
ANALISIS KENAIKAN MUKA AIR LAUT DI PERAIRAN KALIANGET KABUPATEN SUMENEP TAHUN 2000-2020

Sea-Level Rise Analysis in Kalianget Waters, Sumenep Regency, 2000-2020

Luhur Moekti Prayogo

Magister Teknik Geomatika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281, Indonesia

Corresponden author e-mail: luhur.moekti.prayogo@mail.ugm.ac.id

Submitted: 22 February 2021 / Revised: 25 February 2021 / Accepted: 25 February 2021

<http://doi.org/10.21107/juvenil.v2i1.10035>

ABSTRAK

Wilayah pesisir mengalami pertumbuhan ekonomi cukup cepat dikarenakan faktor strategis terutama aspek transportasinya. Namun wilayah ini juga mengalami gangguan yang bervariasi baik yang disebabkan faktor manusia ataupun alam yang menyebabkan wilayah pesisir mengalami kerentanan. Kerentanan wilayah pesisir merupakan tingkat kemampuan wilayah pesisir dalam mengantisipasi berbagai konsekuensi dari dampak meningkatnya tinggi muka air laut dan perubahan iklim yang terjadi secara global. Tujuan dari penelitian ini yaitu melakukan studi kenaikan muka air laut di perairan Kalianget Kabupaten Sumenep selama 20 tahun sejak tahun 2000 hingga 2020. Adapun batasan dari penelitian ini yaitu tidak dilakukan pemodelan spasial di lokasi penelitian. Dari perhitungan data pasang surut di perairan Kalianget Kabupaten Sumenep menunjukkan bahwa tipe pasang surut Campuran, cenderung ke harian ganda ($0.25 < F \leq 1.5$). Tipe ini menjelaskan bahwa terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut yang terjadi secara teratur. Kenaikan muka air laut berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa rata-rata setiap tahunnya perairan Kalianget Kabupaten Sumenep mengalami kenaikan sebesar 0.724 mm/ tahun. Sehingga akumulasi kenaikan muka air laut selama 20 tahun di perairan Kalianget Kabupaten Sumenep sebesar 14,488 mm. Diharapkan melalui penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai laju kenaikan muka air laut khususnya di perairan Kalianget Kabupaten Sumenep.

Kata kunci: Pasang Surut, Kenaikan Muka Air Laut, Kerentanan Wilayah Pesisir, Sumenep

ABSTRACT

The coastal area is experiencing rapid economic growth due to strategic factors, especially its transportation aspects. However, this region also experiences various disturbances, either caused by human or natural factors, which causes the area to experience vulnerability. The loss in coastal areas is the region's ability to anticipate the various impacts of sea-level impacts and climate change that occur globally. This research aims to study sea-level rise in the waters of Kalianget, Sumenep Regency, for 20 years from 2000 to 2020. The limitation of this research is that there is no spatial modeling in the research location. The tide data calculation in the waters of Kalianget, Sumenep Regency, shows that the mixed tide type tends to double daily ($0.25 < F \leq 1.5$). This type describes the tide and two ebbs with almost the same height, and the tides occur regularly. The sea-level rise based on the calculations that have been carried out shows that the annual average increase of Kalianget waters in Sumenep Regency is 0.724 mm / year. The accumulated rise in sea level for 20 years in the waters of Kalianget, Sumenep Regency is 14.488 mm. It is assumed that this research can provide information about the rate of sea-level rise, especially in the waters of Kalianget, Sumenep Regency.

Keyword: Tides, Sea Level Rise, Coastal Vulnerability, Sumenep

PENDAHULUAN

Sumenep merupakan salah satu kabupaten di Madura yang berada diujung timur dengan letak geografis berada di $4^{\circ} 55' - 7^{\circ} 24'$ Lintang Selatan dan $113^{\circ} 32' - 116^{\circ} 16'$ Bujur Timur

(Pemerintah Kabupaten Sumenep, 2017). Kabupaten tersebut berbatasan dengan sebelah timur (Laut Flores, laut Jawa), barat (Kabupaten Pamekasan), Utara (Laut Jawa) dan Selatan (Selat Madura) (Pemerintah Kabupaten Sumenep, 2017). Kabupaten

Sumenep terdiri dari berbagai pulau baik berpenghuni maupun tidak berpenghuni dengan jumlah keseluruhan 126 pulau membentuk gugusan pulau-pulau sumenep. Kabupaten ini juga memiliki 8 kecamatan di wilayah kepulauan dan 19 kecamatan di wilayah daratan (Pemerintah Kabupaten Sumenep, 2017). Salah satu kecamatan di kabupaten Sumenep adalah kecamatan Kalianget.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Sumenep (2018) menyatakan bahwa kecamatan Kalianget merupakan wilayah pesisir yang memiliki setidaknya 7 desa dan 33 dusun yang dilengkapi dengan sarana transportasi laut yaitu pelabuhan rakyat Kalianget. Hidayah *et al.*, (2018) menyatakan bahwa wilayah pesisir menjadi tempat yang mengalami pertumbuhan ekonomi cukup cepat dikarenakan faktor strategis terutama transportasinya. Selain itu wilayah pesisir juga mengalami gangguan yang bervariasi baik yang disebabkan faktor manusia ataupun alam yang menyebabkan kerentanan suatu wilayah berbeda (Handiani *et al.*, 2019). Menurut IPCC CZMS (1992); Klein, J. T., & Nicholls (1999); Handiani *et al.*, (2019) bahwa kerentanan wilayah pesisir merupakan tingkat kemampuan wilayah pesisir dalam mengantisipasi berbagai konsekuensi dari dampak meningkatnya tinggi muka air laut dan perubahan iklim. Sehingga bencana kenaikan muka air laut menjadi kajian bidang kelautan yang menarik hingga saat ini.

Studi mengenai kenaikan muka air laut diberbagai wilayah pernah dilakukan sebelumnya, baik yang berfokus pada pemodelan spasial maupun non spasial. Hidayah *et al.*, (2018) melakukan studi pemodelan kenaikan muka air laut dengan skenario run up di pulau Gili Raja, Sumenep. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa beberapa wilayah di Pulau Gili Raja rawan terhadap genangan kenaikan muka air laut. Selanjutnya penelitian Handiani *et al.*, (2019) dengan melakukan kajian indek kerentanan pesisir di Kabupaten Subang terhadap bencana kenaikan muka air laut. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa parameter kenaikan muka air laut menunjukkan kerentanan yang tinggi. Khasanah (2017) juga melakukan studi kenaikan muka air laut dengan data satelit altimetri Jason-2 di perairan Sumatera Barat. Dari penelitian tersebut

menunjukkan bahwa rata-rata kenaikan muka air laut pertahun sebesar 0,86 mm.

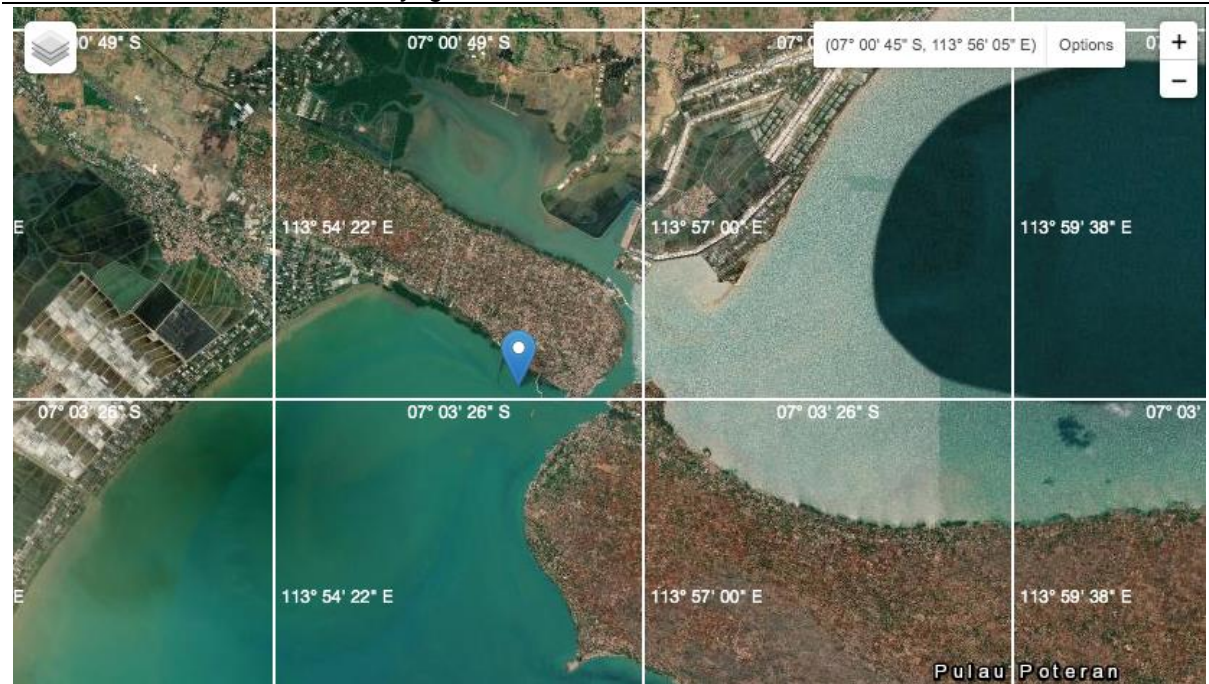
Kemudian penelitian Ramadhan *et al.*, (2015) di kecamatan Pademangan, Jakarta Utara dengan melakukan kajian dampak genangan rob akibat kenaikan muka air laut. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa luasan genangan kenaikan muka air laut pada bulan Mei 2004 dengan ketinggian 1,433 meter sebesar 6,672 km². Utami *et al.*, (2017) melakukan studi perubahan garis pantai akibat sea level rise kecamatan Sayung kabupaten Demak. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa wilayah tersebut mengalami kenaikan muka air laut sebesar 8,294 cm/ tahun yang mengakibatkan perubahan garis pantai. Selanjutnya Wijaya *et al.*, (2019) melakukan kajian laju kenaikan muka air laut di Kabupaten Brebes berbasis spasial. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa laju kenaikan muka air laut di perairan tersebut sebesar 3,87 cm/tahun.

Originalitas dari penelitian ini yaitu melakukan studi kenaikan muka air laut di perairan Kalianget Kabupaten Sumenep selama 20 tahun sejak tahun 2000 hingga 2020. Diharapkan melalui penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai laju kenaikan muka air laut per tahun di perairan Kalianget. Adapun batasan dari penelitian ini yaitu tidak dilakukan pemodelan spasial atau skenario genangan di lokasi penelitian.

MATERI DAN METODE

Bahan dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di perairan Kalianget Kabupaten Sumenep, Madura. Pengambilan data pasang surut terletak pada koordinat -7° 3'21.90" S, 113°56'11.54" E. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data prediksi melalui stasiun Badan Informasi Geospasial (BIG) dan satelit altimetri pada Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika di laman <http://tides.big.go.id/>. Data Pasang Surut meliputi data 20 tahun yaitu dimulai pada bulan Januari 2000 hingga Desember 2020 dengan interval data satu jam. Berikut merupakan peta lokasi penelitian di perairan Kalianget Kabupaten Sumenep yang ditampilkan dengan ESRI World Imagery:



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di perairan Kaliangget Kabupaten Sumenep

Penentuan Tipe Pasang Surut

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Least Square* yang kemudian komponen harmonik pasang surut juga dihitung. Komponen harmonik tersebut antara lain: *Main solar constituent* (P1), *Main lunar constituent* (M4), *Soli-lunar constituent* (MS4), *Soli-lunar constituent* (K2), *Soli-lunar constituent* (K1), *Main lunar constituent* (O1), *Average water level* (Z0), *Main lunar constituent* (M2), *Main solar constituent* (S2), *Lunar constituent* (N2). Persamaan metode ini dengan fungsi sinus yaitu sebagai berikut (Ongkosongo, O. S. R., 1989):

$$\eta(t) = S0 + \sum_{i=1}^N A_i \cos(\omega_i t - P_i) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- $\eta(t)$ = Elevasi pasang surut (fungsi waktu)
- A_i = Amplitudo ke-i
- $\omega_i = \frac{2\pi}{T_i}$, T_i merupakan periode komponen
- P_i = Fase ke-i
- $S0$ = *Mean Sea Level*
- T = waktu
- N = Jumlah Komponen

Kemudian untuk mengetahui tipe pasang surut, dapat melihat nilai Formzahl yang dapat dihitung dengan persamaan berikut (Triatmodjo, 2009):

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

Dengan ketentuan 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.

Parameter elevasi juga dihitung antara lain sebagai berikut (Triatmodjo, 2009):

- a. *Higher High Water Level* (HHWL),
- b. *Mean Low Water Level* (MLWL),
- c. *Lower Low Water Level* (LLWL),
- d. *Mean High Water Level* (MHWL),
- e. *Mean Sea Level* (MSL).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan pasang surut di perairan Kaliangget Kabupaten Sumenep menggunakan data pasang surut dengan interval satu jam. Komponen harmonik yang dihitung meliputi sembilan komponen menurut Ongkosongo, O. S. R (1989) yaitu sebagai berikut: *Main solar constituent* (P1), *Main lunar constituent* (M4), *Soli-lunar constituent* (MS4), *Soli-lunar constituent* (K2), *Soli-lunar constituent* (K1), *Main lunar constituent* (O1), *Average water level* (Z0), *Main lunar constituent* (M2), *Main solar constituent* (S2), *Lunar constituent* (N2).

Perhitungan pasang surut menggunakan metode *Least Square* menghasilkan nilai komponen harmonik setiap bulannya. Oleh karena itu hasil perhitungan komponen

harmonik yang ditampilkan merupakan cuplikan selang lima tahun yaitu pada tahun 2000, 2005, 2010, 2015 dan 2020 dengan bulan yang dipilih secara acak. Berikut

merupakan tabel perhitungan komponen harmonik pasang surut di Perairan Kalianget kabupaten Sumenep:

Tabel 1. Komponen harmonik pasang surut di Perairan Kalianget

No	Konstituen	Simbol	September 2000	Maret 2005	Desember 2010	Juni 2015	Januari 2020
0,	Average water level	Z ₀	-0,0468	-0,0371	-0,0098	-0,0370	-0,0141
1,	Main lunar constituent	M ₂	0,3072	0,2729	0,2234	0,2881	0,2291
2,	Main solar constituent	S ₂	0,1338	0,0928	0,0917	0,1196	0,1233
3,	Lunar constituent, due to Earth-Moon distance	N ₂	0,0639	0,0414	0,0284	0,0424	0,0298
4,	Soli-lunar constituent, due to the change of declination	K ₂	0,0220	0,1121	0,0530	0,0478	0,0695
5,	Soli-lunar constituent	K ₁	0,3164	0,2634	0,2475	0,2573	0,2538
6,	Main lunar constituent	O ₁	0,1980	0,2241	0,1419	0,1537	0,1412
7,	Main solar constituent	P ₁	0,0785	0,0162	0,1269	0,1009	0,0954
8,	Main lunar constituent	M ₄	0,0132	0,0198	0,0569	0,0172	0,0458
9,	Soli-lunar constituent	MS ₄	0,0139	0,0108	0,0617	0,0241	0,0530

Selanjutnya Informasi mengenai parameter elevasi muka air laut menjadi penting karena terdapat berbagai parameter didalamnya. Setidaknya dibutuhkan waktu pengamatan pasang surut minimal sekitar 18,6 tahun untuk mengetahui muka air laut rata-rata (Hamuna *et al.*, 2018). Parameter elevasi yang ditampilkan

dalam penelitian ini merupakan cuplikan selang lima tahun yaitu pada tahun 2000, 2005, 2010, 2015 dan 2020 dengan bulan yang dipilih secara acak. Berikut merupakan tabel perhitungan parameter elevasi pasang surut di Perairan Kalianget kabupaten Sumenep:

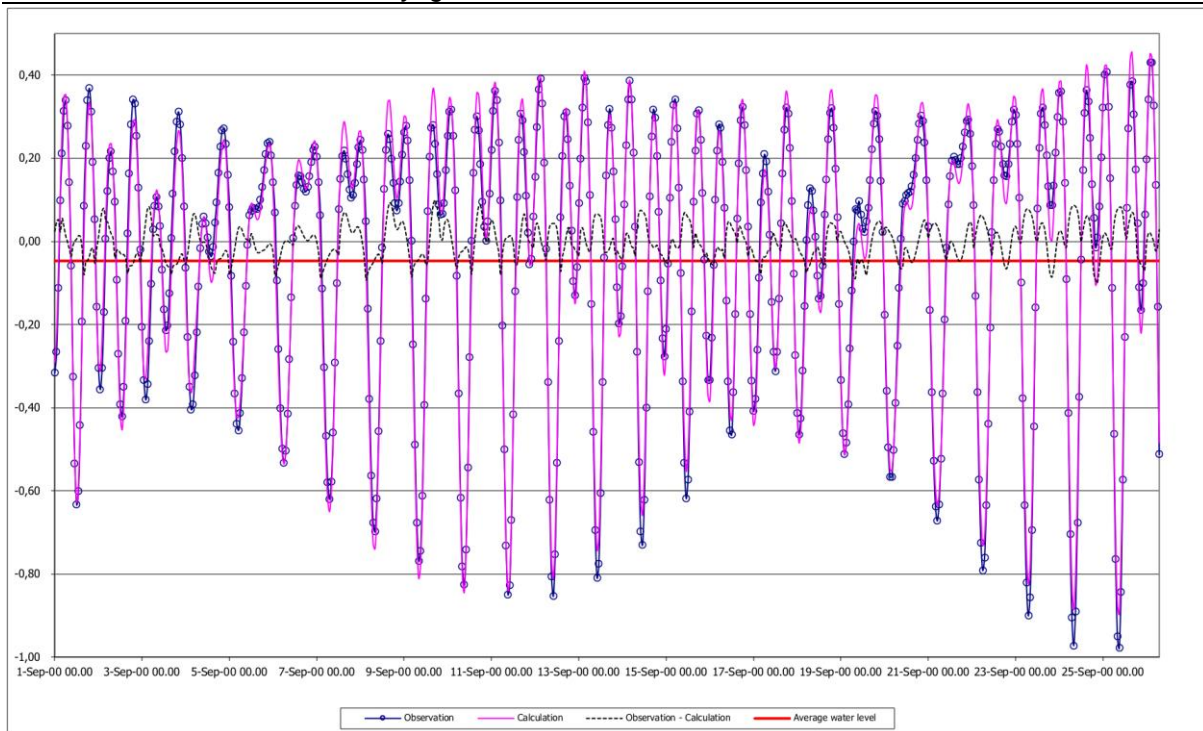
Tabel 2. Parameter elevasi di Perairan Kalianget kabupaten Sumenep

Konstituen	Simbol	September 2000	Maret 2005	Desember 2010	Juni 2015	Januari 2020
Higher High Water Level	HHWL	1,0091	0,9443	0,8746	0,9304	0,8983
Mean High Water Level	MHWL	0,7748	0,7233	0,6030	0,6621	0,6100
Mean Low Water Level	MLWL	-0,8683	-0,7976	-0,6227	-0,7362	-0,6383
Lower Low Water Level	LLWL	-1,1026	-1,0186	-0,8943	-1,0045	-0,9266

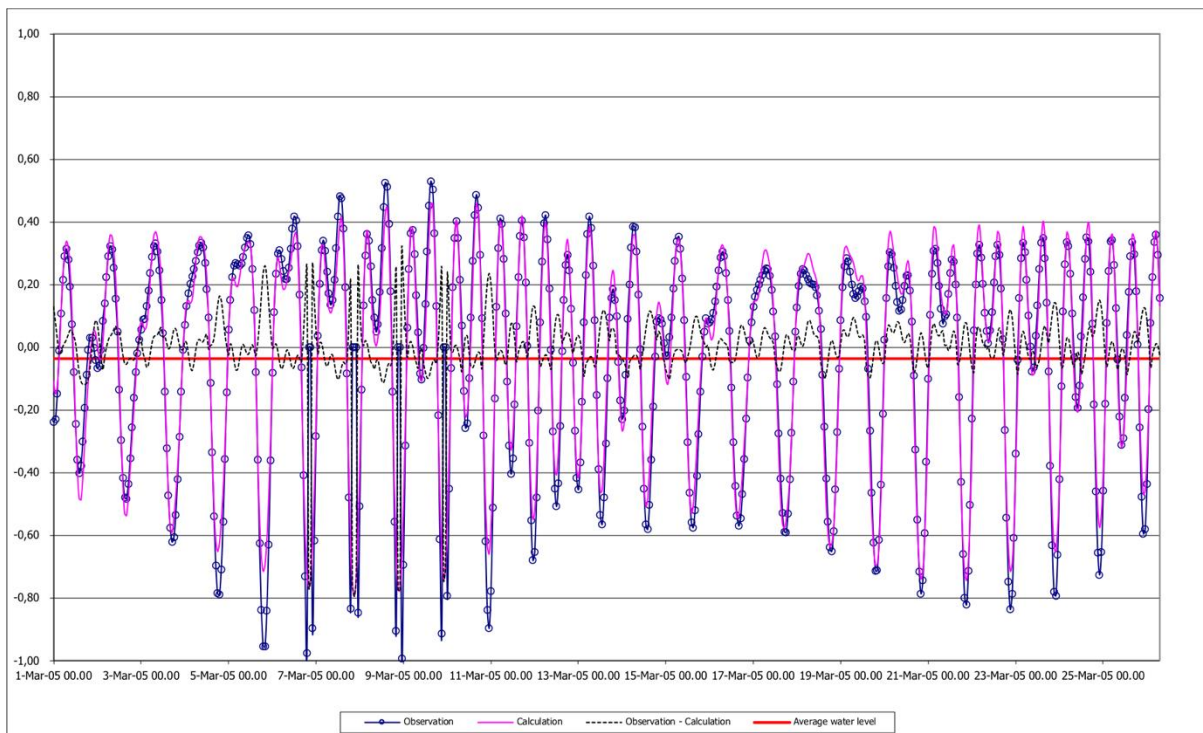
Penentuan tipe pasang surut dengan melihat bilangan Formzahl yang dihasilkan. Wyrski (1961); Triatmodjo (2012); Hamuna *et al.*, (2018) menyatakan bahwa perairan Indonesia memiliki tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda khususnya pada perairan Selatan dan Timur Jawa. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa tipe pasang surut di

perairan Kalianget Kabupaten Sumenep campuran cenderung ke harian ganda ($0.25 < F \leq 1.5$). Berikut merupakan cuplikan grafik pasang surut tahun 2000, 2005, 2010, 2015 dan 2020 di Perairan Kalianget kabupaten Sumenep:

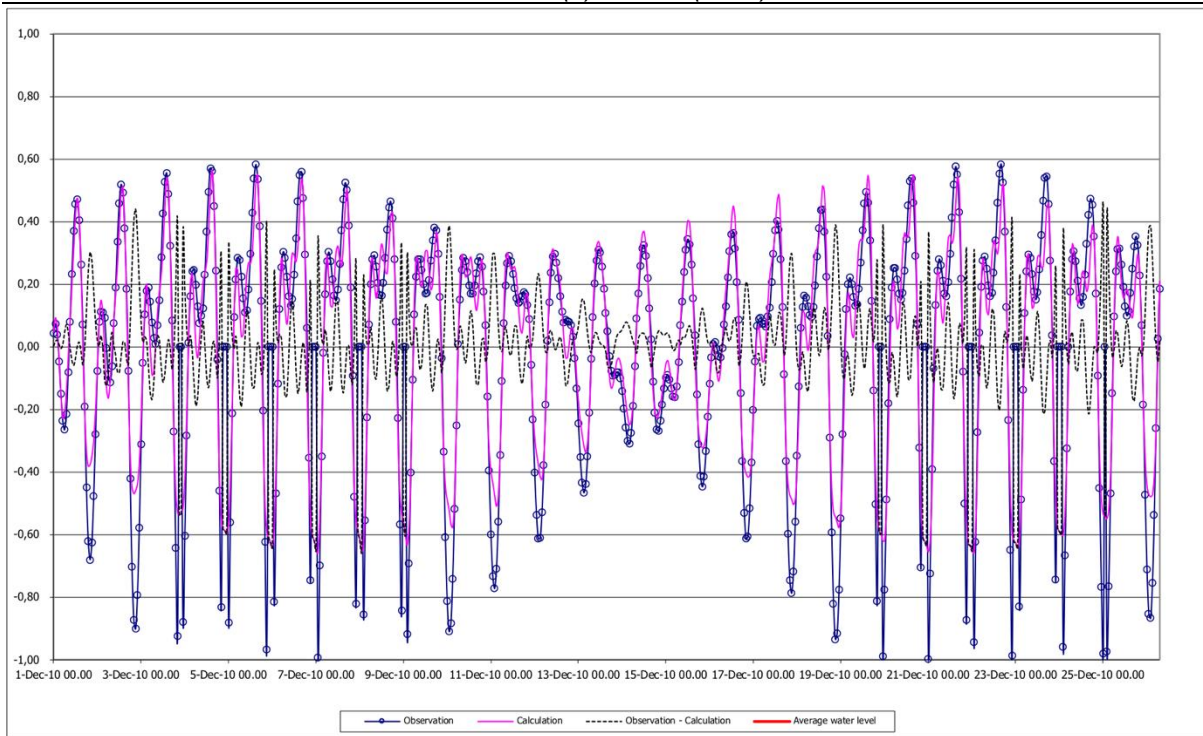
Prayogo, Analisis Kenaikan Muka Air Laut



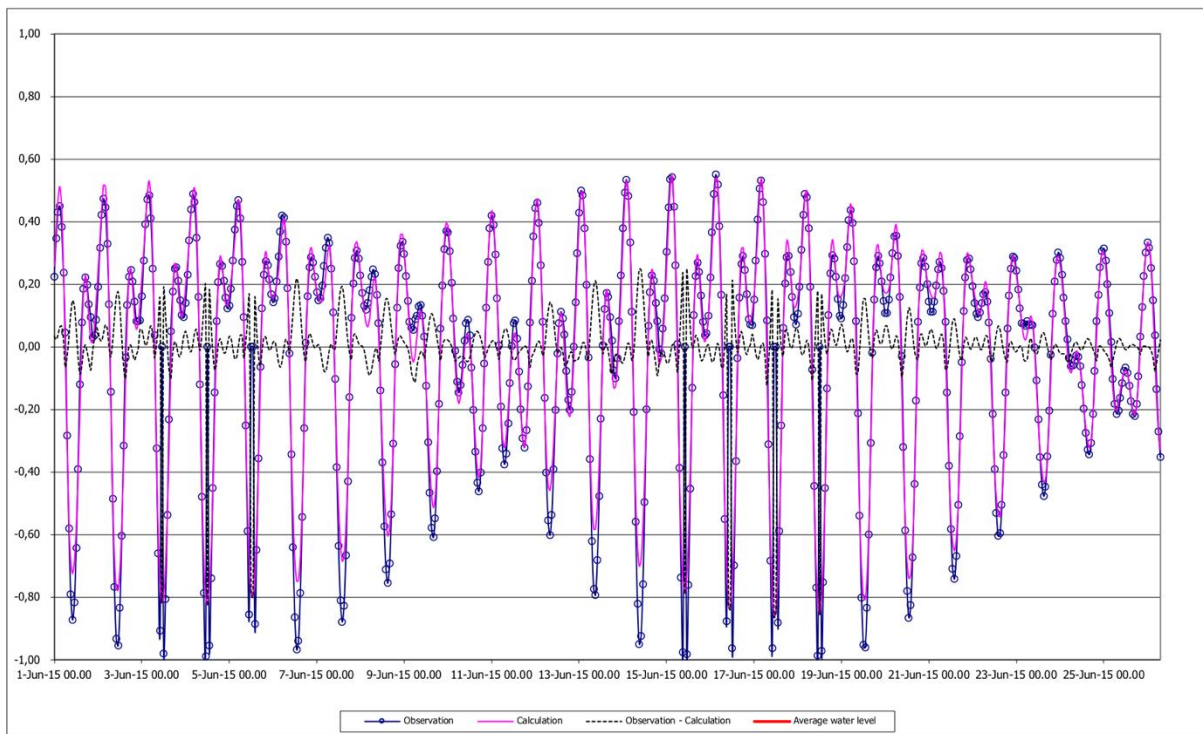
Gambar 2. Fluktuasi pasang surut di Perairan Kalianget kabupaten Sumenep (September 2010)



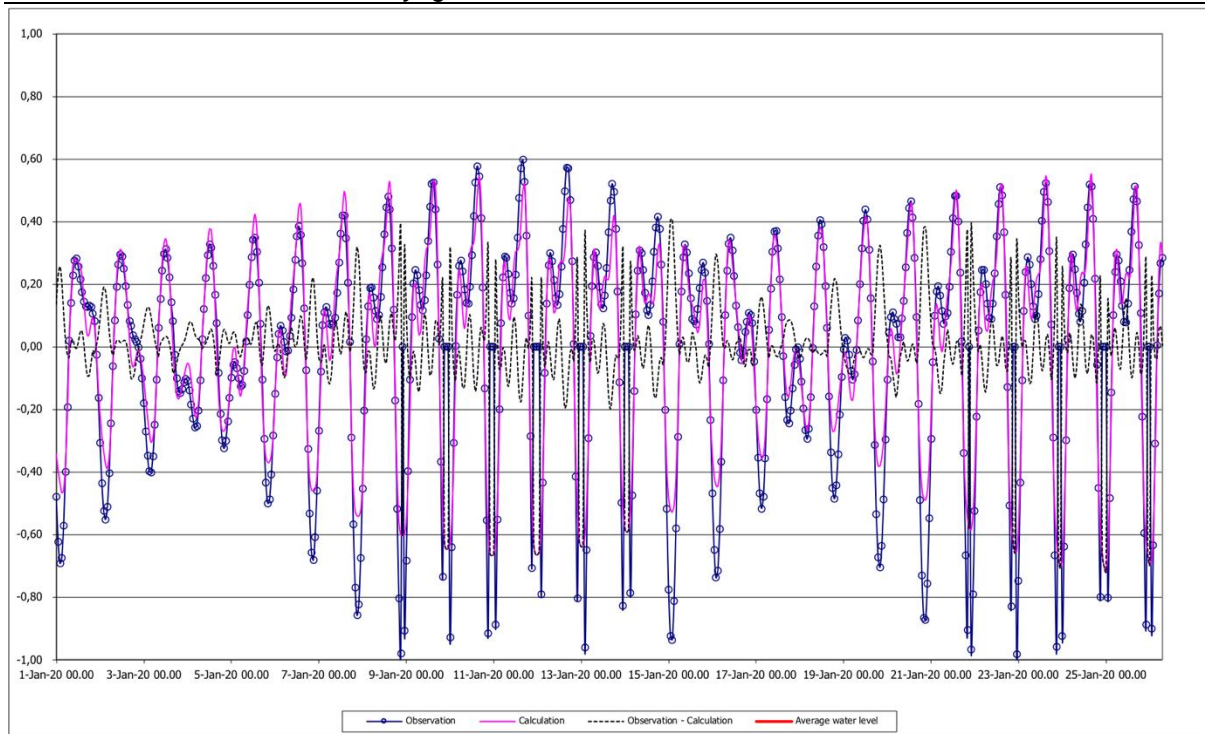
Gambar 3. Fluktuasi pasang surut di Perairan Kalianget kabupaten Sumenep (Maret 2005)



Gambar 4. Fluktuasi pasang surut di Perairan Kalianget kabupaten Sumenep (Desember 2010)



Gambar 5. Fluktuasi pasang surut di Perairan Kalianget kabupaten Sumenep (Juni 2015)



Gambar 6. Fluktuasi pasang surut di Perairan Kalianget kabupaten Sumenep (Januari 2020)

Diposaptono (2009); Holli (2012); Prayogo (2016) menyatakan bahwasannya kenaikan muka air laut pada 20 tahun mendatang diperkirakan sebesar 16 cm. Analisis kenaikan muka air laut di perairan Kalianget Kabupaten Sumenep menggunakan data pasang surut selama 20 tahun. Akumulasi kenaikan muka air laut dalam penelitian ini disajikan dalam skala 5 tahunan yaitu tahun 2000 hingga 2020. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa rata-rata setiap tahunnya perairan Kalianget Kabupaten Sumenep mengalami kenaikan sebesar 0.724 mm/ tahun. Pada tahun 2000 perairan Kalianget mengalami kenaikan muka air laut sebesar 4,677 mm. Kemudian pada tahun 2005 dan 2010 terjadi kenaikan sebesar 3,712 dan 0,984 mm. Selanjutnya pada tahun 2015 dan 2020 mengalami kenaikan muka air laut sebesar 3,703 dan 1,413 mm.

Tabel 3. Kenaikan muka air laut selama 20 tahun di Perairan Kalianget

Tahun	Kenaikan (mm)
2000	4,677
2005	3,712
2010	0,984
2015	3,703
2020	1,413
Jumlah	14,488
Rata-rata/ Tahun	0,724

Sehingga akumulasi kenaikan muka air laut selama 20 tahun di perairan Kalianget Kabupaten Sumenep sebesar 14,488 mm. Berikut merupakan tabel kenaikan muka air laut

selama 20 tahun di Perairan Kalianget kabupaten Sumenep.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari perhitungan data pasang surut di perairan Kalianget Kabupaten Sumenep menunjukkan bahwa tipe pasang surut Campuran, cenderung ke harian ganda ($0.25 < F \leq 1.5$). Tipe ini menjelaskan bahwa terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut yang terjadi secara teratur. Kenaikan muka air laut berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa rata-rata setiap tahunnya perairan Kalianget Kabupaten Sumenep mengalami kenaikan sebesar 0.724 mm/ tahun. Pada tahun 2000 perairan Kalianget mengalami kenaikan muka air laut sebesar 4,677 mm. Kemudian pada tahun 2005 dan 2010 terjadi kenaikan sebesar 3,712 dan 0,984 mm. Selanjutnya pada tahun 2015 dan 2020 mengalami kenaikan muka air laut sebesar 3,703 dan 1,413 mm. Sehingga akumulasi kenaikan muka air laut selama 20 tahun di perairan Kalianget Kabupaten Sumenep sebesar 14,488 mm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih Badan Informasi Geospasial (BIG) yang telah menyediakan data pasang surut sehingga dapat digunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sumenep. (2018). *Kecamatan Kalianget dalam Angka tahun 2018*. xi+85 hlm.
- Baigo Hamuna, Rosye H.R. Tanjung, John D. Kalor, Lisiard Dimara, E. I., & Maklon Warpur, Y. Y. P. P. dan K. P. (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.
- Diposaptono. (2009). *Menyiasati Perubahan Iklim di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*. Buku Ilmiah Populer.
- Handiani, D. N., Darmawan, S., Heriati, A., & Aditya, Y. D. (2019). Kajian Kerentanan Pesisir Terhadap Kenaikan Muka Air Laut di Kabupaten Subang-Jawa Barat. *Jurnal Kelautan Nasional*, 14(3), 145–154.
- Hidayah, Z., Prayogo, L. M., & Wardhani, M. K. (2018). Sea level rise impact modelling on small islands: Case study gili raja island of east Java. *MATEC Web of Conferences*, 1–8. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817701017>.
- Holli. (2012). *Pemodelan Genangan Banjir Pasang Air Laut di Kabupaten Sampang Menggunakan Citra ALOS dan Sistem Informasi Geografi*. Universitas Trunojoyo Madura.
- IPCC CZMS. (1992). A common methodology for assessing vulnerability to sea level rise. 2nd revision. In: *Global Climate Change and the Rising Challenge of the Sea*. IPCC CZMS. In *Ministry of Transport, Public Works and Water Management, The Hague, The Netherlands, Appendix C*.
- Khasanah, I. U. (2017). KENAIKAN MUKA AIR LAUT PERAIRAN SUMATERA BARAT BERDASARKAN DATA SATELIT ALTIMETRI JASON-2. *GEOMATIKA*, 23(1), 1–8.
- Klein, J. T., & Nicholls, R. J. (1999). Assessment of Coastal Vulnerability to Climate Change. *AMBIO A Journal of the Human Environment*, 28(2), 182–187.
- Ongkosongo, O. S. R., & S. (1989). *Pasang Surut* (Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (ed.)). Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Pemerintah Kabupaten Sumenep. (2017). *Pemerintah Kabupaten Sumenep*. <https://sumenepkab.go.id/> (Diakses 20 Februari 2021).
- Prayogo, L. M. (2016). *Pemodelan Genangan Kenaikan Muka Air Laut (Sea Level Rise) di Pulau Gili Raja Kabupaten Sumenep Menggunakan Citra Alos dan Sistem Informasi Geografi*. Ilmu Kelautan - Universitas Trunojoyo Madura. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62883123/SIG_S2_Luhur_Moekti_Prayogo20200408-124762-1c19d30.pdf?1586414123=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPEMODELAN_GENANGAN_KENAIKAN_MUKA_AIR_LAU.pdf&Expires=1613961715&Signature=XCqpqnS-Jj2TgtCSA (Diakses 21 Februari 2021).
- Ramadhan, P., Widada, S., & Subardjo, P. (2015). Dampak Kenaikan Muka Laut Terhadap Genangan Rob di Kecamatan Pademangan, Jakarta Utara. *Journal of Oceanography*, 4(1), 159–165.
- Triatmodjo, B. (2012). *Perencanaan Bangunan Pantai* (Vol. 2). Beta Offset. 327 hlm.
- Triatmodjo, Bambang. (2009). *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset. 490 hlm.
- Utami, W. S., Subardjo, P., & Helmi, M. (2017). Studi Perubahan Garis Pantai Akibat Kenaikan Muka Air Laut Di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal of Oceanography*, 6(1), 281–287.
- Wijaya, P. K., Sugianto, D. N., Muslim, M., Ismanto, A., Atmodjo, W., Widiaratih, R., & Hariyadi, H. (2019). Analisis Genangan Akibat Pasang Air Laut di Kabupaten Brebes. *Indonesian Journal of Oceanography*, 1(1), 6–12.
- Wyrтки, K. (1961). *Physical oceanography of the Southeast Asian waters*. In *Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand* (Vol. 2). The University of California.