

Analisis Model *Exponential Smoothing* Terhadap Prediksi Pasang Surut Air Laut di Wilayah Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

A. H. Asyhar¹, F. Febrianti², N. R. Fajriyah³

^{1,2,3} Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Ampel
Jl. A. Yani No. 117 Surabaya 60237

Email: hanif@uinsby.ac.id, fitriafebrianti003@gmail.com, nofaraihana@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara maritim, pengetahuan tentang pasang surut air laut sangat diperlukan untuk meminimalkan dampak buruk di pelabuhan. Beberapa kejadian yang diakibatkan oleh pasang surut air laut dapat diantisipasi dengan memprediksi pasang surut air laut mendatang. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi pasang surut air laut adalah analisis *time series*. Dalam analisis *time series* terdapat beberapa metode pemulusan yang dapat digunakan untuk memprediksi, diantaranya adalah *simple exponential smoothing*, *holt exponential smoothing*, *damped exponential smoothing*, dan *winters additive exponential smoothing*. Dengan menggunakan SPSS sebagai alat untuk menganalisis metode tersebut diperoleh nilai RMSE, MAPE, dan *normalized BIC* sebagai penentu model yang sesuai untuk prediksi pasang surut air laut. Model *simple exponential smoothing* memperoleh nilai RMSE, MAPE, dan *normalized BIC* sebesar 0,216, 14,2, dan -3,06. Model *holt exponential smoothing* memperoleh nilai RMSE, MAPE, dan *normalized BIC* sebesar 0,124, 8,41, dan -4,17. Model *damped exponential smoothing* memperoleh nilai RMSE, MAPE, dan *normalized BIC* sebesar 0,119, 8,04, dan -4,25. Model *winters additive exponential smoothing* memperoleh nilai RMSE, MAPE, dan *normalized BIC* sebesar 0,166, 10,91, dan -3,59. Sehingga diperoleh model *time series* yang memiliki nilai *error* yang kecil dan tingkat keakuratan yang lebih baik untuk memprediksi pasang surut air laut di wilayah Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya adalah *damped exponential smoothing*.

Kata Kunci: Analisis *time series*, *exponential smoothing*, pasang surut air laut

ABSTRACT

Indonesia is a maritime country, knowledge of tidal is urgently needed to minimize adverse impacts on the harbor. Some of the incidents caused by tidal can be anticipated by predicting future tidal. One of method that can be used for predicting tidal is analysis of time series. In analysis of time series, there are some smoothing methods that can use for predicting, that is simple exponential smoothing, Holt exponential smoothing, damped exponential smoothing, and winters additive exponential smoothing. SPSS is used for analyze that methods to obtain RMSE, MAPE, and normalized BIC as a determinant of the model that suit for tidal prediction. Simple exponential smoothing model results RMSE, MAPE, and BIC normalization of 0.216, 14.2, and -3.06. Holt exponential smoothing model results RMSE, MAPE, and BIC normalization of 0.216, 0.124, and -4.17. The damped exponential smoothing model results RMSE, MAPE, and BIC normalization of 0.119, 8.04, and -4.25. The winters model of exponential smoothing additives results RMSE, MAPE, and BIC normalization of 0.166, 10.9, and -3.59. Then obtained time series model that has smallest error value and better accuracy to predict the tidal in the Tanjung Perak Harbour Surabaya is damped exponential smoothing.

Keywords: *Exponential smoothing*, tidal, time series analytic

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara maritim dengan luas lautan dibandingkan luas daratan perbandingannya sangat jauh. Karena luas Indonesia terbanyak adalah di lautan, maka pengembangan lautan sebagai kegiatan sosial ekonomi sangat diperlukan pemerintah. Luas pesisir

yang luas membuat Indonesia sejak jaman dahulu memiliki pelabuhan–pelabuhan besar, pelabuhan Tanjung Perak Surabaya merupakan pelabuhan terbesar kedua di Indonesia setelah pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta. Banyak perusahaan swasta yang memanfaatkan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, diantaranya adalah PT. Petikemas, Pelindo III, PT. Dok, dan perusahaan swasta lainnya. Oleh karenanya Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya memiliki peranan penting dalam segi ekonomi di Surabaya.

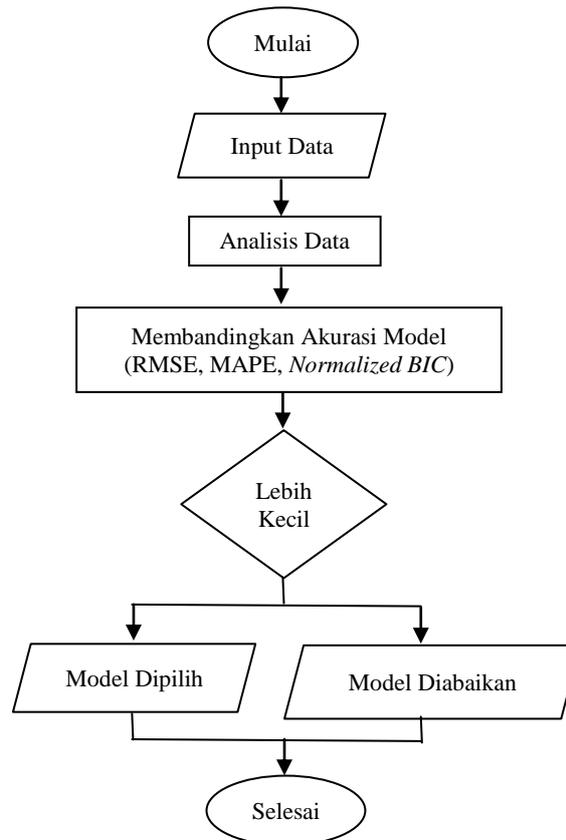
Pengetahuan tentang lautan yang mempengaruhi aktifitas di pelabuhan seperti cuaca di laut, angin kencang, pasang surut air laut dan lainnya sangat mutlak harus dikuasai dan dikaji oleh ilmuwan Indonesia. Pasang surut air laut merupakan salah satu fenomena yang terjadi dilaut dan memiliki dampak yang cukup besar [2]. Pasang surut air laut adalah peristiwa perubahan tinggi dan rendahnya permukaan laut yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi benda-benda astronomi, yaitu matahari dan bulan. Beberapa kejadian merugikan yang dapat diakibatkan oleh pasang surut air laut diantaranya adalah karamnya kapal-kapal besar ketika terjadi surut, meluapnya air laut ke jalan sehingga mengakibatkan banjir ketika terjadi air pasang. Beberapa kejadian yang diakibatkan oleh pasang surut air laut dapat diantisipasi dengan memprediksi pasang surut air laut mendatang.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk memprediksi pasang surut air laut. Diantaranya adalah *ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System)*, *JST (Jaringan Syaraf Tiruan)*, *KNN (K-Nearest Neighbor)*, *analisis time series*, dan metode prediksi lainnya. *Time series* merupakan serangkaian nilai-nilai variabel yang disusun berdasarkan waktu. *Data time series* adalah data yang dikumpulkan atau hasil dari pengamatan yang dilakukan sepanjang waktu dengan berurutan [3]. Umumnya waktu observasi atau pengamatan dapat berbentuk dalam tahun, bulan, minggu, hari, atau jam. Analisis *time series* digunakan untuk menentukan pola variasi masa lalu dari data yang akan digunakan untuk memprediksi data pada masa yang akan datang. Beberapa penelitian menggunakan analisis *time series* sebagai metode untuk memprediksi, beberapa diantaranya adalah penelitian prediksi harga saham, prediksi cuaca seperti penelitian yang dilakukan Adyanti dalam memprediksi pola cuaca maritime dengan menggunakan *time-series – ANFIS*, penelitian ini dilakukan karena banyaknya kecelakaan yang terjadi karena faktor pola cuaca dan iklim yang tidak beraturan [4], selanjutnya analisis ini juga dapat digunakan untuk prediksi data keuangan, dan yang lainnya. Beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan metode analisis *time series*, diantaranya adalah peramalan deret waktu menggunakan model fungsi basis radial dan *auto regressive integrated moving average* [5], *forecasting model* berbasis data *time series* pada harga saham perusahaan perbankan yang terpilih [6], *forecasting of global horizontal irradiance by exponential smoothing using decomposition* [7], dan *forecasts marine weather on java sea using hybrid methods : time series – ANFIS* [4].

Terdapat beberapa metode pemulusan (*smoothing*) dalam analisis *time series* yang dapat digunakan untuk prediksi, diantaranya adalah *simple exponential smoothing*, *holt exponential smooting*, *brown exponential smoothing*, *damped exponential smooting*, dan *winters additive exponential smoothing*. Untuk menentukan metode yang sesuai dan tepat untuk prediksi pasang surut air laut, maka diperlukan analisis dari hasil akurasi data. Pada penelitian ini, untuk mengetahui metode yang sesuai yang digunakan untuk prediksi pasang surut air laut adalah dengan menganalisis hasil *RMSE*, *MAPE*, dan *normalized BIC* dari hasil analisis data.

Metode dan Bahan Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literature dengan mengumpulkan berbagai informasi terhadap materi-materi dan juga pengumpulan data. Adapun langkah-langkah dari penelitian ini direpresentasikan dalam gambar berikut,



Gambar 1. Alur Penelitian

Pada Gambar 1 di atas menunjukkan alur dari penelitian ini, tahap pertama yaitu pengumpulan data. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pasang surut air laut selama tiga tahun yaitu 1 Januari 2013 sampai dengan 31 Desember 2015 di wilayah pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Tahap selanjutnya adalah melakukan analisis data, yaitu melakukan prediksi dengan menggunakan beberapa model dalam analisis *time series*. Pada penelitian ini, data dianalisis dengan menggunakan model *simple exponential smoothing*, *holt exponential smoothing*, *damped exponential smoothing*, dan *winter additive exponential smoothing*. Peneliti menggunakan *software* SPSS untuk menganalisa data dengan model analisis *time series*. Keluaran dari SPSS berupa nilai RMSE, MAPE, dan *normalized BIC* sebagai penentu model yang akan dipilih. RMSE merupakan akar dari nilai yang diperoleh dari rata-rata jumlah kuadrat kesalahan peramalan. MAPE merupakan perhitungan rata presentase kesalahan pertama dari beberapa periode. Semakin kecil nilai RMSE, MAPE, dan *normalized BIC* maka semakin akurat hasil prediksi dari model tersebut.

Selanjutnya, bagian ini juga memuat beberapa teori dasar yang digunakan landasan pada penelitian, yaitu sebagai berikut:

A. Pasang Surut Air Laut

Pasang surut merupakan salah satu fenomena yang terjadi di laut. Pasang surut merupakan satu fenomena naik turunnya permukaan air laut yang disertai dengan gerakan horizontal dari massa air laut secara periodik. Terjadinya pasang surut air laut disebabkan oleh adanya gaya tarik dari benda langit, dan yang paling utama yaitu matahari dan bulan [8]. Gaya tarik gravitasi bervariasi terhadap massa benda dan berbanding terbalik dengan jarak antara benda tersebut. Hal ini membuat bulan memiliki pengaruh yang besar terhadap pasang surut di bumi karena jarak bumi dan matahari jauh lebih besar jika dibandingkan dengan jarak bumi dan bulan. Oleh karena itu, pasang surut air laut disetiap tempat tidak sama (berbeda), tergantung pada posisi matahari dan

bulan terhadap tempat tersebut.

B. Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

Pelabuhan juga dapat diartikan sebagai daerah perairan yang terlindungi terhadap gelombang yang dilengkapi dengan fasilitas terminal laut, meliputi dermaga dimana kapal dapat bertambat untuk bongkar muat barang, gudang laut, dan tempat-tempat penyimpanan dimana kapal membongkar muatannya dan gudang-gudang dimana barang-barang dapat disimpan dalam waktu yang lebih lama selama menunggu pengiriman ke daerah tujuan atau pengapalan [1].

Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya merupakan pelabuhan terbesar kedua di Indonesia setelah Pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta. Banyak perusahaan swasta yang memanfaatkan pelabuhan tanjung perak Surabaya, diantaranya adalah PT. Petikemas, Pelindo III, PT. Dok, dan perusahaan swasta lainnya. Oleh karenanya pelabuhan Tanjung Perak Surabaya memiliki peranan penting dalam segi ekonomi di Surabaya.

C. Analisis *Time Series*

Data *time series* atau data runtun waktu adalah data yang dikumpulkan dan dicatat dari hasil *observasi* atau pengamatan dalam rentang waktu tertentu dengan berurutan [9]. Periode waktu pengamatan untuk mendapatkan data *time series* dapat berbentuk tahun, bulan, hari, jam, menit dan dalam jangkauan waktu lainnya tergantung pada objek pengamatan. Analisis *time series* dilakukan untuk menemukan pola yang sudah terbentuk untuk memprediksi atau memperkirakan pola yang akan terbentuk dimasa mendatang. Analisis *time series* dilakukan dengan membagi data *time series* masa lalu menjadi beberapa komponen yang kemudian akan diproyeksikan ke masa mendatang dengan melihat beberapa komponen yang mempengaruhi pola yang sudah terbentuk dimasa lalu dan sekarang, yang cenderung berulang dimasa mendatang. Beberapa model analisis *time series* yang dapat digunakan untuk prediksi adalah sebagai berikut:

- *Simple Exponential Smoothing*

Persamaan yang digunakan untuk *exponential smoothing single* adalah sebagai berikut

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S_{t-1} \quad (1)$$

Dimana:

S_t = Nilai penghalusan peramalan untuk periode t

α = Parameter penghalusan untuk trend

X_t = Nilai aktual pada periode t

- *Holt Exponential Smoothing*

Persamaan yang digunakan untuk *exponential smoothing holt* adalah sebagai berikut

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2)$$

$$b_{t-1} = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (3)$$

$$Y_{t+m} = S_t + b_t m \quad (4)$$

Dimana:

X_t = Nilai aktual pada periode t

S_t = Nilai pemulusan peramalan

b_t = Nilai pemulusan trend

m = Jumlah periode yang akan diramalkan

α = Parameter penghalusan untuk trend

γ = Parameter penghalus untuk trend

- *Damped Exponential Smoothing*

Persamaan yang digunakan untuk *exponential smoothing single* adalah sebagai berikut

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + \varphi b_{t-1}) \quad (5)$$

$$b_{t-1} = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)\varphi b_{t-1} \quad (6)$$

$$Y_{t+m} = S_t + \sum_{i=1}^m \varphi^i b_t \quad (7)$$

Dimana:

Jika $0 < \varphi < 1$, maka trend teredam dan nilai peramalan akan mendekati nilai asimtot

$$S_t + \frac{\varphi}{1-\varphi} b_t$$

Jika $\varphi = 1$, maka akan menjadi metode *holt* biasa

Jika $\varphi = 0$, maka akan menjadi *exponential smoothing simple*

Jika $\varphi > 1$, maka fungsi peramalan mempunyai *trend exponential*

- *Winter Additive Exponential Smoothing*

Persamaan yang digunakan untuk *winter additive exponential smoothing* adalah sebagai berikut

$$S_t = \alpha(X_t - l_{t-1})(1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (8)$$

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (9)$$

$$l_t = \gamma(X_t - S_t) + (1 - \gamma)l_{t-1} \quad (10)$$

$$Y_{t+m} = S_t + b_t m + l_{t-L+m} \quad (11)$$

Dimana:

X_t = Nilai aktual pada periode t

S_t = Nilai pemulusan peramalan

b_t = Nilai pemulusan trend

l_t = Komponen musima pada periode t

m = Jumlah periode yang akan diramalkan

α = Parameter penghalusan untuk trend

γ = Parameter penghalus untuk trend

L = Panjang musiman

Hasil dan Pembahasan

Hasil output analisis *time series* dengan beberapa model ditunjukkan pada tabel-tabel berikut

Tabel 1. Hasil Analisis *Simple Exponential Smoothing*

Model Statistics

Model	Number of Predictors	Model Fit statistics			Ljung-Box Q(18)			Number of Outliers
		RMSE	MAPE	Normalized BIC	Statistics	DF	Sig.	
pasut-Model_1	0	,216	14,202	-3,062	132451,067	17	,000	0

Tabel 2. Hasil Analisis *Holt Exponential Smoothing*

Model Statistics

Model	Number of Predictors	Model Fit statistics			Ljung-Box Q(18)			Number of Outliers
		RMSE	MAPE	Normalized BIC	Statistics	DF	Sig.	
pasut-Model_1	0	,124	8,415	-4,177	78320,917	16	,000	0

Tabel 3. Hasil Analisis *Damped Exponential Smoothing*

Model Statistics

Model	Number of Predictors	Model Fit statistics			Ljung-Box Q(18)			Number of Outliers
		RMSE	MAPE	Normalized BIC	Statistics	DF	Sig.	
pasut-Model_1	0	,119	8,041	-4,258	83743,584	15	,000	0

Tabel 4. Hasil Analisis *Winters Additive Exponential Smoothing*

Model Statistics

Model	Number of Predictors	Model Fit statistics			Ljung-Box Q(18)			Number of Outliers
		RMSE	MAPE	Normalized BIC	Statistics	DF	Sig.	
pasut-Model_1	0	,166	10,917	-3,596	120138,590	15	,000	0

Analisis beberapa model analisis *time series* dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS. Pada Tabel 1 menunjukkan hasil analisis data prediksi pasang surut air laut dengan menggunakan *simple exponential smoothing* diperoleh RMSE sebesar 0,216, *normalized BIC* sebesar $-3,06$, dan MAPE sebesar 14,20. Pada Tabel 2 menunjukkan hasil analisis data prediksi pasang surut air laut dengan menggunakan *holt exponential smoothing* diperoleh RMSE sebesar 0,124, *normalized BIC* sebesar $-4,17$, dan MAPE sebesar 8,41. Pada Tabel 3 menunjukkan hasil analisis data prediksi pasang surut air laut dengan menggunakan *damped exponential smoothing* diperoleh RMSE sebesar 0,119, *normalized BIC* sebesar $-4,25$, dan MAPE sebesar 8,04. Pada Tabel 4 menunjukkan hasil analisis data prediksi pasang surut air laut dengan menggunakan *winters additive exponential smoothing* diperoleh RMSE sebesar 0,166, *normalized BIC* sebesar $-3,59$, dan MAPE sebesar 10,91.

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwasanya model *damped exponential smoothing* lebih optimal digunakan untuk memprediksi pasang surut air laut di wilayah pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dengan nilai RMSE sebesar 0,119, *normalized BIC* sebesar $-4,25$, dan MAPE sebesar 8,04 dibandingkan dengan model *simple exponential smoothing* dengan RMSE sebesar 0,216, *normalized BIC* sebesar $-3,06$, dan MAPE sebesar 14,20 dan model *holt exponential smoothing* diperoleh RMSE sebesar 0,124, *normalized BIC* sebesar $-4,17$, dan MAPE sebesar 8,41 dan model *winters additive exponential smoothing* diperoleh RMSE sebesar 0,166, *normalized BIC* sebesar $-3,59$, dan MAPE sebesar 10,91.

Daftar Pustaka

- [1] Triatmodjo, B., Pelabuhan, Yogyakarta: Beta Offset, 1996.
- [2] Wirayuda, A., Pasang Surut Air Laut Sebagai Metode Penentuan Awal Bulan Islam Menurut Jamaah An-Nadzir Kec. Bontomarannu Kab. Gowa Perspektif Ilmu Falak dan Oseanografi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2017.
- [3] Ambarwati, R., Analisis Data Time Series Menggunakan Model Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (EGARCH)(1,1), Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2016.
- [4] Adyanti, D. A., Asyhar, A. H., Novitasari, D. C. R., Lubab, A., dan Hafiyusholeh, M., Forecast Marine Weather on Java Sea Using Hybrid Methods: Time Series - ANFIS, 2017 4th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI). doi:10.1109/eecsi 2017.8239162, 2017. 1-6.
- [5] Wiyanti, D., dan Pulungan, R., Peramalan Deret Waktu Menggunakan Model Fungsi Basis Radial (RBF) dan Auto Integrated Moving Average (ARIMA), *Jurnal MIPA* 35 (2), 2012.175-182.
- [6] Fadhi, R. M., Paramu, H., dan Nurhayati, Forecasting Model Berbasis Data Time Series pada Harga Saham Perusahaan Perbankan Yang Terpilih, Universitas Jember, Jember, 2014.
- [7] Yang, D., Sharma, V., Ye, Z., Lim, L. I., dan Zhao, L., Forecasting of Global Horizontal Irradiance by Exponential Smoothing Using Decomposition, *Elsevier*, 2014. 1-9.
- [8] L. Qhomariyah dan Yuwono, Analisa Hubungan Antara Pasang Surut Air Laut dengan Sedimentasi yang Terbentuk, *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 5, No 1, 2016. 1-3.

- [9] Situmorang, T. M., S. Hariyati, I. A. Tumanggor, B. Risulyna dan H. Filzah, Metode Analisis Data Time Series: Analisis Vector Auto Regression dan Granger Causality, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2015.