

**KARAKTERISTIK PASANG SURUT DI PERAIRAN PULAU BINTAN BAGIAN TIMUR
MENGUNAKAN METODE ADMIRALTY
CHARACTERISTIC OF TIDAL IN THE EASTERN BINTAN ISLAND WATERS USING ADMIRALTY
METHODS**

Khairunnisa¹, Dony Apdillah^{1,3,4*}, Risandi Dwirama Putra²

¹Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang

²Jurusan Teknik Perkapalan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang

³Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang

⁴Pusat Penelitian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang

*Corresponding author e-mail: donyapdillah@umrah.ac.id

Submitted: 13 February 2020 / Revised: 22 April 2021 / Accepted: 28 April 2021

<http://doi.org/10.21107/jk.v14i1.9928>

ABSTRACT

This study aims to analyze of tidal in the Eastern Bintan Island waters, including the harmonic constant value, water level elevation and type of tidal. This study used tidal observation data obtained from the Badan Informasi Geospasial (BIG) during 2015-2019. The tidal harmonic constant value is calculated using the Admiralty method, which is one of the harmonic methods that calculates the mean sea level and the sinuoidal function. Admiralty calculations used schemes and tables which are operationalized by Excel software. The water level field observation was carried out in August 2020 with the Tide master instrument. The analysis results obtained 9 harmonic constants which are then used to determine the Formzahl number and water level elevation. Furthermore, the calculation results of harmonic constants and water level elevations are used in tidal forecasting for the next 8 months using Worldtides software. The results showed that the Eastern Bintan Island waters had a tye of Mixed Tide Prevailing Semi Diurnal. Meanwhile, the water level elevation has a Mean High Water Spring (MHWS) of 403.2 cm (SE±3.2), Mean High Water Level (MHWL) of 381.6 cm (SE ± 3.47), Mean Sea Level (MSL) value was 268.2 cm (SE±3.1), Mean Low Water Level (MLWL) was 154.6 cm (SE±2.77) and Mean Low Water Spring (MLWS) was 133 cm (SE±3.1). Tide prediction accuracy test results obtained RMSE value generated at 0.098. These results indicate a small error rate, it can be used as a reference for development planning in the Eastern Bintan Island waters.

Keywords: Admiralty, Eastren Bintan Island, Tidal, Water level elevation

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik pasang surut di Perairan Pulau Bintan Bagian Timur mencakup nilai konstanta harmonik, elevasi muka air dan tipe pasang surut. Penelitian menggunakan data observasi pasang surut yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) selama tahun 2015-2019. Nilai konstanta harmonik pasang surut dihitung menggunakan metode Admiralty, yakni merupakan salah satu dari metode harmonik yang perhitungannya melibatkan kedudukan permukaan air laut rata-rata dan fungsi sinuoidal. Perhitungan Admiralty menggunakan bantuan skema dan Tabel yang dioperasionalkan dengan perangkat lunak Excel. Pengamatan lapang tinggi air dilakukan pada Bulan Agustus 2020 dengan instumen Tide master. Hasil analisis diperoleh 9 konstanta harmonik yang selanjutnya digunakan untuk menentukan bilangan Formzahl dan elevasi muka air. Selanjutnya hasil perhitungan konstanta harmonik dan elevasi muka air digunakan dalam peramalan pasang surut untuk 8 bulan kedepan menggunakan perangkat lunak Worldtides. Hasil penelitian menunjukkan wilayah perairan Pulau Bintan Bagian Timur memiliki tipe pasang surut campuran condong harian ganda. Sedangkan elevasi tinggi muka air memiliki rerata tinggi muka air pada saat pasang purnama (MHWS) sebesar 403,2 (SE±3,2) cm, rata-rata MHWL sebesar 381,6 (SE±3,47) cm, rata-rata nilai MSL 268,2 (SE±3,1) cm, rata-rata MLWL 154,6 (SE±2,77) cm dan rata-rata MLWS sebesar 133 (SE±3,1) cm. Hasil uji akurasi prediksi pasang surut diperoleh nilai RMSE yang dihasilkan sebesar 0,098. Hasil ini

menunjukkan tingkat kesalahan yang kecil, dapat digunakan sebagai bahan referensi untuk perencanaan pembangunan di perairan Pulau Bintan Bagian Timur.

Kata kunci: Admiralty, Elevasi muka air, Pasang surut, Pulau Bintan Bagian Timur

PENDAHULUAN

Pengetahuan terkait dinamika gerak muka air ini dapat memberikan gambaran umum tentang frekuensi terjadinya pasang atau surut yang terjadi pada satu atau dua kali dalam sehari, dan juga dapat memberikan gambaran umum untuk merencanakan aktifitas pada suatu lokasi di sekitar perairan (Nurisman *et al.*, 2012). Pengetahuan pasang surut sangat penting dikaji guna untuk berbagai aktivitas yang berkaitan dengan pelayaran dan keselamatan navigasi (Sangkop *et al.*, 2015; Irawan, 2016; Tanto *et al.*, 2016) rencana pembangunan pelabuhan (Irawan, 2017; Pratama *et al.*, 2015; Fadilah *et al.*, 2014), bidang pertahanan nasional (Trismadi *et al.*, 2016), pengembangan pariwisata bahari (Ondara *et al.*, 2017). Selain itu pengetahuan pasang surut juga akan mempengaruhi cara hidup, cara kerja dan bahkan budaya masyarakat yang hidup di wilayah tersebut.

Metode *admiralty* merupakan salah satu dari beberapa metode dalam nalisis pasang surut yang mampu menguraikan karakteristik level muka air mencakup informasi konstanta harmonik pasang surut, elevasi muka air dan tipe pasang surut (Hendri *et al.*, 2019; Wicaksono *et al.*, 2016; Supriyono *et al.*, 2015; Korto *et al.*, 2015) umumnya digunakan dalam perencanaan bangunan pantai maupun untuk berbagai aktivitas lainnya. Metode ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya akurasi yang baik dan dapat menggunakan data pengamatan pasut dalam deret waktu waktu pendek, menghasilkan sembilan komponen pasang surut. Metode *admiralty* juga memiliki kelebihan dalam hasil penentuan nilai bilangan Formzal lebih mendekati atau berkesesuaian dengan nilai referensi (Sangkop *et al.*, 2015; Hendri *et al.*, 2012).

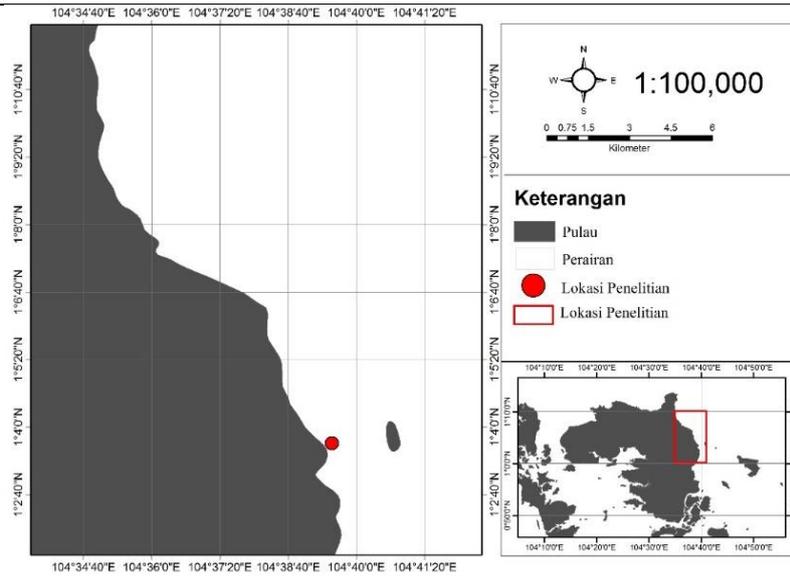
Pulau Bintan bagian Timur merupakan salah satu destinasi wisata bahari utama di Provinsi Kepulauan Riau. Perairan pesisir Pulau Bintan telah sejak lama dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan ekonomi, seperti wisata bahari, jalur pelayaran, lokasi penangkapan ikan, budidaya dan daerah perlindungan laut (Helfinalis *et al.*, 2020). Meningkatnya kegiatan pembangunan di Pulau Bintan bagian timur sebagai wilayah potensial pertumbuhan ekonomi baru, telah meningkatkan aktivitas kegiatan pembangunan di wilayah pesisirnya, seperti pembangunan

pelabuhan untuk transportasi antar pulau, pembangunan bangunan resort di tepi pantai (hotel dan restoran), permukiman, dan aktifitas pembangunan fisik lainnya yang mendukung destinasi wisata bahari (Irawan, 2013). Oleh karena itu, untuk mendukung pembangunan tersebut dibutuhkan suatu informasi karakteristik dan dinamika muka air laut, namun sampai saat ini informasi pasang surut di Pulau Bintan masih minim, sulit diakses oleh masyarakat, selain itu gerak muka air atau pasang surut di Perairan Pulau Bintan menarik untuk dikaji melihat letak geografis Pulau Bintan berdekatan dengan Selat Malaka dan Laut Cina Selatan. Dua sumber masuknya massa air ini tentu akan menjadikan karakteristik pasang surut yang unik di Perairan Pulau Bintan.

Pentingnya pengetahuan mengenai karakteristik pasang surut, membuat penelitian ini berfokus pada pemahaman komponen harmonik pembangkit pasang surut, tipe pasang surut dan elevasi muka air di Perairan Pulau Bintan Bagian Timur. Pemahaman karakteristik pasang surut penting dalam prediksi tinggi muka air secara akurat, guna merencanakan aktivitas navigasi pelayaran, hidrografi, perencanaan pembangunan dermaga dan pendukung data perjalanan *ecotourism* di Perairan Pulau Bintan Bagian Timur.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai Desember 2020 berlokasi di Pulau Bintan Bagian Timur (**Gambar 1**). Penelitian ini menggunakan data sekunder tinggi air yang berasal dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan interval waktu pengamatan selama 1 (satu) jam mulai dari tahun 2015 sampai 2019. Sementara itu data primer berupa tinggi air pengamatan lapangan diukur dengan menggunakan instrumen *tide master* pada bulan Agustus 2020. *Tide master* (tipe Valeport 52852) merupakan alat pengukur tinggi air *portable* dengan *longer* unit, yakni mampu menyimpan data panjang, terdiri dari transduser dan *panel display* (**Gambar 2**). Instrumen ini bekerja dengan prinsip pengukuran tekanan dalam air yang dikonversi menjadi tinggi air. *Transducer* di tempatkan pada dasar perairan yang selalu tergenang air walaupun pada saat surut terendah, kemudian data yang direkam diatur dalam interval 1 jam disimpan pada *data logger*. Spesifikasi instrument disajikan pada **Tabel 1**.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Valeport Tide Master yang digunakan

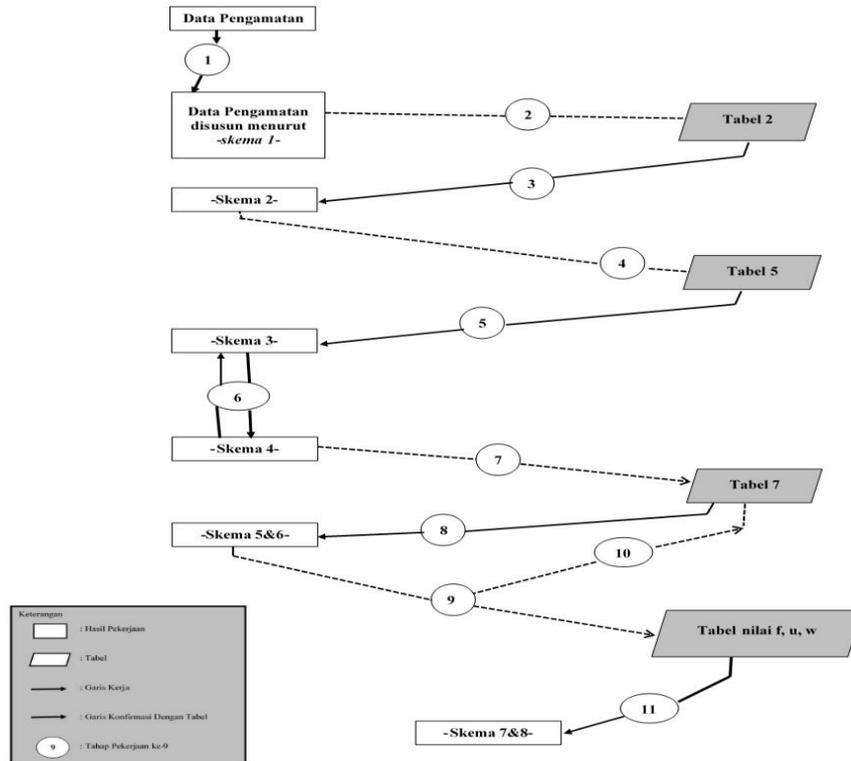
Tabel 1. Sfesifikasi Peralatan pengukur pasang surut Valeport Tide Master

Sfesifikasi	Keterangan
Tipe Transduser	Pengukur regangan berventilasi, bahan stainless
Jangkauan	Standar 10 dBar (10 m), dengan panjang kabel 20m
Akurasi	$\pm 0.1\%$
Calibrasi	<i>Held within logging unit.</i>
Display	OLED Display 128x64
Daya Internal	4 sel "C" battery
Daya Eksternal	9-30 Volt DC
Memory	512 MB SD card
Dimensi:	Housing 47mm x 110mm x 197mm
Berat:	1,1 kg

Metode Admiralty

Metode *Admiralty* merupakan salah satu dari metode harmonik, dimana dalam perhitungannya melibatkan kedudukan muka air laut rata-rata dan fungsi *sinoidal*. Proses

perhitungan dengan metode *Admiralty* dilakukan secara sistematis dengan bantuan tabel dan skema (Supriyadi et al., 2018). Diagram alir analisis data dengan tabel dan skema disajikan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Diagram Alir Pengolahan Data menggunakan Tabel dan Skema

Analisis data pasang surut dengan metode *admiralty* mempunyai tiga tahapan yaitu; Tahap pertama, kedua dan ketiga yang disusun mulai dari skema 1 sampai dengan skema 8 (Supriyadi *et al.*, 2008; Adibrata, 2007). Tahap pertama; yaitu dengan cara memisahkan komponen – komponen utama pasang surut berdasarkan hariannya. Tahap kedua; yaitu dengan cara memisahkan komponen – komponen utama pasang surut berdasarkan bulannya. Tahap ketiga; yaitu diperolehnya nilai ketinggian *Mean Sea Level* (S_0) serta nilai konstanta utama pasang surut seperti M_2 , S_2 , N_2 , K_1 , O_1 , M_4 , MS_4 , K_2 , dan P_1 . Proses perhitungan 9 komponen pasut tersebut dilakukan untuk data 29 piantan/hari, mulai dari tanggal 1 Januari sampai 29 Januari 2015, selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama untuk bulan Februari hingga Desember 2015. Begitu pula untuk data tahun 2016 hingga 2019 semua dilakukan pada 29 hari piantan sehingga didapat 12 kali ulangan untuk setiap tahunnya. Kemudian data

hasil perhitungan komponen harmonik pasut dirata-ratakan untuk memperoleh komponen pasang surut tahunan.

Analisis Elevasi Pasang Surut

Parameter elevasi pasang surut penting yang diukur meliputi; *MSL* (*Mean Sea Level*), *MHWS* (*Mean High Water Spring*), *MHWL* (*Mean High Water Level*), *MLWL* (*Mean Low Water Level*) dan *MLWS* (*Mean Low Water Spring*). Dari parameter datum di atas, *MHWS* dan *MLWS* merupakan parameter penting dalam menentukan perencanaan pembangunan suatu wilayah perairan karena mengacu kepada ketinggian air tertinggi dan terendah di suatu pelabuhan (Supriyadi *et al.*, 2018). Elevasi pasang surut dapat ditentukan menggunakan komponen pasang surut melalui perhitungan rumus-rumus pada **Tabel 2** mengacu pada Wuaten *et al.*, (2018) dan Supriyadi *et al.*, (2018).

Tabel 2. Perhitungan Elevasi Pasang Surut

Elevasi	Simbol	Perhitungan
<i>Mean High Water Spring</i>	MHWS	$S_0 + (M_2 + S_2)$
<i>Mean High Water Level</i>	MHWL	$S_0 + (M_2 + K_1 + O_1)$
<i>Mean Sea Level</i>	MSL	S_0
<i>Mean Low Water Level</i>	MLWL	$S_0 - (M_2 + K_1 + O_1)$
<i>Mean Low Water Spring</i>	MLWS	$S_0 - (M_2 + S_2)$
<i>Lowest Astronomical Tide</i>	LAT	$S_0 - (all\ constituents)$

Analisis Tipe Pasang Surut

Nilai komponen harmonik pasang surut kemudian digunakan untuk mendapatkan bilangan *formzahl* untuk menentukan tipe pasang surut dengan rumus (Supriyadi et al.):

$$F = \frac{O_1 + K_1}{M_2 + S_2} \dots\dots\dots 1$$

Dimana : F merupakan Bilangan *Formzahl*, K1 adalah konstanta harmonik pasang surut diurnal akibat gaya tarik matahari dan bulan, O1

adalah konstanta harmonik pasang surut diurnal akibat gaya tarik bulan, M2 merupakan konstanta harmonik pasang surut semi diurnal akibat gaya tarik bulan dan S2 adalah konstanta harmonik pasang surut semi diurnal akibat gaya tarik matahari.

Hasil perhitungan nilai bilangan *Formzahl* kemudian digunakan untuk menentukan jenis atau tipe pasang surut pada perairan (**Tabel 3**) mengacu pada Supriyadi et al., (2018) dengan kriteria sebagai berikut:

Tabel 3. Tipe Pasang Surut berdasarkan Bilangan *Formzahl*

No.	Bilangan <i>Formzahl</i>	Jenis Pasang Surut
1	0.00 < F < 0.25	Pasang Surut Harian Ganda
2	0.25 < F < 1.5	Pasang Surut Campuran Condong Harian Ganda
3	1.5 < F < 3	Pasang Surut Campuran Condong Harian Tunggal
4	F > 3	Pasang Surut Harian Tunggal

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Level Muka Air Laut

Tinggi level muka air laut di perairan Bintang Bagian Timur menunjukkan bahwa pada tahun 2015 samapai 2019 mencapai 382 cm dan level muka air laut terendah sebesar 155 cm dengan tinggi level muka air rata – rata sebesar 268 cm. Fluktuasi level muka air laut terbesar terjadi pada tahun 2019, terutama disebabkan oleh pengaruh jarak bulan dengan bumi dan posisi bumi, bulan dan matahari yang saling sejajar.

Kedua fenomena tersebut dapat menyebabkan terjadinya level air pasang yang tinggi dan level air surut yang rendah. Fluktuasi rinci level muka air laut disajikan pada **Gambar 4**.

Komponen Harmonik Pasang Surut

Berdasarkan data tinggi level muka air di Perairan Bintang Bagian Timur maka dihasilkan komponen harmonik pasang surut yang disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Analisis Komponen Harmonik Pasang Surut untuk Bulan Desember

Tahun	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄
2015	260.07	112.10	22.68	100.56	28.87	74.81	67.73	111.54
2016	263.92	112.88	20.96	99.10	28.28	74.26	68.35	96.89
2017	267.17	114.14	20.78	100.52	28.72	72.67	69.62	101.78
2018	277.66	113.96	19.97	97.42	29.15	69.75	74.12	112.02
2019	271.62	114.79	22.58	100.41	29.13	66.31	74.32	117.33

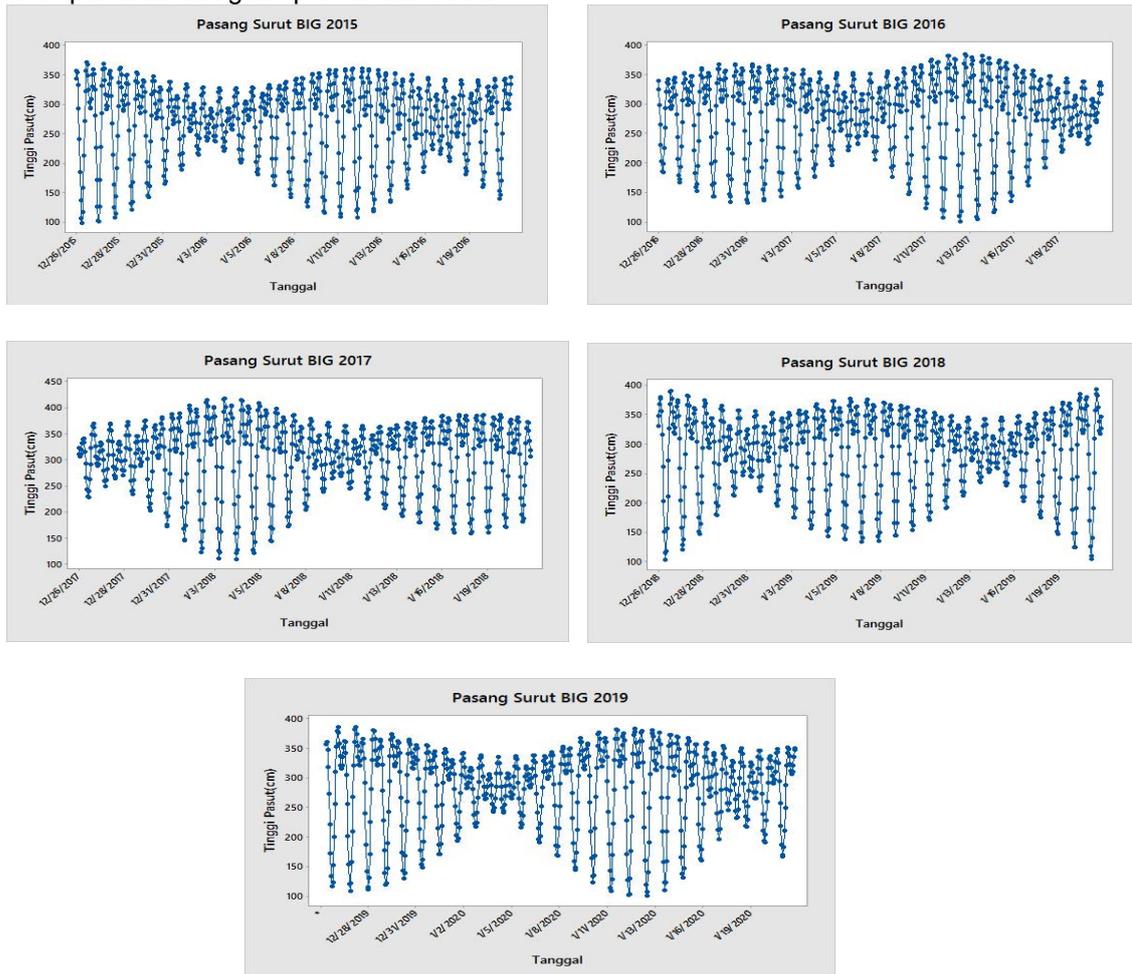
Berdasarkan hasil perhitungan komponen harmonik pasang surut, dapat diketahui bahwa komponen dominan yang membangkitkan pasang surut di perairan Pulau Bintang Bagian Timur sangat dipengaruhi oleh komponen M2 yakni sebesar 118.35 cm sedangkan komponen terendah terdapat pada komponen S2 (komponen harian ganda akibat pengaruh matahari) sebesar 7.78 cm. Berdasarkan data level muka air nilai komponen pasang surut dominan dipengaruhi komponen M2 (komponen harian ganda akibat pengaruh bulan), nilai komponen tersebut lebih dominan di banding komponen lainnya dimana kisarannya berkisar dari 112,10 – 114,79 cm. Sementara itu komponen pasang surut terendah terdapat pada komponen S2 (komponen harian ganda akibat pengaruh matahari) dengan kisaran 19,97 – 22,68 cm.

Sedangkan untuk komponen MS4 (komponen campuran akibat pengaruh matahari dan bulan) memiliki nilai yang juga besar dengan nilai kisaran 96,89 – 117,33 cm, hal ini sebagai petunjuk bahwa perubahan faktor kontur kedalaman berpengaruh terhadap kondisi pasang surut di perairan Pulau Bintang Bagian Timur. Hal ini diperkuat oleh pendapat Wijaya dan Yanuar (2019) menyatakan bahwa komponen M2 merupakan komponen harmonik pasang surut utama dari bulan dan komponen S2 merupakan komponen pasut utama dari matahari. Perbandingan dari keduanya memperlihatkan kekuatan pasang surut yang dibangkitkan oleh matahari dan bulan di suatu kawasan perairan.

Pada komponen N2, O1 dan K1 (merupakan komponen pembangkit pasang surut harian

tunggal) nilainya cukup tinggi, dimana N2 sebesar 97,42 – 100,56 cm, O1 dengan nilai kisaran 66,31 – 74,81 cm, dan K1 sebesar 28,28 – 29,15 cm yang menunjukkan bahwa pengaruh pembangkit pasang surut harian tunggal cukup berpengaruh. Menurut Rampengan (2013) besaran nilai amplitudo dari komponen pasang surut di suatu perairan merupakan pengaruh faktor dari tenaga pembangkitnya, pergerakan pasang surut di suatu perairan dapat terjadi dalam bentuk penjalaran gelombang, hal ini dapat memberikan pengaruh pada besaran nilai amplitudo dari tiap komponen harmonik pasang surut sebagai akibat dari topografi dasar perairan dan garis pantai dari suatu

perairan. Kondisi perairan yang memiliki tipe pasang surut campuran condong harian ganda lebih di dominasi oleh satu atau dua siklus pasang surut dalam satu hari dengan ketinggian air pada saat pasang maupun surut berbeda, namun dalam waktu tertentu terkadang terjadi satu siklus pasang surut. Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi dinamika pasang surut mulai dari rotasi bumi, revolusi bulan terhadap matahari, revolusi bumi terhadap matahari, topografi dasar laut, lebar dan bentuk selat atau teluk, kedalaman dan luas perairan (Siswanto 2012; Rahmawati et al 2015).



Gambar 4. Tinggi level muka air di Perairan Bintang Bagian Timur untuk bulan Desember tahun 2015-2019

Bilangan Formzahl dan Tipe Pasut

Berdasarkan hasil perhitungan komponen harmonik pasang surut maka diperoleh nilai bilangan *formzahl*. Bilangan *formzahl* digunakan sebagai dasar untuk penentuan tipe pasang surut. Hasil perhitungan *formzahl* menunjukkan bahwa Perairan Bintang Bagian Ti-

mur memiliki tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda (*Mixed Tide, Prevailing Semi Diurnal*) dimana pasang surut tipe ini merupakan pasang surut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari tetapi terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan memiliki tinggi dan waktu yang berbeda. Tipe pang surut campuran condong

ke harian ganda di perairan Pulau Bintang Bagian Timur ini disebabkan karena pengaruh massa air pasang surut dari Laut Cina Selatan dan Selat Malaka yang merambat masuk ke Selat Karimata melalui Perairan Pulau Bintang Bagian Timur. Kondisi batimetri di Pulau Binan

yang relative dangkal diduga menyebabkan massa air pasang yang merambat masuk mengalami perubahan tipe pasang surut. Hasil dari perhitungan bilangan *formzahl* secara rinci disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Bilangan Formzahl dan Tipe Pasut

Tahun	Bilangan Formzahl	Tipe Pasut
2015	0.77	Pasang Surut Campuran Condong Harian Ganda
2016	0.77	Pasang Surut Campuran Condong Harian Ganda
2017	0.75	Pasang Surut Campuran Condong Harian Ganda
2018	0.74	Pasang Surut Campuran Condong Harian Ganda
2019	0.66	Pasang Surut Campuran Condong Harian Ganda

Hasil perhitungan nilai bilangan formzahl tahun 2015 sampai 2019 berluktuasi dengan kisaran 0,66 – 0,77 dengan rata-rata nilai bilangan Formzahl sebesar 0,74 (Stdev±0,03). Nilai Formzahl terbesar diperoleh pada tahun 2015 dan 2016 dengan nilai yang sama yakni sebesar 0,77. Sementara itu nilai bilangan formzahl terkecil dihasilkan pada tahun 2019 dengan nilai 0,66. Namun kisaran nilai tersebut masih berada dalam interval dengan tipe pasang surut campuran condong harian ganda yang di pengaruhi oleh gaya tarik bulan.

Elevasi Muka Air Laut

Hasil analisis kondisi elevasi muka air laut di Perairan Pulau Bintang Bagian Timur menunjukkan bahwa nilai elevasi muka air relatif berfluktuasi dari tahun 2015 – 2019. MSL

menunjukkan nilai rata-rata muka air laut, dimana pada tahun 2015 sebesar 260 cm, tahun 2016 sebesar 264 cm, tahun 2017 sebesar 267 cm, tahun 2018 sebesar 278 cm dan pada tahun 2019 sebesar 272 cm (**Tabel 6**). Nilai MHWS menunjukkan rata-rata pasang tertinggi pada saat purnama dengan nilai sebesar 395 - 412 cm. MHWL merupakan rerata dari muka air tertinggi selama periode satu siklus pasang surut, nilai MHWL sebesar 372 - 392 cm. Nilai MLWL menunjukkan rerata muka air terendah selama siklus pasang surut dengan nilai 148 - 164 cm. MLWS merupakan rata – rata air rendah pada saat pasang purnama, dengan elevasi sebesar 125 - 144 cm. Tinggi elevasi muka air secara rinci disajikan pada **Gambar 5**, dan fluktuasi elevasi tahunan disajikan pada **Gambar 6**.

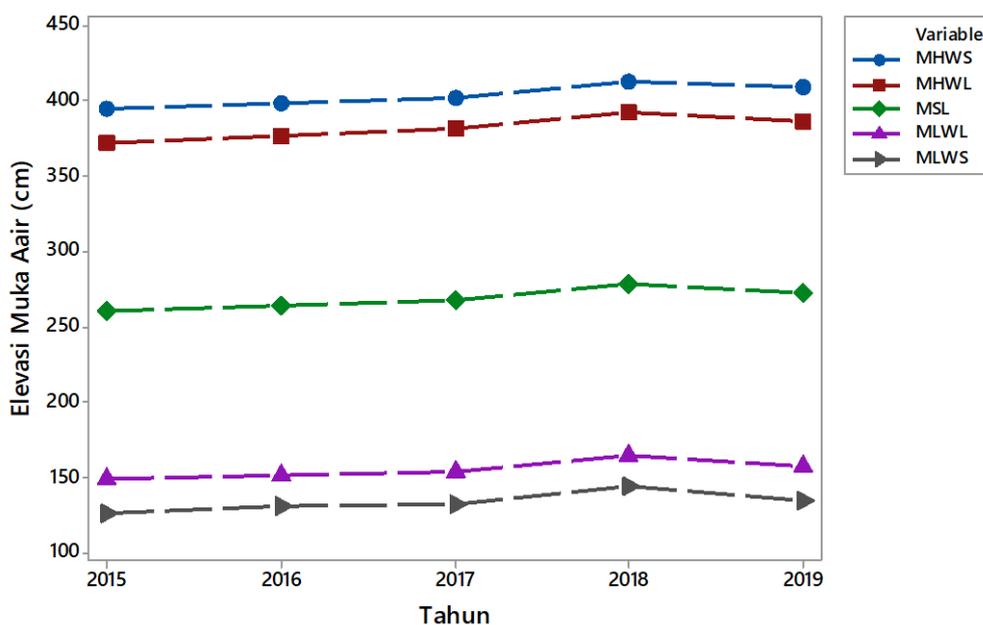
Tabel 6. Hasil Analisis rata-rata Elevasi Muka Air Tahun 2015 -2019

Parameter Elevasi	Tahun (tinggi dalam cm)					Rata-rata (<i>Standard Deviasi</i>)
	2015	2016	2017	2018	2019	
MHWS	395	398	402	412	409	403,2 (±7.2)
MHWL	372	377	381	392	386	381,6 (±7,8)
MSL	260	264	267	278	272	268,2 (±7,0)
MLWL	148	151	153	164	157	154,6 (±6,2)
MLWS	125	130	132	144	134	133 (±7,0)
LAT	-79	-72	-70	-53	-65	-67,8(±9,8)

Berdasarkan hasil perhitungan deret waktu dari elevasi muka air di Pulau Bintan Bagian Timur diperoleh rata-rata MHWS sebesar 403,2 (SE±3,2) cm, rata-rata MHWL sebesar 381,6 (SE±3,47) cm, rata-rata nilai MSL 268,2 (SE±3,1) cm, rata-rata MLWL 154,6 (SE±2,77) cm dan rata-rata MLWS sebesar 133 (SE±3,1) cm. Informasi elevasi muka air laut diperlukan dalam perencanaan pengembangan daerah pantai dan laut. Pembangunan konstruksi pada daerah pantai di Pulau Bintan seperti dermaga, jetty dan resort di pinggir pantai maupun kerambah jaring tancap (kelong) sangat memerlukan informasi dari elevasi muka air.

Menurut Wicaksono et al., (2016) dan (Fadilah et al., 2014) data elevasi muka air laut dari pasang surut dapat dimanfaatkan untuk kepentingan ilmiah seperti konstruksi bangunan di perairan, untuk itu diperlukan data pasang surut berupa elevasi muka air laut yang terdiri dari Mean Sea Level (MSL), Mean High Water Level (MHWL) dan Mean Low Water Level (MLWL) dalam perencanaan, pengelolaan dan pengembangannya. Nilai MHWL sendiri di perlukan untuk perencanaan bangunan pantai, sedangkan nilai MLWL di perlukan untuk perencanaan pembangunan

pelabuhan seperti kedalaman kolam pelabuhan, dan kedalaman alur pelayaran yang di perhitungkan terhadap keadaan muka air terendah, draft kapal, serta kelonggaran bawah. Elevasi lantai dermaga, elevasi puncak pemecah gelombang diperhitungkan pada saat keadaan muka air tinggi tertinggi, dan disamping faktor – faktor lain seperti kenaikan ai. Menurut Hamzah et al., (2017) pengaruh astronomis yang dapat mempengaruhi pasang surut ialah fase umur bulan, dan jarak benda langit terhadap bumi. Jarak benda langit terhadap bumi tentu sangat mempengaruhi pasang surut, dimana semakin dekat jarak benda langit dengan bumi, maka semakin besar pengaruh yang ditimbulkan begitu juga dengan sebaliknya semakin jauh jarak benda langit dengan bumi, maka semakin kecil pengaruh yang ditimbulkan. Secara teoritis, Panjang data yang dibutuhkan untuk menghitung nilai elevasi yang lebih valid ialah 18,6 tahun yang merupakan periode ulang pasang surut, dimana sangat berkaitan dengan pergeseran titik tanjak orbit bulan dan untuk memastikan bahwa pada saat astronomis terendah selang waktu 18,6 tahun berada dalam satu periode gelombang.

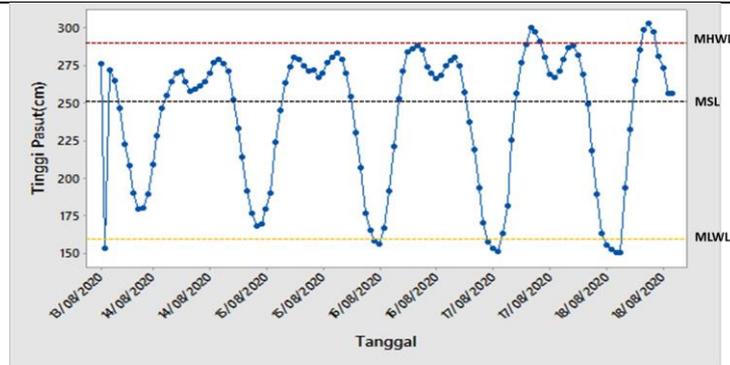


Gambar 6. Fluktuasi Elevasi Muka Air Laut selama Tahun 2015-2019

Hasil Pengamatan Lapangan

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan selama 5 hari pada tanggal 13 sampai 18 agustus 2020 di Perairan Bintan Bagian Timur, dihasilkan tinggi level muka air laut tertinggi

sebesar 303 cm dan level muka air laut terendah mencapai 148 cm dengan elevasi muka air laut rata - rata sebesar 252 cm. Hasil pengamatan lapangan level mukai air pasang surut disajikan lebih rinci pada Gambar 7.



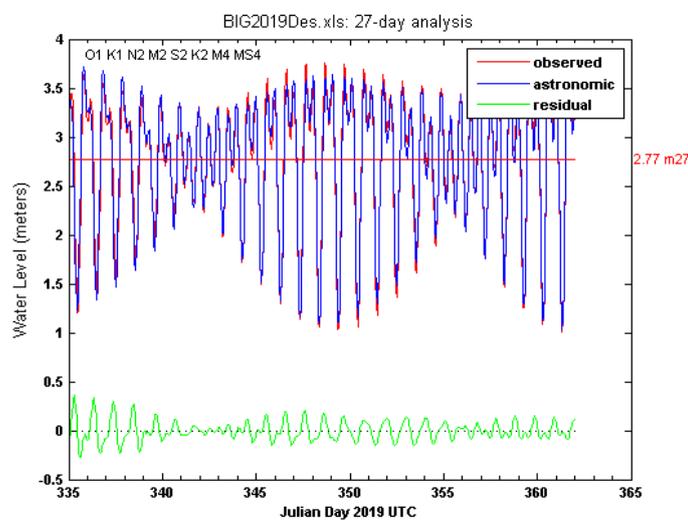
Gambar 7. Level Muka Air Data Pengamatan Lapangan 2020

Berdasarkan hasil perhitungan bilangan formzahl dengan nilai sebesar 0,57 dapat diketahui tipe pasang surut pada perairan Pulau Bintang Bagian Timur adalah pasang surut campuran condong ke harian ganda (Mixed Tide, Prevailing Semi Diurnal). Hal ini berkesesuaian dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan menggunakan data BIG selama periode tahun 2015-2019. Bilangan Formzahl hasil pengamatan lapangan lebih kecil bila dibandingkan dengan perhitungan data pasang surut yang bersumber dari BIG dengan kisaran 0,66 - 0,77. Perbedaan nilai bilangan Formzahl hasil pengamatan lapangan lebih disebabkan oleh waktu pengukuran yang relative pendek, yakni selama 5 piamtan, namun secara umum nilai tersebut masih berada dalam interval untuk kriteria jenis pasut yang sama. Hasil jenis tipe pasut di Perairan Bintang juga telah dilaporkan oleh Irawan (2017), yang mengambil lokasi pengamatan di Teluk Sasah (bagain barat laut Pulau Bintang) dengan hasil bilangan Formzhal sebesar 1,34 dan tipe pasut campuran condong ke harian ganda.

Selanjutnya Simanjuntak et al (2016) juga telah melakukan penelitian di perairan Malang Rapat, Kabupaten Bintan dengan hasil pasut bertipe campuran condong ke harian ganda dengan nilai Formzahl 0.59 sangat mendekati dengan hasil penelitian ini.

Uji Akurasi Prediksi Pasang Surut

Hasil analisis komponen harmoniik pasang surut yang telah diperoleh dari data BIG tahun 2019 kemudian dilakukan uji akurasi prediksi dengan menggunakan perangkat lunak World Tides yang di jalankan di perangkat lunak *Matlab R2012B*. Peramalan pasang surut dilakukan selama 8 bulan kedepan dimulai dari bulan Januari sampai Agustus 2020. Plotting antara data pengamatan lapangan dan data peramalan akan menghasilkan nilai residual yang digunakan dalam menghitung nilai Root Mean Square Error (RMSE). Grafik hasil uji akurasi menggunakan perangkat lunak World Tides dapat dilihat dalam **Gambar 8**.



Gambar 8. Prediksi Level Muka Air (garis merah: merupakan level air data pengamatan, garis biru: level air yang dibangkitkan oleh pengaruh astronomis, garis hijau: merupakan nilai residual dari perbandingan level air hasil pengamatan dan pengaruh astronomis)

Nilai RMSE yang dihasilkan sebesar 0,098. Nilai RMSE dihitung sebagai perbedaan kuadrat terkecil antara data hasil lapangan dengan data peramalan tinggi level muka air. Perbedaan besaran nilai tersebut ditunjukkan sebagai informasi residual. Semakin besar nilai residual maka semakin besar nilai RMSE yang dihasilkan demikian pula sebaliknya. Berdasarkan hasil ini menunjukkan nilai RMSE yang dihasilkan kecil sehingga dapat dijadikan sebagai bahan referensi untuk perencanaan pembangunan di perairan Pulau Bintan Bagian Timur.

KESIMPULAN DAN SARAN

Perairan Bintan Bagian Timur memiliki tipe pasang surut yang diklasifikasikan sebagai pasang surut campuran condong harian ganda dengan rata-rata nilai bilangan Formzahl sebesar 0,74 ($Stdev \pm 0,03$). Pembangkit utama pasang surut di perairan ini didominasi oleh oleh 3 faktor utama yakni gaya tarik bulan (M2), pengaruh campuran dari matahari dan bulan (MS4) dan selanjutnya pengaruh komponen harian tunggal (N2).

Nilai elevasi muka air laut di Perairan Pulau Bintan Bagian Timur relatif berfluktuasi dari tahun 2015 – 2019 dengan nilai rata-rata MSL sebesar 268,2 ($S.D \pm 7,0$) cm, nilai rata-rata MHWs (pasang tertinggi pada saat purnama) sebesar 403,2 ($S.D \pm 7,2$) cm, MHWL rerata (muka air tertinggi selama periode satu siklus pasang surut) sebesar 381,6 ($S.D \pm 7,2$) cm, nilai MLWL (rerata muka air terendah selama siklus pasang surut) 154,6 ($S.D \pm 6,2$) cm dan MLWS (rata-rata air rendah pada saat pasang purnama) sebesar 133 ($S.D \pm 7,0$) cm.

Hasil uji akurasi prediksi pasang surut diperoleh nilai RMSE yang dihasilkan sebesar 0,098. Hasil nilai RMSE ini menunjukkan tingkat kesalahan yang kecil sehingga dapat dijadikan sebagai bahan referensi untuk perencanaan pembangunan di perairan Pulau Bintan Bagian Timur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih disampaikan kepada Badan Informasi Geospasial yang telah menyediakan data terbuka yang dapat diakses melalui website, BMKG Tanjungpinang yang telah membantu dalam bimbingan teknis operasional metode *Admiralty*, Laboratorium Oceanografi dan Telematika yang telah menyediakan fasilitas peralatan observasi lapangan. Tim lapangan Sdr. Mulyadi yang telah membantu selama

akuisisi data pasang surut dan Anonimous Reviewer yang telah memberikan masukan untuk kesempurnaan isi naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adibrata, S. (2007). Analisis Pasang Surut Di Pulau Karampuang Provinsi Sulawesi Barat Tide Analysis In Karampuang Island Of West Sulawesi Province. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 1, 1–6
- [BIG] Badan Informasi Geospasial. Prediksi Pasang Surut. Tersedia pada: <http://tides.big.go.id/pasut/index.html>.
- Fadilah, F., Suripin, S., & Sasongko, D. P. (2014). Menentukan tipe pasang surut dan muka air rencana perairan laut Kabupaten Bengkulu Tengah menggunakan metode admiralty. *Maspri journal*, 6(1), 1-12.
- Helfinalis, Witasari, Y., & Prasetyo, S. (2020). Adaptasi Masyarakat Nelayan terhadap kerentanan fisik Peisir PulauBintan. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 4(3), 428-435.
- Hendri, A., Fauzi, M., Ahmad, R., Ongko, A., & Almanna, F. (2019). The simulation of the observation data in predicting tidal patterns using the Admiralty method in Dumai's harbour. *In MATEC Web of Conferences* (Vol. 276, p. 04020). EDP Sciences.
- Hendri, A., Fauzi, M., Safitri, W. (2012). Kajian Pengaruh Awal Data Pasang Surut Terhadap Nilai Komponen Pasang Surut Metode Admiralty. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 11(1), 34-39.
- Irawan, S. (2017). Kondisi hidro-oseanografi perairan Pulau Bintan (studi kasus perairan Teluk Sasah). *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 10(1), 41-53.
- Irawan, S. (2016). Pemetaan Pasang Surut dan Arus Laut Pulau Batam dan Pengaruhnya Terhadap Jalur Transportasi Antarpulau. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 9(1), 32-42.
- Irawan, A. B. (2013). Valuasi Daya Dukung Fungsi Lindung di Pulau Bintan Propinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 5(1), 48-65.
- Korto, J., Jasin, M.I., Mamoto, J.D. (2015). Analisis Pasang Surut di Pantai Nuangan (Desa Iyok) Botim dengan

- Nurisman, N., Fauziyah., Surbakti, H. (2012). Karakteristik Pasang Surut di Alur Pelayaran Sungai Musi Menggunakan Metode Admiralty. *Maspari Journal, 4(1)*, 110-115.
- Ondara, K., Rahmawan, G. A., & Wisna, U. J. (2017). Karakteristik hidrodinamika di perairan Teluk Ambon untuk mendukung wisata selam. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology, 10(1)*, 67-77.
- Pratama, A. D., Indrayanti, E., & Handoyo, G. (2015). Peramalan pasang surut di perairan pelabuhan kuala stabas, krui, lampung barat. *Journal of Oceanography, 4(2)*, 508-515.
- Rahmawati, W., Handoyo, G., Rochaddi, B. (2015). Kajian Elevasi Muka Air Laut di Pantai Kartini Jepara. *Jurnal Oseanografi, 4(2)*, 487-491.
- Rampengan, M.R. (2013). Amplitudo Konstanta Pasang Surut M2, S2, K1 dan O1 di Perairan Sekitar Kota Bitung Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax, 1(3)*, 118-124.
- Sangkap, N., Mamoto, J.D., Jasin, M.I. (2015). Analisis Pasang Surut di Pantai Bulu Desa Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa dengan Metode Admiralty. *Tekno, 13(63)*, 60-69.
- Simanjuntak, D., Putra, R. D., UMRAH, F., & Pratomo, A. (2016). Pmetaan Lama Ketergenangan Zona Intertidal di Pantai Timur Bintang Desa Malang Rapat. *Repository Jurnal umrah*.
- Siswanto, D.A. (2012). Studi Karakteristik Pasang Surut di Perairan Selat Madura Pasca Jembatan Suramadu. *Seminar Nasional: Kedaulatan Pangan dan Energi*.
- Supriyadi, E., Siswanto., Pranowo, W.S. (2018). Analisis Pasang Surut di Perairan Pameungpeuk, Belitung, dan Sarmi Berdasarkan Metode Admiralty. *Metereologi dan Geofisika, 9(1)*, 29-38.
- Supriyono., S. Pranowo, Widodo., Rawi, Sofyan., Herunadi, B. (2015). Analisa dan Perhitungan Prediksi Pasang Surut Menggunakan Metode Admiralty dan Metode Least Square (Studi Kasus Perairan Tarakan dan Balik Papan). *Jurnal Chart Datum, 1(1)*, 35-39.
- Trismadi, T., Lesmana, N. B., & Prahasta, E. (2016). Visualisasi dan Analisis Peta Laut Militer untuk Pengembangan Strategi Pertahanan di Laut (Studi Kasus Perairan Pulau Baai Bengkulu). *Jurnal Chart Datum, 2(1)*, 47-56.
- Wicaksono, P.P., Handoyo, G., Atmodjo, W. (2016). Analisis Peramalan Pasang Surut dengan Menggunakan Metode Admiralty dan Autoagressive Intergrated Moving Average (ARIMA) di Perairan Pantai Widuri Kabupaten Pemalang. *Jurnal Oseanografi, 5(4)*, 489-495.
- Wuaten, J., Tatontos, Y.V., Kumaseh, E.I. (2018). Analisis Kondisi Hidro Oseanografidi Perairan Teluk Tahuna Kabupaten Kepulauan Sangihe. *Jurnal Ilmiah Tindalung, 4(2)*, 50 – 52.
- Wijaya M.I dan Yanuar. (2019). Karateristik dan Peramalan Pasang Surut di Perairan Pagar Jaya, Lampung. *Proceeding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan, (6)*.