

## ANALISIS TIPE PASANG SURUT UNTUK PENENTUAN ELEVASI MUKA AIR LAUT DI PERAIRAN SEMARANG MENGGUNAKAN METODE ADMIRALTY

### TIDAL TYPE ANALYSIS FOR SEA SURFACE HEIGHT DETERMINATION IN SEMARANG WATERS USING ADMIRALTY METHOD

<sup>1</sup>Alfiyani Az Zahro\*, <sup>2</sup>Nadia Zahrina W

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UNJ

<sup>2</sup>Pusat Hidro-oseanografi TNI Angkatan Laut

\*Koresponden penulis: alfiyaniazahro1306621005@mhs.unj.ac.id

#### Abstrak

Pasang surut merupakan naik turunnya permukaan air laut akibat adanya gaya gravitasi benda-benda di langit, khususnya matahari dan bulan, terhadap massa air laut di bumi. Letak perairan Semarang sangat menarik untuk dikaji mengenai karakteristik dan kondisi pasang surut air laut, informasi tentang pasang surut air laut berguna untuk kegiatan pelabuhan. Data pasang surut yang dianalisa merupakan data survei periode 12 Januari hingga 9 Februari 2018 di Perairan Semarang. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan dua cara, yaitu menggunakan data sekunder dan data primer. Data primer merupakan data yang diperoleh dari survei langsung yang dilakukan oleh Tim Satuan Survei Hidro-Oseanografi pada wilayah perairan tertentu. Sedangkan data sekunder dari Pushidrosal merupakan data pendukung penelitian yang menggunakan metode *Admiralty*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis pasang surut di perairan Semarang merupakan pasang harian tunggal (diurnal) dengan nilai *formzahl* sebesar 3,937. Nilai elevasi pasut MSL sebesar 1,83 m, HHWL sebesar 2,51 m, dan LLWL sebesar 1,13 m.

**Kata Kunci:** Pasang Surut, *Admiralty*, Konstanta Harmonik, Tipe Pasang Surut, Perairan Semarang.

#### Abstract

*Tides are fluctuations in sea level due to the gravitational force of objects in the sky, especially the sun and moon, on the mass of sea water on earth. The location of Semarang waters is very interesting to study regarding the characteristics and conditions of tides, information about tides is useful for port activities. The research was carried out from January 12 to February 9, 2018 in Semarang Waterways. Data collection techniques are carried out in two ways, namely, using secondary data and primary data. Secondary data is data obtained from direct surveys by the Hydro-Oceanographic Survey Unit Team in certain water areas. Meanwhile, primary data is a complement to secondary data that supports research, namely using the admiralty method. The research results show that the type of tide in Semarang waters is a single daily tide (diurnal) with a formzahl value of 3.937. The MSL tidal elevation value is 1.83 m, the HHWL is 2.51 m, and the LLWL is 1.13m.*

**Keyword:** *Tides, Admiralty, Constant Harmonic, Types of Tides, Semarang Sea.*

## 1. PENDAHULUAN

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 (Pariwono, 1989). Fluktuasi muka air laut berubah-ubah secara periodik dalam suatu selang waktu tertentu atau sering disebut dalam satu siklus pasang surut. Karakteristik pasang surut di perairan dipengaruhi oleh letak geografis, morfologi pantai, maupun batimetri perairan.

Arus laut didefinisikan sebagai gerakan horizontal massa air laut yang dipicu oleh gaya-gaya penggerak yang bekerja pada air laut seperti pasang surut, stres angin, gradien tekanan, dan gelombang laut (Hadi dan Radjawane, 2009). Arus laut secara umum dapat dikategorikan menjadi 4 yaitu arus yang berhubungan dengan densitas, arus pasang surut, arus akibat gelombang, dan arus yang ditimbulkan oleh angin (Ippen, 1996). Arus pasut adalah pergerakan massa air laut secara horizontal yang dihubungkan dengan naik turunnya permukaan air laut akibat gaya tarik benda-benda angkasa terutama bulan dan matahari. Arus pasang surut yang disebabkan oleh adanya fenomena pasang surut air laut berubah arahnya secara periodik.

Metode *admiralty* dikembangkan oleh A.T. Doodson, Direktur *Tidal Institute* di Liverpool dan digunakan untuk keperluan kantor hidrografi Inggris, yaitu *British Admiralty*. Doodson mengembangkan sistematisasi pengolahan data pengamatan pasang surut dengan bantuan skema dan tabel-tabel perkalian. Dengan metode ini, ada sembilan komponen pasang surut yang dapat diturunkan. Metode kuadrat terkecil didasarkan pada penentuan tinggi muka air model yang memberikan kuadrat kesalahan terhadap tinggi muka pengamatan yang minimum (Perbondono, 2012).

Dengan memperhatikan nilai *formzahl* (pada kolom nilai F) dapat diketahui bahwa pasang surut di perairan lepas pantai sekitar Karimun Jawa bertipe tunggal (diurnal), dicirikan pada nilai F sebesar 3,86. Pasang surut bertipe tunggal ini juga didapati di perairan pantai utara Jawa, sekitar rebang hingga Lemah Abang (dimana nilai F-nya secara berurutan adalah 9,33 dan 75 3,38). Akan tetapi menuju barat, dari perairan Demak hingga Tambak Lorok, tipe pasang surutnya berubah menjadi campuran dengan dominasi tunggal (tipe *mixed tides prevailing diurnal*). Nilai F untuk kedua stasiun ini secara

berurutan adalah 1,61 dan 1,84. Tipe pasang surut di Semarang juga menunjukkan tipe pasang surut harian tunggal (nilai F = 3,94) (Ibid, 2000).

Dijkstra (2008) menjelaskan bahwa arus, pasang surut dan gelombang merupakan parameter penting dalam dinamika perairan yang memberikan pengaruh terhadap wilayah pesisir dan laut, di dalam paper tersebut dengan mengetahui peranan pasang surut dan dinamikanya selama periode pengamatan, dapat diperoleh kecenderungan tingkat ketinggian muka air laut dalam periode tersebut.

Matahari dan bumi akan menghasilkan fenomena pasang surut yang mirip dengan fenomena yang diakibatkan oleh bumi dan bulan (Pariwono, 1989). Perbedaan yang utama adalah gaya penggerak pasang surut yang disebabkan oleh matahari hanya separuh dari kekuatan yang disebabkan oleh bulan, dikarenakan jarak bumi dan bulan yang jauh lebih dekat dibanding jarak matahari dan bumi, meskipun massa matahari jauh lebih besar daripada bulan. Gaya penggerak pasang surut dapat diuraikan sebagai hasil gabungan sejumlah komponen harmonik pasang surut, data dikelompokkan menjadi 3 (tiga) bagian komponen, yaitu: tengah harian, harian, dan periode panjang. Beberapa komponen harmonik yang penting dan perbandingan relatif kekuatannya

## 2. METODE

Dalam penelitian ini dilakukan penelitian dengan dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan data sekunder dan data primer. Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil survei langsung oleh Tim Satuan Survei Hidro-Oseanografi di wilayah perairan tertentu yaitu Perairan Semarang pada tanggal 12 Januari hingga 9 Februari 2018. Sedangkan data sekunder yang digunakan dalam penelitian berasal dari buku pasang surut milik Pushidrosal yang diketik ulang oleh penulis, menjadi format

yang bisa dianalisa dalam Microsoft excel, dan merupakan pelengkap dari data primer yang mendukung penelitian, kedua data tersebut diolah menggunakan metode *admiralty*.

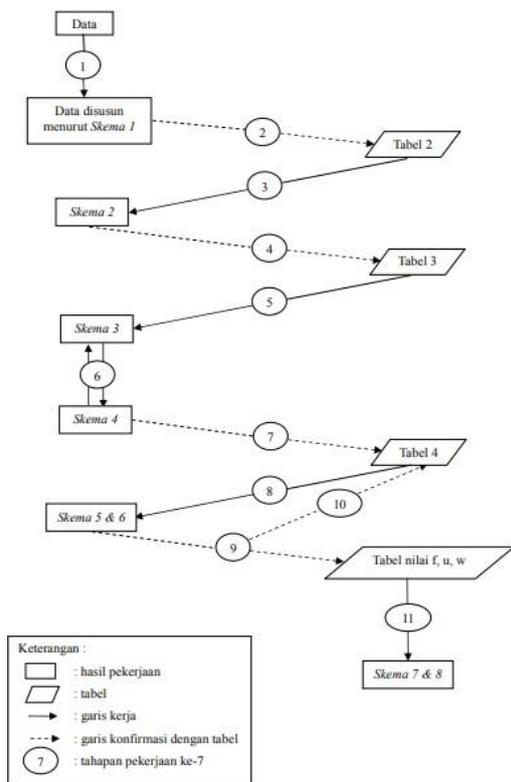
### 2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1, yaitu:

- a. Penentuan Daerah Penelitian
- b. Pengumpulan Data
- c. Pengolahan Admiralty Skema I s.d. Skema VI
- d. Pengolahan Nilai  $f$ ,  $u$ ,  $w$
- e. Pengolahan Skema VII, VIII
- f. Analisa

### 2.2 Prosedur Penelitian

Skema prosedur pengolahan data sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Pengolahan Data, (Djaja, R. 1989).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis pasang surut di Perairan Semarang ditujukan untuk mengetahui tipe pasang surut dan menentukan permukaan laut yang bisa dijadikan acuan vertikal bagi kegiatan bangunan perlindungan pantai. Jadi akan ditentukan *chart datum* (muka surutan), *mean sea level* (duduk tengah dari permukaan laut), dan tinggi air rata-rata. Untuk itu akan dilakukan terlebih dahulu analisa harmonik untuk mendapatkan amplitudo dan fase dari tiap komponen harmonik. Data yang dianalisis merupakan data pasang surut selama 2 (dua) bulan yaitu bulan Januari s.d. Februari yang dapat digunakan sebagai pembandingan hasil analisis pasang surut. Dari data tersebut dilakukan penyusunan secara *time series* ke bawah untuk memudahkan dalam analisis grafik awal pasang surut. Dari tabel tersebut dapat diperoleh grafik awal pasang surut seperti gambar 2, sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik Pengamatan Pasut di Perairan Semarang pada 12 Januari-9 Februari 2018

### 3.1 Komponen Harmonik Pasang Surut

Fokus penelitian adalah untuk menghitung konstanta harmonik pasang surut dari metode Admiralty, berupa komponen Tengah harian, M2, S2, N2, K2, komponen Harian, K1, O1, P1, Q1, dan komponen Periode Panjang, Mf, Mm, Ssa, seluruh komponen tersebut dapat dilihat dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Komponen harmonik pasut (Pond,1981)

Nama Komponen	Simbol	Periode (jam matahari)	Perbandingan (relatif)
Tengah Harian (Semi-diurnal)			
- Principal lunar	M2	12,4	100
- Principal solar	S2	12,0	47
- Larger lunar elliptic	N2	12,7	19
- Luni-solar semi-diurnal	K2	11,97	13
Harian (Diurnal)			
- Luni-solar diurnal	K1	23,9	58
- Principal lunar diurnal	O1	25,8	42
- Principal solar diurnal	P1	24,1	19
- Larger lunar elliptic	Q1	26,9	8
Periode Panjang (Long-period)			
- Lunar fortnightly	Mf	238,0	17
- Lunar monthly	Mm	661,0	9
- Solar semi-annual	Ssa	2.191,0	8

**a. Skema 1**

Sebelum melakukan pengolahan data pasang surut disusun menurut Skema 1 terlebih dahulu. Kolom Skema 1 menunjukkan waktu pengamatan dari pukul 00.00 sampai 23.00, dan ke bawah menunjukkan tanggal selama 29 piantan, yaitu bulan Januari dan Februari tahun 2018.

**b. Skema 2**

Skema 2 diisi dengan mengalikan data pasang surut dengan nilai pengali pada Tabel 2 pada masing-masing harinya. Tabel 2 berisi deretan bilangan 1 dan -1, kecuali untuk  $X_4$  ada yang berisi bilangan 0 dan tidak dimasukkan dalam perkalian. Kemudian dilakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang dikalikan dengan 1 dan diisikan dibawah kolom bertanda (+) untuk masing-masing  $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_4, Y_4$ . Hal yang sama juga dilakukan untuk penjumlahan dari perkalian dengan bilangan -1.

**Tabel 2.** Konstanta Pengali Skema 2

	HOUR																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
$X_1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$X_2$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_2$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$X_4$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_4$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

**c. Skema 3**

Skema 3 diisi dengan prosedur sebagai berikut:

- Untuk kolom  $X_0$  (+) diperoleh dengan menjumlahkan  $X_1$  (+) dengan  $X_1$  (-), tanpa melihat tanda (+) dan (-).
- Untuk kolom  $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_4$  dan  $Y_4$  diperoleh dengan menjumlahkan masing-masing tanda (+) dan (-). Agar

tidak ada nilai yang negatif, maka hasilnya ditambahkan dengan 2000.

**d. Skema 4**

Pengisian kolom-kolom pada Skema 4 dibantu dengan Tabel 3. Nilai  $X_{00}$  yang diisikan pada kolom X (tambahan) merupakan penjumlahan dari nilai  $X_0$  dari Skema 3 yang telah dikikan dengan faktor pengali dari Tabel 3 kolom 0, dimana perkalian dilakukan baris perbaris. Faktor 29 menunjukkan berapa kali harus dikuragin dengan bilangan tambahan 2000. Begitu seterusnya. Arti indeks pada Skema 4, contohnya:

- Indeks 00 untuk X, artinya  $X_0$  pada Skema 3 dan indeks 0 pada Tabel 3
- Indeks 00 untuk Y, artinya  $Y_0$  pada Skema 3 dan indeks 0 pada Tabel 3

**Tabel 3.** Daftar Konstanta Pengali Skema 4

MULTIPLIERS FOR DATUM	second suffix						
	0	2	b	3	e	4	d
	-29	-1	0	-1	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	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
central day	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

**e. Skema 5 dan Skema 6**

Skema 5 dan Skema 6 diisi dengan bantuan Tabel 4. Pada Tabel 4, kolom kedua diisi terlebih dahulu. Kolom ketiga dan seterusnya diisi dengan hasil perkalian kolom 2 dengan faktor pengali yang ada pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Faktor analisa untuk pengamatan 29 hari (29 piantan)

	S <sub>0</sub>	M <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	M <sub>4</sub>	MS <sub>4</sub>
Untuk skema V	X00	1,000						
PR cos r	X10				1,000	-0,080		
	X12 - Y1b	0,070			-0,020	1,000	0,020	
	X13 - Y1c							
	X20	-0,030	1,000	-0,030				
	X22 - Y2b	1,000	0,015	0,038	0,002	-0,058		-0,035
	X23 - Y2c	-0,060		1,000				
	X42 - Y4b	0,030						1,000
	X44 - Y4d						1,000	0,080
Untuk skema VI	Y10				1,000	-0,080		
	Y12 + X1b	0,070			-0,020	1,000	0,030	
	Y13 + X1c							
	Y20	-0,030	1,000	-0,030				
	Y22 + X2b	1,000	0,015	0,032		-0,058		-0,035
	Y23 + X2c	-0,060		1,000				
	Y42 + X4b	0,030					0,010	1,000
	Y44 + X4d						1,000	0,080

**f. Skema 7 dan Skema 8**

Pengisian Skema 7 dan Skema 8 memerlukan tahapan yang panjang dengan beberapa format isian seperti pada tabel 5. Hasil pengisian Skema 7 dan Skema 8 sebagai berikut :

**Tabel 5.** Hasil penyusunan Skema 7

	S	M <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	M <sub>4</sub>	MS <sub>4</sub>
V : PR cos r	127117,900	2881,186	-830,609	4737,148	-10833,261	3483,355	857,400	1215,662
VI : PR sin r	0,000	2962,626	-84,784	4557,390	2640,354	5631,817	1014,318	1054,675
PR	127117,900	4140,975	833,132	6573,460	11152,516	6627,284	4328,147	1669,401
Daftar Sa : P	696,000	558,000	448,000	566,000	438,000	565,000	507,000	535,000
Daftar S : f	1,027	1,000	1,027	1,024	0,834	0,876	1,055	1,027
VII : f + w	1,000	0,952	1,123	1,211	1,000	1,000	1,000	0,952
- V	488,588	0,000	547,235	395,247	463,340	637,176	498,588	
Daftar 9 : u	-1,500	0,000	-1,500	-0,931	0,037	-3,000	-1,500	
VIII : w	0,000	-12,723	7,753	-15,874	0,000	0,000	-12,723	
Daftar Sa : p	333,000	345,000	327,000	173,000	160,000	307,000	318,000	
Daftar 4 : r	45,679	184,460	43,892	166,258	58,189	49,792	40,844	
Jumlah = g	875,767	516,737	918,380	711,900	690,567	690,968	843,309	
s	377,180	516,737	377,145	316,852	227,226	353,793	344,721	
PR(s)(Pr(xt+w))=A	182,641	7,213	1,952	10,067	22,697	13,391	2,483	3,075
VII	g"	155,767	156,737	198,380	351,900	330,567	270,968	123,309

Sehingga diperoleh nilai pada Skema 8. Skema 8 merupakan nilai akhir untuk masing-masing komponen harmonik pasang surut, sebagai berikut:

**Tabel 6.** Nilai komponen harmonik pasut pada 12 Januari - 9 Februari 2018.

HASIL TERAKHIR									
	S <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	M <sub>4</sub>	MS <sub>4</sub>	P <sub>1</sub>
A Cm	182,641	7,213	1,952	10,067	22,697	13,391	2,483	3,075	7,490
g"	155,767	156,737	198,380	351,900	330,567	270,968	123,309	156,737	351,900

**3.2 Formzahl**

Dengan komponen pasang surut diatas dapat ditentukan tipe pasang surut, melalui perhitungan nilai *Formzahl*. *Formzahl* adalah bilangan untuk menentukan tipe pasang surut, menggunakan rumus:

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

Keterangan:

F : bilangan *Formzahl*

O<sub>1</sub> : amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

K<sub>1</sub> : amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari

M<sub>2</sub> : amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

S<sub>2</sub> : amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

Bilangan *formzahl* memiliki *range* tertentu untuk menentukan tipe pasangsurut suatu wilayah. *Range formzahl* dijelaskan dalam Tabel 7 sebagai berikut.

**Tabel 7.** Tipe pasut berdasarkan bilangan *Formzahl*

Nilai <i>Formzahl</i>	Tipe Pasang Surut	Keterangan
0,00 < F ≤ 0,25	Setengah Harian (Semidiurnal/Ganda)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut.</li> <li>✓ Bentuk gelombang simetris.</li> </ul>
0,25 < F ≤ 1,50	Campuran dengan tipe ganda lebih menonjol (Condong Ganda)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut.</li> <li>✓ Bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (asimetris) dengan bentuk condong semi diurnal.</li> </ul>
1,50 < F ≤ 3,00	Campuran dengan tipe tunggal lebih menonjol (Condong Tunggal)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut.</li> <li>✓ Bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (asimetris) dengan bentuk condong diurnal.</li> </ul>
F > 3,00	Harian (Tunggal)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dalam sehari terjadi sekali pasang dan sekali surut.</li> </ul>

Dengan menggunakan rumus di atas, diperoleh nilai *Formzahl* = 3,9374. Maka dapat diketahui bahwa tipe pasang surut di Perairan Semarang adalah Tipe pasang surut di Perairan Semarang adalah Tipe pasang surut ini memiliki hanya satu puncak dan satu lembah selama satu hari pasang surutnya, Wulansari *et al.* (2015), Indra M., dkk (2016), Otto G., dkk (2017). Hasil ini memiliki pola yang berbeda dengan hasil pembagian tipe

pasang surut di perairan Laut Jawa oleh Wyrski, 1961; Pariwono, 1989 dalam Ongkosongo dan Suyarso, 1989, dan Triatmodjo, 1999, dan hasil penelitian dari Rachman *et al.* 2015, yang menyebutkan tipe pasang surut di perairan Semarang, memiliki tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda atau bilangan Formzahnya sebesar 1,121, hal ini terjadi karena adanya faktor lokal.

### 3.3 Elevasi Muka Air

Elevasi muka air rencana diperlukan untuk pengembangan dan pengelolaan daerah pantai. Mengingat elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut :

$$\text{MSL} = S_0 \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{HHWL} = S_0 + Z \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{MHWL} = Z_0 + (M_2 + S_2) \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{LLWL} = S_0 - (M_2 + S_2 + N_2 + K_1 + O_1 + P_1 + M_4 + MS_4) \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{MLWL} = Z_0 - (M_2 + S_2) \dots\dots\dots(6)$$

- a) Muka air tinggi (*high water level, HWL*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- b) Muka air rendah (*low water level, LWL*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
- c) Muka air tinggi rerata (*mean high water level, MHWL*), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 18,6 tahun.
- d) Muka air rendah rerata (*mean low water level, MLWL*), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 18,6 tahun.
- e) Muka air laut rerata (*mean sea level, MSL*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata.
- f) Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level, HHWL*), adalah air tertinggi

pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

g) Muka air rendah terendah (*lowest low water level, LLWL*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

h) *Higher high water level* (HHWL), adalah air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.

i) *Lower low water level* (LLWL), adalah air terendah dari dua air rendah dalam satu hari.

Elevasi yang cukup penting yaitu muka air tinggi tertinggi dan muka air rendah terendah (LLWL). Muka air tinggi tertinggi (HHWL) sangat diperlukan untuk perencanaan bangunan pantai, sedangkan muka air rendah terendah sangat diperlukan untuk perencanaan pembangunan pelabuhan. Elevasi muka air rencana dapat ditentukan menggunakan komponen pasang surut melalui perhitungan rumus-rumus sebagai berikut:

$$Z_0 = M_2 + S_2 + N_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1 + M_4 + MS_4 \dots\dots\dots(7)$$

Parameter Z dalam HHWL diasumsikan sebagai  $Z_0$ . Pada referensi lainnya, literatur lainnya dari Staatsdrukkerij, 1949, nilai Z adalah *Zero Des Ponts et Chaussees, een Vergelijkingvlak in Belgie*. Sehingga diperoleh nilai MSL, HHWL, MHWL, LLWL, dan MLWL pada bulan Januari hingga Februari 2018 adalah sebagai berikut:

- LLWL = 1,13 m
- MSL = 1,83 m
- HHWL = 2,51 m
- MLWL = 63,64 m
- MHWL = 78,06 m

Dari nilai muka air rencana diperoleh grafik pasang surut Semarang seperti gambar 3, berikut ini :



**Gambar 3.** Grafik Pasut di Perairan Semarang pada 12 Januari-9 Februari 2018

Nilai muka air rencana yang diperoleh di atas masih sangat fluktuatif, dikarenakan panjang data yang digunakan hanya 2 (dua) bulan. Secara teoritis, panjang data yang dibutuhkan untuk nilai yang lebih valid adalah 18,6 tahun yang merupakan periode ulang pasang surut, dengan menggunakan proses pengolahan data pasang surut yang sama. Selain itu, panjang data pasang surut 18,6 tahun untuk memastikan bahwa pada saat surut astronomis terendah selang waktu 18,6 tahun berada dalam satu periode gelombang (Hasibuan, 2009).

#### 4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pasang surut suatu perairan dapat diperhitungkan menggunakan metode *admiralty*.
2. Perhitungan *admiralty* dapat menentukan nilai bilangan *Formzahl* dengan perhitungan 29 piantan.
3. Pasang surut memiliki beberapa komponen harmonik dalam perhitungan yang digunakan seperti  $S_0$ ,  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$ ,  $O_1$ ,  $M_4$ ,  $MS_4$ ,  $K_2$ , dan  $P_1$ .
4. Tipe pasang surut di Perairan Semarang adalah tipe pasang surut

harian tunggal dan mempunyai nilai bilangan *Formzahl* yaitu sebesar 3,937.

5. Pasang surut di Perairan Semarang memiliki nilai elevasi pasang surut MSL sebesar 1,83m, HHWL sebesar 2,51m dan LLWL sebesar 1,13m.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Komandan Pushidrosal yang telah memberikan ijin dalam melaksanakan magang dan penelitian di Pushidrosal. Selain itu, disampaikan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah banyak membantu sehingga dalam penulisan jurnal ini berjalan dengan lancar.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Australian National Department of Defence. Tide Tables. (2024). Australia, Papua New Guinea, Solomon Islands, Antarctica and East Timor. Australian Hydrographic Publication 11.
- Hadi, S. dan Radjawane, I. (2009). *Arus Laut*. Bandung: ITB Press.
- Hasibuan, P., Gading, (2009). *Skripsi : Analisis Surut Astronomis Terendah Di Perairan Sabang, Sibolga, Padang, Cilacap, Dan Benoa Menggunakan Superposisi Komponen Harmonik Pasang Surut*. Bogor: IPB.
- Hidayat, S., (2010). *Analisis Harmonik Pasang Surut dengan Metode Admiralty*. Bogor: IPB.
- Ibid. (2000). *Analisis Pasang Surut Di Pantai Kartini Jepara Dengan Metode Kwadrat Terkecil*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Indra M., & Amir, H. M. (2016), Pengamatan Pasang Surut untuk Penentuan Datum Ketinggian di Pantai Desa Parak, Kecamatan Bonto Matene, Kabupaten, Selayar, Provinsi Sulawesi Selatan. *Spermonde*, 2(2), 44-46.

- Mihardja, K., & Hadi, S. (1989). *Dinamika Pasang Surut Perairan Pantai*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- NP205 Admiralty Tide Tables (ATT) Volume 5, South China Sea and Indonesia (including Tidal Stream Tables), (2024) Edition. The United Kingdom Hydrographic Office (UKHO).
- Otto, G, Gentur, H., & Jarot, M. (2017), Peramalan Pasang Surut di Pelabuhan Perikanan Pantai Teluk Saleh Sumbawa. *Jurnal Oseanografi Undip*, 6(4), 616-624.
- Pariwono, I., & John. (1989). *Gaya Penggerak Pasang Surut*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Poerbondono. (2012). *Survei Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama.
- Pond, S., & Pickard, G. L. (1981). *Introductory Dynamic Oceanography*. Pergamon Press, 241 pp.
- Rifki, K. R., Dwi, H. I., & Gentur, H. (2015). Pengaruh Pasang Surut terhadap Genangan Banjir Rob di Kecamatan Semarang Utara. *Jurnal Oseanografi Undip*, 4(1), 1-9.
- Soeroso. (1989). *Cara Memperoleh Konstanta Pasang Surut*. *Pasang Surut*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Jakarta.
- Staatsdrukkerij, (1949). *Overzicht der Getijler ten dienste de hydrografische opneming*, Staatsdrukkerij/ S Gravenhage.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset
- Triatmodjo, B. (2012). *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wulansari, R, Gentur, H, & Baskoro, R., (2015). Kajian Elevasi Muka Air Laut di Perairan Pantai Kartini Jepara. *Jurnal Oseanografi UNDIP*, 4(2), 487-491.