

PERAMALAN PENCEMARAN UDARA OLEH SULFUR DIOKSIDA (SO₂) DI PEKANBARU DENGAN MODEL AR(3)

Ari Pani Desvina

Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau
aripandesvina@gmail.com

ABSTRAK

Metode Box-Jenkins adalah salah satu metode yang digunakan untuk memodelkan data deret waktu dan bertujuan untuk meramalkan data pada waktu yang akan datang. Penelitian ini membahas tentang *trend* data kepekatan sulfur dioksida (SO₂), dan menemukan model terbaik untuk data kepekatan sulfur dioksida tersebut, serta menentukan hasil peramalan pencemaran udara oleh sulfur dioksida di daerah Sukajadi Pekanbaru pada waktu yang akan datang. Data pengamatan yang digunakan adalah data rata-rata kepekatan sulfur dioksida secara harian mulai dari 01 Januari 2011 sampai 18 April 2011. Hasil analisis pada penelitian ini mendapatkan model yang sesuai untuk data sulfur dioksida yaitu model AR(3), model ini dapat digunakan untuk analisis peramalan. Hasil peramalan menunjukkan terjadinya penurunan kepekatan sulfur dioksida (SO₂) dari waktu sebelumnya. Sehingga tahap kualitas udara di Sukajadi Pekanbaru untuk waktu yang akan datang dalam tahap sedang dan tidak terjadi peningkatan pencemaran udara.

Kata Kunci: AR, Box-Jenkins, sulfur dioksida

ABSTRACT

Box-Jenkins method is one of the methods used to model time series data and aims to predict data in the future. This paper discusses the trend of the data density sulfur dioxide (SO₂), and find the best model for the data density sulfur dioxide, as well as determine the forecasting of air pollution by sulfur dioxide in Sukajadi area of Pekanbaru in the future. The daily average data of density sulfur dioxide were taken from 01 Januari 2011 to 18 April 2011. The results showed that AR(3) is an appropriate model, and this model can be used for forecasting analysis. The forecast results indicated that the concentration of sulfur dioxide (SO₂) decreased if compared to the previous time. Therefore, the air quality of Sukajadi Pekanbaru tends to medium level and an increase in air pollution.

Key Words: AR, Box-Jenkins, sulfur dioksida

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari udara merupakan faktor yang sangat penting, tetapi semakin meningkatnya pembangunan di pusat-pusat kota maka mengakibatkan kualitas udara mengalami perubahan. Pada zaman dahulu udara di pusat-pusat kota adalah bersih, karena dahulu banyak pohon-pohon yang masih segar. Tetapi semenjak adanya pembangunan di pusat-pusat kota maka kondisi udara menjadi kering dan kotor. Pembangunan di pusat-pusat kota serta melonjaknya jumlah kendaraan bermotor, maka mengakibatkan meningkatnya kepadatan di lalulintas sehingga kualitas udara pun semakin memprihatinkan (Soedomo, 2001).

Pencemaran udara merupakan satu fenomena yang sering dibicarakan, apalagi mengenai kualitas udara di daerah perkotaan. Hal ini menjadi penyumbang utama tentang

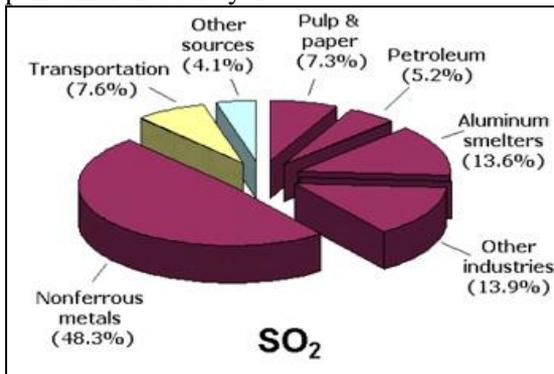
masalah kesehatan dan isu lingkungan hidup di negara-negara Asia (Vallack et al. 2002).

Pencemaran merupakan kontaminasi biosfera dengan bahan-bahan yang berbahaya atau racun. Sedangkan udara adalah campuran gas dan lapisan tipis yang mengelilingi bumi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pencemaran udara adalah sebagai kehadiran sebarang bahan pencemar udara dalam atmosfer dengan ciri-ciri serta jangka waktu tertentu, sebagaimana yang tercantum dalam undang-undang yang dampaknya dapat mengakibatkan kehidupan manusia, hewan, tumbuhan atau harta benda atau mengganggu kenyamanan serta kedamaian hidup suatu komunitas tertentu (Zaini 2000 & Chelani et al. 2004).

Sulfur dioksida, sulfur trioksida, karbon monoksida, karbon dioksida, nitrogen oksida, nitrogen dioksida, *particulate matter*

dan sebagainya merupakan gas-gas pencemar udara yang utama (Zaini, 2000).

Sumber utama SO_2 adalah 88,3 % dari industri, 7,6 % dari transportasi. Jika dalam sistem filtrasi di industri lebih baik maka akan terjadi penurunan terhadap kepekatan SO_2 . Efek pencemaran udara yaitu penipisan lapisan ozon, asap, hujan asam dan pemanasan bumi (Jasiman, 1996). Berikut adalah sumber pencemaran udara yaitu:



Gambar 1. Sumber pencemaran udara

Sulfur oksida terdiri dari sulfur dioksida (SO_2) dan sulfur trioksida (SO_3). Kedua bahan pencemar ini dapat menyebabkan pencemaran udara. Perbedaan keduanya adalah pada sulfur dioksida merupakan gas yang tidak berwarna, berbau tajam namun tidak terbakar di udara. Sedangkan sulfur trioksida mempunyai struktur komponen yang tidak reaktif. Senyawa kimia dari sulfur dioksida adalah rumus SO_2 tersusun dari 1 atom sulfur dan 2 atom oksigen. Zat ini dihasilkan terutama dari letusan gunung berapi dan beberapa proses industri. Bahan bakar minyak juga banyak mengandung unsur sulfur, sehingga pembakarannya dapat menghasilkan SO_2 kecuali sulfurnya telah dihilangkan sebelum dilakukan pembakaran. Oksidasi lain dari sulfur biasanya dikatalisis oleh NO_2 membentuk H_2SO_4 yang merupakan hujan asam. Emisi sulfur dioksida juga merupakan

komponen partikulat yang ada di atmosfer (Zaini, 2000).

Sulfur dioksida dapat berdampak pada manusia, hewan, tumbuhan, dan material. Pada manusia mengakibatkan batuk, kapasitas paru-paru menjadi berkurang, penyakit kardiovaskular, jika dalam waktu jangka panjang dapat menyebabkan penyakit pernapasan kronis. Dampak pada hewan juga sama dengan dampak pada manusia. Pada tumbuhan dapat mengakibatkan bintik-bintik putih pada daun dan tanaman, lama kelamaan daun akan berguguran. Selain pada makhluk hidup dapat juga berdampak pada material, seperti cat dan bangunan gedung warnanya akan menjadi kusam kehitaman. Pada jembatan dapat berdampak menjadi rapuh karena dapat mempercepat proses terjadinya pengkaratan (Vallack et al. 2002 & Jasiman, 1996).

Penelitian-penelitian terkait yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti adalah tentang peramalan pencemaran udara, diantaranya: Cai (2008) yang mengkaji model SARIMA dan model VAR untuk digunakan dalam peramalan *time series* bagi data kepekatan karbon monoksida (CO) secara bulanan. Chelani dan Devotta (2007) telah melakukan penelitian tentang peramalan kepekatan karbon monoksida dengan menggunakan metode analisis *time series* tak linier.

Berdasarkan fenomena-fenomena tersebut, penulis tertarik untuk membuat peramalan tentang kepekatan sulfur dioksida (SO_2) untuk waktu yang akan datang di daerah Sukajadi Pekanbaru. Sehingga dengan adanya hasil peramalan ini, maka Pemerintah Kota Pekanbaru dapat menjadikan penelitian ini sebagai pedoman untuk mengambil kebijakan di masa yang akan datang.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan *trend* data kepekatan sulfur dioksida (SO_2) di kawasan pemantau Sukajadi yang diamati secara harian mulai dari 01 Januari 2011 sampai 18 April 2011. Selanjutnya menentukan model yang sesuai untuk data sulfur dioksida di kawasan pemantau tersebut. Serta melakukan peramalan terhadap kepekatan sulfur dioksida untuk waktu yang akan datang dengan menggunakan metode Box-Jenkins.

Tinjauan Pustaka

Time Series dengan Model Box-Jenkins

Peramalan sangat penting dilakukan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan yaitu ekonomi, kesehatan, lingkungan, teknik, peternakan dan pertanian, dan lain-lain. Dengan adanya peramalan, suatu institusi dapat membuat suatu keputusan atau kebijakan tentang apa yang akan terjadi di masa yang akan datang berdasarkan fenomena yang terjadi sebelumnya. Analisis *time series* bertujuan untuk memperoleh satu uraian ringkas tentang ciri-ciri satu proses *time series* yang tertentu. *Time series* bermakna sebagai satu koleksi sampel yang dikaji secara berturut-turut melalui waktu (Bowerman et al. 2005).

Suatu *time series* y_t dapat dijelaskan dengan menggunakan suatu model *trend*:

$$y_t = TR_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

dengan y_t = nilai *time series* pada waktu t ,

TR_t = *trend* pada waktu t , dan ε_t = error pada waktu t (Bowerman et al. 2005).

Metode peramalan yang telah dikenalkan oleh G.E.P. Box dan G.M. Jenkins adalah metode Box-Jenkins. Model yang dihasilkan oleh metode Box-Jenkins ada beberapa model yaitu model *moving average* (MA), *autoregressive* (AR), satu kelas model yang berguna untuk *time series* yang merupakan kombinasi proses MA dan AR yaitu ARMA. Model-model ini adalah model dari metode Box-Jenkins yang linier dan stasioner (*stationary*). Proses membentuk model dengan metode Box-Jenkins dapat dilakukan dengan empat langkah dasar. Langkah pertama yaitu identifikasi model, langkah kedua estimasi parameter model-model yang diperoleh, langkah ketiga verifikasi model dan langkah keempat menentukan hasil peramalan untuk waktu yang akan datang (Bowerman et al. 2005).

Identifikasi model dengan metode Box-Jenkins, pertama sekali yang harus ditentukan adalah apakah data *time series* yang hendak dilakukan peramalan adalah *stationary* atau *non-stationary*. Jika tidak *stationary*, kita perlu mengubah data *time series* itu kepada data *time series* yang *stationary* dengan melakukan *differencing* beberapa kali sampai data *time series* tersebut adalah *stationary*.

Stationary atau *non-stationary* suatu data dapat diuji dengan menggunakan uji statistik yaitu uji *unit root*. Terdapat beberapa uji statistik yang dapat digunakan untuk menentukan *stationary* atau *non-stationary*. Uji yang sering digunakan adalah uji Augmented Dickey Fuller (ADF), uji ini dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \sum_{i=1}^n \alpha_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2)$$

dengan α_i ; ($i = 1, \dots, n$) adalah parameter, t adalah waktu *trend* variabel dan ε_t adalah ralat (Brocklebank et al. 2003). Uji berikutnya adalah dengan menggunakan uji Phillips Perron (PP), persamaannya adalah:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

dengan α_0, α_1 adalah parameter, t adalah waktu *trend* variabel dan ε_t adalah ralat (Maddala 1992). Selain kedua uji tersebut, uji Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS) juga dapat digunakan untuk menguji *stationary* atau *non-stationary* data, dengan persamaannya adalah (Wai et al. 2008):

$$y_t = \alpha_0 + \varepsilon_t \quad (4)$$

Autocorrelation function (ACF) dan *Partial autocorrelation function* (PACF) digunakan untuk menentukan model sementara (Bowerman et al. 2005). *Autocorrelation function* (ACF) pada lag k , disimbolkan dengan r_k , ialah:

$$r_k = \frac{\sum_{t=b}^{n-k} (z_t - \bar{z})(z_{t+k} - \bar{z})}{\sum_{t=b}^n (z_t - \bar{z})^2} \quad (5)$$

$$\text{dengan } \bar{z} = \frac{\sum_{t=b}^n (z_t)}{(n-b+1)} \quad (6)$$

Nilai ini berkaitan dengan hubungan linear antara sampel *time series* yang dipisahkan oleh lag k unit waktu. Ini dapat dibuktikan r_k selalu berada antara interval -1 dan 1. *Partial autocorrelation function* (PACF) adalah sama dengan ACF tetapi memiliki ciri *series* yang berbeda. Pertama, PACF untuk *time series* tidak bermusim boleh terpankas. Lagipula, kita mengatakan bahwa

PACF memotong setelah lag k jika r_{kk} ACF pada lag k adalah besar secara statistik (Bowerman et al.2005). Oleh itu PACF pada lag k dapat ditulis jika nilai mutlak:

$$t_{r_{kk}} = \frac{r_{kk}}{s_{r_{kk}}} > 2 \quad (7)$$

Setelah model sementara diperoleh maka perlu dilakukan estimasi parameter dari model-model sementara tersebut. Estimasi parameter dapat dilakukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil. Hasil estimasi parameter yang diperoleh harus diuji signifikansinya, sehingga model yang kita dapatkan benar-benar model yang sesuai untuk data (Cryer et al.2008).

Model yang diperoleh tidak dapat digunakan langsung untuk analisis selanjutnya yaitu peramalan, tetapi perlu dilakukan tahap berikutnya yaitu verifikasi model. Satu cara yang baik untuk memeriksa kecukupan keseluruhan model dari metode Box-Jenkins adalah analisis *residual* yang diperoleh dari model. Dengan demikian kita menggunakan uji statistik Ljung-Box untuk menentukan apakah K sampel pertama autokorelasi bagi *residual* menunjukkan kecukupan bagi model atau tidak. Uji statistik Ljung-Box adalah:

$$Q^* = n'(n'+2) \sum_{i=1}^K (n'-1)^{-1} r_i^2(\hat{\alpha}) \quad (8)$$

dengan $n' = n - d$, n =bilangan data *time series* asal, d = derajat *differencing*, $r_i^2(\hat{\alpha})$ = kuadrat dari $r_i(\hat{\alpha})$ sampel autokorelasi *residual* di lag i . H_0 = data adalah acak lawannya H_a = data adalah tidak acak. Jika Q^* lebih kecil dari $\chi_{[a]}^2(K - n_c)$, kita terima H_0 . *Residual* itu adalah tidak berkorelasi dan model tersebut dikatakan sesuai untuk data. Jika Q^* lebih besar dari $\chi_{[a]}^2(K - n_c)$ maka kita gagal terima H_0 . Model itu gagal mewakili data dan penentuan model yang baru hendak dilakukan (Bowerman et al. 2005).

Selain dari uji statistik Ljung-Box, dengan menggunakan plot ACF dan PACF residual dan uji Akaike Information criterion (AIC) serta uji Schwarz Criterion (SC) dapat juga digunakan untuk verifikasi model. Jika suatu model mempunyai nilai uji AIC dan SC

yang paling minimum jika dibandingkan dengan model yang lain, maka model tersebut dikatakan model terbaik untuk analisis selanjutnya yaitu analisis peramalan. Setelah model yang ditetapkan adalah sesuai, kemudian peramalan *time series* untuk waktu yang akan datang dapat dilakukan.

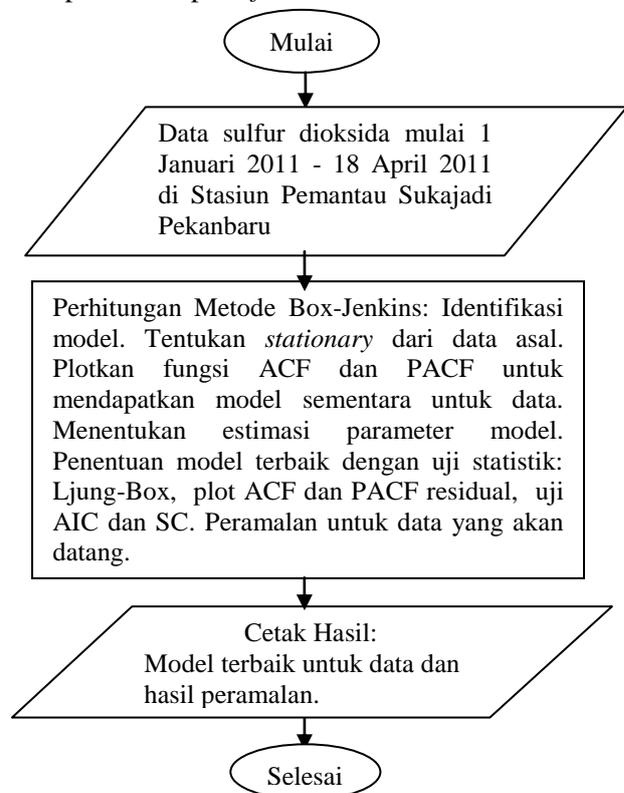
BAHAN DAN METODE

Data

Salah satu gas pencemar udara yang berbahaya adalah sulfur dioksida (SO_2). Dengan demikian penulis tertarik menggunakan data sulfur dioksida untuk penelitian ini. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru. Data ini diamati secara harian mulai 01 Januari 2011 sampai 18 April 2011. Batasan untuk data tersebut adalah data rata-rata kepekatan sulfur dioksida secara harian pada waktu tersebut dengan daerah pengamatan yaitu Kota Pekanbaru stasiun pemantau Sukajadi.

Metode Penelitian

Tahapan dalam pembentukan model dengan menggunakan metode Box-Jenkins dapat dilihat pada *flowchart* berikut ini:



Gambar 2. *Flowchart* metodologi penelitian

Data yang digunakan dalam proses membentuk model dengan metode Box-Jenkins terlalu besar dan susah dianalisis secara manual, maka proses ini dapat dilakukan dengan bantuan *software minitab 13.20, SPSS dan EVIEWS*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

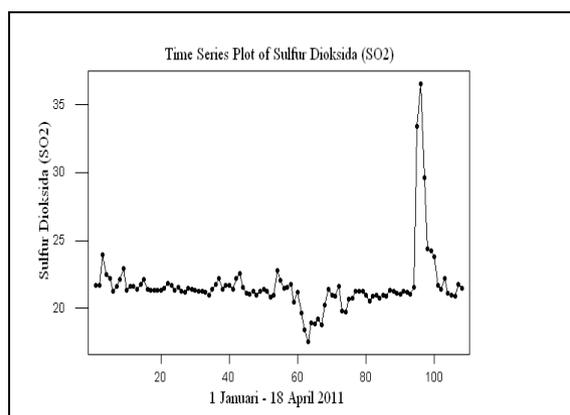
Analisis deskriptif untuk data kepekatan sulfur dioksida (SO₂) secara harian mulai 1 Januari 2011-18 April 2011 di kawasan pemantau Sukajadi Pekanbaru terdapat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Statistik Deskriptif Data Sulfur Dioksida

Statistik Deskriptif untuk Data SO ₂	
N	108
Rata-rata	21.643
Standar Deviasi	2.247
Nilai Minimum	17.560
Nilai Maksimum	36.530

Berdasarkan statistik deskriptif yang ada pada Tabel 1 di atas, maka diperoleh hasil bahwa rata-rata data sulfur dioksida adalah 21.643 ug/m^3 dengan ukuran sampelnya 108. Nilai minimum kepekatan sulfur dioksida adalah 17.560 ug/m^3 , sedangkan nilai maksimum kepekatan sulfur dioksida yaitu 36.530 ug/m^3 .

Plot berikut adalah plot *time series* untuk data asal sulfur dioksida di daerah Sukajadi Pekanbaru dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 3. Plot kepekatan sulfur dioksida di Pekanbaru stasiun pemantau Sukajadi terhadap waktu (hari)

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru

Berdasarkan plot pada Gambar 3 tersebut terlihat bahwa ciri-ciri data kepekatan sulfur dioksida (SO₂) cenderung *stationary*. Selain melihat secara visual terhadap plot data, kestasioneran data dapat diuji dengan melakukan uji *unit root*. *Stationary* atau *non-stationary* dapat diuji dengan uji Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips Perron (PP) dan Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS) (Brocklebank et al. 2003; Maddala 1992 & Wai et al. 2008).

Tabel-tabel berikut adalah nilai statistik untuk uji ADF, PP dan KPSS:

Tabel 2. Nilai uji ADF berbanding dengan nilai kritik MacKinnon

Anggaran		Statistik - t	Nilai - p
Augmented Dickey Fuller (ADF)		-3.5619	0.0082
Nilai Kritik	1 %	-3.4937	
MacKinnon	5 %	-2.8892	
	10 %	-2.5816	

Tabel 3. Nilai uji PP berbanding dengan nilai kritik MacKinnon

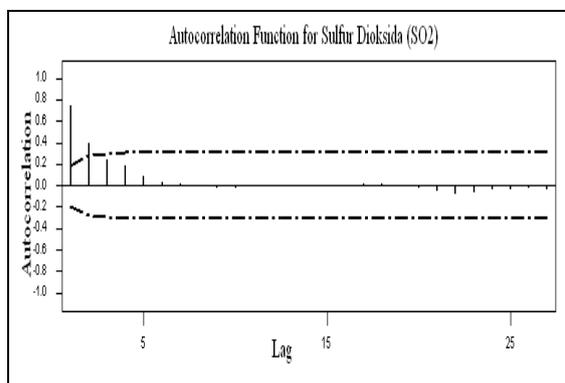
Anggaran		Statistik - t	Nilai - p
Phillips Perron (PP)		-3.9682	0.0023
Nilai Kritik	1 %	-3.4925	
Mac-Kinnon	5 %	-2.8887	
	10 %	-2.5813	

Tabel 4. Nilai uji KPSS berbanding dengan nilai kritik MacKinnon

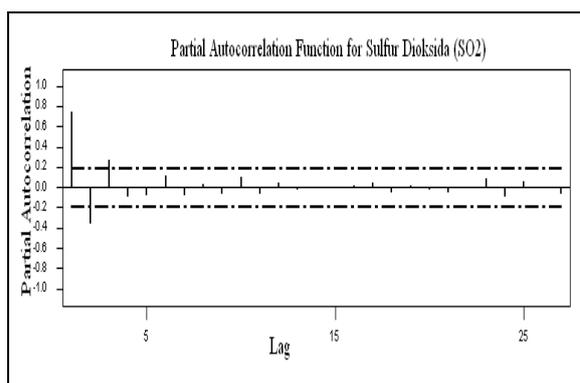
Anggaran		Statistik - t
Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)		0.1741
Nilai Kritik	1 %	0.7390
MacKinnon	5 %	0.4630
	10 %	0.3470

Berdasarkan uji ADF dan PP menunjukkan bahwa nilai mutlak statistik *t* lebih besar dari nilai mutlak bagi kritik Mac-Kinnon. Sedangkan uji KPSS menunjukkan bahwa nilai mutlak statistik *t* lebih kecil dari nilai mutlak bagi kritik Mac-Kinnon. Hal ini berarti bahwa hasil analisis ketiga uji statistik tersebut menunjukkan bahwa data kepekatan sulfur dioksida (SO₂) di kota Pekanbaru stasiun pemantau Sukajadi adalah sudah *stationary*. Berikut ini adalah plot *autocorrelation function* (ACF) dan *partial autocorrelation function* (PACF) untuk data asal kepekatan sulfur dioksida (SO₂) di kota Pekanbaru stasiun

pemantau Sukajadi. Berdasarkan plot ACF pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa menyusut ke nol secara sinus, sedangkan plot untuk PACF pada Gambar 5 terlihat bahwa nilainya terpangkas setelah lag pertama dan ketiga.



Gambar 4. Plot ACF untuk data sulfur dioksida di Kota Pekanbaru
 Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru



Gambar 5. Plot PACF untuk data sulfur dioksida di Kota Pekanbaru
 Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru

Berdasarkan pasangan plot ACF dan PACF pada Gambar 4 dan 5 tersebut, maka model sementara untuk data asal kepekatan sulfur dioksida (SO₂) di kota Pekanbaru stasiun pemantau Sukajadi adalah AR(p) yaitu AR(1) dan AR(3). Rumus bagi model AR(1) ditunjukkan oleh persamaan sebagai berikut:

$$z_t = \delta + \phi_1 z_{t-1} + a_t \tag{9}$$

Sedangkan rumus bagi model AR(3) ditunjukkan oleh persamaan sebagai berikut:

$$z_t = \delta + \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \phi_3 z_{t-3} + a_t \tag{10}$$

Model AR(1) dan AR(3) dapat digunakan karena dilihat dari plot ACF dan PACF yaitu

grafik menurun ke nol secara sinus dan terpangkas setelah lag pertama dan ketiga.

Estimasi parameter pada model AR(1) dan AR(3) tersebut yaitu:

Tabel 5. Nilai Parameter Model AR(1) dan AR(3)

Jenis	Nilai Estimasi	Nilai-t	Nilai -p	Signifikan
Model AR(1)				
ϕ_1	0.7462	11.54	0.000	Signifikan
δ	5.4928	37.98	0.000	Signifikan
Model AR(3)				
ϕ_1	1.1147	11.79	0.000	Signifikan
ϕ_2	-0.6382	-4.89	0.000	Signifikan
ϕ_3	0.2716	2.87	0.005	Signifikan
δ	5.3956	40.76	0.000	Signifikan

Berdasarkan tabel estimasi parameter pada Tabel 5 untuk model AR(1) tersebut, diperoleh bahwa kedua nilai parameternya adalah signifikan, karena nilai-p kedua parameter tersebut lebih kecil dari taraf toleransi $\alpha=0.05$. Sehingga diperoleh persamaan model AR(1) sebagai berikut:

$$z_t = 5.4928 + 0.7462z_{t-1} + a_t \tag{11}$$

Sedangkan estimasi parameter model AR(3) diperoleh bahwa keempat nilai parameternya adalah signifikan, karena nilai-p keempat parameter tersebut lebih kecil dari taraf toleransi $\alpha=0.05$. Sehingga diperoleh persamaan model AR(1) sebagai berikut:

$$z_t = 5.3956 + 1.1147z_{t-1} - 0.6382z_{t-2} + 0.2716z_{t-3} + a_t \tag{12}$$

Agar model yang diperoleh dapat digunakan untuk analisis selanjutnya yaitu analisis peramalan data asal kepekatan sulfur dioksida (SO₂) di kota Pekanbaru stasiun pemantau Sukajadi, maka dapat dilakukan verifikasi model AR(1) dan AR(3) terlebih dahulu. Uji statistik yang digunakan untuk verifikasi model adalah uji Box-Pierce (Ljung-Box).

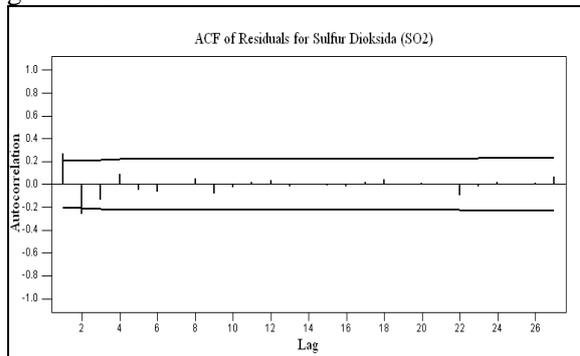
Tabel 6. Box-Pierce (Ljung-Box) Data kepekatan sulfur dioksida (SO₂) di kota Pekanbaru stasiun pemantau Sukajadi

Susulan	10	20	30	40
Model AR(1)				
Q^*	20.660	21.351	24.283	29.079

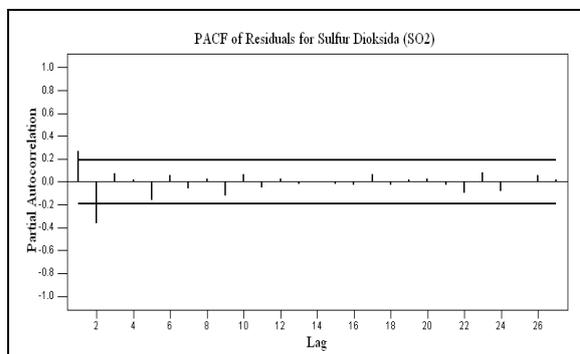
Nilai p	0.014	0.318	0.715	0.877
Model AR(3)				
Q^*	7.245	8.436	13.14	20.93
Nilai p	0.404	0.956	0.988	0.984

Tabel 6 menunjukkan bahwa terdapat satu lag mempunyai nilai p pada model AR(1) adalah kurang dari 0.05. Sedangkan pada model AR(3) semua lag mempunyai nilai p yaitu melebihi 0.05. Hal ini berarti bahwa residual data sulfur dioksida tidak terjadi korelasi dan residual data terdapat kerandoman data pada model AR(3). Sedangkan pada model AR(1) residual data sulfur dioksida masih terjadi korelasi. Maka model AR(3) adalah sesuai dan dapat digunakan untuk analisis selanjutnya.

Berdasarkan plot pada Gambar 6 dan 7 berikut diperoleh bahwa terdapat beberapa lag yang memotong batas atas dan batas bawah nilai korelasi residual untuk autocorrelation function (ACF) residual dan plot partial autocorrelation function (PACF) residual pada model AR(1) seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini:

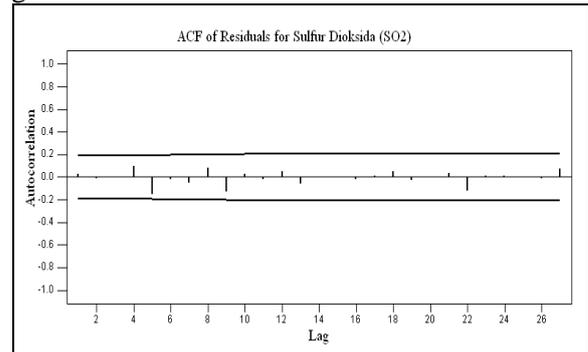


Gambar 6. Plot ACF Bagi Residual Data SO₂ Model AR(1) di Kota Pekanbaru
Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru

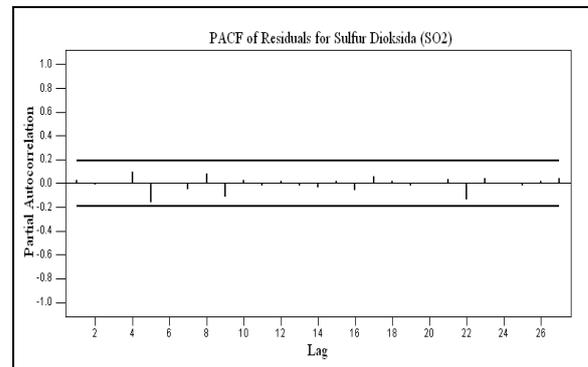


Gambar 7. Plot PACF Bagi Residual Data SO₂ Model AR(1) di Kota Pekanbaru
Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru

Plot pada Gambar 8 dan 9 berikut adalah plot autocorrelation function (ACF) residual dan plot partial autocorrelation function (PACF) residual pada model AR(3). Kedua plot tersebut menunjukkan bahwa semua lag terletak diantara batas atas dan batas bawah nilai korelasi residual untuk autocorrelation function (ACF) residual dan plot partial autocorrelation function (PACF) residual, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 8. Plot ACF Bagi Residual Data SO₂ Model AR(3) di Kota Pekanbaru
Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru



Gambar 9. Plot PACF Bagi Residual Data SO₂ Model AR(3) di Kota Pekanbaru
Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru

Selain plot pasangan ACF residual dan PACF residual tersebut, tahap verifikasi model dapat juga dilakukan dengan uji Akaike Information Criterion (AIC) dan Schwarz Criterion (SC). Berikut tabel nilai AIC dan SC untuk kedua model tersebut:

Tabel 7. Akaike info criterion (AIC) dan Schwarz criterion (SC) Data Kepekatan SO₂ di Kota Pekanbaru

Model	AIC	SC
AR(1)	3.6798	3.7297
AR(3)	3.4926	3.5938

Tabel 7 menunjukkan bahwa model yang sesuai untuk data kepekatan sulfur dioksida (SO₂) di kota Pekanbaru untuk stasiun pemantau Sukajadi adalah model AR(3), karena pada model ini mempunyai nilai AIC dan SC yang paling inimum dibandingkan dengan model AR(1). Model AR(3) ini akan digunakan dalam peramalan, berikut adalah tabel hasil peramalan data *training*, *testing*, dan peramalan untuk 12 hari yang akan datang, yaitu:

Tabel 8. Hasil peramalan Data *Training* Kepekatan SO₂ di Kota Pekanbaru Stasiun Pemantau Sukajadi

Waktu (Hari)	Nilai Ramalan
1 Januari 2011	-
2 Januari 2011	21.6293
3 Januari 2011	21.6293
4 Januari 2011	23.3418
⋮	⋮
6 April 2011	30.4048

Tabel 9. Hasil peramalan Data *Testing* Kepekatan SO₂ di Kota Pekanbaru Stasiun Pemantau Sukajadi

Waktu (Hari)	Nilai Aktual	Nilai Ramalan
7 April 2011	29.62	28.1415
8 April 2011	24.36	26.4482
9 April 2011	24.25	25.1815
⋮	⋮	⋮
18 April 2011	21.51	21.6957

Tabel 10. Hasil peramalan Data Kepekatan SO₂ di Kota Pekanbaru Stasiun Pemantau Sukajadi untuk 12 hari yang akan datang

No	Waktu (Hari)	Nilai Ramalan
1	19 April 2011	21.6261
2	20 April 2011	21.5741
3	21 April 2011	21.5352
4	22 April 2011	21.5061
5	23 April 2011	21.4843
6	24 April 2011	21.4680
7	25 April 2011	21.4558
8	26 April 2011	21.4467
9	27 April 2011	21.4398
10	28 April 2011	21.4347
11	29 April 2011	21.4309
12	30 April 2011	21.4280

Berdasarkan tabel hasil ramalan tersebut, terlihat bahwa untuk data training nilai ramalannya mengikuti pola data aktual,

sedangkan pada data testing nilai ramalannya tidak terlalu mendekati data aktual karena data yang digunakan untuk peramalan data testing tanpa menggunakan data aktual. Selanjutnya peramalan untuk 12 hari yang akan datang mulai dari 19 April 2011 sampai 30 April 2011 menunjukkan bahwa terjadinya penurunan kepekatan sulfur dioksida di Pekanbaru Stasiun Pemantau Sukajadi dari waktu sebelumnya. Dengan hasil peramalan ini menunjukkan bahwa, tahap kualitas udara untuk waktu yang akan datang dalam tahap menengah dan tidak terjadi peningkatan pencemaran udara.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Metode Box-Jenkins adalah salah satu metode yang digunakan untuk memodelkan data deret waktu dan bertujuan untuk meramalkan data pada waktu yang akan datang, seperti dalam meramalkan data kualitas udara. Berdasarkan hasil dan pembahasan maka diperoleh model yang sesuai untuk data kepekatan sulfur dioksida (SO₂) di Kota Pekanbaru stasiun pemantau Sukajadi adalah model AR(3). Berikut adalah persamaan model AR(3) yaitu model $z_t = 5.3956 + 1.1147z_{t-1} - 0.6382z_{t-2} + 0.2716z_{t-3} + a$. Model ini dapat digunakan untuk analisis selanjutnya yaitu analisis peramalan data yang akan datang. Berdasarkan nilai hasil peramalan menunjukkan penurunan kepekatan sulfur dioksida (SO₂) di Kota Pekanbaru stasiun pemantau Sukajadi untuk 12 hari berikutnya, hal ini terlihat bahwa tahap kualitas udara di daerah Pekanbaru berada pada tahap sedang dan tidak terjadi peningkatan pencemaran udara.

Hasil peramalan yang diperoleh dapat menjadi panduan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru yang bertugas dalam pengurusan kualitas udara di Kota Pekanbaru untuk mencarikan penyelesaian dan pencegahan terjadinya pencemaran udara di Riau khususnya di daerah Kota Pekanbaru.

Saran

Hasil analisis yang diperoleh dalam penelitian ini hanya berlaku untuk data kepekatan sulfur dioksida (SO₂) di Kota Pekanbaru stasiun pemantau Sukajadi. Data dengan ukuran sampel yang lebih besar dapat

memberikan hasil analisis yang lebih bagus. Sehingga pihak-pihak terkait dapat mencari solusi sebelum terjadinya pencemaran udara untuk waktu yang akan datang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru, yang telah memberi bantuan kepada peneliti untuk mendapatkan data pencemaran udara.

DAFTAR PUSTAKA

Bowerman, B.L., O'Connell, R.T. & Koehler, A.B. 2005. *Forecasting, Time Series, Regression An applied approach*, 4th Edition. Belmont, CA: Thomson Brooks/cole.

Brocklebank, J.C. & David, A.D. 2003. *SAS for Forecasting Time Series*, 2th Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Cai, X.H. 2008. *Time Series Analysis of Air Pollution CO in California South Coast Area, with Seasonal ARIMA model and VAR model*. Tesis Sarjana, University of California, Los Angeles.

Chelani, A.B., Gajghate, D.G., Phadke, K.M., Gavane, A.G., Nema, P. & Hasan, M.Z. 2004. Air Quality Status and Sources of PM₁₀ in Kanpur City, India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 74: 421-428.

Cryer, J.D. & Kung, S.C. 2008. *Time Series Analysis with Applications in R*. Springer Dordrecht Heidelberg London, New York.

Department of Environment (DOE). 2002. Malaysia Environment Quality Report 2002. Kuala Lumpur: *Ministry of Science, Technology and Environment*, Malaysia.

Jasiman Ahmad. 1996. *Pencemaran Alam Sekitar, Siri Pencemaran Alam*. Petaling Jaya: Eddiplex Sdn. Bhd.

Maddala, G.S. 1992. *Introduction to Econometrics*. Edisi ke-2. New York: Macmillan Publishing Company.

Vallack, H., Haq, G., Han, W.J. & Kim, C. 2002. Benchmarking Urban Air Quality

Management and Practice in Major and Mega Cities of Asia. *Korea Environment Institute*, 4-57.

Wai, H.M., Teo, K. & Yee, K.M. 2008. FDI and Economic Growth Relationship: An Empirical Study on Malaysia. *International Business Research*, 1:2: 11-18.

Zaini, U. 2000. *Pengenalan Pencemaran Udara*. Cetakan kedua. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.