

## PEMODELAN ARIMA UNTUK PRAKIRAAN KENAIKAN MUKA AIR LAUT DAN DAMPAKNYA TERHADAP LUAS SEBARAN ROB TAHUN 2020 DI SEMARANG

<sup>1</sup>Dwi Haryo Ismunarti, <sup>2</sup>Alfi Satriadi, <sup>3</sup>Azis Rifai

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro Semarang  
Alamat e-mail : dwiharyois@gmail.com

### ABSTRAK

Muka air laut dalam istilah pasang surut disebut *mean sea level (MSL)* yaitu rata-rata jumlah seluruh ketinggian pasang yang diamati. Pemodelan untuk membuat prakiraan kenaikan muka air laut di Semarang telah banyak dilakukan dengan pendekatan yang hanya mempertimbangkan *pola trend* yaitu jika terjadi kenaikan secara sekuler dalam jangka panjang dari data. *ARIMA (autoregressive/integrated/moving average)* adalah metode peramalan meliputi dua hal yaitu analisis pola deret data dan seleksi model yang paling cocok dengan data. Terdapat 4 pola data deret berkala yaitu : *pola horisontal* bila data berfluktuasi disekitar rata-rata, *pola musiman* bila deret data dipengaruhi faktor musiman, pola dari deret berkala akan diulang-ulang dalam selang waktu yang tetap, *pola siklis* jika deret data dipengaruhi oleh fluktuasi jangka panjang dan *pola trend* jika terjadi kenaikan atau penurunan secara sekuler dalam jangka panjang. Model ARIMA diturunkan berdasarkan SML sementara harian. Data diperoleh dari BMKG Semarang. Hasil menunjukkan tipe pasang surut di perairan Semarang diklasifikasikan ke dalam tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda dengan nilai Formzahl 1,12. Elevasi muka air laut rata – rata (MSL) 59,9261 cm, muka air tinggi tertinggi (HHWL) 117,38 cm dan muka air rendah terendah (LLWL) 24,71 cm. Model terbaik ARIMA (0,1,1) yaitu  $Z_t = (1 - 0,5585B)a_t$ . Hasil penghitungan deret waktu MSL sejati tahunan menunjukkan laju kenaikan MSL sejati tahunan di Kota Semarang sebesar 1,42 cm per tahun.

**Kata Kunci** : kenaikan muka air laut, ARIMA

### PENDAHULUAN

Kota Semarang memiliki wilayah pesisir di bagian utara dengan garis pantai sepanjang ±13 km. Dampak kenaikan muka air laut terhadap kota pantai dan permukiman pantai di Kota Semarang akan mengalami bencana rob yaitu banjir saat air laut pasang dan abrasi pantai yang disertai permasalahan sosial ekonomi.

Muka air laut (sea level) sering disebut juga paras laut. Dalam istilah pasang surut sering disebut mean sea level(MSL) yaitu rata-rata jumlah seluruh

ketinggian pasang yang diamati. Dalam hal ini MSL dapat digunakan sebagai bahan kajian untuk perubahan fluktuasi muka air laut

Pemodelan untuk membuat prakiraan kenaikan muka air laut di Semarang telah banyak dilakukan dengan pendekatan regresi linear. Setiyono dan Ismunarti (2002) memperkirakan kenaikan sebesar 4,01 cm per tahun. Atmodjo (2012) memperkirakan kenaikan muka air laut bertambah 5,3 cm per tahun. Hidayat (2012) memprediksi kenaikan MSL di Semarang sebesar 0,8-1 cm/ tahun. Julzarika ( 2012) memprediksi kenaikan

muka air laut sebesar 0,8-1 cm/tahun.

Analisis regresi bisa digunakan sebagai alat untuk meramal, namun peramalan variabel respon (variabel terikat  $y$ ) dalam analisis regresi hanya bisa dilakukan dalam rentang variabel prediktor (variabel bebas  $x$ ) yang ada dalam model. Dengan demikian analisis regresi seharusnya tidak bisa dipakai untuk meramalkan kejadian untuk waktu yang akan datang (Iriawan dan Astuti, 2006)

Permukaan air laut ditentukan melalui pengamatan yang terus menerus terhadap kedudukan permukaan air laut setiap jam, hari, bulan dan tahun. Time lag adalah waktu tenggang antara kesadaran suatu peristiwa dengan peristiwa itu sendiri. Jika waktu tenggang tersebut tidak sama dengan nol dan peristiwa akhir bergantung pada faktor yang dapat diketahui dan terjadi sebelumnya maka diperlukan peramalan untuk menetapkan kapan suatu peristiwa akan terjadi atau timbul. ARIMA (autoregressive/integrated/ moving average) merupakan metode statistika yang dikembangkan dan diterapkan untuk peramalan oleh Box dan Jenkins. Metode ARIMA merupakan metode peramalan kuantitatif deret berkala. Pendugaan masa depan dilakukan berdasarkan nilai masa lalu dari suatu variable dan/atau kesalahan masa lalu. Tujuan peramalannya adalah menemukan pola dalam deret data histories mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa akan datang (Makridakis et al, 1999). Metode ARIMA dipelajari sebagai alternatif metode untuk membuat prakiraan kenaikan tinggi muka laut.

## METODE PENELITIAN

### Sumber Data dan Variabel Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian berupa data sekunder dari

BMKG Semarang dari tahun 1995 sd 2014. Data berupa pengamatan pasang surut yang diamati setiap jam dari jam 0 sd jam 23 setiap hari.

### Metode Analisis

ARIMA merupakan metode peramalan meliputi dua hal yaitu analisis pola deret data dan seleksi model peramalan yang paling cocok. Terdapat 4 pola data deret berkala yaitu : pola horisontal bila data berfluktuasi disekitar rata-rata yang konstan. Deret seperti ini dikatakan stasioner terhadap rata-rata. Pola musiman bila deret data dipengaruhi faktor musiman, pola dari deret berkala akan diulang-ulang dalam selang waktu yang tetap. Pola siklis jika deret data dipengaruhi oleh fluktuasi jangka panjang. Pola trend jika terjadi kenaikan atau penurunan sekuler dalam jangka panjang dari deret data.

Autoregressive (AR) adalah semacam bentuk regresi yang menghubungkan variable tak bebas (yang diramalkan) terhadap nilai-nilai sebelumnya (past values) dari variable itu sendiri sebagai variable bebas pada selang waktu (time lag) yang bermacam-macam. Suatu model autoregressive akan menyatakan suatu ramalan sebagai fungsi nilai-nilai sebelumnya dari deret berkala tertentu.

Moving Average (MA) menunjukkan nilai deret berkala pada waktu ke  $t$  yang dipengaruhi oleh unsur galat pada saat ini dan kemungkinan unsur galat terboboti pada waktu sebelumnya. Secara model adalah ARIMA( $p,d,q$ ) dimana AR= $p$  ordo dari proses autoregresif, I= $d$  tingkat pembeda (degree of differencing) dan MA= $q$  ordo proses moving average. Beberapa model yaitu ARIMA(0,0,0) yaitu  $Y_t = \mu + e_t$  merupakan model acak sederhana, nilai pengamatan waktu ke  $t$  yaitu  $Y_t$  terbentuk atas nilai tengah dan galat acak yang bersifat bebas dari waktu ke waktu. Tidak ada aspek AR=0, tidak ada derajat perbedaan (I=0) dan

tidak ada aspek  $MA=0$ . Model  $ARIMA(0,1,0)$  yaitu  $Y_t = Y_{t-1} + e_t$  merupakan model acak yang tak stasioner terhadap nilai tengah atau nilai tengahnya berubah dari waktu ke waktu dan tidak stasioner terhadap ragam data. Nilai  $Y_t$  bergantung pada  $Y_{t-1}$ . Tidak ada aspek  $AR=0$ , memerlukan pembeda ordo pertama ( $I=1$ ) untuk menghilangkan ketidakstasioneran pada nilai tengah, tidak ada aspek  $MA=0$ .  $ARIMA(1,0,0)$  merupakan model autoregresif ordo satu yang stasioner. Ada aspek  $AR=1$ . Nilai pengamatan  $Y_t$  bergantung pada  $Y_{t-1}$ . Koefisien autoregresif bernilai  $-1 < \phi < +1$  persamaan model adalah  $Y_t = \phi Y_{t-1} + \mu' + e_t$ .  $ARIMA(1,0,1)$  merupakan model campuran aspek  $AR$  dan  $MA$  dikombinasikan untuk mendapatkan model campuran untuk  $AR=1$  dan  $MA=1$  diperoleh model  $ARIMA(1,0,1)$  yaitu  $Y_t = \phi Y_{t-1} + \mu' + e_t - \epsilon_1 e_{t-1}$ .  $Y_t$  bergantung pada satu nilai sebelumnya yaitu  $y_{t-1}$  dan satu nilai galat sebelumnya  $e_{t-1}$ . Deret diasumsikan stasioner pada nilai tengah dan ragamnya.

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Pasang surut air laut merupakan gejala fisik yang selalu berulang dengan periode tertentu dan pengaruhnya dapat dirasakan sampai jauh masuk ke arah hulu dari muara sungai (Ongkosongo dan Suyarso, 1989).

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (diurnal tide), harian ganda (semidiurnal tide) dan dua jenis campuran. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (mixed tide prevailing semidiurnal tide). Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (mixed tide prevailing diurnal tide) (Soeprapto, 2001). Bentuk pasang

surut suatu perairan ditentukan dengan menggunakan bilangan Formzahl yang merupakan perbandingan amplitudo komponen harian dengan komponen tengah harian (Pariwono dalam Ongkosongo dan Suyarso, 1989) Formzahl adalah:  $F = (K_1 + O_1) / (M_2 + S_2)$

Paras laut atau sering pula disebut muka air laut atau mean sea level (MSL) adalah rata-rata ketinggian permukaan laut untuk semua tingkatan pasang. Muka air laut (MSL) dihitung berdasarkan rata-rata pasang tinggi dan pasang rendah selama periode tertentu.

Dalam survey hidrografi dikenal istilah MSL sementara dan MSL sejati. MSL sementara dibedakan menjadi MSL sementara harian dan MSL sementara bulanan. MSL sementara harian ditentukan melalui pengamatan terhadap kedudukan muka air laut setiap jam selama satu hari dari jam 00.00 sampai 23.00 sehingga diperoleh 24 data pengamatan. MSL sementara bulanan ditentukan melalui rata-rata MSL harian selama waktu 1 bulan. MSL sejati merupakan MSL tahunan besarnya ditentukan dari MSL bulanan untuk satu tahun Ongkosongo dan Suyarso (1989).

Beberapa studi menunjukkan kedudukan muka air laut cenderung meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan meningkatnya suhu udara global. Peningkatan suhu udara mempercepat melelehnya es di kutub sehingga akan menambah volume air di laut. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) memperkirakan kenaikan suhu udara dari tahun 1990-2100 sekitar  $2^{\circ}\text{C} - 4,5^{\circ}\text{C}$  dan kenaikan muka air laut mencapai 23-96 cm (IPCC, 2001). Soebandono (2009) melakukan studi pemodelan hilangnya massa gletser dan tutupan es akibat peningkatan temperatur. Pengurangan massa gletser menyebabkan naiknya muka laut rata-rata sebesar 30 sd 40 cm per tahun.

Model matematika ARIMA diturunkan menggunakan program MINITAB. Grafik akan membantu menetapkan perilaku pola data. Periodogram dan analisis spectral untuk menetapkan keacakan dan pola musiman data deret berkala dan juga untuk mengenali autokorelasi yang positif atau negative. Grafik autokorelasi untuk menentukan kestasioneran data. Sebuah deret data adalah stasioner jika sifat statistiknya bebas dari waktu periode selama pengamatan. Apabila grafik autokorelasi menunjukkan penurunan cepat ke nilai nol mengindikasikan data stasioner. Jika nilai positif dan tidak menuju ke nol mengindikasikan data tidak stasioner. Jika data tidak stasioner dilakukan pembedaan hingga diperoleh deret yang stasioner.

**HASIL PENELITIAN**

**Analisis Harmonik Pasang Surut**

Berdasarkan data pengamatan pasang surut bulan Nopember 2014 diperoleh nilai-nilai elevasi muka air laut rata – rata bulanan (MSL) 59,9 cm, muka air tinggi tertinggi (HHWL) 120,59 cm dan muka air rendah terendah (LLWL) 0,79 cm. Nilai amplitudo dan kelambatan fase diperoleh dengan menggunakan metode Admiralty disajikan pada Tabel 1 dan 2.

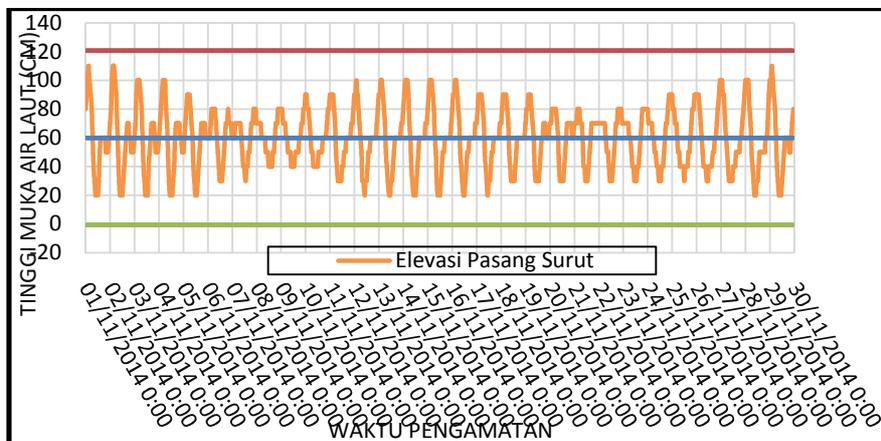
**Tabel 1.** Nilai amplitudo (A) dan kelambatan fase ( $g^0$ )

	S0	M2	S2	N2	K1
A	59,9	10,14	9,85	6,04	22,63
cm					
$g^0$	0	257,1	146,5	223,2	353,3
cm		7	1	5	9

**Tabel 2.** Nilai amplitudo (A) dan kelambatan fase ( $g^0$ )

	O1	M4	MS4	K2	P1
A	7,95	0,27	0,04	2,66	7,47
cm					
$g^0$	241,98	190,71	156,28	146,51	353,39
cm					

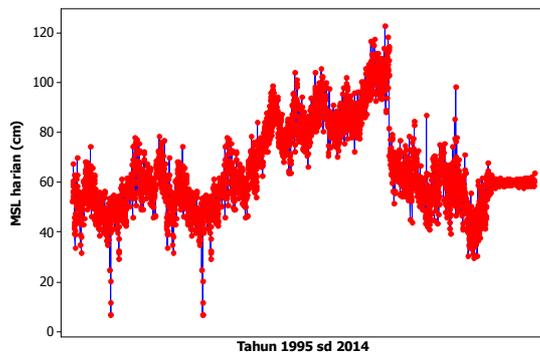
Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode Admiralty didapatkan nilai Formzhal = 1,53. Nilai 1,53 menunjukkan bahwa tipe pasang surut di perairan Semarang diklasifikasikan ke dalam tipe pasang surut campuran condong ke harian tunggal (Pariwono dalam Ongkosongo dan Suryarso, 1989). Hal ini berarti dalam satu hari cenderung terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Akan tetapi kadang –kadang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda (Soeprapto, 2001). Hasil tersebut sesuai dengan peta sebaran pasang surut di Perairan Indonesia dan Sekitarnya (Triatmodjo, 2005)



**Gambar 1.** Tinggi muka air laut (cm) di Perairan Semarang Bulan Nopember 2014

### Analisis Kenaikan Muka Air Laut

Analisis kenaikan muka air laut dan peramalannya digunakan ARIMA. Data pasang surut yang digunakan dalam penelitian ini adalah data tahun 1995 sd 2014 yang diperoleh dari BMKG Maritim Kota Semarang. Kedudukan muka air laut rata-rata atau *mean sea level* (MSL) yang digunakan adalah MSL sementara harian yaitu rata-rata kedudukan muka air laut harian yang diperoleh dari rata-rata pengamatan setiap jam selama 1 hari dari jam 00.00 sd jam 23.00.

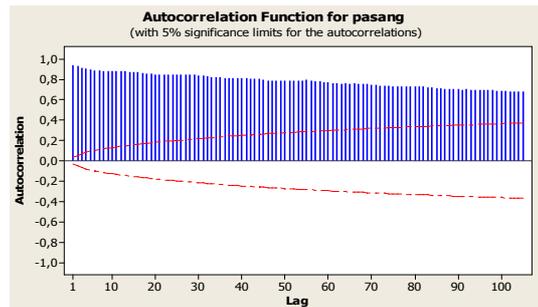


Gambar 2. MSL Sementara Harian Perairan Semarang tahun 1995-2014

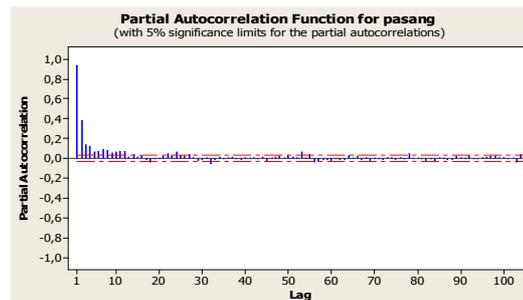
Gambar 2. menunjukkan adanya peningkatan nilai MSL seiring dengan bertambahnya waktu artinya ada tren yang naik dari MSL sementara harian dari tahun 1995 sd 2014. Sekitar tahun 2011 ada penurunan yang tajam dari MSL sementara harian. Kondisi tersebut dalam analisis deret waktu (*time series*) mengindikasikan adanya ketidakstasioneran data terhadap nilai tengah. Untuk itu perlu dilakukan transformasi terhadap data dengan melakukan *differencing*.

Asumsi dari analisis deret waktu adalah data harus stasioner terhadap nilai tengah dan data harus stasioner terhadap varian. Stasioner terhadap nilai tengah artinya proses deret waktu tidak berubah seiring dengan berubahnya waktu. Rata-rata deret pengamatan konstan sepanjang waktu. Secara statistik ketidakstasioneran data terhadap nilai tengah dilakukan

pengujian menggunakan grafik ACF (*Autocorrelation Function*) dan grafik PACF (*Partial Autocorrelation Function*). Stasioner terhadap varian artinya varian deret pengamatan homogen sepanjang waktu. Pengujian ketidakstasioneran data terhadap varian dilakukan menggunakan grafik dan statistik Box-Cox.



Gambar 3. Grafik ACF

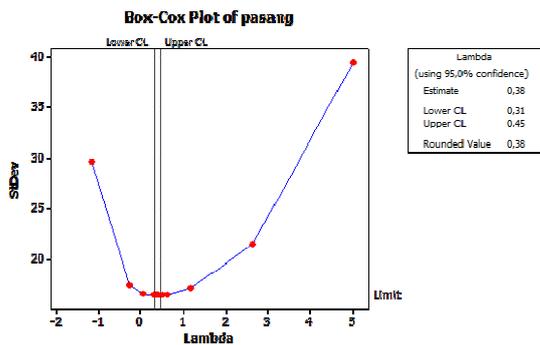


Gambar 4. Grafik PACF

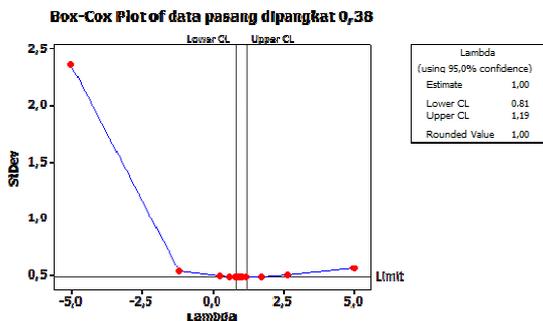
Gambar 4 grafik ACF (biru) dengan selang kepercayaan untuk  $\alpha=0,05$  (merah). ACF menunjukkan nilai autokorelasi signifikan positif (di atas garis merah). Nilai autokorelasi cenderung terjadi penurunan secara eksponensial pada korelasi positif hal ini menunjukkan ketidakstasioneran data terhadap nilai tengah dan data tidak memenuhi asumsi yaitu stasioner terhadap nilai tengah. Korelasi yang selalu positif menunjukkan tidak ada pola musiman pada data artinya tidak ada pengulangan pola *time series* yang berulang pada rentang waktu tertentu. Gambar 3 grafik PACF terlihat adanya potongan atau *cut off* yang signifikan pada *lag 1* dengan nilai yang semakin menurun mendekati nol. Untuk itu

diperlukan *differencing* terhadap data untuk mendapatkan data yang stasioner terhadap nilai tengah.

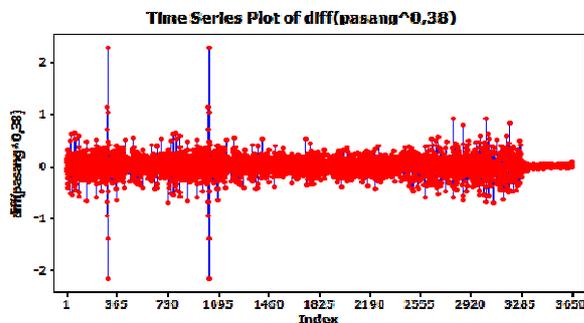
Pengujian ketidakstasioneran dalam varian digunakan grafik Box Cox. Gambar 5 terlihat bahwa nilai  $\lambda = 0,38$  menunjukkan data belum stasioner dalam varian. Selanjutnya agar data menjadi stasioner dalam varian dilakukan transformasi pangkat ( $x_t^{0,38}$ ).



Gambar 4. Grafik Box-Cox



Gambar 5. Grafik Box-Cox dengan transformasi pangkat ( $x_t^{0,38}$ )



Gambar 6. Grafik Uji asumsi data hasil transformasi

Pendugaan parameter model selanjutnya digunakan data yang telah

dilakukan transformasi. Pendugaan parameter model dan pengujian dilakukan untuk menguji signifikan koefisien parameter pada model. Pendugaan model dilakukan berdasarkan lag pada plot ACF dan PACF.

Hipotesis :

$H_0 : \hat{\delta} = 0$  (parameter tidak signifikan terhadap model) dan

$H_1 : \hat{\delta} \neq 0$  (parameter signifikan terhadap model).

Taraf signifikansi  $\alpha = 5\%$ . Dengan

$$\text{statistik Uji : } T_{hitung} = \frac{\hat{\delta}}{se(\hat{\delta})}$$

dimana  $\hat{\delta}$  adalah nilai estimasi dari suatu parameter pada model ARIMA (mencakup  $\phi$  dan  $\theta$ ). Kriteria uji: tolak  $H_0$  jika  $|T_{hitung}| > t_{\alpha/2; df}$  atau  $P.value < \alpha$ .

Tabel 3. Estimasi Parameter Model

Model	Parameter	Estimate	Std.Error
ARIMA (1,1,0)	$\phi_1$	-0,4166	0,0151
ARIMA (0,1,1)	$\theta_3$	0,5585	0,0137

Tabel 4. Uji Signifikansi Parameter Model

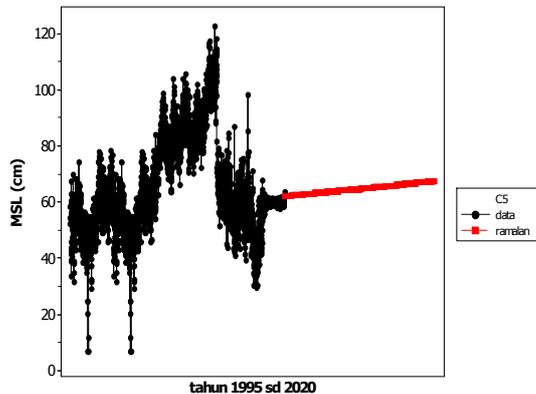
Model	Parameter	T value	P value	Keputusan	MSE
ARIMA (1,1,0)	$\phi_1$	-27,67	0,00	$H_0$ ditolak	0,03
ARIMA (0,1,1)	$\theta_3$	40,65	0,00	$H_0$ ditolak	0,029

Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa kedua model ARIMA (1,1,0) dan ARIMA (0,1,1) semua parameter model memenuhi uji signifikansi parameter karena semua *p.value* kurang dari  $\alpha=5\%$  artinya kesalahan untuk menerima koefisien tersebut tidak sama dengan nol kurang dari 5%. Sehingga hipotesis  $H_0$  ditolak.

Dari kedua model tersebut dipilih model yang paling tepat yaitu dengan nilai MSE (*mean square error*) terkecil yaitu ARIMA (0,1,1). Dari tabel 3 dan 4 model yang terbentuk untuk data MSL sementara harian adalah sebagai berikut:  $Z_t = (1 - 0,5585B)a_t$

**Peramalan MSL sementara harian**

Hasil ramalan MSL sementara harian berdasarkan model ARIMA (0,1,1) di perairan Kota Semarang sampai dengan tahun 2020 dapat dilihat pada grafik Gambar 7. Gambar menunjukkan adanya peningkatan nilai MSL seiring dengan bertambahnya waktu artinya ada tren yang naik dari MSL sementara harian dari tahun 2014 sampai tahun 2020. Untuk selanjutnya hasil peramalan MSL sementara harian dipergunakan untuk menentukan MSL sejati atau MSL tahunan. MSL sejati atau MSL tahunan adalah MSL untuk satu tahun (Tabel 5) dan untuk menghitung laju kenaikan MSL tahunan. MSL sejati terdapat pada Gambar 8



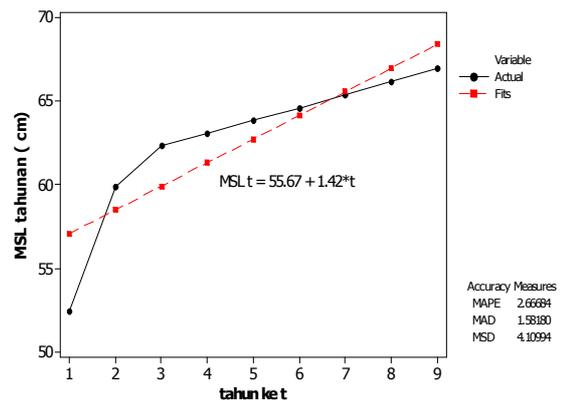
Gambar 7. Data dan Peramalan MSL sementara harian

Gambar 8 menunjukkan MSL tahunan perairan Kota Semarang sampai dengan tahun 2020. Gambar menunjukkan adanya peningkatan nilai MSL setiap tahunnya. Hasil penghitungan deret waktu tahunan menunjukkan laju

kenaikan MSL sejati tahunan di Kota Semarang sebesar 1,42 cm per tahun.

Tabel 5. MSL sejati tahunan

Tahun	MSL tahunan (cm)
2012	52,39958
2013	59,85635
2014	62,35352
2015	63,10586
2016	63,85791
2017	64,60893
2018	65,35996
2019	66,19375
2020	66,9992



Gambar 8. MSL tahunan Perairan Semarang sampai dengan tahun 2020

**KESIMPULAN**

Model deret waktu terbaik dari *mean sel level* (MSL) sementara harian Kota Semarang ARIMA (0,1,1) adalah  $Z_t = (1 - 0,5585B)a_t$ . Dari prakiraan berdasarkan model diperoleh ada kecenderungan nilai MSL yang semakin meningkat setiap tahun. Besarnya laju kenaikan MSL tahunan adalah 1,42 cm per tahun. Pada tahun 2020 MSL mencapai 66,99 cm.

Data yang diperoleh dari BMKG seolah-olah ada dua kelompok sebaran data yang terpisah yaitu data sebelum tahun 2011 dan data setelah tahun 2011. Dalam pemodelan hal ini akan mengganggu ketepatan model, terutama model berdasarkan *least square*. Dalam model ARIMA hal ini sedikit teratasi karena proses *differencing* untuk memenuhi asumsi kestasioneran data terhadap nilai tengah. Diperlukan transformasi data untuk “menyatukan” sebaran data sebelum dilakukan pemodelan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan bagian dari penelitian dengan judul : Pemodelan ARIMA untuk Prakiraan Kenaikan Muka Air Laut dan Dampaknya terhadap Luas Sebaran Rob Tahun 2020 di Semarang dengan sumber dana PNBPFak. Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP tahun 2014 untuk itu ucapan terima kasih disampaikan kepada Dekan FPIK UNDIP. Terimakasih juga disampaikan kepada Rifki Kurnia Rahman, S.Kel dan Tiani Wahyu Utami, S.Si, M.Si untuk keterlibatannya dalam penelitian ini. Terimakasih juga disampaikan kepada para reviewer sehingga menjadikan artikel ini lebih baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atmodjo, W. 2012. Analisis Kenaikan Muka air Laut di Perairan Utara Jawa (Studi Kasus Jakarta dan Semarang) Menggunakan Data Altimetri Satelit Jason 1. Buletin Oseanografi Marina. Vol 1 no 2 Januari 2012
- [2] Hidayat, H. 2012. Analisis Pengembangan Kawasan Pesisir Berbasis Mitigasi Sea Level Rise (Kenaikan Muka Air Laut). Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia vol 1 no 1 juli 2012
- [3] Iriawan, N dan S.P. Astuti, 2006. Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan MINITAB. Penerbit ANDI, Yogyakarta
- [4] Julzarika, A. Pemodelan 3D Kota Semarang Terhadap Kenaikan Muka Air Laut dengan Citra Satelit SPOTS. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
- [5] Makridakis, S, S.C. Wheelwright and V.E. McGee. 1999. Metode dan Aplikasi Peramalan. Ed Terjemahan H. Suminto. Binarupa Aksara. Jakarta.
- [6] Oktavia, M.I., S. Parman dan D. L. Setyowati. 2012 Analisis Sebaran Genangan Pasang Air Laut (Rob) Berdasarkan High Water Level dan Dampaknya pada Penggunaan Lahan di Kecamatan Semarang Utara. Geo Image vol : 1 no: 1 (2012)  
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/geoimage>
- [7] Ongkosongo, O.S.R. dan Suyarso, 1989. Pasang Surut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (P3O LIPI Jakarta.
- [8] Pariwono, J.I. 1985. Kondisi Pasang Surut di Indonesia. Hal: 135 – 147, Ongkosongo, O.S.R dan Suyarso. 1989. Pasang Surut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (P<sub>3</sub>O) LIPI, Jakarta.
- [9] Pariwono, J.I. 1989. Gaya Penggerak Pasang Surut dalam Ongkosongo dan Suyarso. Pasang Surut. Lembaga Ilmu Pegetahuan Indonesia. Jakarta
- [10] Poerbandono dan Djunasjah, E. 2005. Survei Hidrografi. PT. Refika Aditama, Bandung.
- [11] Sarbidi. 2003 Pengaruh Rob pada Permukiman Pantai (kasus Semarang). Prosiding : Kerugian pada Bangunan dan Kawasan

- Akibat Kenaikan Muka Air Laut pada Kota-Kota Pantai di Indonesia
- [12] Setiyono, H dan D.H. Ismunarti. 2002. Menghadapi Tantangan Perubahan Kenaikan Muka Air Laut. Majalah Kelautan Abyss Universitas Diponegoro. Ed. No. 1 tahun X Juli 2002
- [13] Soeprapto. 2001. Survei Hidrografi. Gajah Mada University Press, Yogyakarta,
- [14] Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta