitudo yang relatif kecil dengan nilai secara berturut-turut sebesar 0.0002, 0.0002 dan 0.0001. Penelitian kedepannya perlu mempertimbangkan koreksi data pasang surut salah satunya adalah koreksi nodal untuk menghasilkan data pengamatan yang lebih teliti. Koreksi nodal dapat dilakukan menggunakan program T_Tide dengan konstanta yang diperoleh dari analisis pasang surut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Badan Informasi Geospasial (BIG) yang telah menyediakan data pasang surut sehingga dapat digunakan dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Abdul Basith, ST., M.Si., Ph.D yang telah memberikan wawasan baru mengenai pasang surut pada matakuliah Hidrografi untuk Rekayasa Wilayah Pesisir di program studi Magister

Teknik Geomatika, Universitas Gadjah Mada. Tidak lupa penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah membiayai penulis dalam melakukan studi pada jenjang S2.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani RR, Hayati M. 2020. Persepsi Daya Dukung Ekowisata Bahari Pulau Mandangin Kabupaten Sampang. *Agriscience*, 1(1): 244–259.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sampang [internet]. 2019. *Pulau Mandangin*. Sumenep: BPS Kabupaten Sumenep [diakses pada tanggal 19 Desember 2020]. Tersedia pada: <https://sampangkab.bps.go.id/#:~:text=Pulau Mandangin atau sering dikenal,km2 dan dihuni 19.570 jiwa>.
- Fadilah, Suripin DPS. 2014. Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. *Maspari Journal* 6(1): 1–12.
- Fitriana D, Oktaviani N, Khasanah IU. 2019. Analisa Harmonik Pasang Surut Dengan Metode Admiralty Pada Stasiun Berjarak Kurang Dari 50 Km. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*: 38–48. DOI: <https://doi.org/10.36754/jmkg.v6i1.113>.
- 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 hlm.
- Gumelar J, Sasmito B, Amarrohman FJ. 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.
- Hidayah Z, Prayogo LM, Wardhani MK. 2018. Sea level rise impact modelling on small islands: Case study gili raja island of east Java. *MATEC Web of Conferences*:1–8. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817701017>.
- Kurniawan R, Kushadiwijayanto AA, Risiko R. 2019. Pengaruh Kelengkapan Data Pasang Surut Laut Terhadap Kualitas Hasil T_Tide. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 2(3): 137–143.
- Muhsoni FF. 2016. Kesesuaian Ekowisata Selam di Pulau Mandangin Kabupaten Sampang. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan*: 1–9.
- Ongkosongo OSR, Suyarso. 1989. *Pasang Surut*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 257 hlm.
- Pariwono. 1989. *Gaya Penggerak Pasang Surut*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 13-23 hlm.
- Pemerintah Kabupaten Sampang [internet]. 2019. *Gambaran Umum Geografis*. Sumenep: Pemerintah Kabupaten Sampang [diakses pada tanggal 20 Desember 2020]. Tersedia pada: <https://sampangkab.go.id/gambaran-umum/>.
- Prayogo LM. 2021. Analisis Kenaikan Muka Air Laut di Perairan Kalianget Kabupaten Sumenep Tahun 2000-2020. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 2(1): 61–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i1.10035>.
- Prayogo LM, Basith A. 2020. Uji Performa Citra Worldview 3 dan Sentinel 2A untuk Pemetaan Kedalaman Laut Dangkal (Studi Kasus di Kepulauan Karimunjawa, Jawa Tengah). *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering* 3(2): 161–167. DOI: 10.22146/jgise.59572.

- Supriyadi E, Siswanto S, Pranowo, WS. 2019. Karakteristik Pasang Surut di Perairan Pameungpeuk, Belitung, dan Sarmi Berdasarkan Metode Admiralty. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika* 19(1): 29–38. DOI: <https://doi.org/10.31172/jmg.v19i1.518>.
- Triatmodjo B. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset. 490 hlm.
- Triatmodjo B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset. 327 hlm.
- Yoganda M, Hendri A, Suprayogi I. 2019. Kajian Pasang Surut dengan Metode Least Square di Perairan Kabupaten Bengkalis. *Jom FTEKNIK* 6(1): 1–9.