

Karakteristik dan Peramalan Pasang Surut di Perairan Pagar Jaya, Lampung

Characteristics and tidal forecasting in Pagar Jaya, Lampung)

M Iskandar Wijaya T* dan Yanuar

Sumberdaya dan Teknologi Maritim, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Indonesia, 16424 Depok

*Corresponding author: odietayadi@gmail.com, yanuar@eng.ui.ac.id

ABSTRAK

Pasang surut adalah peristiwa alam tentang naik turunnya permukaan air laut yang terjadi secara berulang-ulang dan teratur karena adanya gaya gravitasi benda – benda di langit terutama bulan dan matahari terhadap massa air laut di bumi. Karakteristik dan peramalan pasang surut dapat diketahui dengan cara perhitungan mengenai data amplitudo dan beda fase yang merupakan komponen pasang surut. Peramalan pasang surut ditujukan untuk memperoleh informasi tinggi muka air laut di masa mendatang pada saat dan lokasi tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pasang surut dengan metode *Admiralty* meramalkan pasang surut dengan menggunakan software *World Tide* dan mengetahui kedudukan muka air laut di perairan Desa Pagar Jaya, Lampung selama 5 tahun ke depan. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 8 April – 22 April 2019 di Perairan Desa Pagar Jaya Lampung. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pasang surut pengamatan pada lokasi penelitian dan koordinat lokasi penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi kasus dimana dalam penelitian ini data penelitian berupa angka yang dianalisa secara kuantitatif dengan metode *Admiralty* dan *World Tide* yang akan menghasilkan karakteristik pasang surut di perairan berupa nilai koefisien yang akan digunakan untuk mengetahui tipe pasang surut, LLWL dan HHWL di suatu perairan. Hasil penelitian dengan menggunakan metode *Admiralty* menunjukkan bahwa tipe pasang surut di Perairan Desa Pagar Jaya, Lampung adalah tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda atau *mixed tide prevailing semidiurnal* dengan nilai *Formzahl* sebesar 0,52. Nilai *Mean Sea Level* (MSL) sebesar 96 cm, nilai *Higest High Water Level* (HHWL) sebesar 167 cm, dan nilai *Lowest Low Water Level* sebesar 25 cm. Peramalan pasang surut menggunakan *World Tides* dengan nilai MRE sebesar 0,3% menunjukkan bahwa HHWL tertinggi terjadi di bulan Desember 2021 dengan nilai sebesar 178 cm dan LLWL terendah terjadi di bulan Juni 2021 dengan nilai sebesar 19 cm.

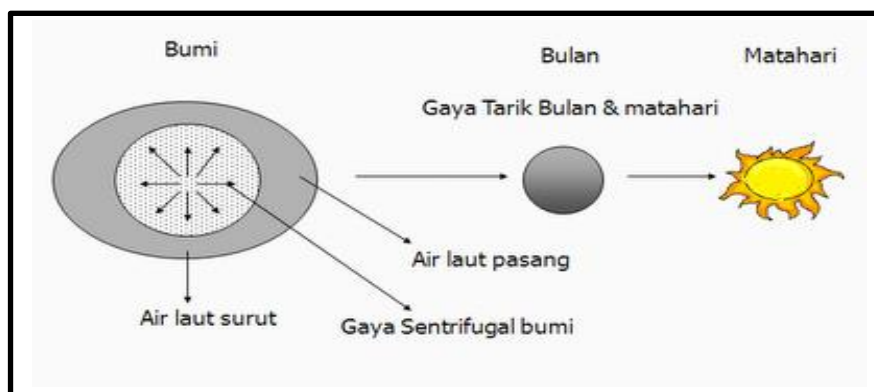
Kata kunci: pasang surut, peramalan, *admiralty*, *world tides*, Lampung

Pendahuluan

Desa Pagar Jaya Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung berada di ujung pulau Sumatera memiliki letak strategis dengan daerah pesisir dan garis pantai yang cukup panjang membuat Provinsi Lampung menjadi salah satu dari beberapa provinsi di Indonesia yang memiliki keindahan laut. Hal itu pula yang menyebabkan Provinsi Lampung tinggi akan potensi di bidang sumberdaya kelautan baik perikanan ataupun pariwisata. Desa Pagar Jaya merupakan desa yang akan dibuka untuk objek wisata di Provinsi Lampung, dengan berbekal keindahan alam baik wisata bahari maupun darat menjadikan desa Pagar Jaya dapat bersaing dengan destinasi lain karena potensi alam yang tidak dimiliki di daerah lain.

Pasang surut merupakan peristiwa naik turunnya permukaan air laut yang terjadi secara periodik yang diakibatkan oleh hubungan gravitasional antara matahari, bulan dan bumi. Selain faktor tersebut pasang surut juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti angin, curah hujan dan iklim faktor ini juga menentukan ketinggian tambahan pada permukaan laut dan fluktuasinya sepanjang masa

(Doodson, 1928). Dalam penelitiannya (Nayak, 2003) menyatakan bahwa peristiwa dimana permukaan air laut secara perlahan naik hingga mencapai ketinggian maksimum, peristiwa ini disebut sebagai pasang tertinggi. Sedangkan peristiwa dimana permukaan air laut secara perlahan turun hingga mencapai ketinggian minimum, peristiwa ini disebut sebagai surut terendah. (Ferrarin, 2015) menambahkan bahwa, jarak vertikal antara permukaan air tertinggi (puncak air pasang) dan permukaan air terendah (lembah air surut) yang berurutan disebut amplitudo. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air laut pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit, yang tergantung pada tipe pasang surut. Periode pada muka air naik disebut pasang, sedangkan pada saat air turun disebut surut. Menurut (Woodworth, 2010) gaya pembangkit pasang surut adalah gaya tarik menarik antara bumi terhadap bulan dan matahari serta planet – planet di sekitarnya namun pengaruh gaya tarik planet – planet lain sangatlah kecil sehingga dapat diabaikan. Kedudukan matahari bumi dan bulan berpengaruh pula pada besar kecilnya pasang surut yang akan terjadi.



Gambar 1. Gaya Pembangkit Pasang Surut

Peramalan pasang surut dengan ketepatan yang cukup baik sangatlah dibutuhkan pengamatan pasang surut yang memadai. Oleh karena itu (Pawlowicz R., 2002) menyatakan bahwa dibutuhkan pengukuran data pasang surut selama minimal 15 hari dan yang paling baik adalah selama 18,6 tahun. Prediksi pasang surut ditujukan untuk memperoleh informasi tinggi muka air laut di masa mendatang pada saat dan lokasi tertentu. Hasil prediksi ditampilkan dalam tabel yang berisi jam dan tinggi muka air. Selain dalam tabel untuk menyajikan informasi prediksi tinggi muka air dapat dilakukan dengan cara *co-tidal chart*. *Co-tidal chart* dibangun dengan interpolasi (tunggang atau keterlambatan fase pasut) dari beberapa stasiun pengamatan pasang surut. Dari interpolasi tersebut akan didapatkan masing-masing *co-range* dan *co-phase chart*. Penyajian dengan cara ini memberi informasi tinggi muka air pada lokasi-lokasi yang tidak tersedia stasiun pengamatan pasang surut (Wang G, 2019).

Pengetahuan mengenai kondisi pasang surut di Indonesia sangat penting bagi pengukuran, analisis dan pengkajian data muka air laut untuk berbagai kegiatan yang berkaitan dengan laut atau pantai seperti pelayaran antar pulau,

pencemaran laut, pengelolaan sumber daya hayati perairan atau pertahanan nasional. Selain itu pengetahuan pasang surut juga akan mempengaruhi cara hidup, cara kerja dan bahkan budaya masyarakat yang hidup di wilayah tersebut. Pengetahuan pasang surut secara global juga dapat memberikan informasi yang bermacam-macam baik untuk kepentingan ilmiah ataupun pemanfaatan secara luas. Pengetahuan tersebut dapat berupa nilai duduk tengah, tunggang air, tipe pasang surut dan peramalan pasang surut lainnya. Data pasang surut juga sangat diperlukan untuk mengetahui perubahan muka air laut bagi kepentingan pelayaran, maupun pariwisata.

Perairan desa Pagar Jaya dipilih sebagai daerah penelitian karena akan dibukanya desa tersebut menjadi desa wisata yang mana membutuhkan pembangunan infrastruktur lebih lanjut untuk kapal-kapal yang akan bersandar di perairan desa tersebut. Dalam hal ini fungsi pasang surut sangat dibutuhkan sekali khususnya untuk melihat karakteristik dan kedudukan muka air laut perairan yang akan dikembangkan dimana hal tersebut bermanfaat bagi banyak pihak terutama nelayan dan juga pemegang keputusan dalam mengelola perencanaan pengembangan kawasan pesisir.

Metodologi

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data pasang surut dan kondisi kedudukan muka air laut di perairan desa Pagar Jaya, Lampung selama 15 hari dengan interval 1 jam pada bulan April tahun 2019 menggunakan palem pasut yang dipasang di perairan desa Pagar Jaya. Selanjutnya alat dan bahan yang disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

No.	Nama Alat	Satuan	Akurasi	Kegunaan
1.	Palem Pasut	cm	1cm	Mengamati elevasi muka air laut
2.	GPS (<i>Global Positioning System</i>)	o ' "	5m	Menentukan titik sampling
4.	Alat Tulis	-	-	Mencatat data hasil pengamatan
5.	Tali	-	-	Pengikat palem pasut
6.	Jam	Sekon	1sekon	Penentu waktu pengamatan
7.	Senter	-	-	Penerangan pada saat Pengambilan data
8.	Laptop	-	-	Pengolahan data
9.	<i>Software Ms. Excel</i>	-	-	Pengolahan dan analisis data pasut dengan metode <i>Admiralty</i>
10.	<i>Software World Tides</i>	-	-	Prediksi data pasut

Pemasangan palem pasang surut pada pengamatan pasang surut di Perairan desa Pagar Jaya, Lampung ini memperhatikan beberapa faktor sesuai dengan pendapat (Imani M., 2018) yaitu sebagai berikut:

1. Palem dipasang dalam keadaan tegak lurus dan diikat dengan bambu atau kayu penyangga.
2. Palem dipasang dengan kokoh dan tidak berubah (tetap).
3. Palem dipasang pada lokasi yang mudah dalam pengamatan.

Pemasangan palem pasut harus memperhatikan beberapa faktor – faktor tertentu, yaitu :

1. Pada daerah terbuka, tetapi terlindung terhadap hempasan gelombang pada waktu badai maupun gelombang besar
2. Tidak dipengaruhi oleh kegiatan manusia yang dapat menyebabkan pengaruh besar pada lokasi perairan tersebut
3. Alat yang terpasang bisa mencapai nilai pasang tertinggi maupun surut terendah dari muka laut
4. Mudah diamati
5. Masih tergenang saat surut minimum

Data dari hasil pengamatan di lapangan kemudian dihitung dan dianalisa dengan metode harmonik yaitu metode *Admiralty*. Analisa harmonik metode *Admiralty* adalah analisa pasang surut yang digunakan untuk menghitung dua konstanta harmonik yaitu amplitudo dan keterlambatan fase, permukaan air laut rata-rata diperoleh dengan menghitung konstanta-konstanta pasang surut (Idier D, 2017). Setelah itu proses selanjutnya adalah memasukan data pasang surut tersebut kedalam program *World Tides* yang kemudian akan didapatkan amplitudo dari 35 komponen pasang surut yang tersedia (dalam meter atau *feet* sesuai dengan satuan yang dipilih) dan fase (dalam derajat) serta *Mean SeaLevel* (MSL) dari data pasang surut tersebut kemudian peramalan pasang surut dapat dilakukan dengan menggunakan data hasil analisis pasang surut sebelumnya dan akan menghasilkan grafik peramalan pasang surut tiap – tiap bulannya.

Hasil

Karakteristik Pasang Surut

Dari hasil pengamatan selama 15 hari tinggi muka air maksimal 181 cm, tinggi muka air minimum 30 cm dan tinggi rata-rata muka air 96 cm. Data pasang surut lapangan diolah berdasarkan perhitungan analisa harmonik menggunakan metode *Admiralty* didapat nilai Amplitudo (A) dan fase (g^o) setiap komponen, komponen pasang surut S_0 , M_2 , S_2 , N_2 , K_1 , O_1 , M_4 , MS_4 , K_2 , P_1 .

Tabel 2. Hasil Komponen Pasang Surut Desa Pagar Jaya, Lampung

	S_0	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_4	MS_4	K_2	P_1
A (cm)	96	34.9	15.4	10.1	18	8.2	0.8	0.3	4.2	5.9
g^o		84.3	348.4	90.9	292.7	177.1	168.2	71.4	348.4	292

Tipe pasang surut suatu perairan dapat diperoleh dengan menghitung nilai *Formzahl* yaitu perbandingan nilai konstanta pasang surut harian utama dengan nilai konstanta pasang surut ganda utama.

$$F = \frac{K1+01}{M2+S2}$$

$$F = \frac{26.2}{50.3}$$

$$F = 0.52$$

Hasil perhitungan nilai *Formzahl* Perairan Desa Pagar Jaya, Lampung sebesar 0,52 dengan tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda atau *mixed tide prevailing semidiurnal*, karena sesuai dengan klasifikasi dari nilai *Formzahl* $0,25 < F \leq 1,50$ merupakan tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda.

Elevasi pasang surut diperoleh dari pengolahan *Admiralty* berupa MSL, HHWL dan LLWL. Berdasarkan pengolahan *Admiralty* diperoleh nilainya sebagai berikut

Tinggi Muka Air Rata – Rata (Mean Sea Level)

$$MSL : A(So)$$

$$MSL = 96 \text{ cm}$$

Tinggi Muka Air Tinggi Tertinggi (Highest High Water Level)

$$HHWL : A(So) + \Sigma(M2+S2+K2+K1+O1+P1)$$

$$HHWL = 167 \text{ cm}$$

Tinggi Muka Air Rendah terendah (Lowest Low Water Level)

$$LLWL : A(So) - \Sigma(M2+S2+K2+K1+O1+P1)$$

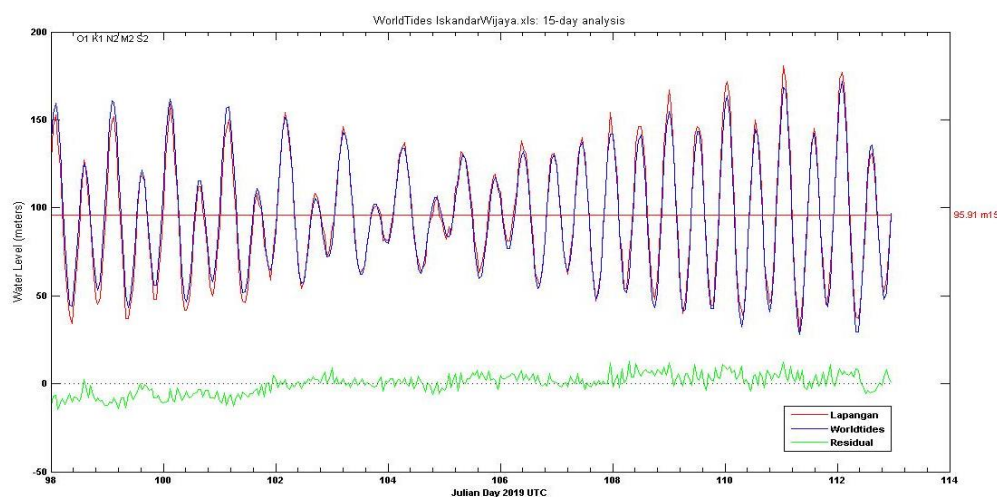
$$LLWL = 25 \text{ cm}$$



Gambar 2. Grafik Ketinggian Pasang Surut Perairan Desa Pagar Jaya, Lampung

Peramalan Pasang Surut

Peramalan pasang surut menggunakan metode *World Tides* di perairan Desa Pagar Jaya ini merupakan metode *Least Square* yang akan menghasilkan nilai amplitudo (cm), fase ($^{\circ}$), dan komponen pembentuk pasang surut. Peramalan dilakukan untuk menentukan gambaran pasang surut selama 5 tahun ke depan dimulai dari tahun yang sama pada saat pengambilan data 2019 sampai dengan tahun 2024.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Antara Data Pasang Surut Lapangan Dengan Peramalan Pasang Surut Menggunakan Metode *World Tide*.

Tabel 3. Nilai HHWL tertinggi dan LLWL terendah pada tiap tahunnya menggunakan Metode *World Tides*

WorlTide						
Tahun	Bulan	Max	Bulan	Min	Max	Min
2019	Oktober	174	November	22		
2020	November	177	Desember	19		
2021	Desember	178	Juni	19	178	19
2022	Mei	177	Januari	21		
2023	Oktober	175	November	22		
2024	Mei	178	Desember	20		

Diskusi

Karakteristik Pasang Surut

Berdasarkan data yang diperoleh selama 15 hari pengukuran pasang surut langsung di lapangan pada tanggal 8 April sampai dengan 22 April 2019 di perairan Desa Pagar Jaya, Lampung menunjukkan tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda. Keadaan pasang surut di perairan Nusantara ditentukan oleh penjarangan pasang surut dari Samudra Pasifik dan Hindia selain itu morfologi pantai dan batimetri perairan yang kompleks seperti terdapat banyak selat, palung dan laut yang dangkal dan laut dalam. Tipe pasang surut campuran condong ke

harian ganda ini disebabkan karena pengaruh pasang surut dari Samudera Hindia diperkirakan merambat memasuki teritorial Indonesia melalui Selat Sunda. Karena kondisi geografis Selat Sunda dan Laut Jawa yang dangkal, pasang surut yang merambat masuk mengalami perubahan tipe pasang surut.

Secara umum, besarnya amplitudo pasang surut yang terjadi di suatu kawasan perairan merupakan respon dari tenaga pembangkitnya. Walaupun demikian, pasang surut di perairan bergerak dalam bentuk penjalaran gelombang melintasi samudera di dunia. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengolahan metode *Admiralty* data pasang surut lapangan menunjukkan bahwa nilai M_2 adalah nilai yang paling mendominasi dengan nilai sebesar 34,9 cm jelas tampak bahwa konstanta harmonik M_2 memiliki nilai amplitudo terbesar. Hal ini dikarenakan konstanta harmonik M_2 sebagai komponen pasang surut bulan utama, umumnya memiliki amplitudo yang lebih besar dari amplitudo komponen harmonik lainnya. Namun demikian, apabila disesuaikan dengan perbandingan relatif kekuatan pasang surut sesuai tenaga pembangkitnya, amplitudo komponen pasang surut di lokasi perairan Desa Pagar Jaya, Lampung ini menampakkan ciri tersendiri. Bisa dilihat juga untuk nilai yang paling mendominasi setelah nilai M_2 adalah nilai K_1 dan S_2 yang merupakan komponen pembangkit pasang surut ganda dengan nilai sebesar 18 cm dan 15,4 cm, dengan hasil demikian bisa kita ketahui dengan jelas bahwa perairan Desa Pagar Jaya ini banyak dipengaruhi oleh pembangkit pasang surut harian ganda yang dipengaruhi oleh perubahan deklinasi bulan dan gaya gravitasi matahari. Untuk komponen lainnya seperti N_2 , O_1 , P_1 , K_2 yang merupakan komponen pembangkit pasang surut harian tunggal atau *diurnal* nilainya relatif kecil dengan nilai N_2 sebesar 10,1 cm, O_1 sebesar 8,2 cm, P_1 sebesar 5,9 cm, dan K_2 sebesar 4,2 cm yang bisa diambil kesimpulan bahwa pengaruh pembangkit pasang surut harian tunggal tidak terlalu berpengaruh banyak. Sedangkan untuk komponen M_4 dan MS_4 memiliki nilai yang paling kecil dari yang lainnya dengan nilai sebesar 0,8 untuk M_4 dan 0,3 untuk MS_4 , bisa diartikan bahwa perubahan kedangkalan tidak berpengaruh besar terhadap kondisi pasang surut di perairan Desa Pagar Jaya, Lampung. Pinet (1992) menyatakan bahwa M_2 merupakan komponen pasang surut utama dari bulan, sedangkan S_2 merupakan komponen pasang surut utama dari matahari. Perbandingan dari keduanya memperlihatkan kekuatan pasang surut yang dibangkitkan oleh matahari dan bulan di suatu kawasan perairan. Sebenarnya, pasang surut air laut dibangkitkan secara serentak oleh tenaga gravitasi matahari dan bulan. Namun demikian, beragamnya kontur dasar perairan dan konfigurasi garis pantai mengakibatkan terjadinya perbedaan amplitudo komponen pasang surut suatu kawasan perairan dan perairan lainnya. Lebih lanjut dijelaskan, K_1 disebut sebagai konstanta *sol-lunar* yang merupakan hasil dari perubahan deklinasi bulan dan matahari, sedangkan O_1 adalah konstanta diurnal dari bulan.

Dalam menentukan tipe pasang surut dapat ditentukan dengan cara melihat kurva pasang surut yang dihasilkan dari data lapangan setelah diolah menggunakan metode *Admiralty*. Siklus pasang surut campuran condong ke harian ganda bisa dilihat dari nilai *Formzahl*. Pasang campuran condong ke harian

ganda terjadi satu hari sebanyak dua kali pasang dan dua kali surut tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Fluktuasi utama jangkauan pasang surut lebih dominan disebabkan oleh perubahan deklinasi bulan. Nilai *Formzahl* dapat dicari dengan cara perbandingan nilai amplitudo M2 dijumlahkan S2 dengan Amplitudo K1 dijumlahkan S2. Hasil nilai *Formzahl* yang didapat dari pengolahan *Admiralty* sebesar 0,52. Nilai *Formzahl* yang didapat berada diantara $0,25 < F \leq 1,50$ jadi tipe pasang surut perairan Desa Pagar Jaya adalah tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda atau *mixed tide prevailing semidiurnal* yaitu terjadinya dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari.

Peramalan Pasang Surut

Berdasarkan data pasang surut lapangan yang diambil pada bulan April 2019 dan kemudian diolah menggunakan metode *World Tides* didapatkan hasil yang hampir menyerupai pengolahan metode *Admiralty* yaitu komponen – komponen pasang surut namun memiliki nilai yang berbeda dengan metode *Admiralty*. Peramalan pasang surut menggunakan metode *World Tides* mendapatkan hasil nilai HHWL, MSL, dan LLWL pada tiap bulannya selama 5 tahun yang bisa dilihat pada Lampiran 5. Nilai HHWL tertinggi pada periode peramalan terjadi pada bulan Desember tahun 2021 sebesar 178 cm dan untuk nilai LLWL terendah terjadi pada bulan Juni 2021 sebesar 19 cm. Nilai MSL untuk tiap bulannya cenderung sama dengan pengolahan menggunakan metode *Admiralty* yaitu 96 cm, hal ini dikarenakan data inputan metode *World Tides* menggunakan data pasang surut lapangan. Dengan ini hasil peramalan pasang surut selama 5 tahun dapat dijadikan sebagai bahan referensi untuk pembangunan dan pengembangan perairan Desa Pagar Jaya, Lampung.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil antara lain bahwa perairan Desa Pagar Jaya, Lampung memiliki karakteristik dengan tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda atau *mixed tide prevailing semidiurnal* dimana memiliki nilai *Formzahl* (F) sebesar 0,52. Nilai elevasi muka air laut berupa MSL sebesar 96 cm, HHWL sebesar 167 cm, LLWL sebesar 25 cm. Peramalan pasang surut dengan metode *World Tides* selama 5 tahun menunjukkan bahwa HHWL tertinggi terjadi pada bulan Desember tahun 2021 dengan ketinggian 178 cm dan LLWL terendah terjadi pada bulan Juni tahun 2021 dengan ketinggian 19 cm

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di perairan Desa Pagar Jaya, Lampung sebaiknya perlu dilakukan kajian tambahan mengenai faktor – faktor fisis lain seperti gelombang dan bathimetri yang turut mempengaruhi kedalaman dan kedudukan muka air laut.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada rekan – rekan Forum Penyelam Mahasiswa Indonesia dan beserta seluruh Tim Peneliti yang telah banyak membantu baik dari segi

pengambilan data maupun dalam bentuk bantuan lainnya sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

- Amiri-Simkooei, A.R., Zaminpardaz, S. and Sharifi, M.A., 2014. Extracting tidal frequencies using multivariate harmonic analysis of sea level height time series. *Journal of Geodesy*, 88(10), pp.975-988.
- Boon, J.D., 2007. *World Tides User Manual*. Version, 1, p.25. Cai, S., Liu, L. and Wang, G., 2018. Short-term tidal level prediction using normal time-frequency transform. *Ocean Engineering*, 156, pp.489-499.
- Doodson, A.T., 1928. VI. The analysis of tidal observations. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character*, 227(647-658), pp.223-279.
- Ferrarin, C., Tomasin, A., Bajo, M., Petrizzo, A. and Umgiesser, G., 2015. Tidal changes in a heavily modified coastal wetland. *Continental Shelf Research*, 101, pp.22-33.
- Guo, Z., Pan, H., Cao, A. and Lv, X., 2018. A harmonic analysis method adapted to capturing slow variations of tidal amplitudes and phases. *Continental Shelf Research*, 164, pp.37-44.
- Idier, D., Paris, F., Le Cozannet, G., Boulahya, F. and Dumas, F., 2017. Sea-level rise impacts on the tides of the European Shelf. *Continental Shelf Research*, 137, pp.56-71.
- Nayak, R.K. and Shetye, S.R., 2003. Tides in the Gulf of Khambhat, west coast of India. *Estuarine, coastal and shelf science*, 57(1-2), pp.249-254.
- Pawlowicz, R., Beardsley, B. and Lentz, S., 2002. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. *Computers & Geosciences*, 28(8), pp.929-937.
- Seiler, U., 1991. Periodic changes of the angular momentum budget due to the tides of the world ocean. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 96(B6), pp.10287-10300.
- Tsimplis, M.N., 1994. Tidal oscillations in the Aegean and Ionian Seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 39(2), pp.201-208.
- Warburg, H.D., 1919. The Admiralty tide tables and North Sea tidal predictions. *The Geographical Journal*, 53(5), pp.308-326.
- Webb, D.J., 1973, September. On the age of the semi-diurnal tide. In *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts* (Vol. 20, No. 9, pp. 847-852). Elsevier.
- Woodworth, P.L., 2010. A survey of recent changes in the main components of the ocean tide. *Continental shelf research*, 30(15), pp.1680-1691.

