

# PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK ANTAR-MUKA INSTRUMEN MOTIWALI (TIDE GAUGE) UNTUK ANALISIS DATA PASANG SURUT

## SOFTWARE DEVELOPMENT OF MOTIWALI (TIDE GAUGE) FOR TIDAL CONSTITUENTS ANALYSIS

Husnul Khatimah<sup>1)</sup>, Indra Jaya<sup>2)</sup>, dan Agus Saleh Atmadipoera<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB, Bogor

<sup>2)</sup>Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB, Bogor

### ABSTRAK

Instrumen MOTIWALI adalah alat untuk mengukur perubahan elevasi muka laut berbasis akustik, yang telah berhasil dikembangkan di Laboratorium Instrumentasi Kelautan ITK-IPB. Data hasil perekaman alat ini perlu dianalisis secara detail dengan membuat program untuk menentukan karakteristik komponen pasang-surut (pasut). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan program antar-muka (*software*) yang dapat menganalisis data deret-waktu pasut dengan metode *Admiralty*, sehingga diperoleh komponen utama pasut serta menampilkan prediksinya. Pengembangan *software* mencakup empat modul, yaitu modul *filter* data untuk melakukan *parsing* dan pengelompokan data, modul *Admiralty* untuk analisis data pasut, modul *Formzahl* untuk penentuan tipe pasut, dan modul prediksi pasut. Data yang digunakan untuk uji-analisis *software* ini adalah data elevasi laut karena pasut hasil perekaman MOTIWALI selama 15 hari di Perairan Pulau Pramuka, Kep. Seribu. Perbandingan nilai amplitudo dan fase komponen pasut antara hasil penelitian ini dengan data Dishidros, serta metode harmonik least-squared diperoleh nilai galat kuadrat terkecil (RMSE) sebesar 1.89 cm dan 102.27°, yang berarti akurasi hasil analisis dengan *software* ini cukup tinggi. Jenis pasut di lokasi studi adalah harian tunggal ( $F=4.43$ ), yang sesuai dengan penelitian sebelumnya. Modul prediksi fluktuasi pasut menampilkan hasil prediksi pasut yang memberikan informasi bermanfaat bagi aktivitas di kawasan studi.

**Kata kunci:** MOTIWALI, program antar-muka, metode *Admiralty*, konstanta pasut, Kep. Seribu Jakarta.

### ABSTRACT

*MOTIWALI is a tidal water-level instrument based on acoustic methods that has been created at the Marine Instrumentation Laboratory of ITK-IPB. The data collected by the MOTIWALI need to be analyzed by a computer program to determine major tidal constituents. Thus, the objective of this study is to develop an interface program (software) for tidal constituents analysis. This Admiralty-based method program computes 9 tidal constituents, determines Formzahl tidal types, and predicts tidal time-series for particular time-length. The MATLAB-based program scripts consist of four modules: the pre-processing module for parsing, filtering and data averaging; the Admiralty module for tidal constituents analysis, the Formzahl module for tidal types determination; and prediction module for tidal prediction. The 15-day sea-surface elevation time series data from Pramuka Island - Seribu Islands Jakarta have been used to examine the performance of the software. The result shows that the amplitude and phase difference obtained from this software and Dishidros tidal table (also with least-squared T\_Tide method) was very small (RMSE: 1.89 cm and 102°). This means that accuracy of calculation is almost high. Furthermore, diurnal tidal type (Formzahl number,  $F=4.43$ ) obtained from this analysis was in good agreement with previous studies. Tidal prediction module provides beneficial information for marine activities around the region.*

**Keywords:** MOTIWALI, interface software, *Admiralty* method, tidal constituents, Seribu Islands Jakarta

### PENDAHULUAN

Fenomena pasang surut dapat diartikan sebagai naik turunnya muka laut secara berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi (Pariwono,

1989). Adanya data pasut merupakan hal yang sangat penting diketahui untuk menunjang berbagai macam kegiatan pelayaran dan perikanan di Indonesia. Oleh karena itu banyak pula berbagai macam cara pengukuran data pasut yang telah dikembangkan, mulai dari cara manual seperti

*Floating Tide Gauge, Pressure Tide Gauge* dan rambu pasut (Ongkosono dan Suyarso, 1989), berdasarkan satelit altimetri seperti satelit TOPEX/POSEIDON (Heliani *et al.*, 2002), serta yang sudah dikembangkan menggunakan teknologi akustik dan sistem elektronik yaitu dengan menggunakan MOTIWALI (*Mobile Tide and Water Level Instrument*) (Iqbal dan Jaya, 2011).

MOTIWALI yang telah dikembangkan di Laboratorium Instrumentasi Kelautan IPB merupakan suatu instrumen alat ukur pasut dengan menggunakan sensor ultrasonik yang bersifat portable atau dapat berpindah-pindah maupun tetap dengan kemampuan tambahan seperti transmisi data menggunakan GSM atau frekuensi radio sehingga dapat dipantau dari jauh. Penggunaan sensor ultrasonik dalam instrumen ini berupa transducer akustik 40 kHz sebagai sensor pengukur jarak antara sensor dengan permukaan air serta dilengkapi dengan sensor suhu sebagai pengoreksi data (Iqbal dan Jaya, 2011).

Pengolahan data pasut dari instrumen MOTIWALI selama ini hanya dilakukan secara manual, mulai dari *parsing*, *filter* dan menggambarkan grafik menggunakan perintah di *MATLAB* ataupun menggunakan program *Microsoft Excel*. Selain itu juga belum ada yang menganalisis data MOTIWALI secara lanjut hingga menghasilkan konstanta pasut sehingga data dari MOTIWALI belum bisa digunakan untuk prediksi pasut. Analisis harmonik pasut dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti metode Admiralty dan analisis Harmonik *Least Square* (Rufaida, 2008). Analisa harmonik metode Admiralty lebih banyak menggunakan tabel Admiralty yang sudah diformulasikan dalam *Microsoft Excel*, namun belum ada program antar-muka atau *tools* program yang berbasis metode Admiralty. Hal ini berbeda dengan analisa harmonik dengan metode *Least Square* yang sudah diformulasikan dalam *tools* program di *MATLAB* maupun di *FORTTRAN* (Prasetyo, 2008). Hasil penentuan konstanta pasang surut yaitu amplitudo dan fase komponen pasut ini yang kemudian dapat menentukan prediksi elevasi pasut di suatu tempat dimana data awal diambil namun pada waktu sembarang atau tidak tertentu (Ali *et al.*, 1994).

Selain itu, sejauh ini sistem perangkat lunak yang telah dikembangkan yaitu perangkat lunak *TideSoft v1.002*. hasil kerjasama Badan Pengkajian dan

Penerapan Teknologi (BPPT) Indonesia dengan OCEANOR (<http://www.bppt.go.id>), serta perangkat lunak analisis pasut *NAOTIDE* (Matsumoto 2000). Sebagaimana dikemukakan di atas bahwa Laboratorium Instrumentasi Kelautan IPB telah mengembangkan MOTIWALI, namun sampai saat ini belum dibuat program antar-muka untuk menganalisis data hasil rekaman MOTIWALI lebih lanjut. Oleh karena itu, tulisan ini bertujuan untuk membangun sistem pengolahan dan analisis data pasut dari instrumen MOTIWALI dengan menggunakan *MATLAB* serta menganalisis data pasut sehingga menghasilkan 9 (sembilan) komponen pasut utama untuk memprediksi pasut berdasarkan komponen pasut yang dihasilkan.

## BAHAN DAN METODE

Pengambilan data pasut oleh MOTIWALI dilakukan selama 15 hari yaitu mulai tanggal 1-15 Mei 2013 di Perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. Pengambilan data pasut dilakukan sebagai data sampel yang diolah pada antar-muka yang dibangun. Pembuatan aplikasi pengolah data pasut ini terdiri dari empat tahap utama, yaitu (1) pembuatan modul *filtering* data, (2) pembuatan modul analisis harmonik pasut, (3) penentuan jenis pasut berdasarkan bilangan *Formzahl*, dan (4) pembuatan modul prediksi pasut.

Pembuatan modul *filtering* data ditujukan untuk melakukan penapisan (*filter*) data dari data hasil pengambilan instrumen MOTIWALI yang terbentuk dari beberapa file menjadi dalam satu file baru yang kemudian disimpan dalam bentuk format \*.csv. Setelah diperoleh data baru, data kemudian ditapis menggunakan metode rata-rata berjalan (*moving average*) untuk merata-ratakan data yang dekat dengan data yang jauh tetapi masih berhubungan (Riley dan Lutgen, 1999).

Analisis harmonik pasut dilakukan dengan menggunakan metode Admiralty. Prinsip dasar perhitungan pasut dengan menggunakan metode ini yaitu dengan tabel-tabel untuk mempermudah perhitungan, karena pada saat itu perhitungan dilakukan dengan menggunakan manual (Sjachulie, 1999). Setelah dihasilkan konstanta pasut maka dapat ditentukan tipe pasut di daerah pengamatan berdasarkan bilangan *Formzahl* dengan persamaan :

$$F = \frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}} \dots\dots\dots (1)$$

dimana,  $A_{K1}$  dan  $A_{O1}$  adalah amplitudo komponen pasut harian tunggal,  $A_{M2}$  dan  $A_{S2}$  adalah amplitudo komponen pasut harian ganda; nilai  $F$  untuk tipe pasut harian ganda ( $0 < F < 0.25$ ), tipe pasut campuran cenderung harian ganda ( $0.25 < F < 1.5$ ), tipe pasut campuran cenderung harian tunggal ( $1.5 < F < 3.0$ ), dan tipe pasut harian tunggal ( $F > 3.0$ ) (Pugh, 1987).

Prediksi pasut dihitung dengan menjumlahkan beberapa konstanta pasut yang terlibat (Parker, 2007). Persamaan elevasi tinggi muka air laut pada waktu  $t_n$  berdasarkan Emery (1998) adalah seperti berikut:

$$x(t_n) = \bar{x} + \sum_{q=1}^M C_q \cos[2\pi f_q t_n + \theta_q] \dots (2)$$

dimana  $x(t_n)$  adalah elevasi muka air pada waktu ke- $t_n$  (meter),  $M$  adalah jumlah komponen pasut pembentuk superposisi,  $\bar{x}$  adalah rata-rata muka air (meter),  $C_q$  adalah amplitudo konstituen ke- $n$  (meter),  $f_q$  adalah frekuensi dari gelombang tiap komponen pasut,  $t_n$  adalah waktu peramalan (jam),  $\theta_q$  adalah fase gelombang komponen ke- $n$  (derajat). Validasi data digunakan untuk mengukur tingkat kecermatan suatu data agar terbentuk data yang

tepat dan akurat. Validasi data pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan data konstituen pasut dengan perangkat lunak yang telah dikembangkan, misalnya *T\_Tide* (Pawlowicz *et al.*, 2002), kemudian ditentukan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) berdasarkan persamaan (Wibowo 2010) :

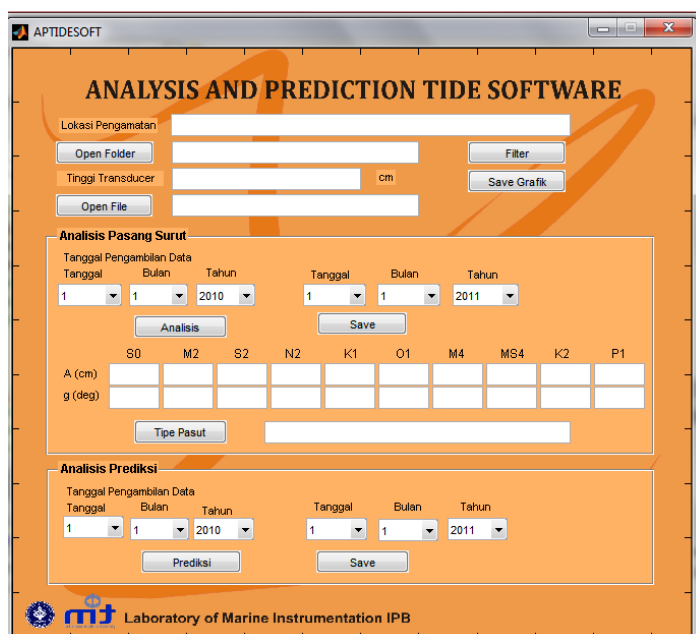
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{a,i} - X_{b,i})^2}{n}} \dots\dots\dots (3)$$

dimana  $X_a$  adalah nilai konstanta pasut yang diperoleh oleh *interface* MOTIWALI,  $X_b$  adalah hasil data dari referensi *T\_Tide*.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat lunak ini diberi nama *APTideSoft* singkatan dari *Analysis and Prediction of Tide Software*. Tampilan dari *APTideSoft* dirancang sedemikian hingga memudahkan pengguna dalam melakukan pengolahan data pasut dari hasil pengambilan data instrumen MOTIWALI.

Ada tiga bagian yang terdapat dalam tampilan *APTideSoft*, yaitu tampilan *Header*, tampilan *Footer* serta blok pengolahan data seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Desain tampilan perangkat lunak *interface* MOTIWALI (*APTSoft*) berbasis pemrograman MATLAB.

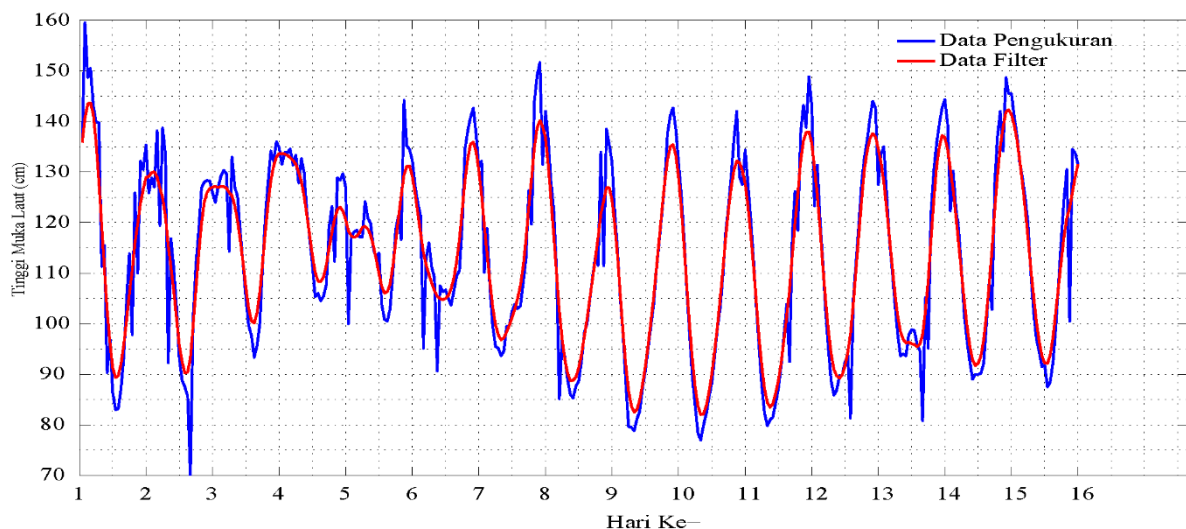
Bagian *Header* berisi informasi nama *interface*, sedangkan bagian *Footer* terdapat informasi mengenai Institusi pengembang program antarmuka ini. Pada blok pengolahan data terdapat sub-bagian analisis data lapang, sub-bagian analisis pasut, dan sub-bagian prediksi pasut. Sub-bagian analisis data lapang berisi modul *Open File*, *Filter file*, *Open Folder*, serta input data pengambilan jarak transducer pada dasar perairan. Sub-bagian analisis pasut berisi informasi input pengambilan data lapang, *pushbutton* plot grafik pasang surut, *pushbutton* analisis data pasut, *pushbutton* save grafik, *pushbutton* tipe pasang surut serta informasi mengenai konstanta pasut sebagai hasil analisis data pasut. Terakhir, sub-bagian prediksi pasut berisi input pengambilan data lapang yang akan diprediksi, *pushbutton* plot grafik pasang surut dan *pushbutton* analisis data pasut.

Hasil *filter* data MOTIWALI melalui modul *filtering* data berupa data MOTIWALI yang telah dirata-ratakan setiap jam dan disusun dalam matriks berukuran 15x24, dimana baris menunjukkan jumlah hari pengukuran yaitu selama 15 hari dan

kolom merupakan jumlah jam pengukuran pasut yaitu 24 hari (Gambar 2). Susunan matriks 15x24 mengikuti format data untuk analisis harmonik pasut metode Admiralty pada modul selanjutnya. Sebelumnya, beberapa titik data yang hilang atau berupa noise pada pengukuran MOTIWALI dilakukan interpolasi terlebih dahulu sehingga data tidak kosong.

Hasil rata-rata data yang diplotkan pada Gambar 2, merupakan hasil *filtering* data menggunakan metode *moving average* dengan faktor pembobot sebesar 5 data, untuk meredam adanya *noise* dari hasil pengukuran instrumen MOTIWALI, seperti penjelasan Hermawi (2007) bahwa metode filter *moving average* dapat meredam noise yang telah ditambahkan tadi sehingga memungkinkan penerima untuk mendapatkan informasi aslinya.

Hasil perhitungan dengan menggunakan modul Admiralty yaitu amplitudo dan fase dari 9 konstanta pasut penting seperti dijelaskan pada Tabel 1.



**Gambar 2.** Plot data deret waktu elevasi pasang surut dari hasil rekaman alat MOTIWALI dengan hasil penapisan rata-rata berjalan (*moving average filter*) dengan faktor pembobot 5 data.

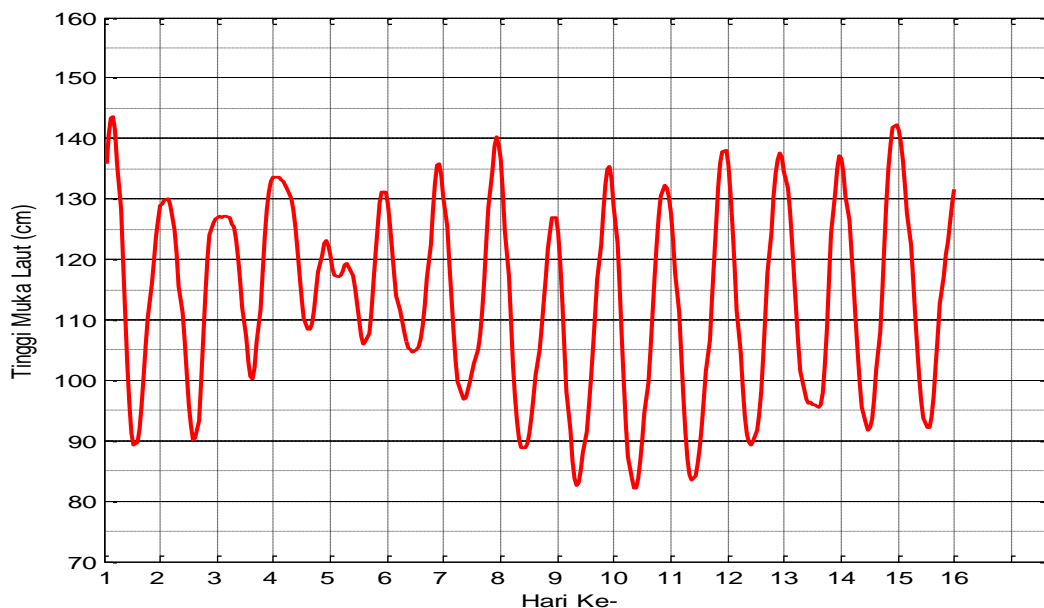
Tabel 1. Hasil analisis pasut untuk 9 konstanta pasut dengan metode Admiralty dengan *APTideSoft* di perairan Pulau Pramuka.

	Konstanta Pasut								
	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A (cm)	4.27	3.38	2.99	20.74	13.18	0.56	0.43	0.91	6.84
g (°)	99.29	78.30	17.47	166.92	153.43	133.69	293.88	78.30	166.92

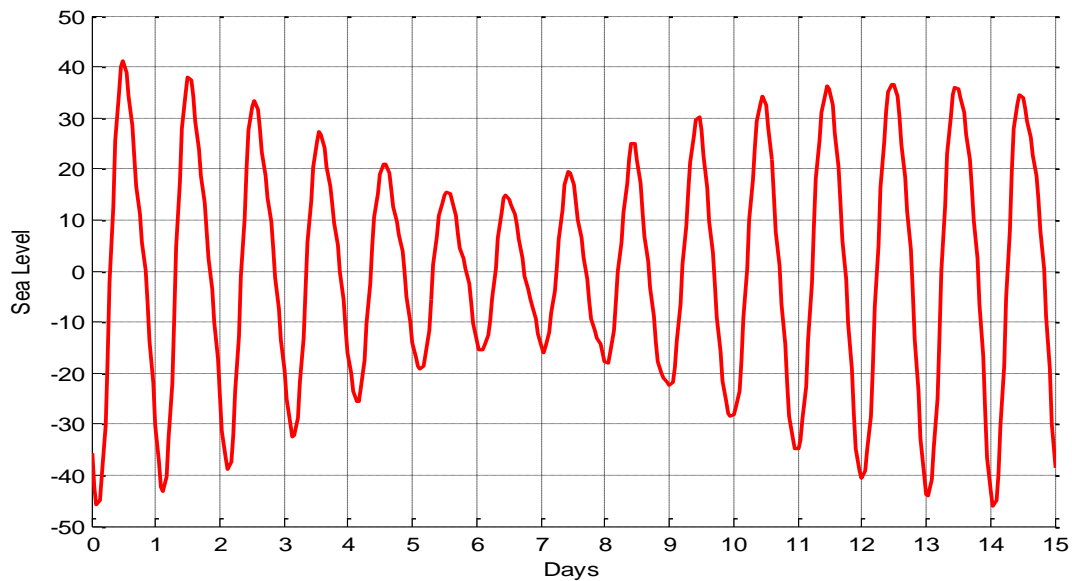
Berdasarkan hasil konstanta pasut di atas, didapatkan nilai bilangan *Formzahl* yaitu 4.43, sehingga tipe pasut di lokasi studi tergolong pasut harian tunggal (*diurnal tide*). Berdasarkan penelitian Wyrki (1961) mengenai penelitian pasut di perairan Asia Tenggara, tipe pasut di sekitar lokasi penelitian adalah campuran cenderung tunggal. Namun, Fatoni (2011) dari hasil pemetaan pasut dengan data pasut yang lebih banyak di sekitar Pulau Pramuka, terungkap bahwa tipe pasut di lokasi ini adalah harian tunggal. Hal tersebut juga sesuai dengan hasil model prediksi pasut dari *MIKE* dan *Worldtide 2009* yang menjelaskan bahwa tipe pasut di sekitar Pulau Pramuka adalah harian tunggal. Fluktuasi pasut perairan Pulau Pramuka dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan hasil penelitian selama 15 hari, tunggang pasut atau

selisih antara kedudukan air tinggi dan kedudukan air rendah dalam periode pasang purnama adalah sekitar 50.31 cm. Nilai *Mean Low Water Level* (MLWL) atau rata-rata kedudukan air terendah yaitu 105.94 cm dan nilai *Mean High Water Level* (MHWL) atau rata-rata kedudukan air tertinggi yaitu 121.25 cm dengan rata-rata tinggi muka laut yaitu 113.59 cm (Gambar 3).

Hasil prediksi pasang surut yang telah dilakukan selama 15 hari dengan input nilai hasil pengolahan modul Admiralty yaitu sembilan konstanta pasut dihasilkan bentuk elevasi muka air di perairan Pulau Pramuka seperti pada Gambar 4. Data hasil prediksi menunjukkan bahwa tinggi pasut maksimum yaitu 41.07 cm dan tinggi pasut minimum yaitu -46.22 cm dengan tunggang pasut sekitar 87.29 cm.



**Gambar 3.** Rekonstruksi elevasi pasang surut di perairan Pulau Pramuka tanggal 1-15 Mei 2015



**Gambar 4.** Hasil prediksi pasang surut selama 15 hari di perairan Pulau Pramuka (unit vertikal: cm)

Tabel 2. Perbandingan hasil analisis untuk nilai 9 konstanta pasut dengan menggunakan program *Toolbox T\_TIDE* dan dengan program antarmuka *APTSoft*.

No.	Konstanta Pasut	<i>Toolbox T_Tide</i>		<i>Interface APTSoft</i>		$\Delta A$ (cm)	$\Delta g$ (°)
		A (cm)	g (°)	A (cm)	g (°)		
1	M2	1.56	258.04	4.27	99.29	2.71	158.75
2	S2	4.94	195.88	3.38	78.30	1.56	117.58
3	N2	0.56	24.87	2.99	17.47	2.43	7.40
4	K1	20.77	321.25	20.74	166.92	0.03	154.33
5	O1	14.92	154.54	13.18	153.43	1.74	1.11
6	M4	0.65	235.36	0.56	133.69	0.09	101.67
7	MS4	0.72	220.27	0.43	293.88	0.29	73.61
8	K2	1	180.93	0.91	78.30	0.09	102.63
9	P1	3.21	96.57	6.84	166.92	3.63	70.35
RMSE						1.89	102.27

Setelah dihasilkan selisih nilai amplitudo dan fase pada setiap konstanta pasut, validasi data dilakukan dengan mencari *root mean squared errors* (RMSE) dari amplitudo dan fasenya. berdasarkan Tabel 1, dimana hasil analisis konstanta pasut yang dilakukan dengan *APTideSoft* dibandingkan dengan hasil analisis program pasut *toolbox T\_Tide* (Tabel 2), diperoleh nilai RMSE untuk nilai amplitudo yaitu 1.89 cm dan RMSE untuk fase pasut yaitu 102.27°. Nilai RMSE ini menjelaskan keakuratan hasil analisis data jika dibandingkan dengan metode analisis lain yang tersedia seperti *T\_TIDE*. Nilai RMSE semakin mendekati nilai 0, berarti hasil analisis dikatakan semakin akurat. Hasil validasi

data yaitu perbandingan nilai konstanta dengan *toolbox T\_Tide* ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai amplitudo terbesar dari hasil analisis *APTsoft* tercatat berasal dari komponen pasut harian tunggal (K1 dan O1), masing-masing sekitar 20.74 cm dan 13.18 cm. Nilai tersebut sangat dekat dengan hasil analisis *T\_TIDE* dengan selisih sekitar 0.03 cm dan 1.74 cm. Fase pasut untuk komponen harian tunggal (O1) dari hasil *APTsoft* dan hasil analisis *T\_TIDE* juga sangat dekat dengan selisih sekitar 1.11°. Namun demikian, fase pasut untuk komponen K1 dari hasil *T\_TIDE* sekitar 321.25°, yang cukup berbeda dari hasil *APTsoft* sekitar 166.92°, dengan selisih sekitar 154.33°. Untuk komponen pasut harian ganda (semidiurnal),



perbandingan nilai amplitudo pasut dari hasil analisis T\_TIDE dan APTsoft cukup dekat, dimana nilai amplitudonya kurang dari 5 cm (Tabel 2).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Pengembangan sistem analisis harmonik pasang surut dengan metode Admiralty menggunakan *MATLAB* dibangun dengan empat tahap utama, yaitu *filter* data, analisis data pasut sehingga menghasilkan komponen pasut, penentuan tipe pasang surut, serta prediksi pasut. Konstanta pasang surut yang dianalisis menghasilkan 9 komponen pasut yaitu M2, S2, N2, K1, O1, M4, MS4, K2, P1. Nilai konstanta pasut menghasilkan bilangan *Formzahl* sebesar 4.43 yang menunjukkan bahwa tipe pasut di Pulau Pramuka adalah pasut harian tunggal. Hasil prediksi pasut dengan modul prediksi juga menampilkan bentuk grafik tipe pasut di Pramuka adalah pasut harian tunggal dengan tinggi maksimum 41.07 dan tinggi minimum -46.22 cm. Validasi data dilakukan dengan membandingkan hasil konstanta pasang surut dari *interface* MOTIWALI (APTide *software*) dengan program *toolbox T\_Tide* kemudian dicari nilai RMSE untuk amplitudo dan fasenya. Berdasarkan perhitungan, nilai RMSE untuk amplitudo yaitu 1.89 cm dan RMSE untuk fase yaitu 102.27°. Sehingga dapat dikatakan bahwa akurasi perhitungan pasut dengan APTSoft sudah cukup tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali M, Mihardja DK, dan Hadi S. 1994. Pasang Surut Laut. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Emery J, Thomson R. 1998. Data Analysis Methods in Physical Oceanography. Gray Publishing, Tunbridge Wells, Kent, Great Britain, BPC Wheaton, Exeter.
- Fatoni, KI. 2011. Pemetaan Pasang Surut dan Pola Perambatannya di Perairan Indonesia [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Heliani LS, Ateya I, Fukuda Y, Takemoto S. 2002. Mean sea level and sea surface variability of Indonesian waters from TOPEX/Poseidon. Di dalam: H.Drewes et al., editor. *Vertical Reference System IAG Symposia* 124. Jerman (DE): Springer. hlm 259-263.
- Hermawi A. 2007. Aplikasi Moving Average Filter pada Teknologi Enkripsi. *J. Tek. Elektro.* 9(1):33-35
- Iqbal M, Jaya I. 2011. Pengembangan dan Uji Coba Instrumen Pasut Menggunakan Gelombang Ultrasonik. Laboratorium Instrumentasi dan Telemetri Kelautan. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor.
- Matsumoto, K., T. Sato, T. Takanezawa, and M. Ooe. 2004. NAO.99b tidal prediction system. [Diakses 18 Oktober 2013]. Tersedia pada: [http://www.miz.nao.ac.jp/staffs/nao99/index\\_En.html](http://www.miz.nao.ac.jp/staffs/nao99/index_En.html).
- Ongkosono, OSR, dan Suyarso (Editor). 1989. Pasang-Surut. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Jakarta
- Parker BB. 2007. Tidal Analysis and Prediction. *NOAA Special Publication NOS CO-OPS 3*. Washington DC (USA): U.S Dept. of Commerce.
- Pariwono. 1989. Gaya Penggerak Pasut, di dalam: Ongkosono, OSR. dan Suyarso, editor. *Pasang Surut*. Jakarta (ID). P3O-LIPI. hlm 13-23.
- Prasetyo Y. 2008. Analisis Kualitas Pengamatan Data Pasut Berdasarkan Perbandingan Komponen Pasut dan Simpangan Baku. *Teknik.* 29(01):63-66.
- Pugh DT. 1987. *Tides, Surges, and Mean Sea Level*. California (USA): John Wiley & Sons Ltd.
- Riley RR, Lutgen LH. 1999. Using Moving Average to Effectively Analyze Trends [Internet]. [diakses 20 Desember 2013]. Tersedia pada: <http://www.ianr.unl.edu/PUBS/farmmgmt/g1055.htm>
- Rufaida NH. 2008. Perbandingan Metode *Least Square* (Program *World Tides* dan Program TIFA) dengan Metode Admiralty dalam Analisis Pasut [Skripsi] Bandung (ID): Institut Teknologi Bandung.
- Sjachulie D. 1999. Penerapan Metode Admiralty dalam Analisis Pasut Jangka Pendek tanpa Menggunakan Tabel [Skripsi]. Bandung (ID): Institut Teknologi Bandung
- Wibowo PE. 2010. Identifikasi Penutupan Lahan Pulau Panggang, Pulau Pramuka, dan Pulau Karya, antara Tahun 2004 dan Tahun 2008 [Skripsi]. Bandung (ID): Institut Teknologi Bandung.
- Wyrtki, K. 1961. *Physical Oceanography of the South East Asian Waters*. Naga Report Volume 2. California (USA): Scripps Institution Oceanography, University of California.
- Pawlowicz R., B. Beardsley, and S. Lentz. 2002. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T\_Tide. *Computers and Geosciences* 28 (2002), 929-937.

