

**ANALISIS SIRI MASA ZARAH TERAMPAI (PM10)
DI LEMBAH KLANG, MALAYSIA**
(Time Series Analysis of Particulate Matter (PM10) in Klang Valley, Malaysia)

AHMAD MAHIR RAZALI & ARI PANI DESVINA

ABSTRAK

Masalah pencemaran udara adalah suatu fenomena yang sering dinyatakan pada masa kini, misalnya pencemaran udara di kawasan bandar di negara-negara Asian. Pencemaran udara merupakan suatu keadaan yang melibatkan kehadiran sebarang gas atau zarah yang bertoksik atau beradioaktif seperti karbon monoksida, nitrogen oksida, zarah terampai dan sebagainya ke dalam atmosfera, hal ini boleh memberi kesan berbahaya kepada tubuh manusia. Dalam kajian ini dibincangkan peramalan dan pengkajian trend data kepekatan zarah terampai (PM10) dengan menggunakan pendekatan Box-Jenkins, di empat kawasan, iaitu Kuala Lumpur, Shah Alam, Petaling Jaya dan Kajang. Data cerapan yang digunakan adalah data yang dikumpulkan secara purata harian dari bulan Januari 2007 hingga Disember 2007. Pendekatan Box-Jenkins terdiri daripada empat langkah asas, iaitu langkah pengecaman kasar, langkah penganggaran parameter, langkah penyemakan diagnostik dan peramalan. Hasil kajian ini menunjukkan bahawa keempat-empat kawasan mempunyai model yang sama, iaitu model AR(3) tanpa parameter ϕ_2 . Kesamaan model yang diperoleh bagi keempat-empat kawasan pengamatan disebabkan keempat-empat kawasan tersebut merupakan kawasan yang kedudukannya saling berhampiran. Model ini digunakan untuk analisis selanjutnya, iaitu peramalan data masa akan datang.

Kata kunci: Box Jenkins; autoregresi; purata bergerak; autoregresi dan purata bergerak; campuran autoregresi dan purata bergerak berintegrasi

ABSTRACT

Air pollution has become a common phenomenon especially in urban areas of most Asian countries. It occurs when toxic gases or particles or radioactive substances such as carbon monoxide, nitrogen oxide and particulate matter exist in the air that could cause negative effect to human body. This study uses Box-Jenkins approach and forecasting in investigating the trend in the amount of particulate matter (PM10) at four different areas, i.e. Kuala Lumpur, Shah Alam, Petaling Jaya and Kajang. Data of daily average taken during a period of January until December 2007 are used for the study. The Box-Jenkins method consists of four basic steps, namely identification of tentative model, estimation of parameter, diagnostic examination and forecasting. The results of this study show that the four different areas have similar model which is AR(3) without ϕ_2 parameter model, since all four selected areas are located adjacent to each other. This model is used for the subsequent analysis, i.e. forecasting of future data.

Keywords: Box Jenkins; autoregressive; moving average; autoregressive and moving average; autoregressive integrated and moving average

1. Pengenalan

Pencemaran ialah kontaminasi biosfera dengan bahan-bahan yang berbahaya atau racun. Udara ialah campuran gas dan lapisan nipis yang mengelilingi bumi. Pencemaran udara ialah kehadiran sebarang bahan cemar udara dalam atmosfera dengan ciri-ciri serta jangka masa tertentu sebagaimana yang termaktub dalam undang-undang yang kesannya boleh mengakibatkan apa jua mudarat kepada kehidupan manusia, haiwan, tumbuhan atau harta benda atau mengganggu kesejahteraan serta kedamaian hidup sesuatu komuniti (Zaini 2000). Gas-gas pencemar udara yang utama adalah karbon monoksida, karbon dioksida, nitrogen oksida, nitrogen dioksida, zarah terampai dan sebagainya. Ia merupakan pengotoran udara yang menyebabkan kepekatan udara dengan bahan tercemar adalah tinggi. Pencemaran udara berpunca dari pelepasan asap kotor oleh industri terus ke udara melalui cerobong asap kilang, pembakaran terbuka dan lain-lain. Habuk, asap, kabus, wap atau bahan-bahan lain yang boleh menghalang penglihatan mata merupakan pelbagai bentuk pencemaran udara (Jasiman 1996).

Masalah pencemaran adalah merupakan satu fenomena yang sering diperkatakan. Masalah pencemaran udara di Malaysia merupakan isu penting dalam masalah kualiti udara alam sekitar di Malaysia. Kualiti udara amat dipengaruhi oleh kepesatan pembangunan dan kesesakan sesebuah tempat atau kawasan. Kualiti udara di kawasan bandar semakin meruncing dan menjadi penyumbang utama kepada masalah kesihatan dan isu persekitaran di negara-negara Asian. Indeks Pencemaran Udara (IPU) dihasilkan untuk menyampaikan maklumat tentang pencemaran udara supaya lebih mudah difahami oleh orang awam. Terdapat lima jenis ukuran parameter yang diambil kira dalam menentukan IPU Malaysia, iaitu gas karbon monoksida (CO), ozon (O₃), nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂) dan zarah terampai (PM10) (DOE 2002).

Zarah terampai terdiri dari zarah pepejal dan cecair yang tersebar luas di udara yang lebih besar daripada molekul tunggal tetapi lebih kecil dari 500 μm . Contoh zarah adalah seperti habuk, wasap, abu kering, asap, semburan, kabus dan kabut, zarah mempunyai saiz pusat antara 0.2 hingga 5000 nm. Antara kesan pencemaran udara adalah penipisan lapisan ozon, jerebu, hujan asid dan pemanasan bumi. Pencemaran udara boleh menimbulkan pelbagai penyakit kepada manusia seperti penyakit kekejangan, barah, asma, kekejangan dan anemia. Selain boleh memudaratkan kepada manusia, pencemaran juga dapat memudaratkan kepada haiwan, tumbuhan serta harta benda (Godish 1997).

Objektif kajian ini adalah untuk menentukan model yang sesuai untuk data PM10 dan meramalkan kepekatan PM10 pada suatu tempoh masa yang ditetapkan menggunakan analisis siri masa pada keempat-empat stesen.

2. Bahan dan Kaedah

2.1. *Data*

Data dalam kajian ini adalah data pencemaran udara yang diperoleh dari Jabatan Alam Sekitar (JAS) Putrajaya Malaysia. Parameter komponen pencemar utama adalah zarah terampai (PM10) secara harian untuk tahun 2007 bagi empat stesen, iaitu stesen Kuala Lumpur, Shah Alam, Petaling Jaya dan Kajang.

2.2. Siri Masa Dengan Model Box-Jenkins

Penelahan sangat penting dalam kebanyakan jenis organisasi kerana ramalan peristiwa masa depan mestilah digabungkan ke dalam proses membuat keputusan. Siri masa ialah jujukan kronologi cerapan pada pemboleh ubah tertentu. Siri masa juga bermakna sebagai satu koleksi cerapan yang dikaji secara berturutan melalui masa (Chatfield 2003).

Kaedah penelahan Box-Jenkins ini dibangunkan oleh G.E.P. Box dan G.M. Jenkins. Kaedah Box-Jenkins terdiri daripada empat langkah asas, iaitu Langkah pengecaman kasar, langkah penganggaran parameter, langkah penyemakan diagnostik dan langkah peramalan. Langkah pertama dalam pengecaman model Box-Jenkins adalah menentukan sama ada siri masa itu pegun atau tidak. Jika tidak pegun, ia perlu dipegunkan dengan mengambil bezaan kali pertama bagi nilai-nilai yang tidak pegun tersebut. Berapa banyaknya bezaan yang perlu dilakukan adalah bergantung kepada sampai data siri masa yang asal menjadi pegun (Bowerman *et al.* 2005).

Kepegungan atau ketakpegungan suatu data dapat diuji dengan menjalankan ujian punca unit. Ujian yang sering digunakan adalah ujian Augmented Dickey Fuller (ADF), ujian ini dijalankan dengan menganggarkan persamaan, iaitu:

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

dengan α_i ; ($i=1, \dots, n$) adalah parameter, t adalah tren pemboleh ubah dan ε_t adalah ralat (Brocklebank & David 2003). Ujian lain yang boleh digunakan adalah ujian Phillips Perron (PP). Ujian ini dijalankan dengan menggunakan persamaan seperti berikut:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

dengan α_0, α_1 adalah parameter, t adalah tren pemboleh ubah dan ε_t adalah ralat (Maddala 1992). Selain daripada itu, ujian yang boleh digunakan untuk menguji kepegungan atau ketakpegungan data, iaitu ujian KPSS (Har *et al.* 2008). Ujian ini dijalankan dengan menganggarkan persamaan

$$y_t = \alpha_0' + \varepsilon_t' \quad (3)$$

Pertimbangkan siri bekerja bagi nilai siri masa z_b, z_{b+1}, \dots, z_n dengan b ialah darjah pembezaan. Fungsi autokorelasi (FAK) sampel pada susulan k , ditandai r_k , iaitu:

$$r_k = \frac{\sum_{t=b}^{n-k} (z_t - \bar{z})(z_{t+k} - \bar{z})}{\sum_{t=b}^n (z_t - \bar{z})^2} \quad (4)$$

$$\text{dengan } \bar{z} = \frac{\sum_{t=b}^n (z_t)}{(n-b+1)} \quad (5)$$

Nilai ini menyukat hubungan linear antara cerapan siri masa yang diasingkan oleh susulan k unit masa. Ini boleh dibuktikan r_k sentiasa berada antara -1 dan 1. Fungsi Autokorelasi Separa (FAKS) adalah sama dengan FAK tetapi memiliki ciri siri yang berbeza. Pertama, FAKS untuk siri masa tak bermusim boleh terpangkas. Dikatakan bahawa wujud pancang pada susulan k dalam FAKS jika r_{kk} autokorelasi separa sampel pada susulan k adalah besar secara berstatistik. Oleh itu kita menganggap pancang pada susulan k wujud dalam FAKS jika nilai mutlak (Bowerman *et al.* 2005):

$$t_{rkk} = \frac{r_{kk}}{S_{rkk}} > 2 \quad (6)$$

Kaedah Box-Jenkins memerlukan model yang digunakan dalam peramalan siri masa menjadi pegun dan boleh songsang. Penyemakan diagnostik boleh dilakukan melalui ujian statistik Ljung-Box, iaitu:

$$Q^* = n'(n'+2) \sum_{i=1}^K (n'-1)^{-1} r_i^2(\hat{\alpha}) \quad (7)$$

dengan $n' = n - d$, n , iaitu bilangan pemerhatian data siri masa asal dan d , iaitu darjah pembezaan.

Manakala $r_i^2(\hat{\alpha})$ ialah kuasa dua $r_i(\hat{\alpha})$, iaitu sampel autokorelasi reja di susulan l . Hipotesis nol yang diuji adalah data itu rawak dan hipotesis alternatif pula data itu tidak rawak. Jika Q^*

lebih kecil daripada $\chi_{[a]}^2(K - n_c)$, kita terima H_0 . Reja- reja itu adalah tidak berkorelasi dan model tersebut dikatakan sesuai untuk set data.

Selain daripada ujian statistik Ljung-Box, ujian yang lain iaitu ujian Kriterion Maklumat Akaike (AIC) dan Kriterion Schwarz (SC) dengan menganggarkan persamaan-persamaan seperti berikut:

$$AIC = \left(-2\ell/n\right) + \left(2K/n\right) \quad (8)$$

$$SC = \left(-2\ell/n\right) + \left(\frac{K \log n}{n}\right) \quad (9)$$

dengan K adalah jumlah parameter yang dianggarkan, n adalah jumlah cerapan dan ℓ adalah nilai anggaran fungsi kebolehjadian log (Bierens 2006).

Ujian nisbah kebolehjadian boleh juga digunakan untuk penyemakan model yang sesuai bagi data siri. Ujian statistik bagi ujian nisbah kebolehjadian adalah:

$$LR = 2 * (\ln L_1 - \ln L_2) \quad (10)$$

dengan L_1 = kebolehjadian bagi model ringkas, dan L_2 = kebolehjadian bagi model am (Lee & Wang 2003).

Penelahan dilakukan selepas model yang dicamkan adalah sesuai, kemudian penelahan siri masa untuk masa depan dilakukan (Bowerman *et al.* 2005).

3. Hasil dan Perbincangan

3.1 Analisis deskriptif

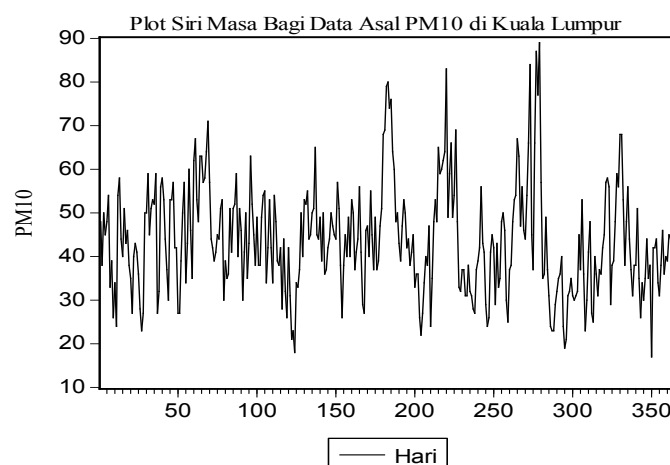
Maklumat asas bagi data kepekatan zarah terampai (PM10) secara harian untuk tahun 2007 di Kuala Lumpur, Shah Alam, Petaling Jaya dan Kajang diberikan dalam Jadual 1 berikut ini:

Jadual 1: Maklumat asas bagi data zarah terampai

Kawasan	Statistik Asas (ug/cu.m)				
	<i>N</i>	Nilai Min	Sisihan Piawai	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
Kuala Lumpur	363	43.79	12.46	17	89
Shah Alam	365	44.79	14.36	15	104
Petaling Jaya	365	45.30	12.21	20	91
Kajang	365	45.84	12.53	21	100

Berdasarkan analisis deskriptif didapati bahawa nilai min bagi data zarah terampai (PM10) untuk keempat-empat kawasan pengamatan adalah 43.79 ug/cu.m bagi Kuala Lumpur, 44.79 ug/cu.m bagi Shah Alam, 45.30 ug/cu.m bagi Petaling Jaya dan 45.84 ug/cu.m bagi Kajang. Nilai minimum kepekatan zarah terampai (PM10) untuk keempat-empat kawasan yang paling rendah ialah di kawasan Shah Alam, iaitu 15 ug/cu.m. Manakala nilai maksimum yang tertinggi dicatatkan juga dari kawasan Shah Alam, iaitu 104 ug/cu.m. Saiz sampel data yang digunakan adalah sama melainkan saiz sampel bagi kawasan Kuala Lumpur.

Plot siri masa data asal PM10 di Kuala Lumpur dapat dilihat pada plot di bawah ini:



Rajah 1: Plot kepekatan zarah terampai (PM10) di Kuala Lumpur (Jan-Dis 2007) mengikut masa (harian)

Daripada plot tersebut didapati ciri-ciri data kepekatan zarah terampai (PM10) memenuhi syarat kepegunan dan min siri masa malar serta model Box Jenkins yang digunakan adalah tidak bermusim. Kepegunan atau ketakpegunan dapat diuji dengan ujian Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips Perron (PP) dan Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS).

Jadual-jadual berikut adalah anggaran untuk ujian ADF, PP dan KPSS:

Jadual 2: Anggaran Ujian ADF berbanding dengan nilai kritikal MacKinnon

Anggaran	Statistik- <i>t</i>	Nilai- <i>p</i>
Augmented Dickey Fuller (ADF)	-9.0533	0.0000
Nilai Kritikal MacKinnon		
1 %	-3.4482	
5 %	-2.8693	
10 %	-2.5709	

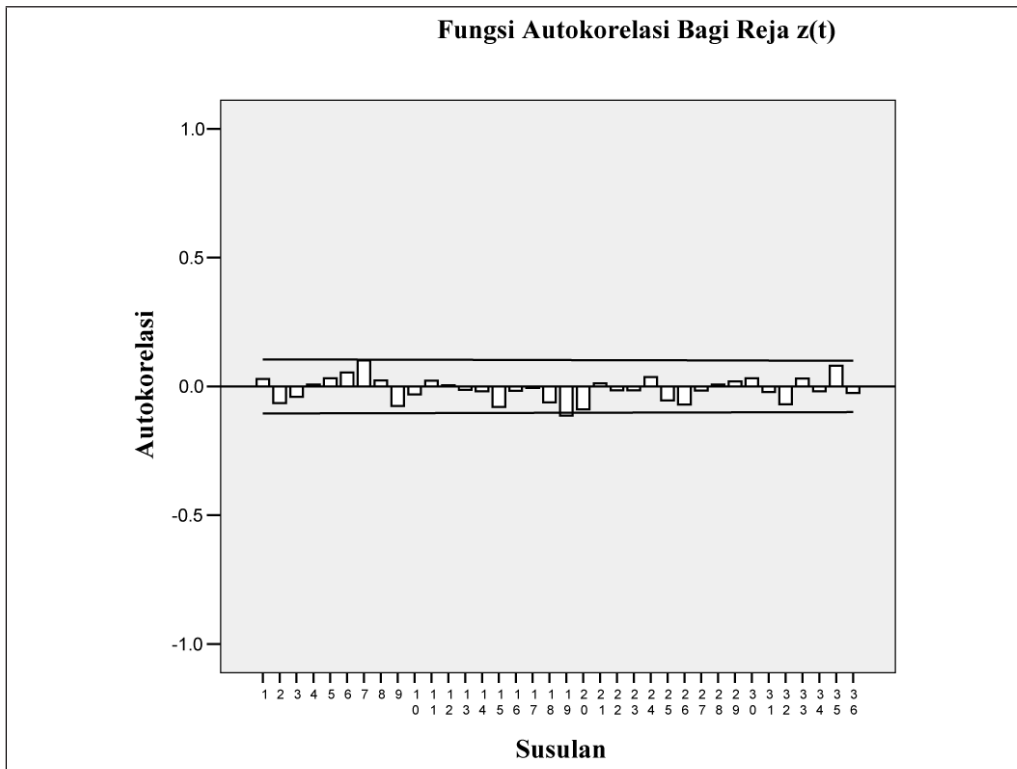
Jadual 3: Anggaran Ujian PP berbanding dengan nilai kritikal MacKinnon

Anggaran	Statistik- <i>t</i>	Nilai- <i>p</i>
Phillips Perron (PP)	-9.1356	0.0000
Nilai Kritikal Mac-Kinnon		
1 %	-3.4482	
5 %	-2.8693	
10 %	-2.5709	

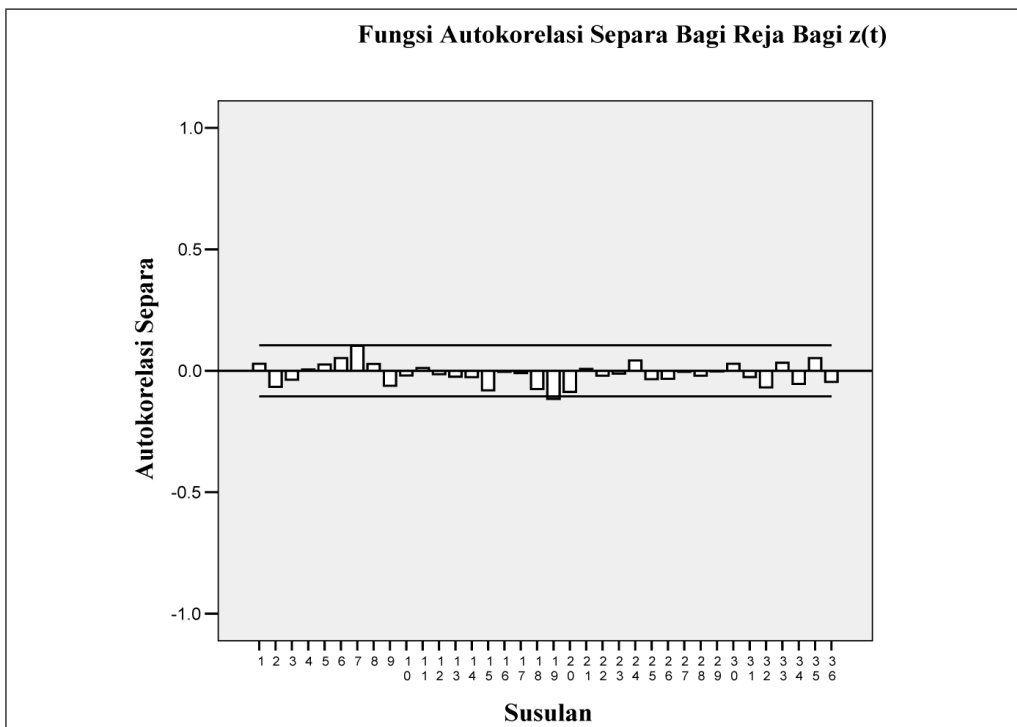
Jadual 4: Anggaran Ujian KPSS berbanding dengan nilai kritikal MacKinnon

Anggaran	Statistik- <i>t</i>
Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)	0.1212
Nilai Kritikal MacKinnon	
1 %	0.7390
5 %	0.4630
10 %	0.3470

Dengan merujuk kepada ketiga-tiga jadual di atas, didapati bahawa hasil analisis ketiga-tiga ujian tersebut menunjukkan data kepekatan zarah terampai (PM10) di kawasan Kuala Lumpur adalah pegun. Berdasarkan plot berikut menunjukkan bahawa fungsi autokorelasi (FAK) dapat dilihat bahawa menyusut ke sifar secara sinus, manakala plot bagi fungsi autokorelasi separa (FAKS) diperhatikan nilainya terpankang selepas susulan ketiga.



Rajah 2: Fungsi autokorelasi bagi reja bagi data asal kepekatan zarah terampai (PM10) di Kuala Lumpur



Rajah 3: Fungsi autokorelasi separa bagi reja bagi data asal kepekatan zarah terampai (PM10) di Kuala Lumpur

Berdasarkan plot FAK dan FAKS serta penganggaran parameter model untuk data asal kepekatan zarah terampai (PM10) di kawasan Kuala Lumpur, maka model yang digunakan adalah AR(p), iaitu AR(3). Rumus bagi model AR(3) ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$z_t = 16.1497 + 0.5943z_{t-1} + 0.0908z_{t-3} + a_t \tag{11}$$

Model AR(1) boleh digunakan sebagai perbandingan untuk mendapatkan model yang bagus dan yang sesuai untuk data asal kepekatan zarah terampai (PM10) di kawasan Kuala Lumpur. Rumus bagi model AR(1) ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$z_t = 16.2505 + 0.6289z_{t-1} + a_t \tag{12}$$

Pemeriksaan model perlu dilakukan untuk menyemak sama ada model tersebut boleh digunakan untuk analisis selanjutnya, iaitu analisis peramalan atau perlu dilakukan pemilihan model yang lain. Ujian yang dilakukan untuk pemeriksaan model adalah ujian Box-Pierce (Ljung-Box). Selain ujian ini boleh juga digunakan kaedah Kriteria Maklumat Akaike (AIC) dan Kriteria Schwarz (SC), jika nilai anggaran AIC dan SC yang paling kecil maka model tersebut adalah sesuai untuk data.

Jadual 5: Box-Pierce (Ljung-Box) bagi Data Kepekatan Zarah Terampai (PM10) di Kuala Lumpur

Susulan	10	20	30	40	50
AR(1)					
Q^*	12.43	25.85	30.93	39.97	49.9
Nilai p	0.19	0.13	0.37	0.43	0.44
AR(3) Tanpa Parameter ϕ_2					
Q^*	10.36	22.80	27.32	36.39	46.4
Nilai p	0.24	0.19	0.50	0.54	0.55

Jadual 6: Kriteria Maklumat Akaike (AIC) dan Kriteria Schwarz (SC) bagi Data Kepekatan Zarah Terampai (PM10) di Kuala Lumpur

Model	AIC	SC
AR(1)	7.3903	7.4118
AR(3) Tanpa Parameter ϕ_2	7.3849	7.4103

Berdasarkan Jadual 5 diperoleh kesemua nilai p untuk kesemua susulan bagi model AR(1) dan model AR(3) tanpa parameter ϕ_2 adalah melebihi 0.05. Maka kedua-dua model tersebut adalah mencukupi dan boleh digunakan untuk analisis selanjutnya. Selain ujian tersebut boleh digunakan kaedah AIC dan SC (Jadual 6) untuk menentukan model yang sesuai untuk data, didapati bahawa perbezaan nilai AIC dan SC bagi kedua-dua model tersebut tidak terlalu ketara. Oleh itu, ujian yang lain diperlukan untuk menentukan model yang sesuai bagi data, iaitu ujian nisbah kebolehjadian. Berikut ujian statistik bagi ujian nisbah kebolehjadian dengan

$\ln L_1 = 1335.657$ (ln kebolehjadian bagi model AR(1)) dan $\ln L_2 = 1326.290$ (ln kebolehjadian bagi model AR(3) tanpa parameter ϕ_2):

$$\begin{aligned}
 LR &= 2 * (\ln L_1 - \ln L_2) \\
 &= 2 * (1335.657 - 1326.290) \\
 &= 18.734
 \end{aligned}$$

Nilai LR lebih besar daripada $\chi_{[1]}^2 = 3.841$ dengan $dk = 2 - 1 = 1$, maka tolak H_0 atau dalam lain perkataan, kita menolak hipotesis nol yang menyatakan bahawa ϕ_3 adalah sifar. Hal ini bermakna bahawa model AR(3) tanpa parameter ϕ_2 adalah mencukupi dan boleh digunakan untuk analisis selanjutnya, iaitu analisis peramalan.

Model AR(3) tanpa parameter ϕ_2 adalah model yang sesuai dan boleh digunakan untuk analisis selanjutnya, iaitu analisis peramalan. Data pada bulan Januari-November 2007 digunakan untuk analisis siri masa dengan model AR untuk mendapatkan model ramalan terbaik terdapat pada Jadual 7. Sedangkan untuk data pada bulan Disember 2007 digunakan sebagai data ujian kebaikan padanan ke atas model terdapat pada Jadual 8. Model ini akan digunakan dalam peramalan untuk 10 hari seterusnya pada bulan Januari tahun 2008.

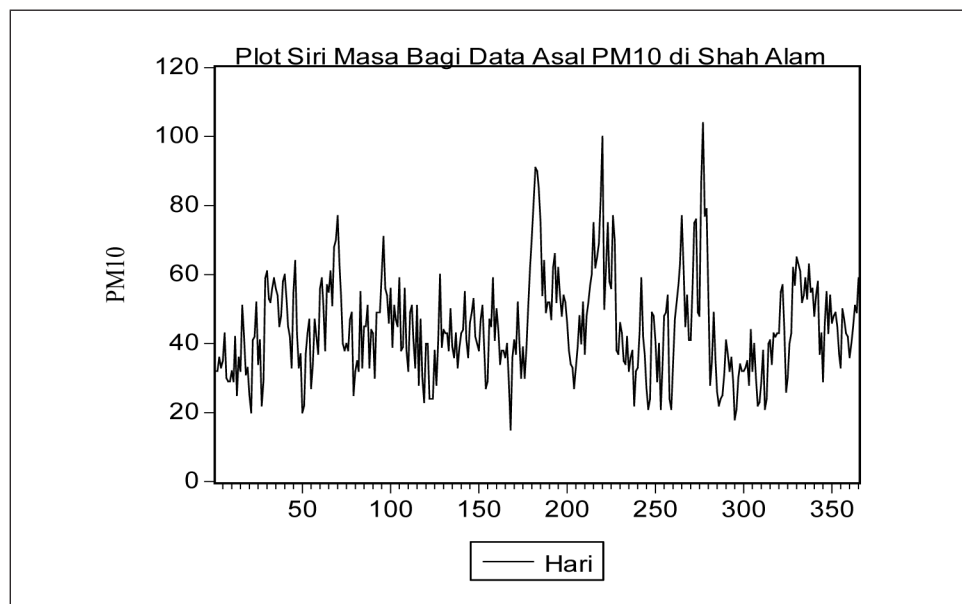
Jadual 7: Hasil peramalan untuk ujian kebaikan model AR(3) tanpa parameter ϕ_2 (Dis 2007) di Kuala Lumpur

Nilai Cerapan Sebenar	Nilai Ramalan	Nilai Cerapan Sebenar	Nilai Ramalan
38	51.05	38	44.48
48	51.09	17	44.45
56	49.25	42	44.44
44	47.82	42	44.42
37	47.06	44	44.41
31	46.46	34	44.40
38	45.94	31	44.40
38	45.56	38	44.39
51	45.28	46	44.39
35	45.06	36	44.39
26	44.90	40	44.38
34	44.77	39	44.38
30	44.68	45	44.38
35	44.61	44	44.38
44	44.55	50	44.38
35	44.51		

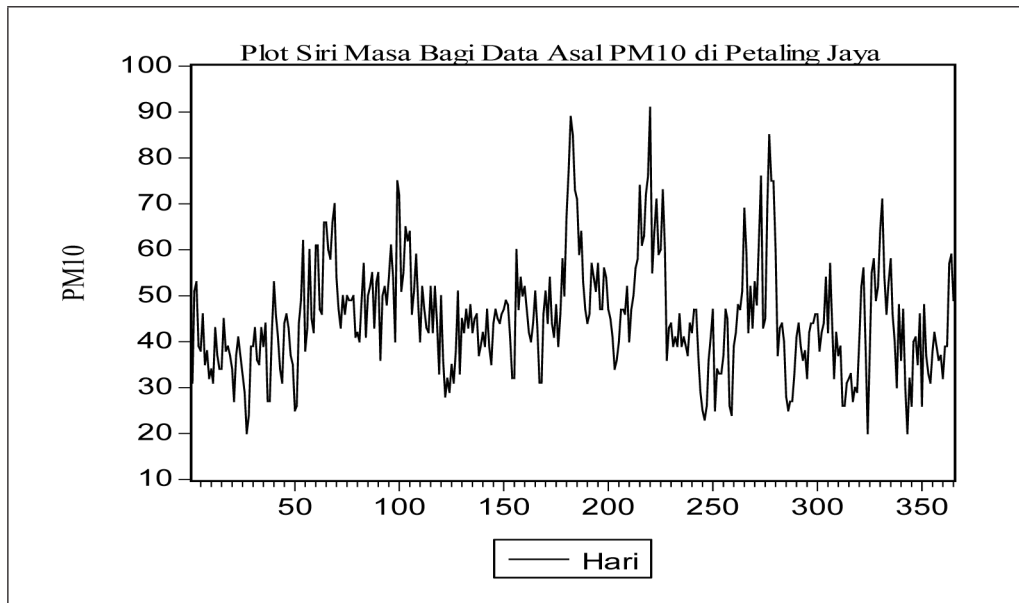
Jadual 8: Hasil peramalan untuk masa yang akan datang model AR(3) tanpa parameter ϕ_2 (1-10 Jan 2008) di Kuala Lumpur

Tempoh Masa (Hari)	Nilai Ramalan	95% Had Bawah	95% Had Atas
364	47.84	28.92	66.76
365	45.91	23.58	68.23
366	45.62	22.50	68.73
367	45.31	21.60	69.01
368	44.89	20.80	68.99
369	44.62	20.33	68.91
370	44.44	20.04	68.83
371	44.29	19.84	68.75
372	44.18	19.69	68.67
373	44.10	19.59	68.61

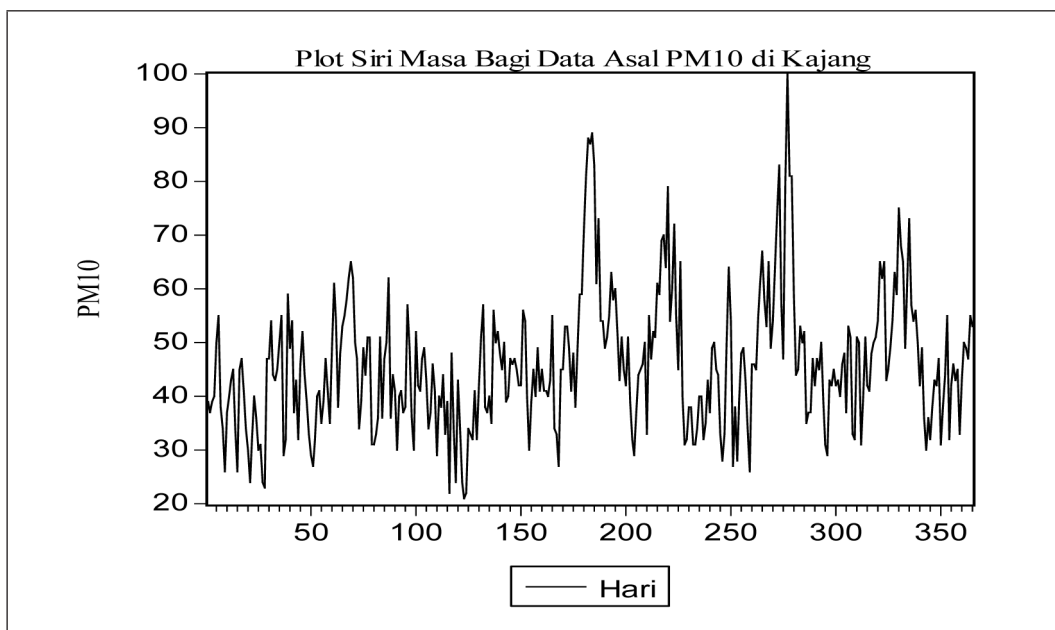
Langkah analisis yang sama dengan kawasan Kuala Lumpur, juga dilakukan bagi ketiga-tiga kawasan yang lain, iaitu Shah Alam, Petaling Jaya dan Kajang, didapati model yang sesuai bagi ketiga-tiga kawasan tersebut adalah model AR(3) tanpa parameter. Plot siri masa data asal PM10 bagi ketiga-tiga kawasan pengamatan dapat dilihat pada ketiga-tiga plot di bawah ini:



Rajah 4: Plot kepekatan zarah terampai (PM10) di Shah Alam (Jan-Dis 2007) mengikut masa (harian)



Rajah 5: Plot kepekatan zarah terampai (PM10) di Petaling Jaya (Jan-Dis 2007) mengikut masa (harian)



Rajah 6:Plot kepekatan zarah terampai (PM10) di Kajang (Jan-Dis 2007) mengikut masa (harian)

Daripada ketiga-tiga plot tersebut didapati ciri-ciri data kepekatan zarah terampai (PM10) memenuhi syarat kepegunan dan min siri masa malar serta model Box Jenkins yang digunakan adalah tidak bermusim. Berikut adalah model yang sesuai bagi ketiga-tiga kawasan pengamatan tersebut.

Model siri masa bagi kawasan Shah Alam adalah:

$$z_t = 14.853 + 0.6310z_{t-1} + 0.1076z_{t-3} + a_t \quad (13)$$

Manakala model siri masa bagi kawasan Petaling Jaya adalah:

$$z_t = 14.8599 + 0.6068z_{t-1} + 0.1661z_{t-3} + a_t \quad (14)$$

dan model siri masa bagi kawasan Kajang pula adalah:

$$z_t = 15.1772 + 0.6257z_{t-1} + 0.1193z_{t-3} + a_t \quad (15)$$

Ketiga-tiga model AR(3) tanpa parameter ϕ_2 adalah model yang sesuai dan boleh digunakan untuk analisis selanjutnya, iaitu analisis peramalan.

Jadual 9: Hasil peramalan untuk ujian kebaikan model (Dis 2007) di Shah Alam

Nilai Cerapan Sebenar	Nilai Ramalan	Nilai Cerapan Sebenar	Nilai Ramalan
59	52.55	48	44.74
53	50.36	49	44.70
63	49.23	45	44.66
55	48.40	37	44.63
56	47.62	33	44.61
48	47.00	50	44.59
54	46.51	47	44.58
58	46.12	43	44.57
37	45.81	42	44.56
43	45.55	36	44.55
29	45.35	40	44.54
46	45.19	45	44.54
55	45.05	51	44.53
43	44.95	49	44.53
54	44.86	59	44.53
46	44.80		

Jadual 10: Hasil peramalan untuk masa yang akan datang (1-10 Jan 2008) di Shah Alam

Tempoh Masa (Hari)	Nilai Ramalan	95% Had Bawah	95% Had Atas
366	54.59	34.18	75.01
367	51.25	26.96	75.54
368	50.41	24.84	75.97
369	49.42	22.85	76.00
370	48.41	21.15	75.66
371	47.68	20.03	75.33
372	47.11	19.21	75.01
373	46.65	18.59	74.71
374	46.27	18.11	74.44
375	45.98	17.75	74.21

Jadual 11: Hasil peramalan untuk ujian kebaikan model (Dis 2007) di Petaling Jaya

Nilai Cerapan Sebenar	Nilai Ramalan	Nilai Cerapan Sebenar	Nilai Ramalan
58	52.57	48	46.18
46	49.46	37	46.13
40	49.07	33	46.08
30	49.12	31	46.05
48	48.48	38	46.01
36	47.94	42	45.99
47	47.68	39	45.96
30	47.42	36	45.94
20	47.15	37	45.93
32	46.95	32	45.91
26	46.78	39	45.90
40	46.64	39	45.89
41	46.51	57	45.88
35	46.41	59	45.87
46	46.32	49	45.87
26	46.25		

Jadual 12: Hasil peramalan untuk masa yang akan datang (1-10 Jan 2008) di Petaling Jaya

Tempoh Masa (Hari)	Nilai Ramalan	95% Had Bawah	95% Had Atas
366	49.01	31.95	66.07
367	50.13	29.90	70.36
368	48.85	27.82	69.87
369	47.95	26.01	69.89
370	47.70	25.01	70.38
371	47.34	24.24	70.44
372	46.95	23.57	70.34
373	46.68	23.09	70.28
374	46.46	22.73	70.20
375	46.27	22.43	70.11

Jadual 13: Hasil peramalan untuk ujian kebaikan model (Dis 2007) di Kajang

Nilai Cerapan Sebenar	Nilai Ramalan	Nilai Cerapan Sebenar	Nilai Ramalan
73	58.59	38	46.37
57	54.19	44	46.30
54	52.96	55	46.24
56	51.85	32	46.20
50	50.63	42	46.16
42	49.72	46	46.14
49	49.02	43	46.11
36	48.44	45	46.09
30	47.97	33	46.08
36	47.59	43	46.07
32	47.29	50	46.06
38	47.04	49	46.05
43	46.84	47	46.04
42	46.68	55	46.04
47	46.55	53	46.03
31	46.45		

Jadual 14: Hasil peramalan untuk masa yang akan datang (1-10 Jan 2008) di Kajang

Tempoh Masa (Hari)	Nilai Ramalan	95% Had Bawah	95% Had Atas
366	50.35	32.59	68.10
367	49.74	28.69	70.79
368	49.15	27.02	71.28
369	48.45	25.42	71.48
370	47.93	24.28	71.58
371	47.54	23.52	71.56
372	47.21	22.96	71.47
373	46.95	22.54	71.36
374	46.73	22.22	71.24
375	46.56	21.99	71.14

4. Kesimpulan

Kaedah Box-Jenkins dapat digunakan untuk menganalisis data kepekatan zarah terampai (PM10) bagi empat kawasan pengamatan, iaitu kawasan Kuala Lumpur, Shah Alam, Petaling Jaya dan Kajang. Keempat-empat kawasan ini merupakan kawasan Lembah Klang, iaitu kawasan industri dan kawasan yang padat aktiviti manusia. Selepas melakukan pengecaman model, penganggaran parameter dan pemeriksaan diagnostik, dapat disimpulkan bahawa keempat-empat kawasan memperoleh model yang sama, iaitu AR(3) tanpa parameter ϕ_2 yang merupakan model yang sesuai bagi data kepekatan zarah terampai (PM10).

Keempat-empat model ini dapat digunakan untuk analisis selanjutnya, iaitu analisis peramalan data pada masa yang akan datang. Kesamaan model yang diperoleh bagi keempat-empat kawasan tersebut disebabkan kerana keempat-empat kawasan tersebut merupakan kawasan yang kedudukannya saling berhampiran. Dengan kedudukan yang saling berhampiran mengakibatkan keadaan geografi seperti keadaan kualiti udara keempat-empat kawasan ini adalah hampir sama.

Penghargaan

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada Encik Mohd Amir Bin Ismail, pegawai Bahagian Udara Jabatan Alam Sekitar Putrajaya, yang telah memberi bantuan dalam mendapatkan data pencemaran udara.

Rujukan

- Bierens H.J. 2006. *Information Criteria and Model Selection*. Pennsylvania: Pennsylvania State University.
- Bowerman B.L., O'Connell R.T. & Koehler A.B. 2005. *Forecasting, Time Series, Regression: An applied Approach*. Ed. ke-4. Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole.
- Brocklebank J.C. & David A.D. 2003. *SAS for Forecasting Time Series*. Ed. ke-2. New York: John Wiley & Sons.
- Chatfield C. 2003. *The Analysis of Time Series: An Introduction*. Boca Raton: CRC Press.
- Department of Environment (DOE). 2002. *Malaysia Environment Quality Report 2002*. Kuala Lumpur: Ministry of Science, Technology and Environment, Malaysia.
- Godish T. 1997. *Air Quality*. Ed. ke-3. New York: Lewis Publisher.
- Jasiman Ahmad. 1996. *Pencemaran Alam Sekitar, Siri Pencemaran Alam*. Petaling Jaya: Eddiplex Sdn. Bhd.

- Lee E.T. & Wang J.W. 2003. *Statistical Methods for Survival Data Analysis*. Ed. ke-3. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Maddala G.S. 1992. *Introduction to Econometrics*. Ed. ke-2. New York: Macmillan Publishing Company.
- Har W.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.

*Pusat Pengajian Sains Matematik
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi
Selangor DE, MALAYSIA
Mel-e : mahir@ukm.my*, aripani_desvina@yahoo.com*

**Penulis untuk dihubungi*