
MODEL MATEMATIKA KETINGGIAN GELOMBANG PERAIRAN PULAU BAWEAN DENGAN METODE ARIMA

(*MATHEMATICS MODEL OF HEIGHT BAWEAN ISLAND'S WAVE
WITH ARIMA METHOD*)

Yuni Listiana¹, Lusiana Prastiwi²

¹Universitas Dr. Soetomo, yuni.listiana@unitomo.ac.id

²Universitas Dr. Soetomo, lusiana.pratiwi@unitomo.ac.id

Abstrak

Kondisi cuaca yang mudah berubah saat ini menyebabkan ketinggian gelombang di perairan Pulau Jawa Judul sulit untuk ditebak. Pulau Bawean adalah salah satu Pulau Kecil di tengah laut Jawa yang distribusi logistik dan aktivitas lainnya sangat dipengaruhi oleh kondisi laut Jawa. Sehingga diperlukan sebuah metode untuk mengidentifikasi model matematika ketinggian gelombang perairan Pulau Bawean agar dapat membantu instansi terkait dalam memprediksi ketinggian gelombang secara akurat. ARIMA merupakan salah satu metode dalam analisis data *time series* yang banyak digunakan untuk menganalisis data secara statistik untuk mendapatkan model terbaik berdasarkan perilaku data tersebut, salah satu diantaranya adalah data ketinggian gelombang. Dalam penelitian ini didapatkan bahwa ARIMA(2,1,0) merupakan model terbaik untuk ketinggian gelombang perairan Pulau Bawean.

Kata kunci: Model, Arima, Time series, Ketinggian gelombang, Bawean

Abstract

The weather conditions that are easy to change at this time cause the wave heights in the waters of Java Island Title to be difficult to predict. Bawean Island is one of the Small Islands in the middle of the Java Sea whose logistic distribution and other activities are strongly influenced by the condition of the Java Sea. Urgently, we need a method to identify the mathematical model of Bawean Island's water wave height so that it can help related intitutions in accurately predicting wave heights. ARIMA is one method in time series data analysis that is widely used to analyze data statistically to get the best model based on the behavior of the data, one of which is wave height data. In this study , we found that ARIMA (2,1,0) is the best model for the wave height of the waters of Bawean Island.

Keywords: Model, Arima, Time series, Wave height, Bawean

PENDAHULUAN

Ketinggian gelombang merupakan faktor penting dalam keselamatan lalu lintas di atas laut. Gelombang yang tinggi bisa menyebabkan aktivitas laut terganggu, diantaranya adalah kecelakaan kapal. Kecenderungan kondisi cuaca yang sering berubah-ubah saat ini menyebabkan ketinggian gelombang di perairan Indonesia sulit untuk ditebak. Penyimpangan ini dapat dilihat dari tidak normalnya aktivitas perairan yang menyebabkan terganggunya kegiatan pelayaran penumpang dan distribusi logistik ke beberapa daerah tertentu, salah satu diantaranya adalah Pulau Bawean.

Pulau Bawean merupakan salah satu pulau yang terletak di utara pulau Jawa, secara administratif merupakan kawasan Kabupaten Gresik – Jawa Timur. Menurut (Tayyib & Winahju, 2014), perairan Pulau Bawean merupakan pusat bagi kehidupan nelayan disana. Kondisi cuaca yang buruk akan berakibat terhadap menganggunya para nelayan untuk melaut. Tidak hanya bagi nelayan, kondisi cuaca yang buruk juga dapat berdampak pada terganggunya jadwal penyebrangan Gresik-Bawean, sehingga proses pendistribusian logistik bahan makanan, sembako, Gas LPJ dan BBM pun tersendat. Dengan begitu diperlukan sebuah model matematika yang tepat yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan akan kondisi gelombang pada masa yang akan datang. Model matematika tersebut akan lebih tepat pula biladialalisis berdasarkan kejadian sebelumnya yang disusun sedemikian hingga dalam runtun waktu yang sama, sehingga model yang terbentuk dapat merepresentasikan kondisi gelombang pada saat itu. Karena pencarian model berdasarkan pada rangkaian data kejadian sebelumnya, maka metode yang kami gunakan dalam pencarian model pada penelitian ini adalah metode analisis runtun waktu.

Metode analisis runtun waktu (*time series analysis*) adalah salah satu dari beberapa metode yang dapat digunakan dalam menganalisis data sehingga didapatkan model data yang sesuai. Metode ini biasanya digunakan untuk melakukan peramalan terhadap nilai historis yaitu nilai pada masa yang akan datang berdasarkan nilai pada masa lalu dan sekarang, tanpa memperdulikan mengapa terjadi peningkatan nilai tertentu (Kasanah, 2016). Tahap peramalan dalam metode analisis runtun waktu dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan model data yang menjadi dasar dari peramalan. Namun dalam penelitian ini, kami menggunakan metode ini untuk mendapatkan model matematika terbaik dari ketinggian gelombang perairan Pulau Bawean berdasarkan data beberapa bulan sebelumnya yang kami peroleh dari Stasiun Meteorologi Klas III Sangkapura. Salah satu metode yang akurat untuk digunakan dalam penentuan model suatu data *time series* adalah model ARIMA.

Model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) dengan tiga parameter, (p,d,q) , dinotasikan sebagai ARIMA (p,d,q) , apabila $d=0$ dan $q=0$, maka model *autoregressive* dinotasikan sebagai AR (p) , sedangkan apabila $p=0$ dan $d=0$, maka model *moving average* dinotasikan sebagai MA (q) , dimana parameter d menunjukkan bahwa proses tidak stasioner sehingga apabila $d=0$, maka proses telah stasioner (Wibowo, Suparti, & Tarno, 2012). Dengan kata lain, model ARIMA berlaku apabila data mengalami kondisi tidak stasioner, baik dalam mean maupun terhadap varians. Sehingga untuk menentukan model dari suatu data dengan metode ARIMA, sangat penting untuk melakukan uji stasioner terlebih dahulu. Apabila data yang terbentuk tidak stasioner terhadap varians,

maka akandata bisa distasionerkan dengan proses transformasi, salah satunya menggunakan metode transformasi perpangkatan (*the power of transformation methode*) dengan formula sebagai berikut (Wei, 2006) :

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

Dengan $T(Z_t)$ adalah data hasil transformasi, dan λ merupakan nilai *round value* yang didapat dalam analisis *box-cox*. Namun terdapat beberapa kasus khusus terkait transformasi perpangkatan, sebagai contoh dalam Tabel 1 berikut menunjukkan beberapa nilai λ yang sering digunakan dengan pangkat hasil transformasinya (Wei, 2006).

Tabel 1. Transformasi perpangkatan untuk nilai λ tertentu

Nilai λ	Transformasi
-1,0	$\frac{1}{Z_t}$
-0,5	$\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$
0,0	$\ln Z_t$
0,5	$\sqrt{Z_t}$
1,0	Z_t (tanpa transformasi)

Sedangkan bila data tersebut tidak stasioner terhadap mean, maka perlu dilakukan sebuah proses *differencing* sebanyak d kali. Yang dimaksud dengan *differencing* adalah menghitung perubahan atau selisih nilai observasi. Nilai selisih yang diperoleh dicek lagi apakah stasioner atau tidak. Jika belum stasioner maka dilakukan *differencing* lagi.

Bentuk umum persamaan model ARIMA(p,d,q) adalah (Wei, 2006):

$$\phi_p(B)(1 - B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t \tag{2}$$

dengan $\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)$ adalah operator stasioner dari AR dan $\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)$ adalah *invertible* MA. Parameter θ_0 memainkan peranan yang sangat berbeda untuk $d = 0$ dan $d > 0$. Ketika $d = 0$, maka data adalah stasioner, dan $\theta_0 = \mu(1 - \phi_1 - \dots - \phi_p)$, dengan μ adalah mean. Sedangkan ketika $d \geq 1$, nilai θ_0 sering diabaikan dari model kecuali benar – benar dibutuhkan.

Dalam penelitian ini didapat bahwa data tidak stasioner, sedemikian hingga dalam penelitian ini kami mengkaji lebih dalam tentang analisis runtun waktu dengan metode ARIMA(p,d,q) untuk menentukan model terbaik ketinggian gelombang di Perairan Pulau Bawean.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu yang pertama adalah tahapan pengambilan data, identifikasi model, estimasi parameter model dan verifikasi model serta uji diagnosis. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harian prediksi ketinggian gelombang perairan Pulau Bawean periode bulan September 2017 hingga Desember 2017 (122 hari). Data diperoleh langsung dari Stasiun Meteorologi Klas III Sangkapura Pulau Bawean.

Setelah proses tahapan pengambilan data, selanjutnya data diolah untuk dilakukan identifikasi model, yaitu dengan melakukan uji stasioneritas guna melihat apakah data stasioner atau fluktuatif dalam nilai yang konstan. Dikarenakan data yang kami peroleh tidak stasioner maka kami melakukan proses transformasi data dengan analisis *box-cox* agar stasioner terhadap varians dan differencing satu kali agar data stasioner terhadap mean, sedemikian hingga nilai d kami dapatkan sama dengan 1. Setelah data stasioner, selanjutnya kami lakukan analisis time series untuk mendapatkan model awal ARIMA. Analisis ini dilakukan dengan mengidentifikasi model yang mungkin berdasarkan plot ACF dan PACF dari data yang sudah stasioner.

Berdasarkan model sementara yang didapat dari analisis plot ACF dan plot PACF, kami melakukan estimasi untuk menentukan nilai parameter dari masing – masing model ARIMA tersebut. Tahapan ini berkorelasi dengan verifikasi model, dimana pada tahap ini semua model yang mungkin akan diverifikasi dan diuji diagnosis untuk menentukan model yang paling akurat. Verifikasi dilakukan dengan uji *t-student* dan *Ljung Box*. Secara umum, proses analisis hingga verifikasi model dilakukan dengan software Minitab 16.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Stasioneritas Data Ketinggian Gelombang

Dalam pembahasan ini, kami mengolah data yang kami peroleh dengan menggunakan software Minitab 16, data yang kami analisis adalah data periode bulan September hingga Desember 2017 sebagaimana tersaji dalam Tabel 2. Data yang tersaji dalam tabel 2 merupakan data berurutan dalam periode 122 hari (data *time series*). Dalam analisis time series, model yang didapat bukanlah model yang sebenarnya, hal ini disebabkan oleh munculnya kombinasi sejumlah model yang memungkinkan, sehingga kami harus melakukan verifikasi terlebih dahulu terkait kelayakan model tersebut untuk menjadi model terbaik.

Tahap pertama yang dilakukan dalam analisis *time series* adalah melakukan uji stasioneritas untuk melihat apakah data konstan terhadap *varians* maupun *mean*. Dari data uji yang didapat dari Stasiun III Meteorologi Sangkapura Bawean tersebut didapatkan plot time series untuk melihat stasioneritas data dalam varians maupun dalam mean. Kriteria data Stasioner merupakan syarat yang harus dipenuhi agar data tersebut dapat diolah menggunakan time series analisis. Untuk uji stasioner suatu data maka pertama kali yang mudah untuk diamati adalah plot time series dari data tersebut, jika plot yang dihasilkan fluktuatif secara stabil maka dapat dikatakan bahwa data tersebut stasioner (Wei, 2006). Plot yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1 berdasarkan plot time series dari data uji. Dari gambar 1 didapat bahwa plot yang dihasilkan tidak stabil, sehingga dapat dikatakan bahwa data tidak stasioner, terutama dalam mean. Selanjutnya untuk melihat stasioner data dalam varian akan dilakukan analisis Box-Cox, dimana data dapat dikatakan stasioner dalam varian jika nilai rounded value bernilai 1 (Wei, 2006). Dari data tabel 2 setelah dilakukan plot Box-Cox didapat hasil sebagaimana tersaji pada Gambar 2.

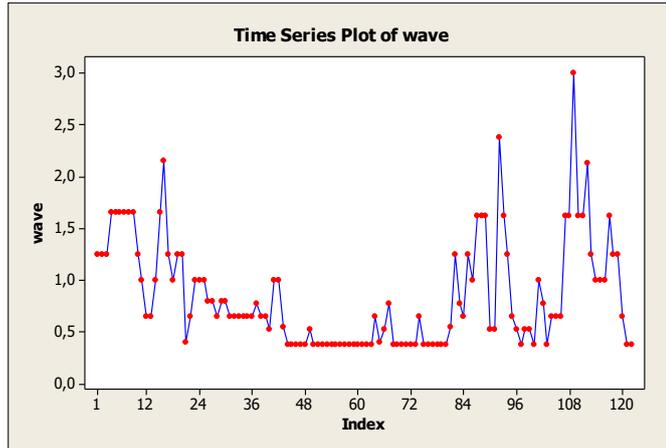
Dari gambar 2 dapat diketahui bahwa data uji belum stasioner dalam varians dimana nilai lambda berkisar antara -0,04 hingga -0,71 dengan nilai estimasi -0,39 dan rounded value (λ) sebesar -0,5. Sebagaimana dalam Tabel 1, untuk nilai $\lambda = -0.5$ pangkat transformasi yang digunakan adalah :

$$T(Z_t) = \frac{1}{\sqrt{Z_t}}$$

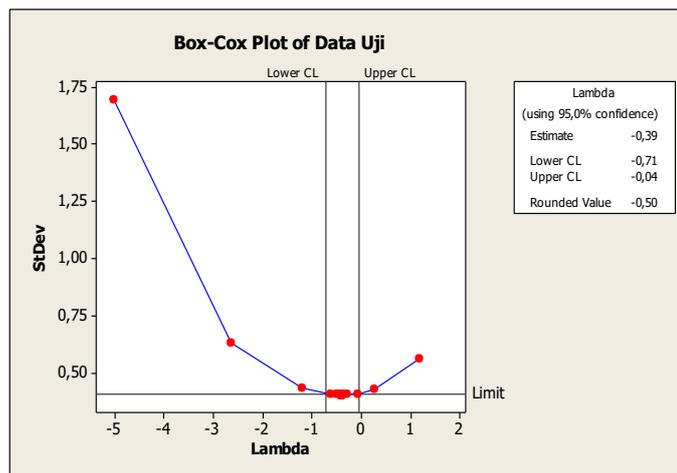
dan data hasil transformasi yang didapat seperti tersaji dalam Gambar 3

**Tabel 2. Data ketinggian gelombang perairan Pulau Bawean
Periode bulan September s/d Desember 2017**

Tanggal	September	Oktober	November	Desember
1	1,25	0,65	0,375	2,375
2	1,25	0,65	0,375	1,625
3	1,25	0,65	0,65	1,25
4	1,65	0,65	0,4	0,65
5	1,65	0,65	0,525	0,525
6	1,65	0,65	0,775	0,375
7	1,65	0,775	0,375	0,525
8	1,65	0,65	0,375	0,525
9	1,65	0,65	0,375	0,375
10	1,25	0,525	0,375	1
11	1	1	0,375	0,775
12	0,65	1	0,375	0,375
13	0,65	0,55	0,65	0,65
14	1	0,375	0,375	0,65
15	1,65	0,375	0,375	0,65
16	2,15	0,375	0,375	1,625
17	1,25	0,375	0,375	1,625
18	1	0,375	0,375	3
19	1,25	0,525	0,375	1,625
20	1,25	0,375	0,55	1,625
21	0,4	0,375	1,25	2,125
22	0,65	0,375	0,775	1,25
23	1	0,375	0,65	1
24	1	0,375	1,25	1
25	1	0,375	1	1
26	0,8	0,375	1,625	1,625
27	0,8	0,375	1,625	1,25
28	0,65	0,375	1,625	1,25
29	0,8	0,375	0,525	0,65
30	0,8	0,375	0,525	0,375
31		0,375		0,375



Gambar 1. Hasil plot grafik time series dari data uji



Gambar 2. Hasil plot Box-Cox pada Data Uji

Box-Cox Plot of Data Uji

```
MTB > BoxCox 'Data Uji' 122;
SUBC> Store C2.
```

Box-Cox Plot of Data Uji

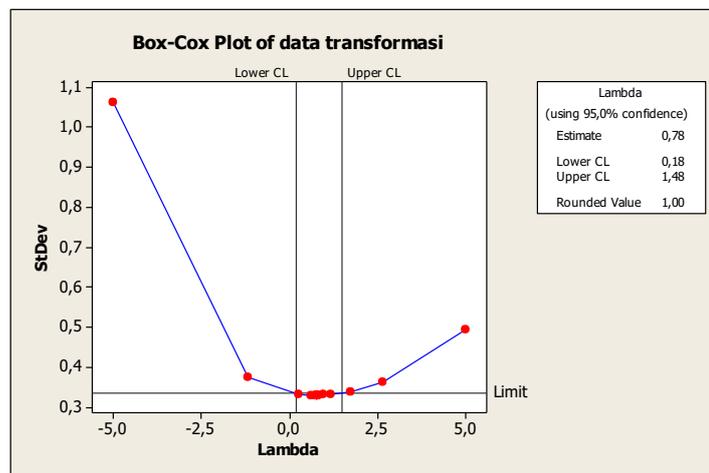
MTB >

Worksheet 1 ***					
	C1	C2	C3	C4	C5
	Data Uji	data transformasi			
1	1,250	0,89443			
2	1,250	0,89443			
3	1,250	0,89443			
4	1,650	0,77850			
5	1,650	0,77850			
6	1,650	0,77850			
7	1,650	0,77850			
8	1,650	0,77850			
9	1,650	0,77850			

Gambar 3. Cuplikan data hasil transformasi dengan Box-Cox

Data hasil transformasi sudah stasioner terhadap vaarians, hal ini terbukti dari plot Box-Cox data hasil transformasi yang tersaji pada Gambar 4, terlihat bahwa nilai $\lambda = 1$, sedemikian hingga data hasil transformasi telah stasioner dalam varians.

Dalam penelitian ini, kami akan membandingkan model awal ketinggian gelombang yang mungkin dari data yang telah ditransformasi dengan data yang belum ditransformasi. Sebagaimana yang diketahui bahwa model ARIMA(p,d,q) merupakan model *Autoregressive Integrated Moving Average* dengan parameter p dan q masing – masing merupakan ordo maksimum dari *Autoregressive*(AR) dan *Moving Average*(MA). Sedangkan parameter d merupakan jumlah proses *differencing* yang dilakukan guna menstasionerkan data dalam *mean*. Dengan kata lain, bahwa stasioner terhadap varians tidak memberikan sumbangsih nilai parameter terhadap model ARIMA itu sendiri dan juga hasil transformasi data yang didapatkan akan digunakan dalam proses analisis berikutnya sehingga dikhawatirkan dapat mempengaruhi hasil. Sedemikian hingga perbedaan hasil akan kami analisis kami dalam *paper* ini.



Gambar 4. Hasil plot Box-Cox data hasil transformasi

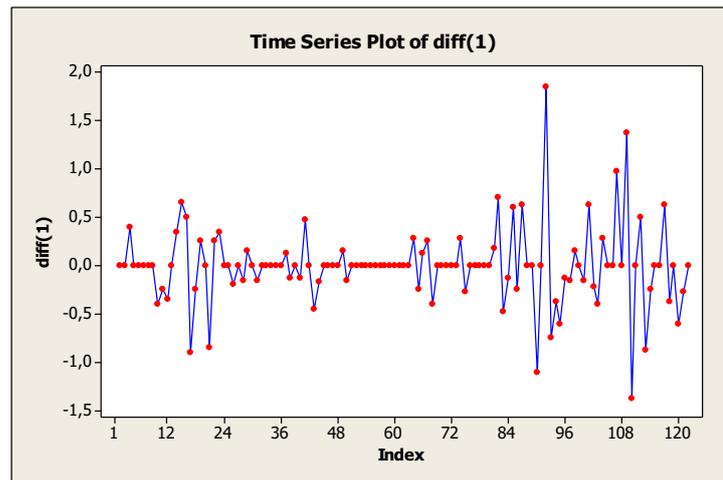
	Data Uji	data transformasi	diff(1)
1	1,250	0,89443	*
2	1,250	0,89443	0,000
3	1,250	0,89443	0,000
4	1,650	0,77850	0,400
5	1,650	0,77850	0,000
6	1,650	0,77850	0,000
7	1,650	0,77850	0,000
8	1,650	0,77850	0,000
9	1,650	0,77850	0,000
10	1,250	0,89443	-0,400
11	1,000	1,00000	-0,250
12	0,650	1,24035	-0,350

Gambar 5. Cuplikan data hasil differences dengan $d=1$

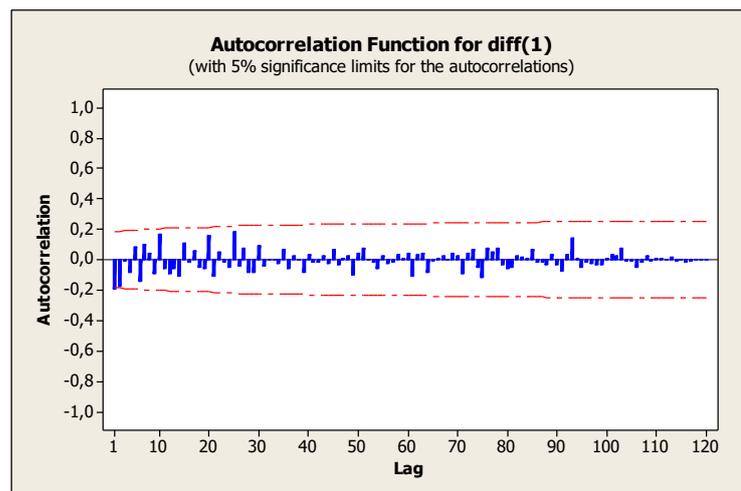
Ketidastasioneran dalam mean dengan data riil dapat dideteksi dengan melihat hasil plot *time series* dari data (tabel 2), jika plot *time series* berfluktuasi di sekitar rata-rata yang konstan, maka dapat dikatakan bahwa tersebut telah stasioner dalam mean. Dari plot *time series* pada gambar 1, didapat bahwa plot

yang terbentuk masih fluktuatif dengan pola yang tidak teratur, sehingga dapat disimpulkan bahwa data tidak stasioner dalam mean. Agar didapat data yang stasioner dalam mean, maka data harus dilakukan differencing sampai plot data yang dihasilkan membentuk pola yang teratur atau mendekati rata-rata konstan (stasioner dalam mean), hasil differencing data dapat dilihat pada gambar 5.

Setelah dilakukan proses differences satu kali atau dengan nilai $d=1$ didapat plot time series yang fluktuatif dengan rata rata mendekati nilai konstan sebagaimana terlihat pada Gambar 6. Stasioneritas data dalam mean juga dapat dilihat dari plot ACF dari data yang telah dilakukan differensiasi. Dari gambar 7 terlihat bahwa nilai-nilai autokorelasi tidak turun secara lambat lagi menuju 0, yang artinya data hasil differensiasi tersebut telah stasioner dalam mean.



Gambar 6. Hasil plot time series dari data hasil differencing



Gambar 7. Plot ACF dari data hasil diffensiasi

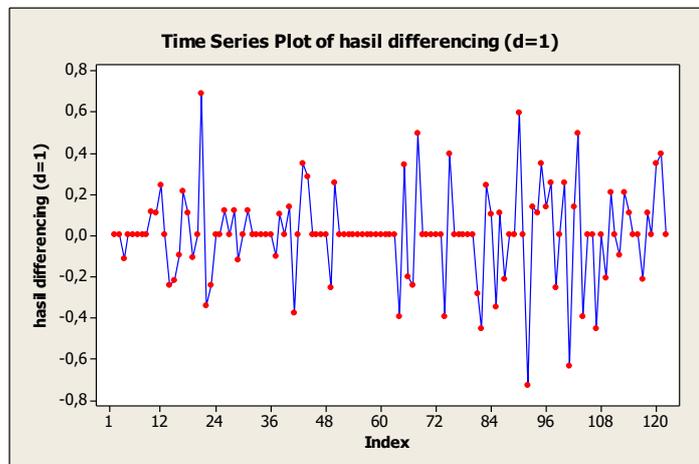
Selanjutnya adalah menentukan kestasioneran data uji dalam mean dengan mempertimbangkan stasioneritas data dalam varians. Dalam hal ini data yang kami analisis adalah data hasil transformasi sebagaimana yang tersaji pada Gambar 3, dari data hasil transformasi tersebut didapat plot *time series* yang fluktuatif sehingga kami melakukan proses differencing data dengan menggunakan data tranformasi, dan data hasil differencing tersaji dalam Gambar 8. Dari data hasil diferencing tersebut dapat terlihat pada Gambar 9 bahwa plot

time series telah stabil ke sebuah nilai konstan.

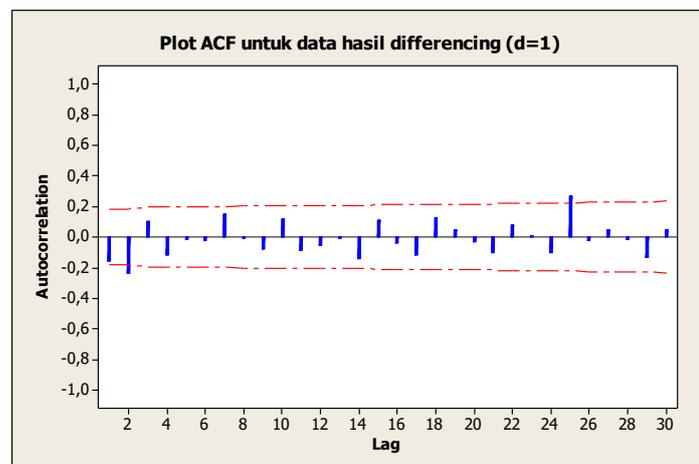
Stasioneritas data dalam mean juga dapat dilihat dari plot ACF dari data yang telah dilakukan differensiasi. Dari Gambar 10 terlihat bahwa nilai-nilai autokorelasi tidak turun secara lambat lagi menuju 0, yang artinya data hasil differensiasi tersebut telah stasioner dalam mean.

↓	C1	C2	C3
	Data Uji	hasil transformasi	transformasi differencing (d=1)
1	1,250	0,89443	*
2	1,250	0,89443	0,000000
3	1,250	0,89443	0,000000
4	1,650	0,77850	-0,115928
5	1,650	0,77850	0,000000
6	1,650	0,77850	0,000000
7	1,650	0,77850	0,000000
8	1,650	0,77850	0,000000
9	1,650	0,77850	0,000000
10	1,250	0,89443	0,115928
11	1,000	1,00000	0,105573
12	0,650	1,24035	0,240347
13	0,650	1,24035	0,000000
14	1,000	1,00000	-0,240347
15	1,650	0,77850	0,221501

Gambar 8. Data Hasil Differencing satu kali dari data hasil transformasi



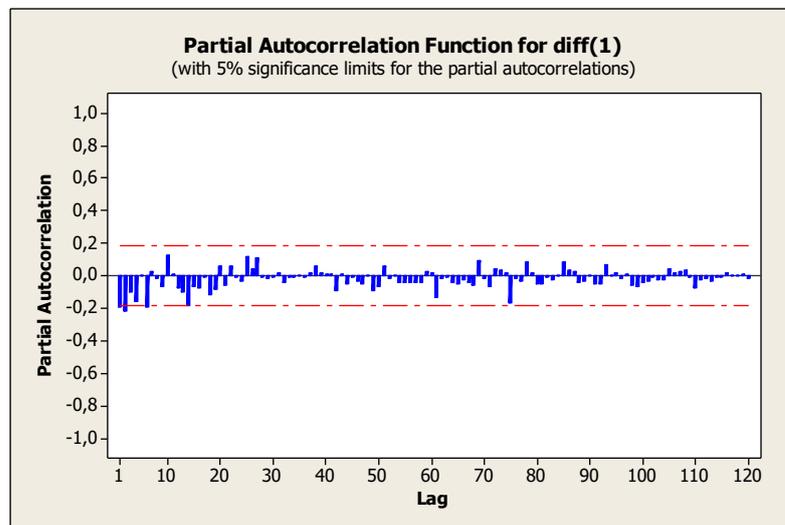
Gambar 9. Plot *time series* untuk data hasil differencing dari data transformasi



Gambar 10. Plot ACF untuk data hasil differencing dari data transformasi

Identifikasi Model Awal untuk Data Stasioner dalam Mean

Setelah data telah stasioner dalam mean, maka analisis selanjutnya adalah menentukan model persamaan matematika dari ketinggian gelombang. Berdasarkan hasil *differencing* data pada Gambar 5, model awal didapatkan dengan melihat hasil plot ACF dan PACF dari data hasil *differencing* tersebut. Untuk mengetahui orde atau derajat tertinggi pada MA (*moving average*) dapat dilihat pada hasil plot ACF dari data yang telah stasioner terhadap rata-rata atau mean, sedangkan untuk mengetahui orde atau derajat tertinggi pada AR (*autoregressive*) dilihat pada hasil plot PACF (Kurniawan, Hanafi, & Apriliani, 2014). Order maksimum dari setiap plot digambarkan oleh lag yang keluar dari garis batas signifikan, dengan kata lain oleh loncatan data tidak normal. Plot ACF dari data hasil differensiasi pada Gambar 7 didapat bahwa data bertipe *desk-down* atau turun perlahan menuju 0, sehingga orde atau derajat maksimum dari model MA adalah 0 atau $q=0$. Sedangkan dari plot PACF pada Gambar 11 didapat bahwa data bertipe *cut-off* dimana ketidaknormalan/lompatan data terletak pada lag 2 dan lag 6 yang keluar dari garis batas signifikan. Hal ini mengakibatkan kemungkinan order atau derajat maksimum untuk model AR adalah 2 dan 6, atau $p=2 \vee p=6$. Sehingga dari kombinasi orde AR dan MA dengan nilai $d=1$, maka kemungkinan model ARIMA yang terbentuk adalah ARIMA (2,1,0) dan ARIMA (6,1,0).

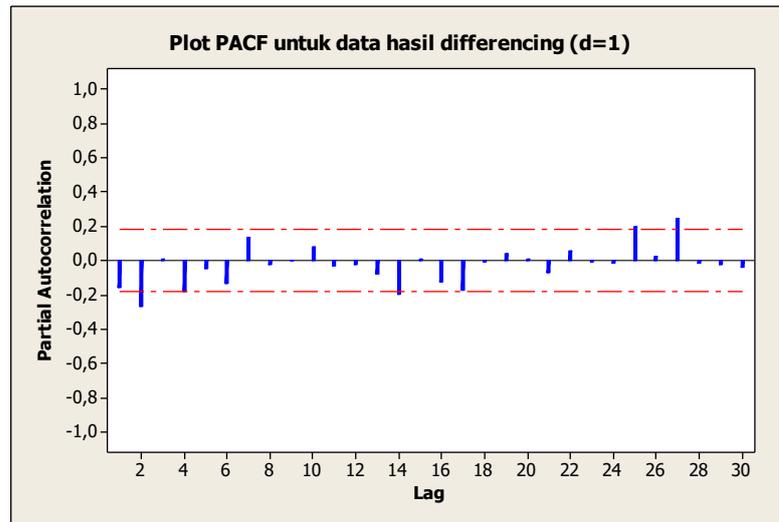


Gambar 11. Hasil plot PACF dari data hasil differensiasi

Identifikasi Model Awal untuk Data Stasioner Dalam Mean dan Varians

Dengan berdasarkan data pada Gambar 8, maka model awal data yang telah stasioner terhadap mean dan varians dianalisis dari data transformasinya. Plot ACF sebagaimana Gambar 10 didapat bahwa data bertipe *cut-off* dengan lag terjadi pada lag ke 2, sehingga ordo dari model MA adalah 2 atau $q=2$. Sedangkan dari plot PACF pada Gambar 12 didapat bahwa data bertipe *cut-off* dimana ketidaknormalan/lompatan data terletak pada lag 2 yang keluar dari garis batas signifikan. Hal ini mengakibatkan kemungkinan order atau derajat maksimum untuk model AR adalah 2 atau $p=2$. Sehingga dari kombinasi orde AR dan MA dengan nilai $d=1$, maka kemungkinan model ARIMA yang terbentuk adalah ARIMA (2,1,2).

Jadi tiga model awal yang mungkin untuk ketinggian gelombang perairan pulau Bawean adalah ARIMA(2,1,0), ARIMA(6,1,0) dan ARIMA(2,1,2).



Gambar 12. Hasil plot PACF dari data hasil differensiasi

Verifikasi Model Awal

Untuk menentukan model terbaik diantara ARIMA (2,1,0) dengan ARIMA (6,1,0), maka dilakukan beberapa uji seperti uji *significant* dan *white noise* sebagaimana Tabel 3.

Tabel 3. Model awal ARIMA berdasarkan plot ACF dan PACF

No.	Model	Significant	White noise	keterangan
1	(2,1,0)	√	√	sesuai
2	(6,1,0)	Tidak teridentifikasi	Tidak teridentifikasi	Tidak sesuai
3	(2,1,2)	x	x	Tidak sesuai

Menurut(Hadijah, 2013), Uji significant dan uji white noise pada model ARIMA(p,d,q) dilakukan dengan menggunakan Minitab 16, dimana dalam Minitab 16 hanya bekerja untuk masing-masing nilai p dan q maksimal 5. Sehingga model ARIMA(6,1,0) tidak teridentifikasi dalam uji significant dan white noise, dengan kata lain model ini bukan merupakan model terbaik.

Sedangkan untuk model ARIMA(2,1,0) setelah dilakukan uji significant dan white noise didapatkan hasil sebagaimana dalam Gambar 13. Dari hasil uji significant parameter menggunakan statistik uji *t-student* dari model ARIMA (2,1,0) didapat bahwa nilai *p-value* untuk AR(1) dan AR(2) masing-masing kurang dari $\alpha(0,05)$, yaitu 0,009 dan 0,016, sehingga parameter significant. Sedangkan untuk uji residual white noise menggunakan uji *L-jung Box* didapatkan bahwa nilai *p-value* untuk setiap lag yang disajikan lebih besar dari $\alpha(0,05)$, yaitu 0,101; 0,219; 0,260; dan 0,662, sehingga residual bersifat white noise dengan nilai error atau Mean Square sebesar 0,1485.

Selanjutnya untuk model ARIMA(2,1,2) juga dilakukan verifikasi melalui uji significant dan white noise sebagaimana tersaji pada Gambar 14. Dari gambar terlihat bahwa nilai *p-value* hasil uji significant masing – masing adalah AR(1)

0,023, AR(2) 0,004, MA(1) 0,125, dan MA(2) 0,00, yang mana terdapat satu nilai p -value yang lebih besar dari $\alpha(0,05)$ sehingga parameter tidak significant. Untuk uji residual white noise, didapat bahwa p -value untuk lag 12, 24, 36, dan 48 masing – masing adalah (0,361), (0,47), (0,031), dan (0,065), sehingga terdapat satu nilai p -value yang kurang dari $\alpha(0,05)$, maka residual tidak bersifat white noise. Sehingga model ARIMA(2,1,2) tidak lolos uji verifikasi.

Partial Autocorrelation for diff(1)

```
MTB > ARIMA 2 1 0 'Data Uji';
SUBC> Constant;
SUBC> Brief 2.
```

ARIMA Model: Data Uji

Estimates at each iteration

Iteration	SSE	Parameters		
0	21,6239	0,100	0,100	0,074
1	18,6058	-0,050	-0,041	0,014
2	17,5621	-0,200	-0,183	-0,011
3	17,5193	-0,236	-0,217	-0,010
4	17,5192	-0,238	-0,219	-0,010
5	17,5192	-0,238	-0,219	-0,010

Relative change in each estimate less than 0,0010

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0,2383	0,0898	-2,65	0,009
AR 2	-0,2190	0,0900	-2,43	0,016
Constant	-0,01012	0,03503	-0,29	0,773

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 122, after differencing 121

Residuals: SS = 17,5192 (backforecasts excluded)
MS = 0,1485 DF = 118

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	14,6	25,7	37,8	40,5
DF	9	21	33	45
P-Value	0,101	0,219	0,260	0,662

Gambar 13. Hasil uji signifikansi dan white noise untuk ARIMA(2,1,0)

Dari pemaparan diatas maka dapat dinyatakan bahwa model ARIMA (2,1,0) merupakan model terbaik dari ketinggian gelombang perairan pulau Bawean, sehingga dengan mensubstitusi nilai $p=2$, $d=1$, dan $q=0$ ke bentuk umum ARIMA Box-Jenkins sebagaimana persamaan yang terdapat pada (Wei, 2006) didapat persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \phi_p(B)(1 - B)^d Z_t &= \theta_0 + \theta_q(B) a_t \\ \phi_2(B)(1 - B)^1 Z_t &= \theta_0(B) a_t \\ (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)(1 - B) Z_t &= (1) a_t \\ (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - B + \phi_1 B^2 + \phi_2 B^3) Z_t &= a_t \\ Z_t - \phi_1 Z_{t-1} - \phi_2 Z_{t-2} - Z_{t-1} + \phi_1 Z_{t-2} + \phi_2 Z_{t-3} &= a_t \\ Z_t - (\phi_1 + 1) Z_{t-1} - (\phi_2 - \phi_1) Z_{t-2} + \phi_2 Z_{t-3} &= a_t \end{aligned}$$

Sehingga didapat :

$$Z_t = (\phi_1 + 1)Z_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)Z_{t-2} - \phi_2 Z_{t-3} + a_t(2)$$

```
MTB > ARIMA 2 1 2 'hasil transformasi';
SUBC> Constant;
SUBC> GSeries;
SUBC> GNormalplot;
SUBC> NoDGraphs;
SUBC> Brief 2.
```

ARIMA Model: hasil transformasi

Estimates at each iteration

Iteration	SSE	Parameters					
0	6,92630	0,100	0,100	0,100	0,100	0,085	
1	6,17588	-0,001	-0,036	0,201	0,236	-0,050	
2	5,64191	-0,142	0,077	0,062	0,386	-0,036	
3	5,21256	-0,277	0,185	-0,072	0,536	-0,022	
4	4,88520	-0,349	0,266	-0,145	0,673	0,006	
5	4,87529	-0,328	0,318	-0,123	0,720	0,004	
6	4,86821	-0,343	0,333	-0,137	0,735	0,004	
7	4,82609	-0,343	0,398	-0,139	0,794	0,004	
8	4,79665	-0,347	0,403	-0,153	0,810	0,003	
9	4,79656	-0,339	0,397	-0,153	0,810	0,003	
10	4,79455	-0,329	0,395	-0,150	0,812	0,003	
11	4,79292	-0,331	0,398	-0,151	0,812	0,003	
12	4,79291	-0,331	0,398	-0,151	0,812	0,003	

Relative change in each estimate less than 0,0010

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0,3314	0,1436	-2,31	0,023
AR 2	0,3976	0,1362	2,92	0,004
MA 1	-0,1507	0,0976	-1,54	0,125
MA 2	0,8124	0,0945	8,60	0,000
Constant	0,003259	0,006438	0,51	0,614

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 122, after differencing 121

Residuals: SS = 4,79236 (backforecasts excluded)

MS = 0,04131 DF = 116

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	7,7	18,8	47,2	57,8
DF	7	19	31	43
P-Value	0,361	0,470	0,031	0,065

Gambar 14. Hasil uji signifikansi dan white noise untuk ARIMA(2,1,2)

Dengan nilai parameter untuk AR(1) $\phi_1 = -0,2383$, dan AR(2) $\phi_2 = -0,2190$, dan $a_t = -0,01012$ sebagaimana ditunjukkan pada gambar 9, persamaan (2) menjadi :

$$Z_t = (-0,2383 + 1)Z_{t-1} + (-0,2190 + 0,2383)Z_{t-2} + (0,2190)Z_{t-3} - 0,01012$$

$$Z_t = (0,7617)Z_{t-1} + (0,0193)Z_{t-2} + (0,2190)Z_{t-3} - 0,01012(3)$$

Model persamaan matematika ketinggian gelombang pada persamaan (3), merupakan model terbaik yang dapat digunakan lebih lanjut untuk proses peramalan ketinggian gelombang menggunakan metode yang sesuai.

Dalam analisa yang kami lakukan juga didapat bahwa model terbaik yaitu ARIMA(2,1,0) merupakan model awal yang kami analisis dengan menggunakan

data riil bukan data transformasi. Hal ini membuktikan bahwa stasioneritas dalam varians dapat diabaikan untuk mendapatkan model yang merepresentasikan kondisi riil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam penelitian ini didapatkan bahwa model terbaik untuk ketinggian gelombang pulau Bawean adalah ARIMA(2,1,0) yang didapat dari hasil analisa data riil, bukan data hasil transformasi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk dalam kasus penelitian kami, untuk mendapatkan model ARIMA(p,d,q) stasioneritas terhadap varians dapat diabaikan.

Demi untuk keberlanjutan hasil riset kami, maka kami sangat mengharap kritik dan saran dari akademisi maupun peneliti lainnya agar kami dapat melakukan perbaikan terhadap hasil riset yang kurang.

ACKNOWLEDGMENTS

Penelitian ini merupakan sebagian dari hasil penelitian dosen pemula yang dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2018 Nomor:120/SP2H/LT/DRPM/2018, tanggal 30 Januari 2018.

DAFTAR RUJUKAN

- Hadijah, H. (2013). Peramalan Operasional Reservasi dengan Program Minitab menggunakan Pendekatan Arima PT Surindo Andalan. *The Winners*, 14(1), 13–19. <https://doi.org/10.21512/tw.v14i1.640>
- Kasanah, L. N. (2016). Aplikasi Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) untuk Meramalkan Jumlah Demam Berdarah Dengue (DBD) di Puskesmas Mulyorejo. *Jurnal Biometrika dan Kependudukan*, 5(2), 177–189. <https://doi.org/10.20473/jbk.v5i2.2016.177-189>
- Kurniawan, T., Hanafi, L., & Apriliani, E. (2014). Penerapan Metode Filter Kalman Dalam Perbaikan Hasil Prediksi Cuaca Dengan Metode ARIMA. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 3(2), A28-33. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v3i2.7984>
- Tayyib, M., & Winahju, W. S. (2014). Pemodelan Kecepatan Angin di Perairan Pulau Bawean dengan Menggunakan Fungsi Transfer. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 3(2), D248–D253. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v3i2.8152>
- Wei, W. W. S. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods (Classic Version)*. Pearson Education.
- Wibowo, Y. A., Suparti, S., & Tarno, T. (2012). ANALISIS DATA RUNTUN WAKTU MENGGUNAKAN METODE WAVELET THRESHOLDING. *Jurnal Gaussian*, 1(1), 249–258.