

**ANALISIS PERBANDINGAN AKURASI MODEL PREDIKSI  
PASANG SURUT: STUDI KASUS DI SELAT LARANTUKA,  
FLORES TIMUR, NUSA TENGGARA TIMUR**

***THE ANALYSIS OF ACCURACY COMPARISON  
TIDAL PREDICTION MODEL: CASE STUDY AT LARANTUKA STRAIT,  
EAST FLORES, EAST NUSA TENGGARA***

**Hendry Syahputra<sup>1)</sup> dan R. Bambang Adhitya Nugraha<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Program Studi Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,  
Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia  
Email: asing.creator@gmail.com

<sup>2)</sup>Pusat Pengkajian dan Perencanaan Teknologi Kelautan dan Perikanan,  
Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan, Jakarta, Indonesia  
Email: badhityan@yahoo.com

Registrasi: 18 November 2015; Diterima setelah perbaikan: 17 Mei 2016;  
Disetujui terbit: 2 Juni 2016

**ABSTRAK**

Sebagai negara maritim, informasi hidro-oseanografi sangatlah penting dalam mendukung segala aktivitas kelautan dan perikanan di Indonesia. Salah satu data dan informasi yang sangat penting adalah parameter pasang surut. Ketersediaan data pasang surut hasil pengukuran di lapangan yang baik sangat minim jika dibandingkan dengan luas wilayah lautan Indonesia. Model numerik pasang surut menjadi salah satu solusi untuk memberi gambaran perubahan elevasi muka air suatu perairan. Saat ini telah banyak modul prediksi pasang surut yang mampu memberikan informasi fluktuasi muka air laut suatu perairan dengan tingkat keakuratan dan error yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tingkat keakuratan model pasut dari *NAOTIDE*, *LePROVOST*, *TMD-TPXO 7.1* dan *MIKE21*. Pasang surut perairan Selat Larantuka, Nusa Tenggara Timur digunakan sebagai lokasi percontohan untuk uji akurasi model tipe perairan selat di Indonesia. Hasil analisis menunjukkan bahwa untuk tipe perairan selat, model prediksi pasang surut *NaoTide* memberikan keakuratan lebih baik dengan persentase error sebesar 1,79 % dibandingkan dengan model pasut lainnya.

**KATA KUNCI:** *Leprovo*st, *MIKE21*, model prediksi pasang surut, *NaoTide*, Selat Larantuka, *tidal model driver (TMD) TPXO 7.1*.

**ABSTRACT**

*As a archipelagic country, hydro-oceanographic data is important to support all marine and fisheries activities in Indonesia. One of the important data is tidal parameter. The availability of tidal data derived from field measurement are either rare and inadequate compare to the total area of Indonesian seas. Tidal numerical model can be one solution to describe the water level changes in a certain area. Those models are able to provide information on sea level fluctuation with different accuracy level and error. This study is aimed to compare the accuracy level of the tidal prediction models such as NAOTIDE, LePROVOST, TMD-TPOX 7.1 and MIKE21. Tidal level of Larantuka Strait, East Nusa Tenggara was employed as pilot site*

to test the accuracy of the tidal models for type of strait in Indonesia. The analysis showed, among other tidal prediction models, Naotide gives better accuracy with error percentage (RMSE) of 1.79%.

**KEYWORDS:** Larantuka Strait, Leprovost, MIKE21, NaoTide, Tidal Model Driver (TMD) TPXO 7.1, tidal prediction model.

## 1. PENDAHULUAN

Sebagai negara maritim yang memiliki perairan luas laut 5,1 juta km<sup>2</sup> dan panjang garis pantai 80.791 km, informasi mengenai hidro-oseanografi dalam perencanaan pengelolaan kekayaan laut dan mendukung aktivitas masyarakat pesisir sangatlah mutlak dibutuhkan. Salah satu parameter oseanografi yang sangat berpengaruh adalah pasang surut. Pasang surut merupakan peristiwa naik turunnya muka air laut sebagai akibat dari aktivitas benda-benda langit seperti matahari dan bulan. Informasi mengenai pasang surut sangatlah penting dalam melakukan perencanaan, pembangunan, hingga pengembangan wilayah di daerah pesisir.

Namun ketersediaan data pasut hasil pengukuran lapangan yang kontinu masih sangat terbatas. Hal ini disebabkan karena besarnya usaha dan biaya yang dikeluarkan jika melakukan pengukuran lapangan bahkan untuk area perairan yang tidak terlalu luas. Untuk menjawab permasalahan tersebut, para ahli oseanografi ataupun manajer pengelolaan pesisir dan laut memanfaatkan model-model prediksi pasang surut yang memiliki tingkat resolusi dan akurasi yang berbeda satu dengan lainnya.

Tingkat keakuratan atau minimnya nilai kesalahan pemodelan sangat penting guna menyatakan apakah hasil pemodelan dapat

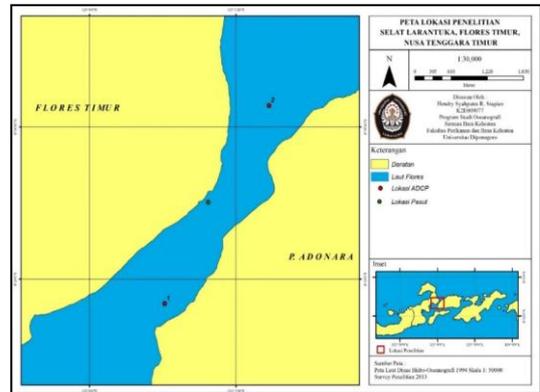
merepresentasikan kondisi perairan sebenarnya atau tidak. NAOTIDE, .Legi, MIKE *tide prediction*, dan TPXO adalah beberapa model-model prediksi pasut yang umum digunakan dikalangan oseanografi. Beberapa pemodelan pasang surut yang umum digunakan oleh para oseanografer adalah NAOTIDE, LePROVOST, TMD (TPXO 7.1) dan MIKE21 tidal prediction 0.25<sup>0</sup> dan 0.5<sup>0</sup>. NAOTIDE.99b (*National Astronomical Observatory*, Jepang), model peramalan pasang surut global dengan resolusi 1/2° x 1/2°, merupakan data asimilasi dari TOPEX/*Poseidon* selama 5 tahun (Matsumoto et.al., 2000). *Model Le Provost* atau disebut juga model FES94.1 merupakan model prediksi pasut yang memiliki resolusi 0.5<sup>0</sup> x 0.5<sup>0</sup> yang didasarkan pada persamaan non linier barotropik perairan dangkal dengan parameterisasi gesekan dasar yang akibat kecepatan pasut lokal dan gaya potensial pembangkit pasut astronomis termasuk pasut numi padat, pasut pembebanan dan pengaruhnya (*Le Provost et al*, 1994). TPXO 7.1 merupakan model pasut global yang dihasilkan menggunakan teknik hitung kuadrat terkecil terhadap persamaan pasut *Laplace* dikombinasikan dengan data pasut T/P dan Jason sepanjang lintasan (*track*) dan dijalankan dengan perangkat lunak *Tidal Model Driver* (TMD) (*Egbert and Erofeeva*, 2002). Mike 21 adalah suatu perangkat lunak rekayasa profesional yang berisi sistem pemodelan yang komprehensif untuk program computer untuk 2D *free-*

*surface flows*. Salah satu modul MIKE 21 adalah program untuk menganalisis dan memprediksi pasang surut. Program ini didasarkan pada analisis yang dikembangkan oleh *Doodson, Godin*) (DHI, 2007).

Pada tahun 2013, Pusat Pengkajian dan Perekayasa Teknologi Kelautan dan Perikanan (P3TKP) BalitbangKP melakukan pengukuran elevasi muka air laut di perairan Selat Larantuka, NTT. Tulisan ini bertujuan untuk membandingkan model pasut LePROVOST, TMD (TPXO 7.1) dan MIKE21 (0,25° dan 0,5°) terhadap data *in-situ* pasut Selat Larantuka untuk melihat tingkat keakurasian masing-masing model pasut. Analisis ini akan diujicobakan pada salah satu tipe perairan umum yaitu tipe perairan selat.

## 2. BAHAN DAN METODE

Metode yang digunakan dalam tulisan ini adalah dengan membandingkan model-model pasut NAOTIDE, LePROVOST, TMD (TPXO 7.1) dan MIKE21 dengan data hasil pengamatan lapangan sebagai *reference* untuk melihat akurasi dari masing-masing model tersebut. Pengamatan elevasi muka air di Selat Larantuka diukur dengan menggunakan palem pasut (*peilscale*). Palem pasut akan menunjukkan tinggi elevasi muka air laut yang akan dicatat kedalam *log sheet*. Adapun periode pengukuran data pasut dilaksanakan selama 15 hari (mulai 21 November 2013 hingga 5 Desember 2013) dengan interval pengamatan selama 1 jam. Palem pasut tersebut diletakkan pada koordinat -8°19'2.2", 123°01'1.56" yang merupakan daerah yang berada ditengah-tengah Selat Larantuka (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian, Selat Larantuka, Flores Timur, Nusa Tenggara Timur

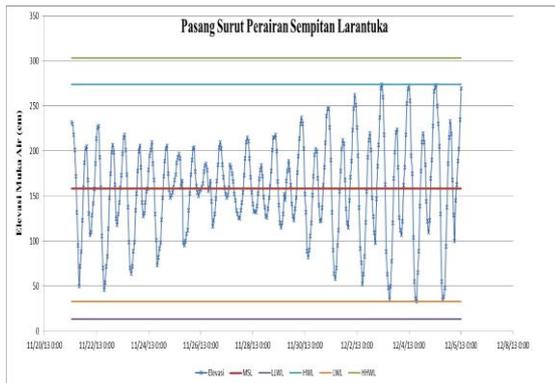
Data elevasi *in-situ* digunakan sebagai referensi bagi setiap model prediksi pasut. Validasi atau verifikasi model yang dilakukan adalah dengan teknik analisis validasi silang atau *cross validation analysis* yaitu dengan membagi data *training* dan data *testing* secara berurutan terus menerus dan memperhitungan nilai *root mean square error* (RMSE) untuk setiap data sehingga didapatkan rata-rata error masing-masing model (Wilks, 2006). Persamaan RMSE yang digunakan adalah :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (o_i - p_i)^2}$$

dimana:  $o(o^1, o^2, \dots)$  adalah data hasil obeservasi;  $p(p^1, p^2, \dots)$  adalah data hasil prediksi model; dan  $n$  adalah jumlah data. Semakin kecil nilai RMSE yang didapatkan, menunjukkan bahwa model prediksi pasut memiliki tingkat kesalahan yang relatif kecil tingkat keakurasian yang tinggi.

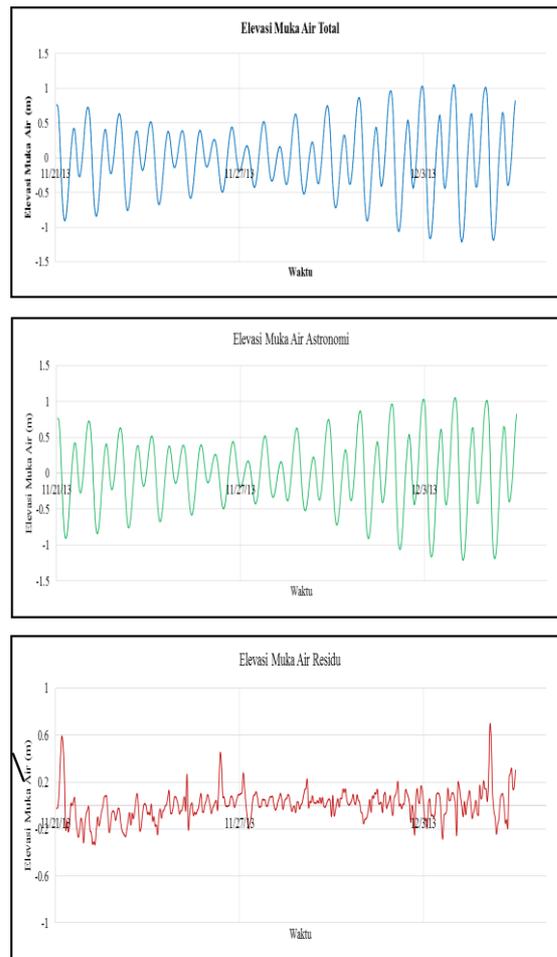
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode *admiralty*, tipe pasang surut perairan Selat Larantuka adalah campuran condong ke harian ganda (*Mixed Tide Prevailing Semi diurnal*) dengan nilai formzahl sebesar 0,74 ( $0.25 < f \leq 1.25$ ) (Gambar 2).



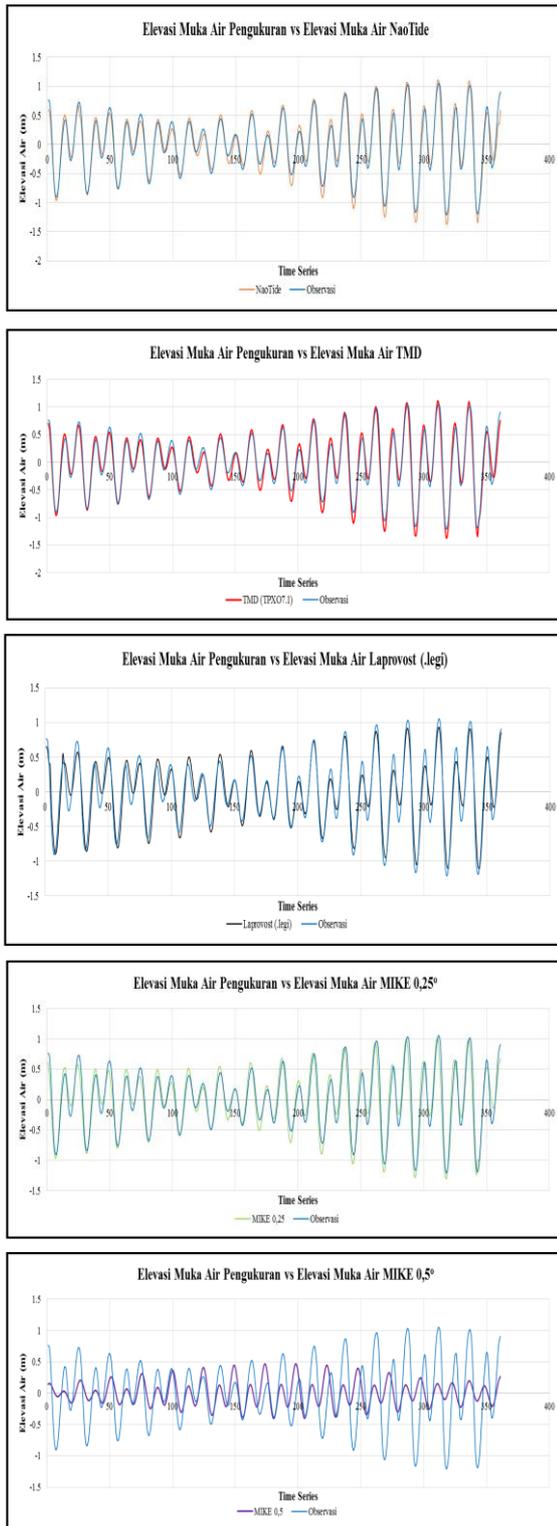
Gambar 2. Pasang surut perairan Selat Larantuka, Flores Timur NTT

Tahapan selanjutnya adalah memisahkan nilai elevasi muka air laut total tersebut dengan faktor residualnya untuk mendapatkan elevasi muka air laut. Pengaruh pasang surut yang terjadi lebih dominan (89,95 %) dibandingkan pengaruh nir pasutnya (10,05%). Nilai residu terjadi karena elevasi muka air berubah akibat faktor lokal seperti morfologi daerah perairan (lekuk garis pantai, kedalaman dan aktivitas perairan yang terjadi) atau kondisi meteorologi seperti angin (Latief, 2002). Nilai residu hanya memberi sedikit pengaruh terhadap perubahan elevasi muka air laut di perairan Selat Larantuka.



Gambar 3. Grafik nilai elevasi muka air (total, pengaruh pasut dan pengaruh *residual factors*) di Selat Larantuka, Flores Timur, Nusa Tenggara Timur

Setiap model prediksi pasut menghasilkan perubahan elevasi muka air laut pada titik koordinat dan periode pengukuran yang sama dengan pengukuran lapangan. Data pengukuran lapangan dijadikan sebagai *reference* dan menjadi pembanding bagi pola elevasi muka airnya hasil model untuk dapat dihasilkan nilai *Root Mean Square Error (RMSE)* setiap model. Perbandingan pola pasut hasil pengukuran terhadap model prediksi ditampilkan pada Gambar 4 sedangkan nilai RMSE masing-masing disajikan pada Tabel 1.



Gambar 4. Perbandingan elevasi muka air antara hasil pengamatan lapangan dengan model prediksi di Selat Larantuka, Flores Timur, Nusa Tenggara Timur

Secara umum setiap pemodelan pasang surut menghasilkan pola elevasi muka air yang sama, yaitu menunjukkan tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda, namun *range pasut* yang dihasilkan masing-masing model pasang surut cukup berbeda. Perbedaan ini disebabkan oleh adanya perbedaan nilai konstanta pasut dan konstituen pasut yang dimiliki masing-masing model sebagai penyelesaian dalam melakukan prediksi (Poerbandono, 2005).

Tabel 1. Perbandingan nilai *Root Mean Square Error* setiap modul model terhadap nilai observasi

No	Modul Pemodelan Pasang Surut	Nilai RMSE (%)
1	NaoTide	1.7993
2	Leprovost (.legi)	1.8088
3	TMD (TPXO 7.1)	1.8043
4	MIKE (TDH) 0,5 deg	6.3876
5	MIKE (TDH) 0,25 deg	1.8084

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai RMSE terkecil atau memiliki tingkat akurasi yang baik untuk tipe perairan selat (studi kasus Selat Larantuka) adalah NaoTide dengan nilai error sebesar 1,7993% sedangkan pemodelan pasang surut yang memiliki nilai error terbesar atau akurasi yang kurang baik adalah MIKE (*tidal prediction of height*) 0,5° dengan nilai RMSE sebesar 6,3876%.

Disamping konstanta pasut dan konstituen komponen pada masing-masing modul model peramalan pasang surut, akurasi resolusi juga mempengaruhi hasil elevasi yang terjadi. Pada Model pasut MIKE 0,5 memiliki resolusi sebesar 0,5° yang merupakan data asimilasi. Sedangkan pada modul model pasang surut lainnya yang terpaut memiliki nilai error kecil

merupakan modul model dengan resolusi  $0,25^\circ$  dengan perhitungan terhadap komponen pasang surut, sehingga menyebabkan nilai error yang dimiliki oleh modul model pasang surut MIKE  $0,5^\circ$  lebih besar dibandingkan dengan yang lainnya.

#### 4. KESIMPULAN

Tipe pasut yang dimiliki Perairan Selat Larantuka, Flores Timur, Nusa Tenggara Timur merupakan pasang surut campuran condong pada harian ganda dengan nilai *formzahl* sebesar 0,7395.

Hasil perbandingan data prediksi beberapa model pasang surut dengan data pengamatan lapangan menunjukkan bahwa model pasut NaoTide memiliki besar error 1,7993%, Leprovos (.legi) 1,8088%, Tidal Model Drivet (TPX07.1) 1,8043%, MIKE 0,5 6,3876% dan MIKE 0,25 1,8084%. Kecuali dengan MIKE 21  $0.5^\circ$ , meski menunjukkan tingkat keakuratan yang lebih baik, perbedaan ketelitian model pasang surut NaoTide dengan yang lainnya untuk tipe perairan selat sangat kecil yaitu berkisar antara 0.005-0.0095%.

Rekomendasi yang perlu dilakukan adalah perbandingan keakuratan dengan model prediksi pasut lainnya yang tidak disebut dalam tulisan ini seperti HANSOM dan lain-lain. Selain itu perlu dibandingkan pula hasil keakuratan model pasut NAOTIDE untuk perairan selat di lokasi yang berbeda untuk menunjukkan konsistensi keakuratannya. Perbandingan keakuratan model prediksi pasut yang berbeda bisa pula diterapkan pada tipe perairan lainnya selain selat seperti teluk, tanjung, lepas pantai dan lain-lain.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Pusat Pengkajian dan Perekrayaan Teknologi Kelautan dan Perikanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan untuk kesempatannya diikutsertakan dalam Survey Energi Selat Larantuka, Flores Timur, Nusa Tenggara Timur.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [DHI] Danish Hydraulic Institute. 2007. *Tidal Analysis and Prediction Module: Scientific Documentation. MIKE 21 Coastal Hydraulics and Oceanography*. DHI Software. Egbert GD, Erofeeva SY. 2002. Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides. *J. Atmos. Oceanic Technol.* 19(2):183-204.
- Latief HK. 2002. *Oseanografi Pantai Volume 1*. Bandung: Departemen Geofisika dan Meteorologi-ITB.
- Sugianto DN, Agus ADS. 2007. Studi pola sirkulasi arus laut di perairan Pantai Provinsi Sumatra Barat. *Ilmu Kelautan*. 12(2):79 – 92.
- Le Provost C, Genco ML, Lyard F, Vincent P, Canceil P. 1994. Spectroscopy of the world ocean tides from a finite element hydrodynamical model. *J. Geophys. Res.* (99):24777–24797.
- Matsumoto K, Takanezawa T, Ooe M. 2000. Ocean tide models developed by assimilating TOPEX/POSEIDON altimeter data into hydrodynamical model: a global model and a regional model around Japan. *Journal of Oceanography*. 56:567-581;
- Nontji A. 2007. *Laut Nusantara*. Jakarta. Penerbit Djambatan.
- Poerbandono, Djunasjah E. 2005. *Survei Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama.

- Ongkosono OSR, Suyarso. 1989. *Pasang Surut*. Jakarta: P20 LIPI.
- Wilks DS. 2006. *Statistical Methods in The Atmospheric Sciences*. USA: Elsevier.

**Hendry Syahputra dan R. Bambang Aditya Nugraha**  
**Analisis Perbandingan Akurasi Model Prediksi**  
**Pasang Surut: Studi Kasus di Selat Larantuka,**  
**Flores Timur, Nusa Tenggara Timur**