

Pemodelan Pencemaran Udara Menggunakan Metode *Vector Autoregressive (Var)* di Provinsi Riau

Ari Pani Desvina¹, Maryam Julliana D²

Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. HR. Soebrantas No 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293

Email: aripanidesvina@uin-suska.ac.id, aripanidesvina@gmail.com dan Mariam.Juliana@ymail.com

(Received: 17 Mei 2016; Revised: 20 Juni 2016; Accepted: 20 Juni 2016)

ABSTRAK

Kualitas udara di pengaruhi oleh *particulate matter* (PM10) dan beberapa variabel yaitu unsur meteorologi seperti curah hujan, radiasi matahari, dan suhu udara. Variabel lain yang dianggap mempengaruhi kualitas udara ialah *hotspot*. Variabel yang digunakan lebih dari satu variabel, sehingga metode yang digunakan ialah metode *Vector Autoregressive* (VAR). Metode *Vector Autoregressive* dipilih karena merupakan salah satu analisis multivariat untuk data *time series* dan dapat melihat keterkaitan hubungan antar variabel. Tujuan penelitian ini yaitu untuk meramalkan kualitas udara melalui *particulate matter* (PM10) dengan menggunakan data bulanan dari bulan Januari 2010-Desember 2014. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa model yang sesuai untuk peramalan PM10 ialah menggunakan model VAR(1). Berdasarkan model VAR(1) yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa unsur curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, dan *hotspot* memiliki hubungan yang searah terhadap PM10.

Kata kunci: *Metode Vector Autoregressive (VAR), Particulate Matter*

ABSTRACT

Air quality influenced by particulate matter (PM10) and many variable that is meteorology like rainfall, sun radiation, weather. Other Variable deemed to affect quality of air it's hotspot. Variables used more than one variable, so that method that use is a Vector Autoregressive (VAR) method. Vector Autoregressive method selected, because it's is one of multivariate analysis for time series and can see relationship each variable. The goal of this research is to decided the forecasting of air pollution by particulate matter (PM10) with data that use is monthly data from January 2010 to December 2014. The result that got show that model is the suitable model for forecasting PM10 it's with VAR(1). The result VAR(1) model have conclusion that unsure like rainfall, sun radiation, weather, and hotspot has one away relationship with PM10.

Keywords: *Particulate Matter, Vector Autoregressive (VAR) method.*

Corresponding Author:

Ari Pani Desvina

Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sultan Syarif Kasim Riau

Email: aripanidesvina@uin-suska.ac.id

Pendahuluan

Udara merupakan sesuatu yang sangat penting bagi kehidupan manusia, tumbuhan dan juga hewan. Persediaan udara bebas tidak pernah mengalami kekurangan jumlah. Hanya kualitas berbeda-beda tergantung dari tempat dan faktor lingkungan lain. Mengingat udara merupakan kebutuhan hidup sepanjang kehidupan maka

diperlukan kualitas udara yang sesuai dengan standar dasar yang diperlukan oleh manusia, tumbuhan, dan hewan.

Dimuka bumi ini tidak ada udara yang tidak tercemar oleh berbagai jenis polutan, yang kadang-kadang membahayakan bagi kesehatan tubuh. Tercemarnya udara di suatu kota dirasa sangat mengganggu dan merugikan masyarakat, baik dalam beraktivitas dan kesehatan masyarakat.

Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan atau zat-zat asing di udara dalam jumlah yang dapat membahayakan perubahan komposisi atmosfer normal (Soedirman: 1975). Faktor penyebab pencemaran udara terbagi atas faktor yang bersumber dari alam, dan faktor yang bersumber dari manusia. Faktor yang bersumber dari alam misalnya gunung meletus dan gas beracun, sedangkan faktor yang bersumber dari manusia misalnya pembakaran, asap kendaraan, proses pembuatan minyak, kimia, dan mineral.

Berdasarkan penjelasan diatas perlu dilakukan penelitian mengenai pencemaran udara. Penelitian ini menggunakan data PM10, curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, dan jumlah *hotspot*. Data yang digunakan merupakan data runtun waktu (*time series*) dari Tahun 2010-2014. Penelitian ini dilakukan dengan metode *Vector Autoregressive* (VAR). Metode *Vector Autoregressive* (VAR) merupakan suatu sistem persamaan yang memperlihatkan setiap Variabel sebagai fungsi linier dari konstanta dan nilai *lag* (lampau) dari Variabel itu sendiri, serta nilai *lag* dari Variabel yang berada dalam sistem. Metode *Vector Autoregressive* (VAR) adalah pengembangan dari model ADL. VAR memudahkan asumsi variabel yang bersifat endogen pada ADL. Dalam kerangka VAR, dimungkinkan untuk melakukan estimasi terhadap serangkaian variabel yang diduga mengalami endogensitas (Moch. Deddy Ariefianto: 2012).

Sebelumnya penelitian polusi udara sudah pernah dilakukan oleh Tri Herlinda (2013) dengan judul peramalan polusi udara oleh karbon monoksida (CO) di kota Pekanbaru dengan menggunakan model *Vector Autoregressive* (VAR). Pada penelitian Tri Herlinda variabel yang digunakan dalam penelitian tersebut ada 4 yaitu data karbon monoksida, curah hujan, radiasi matahari dan suhu udara. Sedangkan pada penelitian ini akan ditambahkan 1 variabel lagi, sehingga data yang digunakan ialah data PM10, curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, dan jumlah *hotspot*.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan nantinya dapat menginformasikan ada atau tidaknya pengaruh PM10, curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, dan jumlah *hotspot* terhadap pencemaran udara.

Landasan Teori

Pencemaran udara adalah adanya suatu zat yang berjumlah besar dan zat tersebut dapat membahayakan. Polusi udara ini bukan hanya disebabkan oleh manusia. Didalam udara tersebut terkandung zat yang dapat merusak kehidupan manusia, tumbuhan, properti rumah tangga, dan

lingkungan global. Polusi udara biasanya berwujud udara yang kecoklatan, kabur dan menimbulkan bau yang tidak menyenangkan (Noel De Nevers: 2000).

A. Metode *Vector Autoregressive* (VAR)

Metode VAR merupakan metode yang tidak membedakan antara variabel endogen dan variabel eksogen. Variabel endogen merupakan variabel yang nilainya ditentukan dalam model. Walaupun tidak sama persis, variabel endogen ini mirip dengan variabel terikat dalam regresi, dimana nilainya dapat ditentukan jika nilai variabel bebas telah ditentukan terlebih dahulu. Sedangkan variabel eksogen merupakan variabel yang ditentukan diluar model atau sering dikatakan variabel ini mirip dengan variabel bebas.

Vector Autoregressive mempunyai model untuk *lag k* dan *n* peubah dapat diformulasikan sebagai berikut (R Ajija S dkk: 2011):

$$Y_t = A_0 + A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + A_3 Y_{t-3} + \dots + A_k Y_{t-k} + \varepsilon_t \quad (1)$$

dimana:

- Y_t, Y_{t-1} : Vektor berukuran $n \times 1$ yang berisi n peubah yang masuk dalam model VAR pada waktu t dan $t - i, i = 1, 2, \dots, p$
- A_0 : Vektor intersep bukan $n \times 1$ (konstanta)
- k : *lag* VAR
- t : Periode amatan
- ε_t : Vektor residual berukuran $n \times 1$ (galat)

B. Langkah-Langkah dalam Penggunaan Model VAR

1. Stasioner
 Kestasioneran data dilihat melalui plot data aktual, plot ACF dan PACF, dan melalui uji *unit root*. Uji *unit root* terdiri atas 3 macam yaitu uji *unit root* ADF, *unit root Phillips-Perron*, dan *unit root Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin*.

2. Penentuan *Lag Vector Autoregressive* (VAR)
Akaike Information Criterion

$$(AIC) = -2 \left(\frac{1}{T} \right) + 2(k + 1) \quad (2)$$

Schwarz Information Criterion

$$(SIC) = -2 \left(\frac{1}{T} \right) + k \frac{\log(T)}{T} \quad (3)$$

Hannan-Quinn Information Criterion

$$(HQ) = -2 \left(\frac{1}{T} \right) + 2k \log \left(\frac{\log(T)}{T} \right) \quad (4)$$

dimana:

- 1 : *Sum of square residual*.
- T : Jumlah observasi.
- k : Parameter yang diestimasi.

Dalam penentuan *lag* optimal digunakan jumlah dari AIC, SIC, dan HQ yang paling kecil diantara berbagai lag yang diajukan

3. Uji Kausalitas Granger

Kausalitas merupakan uji sebab akibat. Misalnya jika suatu kejadian A terjadi sebelum kejadian B, mungkin saja A menyebabkan B, dan tidak mungkin pula B menyebabkan kejadian A. Hal tersebut dapat dijelaskan dengan konsep Kausalitas Granger.

Unidirectional causality

$$Y_t = \sum_{i=1}^k \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_i X_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (5)$$

dimana:

- Y_t : Nilai variabel Y pada waktu ke- t
- k : Panjang *lag*
- α_i : Koefisien dari *lag* ke- i variabel Y pada model *unrestricted*
- β_i : Koefisien dari *lag* ke- i variabel ke X
- X_{t-i} : Nilai variabel X pada *lag* ke- i , yang mana t lebih besar dari i
- ε_{1t} : *Error* pada waktu ke- t

Persamaan *restricted*

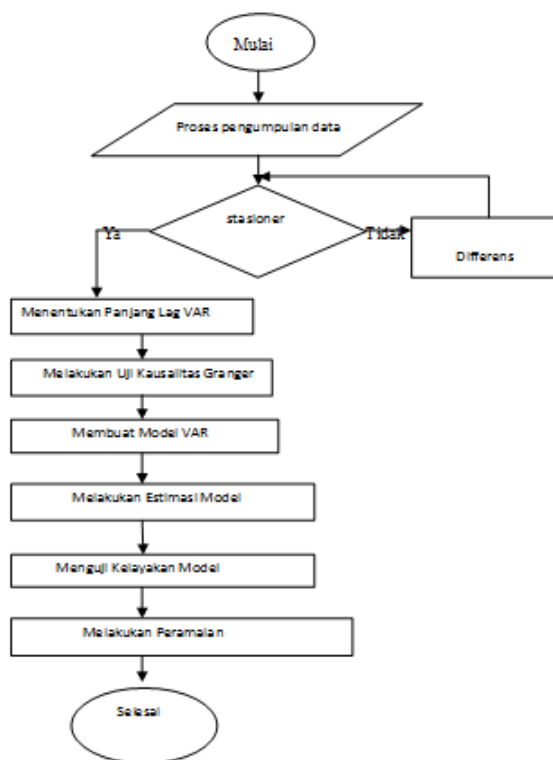
$$Y_t = \sum_{i=1}^k \alpha_i Y_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad (6)$$

4. Estimasi *Vector Autoregressive* (VAR)

Dalam estimasi parameter menggunakan metode *Vektor Autoregressive* dapat digunakan metode kuadrat terkecil / OLS (*ordinary least square*) yaitu dengan menentukan turunan fungsi terhadap parameter-parameter model dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat galatnya.

Metodologi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data runtun waktu yaitu PM10, curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, dan jumlah *hotspot* pada bulan Januari 2010 sampai bulan Desember 2014. Data PM10, radiasi matahari, curah hujan, dan suhu udara di ambil di Badan Lingkungan Hidup kota Pekanbaru, dan jumlah *hotspot* di ambil di Dinas Kehunanan Provinsi Riau. Berikut tahapan dalam menggunakan metode *vector autoregressive* (VAR) di Provinsi Riau:



Gambar 1. *Flowchart* membentuk model peramalan VAR

Hasil Dan Pembahasan

Statistik Deskriptif PM10, curah hujan, radiasi matahari, suhu udara dan *hotspot* disajikan dalam Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Statistik deskriptif PM10, curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, dan *hotspot*

Variabel	PM	CH	RM	SU	HP
Mean	39.08	231.06	41.42	28.56	328.45
Median	27.17	221.15	41.55	28.46	168
Maximum	249.6	540.5	73	30.6	1523
Minimum	9.28	13.8	1.5	26.78	10
Std. Dev	39.88	121.5	16.61	0.85	377.68
Observasi (N)	60	60	60	60	60

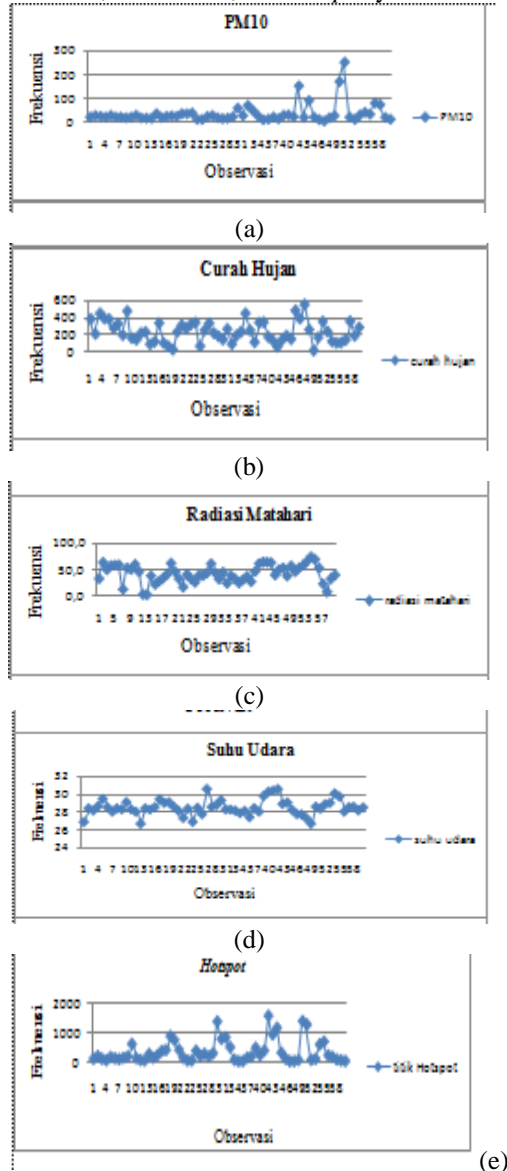
dimana:

- PM : *Particulate Matter* 10
- CH : Curah Hujan
- RM : Radiasi Matahari
- SU : Suhu Udara
- HP : *Hotspot*

A. Pembentukan Model Peramalan *Particulate Matter 10* (PM10)

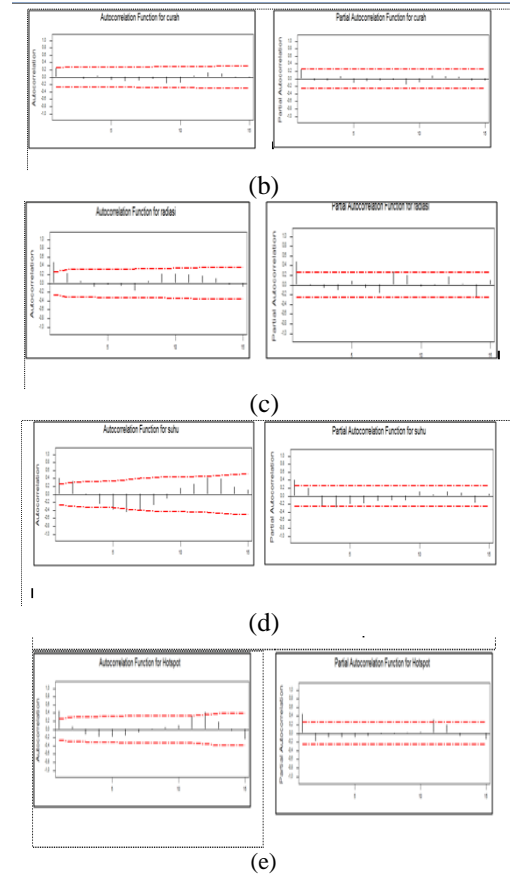
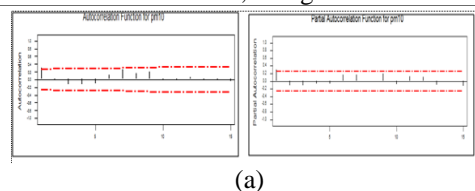
1. Tahap Uji Kestasioneran Data

Berikut plot data aktual untuk melihat kestasioneran data PM10, curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, dan *hotspot* yaitu:



Gambar 2. Plot data aktual PM10 (a), curah hujan (b), radiasi matahari (c), suhu udara (d), *hotspot* (e).

Berdasarkan Gambar.1 dapat terlihat bahwa plot data aktual untuk PM10, curah hujan, radiasi matahari, suhu udara dan *hotspot* sudah stasioner. Selanjutnya kestasioneran data dapat dilihat melalui plot ACF dan PACF data, sebagai berikut:



Gambar 3. Plot ACF dan PACF data PM10 (a), curah hujan (b), radiasi matahari (c), suhu udara (d), *hotspot* (e).

Berdasarkan pada Gambar 2(a) menunjukkan bahwa data PM 10 stasioner dikarenakan untuk setiap *lag* pada plot ACF menyusut menuju nol secara eksponensial dan PACF terlihat bahwa nilainya terpotong pada *lag* pertama. Untuk Gambar 2(b) didapat bahwa plot curah hujan kota Pekanbaru sudah stasioner, dikarenakan plot ACF data curah hujan turun secara eksponen dan plot PACF data terpotong pada *lag* pertama. Gambar 2(c) dapat dilihat bahwa data radiasi matahari sudah stasioner karna plot ACF data radiasi matahari menyusut secara sinus menuju nol, sedangkan plot PACF data radiasi matahari terpotong pada *lag* pertama. Gambar 2(d) dapat kita lihat bahwa data suhu udara kota Pekanbaru sudah stasioner, karna plot ACF data suhu udara menyusut menuju nol secara sinus dan pada plot PACF data suhu udara nilainya terpotong pada *lag* pertama. Sedangkan Gambar 2(e) dapat dilihat bahwa data jumlah *hotspot* Provinsi Riau sudah stasioner, dikarenakan pada plot ACF data jumlah *hotspot* Provinsi Riau menunjukkan bahwa *lag-lag* pada plot ACF menyusut secara eksponensial. Sedangkan pada plot PACF terlihat bahwa nilainya terpotong pada *lag* pertama.

Berdasarkan Plot ACF dan PACF data sudah stasioner, selanjutnya kestasioneran data dapat

dilihat melalui uji *unit root*. Berikut merupakan Tabel uji *unit root* untuk PM10 dengan $\alpha = 0.05$.

Tabel 2. Uji *unit root* untuk PM10

<i>Unit root</i>	<i>t-stat</i>	<i>Critical Value/ Mackinnon</i>
ADF	5.8568	3,4878
PP	-5,6947	-3,4878
KPSS	0,088179	0,146000

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai mutlak statistik-t untuk ADF lebih besar dari nilai mutlak statistik-t untuk nilai kritik mackinnon $\alpha = 0.05$. Kesimpulan yang didapat ialah tolak H_0 yang berarti PM10 kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* atau data PM10 stasioner. Selanjutnya nilai mutlak statistik-t untuk PP lebih besar dari nilai mutlak kritik mackinnon pada $\alpha = 0.05$, yang artinya Tolak H_0 atau PM10 kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data stasioner). Dan nilai mutlak statistik-t untuk uji *unit root* KPSS lebih kecil dari pada nilai mutlak mackinnon pada $\alpha = 0.05$. Artinya terima H_0 atau data PM10 kota Pekanbaru Stasioner. Berikut merupakan Tabel uji *unit root* untuk curah hujan dengan $\alpha = 0.05$.

Tabel 3. Uji *unit root* untuk curah hujan

<i>Unit root</i>	<i>t-stat</i>	<i>Critical Value/ Mackinnon</i>
ADF	-5,9054	-3,4878
PP	-5,799563	-3,4878
KPSS	0,106509	0,146000

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai mutlak statistik-t ADF lebih besar dari nilai mutlak kritik mackinnonnya pada $\alpha = 0.05$. Artinya untuk curah hujan kota Pekanbaru tidak mengandung *unit root* atau data stasioner. Selanjutnya nilai mutlak statistik-t untuk PP curah hujan lebih besar dari nilai mutlak kritik mackinnon pada $\alpha = 0.05$ artinya H_0 ditolak. Data curah hujan kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* atau data sudah stasioner. Dan nilai mutlak statistik-t untuk uji *unit root* KPSS lebih kecil dari pada nilai mutlak mackinnon pada $\alpha = 0.05$ artinya H_0 diterima. Data curah hujan kota Pekanbaru sudah stasioner atau tidak terdapat *unit root*. Berikut merupakan Tabel uji *unit root* untuk Radiasi Matahari dengan $\alpha = 0.05$ yaitu:

Tabel 4. Uji *unit root* untuk radiasi matahari

<i>Unit root</i>	<i>t-stat</i>	<i>Critical Value/ Mackinnon</i>
ADF	-4,4656	-3,4878
PP	-4,4656	-3,4878
KPSS	0,09459	0,146000

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai mutlak t-statistik untuk uji *unit root* ADF radiasi matahari di kota pekanbaru lebih besar dari pada nilai mutlak kritik Mackinnon pada $\alpha = 5\%$, sehingga H_0 ditolak artinya data radiasi matahari kota Pekanbaru sudah stasioner atau tidak terdapat *unit root*. Selanjutnya nilai mutlak t-statistik untuk PP radiasi matahari kota Pekanbaru lebih besar dari pada nilai mutlak kritik Mackinnon nya yaitu pada $\alpha = 0,05$. Sehingga dapat di katakana H_0 di tolak , yang artinya data radiasi matahari kota pekanbaru sudah stasioner. Dan nilai mutlak Statistik uji *Unit Root* KPSS lebih kecil di dibandingkan dengan nilai mutlak Mackinnon pada $\alpha = 5\%$. Sehingga H_0 di diterima, yang artinya data radiasi matahari kota Pekanbaru stasioner. Berikut merupakan Tabel uji *unit root* untuk Suhu Udara dengan $\alpha = 0.05$ yaitu:

Tabel 5. Uji *unit root* untuk suhu udara

<i>Unit root</i>	<i>t-stat</i>	<i>Critical Value/ Mackinnon</i>
ADF	-4,4656	-3,4878
PP	-4,4656	-3,4878
KPSS	0,094597	0,14600

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa nilai mutlak statistik ADF lebih besar dibandingkan nilai mutlak kritik Mackinnon, yaitu pada $\alpha = 5\%$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 di tolak, yang artinya Suhu Udara kota Pekanbaru sudah stasioner. Selanjutnya nilai mutlak statistik untuk PP suhu udara kota Pekanbaru lebih besar dibandingkan dengan nilai mutlak kritik Mackinnon pada $\alpha = 0,05$, sehingga H_0 di tolak, yang artiya suhu udara kota Pekanbaru sudah stasioner. Dan nilai mutlak statistik lebih kecil dari pada nilai mutlak kritik Mackinnon pada $\alpha = 0.05$. Sehingga H_0 diterima artinya data suhu udara kota Pekanbaru stasioner. Berikut merupakan Tabel uji *unit root* untuk *hotspot* dengan $\alpha = 0.05$ yaitu:

Tabel 6. Uji *unit root* untuk *hotspot*

<i>Unit root</i>	<i>t-stat</i>	<i>Critical Value/ Mackinnon n</i>
ADF	-4,599114	-3,487845
PP	-4,30780	-3,4878
KPSS		

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa nilai mutlak kritik Mackinnon ADF yaitu 4.599114 > 3.487845 pada $\alpha = 0.05$ artinya H_0 ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa data jumlah *hotspot* Provinsi Riau tidak mengandung *unit root* atau data jumlah *hotspot* Provinsi Riau sudah stationer. Selanjutnya nilai mutlak t-statistik PP lebih besar dari pada nilai mutlak kritik Mackinnon pada $\alpha = 0.05$ artinya H_0 ditolak, data jumlah *hotspot* Provinsi Riau stationer. Dan nilai mutlak t-statistik uji *unit root* KPSS untuk jumlah *hotspot* Provinsi Riau lebih kecil dibandingkan dengan nilai mutlak kritik mackinnon pada alpa 0.05, sehingga H_0 diterima, yang artinya data jumlah *hotspot* Provinsi Riau stasioner.

2. Tahap Pengujian *Lag* Optimal

Data PM10, curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, dan *hotspot* sudah stasioner, tahap selanjutnya ialah menentukan *lag* optimal yang akan digunakan dalam model VAR. Berdasarkan *software* Eviews didapatkan panjang *lag* optimum seperti pada Tabel berikut:

Tabel 7. Panjang *lag* optimal

<i>Lag</i>	AIC	SC	HQ
0	46.86007	47.04091*	46.93018
1	46.45638*	47.54139	46.87703*
2	46.63511	48.62430	47.40632
3	46.75700	49.65036	47.87875
4	46.75505	50.55258	48.22734

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa nilai AIC, SC, dan HQ yang terkecil diantara *lag* nol hingga *lag* empat ialah AIC pada *lag* 1. Sehingga kita dapat mengetahui bahwa *lag* optimal yang digunakan untuk model *Vector Autoregressive* (VAR) ialah pada *lag* 1.

3. Tahap Uji Kausalitas Granger

Setelah didapat panjang *lag* optimal, langkah selanjutnya ialah menguji kausalitas granger. Uji kausalitas granger dilakukan untuk melihat ada atau tidak hubungan timbal balik antar variabel. Berikut hasil uji kausalitas granger menggunakan *software* Eviews:

Tabel 8. Uji kausalitas granger

No	Hipotesis	Obs	F-Statistik	P-Value
1	PM tidak mempengaruhi CH	59	0.15203	0.6981
	CH tidak mempengaruhi PM		3.02744	0.0874
2	RM tidak mempengaruhi CH	59	0.06893	0.7939
	CH tidak mempengaruhi RM		2.10003	0.1529
3	SU tidak mempengaruhi CH	59	1.03449	0.3135
	CH tidak mempengaruhi SU		0.00173	0.9670
4	HP tidak mempengaruhi CH	59	0.39632	0.5316
	CH tidak mempengaruhi HP		1.76837	0.1890
5	RM tidak mempengaruhi PM	59	1.58713	0.2130
	PM tidak mempengaruhi RM		0.06625	0.7978
6	SU tidak mempengaruhi PM	59	0.05838	0.8100
	PM tidak mempengaruhi SU		0.18493	0.6688
7	HP tidak mempengaruhi PM	59	1.18072	0.2819
	PM tidak mempengaruhi HP		4.35340	0.0415
8	SU tidak mempengaruhi RM	59	1.20268	0.2775
	RM tidak mempengaruhi SU		0.71411	0.4017
9	HP tidak mempengaruhi RM	59	0.02764	0.8686
	RM tidak mempengaruhi HP		4.25002	0.0439
10	HP tidak mempengaruhi SU	59	0.88802	0.3501
	SU tidak mempengaruhi HP		0.54022	0.4654

Berdasarkan uji Kausalitas Granger diatas dapat dilihat bahwa yang mempunyai kausalitas antar variabel yaitu PM10 mempengaruhi jumlah *hotspot* dan radiasi matahari mempengaruhi jumlah *hotspot*.

4. Tahap Estimasi Parameter

Pada tahap ini merupakan tahap pengestimasi parameter untuk model VAR. pada tahap ke-2 sudah di peroleh panjang *lag* ialah 1 yang terdiri dari 5 variabel sehingga model yang dihasilkan untuk diestimasi adalah VAR(1). Berikut merupakan persamaan dari model VAR:

$$PM_t = \alpha_{10} + \alpha_{11}PM_{t-1} + \alpha_{12}CH_{t-1} + \alpha_{13}RM_{t-1} + \alpha_{14}SU_{t-1} + \alpha_{15}HP_{t-1} \quad (7)$$

$$CH_t = \alpha_{20} + \alpha_{21}PM_{t-1} + \alpha_{22}CH_{t-1} + \alpha_{23}RM_{t-1} + \alpha_{24}SU_{t-1} + \alpha_{25}HP_{t-1} \quad (8)$$

$$RM_t = \alpha_{30} + \alpha_{31}PM_{t-1} + \alpha_{32}CH_{t-1} + \alpha_{33}RM_{t-1} + \alpha_{34}SU_{t-1} + \alpha_{35}HP_{t-1} \quad (9)$$

$$SU_t = \alpha_{40} + \alpha_{41}PM_{t-1} + \alpha_{42}CH_{t-1} + \alpha_{43}RM_{t-1} + \alpha_{44}SU_{t-1} + \alpha_{45}HP_{t-1} \quad (10)$$

$$HP_t = \alpha_{50} + \alpha_{51}PM_{t-1} + \alpha_{52}CH_{t-1} + \alpha_{53}RM_{t-1} + \alpha_{54}SU_{t-1} + \alpha_{55}HP_{t-1} \quad (11)$$

dimana:

PM_t : Particuler matter 10 pada waktu t

CH_t : Curah hujan pada waktu t

RM_t : Radiasi matahari pada waktu t

SU_t : Suhu udara pada waktu t

HP_t : *Hotspot* pada waktu t

Hasil estimasi parameter didapatkan dengan menggunakan *software* Eviews. Hasil estimasi parameter model VAR disajikan dalam Tabel 9 berikut ini:

Tabel 9. Estimasi parameter model VAR(1)

NO	Parameter	Koefisien
1	α_{10}	330.0340
2	α_{11}	0.159497
3	α_{12}	-0.082498
4	α_{13}	0.494748
5	α_{14}	-10.56691
6	α_{15}	0.00970
7	α_{20}	736.8390
8	α_{21}	0.612682
9	α_{22}	0.158523
10	α_{23}	1.033436
11	α_{24}	-20.49684
12	α_{25}	-0.078931
13	α_{30}	-102.2355
14	α_{31}	0.022285
15	α_{32}	0.038038
16	α_{33}	0.404971
17	α_{34}	4.079524
18	α_{35}	0.002632
19	α_{40}	16.63875
20	α_{41}	0.001872
21	α_{42}	-0.000537
22	α_{43}	0.007838
23	α_{44}	0.415547
24	α_{45}	-0.000584
25	α_{50}	1021.529
26	α_{51}	-2.769139
27	α_{52}	-0.590501
28	α_{53}	5.490414
29	α_{54}	-29.51828
30	α_{55}	0.514099

Berdasarkan hasil estimasi, dapat dibuat dalam bentuk model VAR(1) sebagai berikut:

$$PM_t = 330.0340 + 0.159497 PM_{t-1} - 0.082498 CH_{t-1} + 0.494748 RM_{t-1} - 10.56691 SU_{t-1} + 0.00970 HP_{t-1} \quad (11)$$

$$CH_t = 736.8390 + 0.612682 PM_{t-1} + 0.158523 CH_{t-1} + 1.033436 RM_{t-1} - 20.49684 SU_{t-1} - 0.078931 HP_{t-1} \quad (12)$$

$$RM_t = -102.2355 + 0.022285 PM_{t-1} + 0.038038 CH_{t-1} + 0.404971 RM_{t-1} + 4.079524 SU_{t-1} + 0.002632 HP_{t-1} \quad (13)$$

$$SU_t = 16.63875 + 0.001872 PM_{t-1} - 0.000537 CH_{t-1} + 0.007838 RM_{t-1} + 0.415547 SU_{t-1} - 0.000584 HP_{t-1} \quad (14)$$

$$HP_t = 1021.529 - 2.769139 PM_{t-1} - 0.590501 CH_{t-1} + 5.490414 RM_{t-1} - 29.51828 SU_{t-1} + 0.514099 HP_{t-1} \quad (15)$$

Persamaan diatas dapat dibuat dalam bentuk matrik sebagai berikut:

ini:

$$\begin{bmatrix} PM_t \\ CH_t \\ RM_t \\ SU_t \\ HP_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 330.0340 \\ 736.8390 \\ -102.2355 \\ 16.63875 \\ 1021.529 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.159497 & -0.082498 & 0.494748 & -10.56691 & 0.00970 \\ 0.612682 & 0.158523 & 1.033436 & -20.49684 & -0.078931 \\ 0.022285 & 0.038038 & 0.404971 & 4.079524 & 0.002632 \\ 0.001872 & -0.000537 & 0.007838 & 0.415547 & -0.000584 \\ -2.769139 & -0.590501 & 5.490414 & -29.51828 & 0.514099 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} PM_{t-1} \\ CH_{t-1} \\ RM_{t-1} \\ SU_{t-1} \\ HP_{t-1} \end{bmatrix}$$

5. Tahap Verifikasi Model VAR

Tahap pertama telah menunjukkan bahwa data stasioner, selanjutnya memeriksa model melalui proses *white noise* yang artinya residualnya tidak boleh berkolerasi. Menggunakan uji *portmanteau* yang diuji dengan bantuan *software e-view* diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil uji *portmanteau*

Lags	Q-Stat	Prob.
1	7.539549	NA*
2	30.79856	0.1958
3	57.12096	0.2276
4	81.64826	0.2804
5	115.4843	0.1379
6	141.4021	0.1499
7	168.5084	0.1433
8	191.2011	0.1905
9	220.0083	0.1582
10	237.8567	0.2656
11	255.7686	0.3875
12	274.1949	0.5024

Berdasarkan Tabel diatas terlihat bahwa hingga *lag* ke dua belas, tidak ada komponen autokolerasi yang signifikan pada α 5%, semua nilai *p-value* pada setiap *lag* lebih besar dari 0.05, artinya menunjukkan bahwa *error* tidak ada autokolerasi atau model sudah layak.

6. Tahap Penerapan Model untuk Peramalan

Setelah melakukan tahap data *training* dan data *testing* selanjutnya dilakukan peramalan terhadap PM10. Peramalan PM10 diramalkan dari bulan Januari 2015 hingga bulan Desember 2016. Peramalan PM10 disajikan dalam Tabel sebagai berikut:

Tabel 11. Peramalan PM10 kota Pekanbaru tahun 2015-2016

NO	Tahun/Tanggal	Peramalan Pm10
1	2015 Januari	35,94
2	2015 Februari	38,18
3	2015 Maret	39,62
4	2015 April	40,12
5	2015 Mei	40,09
6	2015 Juni	39,88
7	2015 Juli	39,68
8	2015 Agustus	39,47
9	2015 September	39,36
10	2015 Oktober	39,30
11	2015 November	39,27
12	2015 Desember	28,62
13	2016 Januari	39,04
14	2016 Februari	39,17
15	2016 Maret	39,26
16	2016 April	39,34
17	2016 Mei	39,30
18	2016 Juni	39,27
19	2016 Juli	39,26
20	2016 Agustus	39,25
21	2016 September	39,25
22	2016 Oktober	39,25
23	2016 November	39,25
24	2016 Desember	39,25

Berdasarkan Tabel 11 dapat kita lihat bahwa hasil peramalan PM10 kota Pekanbaru pada bulan Januari 2010 hingga Desember 2016 mengalami peningkatan dan penurunan yang tidak berbeda jauh dari bulan ke bulan untuk Tahun 2015 hingga 2016.

Kesimpulan

Secara umum hasil peramalan pada data *training* mendekati data aktual untuk PM10, curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, dan *hotspot*. Sedangkan pada data *testing* untuk data PM10, curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, dan *hotspot* kurang mendekati data aktual. Hal ini disebabkan karena pada data *training* masih mengandung data aktual akan tetapi pada data *testing* tidak menggunakan data aktual, akan tetapi data yang digunakan dari data *training*. Data peramalan untuk keseluruhan mempunyai model yang konstan, dimana data peramalan mengikuti

pola yang sama dengan pola data aktual pada bulan-bulan, hingga tahun-tahun sebelumnya.

Daftar Pustaka

- [1] A Lind Douglas dkk. (2008). *“Teknik-Teknik Statistika dalam Bisnis dan Ekonomi”*. Salemba 4. Jakarta.
- [2] Ariefianto, M. D. (2012). *“Ekonometrika Esensi dan Aplikasi dengan Menggunakan E-view”*. Erlangga. Jakarta.
- [3] Desvina Ari Pani. (2014). *“Analisis Time Series Particulate Matter (PM10)”*. CV. Nuansa Jaya Mandiri Pekanbaru. Pekanbaru.
- [4] Desvina Ari Pani. (2012). *“Peramalan Jumlah hotspot”*. Daulat Riau. Pekanbaru.
- [5] De Nevers Noel. (2000). *“Air Pollution Control Engineering”*. Mc Graw-Hill Higher Education. Singapore.
- [6] Diah, Safitri Asih. (2008). *“Vector Autoregressive(VAR) untuk peramalan harga saham PT.Indofood Sukses Makmur Indonesia Tbk”*. Jurnal Matematika Vol 11.
- [7] Gujarati, D. N. (2003). *“Basic Econometrics*. Mc-Graw Hill”. New York.
- [8] Hadiyattullah. (2011). *“Model Vector Autoregressive(VAR)dan Penerapannya Untuk Analisis Pengaruh Harga Migas Terhadap Indeks Harga Konsumen (IHK)”*. Skripsi Mahasiswa Universitas Negeri Yogyakarta.
- [9] Handoko. (1995). *“Klimatologi Dasar”*. PT. Dunia Pustaka Jaya. Jakarta.
- [10] Herlinda Tri. (2013). *“Peramalan Polusi Udara oleh Karbon Monoksida (CO) di kota Pekanbaru dengan Menggunakan Model Vector Autoregressive (VAR)”*. Skripsi Mahasiswa Universitas Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- [11] Lakitan Benyamin. *“Dasar-dasar Klimatologi*. PT Raja Grafindo Persada”. Jakarta. 2002.
- [12] Ratnawati. (2012). *“Penerapan Model Vector Autoregressive(VAR) untuk Peramalan Curah Hujan Kota Pekanbaru”* Skripsi Mahasiswa Universitas Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- [13] Rosadi Dedi. (2011). *“Analisis Ekonometrika dan Runtun Waktu Terapan dengan R”*. Andi Off Set. Yogyakarta.
- [14] Rosita Tita. (2011). *“Analisis Vector Autoregressive (VAR) untuk Pemodelan Curah Hujan (Studi Kasus : Data Curah Hujan di Darmaga, Bogor Tahun 2001-2009)”*. Tesis Mahasiswa Institut Pertanian Bogor.
- [15] R. Ajija Shochrul, dkk. (2011). *“Cara Cerdas Menguasai Eviews*. Salemba Empat”. Jakarta.
- [16] Soedirman. (1997). *“Usaha Mencegah Pencemaran Udara”*. PT. Grasindo. Jakarta.
- [17] Tjasyono Bayong. (1999). *Klimatologi Umum*. ITB Bandung. Bandung.