

# ANALISIS PASANG SURUT PADA DAERAH PANTAI TOBOLOLO KELURAHAN TOBOLOLO KOTA TERNATE PROVINSI MALUKU UTARA

Theodorus Pasomba'

M. Ihsan Jasin, Tommy Jansen

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [theo12pasomba@gmail.com](mailto:theo12pasomba@gmail.com)

## ABSTRAK

*Di dunia teknik sipil khususnya dalam hal merekayasa suatu bangunan yang berada di daerah pesisir pantai maka haruslah diperhatikan besarnya pasang surut yang terjadi sebagai data pendukung dalam perencanaannya. Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap massa air laut di bumi lebih besar dari pada gaya tarik matahari.*

*Penelitian ini bertujuan untuk menentukan komponen pasang surut, tipe pasang surut, serta elevasi muka air laut yang terjadi di pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara dengan menggunakan Metode Admiralty dimana data pasang surut yang digunakan ialah data pengamatan selama 15 piantan yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial.*

*Dari hasil analisis yang dilakukan diperoleh tipe pasang surut yang terjadi di Pantai Tobololo ialah Tipe Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (mixed tide prevealing semi diurnal) dengan nilai  $0.25 < F=0.28 < 1.5$ . Elevasi muka air laut tinggi tertinggi (HHWL) terjadi sebesar 201 cm (+75.8 cm dari MSL) dan elevasi muka air rendah terendah terjadi sebesar 27 cm (-98.2 cm dari MSL), dimana MSL terjadi sebesar 125.20 cm.*

**Kata kunci:** *Pantai Tobololo, Pasang Surut, Metode Admiralty.*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Provinsi Maluku Utara adalah salah satu provinsi yang memiliki beberapa kawasan pantai yang dimanfaatkan manusia untuk kegiatan kehidupannya. Di kawasan pantai terjadi peristiwa-peristiwa alam, pasang surut air laut salah satunya, pasang surut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi, dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil. Matahari memiliki massa 27 juta kali lebih besar dibandingkan dengan bulan, tetapi jaraknya sangat jauh dari bumi (rata-rata 149,6 juta km) sedangkan bulan sebagai satelit bumi berjarak (rata-rata 381.160km). dalam mekanika alam semesta jarak sangat

menentukan dibandingkan dengan massa, oleh sebab itu bulan mempunyai peran besar dibandingkan matahari dalam menentukan pasang surut, dimana daya tarik bulan  $\pm 2,25$  kali lebih besar dibandingkan matahari.

Di dunia teknik sipil khususnya dalam hal merekayasa suatu bangunan yang berada di tepi laut atau daerah pesisir pantai maka haruslah diperhatikan besarnya pasang surut serta jenis pasang surut yang terjadi sebagai data pendukung dalam perencanaannya. Perencanaan pembangunan di tepi pantai sangatlah mendukung kemajuan suatu daerah dalam meningkatkan potensi yang ada serta dalam rangka melindungi daerah pantai dari terpaan gelombang yang terjadi, salah satunya ialah Pantai Tobololo yang berada di Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara, dimana daerah ini diapit oleh batas-batas wilayah sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Laut Kota Ternate
- Sebelah Timur : Kelurahan Bula

- Sebelah Selatan : Perkebunan Masyarakat
- Sebelah Barat : Kelurahan Sulamadaha

Dalam perencanaan serta pengembangan pembangunan yang nantinya bila dilaksanakan di daerah ini perlu diperhatikan salah satu faktor yang mempengaruhi yaitu fenomena pasang surut. Oleh karena itu penulis bermaksud untuk menganalisis dan menentukan besar serta jenis pasang surut yang terjadi di Pantai Tobololo dengan Metode *Admiralty*. Dimana metode ini ialah satu dari beberapa metode analisis pasang surut yang banyak digunakan dalam perencanaan bangunan pantai maupun dalam hal lain, dikarenakan kelebihan yang dimiliki metode ini ialah dapat menganalisis data pendek pasang surut selama 15 hari dan memberikan konstanta-konstanta pasang surut untuk selanjutnya digunakan dalam penentuan tipe pasang surut serta elevasi muka air laut yang terjadi.

#### Rumusan Masalah

Fenomena pasang surut yang terjadi merupakan salah satu faktor penting yang perlu dianalisa dan diketahui besar serta jenisnya agar nantinya dapat digunakan dalam perencanaan maupun pengembangan pembangunan di daerah pantai Tobololo.

#### Pembatasan Masalah

Dalam penulisan skripsi ini, masalah dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Analisa yang dilakukan yaitu analisa komponen harmonik serta tipe pasang surut yang terjadi di Pantai Tobololo.
2. Pengolahan data pasang surut dilakukan dengan metode *Admiralty*.
3. Data pasang surut yang digunakan ialah data pasang surut yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial.
4. Penentuan elevasi muka air laut terhadap fenomena pasang surut.

#### Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Mendapatkan nilai komponen harmonik serta untuk mengetahui tipe pasang surut yang terjadi di Pantai Tobololo dengan metode *Admiralty*.

2. Menentukan elevasi muka air laut di Pantai Tobololo.

#### Manfaat Penelitian

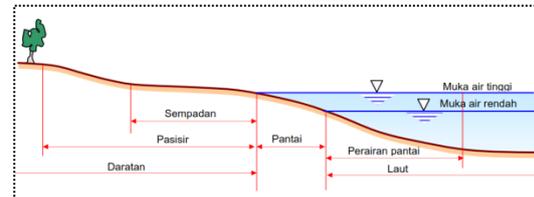
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

1. Memperoleh pengetahuan mengenai teknik pantai khususnya dalam mempelajari fenomena Pasang Surut.
2. Memperoleh pengetahuan bagaimana menggunakan Metode *Admiralty* dan menentukan tipe pasang surut suatu perairan melalui perhitungan bilangan *Formzahl*.
3. Sebagai referensi mengenai Pasang Surut dan Elevasi Muka Air Laut bagi pemerintah dan para perencana maupun pihak terkait lainnya dalam rangka perencanaan maupun pengembangan daerah Pantai Tobololo.

#### LANDASAN TEORI

##### Gambaran Umum Pantai

Isitilah pantai sering rancu dalam pemakaiannya yaitu antara *coast* (pesisir) dan *shore* (pantai).



Gambar 1. Definisi Pantai dan Batasan Pantai (Sumber : *Teknik Pantai, Bambang Triatmodjo, 1999*)

##### Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi (gerakan naik turunnya) muka air laut secara berirama karena adanya gaya tarik bendabenda di langit, terutama bulan dan matahari terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap massa air laut di bumi lebih besar dari pada gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut ada 2,2 kali lebih besar dari pada gaya tarik matahari (Triatmodjo, 1999).

Menurut Pariwono (1989), fenomena pasang surut diartikan sebagai naik turunnya muka laut secara berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi. Sedangkan menurut Dronkers (1964) pasut laut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil. Untuk mengetahui posisi titik pasut terendah atau tertinggi di suatu wilayah pengamatan pasut yang ideal dilakukan adalah selama 18,6 tahun (Dahuri et al, 1996; Djunarsjah, 2007; Malik, 2007).

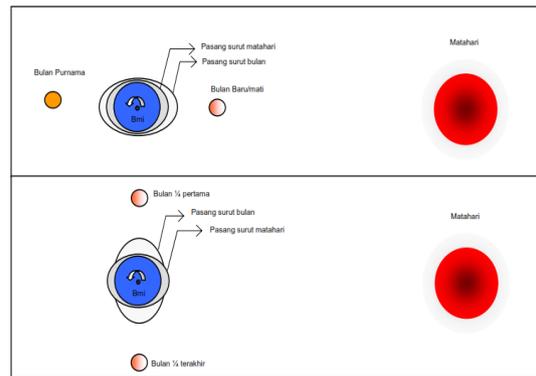
### Gaya Pembangkit Pasang Surut

Gejala pasang surut yang terjadi diakibatkan oleh gaya pembangkit pasang surut, yang pembangkit ini dapat diketahui melalui gerakan bulan dan matahari terhadap bumi. Tiga gerakan utama yang perlu diperhatikan dalam peristiwa pasang surut, diantaranya adalah (Ongkosongo, 1989):

- a Revolusi bulan terhadap bumi, dengan orbit berbentuk elips dan memerlukan waktu 29.5 hari untuk menyelesaikan revolusinya.
- b Revolusi bumi terhadap matahari, dengan orbit berbentuk elips dan periode yang diperlukan 365.25 hari untuk menyelesaikan revolusinya.
- c Perputaran bumi terhadap sumbunya sendiri dengan waktu 24 jam yang diperlukan dalam berputar.

### Pasang Surut Purnama dan Perbani

Pada setiap sekitar tanggal 1 dan 15 (bulan muda dan bulan purnama) posisi bumi-bulan-matahari kira-kira berada pada satu garis lurus dalam keadaan ini terjadi pasang surut purnama (pasang besar, *spring tide*). Sedang pada setiap sekitar tanggal 7 dan 21 (seperempat bulan dan tiga perempat revolusi bulan terhadap bumi dimana bulan dan matahari membentuk sudut siku-siku terhadap bumi dalam keadaan ini terjadi pasang surut perbani (pasang kecil, *neap tide*). Berikut penjelasan posisi bulan dan



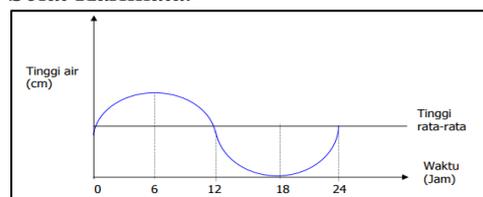
matahari terhadap bumi dalam mempengaruhi pasang surut.

Gambar 2. Posisi Bumi-Bulan-Matahari (Sumber : *Teknik Pantai. Bambang Triatmodjo. 1999*)

### Tipe Pasang Surut

Menurut Wyrcki (1961), pasang surut di Indonesia dibagi menjadi 4 tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (diurnal tide), pasang surut harian ganda (semi diurnal tide), pasang surut campuran condong harian tunggal (mixed tide prevealling diurnal) dan pasang surut campuran condong harian ganda (mixed tide prevealling semi diurnal).

- 1 Pasang surut harian tunggal (diurnal tide) Yaitu tipe pasang surut yang apabila dalam satu hari hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, ini terdapat di Selat Karimata.

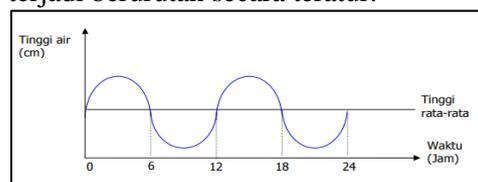


Gambar 3. Pola gerak pasut harian tunggal (*diurnal tide*)

(Sumber: *M. Ramdhan, 2011*)

- 2 Pasang surut harian ganda (semi diurnal tide)

Yaitu pasang surut yang memiliki sifat dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan juga dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi berurutan secara teratur.

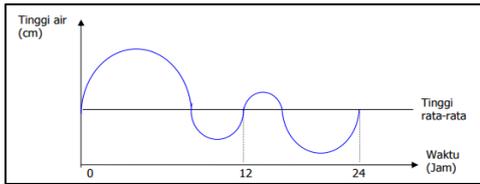


Gambar 4. Pola gerak pasut harian ganda (*semi diurnal tide*)

(Sumber: M. Ramdhan, 2011)

- 3 Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (mixed tide prevealling diurnal)

Yaitu dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

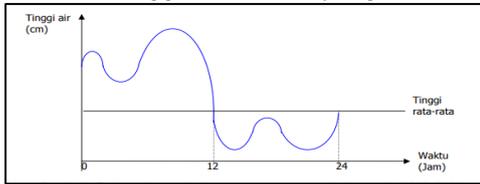


Gambar 5. Pola gerak pasut condong harian tunggal

(Sumber: M. Ramdhan, 2011)

- 4 Pasang surut campuran condong ke harian ganda (mixed tide prevealling semi diurnal)

Yaitu pasang surut yang dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, tetapi terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan memiliki tinggi dan waktu yang berbeda.



Gambar 6. Pola gerak pasut campuran condong harian ganda

(Sumber: M. Ramdhan, 2011)

Bilangan Formzahl yakni pembagian antara amplitudo konstanta pasang surut harian utama dengan amplitudo konstanta pasang surut ganda utama. Dimana angka pasang surut "F"(tide form number "Formzahl") didapat dengan persamaan berikut:

$$F = \frac{AK1+AO1}{AM2+AS2} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan nilai F, maka dapat ditentukan tipe pasang surut berdasarkan klasifikasi berikut:

- 1 Pasang surut harian ganda jika  $F \leq 0.25$
- 2 Pasang surut campuran condong harian ganda jika  $0.25 < F \leq 1.5$
- 3 Pasang surut campuran condong harian tunggal jika  $1.5 < F \leq 3$
- 4 Pasang surut harian tunggal jika  $F > 3$

Keterangan :

- F (Formzahl)= Angka Pasang Surut (tide form number)
- A(K1) = Amplitudo dari konstanta pasut K1
- A(O1) = Amplitudo dari konstanta pasut O1
- A(M2) = Amplitudo dari konstanta pasut M2
- A(S2) = Amplitudo dari konstanta pasut S2

**Konstanta Harmonik Pasang Surut**

Menurut Pariwono (1987) dalam Suyarso (1989) menyatakan bahwa pasangan matahari dan bumi akan menghasilkan fenomena pasang surut yang mirip dengan fenomena yang diakibatkan oleh pasangan bumi bulan. Secara garis besar konstanta harmonik pasut dibagi dalam empat kelompok utama (Poerbandono, 1989), yaitu :

- a Konstanta harmonik periode setengah harian (semidiurnal period tide).
- b Konstanta harmonik periode harian (diurnal period tide).
- c Konstanta harmonik periode panjang (long period tide).
- d Konstanta harmonik periode dangkal (shallow water tide).

Komponen-komponen utama pasang surut terdiri dari komponen tengah harian dan harian. Namun demikian, karena interaksinya dengan bentuk (morfologi) pantai dan superposisi antar gelombang pasang surut komponen utama, akan terbentuklah komponen-komponen pasang surut yang baru (Suyarso, 1989).

Tabel 1. Penjelasan Komponen-komponen Harmonik dalam Penentuan Konstanta Pasang Surut

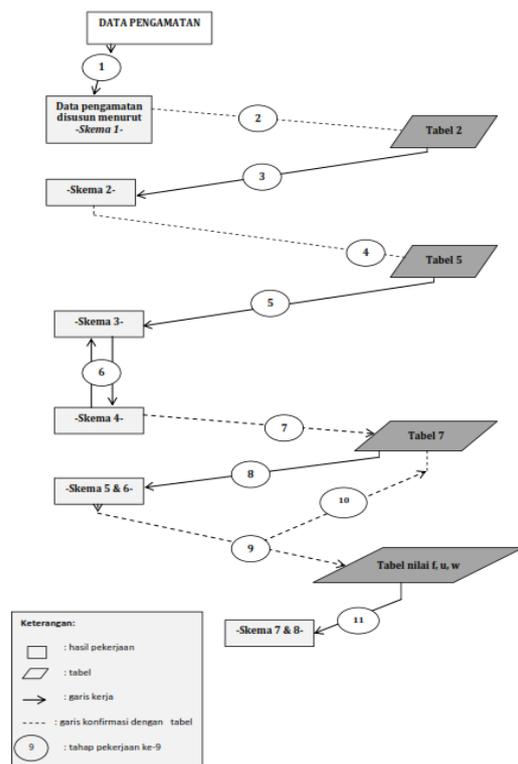
Jenis	Simbol	Kecepatan Sudut (derajat/jam)	Periode (Jam)	Komponen
Semidiurnal	M <sub>2</sub>	28.9842	12.24	Utama bulan
	S <sub>2</sub>	30	12.00	Utama matahari
	N <sub>2</sub>	28.4397	12.66	Bulan akibat variasi bulan jarak bumi ke bulan
	K <sub>2</sub>	30.0821	11.97	Matahari ke bulan akibat perubahan sudut deklinasi matahari ke bulan
Diurnal Periode panjang	K <sub>1</sub>	15.0411	23.93	Matahari
	O <sub>1</sub>	13.943	25.82	Utama bulan
	P <sub>1</sub>	14.9589	24.07	Utama matahari
	M <sub>4</sub>	57.968	6.21	Utama bulan
	MS <sub>4</sub>	58.084	6.20	Matahari dan bulan

(Sumber: Poerbandono, 1989)

**Metode Admiralty**

A. T. Doodson pada tahun 1928 membuat metode praktis perhitungan pasang surut dengan metode Admiralty. Metode ini terbatas untuk menguraikan data pasang surut selama 15 atau 29 hari dengan interval pencatatan 1 jam. Metode ini menghitung amplitudo dan ketertinggalan fasa dari sembilan komponen pasut yaitu M2, S2, N2, K1, O1, M4, MS4, K2 dan P1. Dari ke sembilan komponen pasut tersebut dapat dihitung referensi tinggi muka air laut yang diinginkan.

Proses perhitungan analisa harmonik Metode Admiralty dilakukan pengembangan perhitungan sistem formula dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Office Excel, yang menghasilkan harga beberapa parameter yang ditabelkan sehingga perhitungan pada metode ini akan menjadi efisien dan memiliki keakuratan yang tinggi serta fleksibel untuk waktu kapanpun.



Gambar 7. Skema Perhitungan Pasang Surut dengan Metode Admiralty

**Elevasi Muka Air Rencana**

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 :

- 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.
- d. Muka air rendah rerata (mean low water level, MLWL), adalah rerata dari muka air rendah.
- 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 tinggi 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. Muka air tinggi tertinggi 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-komponen pasang surut yang didapat dari perhitungan analisa pasang surut dengan metode Admiralty diatas.

Berikut penentuan elevasi muka air rencana :

- $MSL = A(S_0)$
- $HHWL = \text{Muka air tertinggi}$
- $LLWL = \text{Muka air terendah}$
- $MHWL = MSL + (Range/2)$
- $MLWL = MSL - (Range/2)$
- $Range = (2 * A(M_2)) + A(S_2)$



Tabel Penentuan X1 Tanggal 17 Januari 2018

Jam	Data Pengamatan	Konstanta Pengali			Hasil Perkalian		
		0	+	-	0	+	-
1	2	3	4	5	6 = 2*3	7 = 2*4	8 = 2*5
0:00	75			-1			-75
1:00	92			-1			-92
2:00	110			-1			-110
3:00	131			-1			-131
4:00	143			-1			-143
5:00	146			-1			-146
6:00	140		1				140
7:00	127		1				127
8:00	124		1				124
9:00	100		1				100
10:00	93		1				93
11:00	97		1				97
12:00	111		1				111
13:00	132		1				132
14:00	157		1				157
15:00	178		1				178
16:00	192		1				192
17:00	192		1				192
18:00	180			-1			-180
19:00	155			-1			-155
20:00	126			-1			-126
21:00	97			-1			-97
22:00	80			-1			-80
23:00	72			-1			-72
Jumlah	3050					1643	-1407

Tabel Penentuan X1 Tanggal 18 Januari 2018

Jam	Data Pengamatan	Konstanta Pengali			Hasil Perkalian		
		0	+	-	0	+	-
1	2	3	4	5	6 = 2*3	7 = 2*4	8 = 2*5
0:00	72			-1			-72
1:00	82			-1			-82
2:00	102			-1			-102
3:00	123			-1			-123
4:00	142			-1			-142
5:00	150			-1			-150
6:00	146		1				146
7:00	135		1				135
8:00	120		1				120
9:00	104		1				104
10:00	94		1				94
11:00	91		1				91
12:00	100		1				100
13:00	120		1				120
14:00	144		1				144
15:00	168		1				168
16:00	170		1				170
17:00	190		1				190
18:00	182			-1			-182
19:00	153			-1			-153
20:00	120			-1			-120
21:00	110			-1			-110
22:00	94			-1			-94
23:00	85			-1			-85
Jumlah	2997					1582	-1415

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Langkah-langkah penyelesaian untuk skema 2 :

Kolom 6, 7, 8 diperoleh dengan cara :

Untuk kolom 7 yang bernilai negatif (-) yaitu:  
 Kolom 8 = kolom 2 x kolom 5 → 75 x -1 = -75

Untuk kolom 7 yang bernilai positif (+) yaitu :

Kolom 7 = kolom 2 x kolom 4 → 140 x 1 = 140

Maka, didapatkan hasil jumlah sebagai berikut :

Σ kolom 7 = 1643, Σ kolom 8 = -1407

Hasil-hasil yang diperoleh dimasukkan ke tabel 6.

Tabel 6. Penyusunan Hasil Perhitungan Harga X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 dari Skema 2.

Waktu			X1		Y1		X2		Y2		X4		Y4	
Tgl	Bln	Thn	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
17	Januari	2018	1643	-1407	1672	-1378	1216	-1834	1659	-1391	1013	-1023	1529	-1521
18	Januari	2018	1582	-1415	1636	-1361	1198	-1799	1563	-1454	859	-991	1476	-1521
19	Januari	2018	1582	-1449	1676	-1355	1166	-1865	1449	-1548	870	-1003	1516	-1515
20	Januari	2018	1567	-1547	1750	-1364	1270	-1844	1401	-1713	860	-1002	1511	-1603
21	Januari	2018	1557	-1474	1639	-1392	1230	-1801	1337	-1694	843	-1009	1514	-1517
22	Januari	2018	1561	-1480	1611	-1430	1302	-1739	1293	-1748	827	-1000	1526	-1515
23	Januari	2018	1565	-1466	1580	-1451	1407	-1624	1259	-1773	796	-1016	1502	-1529
24	Januari	2018	1563	-1423	1543	-1443	1473	-1513	1266	-1720	768	-995	1479	-1507
25	Januari	2018	1607	-1388	1525	-1470	1551	-1444	1341	-1654	764	-989	1495	-1500
26	Januari	2018	1639	-1320	1489	-1470	1569	-1390	1423	-1536	756	-981	1485	-1474
27	Januari	2018	1715	-1310	1546	-1479	1599	-1426	1578	-1447	779	-1004	1520	-1505
28	Januari	2018	1678	-1289	1531	-1416	1510	-1437	1660	-1287	781	-982	1487	-1460
29	Januari	2018	1678	-1257	1569	-1366	1400	-1535	1724	-1211	805	-980	1483	-1452
30	Januari	2018	1703	-1313	1617	-1399	1292	-1724	1730	-1286	886	-1000	1546	-1470
31	Januari	2018	1605	-1323	1659	-1269	1113	-1815	1638	-1290	861	-985	1435	-1493

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 7. Penyusunan Hasil Perhitungan Harga X dan Y Indeks ke Satu dari Skema 3

Waktu			X0	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
Tgl	Bln	Thn	4 = X1'+(+X1)	5 = X1'+X1	6 = Y1'+Y1	7 = X2'+X2	8 = Y2'+Y2	9 = X4'+X4	10 = Y4'+Y4
17	Januari	2018	3050	236	294	-618	268	-10	8
18	Januari	2018	2997	167	275	-601	129	-132	-45
19	Januari	2018	3031	133	321	-699	-65	-133	-1
20	Januari	2018	3114	20	386	-574	-312	-142	-92
21	Januari	2018	3031	83	247	-571	-357	-166	-3
22	Januari	2018	3041	81	181	-437	-455	-193	11
23	Januari	2018	3031	99	129	-217	-515	-220	-27
24	Januari	2018	2986	140	100	-40	-454	-227	-28
25	Januari	2018	2995	219	55	107	-313	-225	-5
26	Januari	2018	2959	319	19	179	-113	-225	11
27	Januari	2018	3025	405	67	173	131	-225	15
28	Januari	2018	2947	409	115	73	373	-201	27
29	Januari	2018	2935	421	203	-135	513	-175	31
30	Januari	2018	3016	390	218	-432	444	-114	76
31	Januari	2018	2928	282	390	-702	348	-124	-58

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Cara perhitungan untuk setiap kolom pada tabel 7 adalah sebagai berikut:

X0 (kolom 4) = Σ X1 (kolom 4 + kolom 5) pada tabel 6 = 1643 + 1407 = 3050

X1 (kolom 5) = Σ X1 (kolom 4 + kolom 5) pada tabel 6 = 1643 + (-1407) = 236

Y1 (kolom 6) = Σ Y1 (kolom 6 + kolom 7) pada tabel 6 = 1672 + (-1378) = 294

X2 (kolom 7) = (kolom 8 – kolom 9) pada tabel 6 = 1216 – 1834 = -618

Dengan cara yang sama untuk menentukan nilai pada kolom 8,9,10.

Nilai-nilai dari kolom 5-10 pada tabel 5 ini tidak boleh bernilai negatif (-). Apabila masih bernilai negatif, ditambahkan nilai B dengan angka kelipatan 1000, untuk memperoleh hasil yang positif seperti pada tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Penyusunan Hasil Perhitungan Harga X dan Y Indeks ke Satu dari Skema 3 yang telah ditambahkan dengan B = 1000

Waktu			X0	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
Tgl	Bln	Thn	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	Januari	2018	3050	1236	1294	382	1268	990	1008
18	Januari	2018	2997	1167	1275	399	1129	868	955
19	Januari	2018	3031	1133	1321	301	935	867	1001
20	Januari	2018	3114	1020	1386	426	688	858	908
21	Januari	2018	3031	1083	1247	429	643	834	997
22	Januari	2018	3041	1081	1181	563	545	807	1011
23	Januari	2018	3031	1099	1129	783	485	780	973
24	Januari	2018	2986	1140	1100	960	546	773	972
25	Januari	2018	2995	1219	1055	1107	687	775	995
26	Januari	2018	2959	1319	1019	1179	887	775	1011
27	Januari	2018	3025	1405	1067	1173	1131	775	1015
28	Januari	2018	2947	1409	1115	1073	1373	799	1027
29	Januari	2018	2935	1421	1203	865	1513	825	1031
30	Januari	2018	3016	1390	1218	568	1444	886	1076
31	Januari	2018	2928	1282	1390	298	1348	876	942
Jumlah			45086	18404	18000	10506	14622	12488	14922

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 8 di atas sudah ditambahkan dengan B kelipatan 1000.

- X1 (kolom 5) = 236 (kolom 5 pada tabel 4.5) + 1000 = 1236

- Y1 (kolom 6) = 294 (kolom 6 pada tabel 4.5) + 1000 = 1294

- $X_2$  (kolom 7) =  $-618$  (kolom 7 pada tabel 4.5) +  $1000 = 382$
- $Y_2$  (kolom 8) =  $268$  (kolom 8 pada tabel 4.5) +  $1000 = 1268$

Maka, didapatkan hasil jumlah sebagai berikut :

$\Sigma X_1$  kolom 5 =  $18404$  ,  $\Sigma Y_1$  kolom 6 =  $18000$ ,  $\Sigma X_2 = 10506$

Dengan cara yang sama pula untuk menentukan nilai dari tiap kolom pada tabel 8.

Tabel 9. Konstanta Pengali Untuk Menghitung Harga  $X_{00}$ ,  $X_{10}$ , dan  $Y_{10}$

Indeks Kedua		0	2	b	3	c	4	d
Pengali untuk B (15 Piantan)		-15	1	0	5	0	1	0
Waktu Menengah	Konstanta Untuk 5 Piantan	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	0	-1	1	1	0

Tabel 10. Perhitungan Harga  $X_{00}$  dan  $X_{10}$

Waktu Pengamatan			Konstanta			$X_0$		$X_{00}$	
Tgl	Bln	Thn	0	1	-1	7	8 = 5 * 7	9 = 6 * 7	-
17	Januari	2018	4	1	6	3050	3050		
18	Januari	2018		1		2997	2997		
19	Januari	2018		1		3031	3031		
20	Januari	2018		1		3114	3114		
21	Januari	2018		1		3031	3031		
22	Januari	2018		1		3041	3041		
23	Januari	2018		1		3031	3031		
24	Januari	2018		1		2986	2986		
25	Januari	2018		1		2995	2995		
26	Januari	2018		1		2959	2959		
27	Januari	2018		1		3025	3025		
28	Januari	2018		1		2947	2947		
29	Januari	2018		1		2935	2935		
30	Januari	2018		1		3016	3016		
31	Januari	2018		1		2928	2928		
Jumlah						45086	45086	0	

Waktu Pengamatan			Konstanta			$X_1$		$X_{10}$	
Tgl	Bln	Thn	0	1	-1	7	8 = 5 * 7	9 = 6 * 7	-
17	Januari	2018		1		1236	1236		
18	Januari	2018		1		1167	1167		
19	Januari	2018		1		1133	1133		
20	Januari	2018		1		1020	1020		
21	Januari	2018		1		1083	1083		
22	Januari	2018		1		1081	1081		
23	Januari	2018		1		1099	1099		
24	Januari	2018		1		1140	1140		
25	Januari	2018		1		1219	1219		
26	Januari	2018		1		1319	1319		
27	Januari	2018		1		1405	1405		
28	Januari	2018		1		1409	1409		
29	Januari	2018		1		1421	1421		
30	Januari	2018		1		1390	1390		
31	Januari	2018		1		1282	1282		
Jumlah						18404	18404	0	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 10 ialah tabel perhitungan harga  $X_{00}$  hingga  $X_{4d}$  dengan langkah perhitungan sebagai berikut:

Kolom 8, 9 diperoleh dengan cara :

Kolom 8,  $X_{00} = \text{kolom 5} \times \text{kolom 7} \rightarrow 1 \times 3050 = 3050$

Dimana kolom 5 adalah konstanta pengali (tabel 9), sedangkan kolom 7 diperoleh dari nilai  $X_0$  pada tabel 8.

Untuk tabel 10, pada contoh ini ( $X_{00}$ ) atau indeks ke dua = 0, semuanya bernilai positif (+) karena memiliki konstanta pengali yang positif (+).

Maka, didapatkan hasil jumlah sebagai berikut :

$\Sigma X_{00}$  kolom 8 =  $45086$ , diperoleh dari penjumlahan  $X_0$  kolom 8 pada tabel 10.

Hasil yang diperoleh untuk setiap hari dijumlahkan dan dimasukkan ke 11 pada kolom 3 dan 4.

Tabel 11. Penyusunan Hasil Perhitungan  $X$  dan  $Y$  Indeks ke Dua dari Skema 4

Indeks Tanda	Besaran Harga		$\bar{X}$	$\bar{Y}$	
	X	Y			
1	2	3	4	5 = (3*)-(3*)	6 = (4*)-(4*)
00	+	45086		45086	
10	+	18404	18000	3404	3000
	-	15000	15000		
12	+	8346	7798		
	-	10058	10202	-712	-1404
1b	+	1000	1000		
	+	6583	7539		862
13	-	8163	6677	-1580	
	+	5858	5484		
1c	-	12546	12516	-1688	-2032
	+	5000	5000		
20	+	8376	8754		608
	-	8888	8146	-512	
2b	+	10506	14622		
	-	15000	15000	-4494	-378
2c	+	6194	4924	2882	
	-	4312	9698		-3774
2d	+	1000	1000		
	+	2901	4425		
3b	-	5965	7035	-3064	-2610
	+	4592	3150	3678	
3c	-	5914	11472		-3322
	+	5000	5000		
3d	+	3932	6666		
	-	5614	7410	-1682	-744
4b	+	5519	6974		26
	-	6969	7948	-450	
4c	+	1000	1000		
	+	5014	5845	179	
4d	-	4835	6155		-310
	+	5948	6921	408	
4e	-	6540	8001		-80
	+	1000	1000		
4f	+	4931	6115	13	230
	-	4918	5885		

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Untuk pengamatan ini semua pengali = 1, maka  $X_{10}$  dan  $Y_{10}$  semuanya positif (+), sedangkan dibelakang tanda negatif (-) diberikan bilangan penambah (B).

Untuk  $X_{10}$  dan  $Y_{10}$  yang bernilai positif (+), yaitu :

$X_{10} = 18404$  dan  $Y_{10} = 18000$ , diperoleh dari perhitungan tabel 10.

Untuk  $X_{10}$  dan  $Y_{10}$  yang bernilai negatif (-), yaitu :

$X_{10} = 15000$  dan  $Y_{10} = 15000$ , diperoleh dari 1000 (Bilangan B) x 15 (jumlah hari pengamatan).

Untuk nilai  $\bar{X}$  dan  $\bar{Y}$  diperoleh dengan cara :

$$\bar{X}_{10} = X^+ - X^- = 18404 - 15000 = 3404$$

$$\bar{Y}_{10} = Y^+ - Y^- = 18000 - 15000 = 3000$$

Begitu juga untuk mendapatkan  $\bar{X}$  dan  $\bar{Y}$  untuk indeks yang lain pada kolom 1 tabel 11.

Tabel 12. Bilangan Pengali Untuk 15 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>	M <sub>5</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Untuk Skema 5 Harga P.R.Cos r	X00	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	X10	0.01	-0.01	0.01	0.03	1.00	-0.07	0.01	-
	X12-Y1b	-0.02	0.09	-0.01	-0.09	-0.09	1.00	-0.02	0.02
	X13-Y1c	0.04	-0.07	0.01	0.13	0.20	-0.59	0.03	-
	X20	-0.01	-0.15	1.00	0.29	0.01	-	0.02	-
	X22-Y2b	0.01	1.00	-0.14	-0.61	-0.02	-0.03	0.03	-0.01
	X23-Y2c	-0.02	-0.65	0.25	1.00	0.03	-	-0.05	-0.01
	X42-Y4b	-	0.01	-	0.01	-	-	0.10	1.00
X44-Y4d	-	-0.01	0.01	0.02	-	-	1.01	-0.05	
Untuk Skema 6 Harga P.R.Sin r	Y10	-	-	-0.01	0.02	1.01	-0.09	0.01	0.01
	Y12+X1b	-	0.05	0.01	-0.05	-0.12	1.05	-0.03	1.00
	Y13+X1c	-	-0.02	-0.02	0.09	0.24	-0.65	0.04	0.02
	Y20	-	-0.16	1.00	0.30	-0.01	0.02	-0.03	-0.01
	Y22+X2c	-	1.04	-0.15	-0.64	0.02	-0.10	0.04	-0.02
	Y23+X2c	-	-0.07	0.26	1.03	-0.03	0.09	-0.07	-0.03
	Y42+X4b	-	0.02	-	-	-	-	-0.11	1.00
	Y44+X4d	-	-0.03	0.01	0.05	-	-	1.00	-0.06
Skema 7	Delet P	360	175	214	166	217	177	273	280
Skema 7	Konstanta P		333	345	327	173	160	307	318

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 13. Penyusunan Hasil Perhitungan Besaran X dan Y dari Konstanta-konstanta Pasang Surut untuk 15 Piantan yang diperoleh dari Skema 5 dan 6

		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>	M <sub>5</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Untuk Skema 5 Harga P.R.Cos r	X00 =	45086	45086							
	X10 =	3404	34.04	-34.04	34.04	102.12	3404	-238.28	34.04	
	X12-Y1b =	-1574	31.48	-141.66	15.74	141.66	141.66	-1574	31.48	-31.48
	X13-Y1c =	-2296	-91.84	160.72	-22.96	-298.48	-459.2	1354.64	-68.88	
	X20 =	-4494	44.94	674.1	-4494	-1303.26	-44.94		-89.88	
	X22-Y2b =	5492	54.92	5492	-768.88	-3350.12	-109.84	-164.76	164.76	-54.92
	X23-Y2c =	4422	-88.44	-2874.3	1105.5	4422	132.66		-221.1	-44.22
	X42-Y4b =	-140		-1.4		-1.4			-14	-140
X44-Y4d =	178		-1.78	1.78	3.56			179.78	-8.9	
Untuk Skema 6 Harga P.R.Sin r	Y10 =	3000			-30	60	3030	-270	30	30
	Y12+X1b =	-2984		-149.2	-29.84	149.2	358.08	-3133.2	89.52	-2984
	Y13+X1c =	-2544		50.88	50.88	-228.96	-610.56	1653.6	-101.76	-50.88
	Y20 =	-378		60.48	-378	-113.4	3.78	-7.56	11.34	3.78
	Y22+X2b =	-6838		-7111.52	1025.7	4376.32	-136.76	683.8	-273.52	136.76
	Y23+X2c =	-5004		350.28	-1301.04	-5154.12	150.12	-450.36	350.28	150.12
	Y42+X4b =	205		4.1					-22.55	205
	Y44+X4d =	-67		2.01	-0.67	-3.35			-67	4.02
Skema 5 (P.R.Cos r)	45071.10	3273.64	-4128.78	-283.92	3064.34	-622.40	16.20	-279.52		
Skema 6 (P.R.Sin r)		-6792.97	-662.97	-914.31	2794.66	-1523.72	16.31	-2505.20		

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Cara perhitungan untuk setiap kolom pada tabel 13 ini adalah :

Kolom 3 sampai dengan kolom 10 diperoleh dengan mengalikan kolom 2 dengan bilangan pengali pada tabel 12.

Dimana kolom 2 diperoleh dari :

X00 = 45086 (tabel 11)

X10 = 3404 (tabel 11)

X12 - Y1b = -712 - 862 = -1574

X13 - Y1c = -1688 - 608 = -2296, untuk harga X dan Y lainnya dapat dilihat pada tabel 11.

Maka untuk kolom 3 untuk :

X00 (S<sub>0</sub>) = 45086 x 1 (konstanta pengali untuk 15 piantan).

X10 (S<sub>0</sub>) = 3404 x 0.01 = 34.04

X12-Y1b = -1574 x -0.02 = 31.48, demikian untuk nilai dari kolom-kolom yang lain.

Tabel 14. Susunan Hasil Perhitungan Skema 7 Untuk Besaran-besaran dari Konstanta-konstanta Pasang Surut

	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>	M <sub>5</sub>	K <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>
PK Cos r	45071.10	3273.64	-4128.78	-283.92	3064.34	-622.40	16.20	-279.52		
PR Sin r		-6792.97	-662.97	-914.31	2794.66	-1523.72	16.31	-2505.20		
PR	45071.10	7540.63	4181.67	957.38	4147.32	1645.94	22.99	2520.75		
P	360.00	175.00	214.00	166.00	217.00	177.00	273.00	280.00		
f	0.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.00	1.00	1.01	
V	0.00	282.40	0.00	130.50	9.80	272.50	0.00	0.00		
V'	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
V''	0.00	159.20	0.00	218.70	22.70	136.60	0.00	0.00		
V'''	0.00	441.60	0.00	349.20	32.50	409.10	0.00	0.00		
u	0.00	2.09	0.00	2.09	8.80	-10.63	4.18	2.09		
p	0.00	333.00	345.00	327.00	173.00	160.00	307.00	318.00		
r	0.00	295.73	189.12	252.75	197.25	202.22	45.19	186.37		
w	0.00	0.00	-16.60	0.00	-158.47	0.00	0.00	-16.60		
t+W	0.00	1.00	1.06	1.18	2.35	1.00	1.00	1.06		
g	0.00	1072.42	517.52	931.04	253.09	760.69	356.38	489.86		
Kelipatan 360°	0.00	720	360	720	0	720	0	360		
A cm	125.20	43.05	18.45	4.89	8.01	9.10	0.08	8.49	4.98	2.64
g <sup>0</sup>	0.00	30.96	157.52	211.04	253.09	40.69	356.38	129.86	157.52	253.09

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 15. Susunan Skema

	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>	M <sub>5</sub>	K <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>
A cm	125.20	43.05	18.45	4.89	8.01	9.10	0.08	8.49	4.98	2.64
g <sup>0</sup>	0.00	30.96	157.52	211.04	98.20	86.26	356.38	207.13	157.52	98.20

(Sumber: Hasil Perhitungan)

### Penentuan Tipe Pasang Surut

Berdasarkan komponen-komponen Pasang Surut yang didapat dari hasil analisis dengan menggunakan metode *Admiralty* maka dapat ditentukan tipe pasang surut yang terjadi di pantai Tobololo dengan menggunakan angka pasang surut "F" (*tide form number "Formzahl"*). Dimana F ditentukan sebagai berikut :

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{8.01 + 9.10}{43.05 + 18.45} = 0.28$$

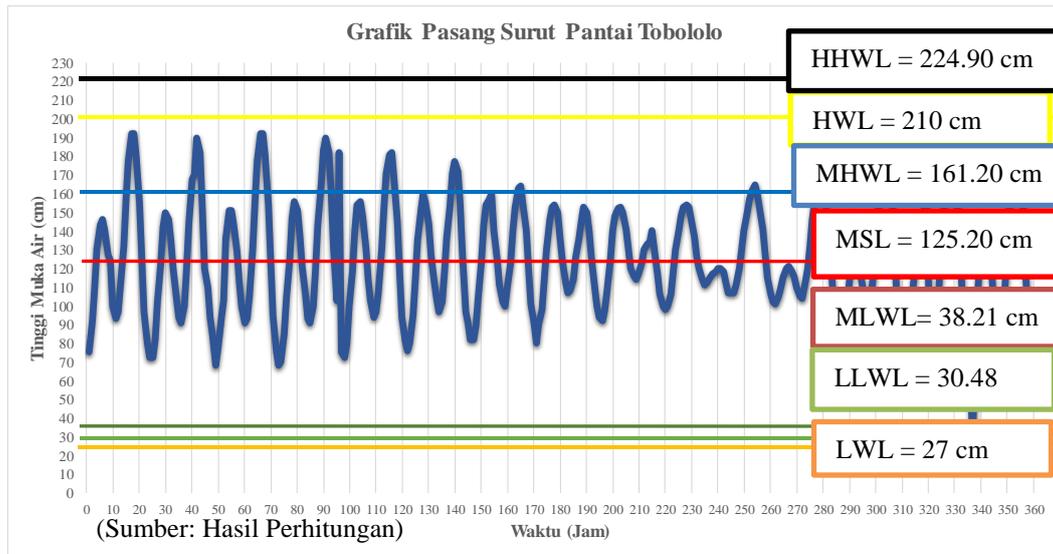
Pasang Surut termasuk tipe Pasang Surut Campuran Condong ke Hariian Ganda (*mixed tide prevealing semi diurnal*) dengan nilai  $0.25 < F \leq 1.5$ , dimana F= 0.28.

### Penentuan Elevasi Muka Air Laut

Tabel 16. Elevasi Muka Air Laut

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	201.00
MHWL	cm	177.47
MSL	cm	125.20
MLWL	cm	41.94
LLWL	cm	27.00
Range	cm	104.54

(Sumber: Hasil Perhitungan)



## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan Analisa Pasang Surut yang dilakukan di Pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara dengan Metode *Admiralty*, maka dapat disimpulkan hasil yang diperoleh sebagai berikut :

1. Tipe pasang surut yang terjadi di Pantai Tobololo ialah Tipe Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*) dengan nilai  $0.25 < F=0.28 < 1.5$  dimana konstanta-konstanta pasang surut yang didapat dari analisis pasang surut dengan menggunakan metode *Admiralty* adalah sebagai berikut:
 

$S_0 = 125.20$	$O_1 = 9.10$
$M_2 = 43.05$	$M_4 = 0.08$
$S_2 = 18.45$	$MS_4 = 8.49$
$N_2 = 4.89$	$K_2 = 4.98$
$K_1 = 8.01$	$P_1 = 2.64$
2. Elevasi muka air laut tinggi tertinggi (HHWL) terjadi sebesar 201 cm (+75.8 cm

dari MSL) dan elevasi muka air rendah terendah terjadi sebesar 27 cm (-98.2 cm dari MSL).

### Saran

- 1 Untuk mendapatkan analisis harmonik dan nilai MSL yang baik, disarankan untuk mempertimbangkan efektifitas lama pengamatan data dan kualitas dari data mentah pasut yaitu dengan lama pengamatan 18.6 tahun karena saat itu kedudukan Matahari-bumi-bulan akan kembali seperti semula.
- 2 Karena tidak ada peninjauan di lapangan maka tidak diketahui sejauh mana surut terendah dan pasang tertinggi, sehingga untuk penelitian selanjutnya diperlukan peninjauan lapangan.
- 3 Hasil Analisis Pasang Surut ini kiranya dapat dipergunakan sebagai informasi dalam pengembangan maupun perencanaan bangunan pantai di Pantai Tobololo.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dahuri, R., J. Rais, S. P. Ginting, M. J. Sitepu. 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan secara Terpadu*. PT Pradnya Paramita. Jakarta
- Dauhan, Stefani Kristie, Hansje Tawas, Hanny Tangkudung, Jeffry D. Mamoto. *Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis Pantai di Atepe Oki*. Jurnal Sipil Statik Vol 1. No 12, November 2013 (784-796) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.

- Djunarsjah, E. 2007. *Konsep Penentuan Batas Laut, KK Sains dan Rekayasa Hidrografi*. FTSL. Institut Teknologi Bandung.
- Dronkers, J. J. 1964. *Tidal Computation in Rivers and Coastal Waters, Netherlands Rijkswaterstaat (Public Works and Waterways Department)*, The Hagu. The Netherlands.
- Haryono, Sri Narni, *Karakteristik Pasang Surut Laut di Pulau Jawa*. Forum Teknik Vol. 28, No.1 Januari 2004. ISSN: 0216-7565.
- Kaunang, J. Abimael. 2016. M. Ihsan Jasin, J. D. Mamoto. *Analisis Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut pada Pantai Kima Bajo Kabupaten Minahasa Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol. 4 No.9 September 2016 (567-576) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi.
- Koto, Jufri. 2015. M. Ihsan Jasin, J. D. Mamoto. *Analisis Pasang Surut di Pantai Nuangan (Desa Iyok) Boltim dengan Metode Admiralty*, Jurnal Sipil Statik Vol. 3 No.6 Juni 2015 (391-402) ISSN: 2337-6752, Universitas Sam Ratulangi.
- Mahatmawati, A. Dewi. 2009. *Perbandingan Fluktuasi Muka Air Laut Rerata (MLR) di Perairan Pantai Utara Jawa Timur dengan Perairan Pantai Selatan Jawa Timur*. Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology.
- Mulyabakti, Chandrika. 2016. M.Ihsan Jasin, J.D. Mamoto. *Analisis Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.9 September 2016 (585-594) ISSN: 2337- 6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Nontji, Anugerah. 1987. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan. Jakarta
- Nurisman. 2010. *Karakteristik Pasang Surut dan Alur Pelayaran Sungai Musi Menggunakan Metode Admiralty*. Program Studi Ilmu Kelautan FMIPA US.
- Ongkosongo, O.S.R dan Suyarso. 1989. *Pasang Surut*. LIPI. Pusat Pengembangan Oseanologi. Jakarta
- Pariwono, J. 1981. *Gaya Penggerak Pasang Surut*. dalam Suyarso, O. 1989. *Pasang Surut*. LIPI. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Jakarta.
- Poerbandono. 1989. *Hidrografi Dasar*. Jurusan Teknik Geodesi ITB. Bandung.
- Poerbandono dan Djunarsjah. 2005. *Survey Hidrografi*. Refika Aditama. Bandung.
- Ramdhan, Muhammad. 2011. *Komparasi Hasil Pengamatan Pasang Surut di Perairan Pulau Pramuka Dan Kabupaten Pati Dengan Prediksi Pasang Surut Tide Model Drive*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Pesisir dan Laut. Jakarta.
- Sangkop, Novian. 2015. *Analisis Pasang Surut di Pantai Bulu Desa Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa dengan Metode Admiralty*. Universitas Sam Ratulangi.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Yuwono, Nur. 1982. *Teknik Pantai*. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta.
- Zakaria, Ahmad. 2012. *Rekayasa Pantai dan Pelabuhan*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

Yong, Ayub Giovano, Arthur H. Thambas, Tommy Jansen. *Alternatif Bangunan Pengaman Pantai di Desa Saonek Kabupaten Raja Ampat*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No. 9. September 2019 (1127-1140) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi.