
**Studi Karakteristik Pasang Surut di Pesisir Selatan dan Utara Kabupaten
Sumenep, Madura**

*(Study of Tidal Characteristics in The South and North Coastal of
Sumenep Regency, Madura)*

^{1*)} Luhur Moekti Prayogo, ¹⁾ Leni Suspidayanti

¹⁾ Magister Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,
Jl. Grafika No. 2 Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281

^{*)} Corresponding author, e-mail: luhur.moekti.prayogo@mail.ugm.ac.id

Diterima : 26 Oktober 2020 / Disetujui : 22 Desember 2020

ABSTRAK

Sumenep merupakan salah satu kabupaten di Madura yang memiliki banyak pulau dengan kekayaan dan keanekaragaman sumberdaya alam terutama pada wilayah laut dan pesisirnya. Dengan banyak pulau yang dimiliki, transportasi laut di Sumenep menjadi hal penting di kabupaten tersebut. Salah satu aspek penting yang harus diperhatikan berkaitan dengan transportasi ini adalah informasi pasang surut. Studi ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pasang surut di Pesisir Selatan dan Utara Kabupaten Sumenep dengan metode *Least Square*. Data pasang surut yang digunakan pada bulan Februari dan September tahun 2020 yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan interval pengamatan satu jam. Waktu tersebut dipilih karena mewakili terjadinya angin muson di Indonesia pada musim tahunan yaitu musim kemarau dan penghujan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa wilayah pesisir Selatan (Kecamatan Giligenting) mempunyai tipe pasang surut Campuran, cenderung Semi-Diurnal dengan bilangan Formzahl sebesar 0.86 dan 1.29 ($0.25 < F \leq 1.5$). Sedangkan pada pesisir Utara (Kecamatan Dasuk) mempunyai tipe pasang surut Diurnal dengan bilangan Formzahl sebesar 3.64 dan 4.30 ($F > 3.0$). Tipe pasang surut yang berbeda disebabkan karena lokasi pengambilan sampel mewakili kondisi geografis wilayah yang berbeda yaitu perairan lepas/ terbuka (Pesisir Utara) dan perairan tertutup (Pesisir Selatan). Parameter elevasi yang diperoleh masih perlu adanya data pendukung seperti gelombang, arus dan batimetri yang dapat dimanfaatkan para pengambil kebijakan untuk keselamatan dalam menggunakan transportasi laut.

Kata kunci: Oseanografi Fisika, Least Square, Tipe Pasang Surut, Kondisi Geografis, Sumenep

ABSTRACT

Sumenep is one of Madura's regency, which has many islands with a wealth and diversity of natural resources, especially in its marine and coastal areas. With many islands owned, sea transportation in Sumenep is of great importance in the regency. One of the crucial aspects that must be considered related to this transportation is tidal information. This study aims to determine the tidal characteristics in the South and

North Coast of Sumenep Regency using the Least Square method. The tide data used in February and September 2020 were obtained from the Geospatial Information Agency (BIG) with an observation interval of one hour. This time was chosen because it represents monsoons' occurrence in Indonesia in the annual season, namely the dry and rainy seasons. The results of this study indicate that the southern coastal area (Giligenting District) has a mixed tidal type, tends to be semi-diurnal with Formzahl numbers of 0.86 and 1.29 ($0.25 < F \leq 1.5$). In comparison, the North coast (Dasuk District) has a Diurnal tidal type with Formzahl numbers of 3.64 and 4.30 ($F > 3.0$). The different tides are due to the sampling's location representing different geographical conditions, namely open waters (North Coast) and closed waters (Pesisir Selatan). The elevation parameters obtained still need supporting data such as waves, currents, and bathymetry used by policymakers for safety in using sea transportation.

Keywords: *Physical Oceanography, Least Square, Tidal Type, Geographical Conditions, Sumenep*

PENDAHULUAN

Kabupaten Sumenep merupakan salah satu kabupaten di Madura yang berada diujung timur dengan jumlah pulau yang dimiliki sekitar 126 pulau yang tersebar membentuk gugusan (Pemerintah Kabupaten Sumenep 2017). Dari sekian banyak pulau yang ada, hanya 48 pulau yang berpenghuni dan sisanya merupakan pulau kosong tidak berpenghuni (Pemerintah Kabupaten Sumenep 2017). Dengan banyaknya pulau yang dimiliki, Sumenep dikenal memiliki kekayaan dan keanekaragaman sumberdaya alam terutama pada wilayah laut dan pesisirnya (Fachruddin & Efendy 2011). Memiliki banyak pulau, menjadikan transportasi laut cukup penting digunakan masyarakat Sumenep untuk penyeberangan (Diskominfo 2019). Kondisi oseanografi seperti pasang surut penting untuk diketahui karena digunakan kapal dalam menentukan waktu berlabuh dan berlayar. Hidayah *et al.* (2018) juga menyatakan bahwa banyak industri didirikan di wilayah pesisir karena akses transportasi lautnya yang mudah yang kemudian mendorong pertumbuhan ekonomi di wilayah tersebut.

Pasang surut merupakan fenomena naik turunnya permukaan air laut yang berlangsung secara periodik yang disebabkan oleh gaya gravitasi antara benda-benda angkasa yaitu bumi, bulan dan matahari (Triatmodjo 2012). Pengamatan pasang surut memiliki peranan penting, baik untuk mempelajari fenomena laut yang dapat berdampak langsung maupun tidak langsung bagi kehidupan manusia, seperti pengelolaan sumberdaya dan perencanaan pembangunan wilayah pesisir (Supriyono *et al.* 2015). Studi mengenai pasang surut di berbagai wilayah cukup banyak dilakukan dengan berbagai metode seperti Admiralty maupun *Least Square*. Hal ini dibuktikan dengan penelitian Gracella (2019) dengan membandingkan metode Admiralty dan *Least Square* untuk prediksi pasut pada tiga lokasi yang berbeda. Penelitian ini menunjukkan metode *Least Square* lebih baik dari metode Admiralty, karena nilai RMSE dan residu yang dihasilkan lebih kecil. Selain itu, metode *Least Square* mampu menganalisa data lebih cepat dan mudah dengan hasil konstanta lebih banyak.

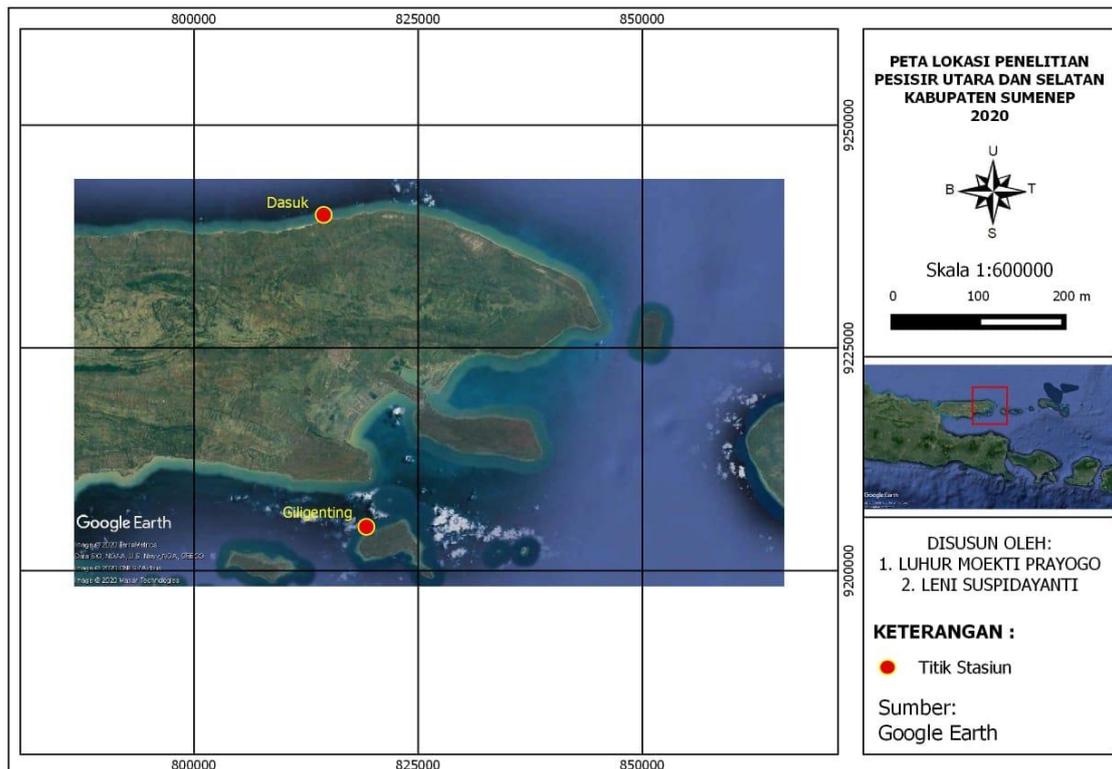
Penelitian lain juga dilakukan Li *et al.* (2019) dengan metode *Least Square* dapat meningkatkan keakuratan pasut sebesar 9-15 mm. Penelitian Ichsari *et al.* (2020) dengan membandingkan hasil pengolahan dan data lapangan yang menunjukkan bahwa

metode *Least Square* dapat menggambarkan kondisi yang ada di lapangan mendekati kondisi aslinya. Selain itu, metode *Least Square* mampu menghasilkan 68 komponen sementara metode Admiralty hanya menghasilkan 9 komponen. Dari penjelasan diatas kita dapat mengetahui bahwa metode *Least Square* dapat menghitung komponen harmonik pasang surut, amplitudo dan fase dengan sembilan komponen utama pasang surut dengan sangat baik (Hamuna *et al.* 2018). Berkaitan dengan hal tersebut perlu ada kajian khusus mengenai karakteristik pasang surut disuatu wilayah khususnya di Kabupaten Sumenep, agar informasi yang didapatkan dapat membantu para pengambil kebijakan khususnya untuk pengelolaan wilayah pesisir serta informasi bagi masyarakat sekitar pelabuhan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik pasang surut air laut menggunakan metode *Least Square* yang dilakukan di pesisir bagian Selatan dan Utara kabupaten Sumenep. Metode ini dipilih karena komponen harmonik juga menjadi pertimbangan dalam penentuan karakteristik perairan.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di pesisir Selatan dan Utara Kabupaten Sumenep, Madura. Pemilihan lokasi berdasarkan keterwakilan kondisi wilayah laut di kabupaten tersebut. Pesisir Utara berada di Kecamatan Dasuk dengan kondisi perairan lepas yang tidak terhalang dengan pulau-pulau kecil. Sedangkan pesisir Selatan berada di Kecamatan Giligenting, perairan tersebut memiliki kondisi tertutup diantara pulau Madura dan Pulau Giligenting. Pengambilan data pasang surut bagian Utara terletak di Kecamatan Dasuk dengan koordinat -6.87051° LS, 113.79524° BT. Sedangkan pengambilan data pasang surut bagian pesisir Selatan terletak di Pulau Giligenting, Kecamatan Giligenting dengan koordinat -7.18059° LS, 113.88940° BT. Peta lokasi penelitian dan titik pengambilan sampel disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan titik pengambilan sampel pasang surut

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data pengamatan pasang surut yang diperoleh dari Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika di laman <http://tides.big.go.id/> - Bidang Jaring Kontrol Gaya Berat dan Pasang Surut, Badan Informasi Geospasial (BIG). Data Pasang Surut meliputi dua bulan yaitu pada bulan Februari dan September 2020 dengan interval data satu jam. Dua bulan ini dipilih karena mewakili terjadinya angin muson di Indonesia dimana pada dua musim ini mewakili musim tahunan yaitu berupa kemarau dan penghujan. Bulan Februari dipilih mewakili terjadinya angin muson barat yang umumnya terjadi antara bulan Oktober sampai April. Sedangkan bulan September dipilih untuk mewakili terjadinya angin muson timur yang biasanya terjadi antara bulan April sampai Oktober.

Metode Least Square

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Least Square*. Metode ini merupakan metode paling luas yang dapat digunakan untuk melihat dan menghitung persamaan trend data serta menghasilkan komponen harmonik paling lengkap. Yoganda *et al.* (2019) menyatakan bahwa metode ini dapat memprediksi elevasi pasang surut dimana bersifat periodik jika yang timbul karena faktor astronomi serta bersifat musiman jika terjadi karena faktor meteorologi. Ongkosongo (1989) menyatakan bahwa persamaan metode Least Square merupakan penjumlahan dari komponen pembentuknya (fungsi sinus) yang dapat ditulis sebagai berikut:

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

Keterangan :

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

Tipe Pasang Surut

Penggunaan metode Least Square berdasarkan tujuan dalam penelitian yaitu menghitung komponen harmonik secara lengkap. Menurut Ongkosongo, O. S. R. (1989) komponen harmonik tersebut antara lain: *Average water level (Z0)*, *Main lunar constituent (M2)*, *Main solar constituent (S2)*, *Lunar constituent (N2)*, *Soli-lunar constituent (K2)*, *Soli-lunar constituen (K1)*, *Main lunar constituent (O1)*, *Main solar constituen (P1)*, *Main lunar constituent (M4)* dan *Soli-lunar constituent (MS4)*. Pertama yang dilakukan adalah mencari nilai-nilai amplitudo dari komponen harmonik. Kemudian untuk mengetahui tipe pasang surut, dapat melihat nilai Formzahl yang dapat dihitung dengan persamaan berikut Triatmodjo (2009):

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

Keterangan :

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

Triatmodjo (2009) menyatakan bahwa ketentuan bilangan Formzahl untuk penentuan tipe pasang surut adalah sebagai berikut: (a) $F \leq 0.25$ dengan tipe Semidiurnal, (b) $0.25 < F \leq 1.5$ dengan tipe Campuran, cenderung Semi-Diurnal, (c) $1.50 < F \leq 3.0$ dengan tipe Campuran, cenderung ke Diurnal, dan (d) $F > 3.0$ dengan tipe Diurnal. Kemudian penelitian ini juga menentukan parameter elevasi pasang surut diantaranya *Higher High Water Level (HHWL)*, *Mean High Water Level (MHWL)*, *Mean Sea Level (MSL)*, *Mean Low Water Level (MLWL)*, *Lower Low Water Level (LLWL)*, *Chart Datum Level (CDL)*, dan *Lowest Astronomical Tide (LAT)*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tipe Pasang Surut

Penentuan tipe pasang surut suatu perairan dilihat dari bilangan Formzahl yang dihasilkan termasuk pada metode Least Square. Komponen Harmonik O1, K1, S2 dan M2 dihitung berdasarkan data bulan Februari dan September tahun 2020. Bilangan Formzahl didapat dari pembagian amplitudo konstanta harian utama dengan konstanta ganda utama. Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa di Kecamatan Dasuk yaitu pesisir Utara Sumenep bilangan Formzahl yang dihasilkan pada bulan Februari sebesar 3.64 dan September sebesar 4.30 ($F > 3.0$) yang berarti bahwa tipe pasang surut kategori

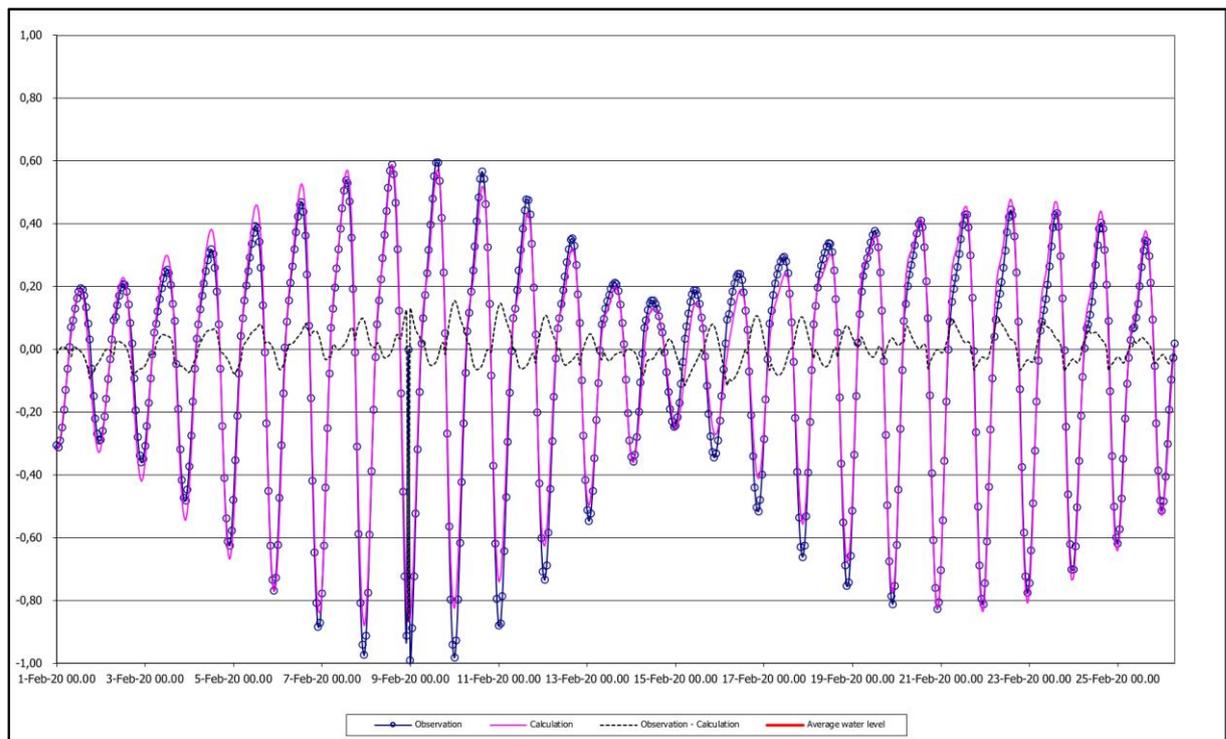
diurnal yang berarti bahwa dalam satu hari di Kecamatan Dasuk terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Kemudian tipe pasang surut yang berbeda terjadi di pesisir Selatan yaitu di Kecamatan Giligenting dengan nilai bilangan Formzahl pada bulan Februari sebesar 0.86 dan September sebesar 1.29 ($0.25 < F \leq 1.5$) yang berarti bahwa tipe pasang surut kategori Campuran, cenderung semi-diurnal. Tipe ini menggambarkan bahwa dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama secara teratur.

Tipe pasang surut di Kecamatan Giligenting sesuai dengan pendapat Wyrcki (1961); Triatmodjo (2012); Hamuna *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa perairan Indonesia memiliki tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda khususnya pada perairan Selatan dan Timur Jawa. Bilangan Formzahl yang dihasilkan setiap pada kedua lokasi penelitian disajikan pada Tabel 1.

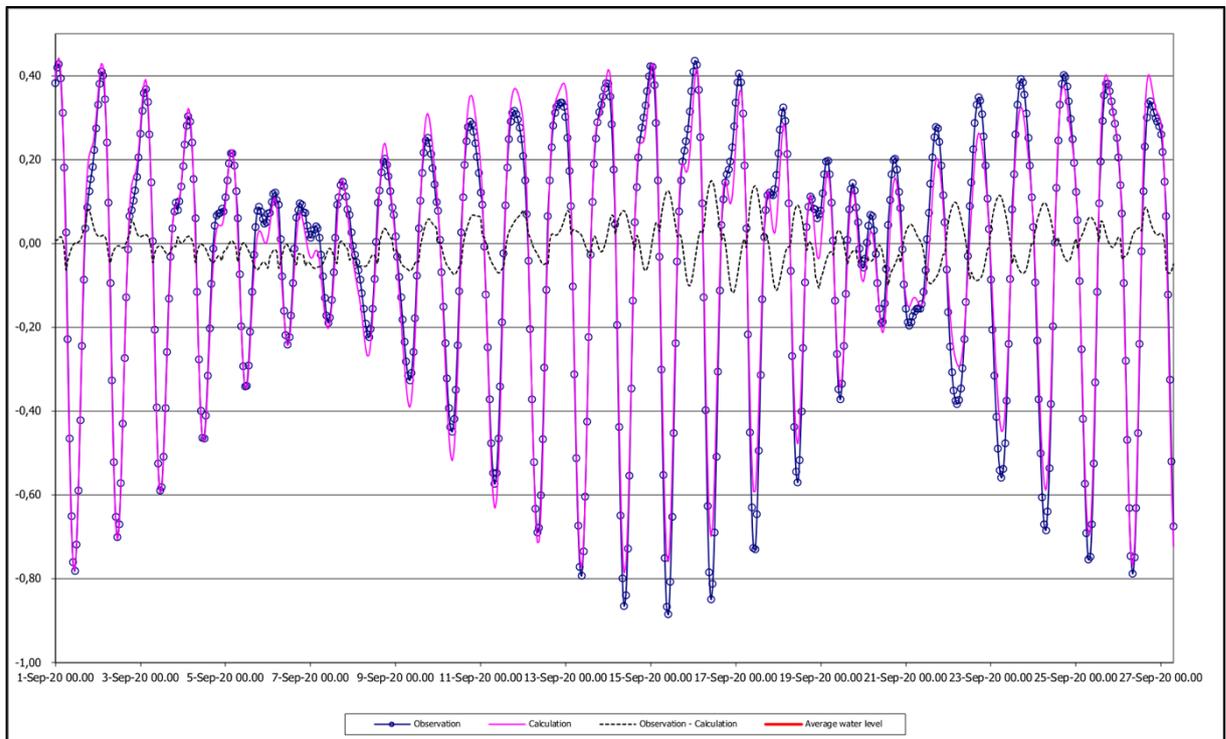
Tabel 1. Hasil bilangan formzahl setiap wilayah

Lokasi	Bulan	Nilai Formzahl	Tipe Pasang Surut
Kecamatan Dasuk	Februari	3.64	Diurnal
	September	4.30	Diurnal
Kecamatan Giligenting	Februari	0.86	Campuran, cenderung semi-diurnal
	September	1.29	Campuran, cenderung semi-diurnal

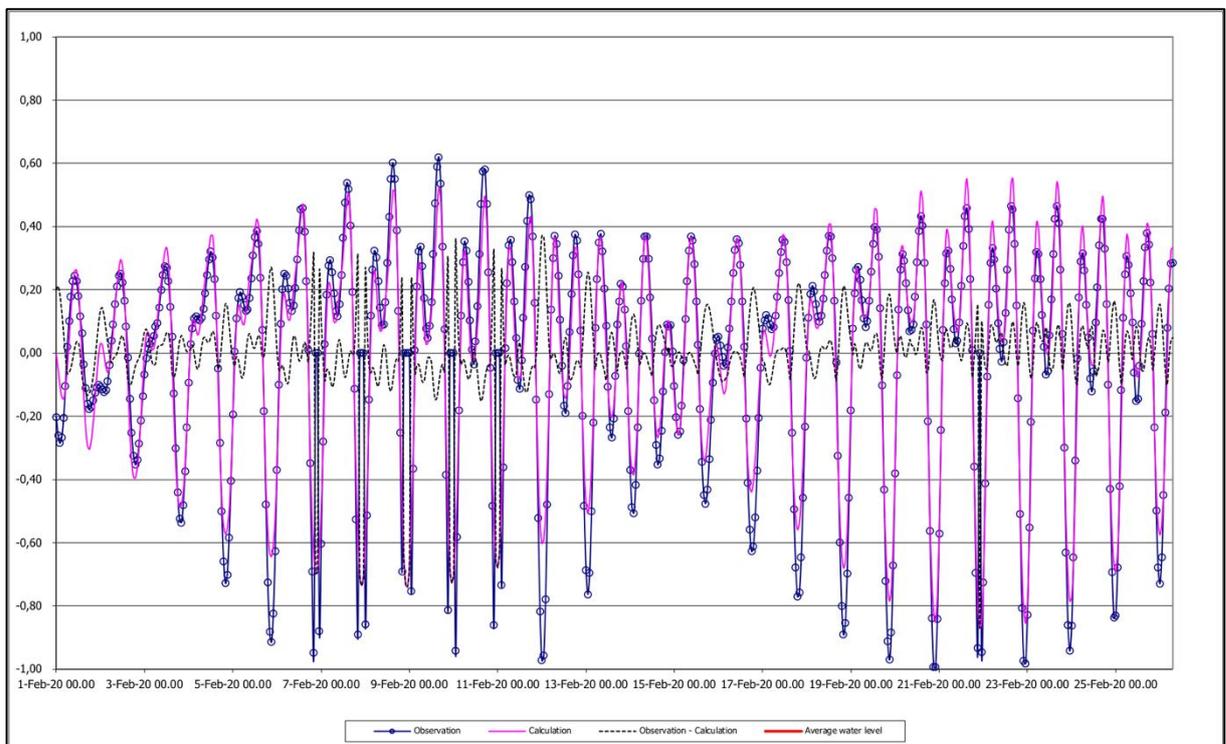
Wilayah yang dipilih dalam penelitian ini mewakili dua keadaan geografis yang berbeda. Kecamatan Dasuk di pesisir Utara memiliki kondisi perairan lepas yang dapat dipengaruhi oleh keadaan perairan disekitarnya. Perairan lepas cenderung lebih dinamis dibandingkan dengan perairan tertutup atau terletak diantara pulau. Hal ini yang menyebabkan kedua lokasi tersebut memiliki tipe pasang surut yang berbeda. Berikut merupakan grafik fluktuasi pasang surut di Kecamatan Dasuk dan Giligenting Kabupaten Sumenep pada bulan Februari dan September 2020:



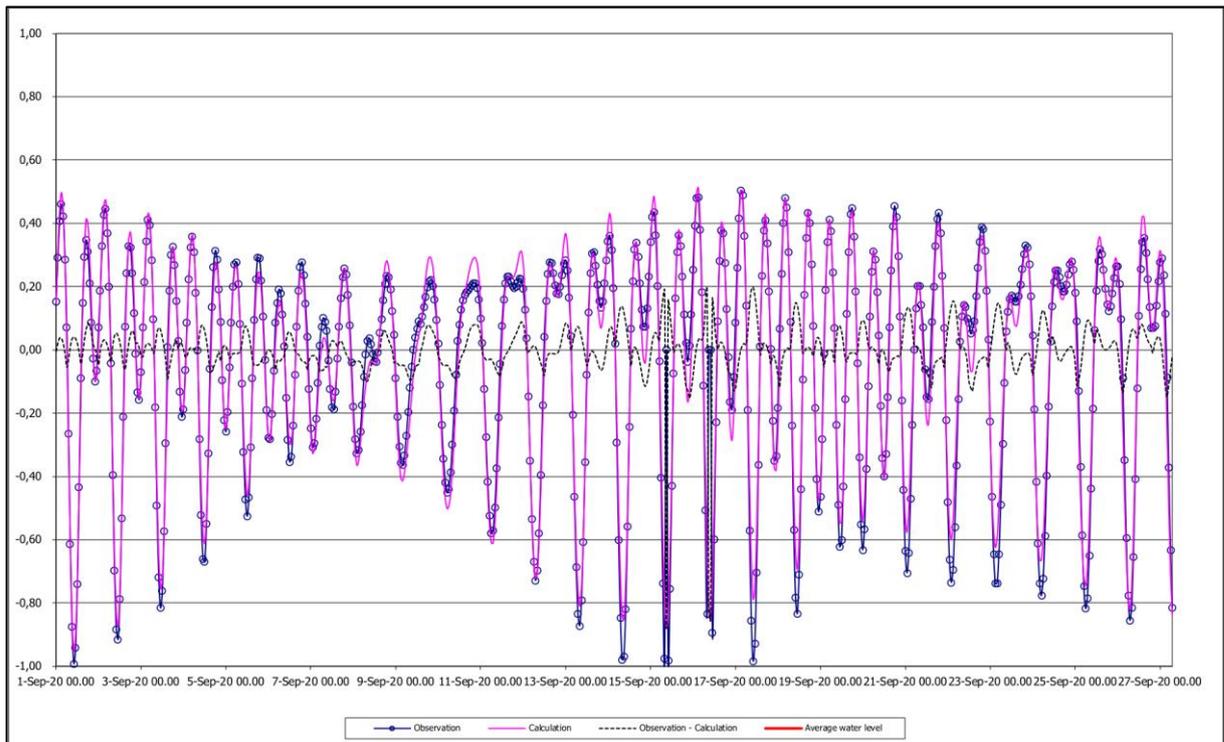
Gambar 2. Fluktuasi pasang surut di Kecamatan Dasuk bulan Februari 2020



Gambar 3. Fluktuasi pasang surut di Kecamatan Dasuk bulan September 2020



Gambar 4. Fluktuasi pasang surut di Kecamatan Giligenting bulan Februari 2020



Gambar 5. Fluktuasi pasang surut di Kecamatan Giligenting bulan September 2020

Komponen Harmonik Pasang Surut

Beberapa komponen harmonik telah dihitung berdasarkan data pasang surut bulan Februari dan September tahun 2020. Komponen yang dihitung antara lain *Average water level* (Z0), *Main lunar constituent* (M2), *Main solar constituent* (S2), *Lunar constituent* (N2), *Soli-lunar constituent* (K2), *Soli-lunar constituent* (K1), *Main lunar constituent* (O1), *Main solar constituent* (P1) *Main lunar constituent* (M4) dan *Soli-lunar constituent* (MS4). Untuk keperluan prediksi komponen di atas sangat penting untuk diketahui. Komponen Harmonik di Kecamatan Dasuk dan Giligenting bulan Februari dan September tahun 2020 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen Harmonik Kecamatan Dasuk dan Giligenting

No	Constituents	Kecamatan Dasuk		Kecamatan Giligenting		Rata-Rata
		Februari	September	Februari	September	
0	<i>Average water level</i>	-0,0475	-0,0441	-0,0259	-0,0467	-
1	<i>Main lunar constituent</i>	0,0884	0,0937	0,2661	0,3099	0,1895
2	<i>Main solar constituent</i>	0,0851	0,0562	0,2033	0,1115	0,1140
3	<i>Lunar constituent, due to Earth-Moon distance</i>	0,0226	0,0252	0,0631	0,0751	0,0465
4	<i>Soli-lunar constituent, due to the change of declination</i>	0,0403	0,0603	0,1651	0,0426	0,0771
5	<i>Soli-lunar constituent</i>	0,4033	0,4087	0,2273	0,3303	0,3424

6	<i>Main lunar constituent</i>	0,2282	0,2360	0,1751	0,2139	0,2133
7	<i>Main solar constituent</i>	0,1384	0,0815	0,0663	0,0809	0,0918
8	<i>Main lunar constituent</i>	0,0041	0,0047	0,0246	0,0046	0,0095
9	<i>Soli-lunar constituent</i>	0,0066	0,0012	0,0236	0,0096	0,0102

Dari Tabel 1 diketahui sekitar 9 komponen yang dihitung disetiap wilayah. Rata-rata komponen harmonik yang diperoleh dari perhitungan adalah sebagai berikut: (0) *Average water level* (Z0) = -0,0411, (1) *Main lunar constituent* (M2) = 0,1895, (2) *Lunar constituent, due to Earth-Moon distance* (S2) = 0,1140, (3) *Lunar constituent* (N2) = 0,0465, (4) *Soli-lunar constituent, due to the change of declination* (K2) = 0,0771, (5) *Soli-lunar constituen* (K1) = 0,3424, (6) *Main lunar constituent* (O1) = 0,2133, (7) *Main solar constituen* (P1) = 0,0918, (8) *Main lunar constituent* (M4) = 0,0095 dan (9) *Soli-lunar constituent* (MS4) sebesar 0,0102.

Parameter Ketinggian Pasang Surut

Hamuna *et al.* (2018); Hasibuan *et al.* (2015) menyatakan bahwa untuk mengetahui elevasi muka air laut rata-rata dibutuhkan data minimal satu periode ulang pasang surut yaitu sekitar 18.6 tahun. Informasi mengenai muka air laut ini menjadi penting dikarenakan kita dapat mengetahui berbagai paramater yang termasuk dalam hitungan didalamnya. Informasi ini nantinya dapat dimanfaatkan dalam pengelolaan pesisir serta keperluan lain yang menyangkut informasi mengenai pasang surut diantaranya navigasi pelayaran dan petani garam maupun tambak.

Pada penelitian ini, perhitungan parameter elevasi muka air laut hanya menggunakan data dua bulan yaitu Februari dan September tahun 2020 pada setiap kecamatan sehingga hanya merupakan gambaran dan bukan merupakan hasil elevasi yang sebenarnya. Informasi mengenai parameter elevasi muka air laut sangatlah dinamis dan dapat dipengaruhi oleh berbagai kondisi diantaranya waktu serta sumber perolehan data. Berikut merupakan tabel parameter elevasi muka air laut di Kecamatan Dasuk dan Giligenting pada bulan Februari dan September 2020: Tabel 3. Parameter elevasi muka air laut di Kecamatan Dasuk bulan Februari 2020

	Symbol	Elev.	HHWL	MHWL	MSL	MLWL	CDL	LLWL	LAT	
Higher High Water Level	HH WL	0,9361	≈ 0,9	0,0	0,2	0,9	1,7	1,8	1,9	2,0
Mean High Water Level	MH WL	0,6723	≈ 0,7	-0,2	0,0	0,7	1,5	1,6	1,7	1,8
Mean Sea Level	MSL	-0,0475	≈ 0,0	-0,9	-0,7	0,0	0,8	0,9	1,0	1,1
Mean Low Water Level	ML WL	-0,7674	≈ -0,8	-1,7	-1,5	-0,8	0,0	0,1	0,2	0,3
Chart Datum Level	CDL	-0,8525	≈ -0,9	-1,8	-1,6	-0,9	-0,1	0,0	0,1	0,2
Lower Low Water Level	LLW L	-1,0312	≈ -1,0	-1,9	-1,7	-1,0	-0,2	-0,1	0,0	0,1
Lowest Astronomical Tide	LAT	-1,0645	≈ -1,1	-2,0	-1,8	-1,1	-0,3	-0,2	-0,1	0,0

Tabel 4. Parameter elevasi muka air laut di Kecamatan Dasuk bulan September 2020

	Symbol	Elev.	HHWL	MHWL	MSL	MLWL	CDL	LLWL	LAT	
Higher High Water Level	HHW L	0,8924	≈ 0,9	0,0	0,2	0,9	1,7	1,7	1,9	1,9
Mean High Water	MHW	0,6943	≈ 0,7	-0,2	0,0	0,7	1,5	1,5	1,7	1,7

Level	L										
Mean Sea Level	MSL	-0,0441	≈	0,0	-0,9	-0,7	0,0	0,8	0,8	1,0	1,0
Mean Low Water Level	MLWL	-0,7825	≈	-0,8	-1,7	-1,5	-0,8	0,0	0,0	0,2	0,2
Chart Datum Level	CDL	-0,8387	≈	-0,8	-1,7	-1,5	-0,8	0,0	0,0	0,2	0,2
Lower Low Water Level	LLWL	-0,9805	≈	-1,0	-1,9	-1,7	-1,0	-0,2	-0,2	0,0	0,0
Lowest Astronomical Tide	LAT	-1,0117	≈	-1,0	-1,9	-1,7	-1,0	-0,2	-0,2	0,0	0,0

Tabel 5. Parameter elevasi muka air laut di Kecamatan Giligenting bulan Februari 2020

	Symbol	Elev.		HHWL	MHWL	MSL	MLWL	CDL	LLWL	LAT	
Higher High Water Level	HHWL	1,0772	≈	1,1	0,0	0,5	1,1	1,8	2,0	2,2	2,3
Mean High Water Level	MHWL	0,6425	≈	0,6	-0,5	0,0	0,6	1,3	1,5	1,7	1,8
Mean Sea Level	MSL	-0,0259	≈	0,0	-1,1	-0,6	0,0	0,7	0,9	1,1	1,2
Mean Low Water Level	MLWL	-0,6944	≈	-0,7	-1,8	-1,3	-0,7	0,0	0,2	0,4	0,5
Chart Datum Level	CDL	-0,8977	≈	-0,9	-2,0	-1,5	-0,9	-0,2	0,0	0,2	0,3
Lower Low Water Level	LLWL	-1,1290	≈	-1,1	-2,2	-1,7	-1,1	-0,4	-0,2	0,0	0,1
Lowest Astronomical Tide	LAT	-1,2403	≈	-1,2	-2,3	-1,8	-1,2	-0,5	-0,3	-0,1	0,0

Tabel 6. Parameter elevasi muka air laut di Kecamatan Giligenting bulan September 2020

	Symbol	Elev.		HHWL	MHWL	MSL	MLWL	CDL	LLWL	LAT	
Higher High Water Level	HHWL	1,0424	≈	1,0	0,0	0,2	1,0	1,9	2,0	2,1	2,2
Mean High Water Level	MHWL	0,8074	≈	0,8	-0,2	0,0	0,8	1,7	1,8	1,9	2,0
Mean Sea Level	MSL	-0,0467	≈	0,0	-1,0	-0,8	0,0	0,9	1,0	1,1	1,2
Mean Low Water Level	MLWL	-0,9008	≈	-0,9	-1,9	-1,7	-0,9	0,0	0,1	0,2	0,3
Chart Datum Level	CDL	-1,0123	≈	-1,0	-2,0	-1,8	-1,0	-0,1	0,0	0,1	0,2
Lower Low Water Level	LLWL	-1,1358	≈	-1,1	-2,1	-1,9	-1,1	-0,2	-0,1	0,0	0,1
Lowest Astronomical Tide	LAT	-1,2250	≈	-1,2	-2,2	-2,0	-1,2	-0,3	-0,2	-0,1	0,0

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa parameter elevasi yang didapat dari perhitungan data pasang surut bulan Februari dan September tahun 2020 di Kecamatan Dasuk yaitu *Higher High Water Level* (HHWL) atau air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati diperoleh hasil sebesar 0,9361 dan 0,8924 meter. Kemudian parameter kedua *Mean High Water Level* (MHWL) atau rerata dari muka air tinggi sebesar 0,6723 dan 0,6943 meter. Ketiga parameter *Mean Sea Level* (MSL) atau muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata diperoleh hasil sebesar -0,0475 dan -0,0441 meter. Selanjutnya parameter keempat yang dihitung adalah *Mean Low Water Level* (MLWL) atau rerata dari muka air rendah diperoleh hasil sebesar -0,7674 dan -0,7825 meter.

Parameter kelima yang dihitung adalah *Chart Datum Level* (CDL) adalah bidang referensi kedalaman untuk proses pemetaan di laut. Berdasarkan Uswatun *et al.* (2014), Penentuan CDL dihitung dengan mengurangkan nilai MSL terhadap nilai jarak muka

surutan peta (Z_0). Dari perhitungan menggunakan metode Least Square diketahui bahwa besaran CDL pada bulan Februari dan September di Kecamatan Dasuk sebesar -0,8525 dan -0,8387 meter. Parameter keenam yaitu *Lower Low Water Level* (LLWL) atau air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati. Dari perhitungan diatas diperoleh hasil sebesar -1,0312 dan -0,9805 meter. Terakhir, parameter ketujuh adalah *Lowest Astronomical Tide* (LAT) adalah permukaan laut tertinggi/ terendah yang dapat terjadi di bawah pengaruh keadaan meteorologis dan keadaan astronomi. Dari perhitungan menggunakan metode Least Square diketahui bahwa besaran LAT pada bulan Februari dan September di Kecamatan Dasuk sebesar -1,0645 dan -1,0117 meter.

Kemudian di Kecamatan Giligenting parameter elevasi yang didapat dari perhitungan data pasang surut bulan Februari dan September tahun 2020 yaitu HHWL sebesar 1,0772 dan 1,0424 meter, MHWL sebesar 0,6425 dan 0,8074 meter, MSL sebesar -0,0259 dan -0,0467 meter, MLWL sebesar -0,6944 dan -0,9008 meter, CDL sebesar -0,8977 dan -1,0123 meter, LLWL sebesar -1,1290 dan -1,1358 meter dan LAT pada bulan yang sama yaitu Februari dan September sebesar -1,2403 dan -1,2250 meter.

Pengetahuan mengenai hidro-oseanografi seperti pasang surut, gelombang, arus, batimetri dapat memberikan dampak positif dalam membangun jalur pelayaran dan pengelolaan laut (Nuha *et al.* 2019; Prayogo & Basith 2020). Fenomena khususnya pasang surut, gelombang dan arus dapat mempengaruhi pola transport sedimen yang mengakibatkan pendangkalan pada pelabuhan. Pembangunan pelabuhan memerlukan kondisi perairan yang tenang dari pengaruh arus dan gelombang. Parameter elevasi yang diperoleh diatas masih perlu adanya data pendukung seperti gelombang, arus dan batimetri yang dapat memberikan manfaat kepada para pengambil kebijakan untuk penentuan kapal berlayar dan berlabuh. Tipe pasang surut yang berbeda pada pesisir Utara dan Selatan Kabupaten Sumenep dapat dijadikan informasi bagi masyarakat sekitar untuk transportasi, berlayar untuk menangkap ikan dan aktivitas lainnya. Kondisi geografis pada perairan terbuka akan lebih dinamis dibandingkan dengan perairan tertutup. Hal ini hendaknya menjadi perhatian masyarakat sekitar mengenai keselamatan dalam menggunakan transportasi laut.

KESIMPULAN

Dari perhitungan data pasang surut di pesisir Selatan dan Utara kabupaten Sumenep diatas menunjukkan bahwa wilayah pesisir Selatan (Kecamatan Giligenting) mempunyai tipe pasang surut Campuran, cenderung semi-diurnal dengan nilai bilangan Formzahl sebesar 0.86 dan 1.29 ($0.25 < F \leq 1.5$). Tipe ini menjelaskan bahwa terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut yang terjadi secara berurutan dan teratur. Tipe ini sesuai dengan wilayah Indonesia yang memiliki tipe pasang surut Campuran cenderung semi-diurnal khususnya pada perairan Selatan dan Timur Jawa.

Kemudian hasil berbeda pada bagian pesisir Utara (Kecamatan Dasuk) yang mempunyai tipe pasang surut diurnal dengan nilai bilangan Formzahl sebesar 3.64 dan 4.30 ($F > 3.0$). Tipe ini menjelaskan dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tipe pasang surut di pesisir Selatan dan Utara Kabupaten Sumenep berbeda. Hal ini disebabkan kondisi perairan yang berbeda yaitu pada pesisir Utara dengan kondisi perairan lepas/ terbuka yang dipengaruhi

berbagai fenomena dari perairan sekitar, dibandingkan dengan pesisir Selatan dengan kondisi perairan yang tertutup. Parameter elevasi yang diperoleh masih perlu adanya data pendukung seperti gelombang, arus dan batimetri yang dapat memberikan manfaat kepada para pengambil kebijakan untuk keselamatan dalam menggunakan transportasi laut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah membiayai penulis dalam melakukan studi dan tidak lupa ucapan terima kasih kepada Badan Informasi Geospasial (BIG) yang telah menyediakan data pasang surut sehingga dapat digunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Diskominfo [Internet]. 2019. Infrastruktur Transportasi Penting Demi Pembangunan Sumenep. Sumenep: Pemerintah Kabupaten Sumenep [diakses pada tanggal 3 November 2020]. Tersedia pada: <http://www.sumenepkab.go.id/berita/baca/infrastruktur-transportasi-penting-demi-pembangunan-sumenep>
- Fachruddin A, Efendy M. 2011. Studi Sumberdaya Potensial di Wilayah Pesisir dan Lautan Kabupaten Sumenep. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan* 3(2): 235–239.
- Gracella. 2019. Uji Kualitas Hasil Analisa Perbandingan Prediksi Pasang Surut Metode Admiralty dan Metode Least Square [Skripsi-Eprints]. Malang: Jurusan Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional. 7 hlm.
- Hamuna B, Tanjung RHR, Kalor JD, Dimara L, Indrayani E, Warpur M, Paulangan YYP, Paiki K. 2018. Studi Karakteristik Pasang Surut Perairan Laut Mimika, Provinsi Papua Studi Karakteristik Pasang Surut Perairan Laut Mimika, Provinsi Papua. *Jurnal Acropora Ilmu Kelautan dan Perikanan Papua* 1(1): 19–28.
- Hasibuan RD, Surbakti H, Sitepu R. 2015. Analisis Pasang Surut dengan Menggunakan Metode Least Square dan Penentuan Periode Ulang Pasang Surut dengan Metode Gumbel di Perairan Boom Baru dan Tanjung Buyut. *Maspuri Journal* 7(1): 35–48.
- 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: 10.1051/mateconf/201817701017.
- Ichsari LF, Handoyo G, Setiyono H, Ismanto A, Marwoto J, Yusuf M, Rifai A. 2020. Studi Komparasi Hasil Pengolahan Pasang Surut dengan 3 Metode (Admiralty, Least Square dan Fast Fourier Transform) di Pelabuhan Malahayati, Banda Aceh. *Indonesian Journal of Oceanography* 2(2): 1–8.
- Li S, Liu L, Cai S, Wang G. 2019. Tidal harmonic analysis and prediction with least-squares estimation and inaction method. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (220): 196–208. DOI: 10.1016/j.ecss.2019.02.047.

- Nuha MU, Basith A, Asriningrum W. 2019. Optimalisasi Parameter Analitis Ekstraksi Kedalaman Laut dengan Citra Satelit Resolusi Tinggi pada Zona Laut Dangkal (Studi Kasus : Perairan Pelabuhan Karimunjawa) [Tesis]. Yogyakarta: Jurusan Magister Teknik Geomatika, Universitas Gadjah Mada. 156 hlm.
- Ongkosongo OSR, Suyarso. 1989. *Pasang Surut*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 257 hlm.
- Pemerintah Kabupaten Sumenep [internet]. 2017. Letak Geografis. Sumenep: Pemerintah Kabupaten Sumenep [diakses pada tanggal 2 November 2020]. Tersedia pada: <http://www.sumenepkab.go.id/page/letak-geografis>
- 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.
- Supriyono, Pranowo WS, Rawi S, Herunadi B. 2015. Analisa dan Perhitungan Prediksi Pasang Surut Menggunakan Metode Admiralty dan Metode Least Square (Studi Kasus Perairan Tarakan dan Balikpapan). *Jurnal Chart Datum* 1(1): 8–18. DOI: 10.37875/chartdatum.v1i1.7.
- Triatmodjo B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset. 327 hlm.
- Triatmodjo B. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset. 490 hlm.
- Uswatun I, Heliani LS. 2014. Perhitungan Nilai Chart Datum Stasiun Pasang Surut Jepara Berdasarkan Periode Pergerakan Bulan, Bumi, dan Matahari Menggunakan Data Pasut Tahun 1994 S.D 2013. *Jurnal Geospasial Indonesia* 10(10): 1-11.
- Wyrтки K. 1961. *Physical Oceanography of The Southeast Asian Waters*. UC San Diego: Library-Scripps Digital Collection. 195 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.