



Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty

Fadilah^{1)*}, Suripin²⁾ dan Dwi P Sasongko³⁾

¹⁾ Mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

²⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

³⁾ Staf Pengajar Magister Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
Email : nisha_fadilah@yahoo.com

Received 8 November 2013; received in revised form 17 November 2013;
accepted 16 Desember 2013

ABSTRAK

Pengelolaan wilayah pantai sangat penting untuk mempertahankan fungsinya sebagai pelindung (*barrier*) antara lautan dan daratan, karena wilayah ini berperan khusus dalam bidang pelabuhan, navigasi, rekreasi, dan sebagainya. Pasang surut merupakan faktor utama yang mempengaruhi keberadaan peran-peran wilayah pantai tersebut sehingga perlu diperhitungkan dengan baik sebelum melakukan kegiatan di wilayah pantai.

Setiap wilayah memiliki kondisi pasang surut yang berbeda-beda. Studi perhitungan dan penentuan kondisi pasang surut telah banyak dilakukan baik secara konvensional maupun menggunakan metode admiralty. Penelitian ini bertujuan menentukan komponen dan tipe pasang surut di Kabupaten Bengkulu Tengah Provinsi Bengkulu menggunakan metode admiralty. Hasil yang diperoleh bahwa perairan di Kabupaten Bengkulu Tengah Provinsi Bengkulu memiliki pasang surut Tipe Campuran Condong Ganda (*Mix Tide Prevailing Semidiurnal*) dengan tinggi rata-rata muka air laut berkisar 70 cm.

Kata kunci : *tipe, pasang surut, pantai, admiralty*

ABSTRACT

Coastal zone management is very crucial to maintain its function as the barrier of the sea and the land, because this area have a special role for harbour, navigation, recreation, etc. Tidal are the main factors that affect the roles of coastal zone so it need to be considered well before doing activities in coastal areas.

Each region has different tidal conditions. The study of calculation and determination of tidal condition has been conducted, either by conventionally or using admiralty method. This study aims to determine the components and types of tidal in Central Bengkulu using admiralty method. The results obtained that the tidal types in Central Bengkulu is Mix Tide Prevailing Semidiurnal with mean sea level is about 70.

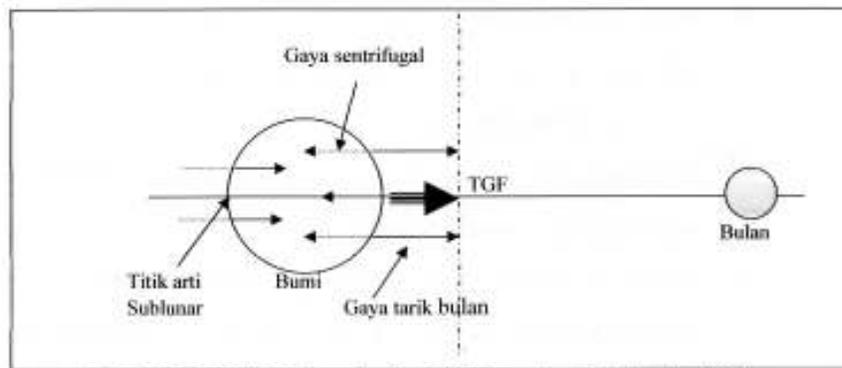
Key words : *type, tidal, coastal, admiralty*

I. PENDAHULUAN

Perairan pantai meliputi perairan di daerah paparan benua dan perairan semi tertutup (Mihardja, 1989). Pasang surut di daerah pantai merupakan pasang surut yang menjalar dari laut yang terbuka/ lepas, sehingga di daerah ini komponen pasang surutnya seperti elevasi dan arus pasang surut mengalami perubahan jika dibandingkan dengan perairan dalam (Ongkosongo, 1989). Biasanya magnitudo bertambah bahkan terkadang dengan faktor yang besar apabila terjadi resonansi antara perioda pasut dan perioda alami perairan darat. Arus pasut di paparan benua dapat menjadi lebih besar (Mihardja, 1989).

Pasang surut adalah fluktuasi muka air

laut yang disebabkan oleh gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari (Triatmodjo, 1999). Menurut Setiadi (1988), pasang surut adalah perubahan gerak relatif dari materi suatu planet, bintang dan benda angkasa lainnya yang diakibatkan oleh aksi gravitasi benda-benda di luar materi itu berada.



Gambar 1. Distribusi Gaya Pembangkit Pasang Surut Sistem Bumi Bulan (Sumber : Triatmodjo, 1999)

Gaya-gaya pembangkit pasang surut ditimbulkan oleh gaya tarik menarik bumi, bulan dan matahari (Triatmodjo, 2012). Gaya tarik menarik antara bumi dan bulan tersebut menyebabkan sistem bumi-bulan menjadi satu sistem kesatuan yang beredar bersama-sama sekeliling sumbu perputaran bersama (*common axis of revolution*). Pembentukan pasang surut air laut sangat dipengaruhi oleh gerakan utama matahari dan bulan, (Ongkosongo, 1989), yaitu :

1. Revolusi bulan terhadap bumi, dimana orbitnya berbentuk elips dan memerlukan periode untuk menyelesaikan revolusi itu selama 29,5 hari.
2. Revolusi bumi terhadap matahari

dengan orbitnya berbentuk elips, periode yang diperlukan adalah 365,25 hari.

3. Perputaran bumi terhadap sumbunya sendiri, periode yang diperlukan untuk gerakan ini adalah 24 jam.

Perkataan pasang surut biasanya dikaitkan dengan proses naik turunnya paras laut (*sea level*) secara berkala yang ditimbulkan oleh adanya gaya tarik dari benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan, terhadap massa air di bumi (Pariwono, 1989). Proses pasang surut ini dapat dilihat di daerah pantai sehingga dapat berguna bagi kegiatan manusia yang hidup di perairan pantai seperti pelayaran dan

penangkapan/ budidaya sumberdaya hayati perairan.

Kabupaten Bengkulu Tengah di Provinsi Bengkulu melewati jalan lintas barat (jalinbar) Pulau Sumatera, dan memiliki panjang pantai sekitar 15 km. Diketahui berdasarkan penelitian terdahulu oleh Suwarsono (2011), sepanjang pesisir pantai pengikisan mulai terjadi dan perubahan garis pantai terjadi sebesar 1,5 meter pertahun. Hal itu dikarenakan terjangan ombak lantaran angin musim, arah angin yang cenderung berubah dipengaruhi oleh komponen hidro-oseanografi antara lain pasang surut sehingga mengakibatkan penyebaran ombak ke arah tidak tentu, beranda pantai pun terkadang terkikis menyerong.

Variasi permukaan laut secara umum terbagi 2 (dua), yaitu : non astronomi dan astronomi berkala perubahan permukaan laut (Byun, 2004). Perubahan non-astronomi, hasil dari variasi massa air laut yang disebabkan oleh perubahan iklim dunia dan efek meteorologi (misalnya atmosfer, tekanan, angin, arus, dan penguapan dan presipitasi. Efek ini menyebabkan perubahan permukaan laut seperti permukaan laut yang signifikan. Kenaikan ($\Delta 100$ m) pada periode postglacial, mengarah ke perubahan pasang surut (Uehara et al., 2002 dalam Byun, 2004). Sebaliknya, perubahan permukaan laut secara berkala terutama terkait untuk pasang astronomi. Perubahan permukaan laut tersebut, yang dapat merujuk pada perubahan dalam kisaran pasang surut, dapat terjadi akibat variabilitas dalam karakteristik pasang surut yang disebabkan

oleh pembangunan wilayah pesisir buatan dalam skala besar.

Faktor-faktor non astronomi yang mempengaruhi tunggang air (interval antara air tinggi dan air rendah) dan waktu datangnya air tinggi atau waktu air rendah adalah morfologi pantai, kedalaman perairan dan kedalaman meteorologi serta faktor hidrografi lainnya (Setiadi, 1988), sehingga dapat dikatakan bahwa pasang surut selain fenomena gerakan paras laut yang periodik secara vertikal, juga gerakan arus pasang surut yang periodik secara horizontal. Pengetahuan tentang waktu, ketinggian dan arus pasang surut sangat penting bagi keperluan navigasi, pekerjaan rekayasa kelautan seperti pelabuhan, bangunan penahan gelombang, dan sebagainya, juga untuk keperluan lainnya seperti militer, penangkapan ikan, dan olahraga bahari.

Studi numerik dinamika pasang surut telah banyak dilakukan. Metode perhitungan yang dipakai untuk pasang surut erat kaitannya dengan tujuan pengamatan (Djaja, 1989). Pada umumnya dikenal 2 (dua) cara perhitungan pasang surut, yakni :

1. Cara Konvensional, yaitu dengan mengambil harga rata-rata dari semua data pengamatan, dimana harga tersebut menyatakan kedudukan permukaan air laut rata-rata (MLR); dan
2. Metode Admiralty, dimana permukaan air laut rata-rata diperoleh dengan menghitung konstanta-konstanta pasang surut (komponen dinamik pasang surut).

II. METODOLOGI

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di perairan Kabupaten Bengkulu Tengah dengan panjang garis pantai sekitar 17 km dimulai dari perbatasan Kabupaten Bengkulu Tengah dengan Kota Bengkulu.

2.2. Data

Data berupa data pasang surut dalam

kurun waktu 2 (dua) bulan, yaitu bulan Mei dan bulan Juni 2013 dengan koordinat stasiun pengamatan pada $03^{\circ} 47' 30''$ S - $102^{\circ} 15' 04''$ T, terletak di stasiun Pulau Baai. Data diperoleh dari instansi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Bengkulu, berupa data sekunder. Peta lokasi wilayah penelitian, dan data lainnya yang diperlukan juga dihimpun dari instansi-instansi terkait. Kajian penelitian sebelumnya juga

diperlukan sebagai tambahan pengetahuan dan referensi.

2.3. Pengolahan Data

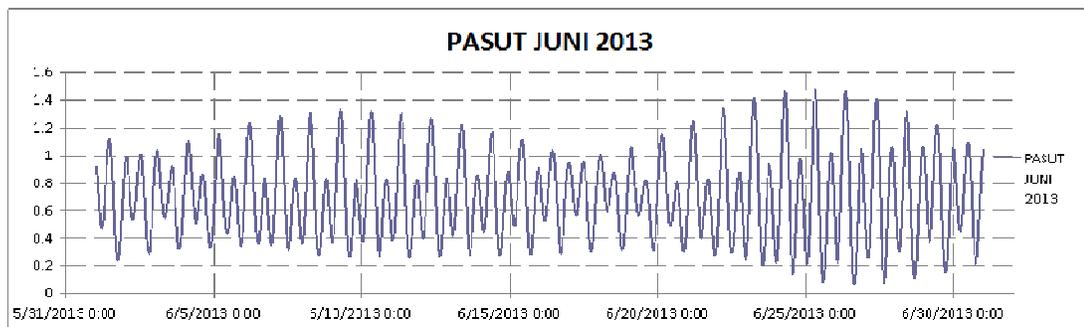
Data pasang surut yang diperoleh dihitung dengan metode admiralty dengan tahapan seperti pada Gambar 2.

III. HASIL DAN DISKUSI

Analisis pasang surut di daerah Bengkulu Tengah 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 Mei dan Juni 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 sebagai berikut :



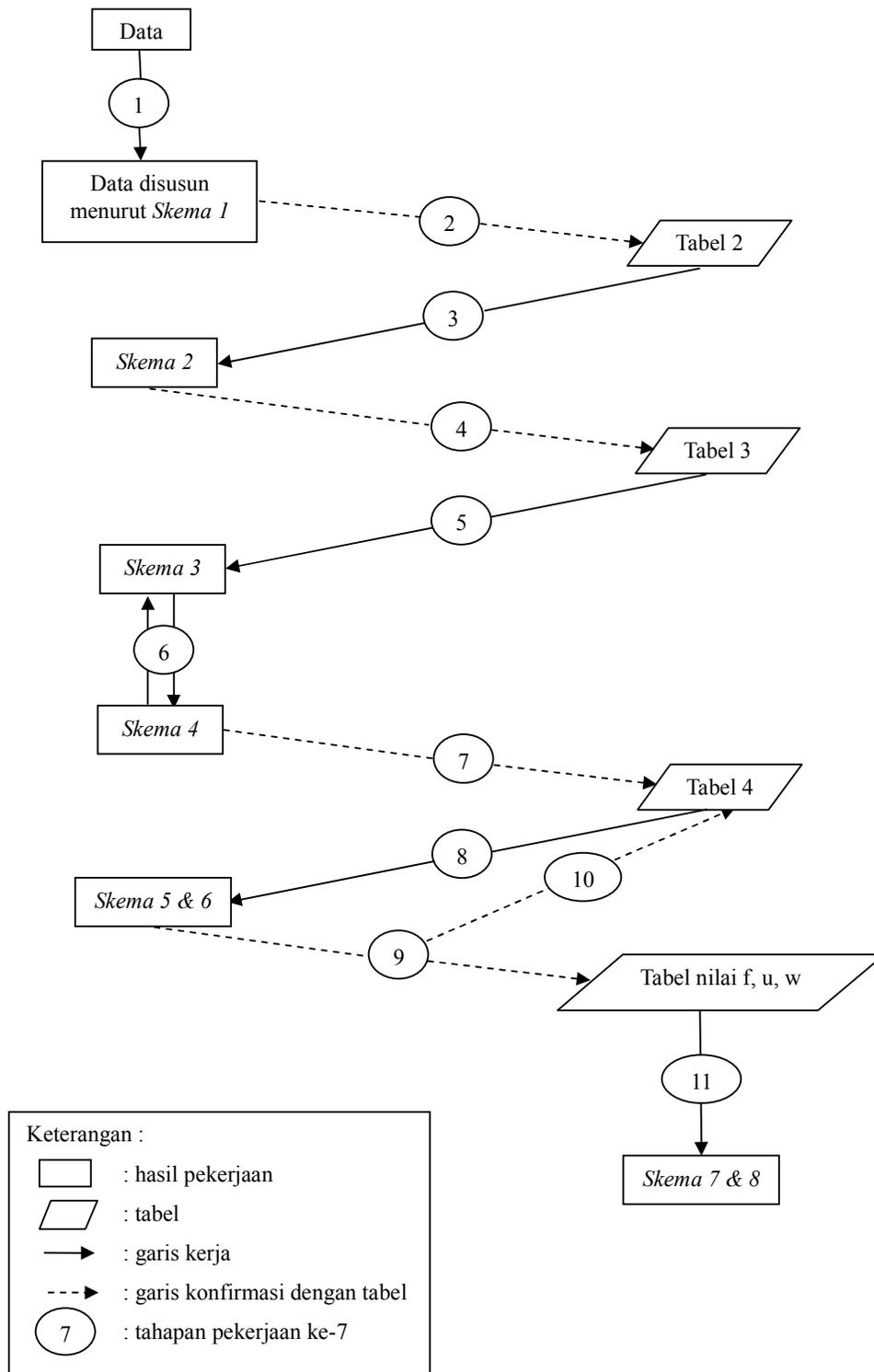
Gambar 3. Grafik Awal Analisis Pasang Surut

3.1. Komponen Harmonik Pasang Surut

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, dan data dikelompokkan menjadi 3 (tiga) bagian komponen, yaitu : tengah harian, harian, dan periode panjang. Beberapa komponen harmonik yang penting dan perbandingan relatif kekuatannya dapat dilihat dalam Tabel 1.



Gambar 2. Diagram Pengolahan Data
(Sumber : Hidayat, 2010)

Tabel 1. Komponen harmonik pasang surut yang penting (Sumber : Pond and Pickard, 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 Mei dan Juni tahun 2013.

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 Untuk Menyusun Skema 2

	Waktu (jam)																							
	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

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 dikalikan dengan faktor pengali dari Tabel 3 kolom 0, dimana perkalian dilakukan baris per baris. Faktor 29 menunjukkan berapa kali harus dikurangkan 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

Indeks kedua	0	2	b	3	c	4	d
Konstanta perkalian untuk 29 hari	-29	-1	0	-1	0	-1	0
Konstanta perkalian untuk 15 hari	-15	1	0	5	0	1	0
Konstanta perkalian untuk X+B dan Y+B	1	1	0	-1	1	1	0
Untuk 29 hari	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
Untuk 15 hari digunakan pertengahan 15 baris	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
Hari tengah-tengah	1	1	0	1	0	1	0
	1	1	-1	1	-1	1	-1
Untuk 15 hari digunakan pertengahan 15 baris	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
Untuk 29 hari	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

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)

		S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS 4
Untuk Skema V	X00	1.00 0							
	X10					1.00 0	-0.08 0		
	X12 - Y1b		0.07 0			-0.0 20	1.00 0		0.02 0
	X13 - Y1c								
	X20		-0.0 30	1.00 0	-0.0 30				
	X22 - Y2b		1.00 0	0.01 5	0.03 8	0.00 2	-0.05 8		-0.0 35
	X23 - Y2c		-0.0 60		1.00 0				
	X42 - Y4b		0.03 0						1.00 0
	X44 - Y4d							1.00 0	0.08 0
Untuk Skema VI	Y10					1.00 0	-0.08 0		
	Y12 + X1b		0.07 0			-0.0 20	1.00 0		0.03 0
	Y13 + X1c								
	Y20		-0.0 30	1.00 0	-0.0 30				
	Y22 + X2b		1.00 0	0.01 5	0.03 8	0.00 2	-0.05 8		-0.0 35
	Y23 + X2c		-0.0 60		1.00 0				
	Y42 + X4b		0.03 0					0.01 0	1.00 0
	Y44 + X4d							1.00 0	0.08 0

- f. Skema 7 dan Skema 8 beberapa format isian. Hasil pengisian Pengisian Skema 7 dan Skema 8 Skema 7 dan Skema 8 sebagai berikut : memerlukan tahapan yang panjang dengan

Tabel 5. Hasil Penyusunan Skema 7 Untuk Data Pasang Surut Bulan Mei 2013

		So	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS 4
V	PR cos r	4871 1.7	7166. 4	-485 7.0	-200 2.6	175 2.4	346 8.5	224. 6	8.9
V	PR I sin r		-173 86.7	-291 8.2	472 0.0	-745 8.2	-83 8.9	-46 6.3	-42. 6
	P R	4871 1.7	1880 5.7	5666 .2	512 7.2	766 1.3	356 8.6	517. 6	43.5
Daftar 3a	: P	696. 0	559.0	448. 0	566. 0	439. 0	565. 0	507. 0	535. 0

Hasil hitung	: f		1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	1.1	1.0
Hasil Hitung	:1+ W		1.0	0.9	1.1	1.2	1.0	1.0	0.9
Hasil Hitung	V		-118.4	0.0	36.9	142.9	98.7	-59.6	-118.4
Hasil Hitung	u		1.6	0.0	1.6	7.2	-9.3	3.1	1.6
Hasil Hitung	w		0.0	10.8	-9.4	16.3	0.0	0.0	10.8
Daftar 3a (3b) : p			333.0	345.0	327.0	173.0	160.0	307.0	318.0
Hasil Hitung	: r		292.4	211.0	113.0	283.2	346.4	295.7	281.8
Jumlah	: s		508.6	566.8	469.0	622.6	595.8	9.1	493.8
	g		148.6	206.8	109.0	262.6	235.8	9.1	133.8
PR / [P X f X (1 + W)] = A		70.0	32.8	14.4	8.2	15.8	7.2	1.0	0.1

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

Tabel 6. Nilai Komponen Harmonik Pasang Surut Bulan Mei 2013

HASIL TERAKHIR										
	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A cm	70	33	15	8	3	16	7	5	1	0
g		124	207	72	207	263	210	263	320	109

3.2. Formzahl

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

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

Keterangan :

F : bilangan *Formzahl*

O₁ : amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

K₁ : amplitudo komponen pasang surut

tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari

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

Bilangan *formzahl* memiliki range tertentu untuk menentukan tipe pasang surut suatu wilayah. Range *formzahl* dijelaskan dalam Tabel 3, sebagai berikut.

Tabel 7. Tipe Pasang Surut Berdasarkan Bilangan *Formzahl*

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

Dengan menggunakan rumus di atas, diperoleh nilai *Formzahl* sebagai berikut :

- ✓ Bilangan *formzahl* Bulan Mei = 0,4818.
- ✓ Bilangan *formzahl* Bulan Juni = 0,4771.

Maka dapat diketahui bahwa tipe pasang surut di Bengkulu Tengah adalah **Tipe Campuran Condong Ganda (*Mix Tide Prevailing Semidiurnal*)**

3.3. 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), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- b. Muka air rendah (low water level), 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, adalah air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.
- i. Lower low water level, 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 pasang surut melalui perhitungan rumus-rumus sebagai berikut :

$$MSL = S_0$$

$$HHWL = S_0 + Z$$

$$MHWL = Z_0 + (M_2 + S_2)$$

$$LLWL = S_0 - (M_2 + S_2 + N_2 + K_1 + O_1 + P_1 + M_4 + MS_4)$$

$$MLWL = Z_0 - (M_2 + S_2)$$

$$Z_0 = M_2 + S_2 + N_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1 + M_4 + MS_4$$

Sehingga diperoleh nilai MSL, HHWL, MHWL, LLWL, dan MLWL sebagai berikut :

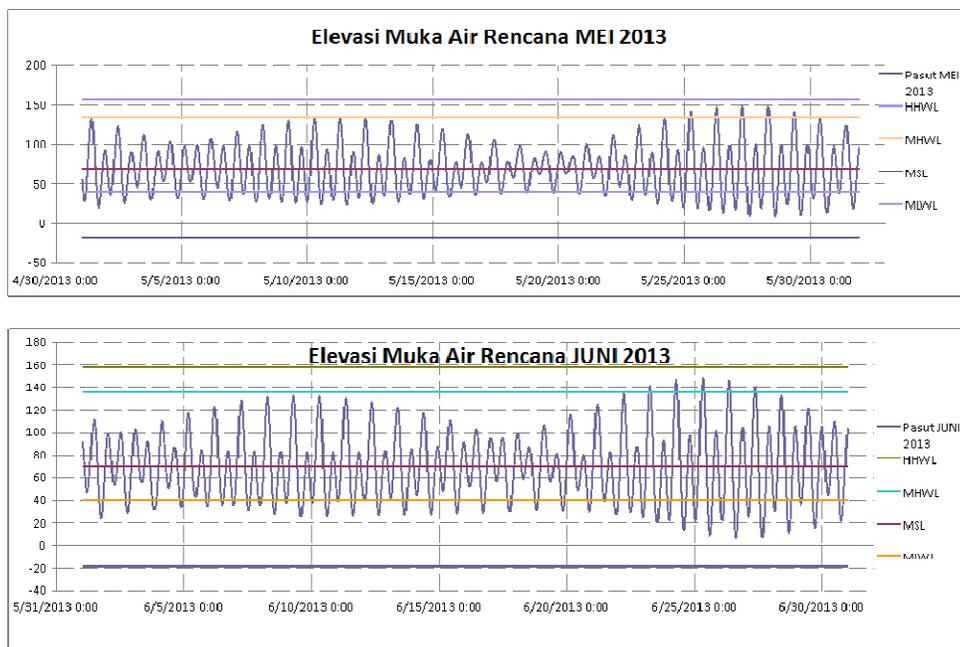
✓ Bulan Mei 2013 :

- MSL = 70 cm
- HHWL = 158 cm
- MHWL = 135 cm
- LLWL = -18 cm
- MLWL = 41 cm

✓ Bulan Juni 2013 :

- MSL = 70 cm
- HHWL = 158 cm
- MHWL = 136 cm
- LLWL = -18 cm
- MLWL = 40 cm

Dari nilai muka air rencana diperoleh grafik pasang surut Bengkulu Tengah seperti berikut ini :



Gambar 4. Elevasi Muka Air Rencana Bengkulu Tengah ; a) Bulan Mei b) Bulan Juni

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. Hal ini berkaitan dengan periode

pergeseran titik tanjak orbit bulan yaitu selama 18,6 tahun. 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).

IV. KESIMPULAN

Kabupaten Bengkulu Tengah terletak di sebelah barat Pulau Sumatra yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia, sehingga kondisi perairan laut di daerah ini sangat berpengaruh terhadap perencanaan dan pengelolaan wilayah pesisirnya, seperti kondisi pasang surut. Salah satu cara untuk menganalisa tipe dan kondisi pasang surut perairan laut adalah menggunakan metode *admiralty*. Tipe pasang surut di Bengkulu Tengah adalah Tipe Campuran Condong Ganda (*Mix Tide Prevailing Semidiurnal*).

Elevasi muka air rencana dibutuhkan untuk perencanaan wilayah pantai seperti

pelabuhan dan bangunan pelindung pantai. Berdasarkan data pasang surut selama 2 (dua) bulan, diperoleh tinggi rata-rata muka air laut di Bengkulu Tengah adalah 70 cm. Rata-rata muka air tinggi tertinggi untuk bulan Mei dan bulan Juni adalah 135 dan muka air rendah terendah untuk bulan Mei dan bulan Juni adalah -18.

Nilai elevasi muka air rencana membutuhkan data yang lebih panjang, yaitu 18,6 tahun. Hal ini untuk memastikan bahwa pada saat surut astronomis terendah selang waktu 18,6 tahun berada dalam satu periode gelombang.

DAFTAR PUSTAKA

- Byun, D.S., Wang, X.H., Holloway, P.E., 2004. *Tidal characteristic adjustment due to dyke and seawall construction in the Mokpo Coastal Zone, Korea*, Estuarine, Coastal and Shelf Science 59 (2004) : 185-196
- Djaja, Rochman, 1989. Makalah : *Cara Perhitungan Pasut Laut Dengan Metode Admiralty, PASANG-SURUT*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Jakarta.
- Hasibuan, P., Gading, 2009. Skripsi : *Analisis Surut Astronomis Terendah Di Perairan Sabang, Sibolga, Padang, Cilacap, Dan Benoa Menggunakan Superposisi Komponen Harmonik Pasang Surut*, Program Studi Ilmu Dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
- Hidayat, S., 2010. *Analisis Harmonik Pasang Surut dengan Metode Admiralty*, Institut Pertanian Bogor
- Mihardja, K., Dadang, Hadi, S., 1989. Makalah : *Dinamika Pasang Surut Perairan Pantai, PASANG-SURUT*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Jakarta.
- Ongkosongo, S.R., Otto, Suyarso, 1989. Project 1 : *Tides and Tidal Phenomena, PASANG SURUT*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Jakarta.
- Pariwono, I., John, 1989. Makalah : *Gaya Penggerak Pasang Surut*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Jakarta.
- Triatmodjo, B., 1999. *Teknik Pantai*. Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.
- Pond, S and G.L Pickard, 1981. *Introductory Dynamic Oceanography*, Pergamon Press, 241 pp.
- Setiadi, R., Mihardja, K., Dadang, 1988. Makalah : *Analisis Pasang-Surut di Daerah Cilacap dan Surabaya, PASANG-SURUT*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Jakarta.
- Suwarsono, 2011. *Zonasi Karakteristik Kecepatan Abrasi Dan Rancangan Teknik Penanganan Jalan Lintas Barat Bengkulu Bagian Utara Sebagai Jalur Transportasi Vital*, Makara, Teknologi, Vol. 15 (1) : 31-38.
- Triatmodjo, B., 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.