

**PENGARUH VARIASI AWAL DATA PENGAMATAN TERHADAP HASIL
PREDIKSI PASANG SURUT METODE ADMIRALTY
(STUDI KASUS PERAIRAN BENGKALIS)**

Ramadhani Harahap¹⁾, Andy Hendri²⁾, Manyuk Fauzi²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl.HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : ramadhani.harahap@student.unri.ac.id

Abstract

Analysis of tidal components can be done with several methods, namely admiralty, semi graph, least square and so forth. Previous research indicates that the initial tidal data retrieval time has an effect on the result of tidal prediction. Tidal analysis method used in this research is admiralty method. Daily observation data of 15 days in each hour will be simulated against one hundred and fifty eight variations of time using Hijri calendar, to find out the initial variation of observational data that best matches the tidal prediction in bengkalis waters. The analysis results show that the smallest average RMSE value is on the initial variation of the 18th data for verification of the simulation data. The 18th days of the Hijri calendar is in the waning gibbous of moon phase, which is after the full moon phase. The tidal type of the location of the research based on the value of the Formzahl number entered in the classification of the double mixed tide prevailing type (mixed tide prevailing semidiurnal).

Keywords : tidal, method of Admiralty, Hijri calendar

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar memiliki 13.466 pulau yang telah diverifikasi oleh Badan Informasi Geospasial (BIG), dengan luas daratan 1.922.570 km² dan luas perairan 3.257.483 km² (Irwanto, 2013). Bengkalis merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Riau yang terletak di pesisir Timur Pulau Sumatera, yaitu antara 2^o7'37,2" – 0^o55'33,6" LU dan 100^o57'57,6" – 102^o30'25,2" BT. Wilayah laut dan pantai Pulau Bengkalis dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas manusia seperti pelayaran, pemanfaatan sumber daya hayati perairan, pariwisata dan lain sebagainya. Dalam pelaksanaan setiap aktivitas tersebut memerlukan pengetahuan mengenai fenomena atau parameter oseanografi. Salah satu

fenomena tersebut adalah fenomena pasang surut air laut.

Pasang surut atau pasut merupakan fenomena naik turunnya muka air laut secara berkala akibat adanya gaya tarik menarik antara benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut. Bagi pemerintah, swasta, perorangan dan pihak lain yang membutuhkan dapat memanfaatkan data pasut pada kegiatan *coastal engineering*, pengerukan (*dredging*), keselamatan pelayaran (*safety of navigation*). Selain itu dapat pula digunakan dalam upaya proteksi terhadap bahaya tsunami dan abrasi (Hidayat, 2010).

Analisa komponen-komponen pasut dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu metode Admiralty, semi

grafik, *least square*, dan lain sebagainya. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Supriyono (2015) di lokasi Perairan Tarakan dengan menggunakan metode Admiralty menghasilkan tingkat kesalahan rata-rata sebesar 9,2 cm, sedangkan dengan metode *Least Square* sebesar 9,4 cm. Panjang data yang dianalisa adalah 1 tahun, namun pada penelitian tersebut tidak membahas mengenai pengaruh variasi awal data pengamatan terhadap hasil prediksi pasut. Pengaruh tersebut dapat diketahui dengan mensimulasikan data pasut terhadap beberapa variasi awal data pengamatan yang menggunakan penanggalan Hijriah. Hasil penelitian sebelumnya oleh Safitri (2012) di lokasi penelitian Apra Harbor, Guam, Mariana Islands dengan data selama 6 bulan menunjukkan bahwa nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) terkecil terdapat di sekitar hari ke- 24 sampai 08 siklus bulan berikutnya pada penanggalan Hijriah, yaitu pada fase bulan sabit akhir sampai pada fase bulan cembung awal.

Penelitian ini menggunakan data yang lebih panjang, yaitu selama lebih kurang 14 bulan dengan pengamatan tiap jam yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Metode analisis pasut yang digunakan adalah metode Admiralty, karena dari hasil penelitian sebelumnya menghasilkan tingkat kesalahan rata-rata yang lebih kecil. Data pengamatan 15 harian di tiap jam akan disimulasikan terhadap seratus lima puluh delapan variasi waktu untuk mengetahui variasi awal data pengamatan yang paling cocok terhadap prakiraan pasut di perairan Bengkalis. Selain itu bilangan *Formzahl* yang menunjukkan tipe pasang surut suatu perairan juga dapat dihitung dengan menggunakan komponen pasut yang diperoleh dari hasil perhitungan metode Admiralty.

1.2 Tinjauan Pustaka

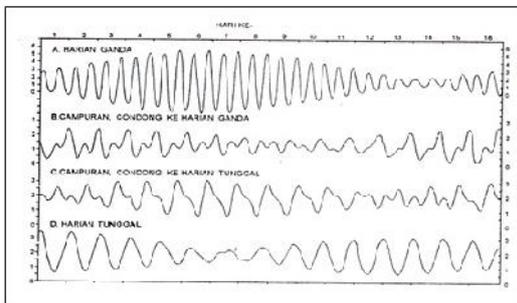
Air pada bagian ujung pantai yang berbatasan dengan lautan tidak pernah diam pada suatu ketinggian yang tetap, tetapi selalu bergerak naik dan turun sesuai dengan siklus pasang. Permukaan air laut perlahan-lahan naik sampai pada ketinggian maksimum yang dinamakan pasang tinggi (*high water*), kemudian turun sampai kepada suatu ketinggian minimum yang disebut pasang rendah (*low water*). Setelah itu permukaan air akan mulai bergerak naik lagi. Perbedaan ketinggian permukaan antara pasang tinggi dan pasang rendah dikenal sebagai tinggi pasang (*tidal range*) (Hutabarat & Evans, 2014).

Posisi bulan dan matahari terhadap bumi berubah-ubah, maka resultan gaya pasut yang dihasilkan dari gaya tarik kedua benda angkasa tersebut tidak sederhana. Akan tetapi karena rotasi bumi, revolusi bumi terhadap matahari, dan revolusi bulan terhadap bumi sangat teratur, maka resultan gaya penggerak pasang surut yang rumit ini dapat diuraikan sebagai hasil gabungan sejumlah komponen harmonik pasut (*harmonic constituents*). Komponen harmonik ini dapat dibagi menjadi tiga komponen, yaitu komponen pasang surut tengah harian, pasang surut harian dan pasang surut periode panjang (Zakaria, 2009).

Menurut Triatmodjo (1999) pasang surut di Indonesia dapat dibagi menjadi empat tipe seperti pada Gambar 2.1, yaitu:

1. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*), yaitu dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur.
2. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), yaitu dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut.

- Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*), yaitu Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.
- Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*), yaitu dalam satu hari terjadi satu kali air 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 1.1 Tipe Pasang Surut
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

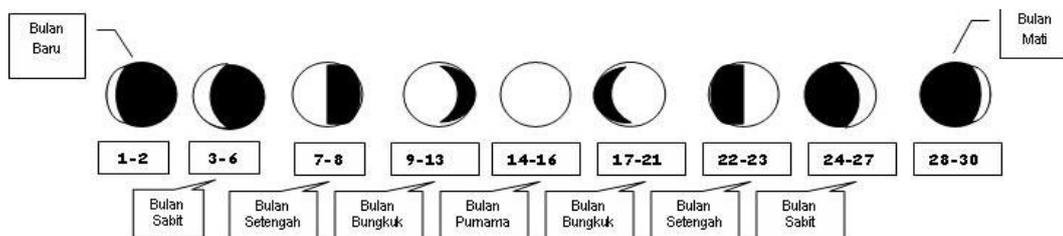
Tipe pasang surut dapat dicari dengan mendapatkan bilangan atau konstanta pasut (*Tidal Constant/ Formzahl*) yang dihitung dengan metode Admiralty. Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$F = \frac{AK_1 + AO_1}{AM_2 + AS_2}$$

Keterangan:

- F : *Formzahl* atau konstanta pasang surut
- AK_1 : Amplitudo dari anak gelombang pasang surut harian tunggal rata-rata yang dipengaruhi oleh deklinasi bulan dan matahari
- AO_1 : Amplitudo dari anak gelombang pasang surut harian tunggal rata-rata yang dipengaruhi oleh deklinasi matahari
- AM_2 : Amplitudo dari anak gelombang pasang surut harian ganda rata-rata yang dipengaruhi oleh bulan
- AS_2 : Amplitudo dari anak gelombang pasang surut harian ganda rata-rata yang dipengaruhi oleh matahari

Awal bulan baru penanggalan Hijriah seperti Gambar 2.2 setiap bulannya diawali oleh fase bulan baru, kemudian fase bulan kuartil pertama, fase bulan purnama, fase bulan kuartil terakhir dan kembali ke fase bulan baru. Pola pergerakan bulan tersebut menyebabkan keteraturan pergerakan tinggi air dalam satu bulan, yang diikuti oleh pergerakan tinggi air pasang surut (Salnuddin, 2016).



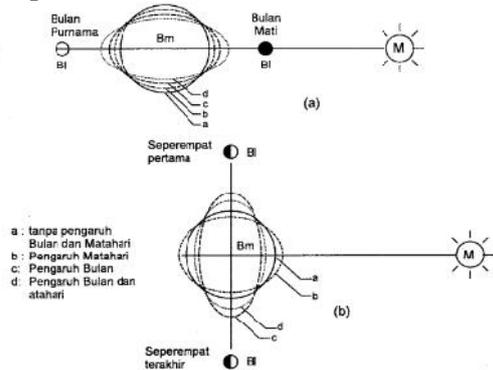
Gambar 1.2 Fase-fase Bulan menurut Penanggalan Hijriah
(Sumber: Matra, Ichsan Dwi, 2017)

Jenis pasang surut akibat pengaruh bulan dan matahari terhadap bumi ada dua, yaitu:

- Pasang purnama (*spring tide*) terjadi ketika bumi, bulan, matahari kira-kira berada pada satu garis lurus, sehingga gaya tarik bulan dan matahari

terhadap bumi saling memperkuat. Dalam keadaan ini terjadi tinggi pasang surut sangat besar dibanding hari-hari lain, yaitu sekitar tanggal 1 dan 15 (bulan muda dan bulan purnama), dapat dilihat pada Gambar 1.3 (a).

2. Pasang perbani (*neap tide*) terjadi ketika bulan dan matahari membentuk sudut siku-siku terhadap bumi sehingga gaya tarik bulan terhadap bumi saling mengurangi. Dalam keadaan ini tinggi pasang surut kecil dibanding hari-hari lain, yaitu sekitar tanggal 7 dan 21, dapat dilihat pada Gambar 1.3 (b).



Gambar 1.3 Kedudukan Bumi-Bulan-Matahari Saat Pasang Purnama (a) dan Pasang Perbani (b) (Sumber: Triatmodjo, 1999)

Elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman di dalam perencanaan suatu pelabuhan. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Muka air tinggi (*High Water Level*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*Low Water Level*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rerata (*Mean High Water Level*, MHWL), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rerata (*Mean Low Water Level*, MLWL), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air laut rerata (*Mean Sea Level*, MSL), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air

rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.

6. Muka air tinggi tertinggi (*Highest High Water Level*, HHWL), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Air redah terendah (*Lowest Low Water Level*, LLWL), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

Beberapa definisi muka air tersebut banyak digunakan dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan, seperti MHWL atau HHWL digunakan untuk menentukan elevasi puncak pemecah gelombang, dermaga, panjang rantai pelampung penambat, dan sebagainya. Sedangkan LLWL diperlukan untuk menentukan kedalaman alur pelayaran dan kolam pelabuhan (Triatmodjo, 1999).

Elevasi muka air rencana dapat ditentukan menggunakan komponen pasang surut melalui perhitungan rumus-rumus sebagai berikut (Jasin & Mamoto, 2015):

MSL	= S_0
HHWL	= Muka air tertinggi
LLWL	= Muka air terendah
MHWL	= $MSL + (Range/2)$
MLWL	= $MSL - (Range/2)$
Range	= $2 \times (M_2 + S_2)$

Doodson mengembangkan metode sederhana untuk menentukan komponen-komponen (*constituents*) utama pasang surut yaitu, M_2 , S_2 , K_2 , N_2 , O_1 , K_1 , P_1 , M_4 , dan MS_4 , dengan menggunakan panjang data pengamatan pasang surut 15 dan 29 harian dengan pengamatan jam-jaman. Metode yang dikembangkan oleh Doodson ini dinamakan metode Admiralty. Metode ini paling banyak dipakai dalam menghitung 9 komponen pasang surut. Sembilan komponen yang digunakan Doodson tersebut adalah seperti dalam Tabel 1.1 berikut:

Tabel 1.1 Frekuensi 9 Komponen Gelombang Pasut

No	Jenis Komponen	Frekuensi (deg/jam)	Periode (jam)
1	K_1	15,04	23,94
2	O_1	13,94	25,82
3	P_1	14,96	24,06
4	M_2	28,98	12,42
5	S_2	30,00	12,00
6	K_2	30,08	11,97
7	N_2	28,44	12,66
8	M_4	57,97	6,21
9	MS_4	58,98	6,10

(Sumber: Zakaria, 2009)

1.3 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah untuk mengetahui variasi awal data pengamatan yang paling cocok terhadap prediksi pasut perairan Bengkalis dan bilangan *Formzahl* pasut.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini dilakukan adalah untuk:

1. Menganalisis komponen-komponen pasut
2. Menentukan tipe pasut yang terjadi di lokasi penelitian
3. Menganalisis tingkat kesalahan prediksi pasut menggunakan persamaan *Root Mean Square Error* (RMSE)
4. Menganalisis elevasi muka air penting hasil prediksi.

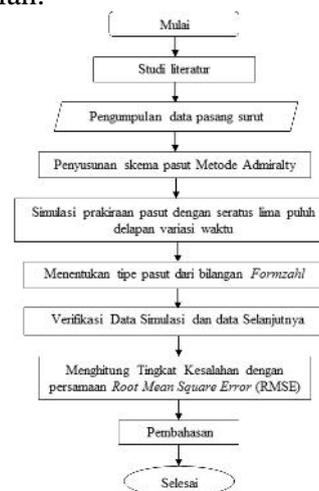
Manfaat dari penelitian adalah sebagai bahan referensi dalam memilih awal waktu pengamatan data pasut untuk berbagai keperluan yang memerlukan informasi mengenai pasut perairan Bengkalis.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Bagan Alir Penelitian

Prosedur penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir Gambar 2.1. Bagan alir penelitian ini menggambarkan proses

penelitian mulai dari pengumpulan data pasut dari Badan Informasi Geospasial (BIG), penyusunan skema pasut metode Admiralty dengan bantuan *microsoft excel* 2013 untuk mendapatkan nilai komponen-komponen pasut dan tipe pasut. Selanjutnya adalah melakukan simulasi data pasut 15 harian untuk seratus lima puluh delapan variasi waktu (8 Dzulqaidah 1436 H sampai 16 Rabiul Akhir 1437 H), melakukan verifikasi hasil prediksi pasut terhadap data simulasi sendiri dengan menghitung tingkat kesalahan menggunakan persamaan RMSE. Keluaran dari analisis pasut berupa nilai amplitudo (A) dan beda fase (g^0) untuk 9 komponen pasut, bilangan *Formzahl* (F) dan elevasi muka air rencana penting yang dapat digunakan untuk perencanaan di daerah penelitian.



Gambar 2.1 Bagan alir penelitian

2.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder. Data sekunder tersebut adalah data pasut yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG), yaitu data tanggal 22 Agustus 2015 sampai 11 Oktober 2016 atau 8 Dzulqaidah 1436 H sampai 11 Muharram 1438 H. Data pasut tersebut berupa data jam-jaman.

2.3 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada lokasi perairan Bengkalis pada posisi $1^{\circ}27'57,50''$ LU dan $102^{\circ}6'26,50''$ BT, tepatnya di sekitar Pelabuhan Roro Bengkalis seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Maps, 2017)

2.4 Analisis Pasang Surut

Metode yang digunakan untuk menganalisis pasut pada penelitian ini adalah metode Admiralty, dengan data pengamatan tiap jam selama 15 hari. Skema untuk menganalisis pasut metode Admiralty ini terdiri dari 8 skema. Hasil penyusunan akhir skema-skema tersebut adalah nilai amplitudo (A) dan beda fase (g^0) untuk tiap komponen pasut. Tabel 2.1 memperlihatkan hasil komponen pasut pada simulasi 1 (8– 22 Dzulhijjah 1436 H).

Tabel 2.1 Hasil Penyusunan Akhir Komponen Pasut

	S_0	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	M_4	MS_4
A cm	113,29	72,10	31,33	14,54	8,46	15,00	31,56	4,95	17,55	6,94
g^0	4,74	75,14	352,66	75,14	51,78	3,94	51,78	231,03	1,91	

2.5 Simulasi Pasut

Simulasi yang dilakukan adalah terhadap seratus lima puluh delapan variasi waktu, dimulai dari tanggal 8 Dzulhijjah 1436 H sampai 16 Rabiul Akhir 1437 H. Variasi waktu menggunakan penanggalan Hijriah karena pergerakan pasut lebih dipengaruhi oleh siklus bulan.

2.6 Verifikasi Hasil Simulasi

Tujuan dari verifikasi hasil simulasi pasut adalah untuk mengetahui hasil

persamaan yang telah didapat pada proses analisa sudah baik atau tidak. Verifikasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah terhadap data simulasi sendiri.

2.7 Tingkat Kesalahan (Error)

Perhitungan tingkat kesalahan pada penelitian ini menggunakan persamaan *Root Mean Square Error* (RMSE).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (a_{0i} - a_{pi})^2}{m}}$$

Dengan a_0 adalah nilai data pengukuran ke $-i$, a_p adalah nilai data prediksi ke $-i$, dan m adalah jumlah data.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

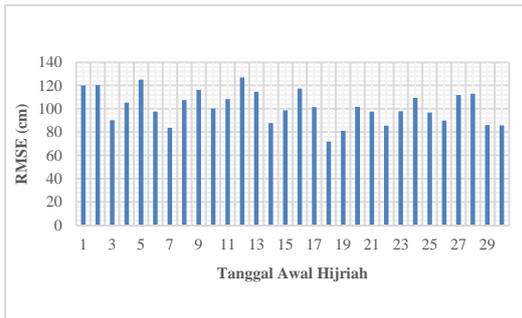
3.1 Hasil Verifikasi

Prakiraan elevasi muka air laut didapat dengan menggunakan komponen harmonik pasut yang telah diperoleh pada analisa pasut. Elevasi muka air laut hasil simulasi diverifikasi terhadap elevasi pasut hasil pengamatan di lapangan. Tujuan dari verifikasi hasil simulasi pasut adalah untuk mengetahui hasil persamaan yang telah didapat pada proses analisa sudah baik atau tidak.

Nilai rata-rata RMSE terkecil hasil verifikasi terhadap data simulasi sendiri adalah data pada tanggal awal 18 penanggalan Hijriah, yaitu pada fase 6 (bulan bungkuk akhir) seperti yang terlihat pada Tabel 3.1. Nilai rata-rata RMSE terkecil tersebut adalah sebesar 71,97 cm. Diagram nilai RMSE hasil verifikasi juga dapat dilihat pada Gambar 3.1. Fase 6 merupakan fase setelah fase 5 yang merupakan fase bulan purnama. Hasil ini dapat dijadikan sebagai referensi dalam memilih awal waktu pengambilan data pasut untuk memprakirakan pasut di daerah penelitian, yaitu setelah fase bulan purnama.

Tabel 3.1 Nilai RMSE Hasil Verifikasi Data Simulasi

Tanggal Awal	Nilai RMSE Data Simulasi (cm)						Rata-rata
	Dzulqaidah	Dzulhijjah	Muharram	Shafar	Rabiul Awal	Rabiul Akhir	
1		92,11	129,48	133,12		119,65	120,11
2		134,63	134,09	112,08	129,80	91,49	120,42
3		117,05	86,59	81,32	86,41	79,41	90,16
4		78,65	113,46	122,85	99,11	112,93	105,40
5		122,50	144,29	126,88	131,01	101,27	125,19
6		140,58	104,14	72,78	101,55	69,71	97,75
7		86,92	73,25	94,45	72,45	91,07	83,63
8	67,43	83,85	130,53	133,77	119,56	110,29	107,57
9	105,56	129,49	129,16	109,06	127,11	97,30	116,28
10	124,51	110,80	83,22	91,82	95,34	96,97	100,44
11	86,43	81,64	120,58	134,06	112,54	114,92	108,36
12	93,37	126,77	153,62	136,43	137,90	114,31	127,07
13	134,61	138,59	123,51	91,32	113,53	87,05	114,77
14	119,11	97,53	79,14	79,03	74,26	77,91	87,83
15	80,45	87,62	108,46	106,80	94,79	114,00	98,69
16	106,77	116,17	124,95	106,75	125,12	124,32	117,35
17	119,89	105,24	97,26	78,36	107,20		101,59
18	88,29	69,21	64,30	69,16	68,88		71,97
19	61,13	69,03	85,76	95,04	94,81		81,15
20	79,22	89,41	104,67	107,46	128,10		101,77
21	90,54	92,27	97,17	95,87	112,22		97,62
22	84,49	86,61	88,28	87,12	81,26		85,55
23	84,13	93,08	100,96	109,14	102,69		98,00
24	94,20	104,42	111,28	112,60	124,31		109,36
25	103,36	101,44	93,87	87,75	97,67		96,82
26	95,32	89,58	86,63	94,53	83,38		89,89
27	93,49	107,14	112,30	124,91	121,32		111,83
28	106,95	117,71	114,64	108,13	117,41		112,97
29	103,92	89,26	79,02	78,72	79,35		86,05
30	70,47	76,36	94,09		102,26		85,80



Gambar 3.1 Diagram Nilai RMSE Rata-rata Hasil Verifikasi Data Simulasi

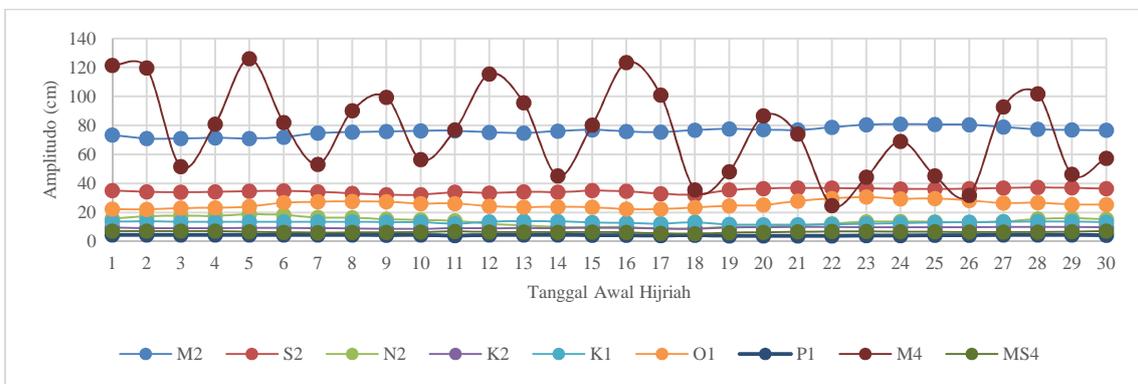
3.2 Komponen Pasut

Hasil perhitungan yang dilakukan

terhadap seratus lima puluh delapan variasi waktu pengamatan dalam penelitian ini diperoleh variasi komponen-komponen pasut yang dapat digunakan untuk memperkirakan pasut. Setelah dilakukan analisa terhadap RMSE data verifikasi diperoleh nilai rata-rata RMSE terkecil adalah data tanggal awal 18 penanggalan Hijriah untuk verifikasi data simulasi. Hasil tersebut dapat dijadikan sebagai referensi untuk prakiraan elevasi pasut di daerah penelitian, yaitu menggunakan hasil perhitungan komponen pasut pada simulasi tanggal tersebut. Nilai amplitudo rata-rata tiap komponen pasut dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Gambar 3.2.

Tabel 3.2 Nilai Amplitudo Rata-rata Komponen Pasut

Tanggal Awal	Nilai Amplitudo Rata-rata Komponen Pasut								
	M ₂	S ₂	N ₂	K ₂	K ₁	O ₁	P ₁	M ₄	MS ₄
1	73,50	35,12	15,82	9,48	13,76	22,39	4,54	121,45	7,25
2	70,94	34,24	17,38	9,24	13,92	22,15	4,59	119,64	7,26
3	71,11	33,93	17,76	9,16	13,62	23,03	4,50	51,59	7,20
4	71,44	34,23	17,63	9,24	13,57	23,28	4,48	80,88	7,12
5	71,10	34,75	18,73	9,38	13,49	24,12	4,45	125,98	6,73
6	71,95	34,85	18,28	9,41	13,44	26,78	4,44	82,05	6,36
7	74,74	34,27	16,56	9,25	13,47	27,35	4,45	53,26	6,14
8	75,41	33,11	16,35	8,94	13,63	27,72	4,50	90,22	6,20
9	75,85	32,34	15,39	8,73	13,31	27,36	4,39	99,45	6,18
10	76,35	32,25	14,82	8,71	13,37	26,15	4,41	56,38	6,41
11	76,37	34,00	14,28	9,18	12,23	26,19	4,04	76,90	6,92
12	75,27	33,44	12,12	9,03	13,65	24,41	4,50	115,43	6,60
13	74,85	34,30	11,07	9,26	13,92	23,73	4,59	95,69	6,55
14	76,13	34,04	9,92	9,19	13,80	23,92	4,56	45,14	6,39
15	77,03	35,03	9,85	9,46	13,11	23,58	4,32	80,24	6,51
16	75,91	34,58	9,86	9,34	12,80	22,38	4,23	123,36	6,24
17	75,43	32,96	8,85	8,90	12,29	22,37	4,06	101,05	5,59
18	76,82	32,32	8,95	8,73	13,22	23,49	4,36	35,63	5,44
19	77,61	35,47	10,05	9,58	11,70	24,62	3,86	48,22	6,08
20	77,13	36,47	10,34	9,85	11,67	25,16	3,85	86,60	6,38
21	76,90	36,97	11,00	9,98	11,65	27,95	3,84	74,06	6,63
22	78,70	36,86	12,25	9,95	11,81	29,70	3,90	24,82	6,99
23	80,53	36,56	13,64	9,87	12,17	30,62	4,02	44,31	6,95
24	80,89	36,28	13,86	9,79	12,61	29,41	4,16	69,04	6,81
25	80,71	36,19	13,55	9,77	13,04	29,61	4,30	45,31	6,64
26	80,50	36,34	13,20	9,81	13,32	28,31	4,40	31,84	6,48
27	78,88	36,86	13,68	9,95	13,59	26,51	4,48	92,70	6,53
28	77,39	37,24	15,53	10,06	13,75	26,83	4,54	101,91	6,60
29	76,88	37,00	15,95	9,99	13,66	25,54	4,51	46,41	6,81
30	76,66	36,35	15,34	9,82	13,30	25,51	4,39	57,44	7,17



Gambar 3.2 Nilai Amplitudo Rata-rata Komponen Pasut

3.3 Tipe Pasut

Setelah nilai A diperoleh, maka tipe pasut yang terjadi dapat ditentukan dengan perhitungan frekuensi pasang dan surut setiap hari. Tipe pasut dapat ditentukan dengan mengetahui nilai bilangan *Formzahl*. Berikut contoh perhitungan bilangan *Formzahl* pada simulasi 1 (8 Dzulqaidah 1436 H):

Diketahui:

$$AK_1 = 15,00$$

$$AO_1 = 31,56$$

$$AM_2 = 72,10$$

$$AS_2 = 31,33$$

$$F = \frac{AK_1 + AO_1}{AM_2 + AS_2}$$

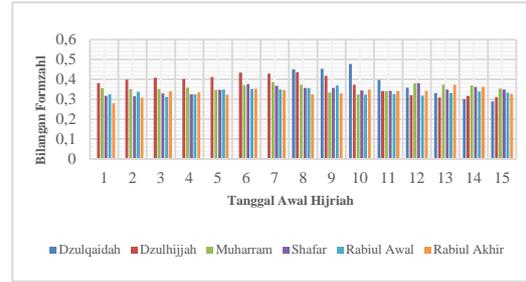
$$F = \frac{15,00 + 31,56}{72,10 + 31,33}$$

$$= 0,45$$

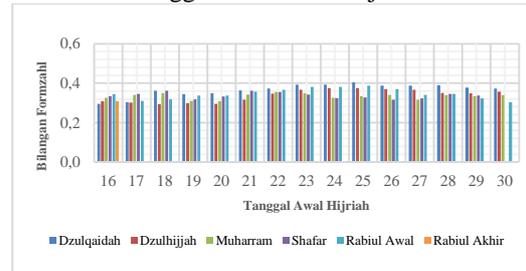
Bilangan *formzahl* hasil perhitungan di atas masuk pada klasifikasi $0,25 < F < 1,50$ dengan tipe pasut campuran condong harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*), yaitu terjadinya dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari dengan tinggi dan periodenya berbeda. Hasil hitungan bilangan *formzahl* simulasi lainnya dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan diagram pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.

Tabel 3.3 Nilai Bilangan *Formzahl*

Tanggal Awal	Bilangan <i>Formzahl</i>						Rata-rata
	Dzulqaidah	Dzuhijjah	Muharram	Shafar	Rabiul Awal	Rabiul Akhir	
1		0,38	0,36	0,32	0,32	0,28	0,33
2		0,40	0,35	0,31	0,34	0,31	0,34
3		0,41	0,35	0,33	0,31	0,34	0,35
4		0,40	0,36	0,33	0,33	0,34	0,35
5		0,41	0,35	0,35	0,35	0,32	0,36
6		0,43	0,37	0,38	0,35	0,35	0,38
7		0,43	0,39	0,37	0,35	0,35	0,38
8	0,45	0,44	0,37	0,36	0,36	0,32	0,38
9	0,45	0,42	0,33	0,36	0,37	0,33	0,38
10	0,48	0,37	0,33	0,34	0,32	0,35	0,37
11	0,40	0,34	0,34	0,34	0,33	0,34	0,35
12	0,36	0,32	0,38	0,38	0,32	0,34	0,35
13	0,33	0,31	0,37	0,35	0,33	0,37	0,34
14	0,30	0,32	0,37	0,36	0,34	0,36	0,34
15	0,29	0,31	0,35	0,35	0,33	0,33	0,33
16	0,30	0,31	0,33	0,33	0,34	0,31	0,32
17	0,30	0,30	0,34	0,35	0,31		0,32
18	0,36	0,29	0,35	0,36	0,32		0,34
19	0,34	0,30	0,31	0,32	0,34		0,32
20	0,35	0,29	0,31	0,33	0,34		0,32
21	0,36	0,32	0,34	0,36	0,36		0,35
22	0,37	0,35	0,35	0,36	0,37		0,36
23	0,39	0,37	0,35	0,34	0,38		0,37
24	0,39	0,37	0,33	0,32	0,38		0,36
25	0,40	0,37	0,33	0,33	0,39		0,37
26	0,39	0,37	0,34	0,32	0,37		0,36
27	0,39	0,37	0,32	0,32	0,34		0,35
28	0,39	0,35	0,34	0,35	0,35		0,35
29	0,38	0,35	0,33	0,34	0,32		0,34
30	0,37	0,36	0,34		0,30		0,34



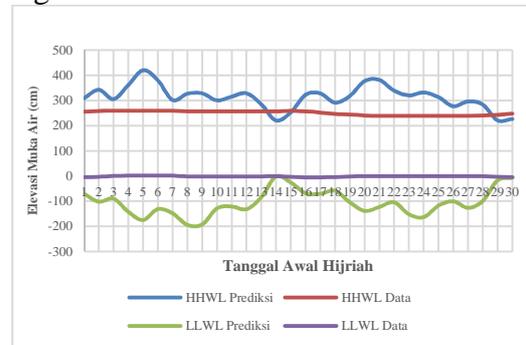
Gambar 3.3 Diagram Bilangan *Formzahl* Tanggal Awal 1-15 Hijriah



Gambar 3.4 Diagram Bilangan *Formzahl* Tanggal Awal 16-30 Hijriah

3.4 Tinggi Elevasi Muka Air

Beberapa definisi muka air yang banyak digunakan dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan di antaranya adalah HHWL digunakan untuk menentukan elevasi puncak pemecah gelombang, dermaga, panjang rantai pelampung penambat, dan sebagainya. Sedangkan LLWL diperlukan untuk menentukan kedalaman alur pelayaran dan kolam pelabuhan. Grafik pada Gambar 3.5 memperlihatkan perbandingan antara nilai HHWL dan LLWL antara data pengamatan dan hasil prediksi. Perbedaan antara elevasi data pengamatan dan hasil prediksi cukup signifikan.



Gambar 3.5 Perbandingan Elevasi Muka Air Data Pengamatan dan Hasil Prediksi

IV. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang diperoleh dari analisa data yang telah dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Perhitungan tingkat kesalahan pada penelitian ini menggunakan persamaan *Root Mean Square Error* (RMSE), memperlihatkan bahwa hasil rata-rata RMSE terkecil dari hasil verifikasi terhadap data simulasi sendiri adalah sebesar 71,97 cm, yaitu pada data tanggal awal 18 penanggalan Hijriah.
2. Rata-rata RMSE terkecil hasil verifikasi terhadap data simulasi sendiri berada pada fase 6 (bulan bungkuk akhir. Fase bulan ini terjadi setelah fase 5 (bulan purnama). Hasil ini dapat dijadikan sebagai referensi dalam penentuan awal waktu pengambilan data pengamatan pasut di lapangan.
3. Hasil perhitungan bilangan *Formzahl* menunjukkan bahwa tipe pasut di lokasi penelitian adalah masuk pada klasifikasi tipe pasut campuran condong harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*), yaitu pada $range\ 0,25 < F < 1,50$.

Agar penelitian selanjutnya memiliki hasil yang lebih akurat, maka ada beberapa saran yang dapat diberikan, yaitu:

1. Sebaiknya data yang digunakan adalah data yang lebih panjang dan lengkap daripada penelitian ini, agar hasil yang diperoleh lebih baik.
2. Nilai RMSE yang diperoleh pada penelitian ini cukup besar, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menghitung beda fase yang terjadi antara data pengamatan dengan hasil prakiraan pasut.

V. DAFTAR PUSTAKA

Fadilah, Suripin, & Sasongko, D. P. (2014). Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana

Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. *Maspari Journal*, 1-12.

Faqih, A. (2017, April 12). Dipetik Juli 6, 2017, dari www.scribd.com: <https://www.scribd.com/mobile/document/344980303/LAPORAN-PENGOLAHAN-PASUT-METODE-ADMIRALT-docx>

Google Maps. (2017). *Google Maps*. Dipetik May 14, 2017, dari Google Maps: <https://www.google.co.id/maps/place/1%C2%B027'57.5%22N+102%C2%B006'26.5%22E/@1.4659776,102.1051724,783m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d1.4659722!4d102.1073611>

Hidayat, S. (2010). *Analisis Harmonik Pasang Surut dengan Metode Admiralty (Studi Kasus Pelabuhan Beras, Bontang, Kalimantan Timur)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Hutabarat, S., & Evans, S. M. (2014). *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).

Irwanto, Y (2013). *BIG Serahkan Peta NKRI kepada Kemenkokesra*. Dipetik Mei 13, 2017, dari bakosurtanal.go.id: <http://www.bakosurtanal.go.id/berita-surta/show/big-serahkan-peta-nkri-kepada-kemenkokesra>

Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2015). Analisis Pasang Surut di Pantai Nuangan (Desa Iyok) Boltim dengan Metode Admiralty. *Jurnal Sipil Statik*, 391-402.

Kramadibrata, S. (2002). *Perencanaan Pelabuhan*. Bandung: ITB.

- Matra, Ichsan Dwi. (2010, November 30). *Fase-Fase Bulan dalam Satu Bulan Penanggalan/Kalender Hijriyah*. Dipetik Agustus 14, 2017, dari ichsan-edutrain.blogspot.co.id: <http://ichsan-edutrain.blogspot.co.id/2010/11/fa-se-fase-bulan-dalam-satu-bulan.html>
- Rose, D. (2017). *Understanding The Moon Phase*. Dipetik Agustus 14, 2017, dari [MoonConnection.com](http://www.moonconnection.com/moon_phases.phtml#): http://www.moonconnection.com/moon_phases.phtml#
- Saksono, T. (2014). Mengkompromikan Rukyat dan Hisab. Dalam A. Hasan, *Penentuan Bulan Kamariyyah pada Kalender Abadi Asopon Karya Johan Hudaya dan Witono* (hal. 27-28). Semarang: Fakultas Syari'ah Institut Agama Islam Negeri Walisongo.
- Salnuddin. (2016). *Penentuan Awal Bulan Baru Penanggalan Hijriah berdasarkan Pendekatan Ethnoceanography dan Ethnoastronomy*. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wibisono, M. S. (2010). *Pengantar Ilmu Kelautan Edisi 2*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Zakaria, A. (2009). *Teori dan Komputasi untuk Gelombang Pasang Surut menggunakan PHP Script*. Lampung: Universitas Lampung.