

ANALISIS PASANG SURUT DI PERAIRAN PAMEUNGPEUK, BELITUNG, DAN SARMI BERDASARKAN METODE ADMIRALTY

TIDAL ANALYSIS IN PAMENUGPEUK, BELITUNG, AND SARMI WATERS BASED ON ADMIRALTY METHOD

Eko Supriyadi^{1*}, Siswanto¹, Widodo S. Pranowo²

¹Pusat Meteorologi Maritim BMKG, Jl. Angkasa I No. 2, Jakarta Pusat, 10720

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Maritim dan Sumber Daya Pantai, Jl. Pasir Putih II, Jakarta Utara, 14430

*E-mail: eko.supriyadi@bmkgo.id

Naskah masuk: 09 Januari 2018; Naskah diperbaiki: 02 Maret 2019; Naskah diterima: 05 Maret 2019

ABSTRAK

Penentuan konstanta harmonik pasang surut, datum dan tipe pasang surut air laut sangat dipengaruhi oleh lokasi, posisi bulan dan matahari yang mempunyai nilai periode tersendiri setiap waktunya. Penelitian ini menggunakan data observasi pasang surut perairan Pamengpeuk, Belitung dan Sarmi bulan Juni 2016 yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Dalam artikel ini, konstanta harmonik pasang surut dihitung menggunakan metode Admiralty. Analisis menghasilkan 8 konstanta harmonik yang selanjutnya digunakan untuk menentukan bilangan *Form* dan datum muka air perairan tersebut. Karakterisasi bilangan *Form* menunjukkan bahwa wilayah perairan Pamengpeuk dan Sarmi memiliki tipe pasang surut campuran condong harian ganda sedangkan perairan Belitung memiliki tipe pasang surut harian tunggal. Sedangkan karakterisasi datum menggunakan analisis elevasi tinggi muka laut didapatkan hasil pada perairan Pamengpeuk, Belitung, dan Sarmi masing-masing memiliki tinggi muka air tertinggi pada saat pasang purnama yaitu 2,14 m; 3,56 m; dan 3,59 m. Tinggi muka air terendah pada saat surut purnama masing-masing memiliki nilai 0,32 m; 0,39 m; dan 1,70 m.

Kata kunci: Pasang Surut, Admiralty, Bilangan *Form*, Datum

ABSTRACT

The determination of a tidal harmonic constant, tidal datum, and tidal type are influenced by the location and the positions of the moon and the sun which have specific periods. This research utilized observation tidal data during June 2016 at Pameungpeuk, Belitung and Sarmi waters obtained from Badan Informasi Geospasial (BIG). In this paper, the admiralty method is applied to determine tidal harmonic constant. Eight harmonic constants obtained and used to determine the Form number and water level datum. The results showed that Pamengpeuk and Sarmi waters have a mixed tide prevailing semidiurnal type while the Belitung waters has a diurnal tide type. The datum characterization determined by analysis of sea level elevation indicates that the Highest High Water Level (HHWL) values in Pameungpeuk, Belitung and Sarmi waters are 2,14 m, 3,56 m, and 3,59 m, respectively, while the The Lowest Low Water Level (LLWL) values are 0,32 m, 0,39 m, 1,7 m, respectively.

Keywords: Tidal, Admiralty, Form Number, Datum

1. Pendahuluan

Permukaan air laut yang berbatasan dengan pantai tidak pernah memiliki nilai ketinggian yang tetap melainkan bergerak naik turun dengan periode siklus yang berbeda. Hal ini disebabkan pengaruh gaya tarik benda-benda langit terutama gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi. Meskipun massa matahari jauh lebih besar dari massa bulan. Namun gaya pembangkit yang dihasilkan bulan jauh lebih besar, yakni sebesar 53 % dari total gaya keseluruhan sebagai akibat jaraknya yang lebih dekat [1,2,3,4]. Faktor non astronomi seperti bentuk garis pantai dan topografi dasar perairan juga

menentukan jenis pasang surut disuatu perairan. Pasang surut memiliki beberapa definisi diantaranya: (1) naik turunnya muka laut secara berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi [5], (2) pergerakan naik turun permukaan air laut secara berkala akibat kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda – benda astronomi terutama oleh matahari, bumi, dan bulan [6]. Kombinasi gaya gravitasi ketiga benda astronomi di atas mampu menghasilkan gabungan dari beberapa komponen harmonik pasang surut utama yaitu: tengah, harian dan periode panjang. Nilai setiap parameter pasang surut disajikan pada Tabel 1 berikut: [3,7]

Tabel 1. Komponen harmonik pasang surut.

Komponen Pasang Surut Utama	Interval pengamatan setiap jam		Kategori
	Periode (jam)	Kecepatan sudut ($^{\circ}/\text{jam}$)	
M ₂	12,42	28,98	Semidiurnal
S ₂	12,00	30,00	Semidiurnal
N ₂	12,66	28,44	Semidiurnal
K ₂	11,97	30,08	Semidiurnal
K ₁	23,93	15,04	Diurnal
O ₁	25,82	13,94	Diurnal
P ₁	24,06	14,96	Diurnal
M ₄	6,21	57,96	Periode Panjang
MS ₄	6,10	58,98	Periode Panjang
S ₄	6	60,00	Periode Panjang

Dimana:

- M₂ : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan;
 S₂ : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari;
 N₂ : Amplitudo komponen pasang surut semidiurnal yang disebabkan oleh lintasan elips bulan;
 K₂ : Amplitudo komponen pasang surut semidiurnal yang disebabkan gabungan dari gaya tarik bulan dan matahari (Lunisolar);
 K₁ : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari;
 O₁ : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan;
 P₁ : Amplitudo komponen pasang surut diurnal yang disebabkan oleh gaya tarik matahari;
 M₄ : Amplitudo komponen pasang surut yang disebabkan oleh gaya tarik bulan pada perairan dangkal;
 MS₄ : Amplitudo komponen pasang surut seperempat harian pada perairan dangkal;
 S₄ : Amplitudo komponen pasang surut yang disebabkan oleh gaya tarik bulan pada perairan dangkal.

Lebih lanjut nilai komponen harmonik pasang surut pada Tabel 1 dapat menentukan tipe pasang surut suatu perairan. Wyrski dalam Hutabarat [1] menemukan ada empat tipe pasang surut air laut di perairan Asia Tenggara:

1. *Diurnal Tide* (pasang surut harian tunggal) terjadi bila suatu perairan mengalami satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari;
2. *Semi diurnal tide* (pasang surut harian ganda) terjadi bila perairan mengalami dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari;
3. *Mixed tide, prevailing diurnal* (pasang surut campuran condong harian tunggal) merupakan pasang surut yang tiap harinya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, namun terkadang

juga terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda;

4. *Mixed tide, prevailing semi diurnal* (pasang surut campuran condong harian ganda) merupakan pasang surut yang tiap harinya terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, namun terkadang juga satu kali pasang dan satu kali surut dengan tinggi dan periode berbeda.

Secara temporal, pasang surut ini selalu memiliki nilai ketinggian yang berbeda jika dibandingkan dengan perairan lepas. Sehingga diperlukan beberapa parameter elevasi dalam rangka penentuan rekayasa di suatu pantai, diantaranya seperti MSL, HHWL, MHWL, MLWL, LLWL, dan LAT (lihat Tabel 2 untuk kepanjangan masing-masing parameter tersebut). Dari parameter datum di atas, HHWL dan LLWL merupakan parameter penting dalam menentukan perencanaan pembangunan suatu wilayah perairan karena mengacu kepada ketinggian air tertinggi dan terendah di suatu pelabuhan. Lebih lanjut, parameter pada Tabel 2 dapat ditentukan dengan metode Admiralty. Metode Admiralty sebagaimana namanya merupakan metode untuk menentukan komponen harmonik pasang surut yang berada pada Tabel 1 dan 2. Keuntungan metode ini bertumpu pada dua hal, yaitu dapat digunakan pada berbagai kondisi perairan dan membutuhkan input rentang waktu pengamatan yang singkat hanya 15 hari.

Tabel 2. Perhitungan elevasi pasang surut.

Elevasi	Simbol	Rumus
Highest High Water Level	HHWL	$Z_0 + (M_2 + S_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1)$
Mean High Water Level	MHWL	$Z_0 + (M_2 + K_1 + O_1)$
Mean Low Water Level	MLWL	$Z_0 - (M_2 + K_1 + O_1)$
Lowest Low Water Level	LLWL	$Z_0 - (M_2 + S_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1)$
Lowest Astronomical Tide	LAT	$Z_0 - (M_2 + S_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1 + N_2 + Q_1)$

Beberapa penjelasan parameter datum Tabel 2 dijelaskan sebagai berikut: [8]

1. *Highest High Water Level* (HHWL) adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama;
2. *Mean High Water Level* (MHWL) adalah rata-rata muka air tinggi selama periode 19 tahun;
3. *Mean Low Water Level* (MLWL) adalah rata-rata muka air rendah selama periode 19 tahun;
4. *Lowest Low Water Level* (LLWL) adalah air terendah pada saat pasang surut purnama;
5. *Lowest Astronomical Tide* (LAT) adalah permukaan laut terendah yang dapat diramalkan terjadi di bawah pengaruh keadaan meteorologis rata-ratadan kombinasi keadaan astronomi.

Di Indonesia sendiri metode Admiralty digunakan untuk mengamati pasang surut di beberapa perairan. Bahkan muara sungai yang berbatasan dengan laut dan menghasilkan pasang surut mampu ditentukan dengan metode ini. Penelitian yang dilakukan oleh Nurisman [9] di sungai Musi dengan metode Admiralty menemukan tipe pasang surut yang dihasilkan bersifat harian tunggal dengan rentang data pengamatan dari tahun 2000 sampai 2010. Metode yang sama juga diaplikasikan pada perairan Widuri, Pemalang oleh Wicaksono [10] didapatkan tipe pasang surut bersifat campuran dengan condong harian ganda. Begitu pula tipe pasang surut pada perairan Manokwari bersifat campuran condong harian ganda dengan kejadian pasang besar terjadi pada kondisi purnama dan surut besar terjadi pada kondisi perbani oleh Suhaemi [11].

Dari penelitian tersebut menunjukkan perairan Indonesia memiliki kekhasan dalam tipe pasang surutnya. Bahkan dua perairan yang tidak berjauhan jaraknya mampu menghasilkan tipe pasang surut berbeda. Namun dari semua penelitian di atas tidak ada satupun yang menjelaskan secara detail metode Admiralty yang sebenarnya, sehingga kerap membingungkan pengguna pemula yang akan melakukan penentuan tipe pasang surut suatu perairan. Oleh sebab itu, penelitian ini lebih menekankan detail analisis dan metode Admiralty dengan maksud sebagai bahan referensi lanjutan pada penelitian mendatang.

Pada penelitian ini akan dikaji karakteristik pasang surut air laut di tiga lokasi perairan yaitu: Pameungpeuk, Belitung dan Sarmi. Pameungpeuk (wilayah Garut selatan) dipilih karena berbatasan dengan samudera Hindia lepas yang cenderung memiliki arus dan gelombang laut tinggi. Belitung dipilih karena berada diantara gugusan pulau – pulau kecil yang berada diantara Semenanjung Malaya sehingga memiliki gelombang laut yang relatif kecil. Sedangkan Sarmi (wilayah utara Papua) dipilih karena lokasinya yang berhadapan langsung dengan Samudera Pasifik, dimana samudera ini merupakan samudera terluas di dunia dengan gelombang yang dihasilkan lebih banyak dipengaruhi angin. Selain itu, ketiga lokasi ini memiliki potensi bahari dan ekonomi yang besar untuk dikembangkan. Sehingga dengan mengetahui karakteristik pasang surut ke tiga lokasi tersebut dapat memberikan informasi utama dalam pengembangan perencanaan wilayah pesisir tersebut. Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui konstanta harmonik pasang surut air laut di lokasi penelitian;
2. Mengetahui nilai datum pada lokasi penelitian;
3. Mengetahui tipe pasang surut air laut lokasi penelitian.

2. Data dan Metode

Data dan Lokasi Penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi elevasi ketinggian air laut (pasang surut) yang diamati setiap jam dari tiga stasiun pasang surut setempat milik Badan Informasi Geospasial (BIG) dari tanggal 1 hingga 30 Juni 2016. Stasiun pasang surut Pameungpeuk berada pada koordinat: $7^{\circ} 42' \text{ LU} - 107^{\circ} 40' 48'' \text{ BT}$. Stasiun pasang surut Belitung berada pada koordinat: $2^{\circ} 26' 24'' \text{ LU} - 107^{\circ} 22' 12'' \text{ BT}$ dan terakhir stasiun pasang surut Sarmi berada pada koordinat: $1^{\circ} 51' 36'' \text{ LU} - 138^{\circ} 45' \text{ BT}$.

Metode Admiralty. Metode Admiralty merupakan salah satu dari metode harmonik, dimana dalam perhitungannya melibatkan kedudukan permukaan air laut rata-rata dan fungsi *sinuoidal*. Metode *Admiralty* dalam pengerjaannya membutuhkan beberapa skema dan Tabel bantuan. Keuntungan lainnya, nilai konstanta harmonik yang dihitung lebih sedikit sehingga lebih mudah pengerjaannya dibandingkan metode lainnya [12]. Amplitudo dan beda fase merupakan dua komponen utama yang dihitung melalui metode *Admiralty* ini.

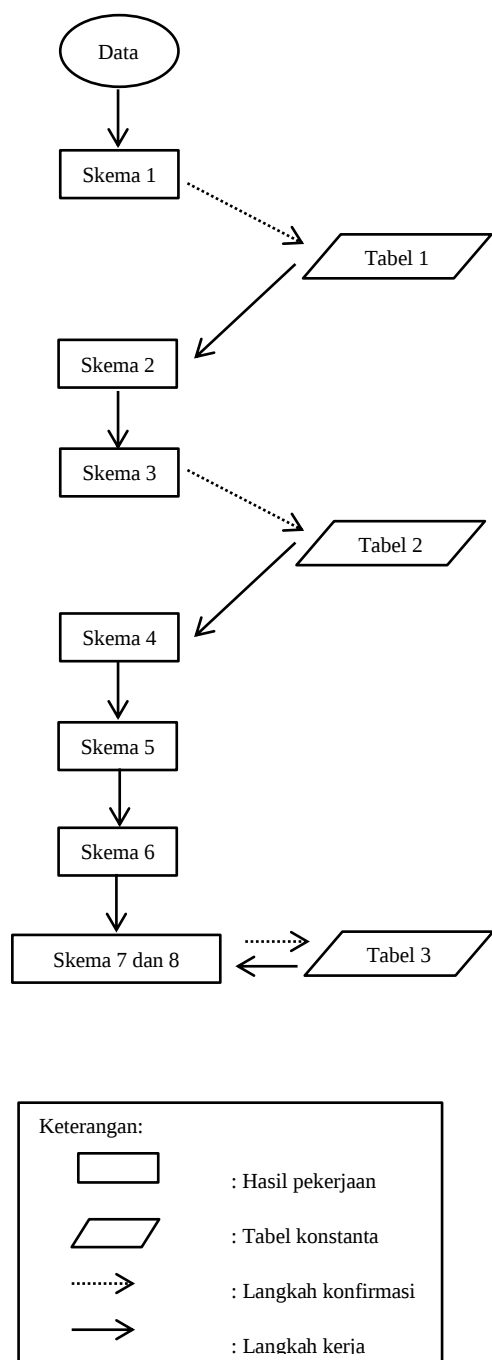
Langkah selanjutnya setelah diketahui nilai komponen pasang surut utama adalah menghitung bilangan untuk menentukan tipe pasang surut. Bilangan ini disebut sebagai bilangan Form [13], yang diekspresikan sebagai:

$$F = \frac{O_1 + K_1}{M_2 + S_2} \quad (1)$$

Hasil perhitungan bilangan Form di atas selanjutnya di klasifikasikan dalam Tabel 3 untuk melihat jenis pasang surut suatu perairan.

Tabel 3. Jenis pasang surut berdasarkan bilangan Form.

Bilangan Form	Jenis pasang surut
$0.00 < F < 0.25$	Pasang surut harian ganda
$0.25 < F < 1.5$	Pasang surut campuran, condong harian ganda
$1.5 < F < 3$	Pasang surut campuran, condong harian tunggal
$F > 3$	Pasang surut harian tunggal



Gambar 1. Diagram alir pengolahan data.

Uraian diagram alir pengerjaan metode *Admiralty* dijelaskan pada Gambar 1. Metode ini menggunakan tiga tabel konstanta dan delapan buah skema. Dimana masing-masing skema merupakan bentuk hasil akhir dari olahan skema sebelumnya dan atau olahan dengan Tabel konstanta.

Berikut deskripsi skema dan tabel yang digunakan pada Gambar 1 (detail dapat dilihat pada pembahasan):

Skema 1 : Matriks data tinggi pasang surut yang terdiri dari jam pengamatan dan tanggal pengamatan.

Tabel 1 : Tabel pengali untuk skema 2.

Skema 2 : Matriks penyesuaian skema 1 dengan kolom sebagai X1, Y1, X2, Y2, X4, dan Y4 dan baris sebagai tanggal pengamatan.

Skema 3 : Matriks penyesuaian skema 2 dengan kolom sebagai X0, X1, Y1, X2, Y2, X4, dan Y4 dan baris sebagai jam pengamatan.

Tabel 2 : Tabel pengali untuk skema 3.

Skema 4 : Matriks penyesuaian skema 3 dengan kolom sebagai kombinasi X dan Y dengan 0, 2, B, 3, C, 4, dan D dan baris sebagai tanggal pengamatan.

Skema 5 : Matriks penyesuaian skema 4 dengan kolom sebagai X dan Y sedangkan baris sebagai 28 kombinasi parameter X dan Y dengan 0, 2, B, 3, C, 4, dan D pada skema 4.

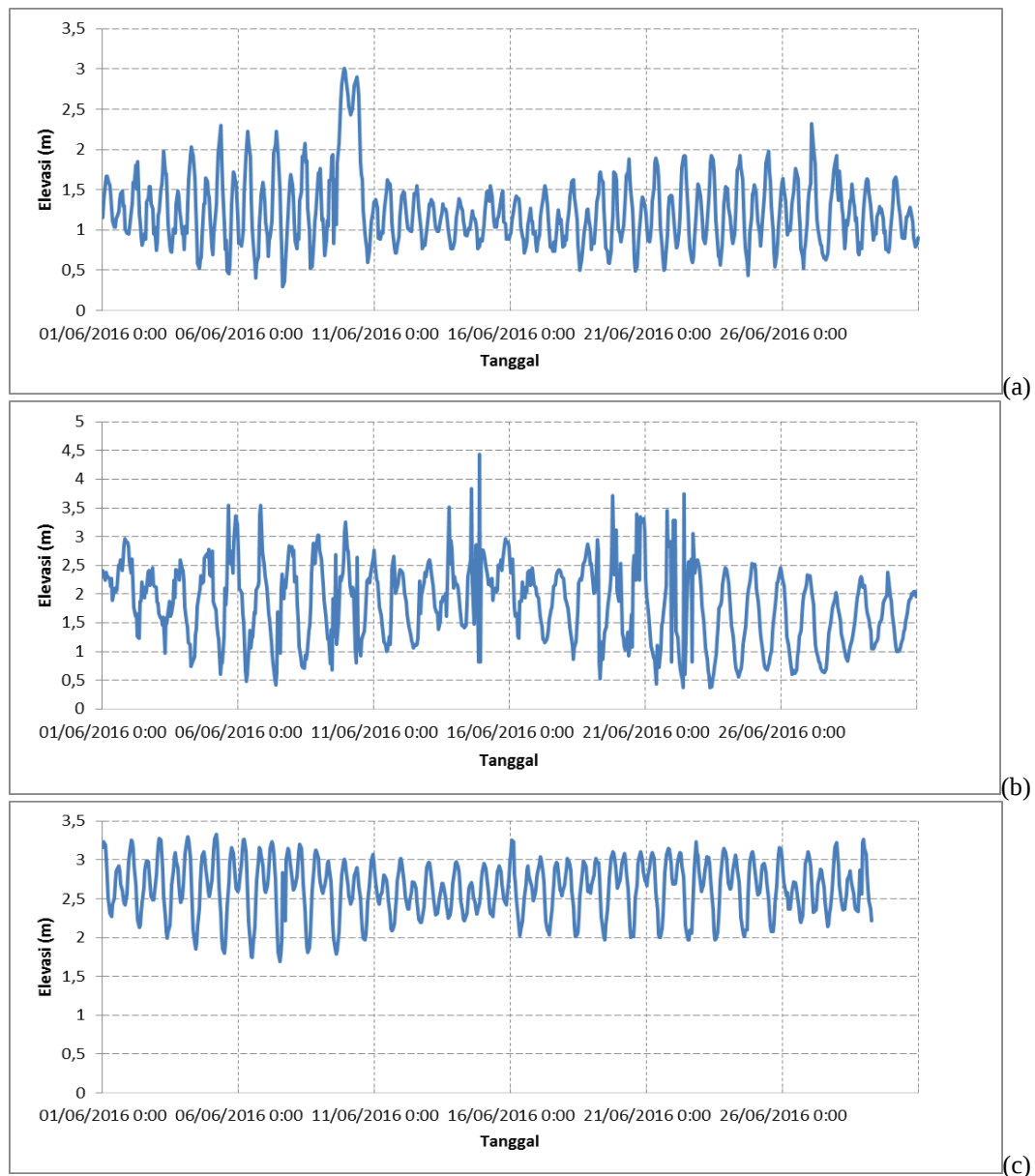
Skema 6 : Matriks penyesuaian skema 5 dengan kolom sebagai S0, M2, S2, N2, K1, O1, M4, dan MS4 dan nilai-nilai penjumlahan atau pengurangan dari skema 5.

Tabel 3 : Tabel parameter w/f dan W/f.

Skema 7 dan 8: Penyusunan hasil komponen pasang surut utama dengan bantuan Tabel 3.

3. Hasil dan Pembahasan

Time Series Pengamatan Berdasarkan hasil pengamatan, *time series* ketinggian elevasi pasang surut selama bulan Juni untuk tiga lokasi disajikan pada Gambar 2. Pengamatan di perairan Pamengpeuk menunjukkan pasang tertinggi sebesar 3.01 m terjadi pada 9 Juni 2016 Pukul 21:00 WIB dan surut terendah sebesar 0.3 m pada 7 Juni 2016 pukul 15:00 WIB. Pada perairan Belitung pasang tertinggi sebesar 4.43 m terjadi pada 14 Juni 2016 Pukul 21:00 WIB dan surut terendah sebesar 0.38 m terjadi pada 22 Juni 2016 pukul 09:00 WIB. Sedangkan pada perairan Sarmi pasang tertinggi sebesar 3.33 m terjadi pada 29 Juni 2016 Pukul 16:00 WIB dan surut terendah sebesar 1.69 m pada 7 Juni 2016 pukul 12:00 WIB. Dari data *time series* tersebut, data pasang surut yang didapatkan pada perairan Sarmi cenderung lebih stabil dibandingkan perairan Pemengpeuk dan Belitung. Terlihat pasang pada perairan Belitung lebih tinggi dibandingkan perairan lainnya hal ini disebabkan karena pada waktu tersebut merupakan waktu menjelang terjadi fase bulan purnama di wilayah Indonesia. Selain itu batimetri yang tidak terlalu dalam ditambah topografi yang berpasir, berlumut disertai batu karang memicu terjadinya lonjakan nilai pasang yang terjadi.



Gambar 2. Hasil pengukuran elevasi muka laut: (a) Pamengpeuk, (b) Belitung, dan (c) Sarmi.

Perhitungan Admiralty. Metode *Admiralty* digunakan untuk menganalisis data pasang surut dalam rentang waktu pengamatan yang pendek (15 atau 29 hari pengamatan). Pencarian komponen pasang surut suatu perairan metode ini menerapkan 8 skema dengan 3 buah Tabel bantuan. Contoh perhitungan yang ditampilkan dalam subbab ini adalah perairan Pamengpeuk (perairan Belitung dan Sarmi tetap dihitung) dengan langkah – langkah sebagai berikut :

Skema 1. Data hasil pengamatan disusun berdasarkan skema 1. Skema 1 merupakan Tabel dengan bagian kolom berisi waktu pengamatan dari pukul 00:00 sampai 23:00 dan bagian baris yang berisi tanggal pengamatan yaitu tanggal 1 hingga 29 Juni. Satuan (cm) digunakan dalam pengolahan elevasi pasang surut pada skema 1 ini. Terlihat pada penelitian ini gelombang pasang surut yang terukur

pada perairan Sarmi lebih tinggi dibanding wilayah lainnya dengan nilai standar diviasi yang lebih kecil juga.

Skema 2. Skema 2 terdiri dari bagian kolom yang berisi parameter X1, Y1, X2, Y2, dan X4 dengan masing-masing parameter bertanda (+) dan (-) dan bagian baris merupakan tanggal pengamatan. Skema 1 dihubungkan dengan Tabel pengali untuk menghasilkan skema 2. Tabel pengali ini berisi deretan bilangan -1, 0, dan 1 yang selanjutnya dikalikan dengan data pengamatan pada skema 1 pada posisi jam yang sama. Tabel pengali ini disajikan pada Tabel 4 dibawah. Lakukan penjumlahan bilangan bersesuaian yang nilainya (+) dan jumlahkan bilangan bersesuaian yang nilainya (-) dengan Tabel 4 pada kolom X1, Y1, X2, Y1, X4, dan Y4.

Skema 3. Skema 3 terdiri dari bagian kolom masing-masing berisi X0, X1, Y1, X2, Y2, X4, dan Y4. Sedangkan bagian baris merupakan jam pengamatan. Skema 3 diisi menggunakan 3 langkah berikut ini:

- Kolom X0 merupakan penjumlahan dari masing-masing data perbaris pada skema 1;
- Kolom X1 hingga Y2 merupakan penjumlahan pada baris skema 2, dimana hasil penjumlahan harus disesuaikan dengan parameter yang sama,

yaitu hasil penjumlahan X1 pada jam yang sama di skema 3 harus sesuai dengan penjumlahan X1 pada jam yang sama juga pada skema 2. Agar didapatkan nilai positif hasil penjumlahan ini selanjutnya ditambahkan dengan 2000;

- Kolom X4 dan Y4 memiliki langkah yang sama dengan langkah ke dua di atas hanya saja agar nilainya positif, hasil penjumlahan ini ditambah 500.

Tabel 4. Tabel pengali Skema 2

Konstanta Pengali																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
X1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Y1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X2	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
Y2	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
X4	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1
Y4	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1

Tabel 5. Konstanta pengali untuk Skema 3.

Konstanta Pengali untuk 29 hari		0	2	B	3	C	4	D
		-29	-1	0	-1	0	-1	0
		-15	1	0	5	0	1	0
		1	1	0	-1	1	1	0
		1	1	-1	-1	1	1	-1
		1	1	-1	1	1	-1	-1
		1	1	-1	1	1	-1	-1
		1	-1	-1	1	1	-1	1
		1	-1	-1	1	-1	1	1
		1	-1	-1	1	-1	1	1
	Konstanta Pengali untuk 15 hari	1	-1	0	-1	-1	1	0
		1	-1	1	-1	-1	1	-1
		1	-1	1	-1	-1	-1	-1
		1	-1	1	-1	1	-1	-1
		1	1	1	-1	1	-1	1
		1	1	1	1	1	-1	1
		1	1	1	1	1	1	1
		1	1	0	1	0	1	0
		1	1	-1	1	-1	1	-1
		1	1	-1	1	-1	-1	-1
		1	1	-1	-1	-1	-1	-1
		1	-1	-1	-1	-1	-1	1
		1	-1	-1	-1	1	-1	1
		1	-1	-1	-1	1	1	1
		1	-1	0	-1	1	1	0
		1	-1	1	1	1	1	-1
		1	-1	1	1	1	1	-1
		1	-1	1	1	-1	-1	-1
		1	1	1	1	-1	-1	1
		1	1	1	1	-1	-1	1
		1	1	1	-1	-1	1	1
		1	1	0	-1	-1	1	0

Skema 4. Dengan memakai Tabel pengali, skema 4 (Tabel 5) selanjutnya dihitung untuk mendapatkan langkah skema 4. Pada skema 4 ini, bagian kolom terdiri dari parameter X dan Y yang mengandung kombinasi parameter lainnya seperti 0, 2, B, 3, C, 4, dan D. Sedangkan bagian baris skema 4 berisi tanggal pengamatan. Total parameter yang dihitung pada skema ini mencapai 28 buah. Jumlah ini didapat dari kombinasi 4 parameter X dan Y dengan 7 parameter 0, 2, B, 3, C, 4, dan D di atas). Pembagian parameter tersebut akan dibagi menjadi 10 buah untuk X1 dan Y1 dari skema 3 dengan Tabel 5 untuk parameter 0, 2, B, 3 dan C. Lalu 10 buah selanjutnya untuk X2 dan Y2 dari skema 3 dengan Tabel 5 untuk parameter 0, 2, B, 3 dan C. Selanjutnya 8 sisa parameter lainnya berasal dari kombinasi X4 dan Y4 skema 3 dengan parameter 2, B, 4, dan D. Kombinasi skema 3 dan Tabel pengali skema 4 (Tabel 5) yang dijelaskan di atas menghasilkan indeks kombinasi berjumlah 28. Sebagai contoh X10, merupakan hasil perkalian parameter X1 pada skema 3 dengan nilai di parameter 0 pada Tabel 2.

Skema 5. Skema 5 berbeda dengan keempat skema lainnya. Pada bagian kolom terdiri dari parameter X dan Y dan bagian baris terdiri dari 28 kombinasi parameter dari skema 4. Hanya saja disini ditambahkan faktor 29, yaitu setelah hasil masing-masing parameter yang berbeda tanda tadi dijumlahkan selanjutnya dikurangi dengan nilai 2000. Khusus pada bagian kolom skema 5, nilai X dan Y disini dibedakan menjadi 2 bagian, bagian pertama merupakan penjumlahan dari Skema 4 yang bertanda sama. Sedangkan bagian keduanya merupakan penjumlahan dari bagian pertama dikurangi dengan nilai 2000. Pengurangan dengan nilai ini hanya berlaku pada parameter 12, 13, 22, 23, 42, dan 44. Hasil akhir disini tidak membedakan nilai positif maupun negatif.

Skema 6. Pada skema 6 bagian kolom merupakan nilai-nilai untuk S0, M2, S2, N2, K1, O1, M4, dan MS4. Sedangkan bagian baris merupakan nilai-nilai penjumlahan atau pengurangan dari skema 5. Nilai yang didapatkan dari hasil penjumlahan atau pengurangan skema 5 ini selanjutnya dikalikan dengan faktor pengali yang ada pada skema 6.

Skema 7 dan 8. Pada tahapan ini merupakan hasil akhir dari metode *Admiralty* dengan melibatkan proses yang panjang. Hal yang penting dalam pengolahan skema ini adalah penggunaan Tabel parameter w/f dan W/f seperti yang tersaji pada Tabel 6. Nilai w/f dan W/f ini diperoleh dengan

cara menginterpolasikan Tabel 6 hasil $V+u$ untuk S2 dan MS4 serta nilai $2V+u$ untuk K1. Sedangkan hasil tahapan skema ini disajikan pada Tabel 7. Tahapan sebelum pengerjaan Tabel 7 ini merupakan pengelompokan ke dalam tiga bagian untuk menghitung nilai $1+W$ dan w dari nilai parameter S2 dan MS4, K1, dan N2.

Hasil perhitungan pada skema 8 menunjukkan bahwa penentuan parameter w/f dan W/f komponen pasang surut K1, M2, dan N2 pada masing-masing wilayah pengamatan tidak menunjukkan perbedaan nilai yang signifikan.

Lebih lanjut, komponen pasang surut yang mencakup M2, S2, N2 K1, O1, M4 dan MS4 untuk ketiga wilayah pengamatan memiliki nilai yang sama untuk parameter seperti P, f, $1+w$, V, u, w, dan p. Hal ini bisa dijelaskan sebagai berikut: Nilai P dan p ketiga wilayah merupakan konstanta yang bernilai sama. Nilai f, $1+W$, w, u dan V dalam perhitungan melibatkan unsur waktu, dimana dalam penelitian ini pengamatan pasang surut ketiga wilayah dilaksanakan serempak.

Walaupun parameter di atas memiliki nilai yang sama, tetapi proses mendapatkan nilai amplitudo pasang surut tetap menghasilkan nilai yang berbeda. Hal ini disebabkan karena nilai amplitudo mengandung parameter PR yang terdapat di skema 6 berbeda juga untuk tiap wilayah kajian. Sehingga bila dirangkum melalui tahapan di atas, nilai konstanta pasang surut untuk lokasi pengamatan Belitung dan Sarmi disajikan pada Tabel 8.

Terlihat pada nilai komponen S0 yang berguna dalam menentukan MSL laut memiliki nilai yang bervariasi di ketiga daerah kajian. Nilai MSL terbesar diberikan oleh wilayah Sarmi yaitu 264.9 cm, ini menunjukkan bahwa dalam rencana pembangunan wilayah pantai harus memenuhi batas minimal nilai ini.

Bilangan Form. Seperti dijelaskan terdahulu, bilangan *Form* memiliki rentang nilai tertentu dalam menentukan jenis pasang surut di suatu wilayah perairan. Melalui Pers. (1), maka pasang surut untuk wilayah kajian kali ini disajikan dalam Tabel 9.

Wilayah perairan Pameungpeuk dan Sarmi memiliki pasang surut tipe campuran yang condong ke harian ganda, artinya dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut.

Tabel 6. Parameter untuk mencari nilai w/f dan W/f.

S ₂ , MS ₄ , 2MS ₆			K ₁ , MK ₂			N ₂ , MN ₄ , 2MN ₆		
Sudut (°)	w/fK ₂ (°)	W/fK ₂ (°)	Sudut (°)	w/fK ₂ (°)	W/fK ₂ (°)	Sudut (°)	w/fK ₂ (°)	W/fK ₂ (°)
0	0,7	-0,124	0	0	0,3331	0	0	1,184
10	-6,6	-0,192	10	-2,5	0,316	10	1,6	1,182
20	-12,3	-0,131	20	-4,9	0,297	20	3,1	1,174
30	-15,5	-0,046	30	-7,3	0,271	30	4,6	1,163
40	-16,5	0,047	40	-9,6	0,239	40	5,9	1,147
50	-15,6	0,134	50	-11,8	0,201	50	7,2	1,127
60	-13,4	0,207	60	-13,8	0,157	60	8,3	1,104
70	-10,3	0,258	70	-15,6	0,107	70	9,2	1,077
80	-6,6	0,284	80	-17,1	0,053	80	9,9	1,048
90	-2,6	0,284	90	-18,3	-0,003	90	10,4	1,017
100	1,6	0,256	100	-19,1	-0,06	100	10,6	0,984
110	5,6	0,204	110	-19,3	-0,118	110	10,4	0,953
120	9,2	0,131	120	-19	-0,173	120	10	0,922
130	12	0,041	130	-17,8	-0,224	130	9,1	0,893
140	13,7	-0,058	140	-15,9	-0,268	140	7,8	0,867
150	13,6	-0,157	150	-13,1	-0,302	150	6,2	0,846
160	11,2	-0,25	160	-9,3	-0,323	160	4,3	0,83
170	6	-0,307	170	-4,9	-0,331	170	2,2	0,819
180	-0,9	-0,33	180	0	-0,302	180	0	0,816
190	-7,8	-0,308	190	4,9	-0,323	190	-2,2	0,819
200	-12,6	-0,247	200	9,3	-0,302	200	-4,3	0,83
210	-14,8	-0,163	210	13,1	-0,268	210	-6,2	0,846
220	-14,8	-0,067	220	15,9	-0,224	220	-7,8	0,867
230	-13	0,029	230	17,8	-0,173	230	-9,1	0,893
240	-9,8	0,115	240	19	-0,118	240	10	0,922
250	-6	0,186	250	19,3	-0,06	250	-10,4	0,953
260	-1,8	0,236	260	19,1	-0,003	260	-10,6	0,984
270	2,6	0,263	270	18,3	0,053	270	-10,4	1,017
280	6,9	0,265	280	17,1	0,107	280	-9,9	1,048
290	10,8	0,241	290	15,6	0,157	290	-9,2	1,077
300	14,1	0,192	300	13,8	0,201	300	-8,3	1,104
310	16,5	0,124	310	11,8	0,239	310	-7,2	1,127
320	17,5	0,039	320	9,6	0,271	320	-5,9	1,147
330	16,8	0,051	330	7,3	0,297	330	-4,6	1,163
340	13,7	-0,133	340	4,9	0,316	340	-3,1	1,174
350	8	-0,193	350	2,5	0,327	350	-1,6	1,182
360	0,7	-0,214	360	0	0,331	360	0	1,184

Tabel 7. Hasil penyusunan Skema 7 dan 8 untuk data pasut daerah Pameungpeuk.

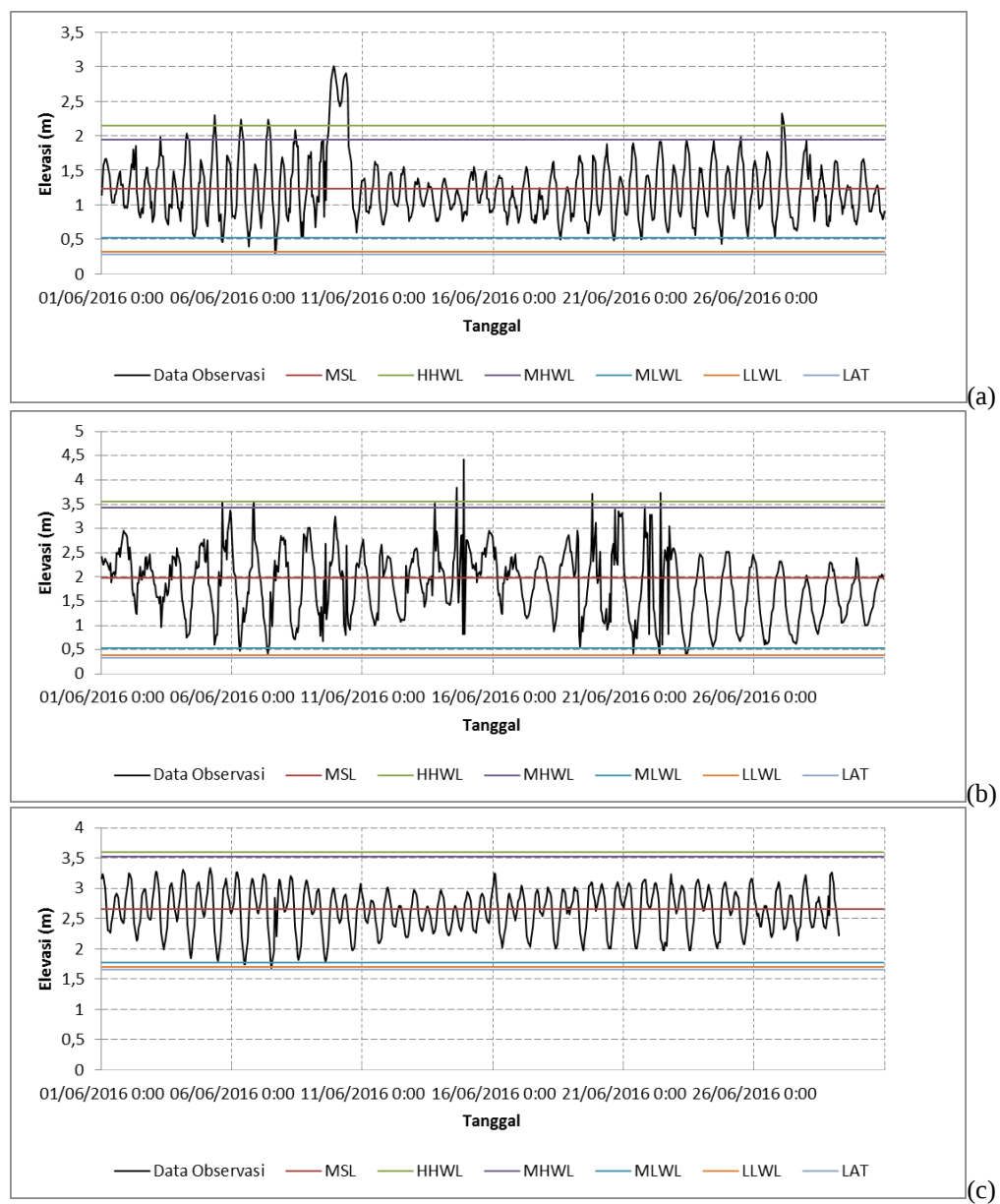
	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
V=PRCOS r	85998	-10188,3	689,545	-747,226	153,826	-3614,17	151	467,855
V1=PR SIN r		18366,69	-6906,09	-2397,23	-8651,82	945,142	-1006,98	-365,205
PR	85998	21003,24	6940,424	2510,986	8653,187	3735,712	1018,239	593,5175
P	696	559	448	566	439	565	507	535
F		1,036882	1	1,036882	0,885741	0,838875	1,075124	1,036882
1+W		1	0,763235	1,23104	0,831842	1	1	0,763235
V		-34839	0	-47630,9	535,4395	-35014,4	-69678	-34839
V pertama		-96,775	0	-132,308	1,487332	-97,2624	-193,55	-96,775
V kedua		97	0	133	1	97	194	97
V ketiga		80,99242	0	249,0895	175,4395	94,44705	161,9848	80,99242
U		-0,49146	0	-0,49146	-2,38358	3,201016	-0,98293	-0,49146
W		0	2,933172	3,52	8,055817	0	0	2,933172
P		333	345	327	173	160	307	318
R		-60,9823	-84,2981	72,68752	-88,9814	-14,6552	-81,4718	-37,9754
G		352,5187	263,635	651,8056	265,1303	242,9929	386,5301	363,4587
n*360		7,481304	96,36497	291,8056	94,8697	117,0071	26,53005	3,458722
A	123	36,2364	20,29783	3,475572	26,75247	7,881841	1,868026	1,40182

Tabel 8. Nilai komponen harmonik pasang surut wilayah kajian.

Wilayah	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
Pameungpeuk	123,5603	36,2364	20,29783	3,47557	26,75247	7,88184	1,86802	1,40182
Belitung	197,8161	5,485076	14,10534	6,10684	101,6878	36,9978	3,87778	8,51887
Sarmi	264,9000	35,66885	7,625546	4,31247	35,75891	15,7148	0,82648	1,28518

Tabel 9. Bilangan *form* wilayah kajian.

Wilayah	Nilai <i>Form</i>	Tipe Pasang Surut
Pameungpeuk	0,6126	Pasang surut campuran, condong harian ganda
Belitung	7,0792	Pasang surut harian tunggal
Sarmi	1,1889	Pasang surut campuran, condong harian ganda



Gambar 3. Datum elevasi muka air: (a) Pamengpeuk, (b) Belitung, dan (c) Sarmi.

Datum Elevasi Muka Air. Elevasi yang cukup penting disini mencakup muka air tinggi tertinggi dan muka air rendah terendah. Muka air tinggi tertinggi diperlukan untuk perencanaan rekayasa pantai, sedangkan muka air rendah terendah digunakan untuk keperluan pembangunan pelabuhan. Elevasi muka air seperti demikian dapat terus berubah sepanjang waktu menyesuaikan dengan aktivitas atau kejadian yang terjadi di perairan tersebut. Pengolahan datum wilayah kajian mengikuti persamaan yang disajikan pada Tabel 2. Hasilnya disajikan pada Gambar 3.

Nilai elevasi yang diperoleh terlihat masih fluktuatif, dikarenakan panjang data penelitian yang digunakan hanya 1 bulan saja. Namun hal tersebut tidak terlalu berpengaruh sebab parameter datum yang sering digunakan dalam rancangan bangunan pantai adalah nilai HHWL dan LLWL. Idealnya panjang data yang diperlukan untuk perhitungan nilai elevasi adalah 18.6 tahun [14]. Hal ini berkaitan dengan gerak nutasi bumi, yaitu gerakan seperti pola spiral dalam gerak presesi bumi. Gerakan nutasi ini disebabkan oleh gaya gravitasi bulan yang berusaha menarik bumi ke bidang orbit bulan. Selain itu panjang data selama 18.6 tahun untuk memastikan bahwa saat surut astronomis terendah berada dalam satu periode gelombang.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini diperoleh perairan Pameungpeuk memiliki muka air tinggi tertinggi sebesar 2,14 m dan muka air rendah terendah sebesar 0,32 m. Perairan Belitung muka air tinggi tertinggi sebesar 3,56 m dan muka air rendah terendah sebesar 0,39 m. Perairan Sarmiti muka air tinggi tertinggi sebesar 3,59 m dan muka air rendah terendah sebesar 1,70 m.

Nilai komponen pasang surut wilayah Pameungpeuk, Belitung dan Sarmiti juga dilakukan pada penelitian ini, diperoleh wilayah Pameungpeuk dan Sarmiti memiliki tipe pasang surut campuran tipe condong harian ganda, sedangkan untuk wilayah Sarmiti memiliki tipe pasang surut harian tunggal. Perbedaan tipe pasang surut ini selanjutnya dapat digunakan untuk pengembangan berbagai sektor di wilayah tersebut.

Nilai komponen harmonik pasang surut yang dihasilkan dari metode Admiralty meliputi komponen M2, S2, N2, K1, O1, M4, dan MS4. Nilai komponen harmonik pasang surut M2 pada wilayah Pameungpeuk, Belitung dan Sarmiti masing-masing sebesar 36,25; 5,48; dan 35, 67. Nilai komponen harmonik pasang surut S2 pada wilayah Pameungpeuk, Belitung dan Sarmiti masing-masing sebesar 20,30; 14,10; dan 7,63. Nilai komponen harmonik pasang surut N2 pada wilayah

Pameungpeuk, Belitung dan Sarmiti masing-masing sebesar 3,48; 6,10; dan 4,31.

Saran. Penelitian ini masih jauh dari sempurna sehingga perlu dikaitkan lagi dengan faktor oseanografi lainnya seperti arus dan gelombang agar diperoleh hasil yang representatif tentang studi kelayakan rekayasa suatu wilayah. Selain itu diperlukan panjang data minimal 18.6 tahun untuk menentukan datum elevasi suatu wilayah perairan.

Daftar Pustaka

- [1] Hutabarat, S. 1986. *Pengantar Oseanografi*. UI Press, Jakarta.
- [2] Supangat. 2003. *Pengantar Oseanografi*. Pusat Riset wilayah laut dan sumberdaya non-hayati, Jakarta.
- [3] Supangat, A. dan Susana. *Pengantar Oseanografi*. DKP.
- [4] Stewart, R. H. 2008. *Introduction to Physical Oceanography*. Department of Oceanography. Texas A & M University, (17):300 – 308
- [5] Bishop, J. M. 1984. *Applied Oceanography*.
- [6] Pariwono. 1989. *Gaya penggerak Pasang Surut*. P3O – LIPI. Jakarta.
- [7] Glen, 1977. *Commander The Admiralty Method of Tidal Prediction*. International Hydrographic Review. Monaco. LIV (1)
- [8] Admiralty Tide Tables Indian Ocean and South China Sea (Including Tidal Stream Tables). 2001. United Kingdom Hydrographic Office. Vol.3.
- [9] Nurisman, N. 2012. Karakteristik Pasang Surut di Alur Pelayaran Sungai Musi Menggunakan Metode Admiralty. *Maspari Journal*, 4(1), 110-115.
- [10] Wicaksono, P.H., Handoyo, G., dan Atmodjo, W. 2016. Analisis Peramalan Pasang Surut dengan Metode Admiralty dan Arima di Perairan Pantai Widuri Kab. Pemalang. *Jurnal Oseanografi*, 5(4), 489-495.
- [11] Suhaemi, Raharjo, S., dan Marhan. 2018. Penentuan Tipe Pasut Perairan Pada Alur Pelayaran Manokwari dengan Menggunakan Metode Admiralty. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 2(1), 57-64.
- [12] Supriyono. 2015. Analisa dan Perhitungan Prediksi Pasut Menggunakan Metode Admiralty dan Metode Least Square (Studi Kasus Perairan Tarakan dan Balikpapan). *Jurnal Chart Datum*.
- [13] Ramdhan, M. 2011. Komparisasi Hasil Pengamatan Pasang Surut di Perairan Pulau Pramuka dan Kabupaten Pati dengan Prediksi Pasang Surut Tide Model Driver. *Kementerian Kelautan dan Perikanan*.
- [14] Hicks, Steacy Dopp. 2006. *Understanding Tides*. NOAA.