

**PERAMALAN TINGGI GELOMBANG BERDASARKAN
KECEPATAN ANGIN DI PERAIRAN PESISIR SEMARANG
MENGUNAKAN MODEL FUNGSI TRANSFER
(Studi Kasus Bulan Januari 2014 sampai dengan Desember 2014)**

Firda Megawati¹, Rita Rahmawati², Suparti³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3}Staf Pengajar Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Semarang coast is suitable to develop marine transport activities such as sailing because of its strategic location in the coastal region of Indonesia. The condition of sailing in Indonesia is said smoothly if wave height is in the normal range which is 1-2 meters. Therefore, there will be research to predict wave height in Semarang harbor by using transfer function. The data used is secondary data from BMKG of Semarang period January 2014 to December 2014 with the variable X as the average daily of wind speed and variable Y as average daily of wave height. Model that formed based on the input wind speed is ARIMA(2,1,0) while transfer function model that formed is $b=0$, $s=0$, and $r=0$ with noise model ARMA(1,1). The forecasting results for January 2015 show that the wave height tends to rise and the highest wave is on the third day with 0,9589 meters. Calculation accuracy of forecasting wave heights using transfer function model with MAPE produce a value of 18,7%.

Keywords : Transfer Function, Wave Height, Wind Speed.

1. PENDAHULUAN

Perairan Pesisir Semarang sebagai bagian dari wilayah pesisir Indonesia memiliki posisi yang sangat strategis untuk dijadikan daerah pengembangan sektor maritim seperti kegiatan transportasi laut yang berupa pelayaran. Masyarakat dalam melaksanakan kegiatan pelayaran memerlukan informasi cuaca harian seperti tinggi gelombang dan angin kencang agar dapat merencanakan waktu keberangkatan kapal laut, sehingga diharapkan terhindar dari cuaca buruk yang menimbulkan kecelakaan di tengah laut. Salah satu metode yang dapat memodelkan dan meramalkan tinggi gelombang yang dipengaruhi kecepatan angin adalah fungsi transfer.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Gelombang dan Kecepatan Angin

Menurut Hutabarat (2008), gelombang merupakan fenomena alam naikan dan penurunan air secara periodik dan dapat dijumpai di semua tempat di seluruh dunia. Menurut Triatmodjo (1999), Sirkulasi udara yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi disebut angin, di mana gerakan udara ini dipengaruhi oleh perubahan temperatur atmosfer. Dalam hal ini, angin dianggap sebagai pembangkit gelombang. Kecepatan angin dapat mempengaruhi tinggi rendahnya gelombang. Angin yang lebih kuat akan menghasilkan gelombang yang lebih besar.

2.2 Konsep Dasar *Time Series*

Menurut Wei (2006), analisis data *time series* diartikan sebagai rangkaian pengamatan yang berurutan terhadap suatu variabel berdasarkan waktu dengan interval waktu yang tetap. Setiap pengamatan dapat dinyatakan sebagai variabel random $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$ yang diperoleh berdasarkan waktu tertentu (t_i) dengan $i = 1, 2, \dots, n$.

Salah satu ciri dalam pembentukan model *time series* adalah mengasumsikan data dalam keadaan stasioner, baik stasioner dalam *mean* maupun stasioner dalam varian. Uji stasioner data dalam *mean* dapat menggunakan uji *Dickey Fuller*. Pada data yang tidak stasioner dalam *mean* perlu dilakukan pembedaan (*differencing*). Secara umum, *differencing* orde ke- d ditulis sebagai berikut (Makridakis *et al.*, 1988):

$$Z_t^d = (1 - B)^d Z_t$$

Uji stasioner data dalam varian dapat menggunakan transformasi *Box-Cox* yang dirumuskan sebagai berikut (Wei, 2006):

$$T(Z_t) = \frac{Z_t^\lambda - 1}{\lambda}$$

Suatu proses yang stasioner $\{Z_t\}$ mempunyai rata-rata dan variansi yang konstan yaitu rata-rata $E(Z_t) = \mu$ (konstan) dan variansi $var(Z_t) = E(Z_t - \mu)^2 = \sigma^2$ (konstan), serta kovariansi $cov(Z_t, Z_s)$ yang merupakan fungsi dari perbedaan waktu $|t-s|$. Oleh karena itu, dapat dituliskan kovariansi antara Z_t dan Z_{t+k} sebagai berikut (Suyitno, 2011):

$$\gamma_k = cov(Z_t, Z_{t+k}) = E(Z_t - \mu)(Z_{t+k} - \mu)$$

Sedangkan korelasi antara Z_t dan Z_{t+k} didefinisikan sebagai:

$$\rho_k = \frac{cov(Z_t, Z_{t+k})}{\sqrt{var(Z_t)}\sqrt{var(Z_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}$$

Selanjutnya, γ_k dinamakan fungsi autokovariansi dan ρ_k dinamakan fungsi autokorelasi (ACF). Ukuran korelasi yang lain pada analisis *time series* adalah fungsi autokorelasi parsial (PACF). Nilai PACF dinyatakan sebagai berikut (Suyitno, 2011):

$$\phi_{kk} = \frac{\rho_k - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j} \rho_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j} \rho_j}$$

2.3 Model *Time Series* ARIMA

Menurut Wei (2006), beberapa model *time series* dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Model *Autoregressive* orde p atau AR (p).
Bentuk umum dari model AR orde p adalah sebagai berikut:
$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + \alpha_t$$
2. Model *Moving Average* orde q atau MA (q).
Bentuk umum dari model MA orde q adalah sebagai berikut:
$$Z_t = \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1} - \dots - \theta_q \alpha_{t-q}$$
3. Model *Autoregressive Moving Average* atau ARMA (p, q).
Bentuk umum dari model ARMA (p, q) adalah sebagai berikut:
$$\phi_p(B)Z_t = \theta_q(B)\alpha_t$$

di mana:

$$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B^1 - \dots - \phi_p B^p \text{ dan } \theta_q(B) = 1 - \theta_1 B^1 - \dots - \theta_q B^q$$

4. Model *Autoregressive Integrated Moving Average* ARIMA (p,d,q).

Bentuk umum dari model ARMA (p,q) adalah sebagai berikut:

$$\phi_p(B)(1 - B)^d Z_t = \theta_p(B)\alpha_t$$

di mana:

$$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B^1 - \dots - \phi_p B^p \text{ dan } \theta_q(B) = 1 - \theta_1 B^1 - \dots - \theta_q B^q$$

Terdapat empat tahapan dalam pembentukan model ARIMA yaitu identifikasi model, estimasi parameter, uji signifikansi parameter dan uji diagnostik model yang terdiri dari uji *Ljung-Box*, uji normalitas dan uji *Lagrange Multiplier*. Model terbaik dipilih berdasarkan nilai AIC terkecil (Wei, 2006).

2.4 Pemodelan Fungsi Transfer

Menurut Makridakis *et al.* (1988), model fungsi transfer adalah suatu model di mana terdapat deret berkala *output*, disebut Y_t , yang diperkirakan akan dipengaruhi oleh deret berkala *input*, disebut X_t , dan *input-input* lain yang digabungkan dalam suatu kelompok yang disebut gangguan (*noise*), N_t . Model umum dari fungsi transfer adalah:

$$y_t = \frac{\omega_s(B)}{\delta_r(B)} x_{t-b} + \frac{\theta_q(B)}{\phi_p(B)} a_t$$

Tahap-tahap dalam pembentukan model fungsi transfer adalah:

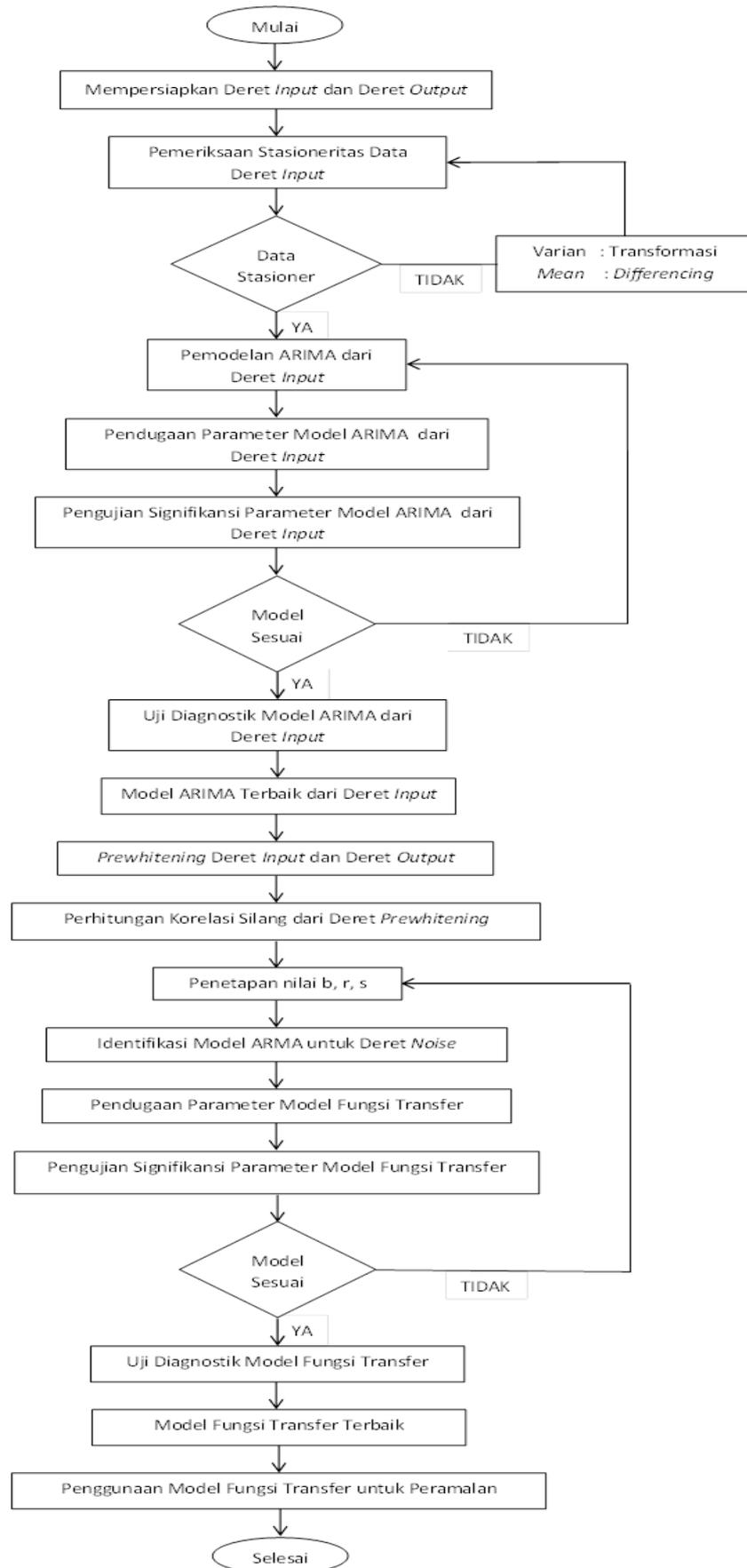
1. Persiapkan deret *input* dan deret *output*.
2. *Prewhitening* deret *input* dan *prewhitening* deret *output*.
3. Perhitungan fungsi korelasi silang.
4. Penetapan b, r, s , untuk model fungsi transfer.
5. Penentuan model deret *noise*.
6. Estimasi parameter model fungsi transfer.
7. Uji diagnostik model fungsi transfer yang terdiri dari pemeriksaan korelasi silang antara deret *input prewhitening* dan residual model deret *noise*, pemeriksaan autokorelasi residual dengan uji *Ljung-Box*, pemeriksaan normalitas dan pemeriksaan homogenitas dengan uji *Lagrange Multiplier*.
8. Pemilihan model fungsi transfer terbaik berdasarkan nilai AIC terkecil.

Setelah didapatkan model fungsi transfer maka langkah selanjutnya adalah peramalan dengan menggunakan model fungsi transfer terbaik dan dihitung ketepatan metode peramalannya dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Nilai MAPE dirumuskan sebagai berikut Makridakis *et al.* (1988):

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right|}{n} \times 100\%$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diambil dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Stasiun Meteorologi Maritim Semarang. Variabel penelitian yang digunakan adalah rata-rata kecepatan angin harian sebagai variabel X dan rata-rata tinggi gelombang harian sebagai variabel Y. Data yang digunakan sebanyak 365 data yaitu mulai dari 1 Januari 2014 sampai 31 Desember 2014. Langkah-langkah analisis dapat digambarkan melalui diagram alir sebagai berikut:

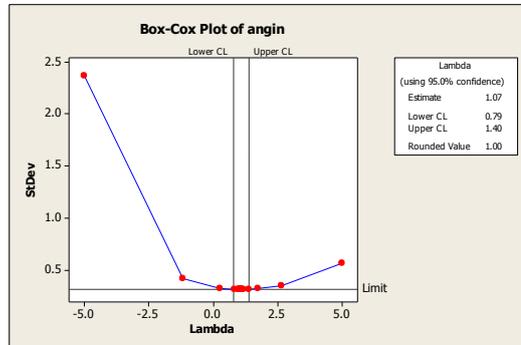


Gambar 1. Diagram Alir Analisis Data

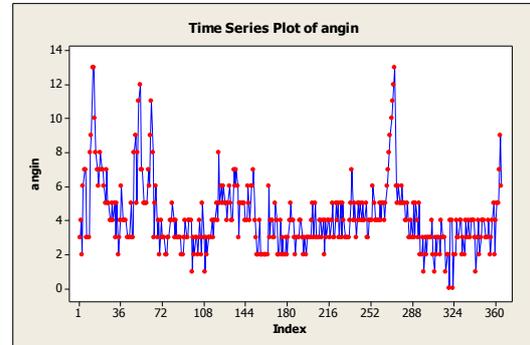
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Model Deret *Input* Kecepatan Angin

Dalam identifikasi model deret *input* kecepatan angin, syarat yang harus dipenuhi adalah kestasioneran data baik stasioner dalam varian maupun rata-rata.



Gambar 2. Plot *Box-Cox*

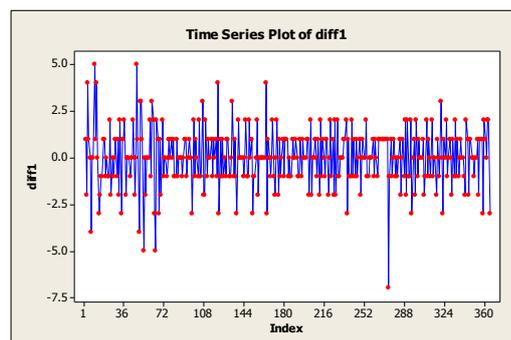


Gambar 3. Plot *Time Series*

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on ANGIN		
Null Hypothesis: ANGIN has a unit root		
Exogenous: None		
Lag Length: 2 (Automatic based on SIC, MAXLAG=16)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.805171	0.0677
Test critical values: 1% level	-2.571366	
5% level	-1.941701	
10% level	-1.616113	

Gambar 4. Uji *Dickey Fuller*

Berdasarkan Gambar 2, stasioneritas dalam varian yang dapat dilihat dari plot *Box-Cox* telah terpenuhi karena nilai *rounded value* (λ) yang sama dengan satu. Berdasarkan Gambar 3, secara visual diketahui bahwa data kecepatan angin belum stasioner dalam rata-rata. Berdasarkan Gambar 4, hasil uji *Dickey Fuller* diperoleh $P_{\text{value}} (0,0677) > \alpha (0,05)$ sehingga disimpulkan data kecepatan angin tidak stasioner.

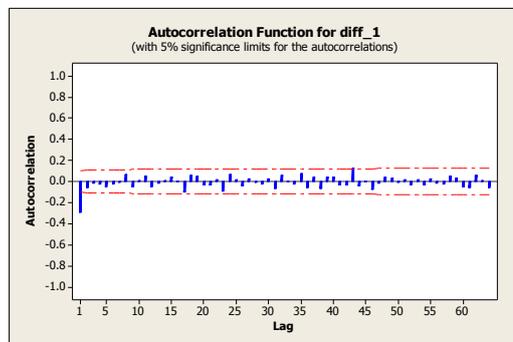


Gambar 5. Plot *Time Series* Setelah *Differencing*

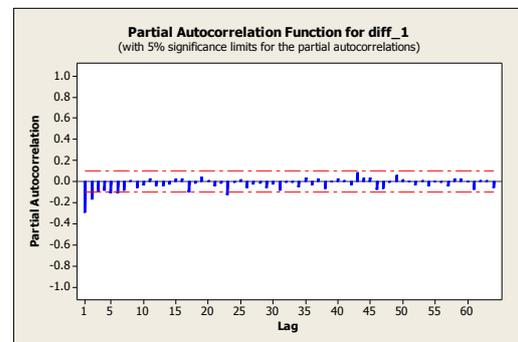
Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on D(ANGIN)		
Null Hypothesis: D(ANGIN) has a unit root		
Exogenous: None		
Lag Length: 1 (Automatic based on SIC, MAXLAG=16)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-17.98076	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.571366	
5% level	-1.941701	
10% level	-1.616113	

Gambar 6. Uji *Dickey Fuller* Setelah *Differencing*

Dikarenakan data kecepatan angin tidak stasioner maka diperlukan proses *differencing*. Berdasarkan Gambar 5, secara visual data kecepatan angin setelah *differencing* sudah stasioner dalam rata-rata. Berdasarkan Gambar 6, hasil uji *Dickey Fuller* diperoleh $P_{\text{value}} (0,0000) < \alpha (0,05)$ sehingga disimpulkan data kecepatan angin sudah stasioner.



Gambar 7. Plot ACF



Gambar 8. Plot PACF

Selanjutnya dilakukan pemodelan ARIMA dengan melihat plot ACF dan PACF data yang sudah stasioner. Berdasarkan plot ACF pada Gambar 7, *lag* yang terpotong adalah *lag* pertama. Sedangkan plot PACF pada Gambar 8 menunjukkan *lag* terpotong setelah *lag* kedua. Model-model ARIMA yang terbentuk selanjutnya dilakukan uji signifikansi dan uji diagnostik.

Tabel 1. Uji Signifikansi dan Uji Diagnostik Data Kecepatan Angin

Model ARIMA	Signifikansi Parameter	Ljung-Box	Normalitas	LM	Kesimpulan
(1,1,0)	✓	✗	✗	✗	model tidak layak
(2,1,0)	✓	✓	✓	✓	model layak
(0,1,1)	✓	✓	✓	✗	model tidak layak
(1,1,1)	✓	✓	✗	✗	model tidak layak

Keterangan: ✓ : asumsi terpenuhi
✗ : asumsi tidak terpenuhi

Berdasarkan Tabel 1, disimpulkan bahwa hanya model ARIMA (2,1,0) yang layak untuk digunakan sehingga model terbaik dari deret *input* kecepatan angin adalah ARIMA (2,1,0).

4.2 Prewhitening Deret Input dan Deret Output

Prewhitening deret input kecepatan angin dengan model ARIMA (2,1,0) adalah sebagai berikut:

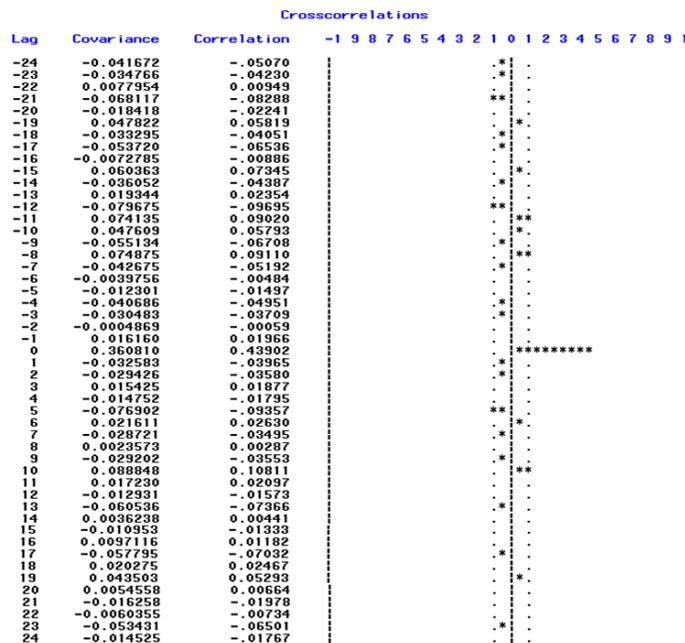
$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)x_t = \alpha_t$$

$$x_t - \phi_1 x_{t-1} - \phi_2 x_{t-2} = \alpha_t$$

dengan $\phi_1 = -0,3380$ dan $\phi_2 = -0,1544$ maka prewhitening deret input kecepatan angin menjadi $\alpha_t = x_t + 0,3380 x_{t-1} + 0,1544 x_{t-2}$. Sedangkan prewhitening deret output tinggi gelombang menjadi $\beta_t = y_t + 0,3380 y_{t-1} + 0,1544 y_{t-2}$.

4.3 Perhitungan Korelasi Silang

Hasil dari perhitungan korelasi silang tersebut dapat dilihat dari plot korelasi silang pada Gambar 9.



Gambar 9. Plot Korelasi Silang antara α_t dan β_t

4.4 Penetapan Nilai (b,r,s) Model Fungsi Transfer

Penetapan nilai (b,r,s) untuk model fungsi transfer dilihat berdasarkan plot korelasi silang pada Gambar 9. Lag yang pertama kali signifikan adalah lag ke nol, oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa nilai b adalah nol. Sedangkan penentuan nilai s berdasarkan seberapa lama deret output secara terus-menerus dipengaruhi nilai baru dari deret input sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai s sama dengan nol karena setelah lag ke nol tidak ada lagi lag yang signifikan. Nilai r adalah nol karena dari plot korelasi silang menunjukkan tidak adanya pola tertentu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model fungsi transfer tinggi gelombang berdasarkan kecepatan angin memiliki nilai b=0, s=0 dan r=0.

4.5 Identifikasi Model Deret Noise

Model deret noise diidentifikasi berdasarkan plot ACF dan PACF residual model fungsi transfer. Didapatkan beberapa dugaan model ARMA untuk model deret noise yaitu ARMA (1,0), ARMA (2,0), ARMA (3,0), ARMA (4,0),

ARMA (5,0), ARMA (0,1), ARMA (1,1), ARMA (2,1), ARMA (3,1), ARMA (4,1) dan ARMA (5,1).

4.6 Pembentukan Model Fungsi Transfer

Pembentukan model fungsi transfer secara menyeluruh dilakukan dengan memasukkan nilai (b,r,s) dan model deret *noise*. Selanjutnya dilakukan uji signifikansi dan uji diagnostik untuk masing-masing modelnya.

Tabel 2. Uji Signifikansi dan Uji Diagnostik Model Fungsi Transfer

Fungsi Transfer (b,r,s)(p _n ,q _n)	Signifikansi Parameter	Korelasi Silang	Ljung- Box	Normalitas	LM	Kesimpulan
(0,0,0)(1,0)	✓	✓	✗	✗	✗	model tidak layak
(0,0,0)(2,0)	✓	✗	✗	✗	✓	model tidak layak
(0,0,0)(3,0)	✓	✓	✗	✗	✓	model tidak layak
(0,0,0)(4,0)	✓	✓	✗	✗	✓	model tidak layak
(0,0,0)(5,0)	✓	✓	✗	✗	✓	model tidak layak
(0,0,0)(0,1)	✓	✓	✗	✓	✓	model tidak layak
(0,0,0)(1,1)	✓	✓	✓	✓	✓	model layak

Keterangan: ✓ : asumsi terpenuhi
✗ : asumsi tidak terpenuhi

Berdasarkan Tabel 2 maka dapat disimpulkan bahwa hanya model fungsi transfer b=0, r=0, s=0 dengan model deret *noise* ARMA (1,1) yang layak digunakan sehingga model terbaiknya adalah model fungsi transfer b=0, r=0, s=0 dengan model deret *noise* ARMA (1,1). Model fungsi transfer tersebut kemudian digunakan dalam peramalan tinggi gelombang berdasarkan kecepatan angin.

4.7 Peramalan Tinggi Gelombang Menggunakan Model Fungsi Transfer

Secara matematis, model fungsi transfer b=0, r=0, s=0 dengan model deret *noise* ARMA (1,1) dapat dituliskan:

$$y_t = \omega_0 x_t + \frac{(1-\theta_1 B)}{(1-\phi_1 B)} a_t$$

$$y_t = 0,21209x_t + \frac{(1-0,92779B)}{(1-0,11741B)} a_t$$

$$y_t = 0,11741y_{t-1} + 0,21209x_t - 0,0249x_{t-1} + a_t - 0,11741a_{t-1}$$

Di mana $y_t = Y_t - Y_{t-1}$ dan $x_t = X_t - X_{t-1}$ sehingga persamaannya menjadi:

$$Y_t = 1,11741Y_{t-1} - 0,11741Y_{t-2} + 0,21209X_t - 0,23699X_{t-1} + 0,0249X_{t-2} + a_t - 0,92779a_{t-1}$$

Hasil peramalan tinggi gelombang berdasarkan kecepatan angin untuk bulan Januari 2015 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Peramalan Tinggi Gelombang berdasarkan Kecepatan Angin

Hari ke-	Peramalan	Hari ke-	Peramalan	Hari ke-	Peramalan
1	0,8979	11	0,9552	21	0,9552
2	0,9472	12	0,9552	22	0,9552
3	0,9589	13	0,9552	23	0,9552
4	0,9537	14	0,9552	24	0,9552
5	0,9553	15	0,9552	25	0,9552
6	0,9554	16	0,9552	26	0,9552
7	0,9551	17	0,9552	27	0,9552
8	0,9553	18	0,9552	28	0,9552
9	0,9552	19	0,9552	29	0,9552
10	0,9552	20	0,9552	30	0,9552

Berdasarkan hasil peramalan pada Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa adanya kecenderungan naik pada peramalan tinggi gelombang dan gelombang tertinggi terjadi pada hari ketiga. Perhitungan ketepatan peramalan tinggi gelombang menggunakan model fungsi transfer dilakukan dengan MAPE yang menghasilkan nilai sebesar 18,7%. Nilai tersebut menunjukkan persentase kesalahan dalam meramalkan tinggi gelombang dengan kecepatan angin sebagai deret *input*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Model fungsi transfer yang terbentuk pada pemodelan tinggi gelombang yang dipengaruhi kecepatan angin adalah sebagai berikut:

$$Y_t = 1,11741Y_{t-1} - 0,11741Y_{t-2} + 0,21209X_t - 0,23699X_{t-1} + 0,0249X_{t-2} + a_t - 0,92779a_{t-1}$$

2. Hasil peramalan dengan menggunakan model fungsi transfer pada tinggi gelombang yang dipengaruhi kecepatan angin untuk Januari 2015 menunjukkan bahwa tinggi gelombang cenderung naik dan gelombang tertinggi terjadi pada hari ketiga dengan 0,9589 meter dan MAPE sebesar 18,7%.

DAFTAR PUSTAKA

- Hutabarat, S. 2008. *Pengantar Oseanografi*. Jakarta. Universitas Indonesia Press.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., McGee, V. E. 1988. *Metode dan Aplikasi Peramalan, Jilid 1 Edisi Kedua*. Diterjemahkan oleh: Ir. Untung Sus Andriyanto. Jakarta. Erlangga.
- Suyitno. 2011. *Pengestimasi Parameter Model Autoregresif Pada Analisis Deret Waktu Univariat*. Jurnal Eksponensial, Vol. 2, No. 1.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta. Beta Offset.
- Wei, W. W. S. 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. USA. Pearson Education, Inc.