

**STUDI KOMPARASI RAGAM MODEL PREDIKSI PASANG SURUT DENGAN DATA
ELEVASI MUKA AIR DI PERAIRAN BENOA BALI**

**COMPARATIVE STUDY OF VARIETY OF TIDE PREDICTION MODELS WITH WATER
FACE ELEVATION DATA IN BENOA BALI WATERS**

Agus Hirmawan¹, Kamiya², Dian Adrianto²

¹ Program Studi S-1 Hidrografi, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut

² Pusat Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut, Ancol Timur, Jakarta Utara

E-mail: hirmawana@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia menjadi salah satu wilayah yang memiliki potensi untuk berbagai aktivitas kelautan karena letaknya yang strategis. Dalam upaya mendukung aktivitas kelautan tersebut maka perlu adanya pemanfaatan data pasang surut (pasut). 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 keakurasian dan error yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tingkat keakurasian model pasut *Tidal Model Driver* (TMD), *Oceanomatics*, *Naotide* dan *Mike21*. Pasang surut di Perairan Benoa Bali digunakan sebagai lokasi percontohan untuk uji akurasi model tipe perairan teluk di Indonesia. Hasil analisis menunjukkan bahwa untuk tipe perairan teluk, model prediksi pasang surut *Naotide* memberikan keakuratan lebih baik dengan persentase error terkecil sebesar 0,1403 dan nilai korelasi terkuat sebesar 0,9731 dibandingkan dengan model pasut lainnya.

Kata Kunci: Model prediksi pasang surut, *Tidal Model Driver* (TMD), *Oceanomatics*, *Naotide*, *Mike21* dan Benoa Bali.

ABSTRACT

Indonesia has various potential marine activities because of its strategic location. In order to support those marine activities, it is necessary to use tidal data (tides). The availability of good tidal data proceeds from field measurement is inadequate compared to Indonesian seas' total areas. The tidal numerical model can be one of the solutions to describe water level changes in certain areas. Those models provide information on sea-level fluctuation with different accuracy and errors. The aim of this study was to compare the level of accuracy from Tidal Model Driver (TMD), Oceanomatics, Naotide, and Mike21 tide models. The tides in Benoa Bali waters were used for the pilot location to examine the accuracy of

the headland waters model in Indonesia. The results showed that the Naotide prediction model provides better accuracy for headland type, with the minimum error value 0,1403 and strongest correlation value 0,9731 compared to other tidal models.

Keywords: *tidal prediction model, Tidal Model Driver (TMD), Oceanomatics, Naotide, Mike21 and Benoa Bali.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang sebagian besar wilayahnya adalah perairan. Indonesia menjadi salah satu wilayah yang memiliki potensi untuk berbagai aktivitas kelautan karena letaknya yang strategis. Untuk menunjang kegiatan kelautan tersebut maka perlu adanya pemanfaatan data pasang surut (Pasut). Pasang surut merupakan fenomena naik turunnya permukaan laut, terutama dipengaruhi oleh gravitasi bulan dan matahari. Menurut Ongkosongo (1989), pasang surut memiliki Komponen pembangkit pasang surut dan bersifat periodik, sehingga nilai elevasi pasang surut pada permukaan laut di suatu tempat dapat diprediksikan. Prediksi pasang surut bertujuan untuk mendapatkan nilai elevasi muka air pasang surut dalam beberapa tahun kedepan. Pushidrosal menggunakan data pasang surut untuk koreksi pengukuran batimetri dan penentuan *chart datum* serta surutan pada peta laut. Ketersediaan data pasang surut yang akurat dan berkesinambungan masih sangat terbatas. Namun seiring dengan perkembangan teknologi digitalisasi komputer, banyak model prediksi pasang surut yang dikembangkan untuk membantu memenuhi ketersediaan data pasang surut. Pakar oseanografi

mengembangkan berbagai model prediksi pasang surut untuk mendapatkan data pasang surut secara cepat. Namun model-model tersebut memberikan hasil analisis yang berbeda untuk setiap tipe perairan. Tingkat akurasi serta minimnya nilai kesalahan pemodelan sangat penting untuk menunjukkan apakah hasil pemodelan dapat merepresentasikan kondisi perairan yang sebenarnya. Saat ini telah berkembang beberapa *software* model prediksi pasut seperti: *Tidal Model Driver* (TMD) TPXO 7.2, *Oceanomatics*, *Naotide*, *Mike21* dan lainnya yang dapat meramalakan pasang surut untuk beberapa tahun kedepan.

TMD mengasimilasikan data altimetri dari *TOPEX/Poseidon* dan metode inversi. Model pasut ini dapat memodelkan pasut di seluruh lokasi perairan di dunia dengan resolusi $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ dikembangkan pada tahun 2003 di Universitas *Oregon State* - Amerika Serikat (Egbert dan Erofeeva, 2002). *Oceanomatics* merupakan aplikasi *web* dikembangkan oleh PT *Bhumi Warih Geohydromatics* sejak tahun 2010 yang dapat menyajikan data prediksi pasut secara global di seluruh dunia. Sumber data yang digunakan untuk perhitungan formula komponen pasut *website* ini berasal dari tiga sumber yang berbeda antara lain; TPXO, perangkat lunak Badan Informasi Geospasial (BIG), perangkat lunak MDOT, dan perangkat lunak Semua Trans EGM 2008. MDOT,

LAT (TPXO), dan HAT (TPXO) memiliki resolusi $0,25^\circ$ dan mencakup kawasan ASEAN. LAT (BIG), HAT (BIG), dan MSL (BIG) memiliki resolusi $0,04^\circ$ tetapi hanya mencakup wilayah Indonesia. Geoid memiliki resolusi $0,02^\circ$ dan mencakup kawasan ASEAN. *Naotide* merupakan program berbasis *Fortran*. *Naotide* merupakan suatu model peramalan pasang surut global dengan resolusi $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ merupakan data asimilasi dari *TOPEX/Poseidon* selama 5 tahun. (Nurjaya, 2010). Program *Naotide* peramalan pasang surut menggabungkan antara data elevasi muka air laut dunia yang direkam oleh *satellite TOPEX/Poseidon* dengan persamaan hidrologi, sehingga dapat menghasilkan komponen-komponen pasang surut pada suatu tempat sehingga membuat program ini dapat meramalkan pasang surut pada kondisi perairan tertentu (Aditya, 2015). *Mike21* adalah suatu perangkat lunak rekayasa profesional yang berisi sistem pemodelan yang komprehensif untuk program komputer untuk *2D free surface flows*. Salah satu modul *Mike21* adalah program untuk menganalisis dan memprediksi pasang surut. Program ini didasarkan pada analisis yang dikembangkan oleh *Doodson, Godin* (DHI, 2007) dan tersedia pada grid resolusi $0,125 \times 0,125$ derajat untuk 10 konstituen utama dalam spektrum pasang surut. *Mike21* dapat meramalkan pasang surut secara *Point Series* dan *Line Series* yaitu program ini dapat meramalkan pasang surut pada satu titik atau lebih dalam garis koordinat. *Input* program ini berupa koordinat lokasi penelitian. *Output* program *Mike21* ini berupa nilai elevasi pasang surut.

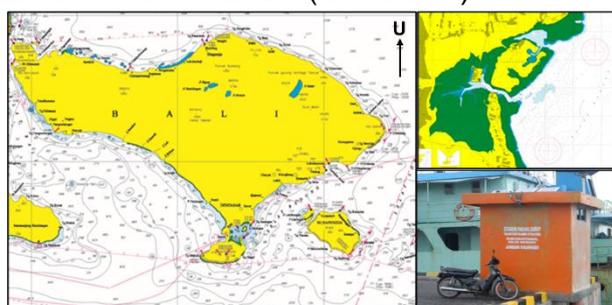
Setiap model prediksi pasut memiliki nilai *error* pada setiap hasil peramalan, nilai ini merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat keakurasian dari hasil peramalan tiap-tiap program tersebut. Semakin kecil nilai *error* yang dihasilkan maka semakin tinggi juga tingkat akurasi suatu peramalan pasang surut. Oleh karena itu perlu dilakukannya pengkajian terlebih dahulu untuk mengetahui keakurasian hasil peramalan pasang surut dengan cara membandingkan nilai *error* yang dihasilkan oleh beberapa program peramalan pasang surut tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan model prediksi pasut TMD TPXO 7.2, *Oceanomatics*, *Naotide* dan *Mike21* terhadap data elevasi muka air di Perairan Benoa Bali untuk melihat tingkat akurasi pada masing-masing model prediksi pasut. Penelitian ini sebagai ujicoba pada salah satu tipe perairan umum yaitu tipe perairan teluk yang berlokasi di perairan Benoa Bali.

BAHAN DAN METODE

Pada penelitian ini, menggunakan jenis penelitian yaitu Penelitian Komparasi (Perbandingan) dengan tujuan untuk membandingkan dua hasil olahan data yaitu data pengamatan dengan data model prediksi, mendapatkan komponen harmonik dan mengetahui tingkat kemiripan nilai komponen harmonik pasut serta tingkat ketelitian dari 4 (empat) model prediksi pasut (*TMD, Oceanomatics, Naotide, Mike21*) yang selanjutnya akan digunakan untuk keperluan studi penelitian.

Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian berada di Perairan Benoa Bali Data observasi merupakan data yang berasal dari stasiun pasut telemetri BIG di Benoa Bali. Data pasut BIG Benoa periode 1 tahun pada tanggal 01 Januari sampai dengan 31 Desember 2020. Stasiun pasut tersebut diletakkan pada koordinat 08° 44' 47,4" LS - 115° 12' 36" BT dengan tipe geografis yaitu teluk pada perairan dangkal dan menghadap ke Samudera Hindia (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian Benoa Bali. (sumber gambar dari PLI no 113, 262A dan *Ipasoe*)

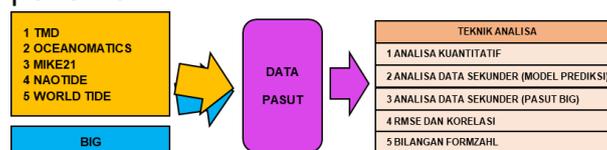
Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, teknik pengumpulan data yang digunakan adalah dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh melalui media perantara atau tidak secara langsung dan data dari model prediksi pasut. Hasil konfirmasi dari penyedia data (BIG) adalah menggunakan alat pengukur pasut secara otomatis. *Monitoring* pasut ini dilakukan dengan bekerja sama *University of Hawaii Sea Level Center – USA* melalui UNESCO.

Teknik Analisis Data

Data pengamatan pasut digunakan untuk validasi data *output* Model Prediksi Pasut. Data observasi menggunakan data pasut *telemetry* BIG periode 1 bulan pada tanggal 01 Januari sampai dengan 31 Desember 2020. Data yang telah

terkumpul tersebut akan di analisis, teknik analisis yang akan dipergunakan dalam penelitian.



Gambar 2. Kerangka Analisa Penelitian

Perhitungan Ketelitian

Data elevasi muka air BIG 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 memperhitungkan nilai *root mean square error* (RMSE) untuk setiap data sehingga didapatkan rata-rata error masing-masing model (Wilks, 2006). RMSE merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi nilai dari pengamatan terhadap nilai yang sebenarnya atau nilai yang dianggap benar (Wibowo 2010). Semakin kecil nilai RMSE mengindikasikan model memiliki tingkat kesalahan prediksi yang kecil. Begitupun sebaliknya, semakin besar nilai RMSE mengindikasikan model memiliki tingkat kesalahan prediksi yang besar.

RMSE dihitung dalam domain frekuensi, dengan menggunakan teorema *Parseval*. Dalam waktu yang sama data pasut prediksi dan data pasut observasi BIG.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}}$$

Keterangan :

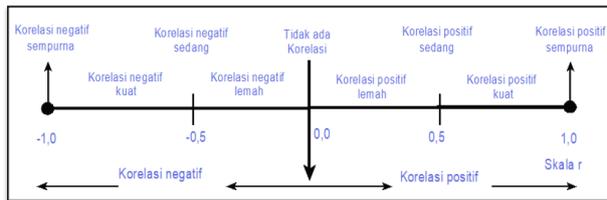
A_t = Data Pasut Observasi

F_t = Data Pasut Prediksi

n = banyaknya data

Σ = *Summation* (Jumlahkan keseluruhan nilai)

Analisis Korelasi adalah suatu teknik statistika yang digunakan untuk mengukur keamatan hubungan atau korelasi antara dua variabel (Pranowo, 2016).



Gambar 3. Hubungan atau Korelasi antara Dua Variabel.

Korelasi dapat dihitung dengan rumus :

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Dimana:

r : Nilai koefisien korelasi

ΣX : Jumlah pengamatan variabel X

ΣY : Jumlah pengamatan variabel Y

ΣXY : Jumlah hasil perkalian variabel X dan Y

(ΣX^2) : Jumlah kuadrat dari pengamatan variabel X

$(\Sigma X)^2$: Jumlah kuadrat dari jumlah pengamatan variabel X

variabel X

(ΣY^2) : Jumlah kuadrat dari pengamatan variabel Y

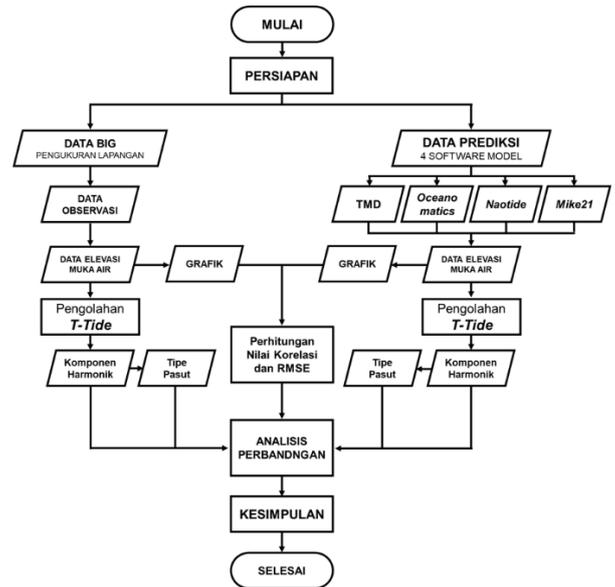
$(\Sigma Y)^2$: Jumlah kuadrat dari jumlah pengamatan variabel Y

variabel Y

n : Jumlah pasangan pengamatan Y dan X

Diagram Alir Penelitian

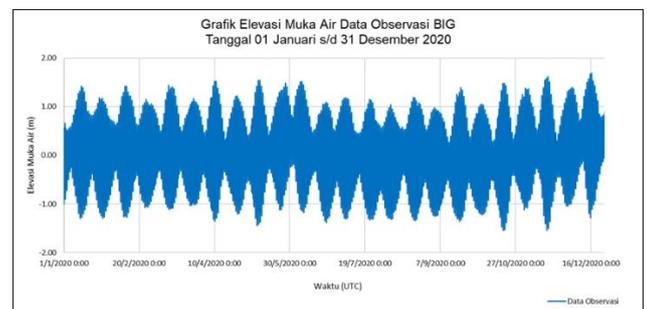
Adapun dalam penelitian ini dibuat diagram alir secara teknis sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data observasi yang diperoleh dari stasiun pasang surut BIG di Perairan Benoa mulai tanggal 01 Januari 2020 jam 00:00 UTC (*Universal Time Coordinated*) sampai dengan 31 Desember 2020 jam 23:00 UTC disajikan pada grafik berikut ini: (Gambar 5).

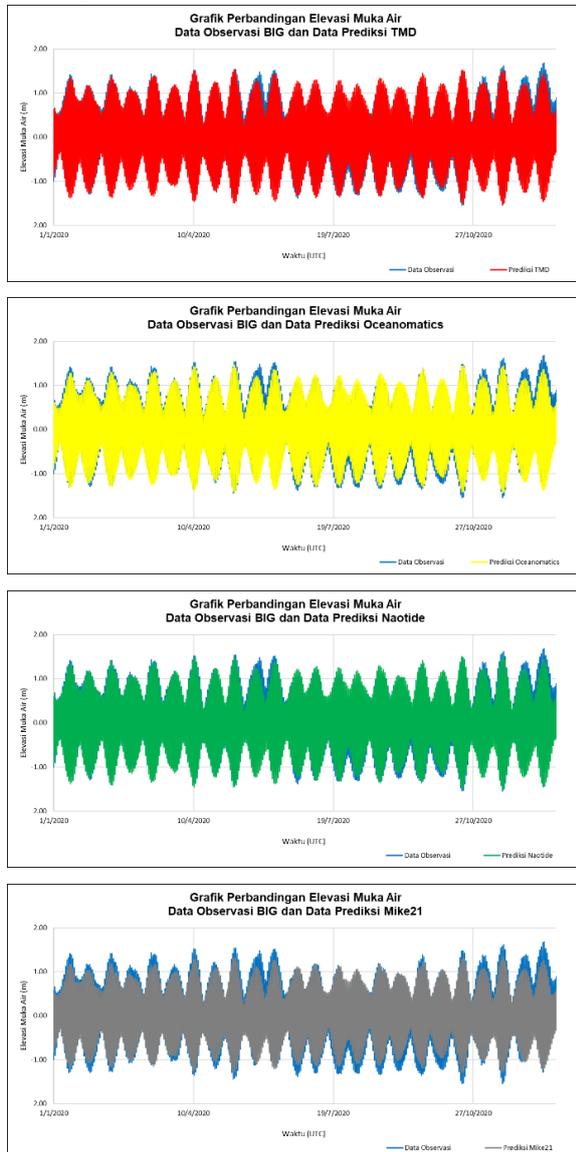


Gambar 5. Grafik Data Pasut Observasi Perairan Benoa selama 1 tahun

Elevasi muka air pada data observasi didapatkan dari nilai tinggi pasut hasil rekam data BIG dikurangi *Mean Sea Level* (MSL) sebesar 195,4 cm. Data grafik pasut observasi ini akan dibandingkan dengan data grafik semua model prediksi pasut.

Perbandingan Grafik Data Observasi dengan masing-masing Model Prediksi Pasut

Perbandingan grafik elevasi muka air antara data observasi dengan masing-masing model prediksi pasut ditampilkan untuk melihat kesesuaian bentuk grafik. Hasil perbandingan grafik tersebut sebagai berikut:



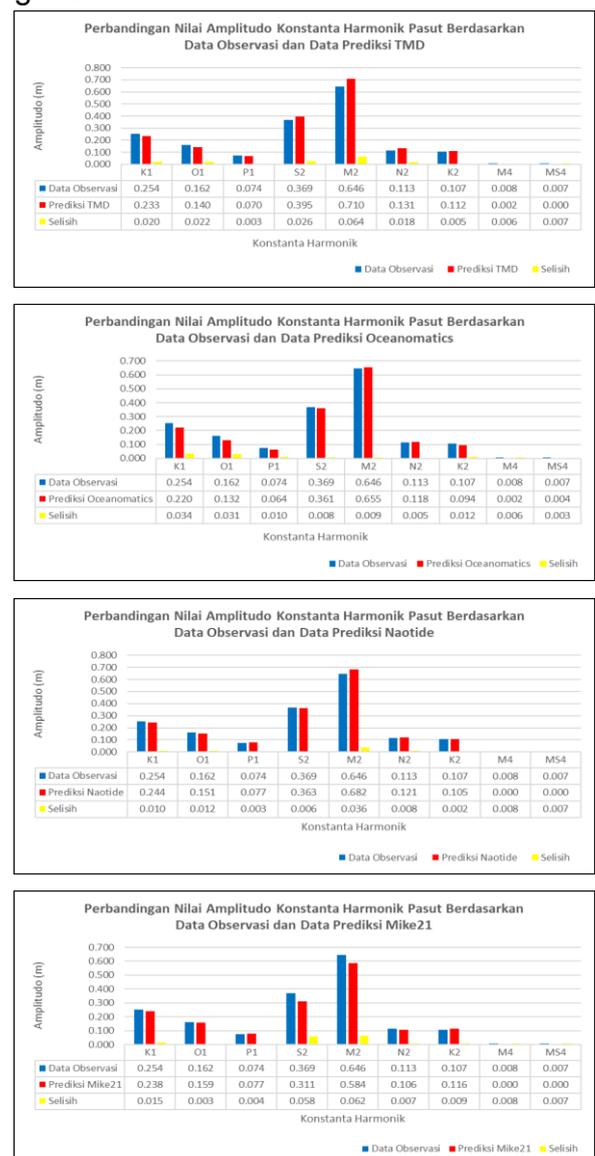
Gambar 6 Grafik Overlay Data Observasi dengan Data Model Prediksi Pasut selama 1 tahun.

Gambar perbandingan diatas menunjukkan pola grafik pasut yang sama, di beberapa titik pasang dan surut terlihat adanya perbedaan nilai ketinggian

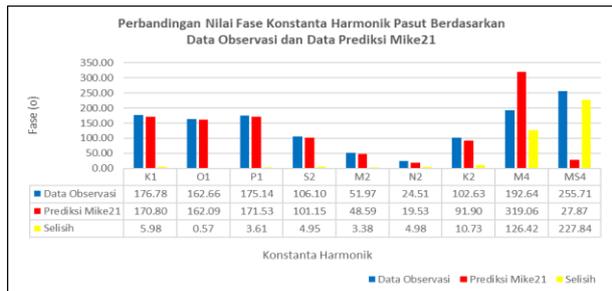
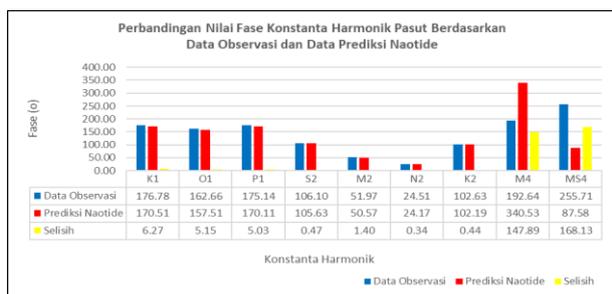
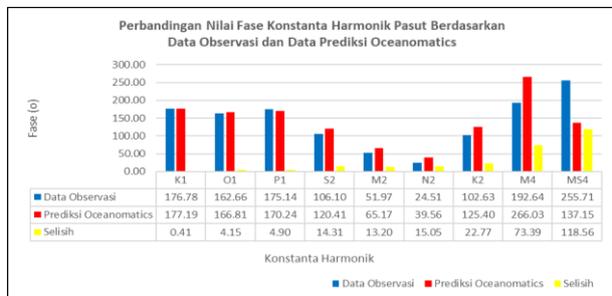
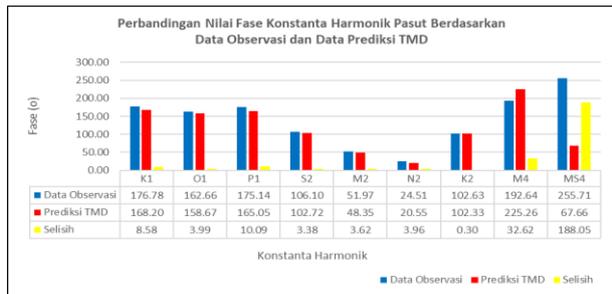
pasut. Grafik perbandingan tersebut menunjukkan data pasut observasi di beberapa titik lebih tinggi dibandingkan dengan data model prediksi pasut.

Perbandingan Konstanta Harmonik Data Observasi dan masing-masing Model Prediksi Pasut

Perbandingan nilai komponen harmonik data observasi dan masing-masing model prediksi ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 7 Grafik Perbandingan Nilai Amplitudo Data Observasi dengan Data Model Prediksi



Gambar 8 Grafik Perbandingan Nilai Fase Data Observasi dengan Data Model Prediksi

Gambar diatas menampilkan perbandingan nilai amplitudo dan fase dari data observasi dengan data model prediksi pasut. Perbandingan nilai amplitudo dan fase menunjukkan selisih rata-rata konstanta yang kecil. Selisih nilai amplitudo terbesar pada komponen K1 dan M2. Selisih nilai fase terbesar pada komponen M4 dan MS4.

Perbandingan Tipe Pasut Data Observasi dan masing-masing Model Prediksi Pasut

Tipe pasang surut di suatu perairan dapat ditentukan dengan menggunakan perhitungan bilangan *Formzahl*. Ada 4 komponen yang digunakan dalam perhitungan yaitu nilai amplitudo dari K1, O1, M2 dan S2. Perbandingan jumlah amplitudo komponen utama pasut harian tunggal terhadap jumlah amplitudo komponen utama pasut harian ganda dinyatakan dalam bentuk (Pond and Pickard, 1983):

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

F : Bilangan *Formzahl*.

AK_1 : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari.

AO_1 : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.

AM_2 : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.

AS_2 : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai *Formzahl* sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil perhitungan bilangan *Formzahl*

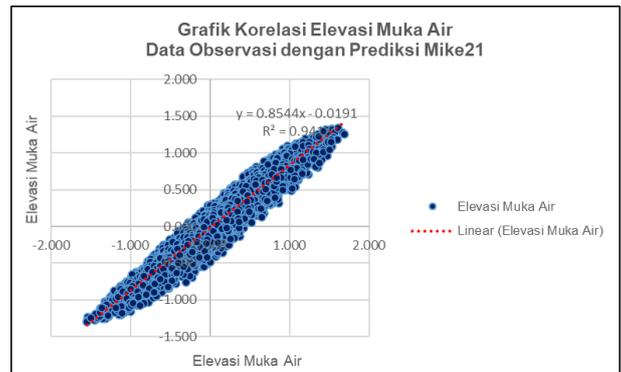
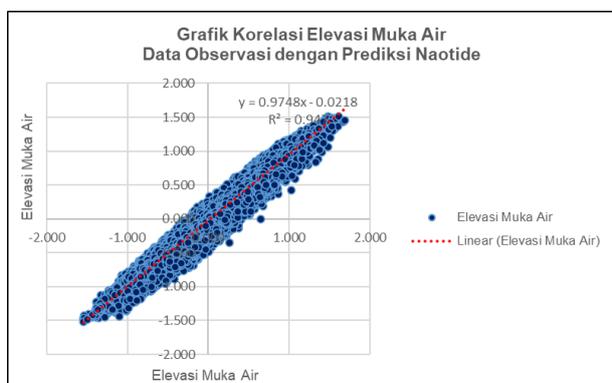
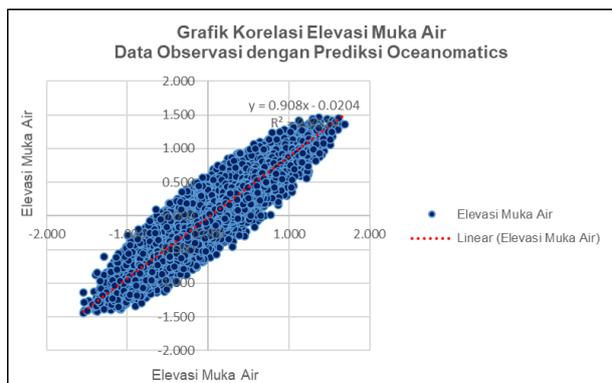
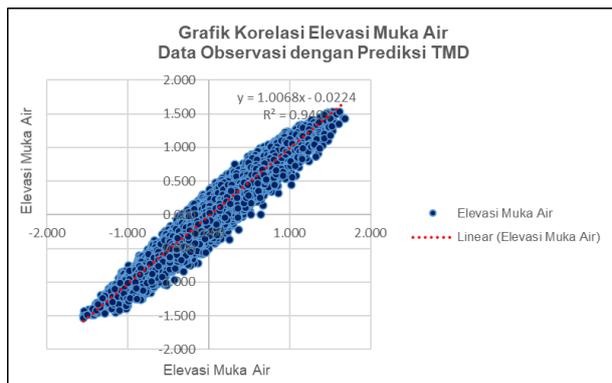
No	Pasut	F	Selisih
1	Observasi	0,4097	
2	TMD	0,3377	0,0720
3	<i>Oceanomatics</i>	0,3460	0,0637
4	<i>Naotide</i>	0,3773	0,0325
5	<i>Mike21</i>	0,4441	0,0344

Hasil perhitungan dengan bilangan *Formzahl* didapatkan nilai yang keseluruhan masuk pada rentan nilai *Formzahl* ($0,25 < F \leq 1,5$), sehingga tipe pasang surutnya termasuk pada tipe pasut campuran condong ke harian

ganda (*Mixed mainly Prevailing Semidiurnal*).

Perhitungan Nilai Korelasi

Nilai korelasi digunakan untuk mengukur keeratn hubungan atau korelasi antara dua variabel yaitu data observasi dengan masing-masing model prediksi pasut. Grafik korelasi elevasi muka air ditampilkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 9 Grafik Korelasi Data Observasi dengan masing-masing Model Prediksi Pasut

Hasil perhitungan nilai korelasi kedua data tersebut didapatkan nilai sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai Korelasi

NO	MODEL PREDIKSI PASUT	NILAI KORELASI (r)
1	TMD	0,9697
2	<i>Oceanomatics</i>	0,9227
3	<i>Naotide</i>	0,9731
4	<i>Mike21</i>	0,9702

Besarnya nilai korelasi diatas menunjukkan adanya hubungan korelasi positif kuat antara data yaitu data observasi dengan data masing-masing model prediksi pasut. Nilai korelasi terbesar adalah *Naotide* dengan nilai 0,9731 sedangkan terkecil *Oceanomatics* dengan nilai 0,9227.

Perhitungan Nilai RMSE

Dari data observasi dengan masing-masing model prediksi pasut kemudian dihitung nilai RMSE untuk menentukan nilai error dari kedua data. Nilai RMSE dihitung dengan menggunakan teorema *Parseval* yaitu menghitung rata-rata nilai tengah atau rata-rata nilai mutlak simpangannya. Hasil perhitungan nilai

RMSE antara data observasi dengan masing-masing model prediksi pasut sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai RMSE

NO	MODEL PREDIKSI PASUT	NILAI RMSE (m)
1	TMD	0,1532
2	<i>Oceanomatics</i>	0,2341
3	<i>Naotide</i>	0,1403
4	<i>Mike21</i>	0,1558

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai RMSE terkecil atau memiliki tingkat akurasi yang baik adalah *Naotide* dengan nilai 0,1403 m sedangkan terbesar atau akurasi yang kurang baik adalah *Oceanomatics* dengan nilai RMSE sebesar 0,2341 m.

Perhitungan Nilai Z0

Nilai Z0 diperoleh dengan menggunakan perhitungan metode *least square* yaitu dengan pengurangan nilai MSL (*Mean Sea Level*) dengan nilai minimum pasut. Dari perhitungan diatas didapatkan nilai Z0 sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil perhitungan nilai Z0

NO	PASUT	Z0	SELISIH
1	Observasi	154,40	
2	TMD	153,01	1,39
3	<i>Oceanomatics</i>	144,00	10,40
4	<i>Naotide</i>	151,49	2,91
5	<i>Mike21</i>	129,39	25,01

Berdasarkan nilai Z0 diatas, TMD menunjukkan selisih nilai Z0 lebih kecil dibandingkan dengan model prediksi pasut lainnya. Nilai Z0 digunakan untuk surutan pada peta laut Indonesia.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perbandingan model prediksi pasut dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan perbandingan grafik elevasi muka air selama 1 tahun data obsevasi diperoleh nilai pasang tertinggi 1,690 meter surut terendah -1,54 meter, data model prediksi TMD nilai pasang tertinggi 1,533 meter surut terendah -1,53 meter, data model prediksi *Oceanomatics* nilai pasang tertinggi 1,46 meter surut terendah -1.44 meter, data model prediksi *Naotide* nilai pasang tertinggi 1,51 meter surut terendah -1.51 meter, data model prediksi *Mike21* nilai pasang tertinggi 1,338 meter surut terendah -1,294 meter. Hasil perhitungan bilangan *Formzahl* data prediksi model prediksi pasut dengan data observasi menunjukkan bahwa model prediksi pasut TMD memperoleh nilai sebesar 0,338, *Oceanomatics* 0,346, *Naotide* 0,377 dan *Mike21* 0,444. Keseluruhan model prediksi tersebut memiliki tipe pasut yang sama yaitu tipe campuran condong ke harian ganda (*Mixed mainly Prevailing Semidiurnal*). *Naotide* menunjukkan nilai terkecil diantara lainnya dengan selisih nilai terhadap data observasi yaitu 0,032.

2. Tingkat akurasi model terhadap data observasi dihitung dari nilai RMSE dan Korelasi menunjukkan model prediksi pasut TMD memiliki besar error RMSE 0.1532, *Oceanomatics* 0.2341, *Naotide* 0.1403 dan *Mike21* 0.1558. *Naotide* menunjukkan tingkat keakuratan yang lebih baik dibandingkan dengan yang lainnya. Hubungan perbandingan data observasi dengan model prediksi pasut menunjukkan bahwa model prediksi pasut TMD memiliki nilai korelasi sebesar 0,9697, *Oceanomatics* 0,9227, *Naotide* 0,9731 dan *Mike21* 0,9702. Nilai korelasi keseluruhan model prediksi mendekati 1 (positif kuat sempurna) dan *Naotide* menunjukkan nilai korelasi positif kuat terbesar dibandingkan dengan yang lainnya.

3. Model prediksi pasut terbaik yang dapat digunakan pada perairan teluk berdasarkan perbandingan semua parameter yaitu model prediksi pasut ***Naotide***, kemudian *Mike21*, *TMD* dan *Oceanomatics*.

Saran

1. Dari hasil penelitian ini, model prediksi pasut *Naotide* dapat digunakan untuk mengisi data kosong atau eror pada pengamatan pasut dilapangan.

2. Sebagai rekomendasi, untuk penelitian selanjutnya yang dapat dilakukan adalah:

a. Membandingkan model prediksi pasut *Naotide* dengan model prediksi pasut lainnya (selain TMD, *Oceanomatics* dan *Mike21*).

b. Membandingkan model prediksi pasut *Naotide* pada lokasi penelitian dengan tipe perairan yang berbeda seperti tanjung, selat, lepas pantai dan lain-lain.

c. Membandingkan *software* pengolahan pasut lainnya untuk mendapatkan komponen harmonik pasut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adibrata, S. (2007). *Analisis pasang surut di Pulau Karampuang, Provinsi Sulawesi Barat*. Jurnal Sumberdaya Perairan.
- Aditya. (2015). *Peramalan Pasang Surut di Perairan Pelabuhan Kuala Stabas, Krui, Lampung Barat*. Jurnal Oseanografi. Volume 4, Nomor 2, Tahun 2015, Halaman 508 - 515
- Bisonerich. (2009). "Pengertian Matlab". <http://bisonerichmatlab.blogspot.co.id/2009/02/pengertianmatlab.html>
- Defant, A. (1958). *The Tides of Earth, Air, and Water*, The University of Michigan Press, Michigan.
- Dronkers, J. (1964). *Tidal Computations in rivers and coastal waters*, NorthHolland Publishing Company, Amsterdam.
- Egbert, G. & Erofeeva, S. (2002). *Efficient Inverse Modeling Of Barotropic Ocean Tides*. Am.Met. Soe. (19): 183-204.
- Gross, M. (1990). *Oceanography: A View of Earth*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliff. New Jersey.
- Syahputra, H. (2016). *Analisis Perbandingan Akurasi Model Prediksi Pasang Surut: Studi Kasus di Selat Larantuka, Flores Timur, Nusa Tenggara Timur*.

- Herman, R. (2005). *Harmonic analysis and the prediction of tide*. Mathematic and statistics. UNCW. 60 pp.
- Ingham, A. (1975). *Sea Surveying*. New York: John Willey and Son Ltd.
- King, C. (1966). *An Introduction to Oceanography*. McGraw Hill Book Company, Inc. New York. San Francisco.
- Nurjaya. (2010). Model Dispersi Bahang Hasil Buangan Air Proses Pendinginan Pltgu Cilegon Ccpp Ke Perairan Pantai Margasari di Sisi Barat Teluk Banten. *E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 2, No. 1, Hal. 31-49, Juni 2010.
- Ongkosongo. (1989). *Pasang Surut*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Pariwono, 1989. *Gaya Penggerak Pasang Surut*, P3O LIPI. Jakarta.
- Poerbandono dan Djunarsjah, E., (2005). *Survei Hidrografi II*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.GD-3221.
- Pond, S. & Pickard, G. (1983). *Introductory dynamical Oceanography. Second edition*. Pergamon Press. New York.
- Pranowo, W. (2016). *BAB I. Kesalahan Pengamatan*. S1 Teknik Hidrografi Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut. 37 pp.
- Pugh, D., 1987. *Tides, Surges and Mean Sea Level: A Handbook for Engineers and Scientists*.
- Stewart, R.H. 2008. *Introduction to physical oceanography*. Departmen of Oceanography Texas A and M University. Texas
- Triatmojo, B. (1999). *Tehnik Pantai*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Umam, C. (2018). *Studi Perbandingan Karakteristik Pasang Surut Hasil Perhitungan Data Lokal dengan Model Pasang Surut Global di Perairan Indonesia*.
- Wibowo, P. (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). *Physycal Oceanography of South East Asian Water*. Naga Report Vol.2. Scripps Institutuion of Oceanography. University of California. California.

