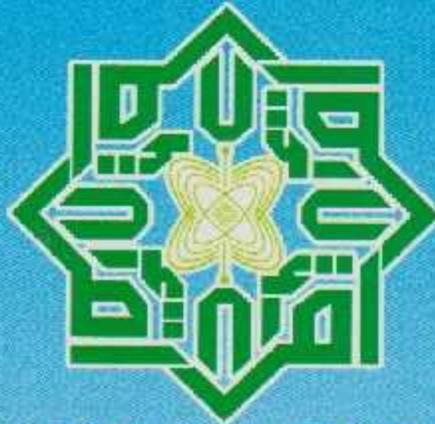


**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN MADYA**



**UIN SUSKA RIAU**

**PEMODELAN PENCEMARAN UDARA DAN *HOTSPOT*  
(TITIK API) MENGGUNAKAN MODEL VECTOR  
AUTOREGRESSIVE (VAR)**

**BIDANG ILMU : STATISTIKA**

**TIM PENGUSUL :**

**PENELITI UTAMA :**

**ARI PANI DESVINA, S.Si, M.Sc  
NIDN. 2025128101**

**PENELITI :**

**IRMA SURYANI, S.Si, M.Sc  
NIDN. -**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU**

**TAHUN 2016**

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN MADYA**



**PEMODELAN PENCEMARAN UDARA DAN *HOTSPOT*  
(TITIK API) MENGGUNAKAN MODEL *VECTOR*  
*AUTOREGRESSIVE (VAR)***

**BIDANG ILMU : STATISTIKA**

**TIM PENGUSUL:**

**PENELITI UTAMA:  
ARI PANI DESVINA, S.Si, M.Sc  
NIDN. 2025128101**

**PENELITI:  
IRMA SURYANI, S.Si, M.Sc  
NIDN.-**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
TAHUN 2016**



UIN SUSKA RIAU

Alamat: D. H. R. Soembanan No. 155, KM 15 Simpang Baru Pasir, Pekanbaru 28223 P.O. Box. 1001 Web: [www.uin-suska.ac.id](http://www.uin-suska.ac.id), Email: [iprs@uin-suska.ac.id](mailto:iprs@uin-suska.ac.id)

**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU**  
**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**

عبد البحث وخدمة المجتمع

**INSTITUTE FOR RESEARCH AND COMMUNITY SERVICE**

**PENGESAHAN**

Nomor: Un.04/L.I/TL.01/3576/2016

Judul : **Pemodelan Pencemaran Udara dan *Hotspot* (Titik Api) Menggunakan Model *Vector Autoregressive* (VAR)**

Peneliti Utama : Ari Pani Desvina, M.Sc

Anggota : Irma Suryani, M.Sc

Pangkat/Gol : Lektor/ III/c

Fakultas/Unit : Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau

Kluster Penelitian : Madya

Lokasi : UIN Suska Riau

Waktu : Bulan Juni s.d Nopember 2016

Telah diseminarkan pada  
Hari/Tanggal: Kamis, 24 Nopember 2016

Narasumber,

Dr. Hartono, M.Pd

Peneliti Utama,

Ari Pani Desvina, M.Sc

Mengetahui:  
Ketua,



Des. H. Promadi, M.A., Ph.D  
NIP. 196408771991031009

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillahirobbil'alamin* penulis ucapkan kepada Allah SWT atas limpahan berkah dan karuniaNya, sehingga tim penulis mampu menyelesaikan penelitian yang berjudul **“Pemodelan Pencemaran Udara dan Hotspot (Titik Api) Menggunakan Model *Vector Autoregressive (VAR)*”**. Penulisan penelitian ini merupakan salah satu Tri Dharma Perguruan Tinggi.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil untuk penulisan penelitian ini, terutama sekali kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Munzir Hitami, MA selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Promadi, M.A selaku Direktur Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Ibu Dr. Hartono, M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan saran dalam penulisan penelitian ini.
4. Bapak DR. Teddy Purnamirza, M.Eng selaku Wakil Dekan I Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak DR. Rado Yendra, M.Sc selaku Wakil Dekan II Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Ibu DR. Okfalisa, M.Sc selaku Wakil Dekan III Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
7. Bapak Kepala Pusat Penelitian dan Penerbitan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
8. Bapak Dr. Hartono, M.Pd selaku Narasumber pada seminar hasil penelitian.
9. Semua Ketua Jurusan di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

10. Semua Tim Reviewer Penelitian Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
11. Semua Bapak/Ibu dosen Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini belum sempurna, sehingga kritik dan saran dari pembaca penulis terima dengan senang hati. Akhir kata semoga penelitian ini berguna bagi kita semua. Amiin.

Pekanbaru, 30 November 2016

Penulis

## ABSTRAK

Kualitas udara dipengaruhi oleh *particulate matter* (PM10) dan beberapa variabel yaitu unsur meteorologi seperti curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan 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 menemukan model terbaik untuk data kepekatan *particulate matter* (PM10) beserta unsur-unsur meteorologi di kota Pekanbaru dengan menggunakan model *vector autoregressive* (VAR). Serta menentukan hasil prediksi kepekatan *particulate matter* (PM10) pada waktu yang akan datang dengan menggunakan model *vector autoregressive* (VAR) di kota Pekanbaru, dengan menggunakan data bulanan dari bulan Januari 2011-Desember 2015. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa model yang sesuai untuk prediksi PM10 ialah menggunakan model VAR(1). Sehingga hasil prediksi data kepekatan *particulate matter* (PM10) kota Pekanbaru pada bulan Januari 2016 hingga Desember 2017 mengalami penurunan yang tidak berbeda jauh dari bulan sebelumnya untuk Tahun 2016 sampai 2017. Sedangkan untuk hasil prediksi data *hotspot* (titik api) provinsi Riau pada bulan Januari 2016 sampai Desember 2017 mengalami peningkatan yang tidak berbeda jauh dari bulan-bulan sebelumnya. Dengan menggunakan uji Kausalitas Granger menunjukkan bahwa yang mempunyai kausalitas antar variabel yaitu radiasi matahari mempengaruhi curah hujan, kecepatan angin mempengaruhi kelembaban udara, suhu udara mempengaruhi kecepatan angin, PM10 mempengaruhi jumlah *hotspot* dan radiasi matahari mempengaruhi suhu udara.

**Kata kunci:** *Metode vector autoregressive (VAR), Particulate Matter*

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	i
<b>KATA PENGANTAR</b>	ii
<b>ABSTRAK</b>	iv
<b>DAFTAR ISI</b>	v
<b>DAFTAR TABEL</b>	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Jadwal Penelitian	7
1.7 Sistematika Penelitian	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Studi Literatur	9
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Pencemaran Udara	10
2.2.2 <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>10</sub> )	16
2.2.3 Curah Hujan	18
2.2.4 Radiasi Matahari	19
2.2.5 Suhu Udara	20
2.2.6 Titik Api ( <i>Hotspot</i> )	20
2.2.7 Kelembaban Udara	22

2.2.8 Kecepatan Angin ( <i>Wind Speed</i> )	23
2.2.9 Metode Analisis <i>Time Series</i>	23
2.2.10 Model Vector Autoregressive (VAR)	28
2.2.10.1 Definisi Model VAR	28
2.2.10.2 Langkah-Langkah dalam Membangun Model VAR	30
 <b>BAB III METODELOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Teknik Pengumpulan Data	43
3.2 Data yang Digunakan	43
3.3 Teknik Analisis Data	43
3.4 Hipotesa	45
 <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Gambaran Umum tentang Data Kepekatan <i>Particulate Matter</i> (PM10), Curah Hujan, Radiasi Matahari, Suhu Udara, Kelembaban Udara, Kecepatan Angin ( <i>Wind Speed</i> ), dan <i>Hotspot</i> (Titik Api)	46
4.2 Analisis Deskriptif Data	46
4.3 Pembentukan Model Prediksi <i>Particulate Matter</i> (PM10) dengan Menggunakan Model <i>Vector Autoregressive</i> (VAR)	51
4.3.1 Tahap Uji Kestasioneran Data	52
4.3.2 Tahap Penentuan Panjang <i>Lag</i> Optimal	81
4.3.3 Tahap Pengujian Kausalitas Granger	81
4.3.4 Tahap Estimasi Parameter	94
4.3.5 Uji Keباikan Model VAR	97
4.3.6 Tahap Penerapan Model untuk Peramalan	99
 <b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan	104
5.2 Saran	104

<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	106
<b>LAMPIRAN</b>	109
<b>BIODATA PENELITI</b>	115

## DAFTAR TABEL

No Tabel	Halaman	
1.1	Jadwal Pelaksanaan Penelitian	7
4.1	Statistik Deskriptif PM10, Curah Hujan, Radiasi Matahari, Suhu Udara, Kelembaban Udara, Kecepatan Angin ( <i>Wind Speed</i> ) dan <i>Hotspot</i> (Titik Api)	50
4.2	Nilai Uji ADF Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data PM10 Kota Pekanbaru	54
4.3	Nilai Uji PP Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data PM10 Kota Pekanbaru	55
4.4	Nilai Uji KPSS Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data PM10 Kota Pekanbaru	56
4.5	Nilai Uji ADF Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Curah Hujan Kota Pekanbaru	58
4.6	Nilai Uji PP Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Curah Hujan Kota Pekanbaru	59
4.7	Nilai Uji KPSS Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Curah Hujan Kota Pekanbaru	60
4.8	Nilai Uji ADF Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Radiasi Matahari Kota Pekanbaru	63
4.9	Nilai Uji PP Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Radiasi Matahari Kota Pekanbaru	63
4.10	Nilai Uji KPSS Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Radiasi Matahari Kota Pekanbaru	64
4.11	Nilai Uji ADF Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Suhu Udara Kota Pekanbaru	67
4.12	Nilai Uji PP Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Suhu Udara Kota Pekanbaru	67
4.13	Nilai Uji KPSS Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk	

Data Suhu Udara Kota Pekanbaru	68
4.14 Nilai Uji ADF Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Kelembaban Udara Kota Pekanbaru	71
4.15 Nilai Uji PP Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Kelembaban Udara Kota Pekanbaru	71
4.16 Nilai Uji KPSS Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Kelembaban Udara Kota Pekanbaru	72
4.17 Nilai Uji ADF Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Kecepatan Angin Kota Pekanbaru	75
4.18 Nilai Uji PP Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Kecepatan Angin Kota Pekanbaru	75
4.19 Nilai Uji KPSS Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Kecepatan Angin Kota Pekanbaru	76
4.20 Nilai Uji ADF Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data <i>Hotspot</i> Kota Pekanbaru	79
4.21 Nilai Uji PP Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data <i>Hotspot</i> Kota Pekanbaru	79
4.22 Nilai Uji KPSS Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data <i>Hotspot</i> Kota Pekanbaru	80
4.23 Panjang <i>Lag</i> Optimal	81
4.24 Uji Kausalitas Granger	81
4.25 Estimasi Parameter Model VAR(1)	95
4.26 Hasil Uji <i>Lagrange Multiplier Test</i> (Uji LM)	98
4.27 Prediksi Data Kepekatan <i>Particulate Matter</i> (PM10) Kota Pekanbaru dan <i>Hotspot</i> (Titik Api) Provinsi Riau Tahun 2016-2017	101

## DAFTAR GAMBAR

No Gambar	Halaman
1.1 Gedung Rektorat UIN Suska Riau yang Tertutup Asap	2
1.2 Jalan Raya yang Tertutup Asap	3
2.1 Sumber Pencemaran Udara yang Disebabkan oleh Pelepasan Asap Pabrik	13
2.2 Sumber Pencemaran Udara yang Disebabkan oleh Asap Kendaraan Bermotor	14
2.3 Dampak Pencemaran Udara pada Manusia	15
2.4 Dampak Karbon Monoksida (CO) pada Manusia	16
2.5 Pola Data Stasioner	24
2.6 Pola Data Trend Turun	25
2.7 Pola Data Musiman	26
2.8 Pola Data Trend dan Musiman	26
3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	45
4.1 Histogram Data Kepekatan PM10 Kota Pekanbaru	47
4.2 Histogram Data Jumlah Curah Hujan Kota Pekanbaru	47
4.3 Histogram Data Jumlah Radiasi Matahari Kota Pekanbaru	48
4.4 Histogram Data Jumlah Suhu Udara Kota Pekanbaru	48
4.5 Histogram Data Jumlah Kelembaban Udara Kota Pekanbaru	49
4.6 Histogram Data Jumlah Kecepatan Angin Kota Pekanbaru	49
4.7 Histogram Data Jumlah <i>Hotspot</i> (Titik Api) Kota Pekanbaru	50
4.8 Grafik <i>Particulate Matter</i> (PM10) Kota Pekanbaru	52
4.9 Plot ACF untuk Data PM10 Kota Pekanbaru	53
4.10 Plot PACF untuk Data PM10 Kota Pekanbaru	53
4.11 Grafik Data Curah Hujan Kota Pekanbaru	56
4.12 Plot ACF untuk Data Curah Hujan Kota Pekanbaru	57
4.13 Plot PACF untuk Data Curah Hujan Kota Pekanbaru	57
4.14 Grafik Data Radiasi Matahari Kota Pekanbaru	61

4.15	Plot ACF untuk Data Radiasi Matahari Kota Pekanbaru	61
4.16	Plot PACF untuk Data Radiasi Matahari Kota Pekanbaru	62
4.17	Grafik Data Suhu Udara Kota Pekanbaru	65
4.18	Plot ACF untuk Data Suhu Udara Kota Pekanbaru	65
4.19	Plot PACF untuk Data Suhu Udara Kota Pekanbaru	66
4.20	Grafik Data Kelembaban Udara Kota Pekanbaru	69
4.21	Plot ACF untuk Data Kelembaban Udara Kota Pekanbaru	69
4.22	Plot PACF untuk Data Kelembaban Udara Kota Pekanbaru	70
4.23	Grafik Data Kecepatan Angin Kota Pekanbaru	73
4.24	Plot ACF untuk Data Kecepatan Angin Kota Pekanbaru	73
4.25	Plot PACF untuk Data Kecepatan Angin Kota Pekanbaru	74
4.26	Grafik Data <i>Hotspot</i> Kota Pekanbaru	77
4.27	Plot ACF untuk Data <i>Hotspot</i> Kota Pekanbaru	77
4.28	Plot PACF untuk Data <i>Hotspot</i> Kota Pekanbaru	78
4.29	Grafik Hasil Prediksi Data <i>Training</i> , <i>Testing</i> , dan Prediksi Januari 2016-Desember 2017 untuk Data <i>Particulate Matter</i> (PM10) Kota Pekanbaru	103
4.30	Grafik Hasil Prediksi Data <i>Training</i> , <i>Testing</i> , dan Prediksi Januari 2016-Desember 2017 untuk Data <i>Hotspot</i> (Titik Api) Kota Pekanbaru	103

## DAFTAR LAMPIRAN

No Lampiran	Halaman
A	Data Aktual Kepekatan <i>Particulate Matter</i> (PM10), Curah Hujan, Radiasi Matahari, Suhu Udara, Kelembaban Udara, Kecepatan Angin ( <i>Wind Speed</i> ) dan <i>Hotspot</i> (Titik Api) 109
B	Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi <i>Training</i> Menggunakan Model VAR(1) bagi Data Kepekatan <i>Particulate Matter</i> (PM10), Curah Hujan, Radiasi Matahari, Suhu Udara, Kelembaban Udara, Kecepatan Angin ( <i>Wind Speed</i> ) dan <i>Hotspot</i> (Titik Api) 111
C	Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi <i>Testing</i> Menggunakan Model VAR(1) bagi Data Kepekatan <i>Particulate Matter</i> (PM10), Curah Hujan, Radiasi Matahari, Suhu Udara, Kelembaban Udara, Kecepatan Angin ( <i>Wind Speed</i> ) dan <i>Hotspot</i> (Titik Api) 113

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Penelitian

Udara merupakan faktor yang sangat penting dalam kehidupan. Allah SWT telah menciptakan udara di sela-sela angin, sebagaimana dijelaskan dalam Al Qur'an Surat Ar-Ruum pada ayat (48) yaitu:

اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَّاحَ فَتَنِيهِ السَّحَابَ فَيُمْسِكُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ  
وَيَجْعَلُهُ كِسْفًا مَنِيًّا يَخْرُجُ مِنْ جَلَالِهِ فَإِذَا أَصَابَ بِهِ مَنْ يَشَاءُ مِنْ  
عِبَادِهِ إِذَا هُمْ يَسْتَفْتِحُونَ

*“Allah, Dialah yang mengirim angin, lalu angin itu menggerakkan awan dan Allah membentangkannya di langit menurut yang dikehendaki-Nya, dan menjadikannya bergumpal-gumpal; lalu kamu lihat hujan ke luar dari celah-celahnya, maka apabila hujan itu turun mengenai hamba-hamba-Nya yang dikehendaki-Nya tiba-tiba mereka menjadi gembira”.*

Seiring dengan kemajuan zaman dan teknologi, maka pembangunan di pusat-pusat kota semakin meningkat yang mengakibatkan kualitas udara mengalami perubahan. Adanya pembangunan di pusat kota, banyaknya pembangunan pabrik, dan banyaknya perusahaan yang membuka lahan dengan cara pembakaran hutan secara liar, maka kondisi udara menjadi kering dan kotor. Selain itu, melonjaknya jumlah kendaraan bermotor juga mengakibatkan meningkatnya kepadatan di lalu lintas sehingga kualitas udara pun semakin memprihatinkan (Soedomo, 2001). Sebagaimana dijelaskan dalam Al Qur'an Surat Al-A'raf pada ayat (56) menjelaskan tentang larangan bagi Allah SWT untuk merusak lingkungan kepada manusia, karena Allah SWT akan memberikan azab yang lebih besar namun manusia tetap mengingkarinya, adapun ayat (56) dalam surat Al-A'raf yaitu:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِنَ الْمُحْسِنِينَ

*“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi sesudah Tuhan memperbaikinya. Yang demikian itu lebih baik bagimu jika betul-betul kamu orang-orang yang beriman”.*

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, seperti Negara Indonesia khususnya Provinsi Riau. Kondisi udara di Provinsi Riau kini tercatat berada dalam Kejadian Luar Biasa (KLB) yang diakibatkan oleh pembakaran hutan dan lahan secara liar.

Data BNPB juga menyebutkan, sebanyak 49.591 orang di wilayah Riau menderita penyakit akibat asap seperti ispa, pneumonia, asma, iritasi mata dan kulit. Selain menimbulkan penyakit, asap kabut di Provinsi Riau khususnya Kota Pekanbaru menyebabkan aktifitas masyarakat terganggu, seperti seluruh aktifitas pendidikan di Provinsi Riau khususnya Kota Pekanbaru dihentikan. Salah satu universitas yang ikut menghentikan aktifitas akademika adalah Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau selama 4 hari. Berikut ini adalah gambar gedung rektorat Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yaitu ditampilkan pada Gambar 1.1:



**Gambar 1.1 Gedung Rektorat UIN Suska Riau yang Tertutup Asap**

**Pemodelan Pencemaran Udara dan Hotspot (Titik Api) Menggunakan Model *Vector Autoregressive (VAR)***

Selain itu, jarak pandang di jalan raya hanya  $\pm 200$  meter, sehingga menyebabkan aktivitas pengendara terhambat. Kondisi jalan raya yang tertutup asap tebal yaitu ditampilkan pada Gambar 1.2:



**Gambar 1.2 Jalan Raya yang Tertutup Asap**

Pencemaran udara ialah kehadiran sebarang bahan pencemar udara dalam atmosfera dengan ciri-ciri serta jangka waktu tertentu yang efeknya dapat mengakibatkan apapun terhadap kehidupan manusia, hewan, tumbuhan atau harta benda atau mengganggu kenyamanan serta kedamaian hidup suatu komunitas tertentu. Gas-gas pencemar udara yang utama adalah karbon monoksida, karbon dioksida, nitrogen oksida, nitrogen dioksida, *particulate matter* (PM<sub>10</sub>) dan sebagainya. *Particulate Matter* (PM<sub>10</sub>) ialah abu atau debu yang berdiameter kurang dari 10  $\mu\text{m}$  yang mampu memberi efek yang lebih serius terhadap resiko kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan dibandingkan dengan partikel-partikel yang lebih besar, pada umumnya terbentuk dari sumber tidak bergerak seperti kendaraan (ekzos kendaraan). *Particulate Matter* (PM<sub>10</sub>) ini sebagian besar dihasilkan dari pembakaran hutan dan lahan secara liar. Pada Tahun 2015 di Provinsi Riau terjadi pembakaran hutan dan lahan secara liar, sehingga jumlah titik api (*hotspot*) di Provinsi Riau sangat tinggi, yang mengakibatkan tingginya kadar kepekatan gas pencemar udara seperti *particulate matter* (PM<sub>10</sub>). Dengan demikian terjadilah pencemaran udara diberbagai daerah yang berada di Provinsi Riau dan bahkan di daerah yang berada di luar Provinsi Riau. Pencemaran udara

---

**Pemodelan Pencemaran Udara dan Hotspot (Titik Api) Menggunakan Model  
*Vector Autoregressive* (VAR)**

oleh *particulate matter* (PM<sub>10</sub>) memiliki hubungan dinamis dengan unsur meteorologi seperti curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin (*wind speed*). Selain itu jumlah titik api (*hotspot*) juga memiliki hubungan dinamis dengan pencemaran udara yang diakibatkan oleh *particulate matter* (PM<sub>10</sub>) (Zaini, 2000).

Tuntunan Allah SWT tentang kewajiban umatNya untuk bersyukur atas nikmat yang Allah SWT berikan banyak dijelaskan dalam Al Qur'an, seperti nikmat atas alam semesta yang telah diciptakan Allah SWT untuk umatNya. Allah SWT menegaskan dalam ayat Al Qur'an yaitu bagi umatNya yang tidak bersyukur atas nikmat yang Allah SWT berikan, maka Allah SWT akan memberikan azab yang sangat pedih, yang dijelaskan dalam surat Ibrahim ayat 7 yaitu:

وَإِذْ تَأْتِيَنَّكُمْ آيَاتُ رَبِّكُمْ فَلَا تَصُدُّوهَا وَأَعْيُنكُمْ عَلَىٰ الْغَايِبِ لَعَلَّكُمْ تَهْتَكُونَ

“Dan (ingatlah juga), tatkala Tuhanmu memaklumkan; "Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti Kami akan menambah (nikmat) kepadamu, dan jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih".

Perubahan kualitas udara kota Pekanbaru terus mengalami peningkatan dan penurunan sewaktu-waktu, keadaan ini mengharuskan diperlukannya suatu prediksi gas pencemar udara khususnya *particulate matter* (PM<sub>10</sub>) untuk mengetahui bagaimana situasi dan kondisi kualitas udara kota Pekanbaru. Dengan adanya prediksi ini akan memudahkan Pemerintah dan masyarakat dalam bertindak jika terjadi pencemaran udara yang disebabkan oleh kebakaran hutan secara liar oleh oknum-oknum yang tidak bertanggung jawab.

Beberapa penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian pemodelan pencemaran udara dan jumlah titik api (*hotspot*) menggunakan model *vector autoregressive* (VAR) diantaranya, penelitian yang dilakukan oleh Xiao Han Cai (2008) menggunakan analisis VAR untuk memprediksi data runtun waktu pencemaran udara oleh CO di California. Rosita (2011) menggunakan analisis VAR untuk memodelkan curah hujan di Darmaga Bogor. Saputro (2011) menggunakan model *vector autoregressive* (VAR) untuk peramalan curah hujan

di Indramayu. Desvina (2014) menggunakan model *vector autoregressive* (VAR) untuk peramalan curah hujan di kota Pekanbaru. Setiawan (2012) menggunakan pendekatan VAR untuk pemodelan indeks harga saham gabungan (ISHG). Ahmad, dkk (2013) membahas tentang prediksi pencemaran udara oleh *particulate matter* (PM10) dengan menggunakan metode Box-Jenkins.

Penelitian-penelitian tersebut hanya membahas tentang prediksi data curah hujan menggunakan model *vector autoregressive* (VAR). Sedangkan Ahmad, dkk hanya membahas tentang data pencemaran udara oleh *particulate matter* (PM10) dengan menggunakan data *particulate matter* (PM10) di masa lalu tanpa memperhatikan pengaruh unsur-unsur meteorologi lainnya, seperti radiasi matahari, kecepatan angin, suhu udara, curah hujan, *hotspot* dan kelembaban udara. Berdasarkan penjelasan tentang pencemaran udara tersebut, maka perlu dilakukan prediksi tentang kepekatan gas pencemar udara yaitu khusus gas *particulate matter* (PM<sub>10</sub>) beserta unsur-unsur yang berkaitan untuk waktu yang akan datang dengan menggunakan model *vector autoregressive* (VAR). Mengingat pentingnya mengetahui pola pergerakan data kepekatan *particulate matter* (PM<sub>10</sub>) di Pekanbaru, maka penelitian ini mencoba memberikan satu bentuk model statistika yang sesuai untuk data kepekatan *particulate matter* (PM<sub>10</sub>) di Pekanbaru dengan menggunakan model *vector autoregressive* (VAR). Oleh karena itu, penulis tertarik mengajukan judul “***Pemodelan Pencemaran Udara dan Hotspot (Titik Api) Menggunakan Model Vector Autoregressive (VAR)***”.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian latar belakang tersebut maka permasalahan yang ingin diatasi melalui penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menggunakan model *vector autoregressive* (VAR) untuk membangun model kepekatan gas pencemar udara yaitu *particulate matter* (PM10) beserta unsur-unsur meteorologi di kota Pekanbaru.

2. Bagaimana menentukan hasil prediksi kepekatan gas pencemar udara khusus *particulate matter* (PM10) untuk waktu yang akan datang dengan menggunakan model *vector autoregressive* (VAR) di kota Pekanbaru.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menemukan model terbaik untuk data kepekatan *particulate matter* (PM10) beserta unsur-unsur meteorologi di kota Pekanbaru dengan menggunakan model *vector autoregressive* (VAR).
2. Menentukan hasil prediksi kepekatan *particulate matter* (PM10) pada waktu yang akan datang dengan menggunakan model *vector autoregressive* (VAR) di kota Pekanbaru.

### 1.4 Batasan Masalah

Agar terfokusnya penelitian yang akan dilakukan, maka penulis membatasi permasalahan yang dibahas dan dianalisa, batasan masalah dalam penulisan penelitian ini adalah:

1. Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data kepekatan *particulate matter* (PM10), radiasi matahari, suhu udara, curah hujan, kelembaban udara, kecepatan angin (*wind speed*) dan jumlah titik api (*hotspot*) di Kota Pekanbaru pada Tahun 2011 sampai dengan Tahun 2015.
2. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah model *vector autoregressive* (VAR).

### 1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan dari penelitian ini dapat memberikan gambaran tentang pencemaran udara di Kota Pekanbaru. Selanjutnya, dari penelitian ini dapat menemukan model yang terbaik untuk memprediksi kepekatan *particulate matter* (PM<sub>10</sub>) pada waktu yang akan datang. Selain itu, pada penelitian ini juga dapat menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi tinggi atau rendahnya kepekatan *particulate matter* (PM<sub>10</sub>) yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran udara.

Dengan demikian model tersebut dapat membantu pihak pemerintah dalam mengambil kebijakan untuk menanggulangi pencemaran udara oleh *particulate matter* (PM10) yang disebabkan oleh oknum yang tidak bertanggung jawab.

### 1.6 Jadwal Penelitian

Jadwal pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut ini:

**Tabel 1.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian**

No	Jenis Kegiatan	Bulan 2016								
		Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov
1	Pra Kegiatan									
	a. Penyusunan Proposal									
	b. Studi literatur									
	c. Pendaftaran Online dan pengumpulan hardcopy									
	d. Seminar Awal									
2	Perbaikan Proposal dan laporan kemajuan penelitian									
3	Pengumpulan data dan observasi									
4	Analisa data									
5	Analisa dengan model VAR									
6	Penyusunan Laporan									
7	Kesimpulan dan Saran									
8	Seminar hasil penelitian									

9	Perbaikan Laporan Akhir									
10	Penyerahan Laporan dan Laporan Keuangan									

## 1.7 Sistematika Penulisan

Penelitian ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

### Bab I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, jadwal penelitian dan sistematika penulisan.

### Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan pembahasan masalah, yaitu tentang metode *time series*, model *vector autoregressive* (VAR), pencemaran udara, *particulate matter*, dan unsur-unsur meteorologi.

### Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini membahas tentang metode penelitian yang digunakan untuk data tersebut.

### Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan tentang hasil pengolahan data serta pembahasannya.

### Bab V Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penelitian.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Literatur

Dalam berbagai penelitian bidang statistika model *vector autoregressive* (VAR) sering digunakan oleh peneliti dalam menganalisa data. Terdapat banyak penelitian yang menggunakan model *vector autoregressive* (VAR), diantaranya Xiao Han Cai (2008) menggunakan analisis model *vector autoregressive* (VAR) untuk memprediksi data runtun waktu pencemaran udara oleh CO di California. Rosita (2011) menggunakan analisis model *vector autoregressive* (VAR) untuk memodelkan curah hujan di Darmaga Bogor. Hasil penelitian yang diperoleh adalah model data curah hujan yaitu model VAR(1), sedangkan untuk unsur-unsur yang mempengaruhi curah hujan adalah kecepatan angin. Saputro (2011) menggunakan model *vector autoregressive* (VAR) untuk peramalan curah hujan di Indramayu, dimana penelitiannya menghasilkan model VAR(1).

Desvina (2014) menggunakan model *vector autoregressive* (VAR) untuk peramalan curah hujan di kota Pekanbaru. Dalam penelitiannya menghasilkan model VAR(2), unsur yang mempengaruhi curah hujan adalah kelembaban udara, sedangkan temperatur udara memiliki hubungan timbal balik dengan curah hujan. Hidayatullah (2011) menggunakan model *vector autoregressive* (VAR) untuk menganalisa pengaruh harga migas terhadap Indeks Harga Konsumen (IHK). Penelitiannya menghasilkan model VAR(1), harga migas yang mempengaruhi IHK diantaranya premium dan solar mempengaruhi IHK bahan makanan, IHK sandang, IHK transportasi, dan IHK komunikasi. Sedangkan harga migas premium dan minyak tanah mempengaruhi IHK makanan jadi. Setiawan (2012) menggunakan pendekatan model *vector autoregressive* (VAR) untuk pemodelan indeks harga saham gabungan (ISHG). Ahmad, dkk (2013) membahas tentang prediksi pencemaran udara oleh *particulate matter* (PM10) dengan menggunakan metode Box-Jenkins.

Dalam penelitian ini penulis khusus meneliti tentang bagaimana menentukan model yang sesuai untuk pencemaran udara khusus *particulate*

*matter* (PM10) beserta unsur-unsur meteorologi dan *hotspot* (titik api), serta dapat memprediksi kepekatan gas pencemar udara khusus *particulate matter* (PM10) pada waktu yang akan datang dengan menggunakan model *vector autoregressive* (VAR).

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Pencemaran Udara**

Dalam kehidupan sehari-hari udara merupakan faktor yang sangat penting, tetapi semakin meningkatnya pembangunan di pusat-pusat kota maka mengakibatkan kondisi/kualitas udara mengalami perubahan. Pada zaman dahulu udara di pusat-pusat kota adalah bersih, karena dahulu banyak pohon-pohon yang masih segar-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 lalu lintas sehingga kualitas udara pun semakin memprihatinkan (Soedomo, 2001).

Kualitas udara yang memprihatinkan tersebut yang disebabkan oleh masuknya zat pencemar dinamakan dengan terjadinya pencemaran. Pencemaran ialah kontaminasi biosfera dengan bahan-bahan yang berbahaya atau racun. Bahan-bahan tersebut berasal dari aktivitas atau proses domestik, industri atau kimia. Pencemaran terhadap biosfera akan mengakibatkan perubahan yang akan mengganggu atau merusak struktur suatu objek atau sistem dari segi kimia, fisika atau biologi. Akibatnya proses kerja suatu objek atau sistem tersebut akan terhambat, pertumbuhan atau perkembangannya akan berkurang, kemampuan memproduksi kembali (reproduksi) berkurang dan fatalnya ialah bisa berakibat kepada kematian atau kegagalan total (Zaini, 2000).

Udara ialah campuran gas dan lapisan tipis yang mengelilingi bumi. Sebanyak 95% udara berada dalam 20 km pertama atas permukaan laut. Pencemaran udara ialah kehadiran sebarang bahan pencemar udara dalam atmosfer dengan ciri-ciri serta jangka waktu tertentu sebagaimana yang termaktub dalam undang-undang yang efeknya dapat mengakibatkan apapun terhadap kehidupan manusia, hewan, tumbuhan atau harta benda atau mengganggu

kenyamanan serta kedamaian hidup suatu komunitas tertentu (Strauss & Mainwaring, 1984). Gas-gas pencemar udara yang utama adalah karbon monoksida, karbon dioksida, nitrogen oksida, nitrogen dioksida, *particulate matter* dan sebagainya. Ia merupakan pengotoran udara yang menyebabkan kepekatan udara dengan bahan tercemar adalah tinggi (Jasiman, 1996).

Pencemaran udara ialah kehadiran sebarang bahan pencemar udara dalam atmosfer dengan ciri-ciri serta jangka waktu tertentu sebagaimana yang tercantum dalam undang-undang yang dampaknya dapat mengakibatkan apapun kepada kehidupan manusia, hewan, tumbuhan atau harta benda atau mengganggu kenyamanan serta kedamaian hidup suatu komunitas (Zaini, 2000).

Bahan-bahan pencemar terdiri dari dua bagian utama yaitu bahan pencemar primer dan bahan pencemar sekunder. Pengelompokkan bahan-bahan pencemar udara dapat dikelompokkan kepada tiga yaitu padat (debu, asap, abu terbang), cair (kabut, semburan) dan gas ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ). *Particulate Matter* terdiri dari bentuk padat dan cair yang tersebar luas di udara yang lebih besar dari molekul tunggal tetapi lebih kecil dari  $500 \mu\text{m}$ .  $\text{PM}_{10}$  ialah sebagai abu atau debu yang berdiameter kurang dari  $10 \mu\text{m}$  yang mampu memberi efek yang serius terhadap resiko kesehatan manusia berbanding dengan partikel-partikel yang lebih besar yang umumnya terbentuk dari sumber tidak bergerak seperti kendaraan (ekzos kendaraan) (Zaini, 2000).

Masalah pencemaran adalah merupakan satu fenomena yang sering diperbincangkan. Diantara isu-isu tentang lingkungan yang sering diperbincangkan sekarang ini adalah isu tentang debu, pembakaran hutan secara liar untuk tujuan pembangunan, penggunaan bahan-bahan yang dapat memusnahkan lapisan ozon, fenomena pemanasan global, pembakaran terbuka, pencemaran sungai, pembuangan sampah, pemusnahan ekosistem, dan lain-lain. Masalah pencemaran udara di Pekanbaru merupakan isu yang sangat penting dalam masalah kualitas udara lingkungan hidup di Pekanbaru. Kualitas udara sangat dipengaruhi oleh kepesatan pembangunan dan kepadatan sebuah tempat atau kawasan.

Kualitas udara di kawasan perkotaan semakin meruncing dan memprihatinkan, yang menjadi penyumbang utama dalam masalah kesehatan dan

isu lingkungan hidup di negara-negara Asia. Pada Tahun 2000, 37% populasi di Asia tinggal di kawasan perkotaan dan diduga akan meningkat menjadi 54% pada Tahun 2030 (Vallack et al., 2002). Peningkatan pertumbuhan ekonomi yang sangat pesat di Pekanbaru sejak dua abad belakangan ini, telah menjadikan masalah pencemaran udara sebagai masalah utama dalam kehidupan.

Berdasarkan proses kimiawi, maka jenis bahan pencemar udara terdiri dari jumlah yang besar. Sebagai contoh adalah bahan pencemar yang disebabkan oleh asap rokok, dimana dalam asap rokok terdapat lebih dari 200 macam bahan pencemar. Bahan pencemar utama adalah oksida karbon (CO, CO<sub>2</sub>), oksida belerang (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>), oksida nitrogen (N<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>3</sub>), partikel (asap, debu, asbestos, metal, minyak, garam sulfat), dan lain-lain (Soedomo, 2001).

Jenis bahan pencemar berdasarkan kejadiannya yaitu pencemar primer dan pencemar sekunder. Pencemar primer adalah yang diemisikan langsung oleh sumber pencemaran udara. Sedangkan pencemar sekunder adalah zat pencemar yang dihasilkan oleh perpaduan atau reaksi di udara yang disebabkan oleh berbagai zat. Berdasarkan pola emisinya maka bahan pencemar terdiri dari pencemar dari sumber titik, dari sumber garis dan dari sumber area atau kawasan (Soedomo, 2001).

Pengelasan bahan-bahan pencemar udara dapat dikelaskan pada tiga yaitu partikel (debu, asap, abu terbang, timah hitam, aerosol), cair (kabut, semburan), gas (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, H<sub>2</sub>S, Hidrokarbon) dan energi (suhu dan kebisingan) (Soedomo, 2001).

Gas bahan pencemar udara yang bersumber dari reaksi fotokimia adalah dapat membentuk bahan pencemar sekunder, seperti reaksi antara peroxy radikal dengan oksigen sehingga membentuk perpaduan ozon dengan nitrogen dioksida yang akan berubah menjadi nitrogen monoksida dan oksigen. Jenis bahan pencemar udara yang sangat berbahaya adalah partikel yang berukuran sangat kecil yang tidak terlihat oleh mata telanjang, seperti partikel yang berukuran 0,01-5  $\mu$ m (Soedomo, 2001).

Indeks Pencemaran Udara (IPU) dihasilkan untuk menyampaikan informasi tentang pencemaran udara supaya lebih mudah difahami oleh masyarakat umum.

Pencemaran udara berasal dari pelepasan asap kotor oleh pabrik/industri terus ke udara melalui cerobong asap pabrik, pembakaran terbuka dan lain-lain. Asap, kabut, uap atau bahan-bahan lain yang dapat menghalang penglihatan mata merupakan berbagai bentuk pencemaran udara. Antara efek pencemaran udara adalah penipisan lapisan ozon, asap, hujan asid dan pemanasan bumi (Zaini, 2000). Sumber pencemaran udara oleh pelepasan asap pabrik dapat dilihat pada gambar berikut ini:



**Gambar 2.1 Sumber Pencemaran Udara yang Disebabkan oleh Pelepasan Asap Pabrik**

**Sumber: [www.ifanborneo.blogspot.com](http://www.ifanborneo.blogspot.com)**

Sumber pencemaran udara yang lain adalah asap/debu yang dihasilkan kendaraan bermotor. Gas yang dihasilkan oleh asap kendaraan bermotor adalah CO, NO<sub>x</sub>, hidrokarbon, SO<sub>2</sub>, dan tetraethyl lead. Tetraethyl lead adalah bahan yang terbuat logam timah yang dimasukkan ke dalam bensin yang memiliki kualitas rendah yang dapat meningkatkan nilai oktan, sehingga dapat mencegah terjadinya ledakan pada mesin kendaraan (Soedomo, 2001). Berikut adalah gambar sumber pencemaran udara yang dihasilkan oleh asap kendaraan bermotor yaitu:



**Gambar 2.2 Sumber Pencemaran Udara yang Disebabkan oleh Asap Kendaraan Bermotor**

**Sumber: [www.pencemaranudara.wordpress.com](http://www.pencemaranudara.wordpress.com)**

Pembakaran sampah dapat juga menyebabkan terjadinya pencemaran udara, karena pembakaran sampah dapat menghasilkan gas debu dan hidrokarbon. Selain itu, kegiatan rumah tangga juga dapat memberikan sumbangan terjadinya pencemaran udara, karena dalam pengolahan makanan juga mengeluarkan gas-gas seperti yang dikeluarkan oleh asap kendaraan bermotor, kecuali senyawa tambahan di dalam bahan bakar seperti Pb (Soedomo, 2001).

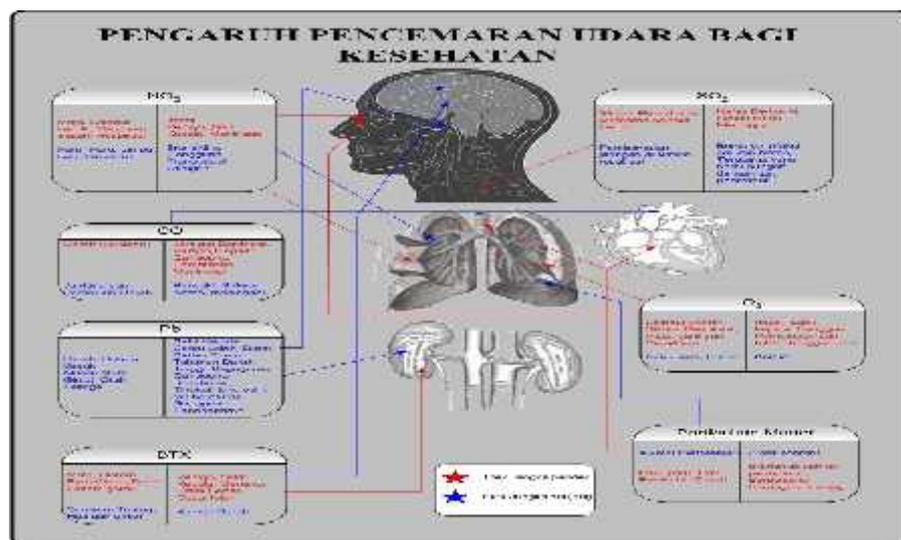
Aktivitas pembakaran terbuka dari sektor pembinaan dan pertanian dapat juga menjadi sumber utama peningkatan pencemaran udara. Perkembangan aktivitas ekonomi yang pesat memerlukan pengangkutan bahan-bahan mentah, hasil produksi dan manusia dapat juga menyebabkan terjadinya pencemaran udara (Soedomo, 2001).

Gas CO memasuki tubuh melalui pernafasan dan memendap di dalam peredaran darah. Gas CO akan mengikat dengan hemoglobin (yang berfungsi sebagai pengangkut oksigen ke seluruh tubuh) menjadi karbosi-hemoglobin, selain itu CO mempunyai kemampuan mengikat dengan hemoglobin sebesar 240 kali lipat kemampuannya berbanding dengan O<sub>2</sub>. Gejala yang terasa dimulai dari pusing-pusing, kurang dapat memperhatikan sekitarnya, kemudian terjadi kelainan

fungsi susunan syaraf pusat, perubahan fungsi paru-paru dan jantung, terjadi rasa sesak napas. Gas ini juga dapat bersifat membunuh makhluk hidup termasuk manusia, karena gas ini akan mengganggu pengikatan oksigen yang berada di darah. Bagi darah yang tercemar oleh karbon monoksida dalam kadar 70% hingga 80% dapat menyebabkan kematian (Godish, 1997).

Gangguan kesehatan yang disebabkan oleh pencemaran udara dengan partikel dan gas adalah berbeda tingkatan dan jenisnya, hal ini tergantung pada macam ukuran dan komposisi kimiawinya suatu gas tertentu.

Tingginya kadar timah (Pb) di udara dapat menyebabkan terganggunya pembentukan sel darah merah. Gejala yang muncul dimulai dari terganggunya fungsi enzim untuk pembentukan sel darah merah, yang pada akhirnya dapat menyebabkan organ yang lain terganggu, misalnya anemia, kerusakan ginjal, dan lain-lain (Soedomo, 2001). Dampak pencemaran udara pada manusia dapat ditunjukkan pada gambar berikut ini:



**Gambar 2.3 Dampak Pencemaran Udara pada Manusia**

Sumber: [www.chemstlink-chasandah.blogspot.com](http://www.chemstlink-chasandah.blogspot.com)

Dampak karbon monoksida (CO) pada manusia dapat ditunjukkan pada gambar berikut ini:



**Gambar 2.4 Dampak Karbon Monoksida (CO) pada Manusia**

**Sumber: [www.ayuefishy15.blogspot.com](http://www.ayuefishy15.blogspot.com)**

Selain pada manusia, dampak negatif juga terjadi pada tumbuhan dan hewan. Dampak pada tumbuhan yaitu menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat, hal ini disebabkan oleh terhalangnya cahaya matahari untuk sampai ke daun sehingga proses fotosintesis berkurang dan kadar pengambilan  $\text{CO}_2$  jadi berkurang. Pada hewan dapat menyebabkan gangguan pada sistem pernafasan hewan. Hewan yang memakan rumput dan daun yang tercemar fluorid akan menyebabkan bentuk tulang yang tidak normal (Zaini, 2000).

### 2.2.2 *Particulate Matter* ( $\text{PM}_{10}$ )

*Particulate matter* ( $\text{PM}_{10}$ ) terdiri dari partikel padat dan cair yang tersebar luas di udara yang lebih besar dari molekul tunggal tetapi lebih kecil dari  $500 \mu\text{m}$ . Partikel padat dikelompokkan berdasarkan ukuran dan bentuk yang sama ada partikel padat atau cair (Zaini 2000). Contoh partikel adalah seperti asap, abu, semburan dan kabut, partikel ini mempunyai ukuran pusat antara 0.2 hingga 5000 nm (Godish 1997).  $\text{PM}_{10}$  ialah sebagai partikel yang berdiameter kurang dari  $10 \mu\text{m}$  yang mampu memberi dampak yang serius terhadap resiko kesehatan manusia dibandingkan dengan partikel-partikel yang lebih besar yang umumnya terbentuk dari proses pembakaran bahan mentah, kendaraan (ekzos kendaraan), proses industri dan aktivitas pembakaran liar (DOE 2002). Selain itu,  $\text{PM}_{10}$  dapat

terbentuk dalam atmosfer dari SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub> untuk membentuk garam sulfat dan nitrat. Diameter partikel padat yang kurang dari 10  $\mu\text{m}$  dapat memberi dampak pada kesehatan manusia seperti bronkitis, kanker dan kerusakan paru-paru.

Organisasi Kesehatan Sedunia (WHO) memperkirakan sebanyak lima sampai enam juta penduduk dunia akan mati setiap tahun akibat pencemaran udara. Serangan jantung, penyakit pernapasan dan kanker paru-paru sangat signifikan dengan individu yang menghirup udara kotor. WHO juga memperkirakan dua juta anak-anak di bawah umur lima tahun akan mati setiap tahun akibat dampak buruk dari sistem pernapasan yang menghirup udara kotor. Penyakit yang disebabkan oleh pencemaran udara telah menyebabkan sebanyak 40,000 orang masyarakat umum akan mati diakibatkan oleh *particulate matter* di udara di 36 kota di sekitar India (Vallack et al. 2002).

*Particulate matter* masuk melalui sistem pernapasan dan pulmonari manusia yang menyebabkan penyakit asma, kesulitan bernapas, bronkitis kronik, mengurangi fungsi paru-paru. Partikel padat mengandung jamur, bakteri patogen dan virus yang masuk melalui udara ambien dan sebagai agen perpindahan penyakit berbahaya (Chelani et al. 2004). Tingkat penembusan ke sistem pernapasan bergantung pada ukuran partikel padat dan dampaknya terhadap manusia bergantung pada tahap ketoksikan. Sistem pernapasan manusia terbagi pada dua yaitu bagian atas (rongga hidung, farinks dan trakea) dan bagian bawah (paru-paru dan bronki) (Gupta & Asher 1998). Partikel padat logam dapat dihirup oleh manusia dan hewan kemudian masuk saluran darah melalui alveoli paru-paru (Alloway & Ayres 1994).

*Particulate matter* (PM<sub>10</sub>) yang tinggal di udara dapat menembus bagian pernapasan paru-paru, berkumpul dan seterusnya mengendap dalam paru-paru. Seandainya tidak dibersihkan, penyakit seperti pneumoconiosis yaitu penyakit yang berkaitan dengan kerusakan struktur paru-paru yang disebabkan oleh bahan-bahan tertentu dapat terjadi (Sham 1987). Dua contoh penyakit ini yaitu siliocosis disebabkan oleh silikon oksida dan antracosis yang disebabkan oleh kabut, asap dan abu. Selain itu, dapat juga mengakibatkan penurunan fungsi paru-paru dan mata, radang pada kerongkong. Bahan pencemaran udara ini mudah menyerang golongan yang sensitif seperti orang tua, orang yang mengidap penyakit asma atau

penyakit kardiopulmonari. Penyakit-penyakit yang berhubungan dengan kualitas udara termasuk asma, penyakit saluran pernapasan dan konjunktivitis seperti radang pada konjunktiva atau mata merah. Sistem penglihatan manusia turut terganggu akibat *particulate matter* yang tinggi di udara (Sham 1987). Penumpukan partikel halus akan bergabung dengan uap air atau air hujan yang kemudian membentuk lapisan yang tebal di permukaan (Srikandi 1992).

Proses penumpukkan kering oleh logam berat pada tumbuhan semakin meningkat pada musim panas (Ondera & Dursun 2006). Penumpukan logam berat pada daun akan memberi dampak pada klorofil, membran sel dan stoma serta mengurangi pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tunas akan terhenti, warna daun menjadi pudar dan sebagian pohon menjadi kering akibat proses penumpukan basah dan kering. Perubahan ini mengurangi kerindangan pohon terhadap serangan ulat, serangga, embun dan kemarau. Partikel yang jatuh ke permukaan daun akan masuk ke daun melalui penyerapan pada permukaan daun dan bergantung pada kelembapan dan pH (Alloway & Ayres 1994).

Dampak pada hewan dapat mengakibatkan gangguan pada sistem pernapasan. Dampak yang jelas pada tumbuhan ialah pembentukan lapisan partikel padat yang tebal di permukaan daun. Hal ini menyebabkan cahaya matahari akan terhalang untuk sampai ke daun dan menyebabkan proses fotosintesis berkurang dan kadar pengambilan CO<sub>2</sub> berkurang. Dampak pembebasan fluorid di udara akan menyebabkan daun menjadi berkerut, kerusakan pada tanaman akibat hambatan pertumbuhan pada putik bunga, perpanjangan putik bunga dan penyebaran kromosom. Hewan yang memakan rumput dan daun yang tercemar oleh fluorid akan menyebabkan bentuk tulang yang tidak normal (Zaini 2000).

### 2.2.3 Curah Hujan

Endapan (presipitasi) didefinisikan sebagai bentuk cair (air) dan padat (es) yang jatuh ke permukaan bumi. Meskipun kabut, embun dan embun beku dapat berperan dalam alih kebasahan dari atmosfer ke permukaan bumi. Unsur tersebut tidak ditinjau sebagai endapan. Bentuk endapan adalah hujan, gerimis dan salju. Hujan adalah bentuk endapan yang sering dijumpai, sedangkan di Indonesia yang

dimaksud dengan endapan adalah curah hujan. Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir (Zaini, 2000).

Curah hujan merupakan unsur yang sangat penting bagi kehidupan di bumi. Jumlah curah hujan dicatat dalam inci (milimeter). Jumlah curah hujan 1 mm yaitu menunjukkan tinggi air hujan yang menutupi permukaan 1 meter, jika air tersebut tidak meresap ke dalam tanah dan menguap di atmosfer. Alat untuk mengukur curah hujan adalah ombrometer.

#### 2.2.4 Radiasi Matahari

Radiasi matahari merupakan pancaran energi yang berasal dari proses thermonuklir yang terjadi di matahari. Energi matahari merupakan sumber energi bagi seluruh kehidupan (Rafi'I S, 2006). Matahari merupakan kendali iklim yang sangat penting dan sebagai sumber energi utama di bumi yang menggerakkan udara dan arus laut. Diameter matahari  $1,42 \times 10^6$  km dan suhu permukaan  $\pm 6000^\circ$  k.

Energi matahari diradiasikan kesegala arah, sebagian besar dari energi tersebut hilang kealam semesta dan hanya sebagian kecil saja yang diterima bumi. Energi matahari yang jatuh pada permukaan bumi terbentuk gelombang elektromagnetik yang menjalar dengan kecepatan cahaya. Panjang gelombang radiasi matahari sangat pendek dan biasanya dinyatakan dalam micron ( $1 \mu\text{m} 10^6$ ). Matahari yang jatuh biasanya diukur dengan alat perekam penyinaran matahari yaitu *Campbell Stokes*.

Tetapan radiasi matahari didefinisikan sebagai berikut: “jumlah *flux* atau aliran radiasi matahari yang diterima atmosfer yang tegak lurus pada suatu bidang seluas  $1 \text{ cm}^2$  dalam 1 menit”. Tetapan ini ditentukan oleh Jonson. Stefan Boltzman merumuskan hukum radiasi sebagai berikut:

$$F = \sigma T^4 \tag{1}$$

dimana,

$F$  : *flux* radiasi ( $\text{ly min}^{-1}$ ),

$\sigma$  : tetapan Stefan Boltzman,

$T$  : temperatur dalam  $^\circ\text{K}$ .

### 2.2.5 Suhu Udara

Suhu udara merupakan ukuran energi kinetik rata-rata dari pergerakan molekul-molekul atau keadaan panas dinginnya udara (Rafi'i S, 2006). Alat pengukur suhu disebut termometer. Skala yang sering dipakai dalam pengukuran suhu udara adalah skala Fahrenheit yang dipakai di Negara Inggris dan skala Celcius atau skala perseratusan yang dipakai oleh sebagian besar negara di dunia. Suhu udara berubah-ubah sesuai dengan tempat dan waktu. Pada umumnya suhu maksimum terjadi sesudah tengah hari, biasanya antara jam 12.00 dan 14.00 serta suhu minimum terjadi pada jam 06.00 atau sekitar matahari terbit.

Suhu udara harian rata-rata didefinisikan sebagai rata-rata pengamatan selama 24 jam (1 hari) yang dilakukan tiap jam. Suhu bulanan rata-rata ialah jumlah dari suhu harian rata-rata dalam satu bulan dibagi dengan jumlah hari dalam bulan tersebut. Suhu tahunan rata-rata dihitung dari jumlah suhu bulanan rata-rata dibagi 12.

### 2.2.6 Titik Api (*Hotspot*)

Menurut Brown dan Davis (1973), kebakaran hutan adalah pembakaran yang tidak terkendali dan terjadi dengan tidak sengaja pada areal tertentu yang kemudian menyebar secara bebas serta mengkonsumsi bahan bakar yang tersedia di hutan seperti serasah, rumput, cabang kayu yang sudah mati, patahan kayu, tunggul, daun-daunan dan pohon-pohon yang masih hidup. Selanjutnya kebakaran hutan sebagai suatu kejadian dimana api melahap bahan bakar bervegetasi, yang terjadi dalam kawasan hutan yang menjalar secara bebas dan tidak terkendali.

Anderson, *et.al.* (1999) dalam Setya (2006) mengatakan bahwa pada awalnya *hotspot* diidentikkan dengan titik api, namun dalam kenyataannya tidak semua *hotspot* mengindikasikan adanya titik api. Istilah *hotspot* lebih tepat bila bersinonimkan dengan titik panas. Sebuah titik panas merupakan satu *pixel* pada potret satelit adalah suatu areal 1.1 KM<sup>2</sup>, dimana tinggi temperatur permukaannya mengindikasikan adanya kebakaran. Panas permukaan tersebut diukur oleh satelit NOAA yang dilengkapi oleh sensor-sensor radiometer mutakhir beresolusi sangat tinggi (*Fire Fight South East Asia, 2002* dalam Setya, 2006).

Hotspot adalah titik panas yang diindikasikan sebagai lokasi kebakaran hutan dan lahan. Parameter ini sudah digunakan secara meluas di berbagai Negara untuk memantau kebakaran hutan dan lahan dari satelit. Cara deteksi terjadinya kebakaran hutan dan lahan adalah dengan pengamatan titik panas (*hotspot*). Titik panas (*hotspot*) dapat dideteksi dengan satelit NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) yang dilengkapi sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*). Dalam mendeteksi kebakaran hutan, satelit NOAA tidak mendeteksi kebakaran (suhu) secara langsung namun yang dideteksi adalah *hotspot*.

Titik panas (*hotspot*) dapat dideteksi dengan satelit NOAA yang dilengkapi sensor AVHRR yang bekerja berdasarkan pancaran energi thermal dari objek yang diamati dari suatu areal yang bersuhu  $42^{\circ}$  C. Satelit ini sering digunakan untuk pendeteksian wilayah tersebut karena salah satu sensornya yang dapat membedakan suhu permukaan di darat atau laut. Sebuah titik panas (*hotspot*) dapat mencerminkan sebuah areal yang mungkin terbakar sebagian atau seluruhnya karena itu tidak menunjukkan secara pasti seberapa besar areal yang terbakar. Jumlah titik panas (*hotspot*) dapat sangat bervariasi dari suatu pengukuran selanjutnya tergantung dari waktu pengukuran pada hari itu (aktivitas api berkurang pada malam hari dan paling tinggi pada sore hari), cuaca (sensor yang digunakan tidak dapat menembus awan dan asap) dan organisasi apa yang memberikan data tersebut (tidak terdapat standar ambang batas temperatur atau suhu untuk mengidentifikasi titik panas) (*Fire Fight South East Asia*, 2002 dalam Setya, 2006).

Titik panas (*hotspot*) hanya memberikan sedikit informasi apabila tidak didukung oleh analisa dan interpretasi lanjutan. Kelompok titik panas (*hotspot*) dan atau titik panas (*hotspot*) yang berjumlah besar dan berlangsung secara terus menerus adalah indikator yang baik untuk kebakaran (titik api). Data titik panas (*hotspot*) bermanfaat apabila dikombinasikan dengan informasi-informasi seperti mengenai penggunaan lahan, penutupan tanaman, habitat binatang atau peta-peta lainnya. Kesalahan bias atau geografi dari sebuah titik panas (*hotspot*) dapat sampai sejauh 3 KM (*Fire Fight South East Asia*, 2002 dalam Setya, 2006).

Areal-areal *hotspot* meliputi sebagai berikut:

- a. Areal dengan deforestasi yang baru terjadi atau tengah terjadi sekarang menghubungkan kombinasi kecepatan atau intensitas yang berbeda dari perubahan penutupan hutan (tinggi, sedang dan rendah) dan keadaan penutupan hutan yang berbeda (rapat, terpecah-pecah dan kerapatan rendah).
- b. Areal-areal yang memiliki resiko perubahan penutupan lahan yang tinggi.

Kelemahan tersebut akan sangat merugikan bila kebakaran besar terjadi sehingga wilayah tersebut tertutup asap. Kejadian itu sangat sering terjadi dimusim kebakaran, sehingga jumlah *hotspot* yang terdeteksi jauh lebih rendah dari yang seharusnya. Karena itu analisis lanjutan sangat diperlukan untuk mengidentifikasi apakah *hotspot* merupakan kebakaran atau pembakaran, atau terletak diwilayah yang memiliki resiko kebakaran sangat tinggi seperti lahan gambut dan lain sebagainya. Analisa dapat dilakukan dengan melakukan overlay antar data *hotspot* dan data atau peta penggunaan lahan atau data penutupan lahan dengan sistem informasi geografis.

Biasanya *hotspot* yang terletak di daerah pemukiman atau transmigrasi hanya merupakan pembakaran untuk penyiapan ladang. Dalam hal ini, *hotspot* hanya mengidentifikasi terjadinya panas atau bila *hotspot* terjadi di wilayah seperti HPH, HTI atau perkebunan, maka kemungkinan besar kebakaran (dengan asumsi, perusahaan tidak melakukan pembakaran karena dilarang) (Fire Fight South East Asia, 2002 dalam Setya, 2006).

### 2.2.7 Kelembaban Udara

Kelembaban udara adalah jumlah uap air di udara (atmosfer) pada saat dan tempat tertentu. Jumlah uap air tersebut berubah-ubah mengikuti keadaan permukaan bumi (Tjasjono, 1992). Alat untuk mengukur kelembaban udara disebut *psychrometer* atau *hygrometer*. Kelembaban udara ditentukan oleh jumlah uap air yang terkandung di dalam udara (Lakitan 2002).

Dalam kelembaban dikenal beberapa istilah, diantaranya:

1. Kelembaban mutlak, merupakan massa uap air yang berada dalam satu satuan udara yang dinyatakan dalam gram/m<sup>3</sup>.
2. Kelembaban spesifik, merupakan perbandingan massa uap air di udara dengan satuan massa udara yang dinyatakan dalam gram/kilogram.

3. Kelembaban relatif, merupakan perbandingan jumlah uap air di udara dengan jumlah maksimum uap air yang dikandung udara pada suhu tertentu yang dinyatakan dalam %. Nilainya berkisar antara 0-100%, dimana 0% berarti udara kering sedangkan 100% berarti udara jenuh dengan uap air sehingga menjadi titik-titik air.

Keadaan kelembaban udara di permukaan bumi berbeda-beda. Umumnya kelembaban tertinggi berada di khatulistiwa sedangkan kelembaban terendah berada pada lintang  $40^0$ . Di Indonesia kelembaban udara tertinggi terjadi pada musim hujan sedangkan kelembaban udara terendah terjadi pada musim kemarau.

### 2.2.8 Kecepatan Angin (*Wind Speed*)

Angin adalah gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi. Udara bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Angin diberi nama sesuai dengan dari arah mana angin datang, misalnya angin timur adalah angin yang datang dari arah timur, angin laut adalah angin dari laut ke darat, dan angin lembah adalah angin yang datang dari lembah menaiki gunung (Tjasyono, 1999).

Angin merupakan gerak nisbi terhadap permukaan bumi. Gerak atmosfer terhadap permukaan bumi ini memiliki dua arah yaitu arah horizontal dan arah vertikal. Kedua gerak atmosfer ini disebabkan oleh ketidaksetimbangan radiasi bersih, kelembaban dan momentum di antara lintang rendah dan lintang tinggi di satu pihak dan di antara permukaan bumi dan atmosfer di pihak lain (Prawiwardoyo, 1996).

### 2.2.9 Metode Analisis *Time Series*

*Time series* ialah urutan kronologi sampel pada variabel tertentu. *Time series* juga bermakna sebagai satu koleksi sampel yang dikaji secara berurutan terhadap waktu. *Time series* digunakan dalam berbagai bidang yaitu mulai dari bidang ekonomi, sampai bidang teknik (Bowerman et al., 2005).

Analisis *time series* bertujuan untuk memperoleh satu uraian ringkas tentang ciri-ciri satu proses *time series* yang tertentu. Selain itu, dapat juga membuat suatu model untuk menjelaskan ciri-ciri variabel-variabel lain dalam

*time series* dan untuk menghubungkan perhatian dengan ciri-ciri peraturan berstruktur yang ditetapkan. Model ini dapat juga menerangkan trend data *time series* untuk suatu waktu tertentu, jika terdapat perubahan bermusim dalam data *time series* itu, maka dapat dijelaskan melalui model ini (Vandaele, 1983).

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

$$y_t = TR_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

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

$TR_t$  = trend pada waktu  $t$

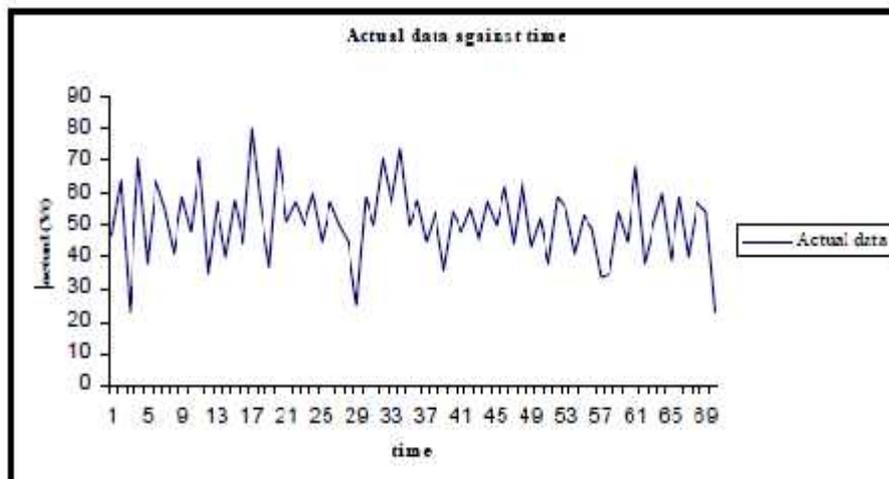
$\varepsilon_t$  = error pada waktu  $t$ .

Model ini menyatakan bahwa *time series*  $y_t$  dapat diwakilkan dengan suatu rata-rata perubahan terhadap waktu berdasarkan pada persamaan  $\tilde{y}_t = TR_t$  dan error  $\varepsilon_t$ . Error mewakili ketidakstabilan acak yang menyebabkan nilai  $y_t$  menyimpang dari rata-rata  $\tilde{y}_t$  (Bowerman et al., 2005).

Data *time series* terdiri dari beberapa bentuk, yaitu (Prasetyo, 2009):

- a. Data yang memiliki pola data stasioner.

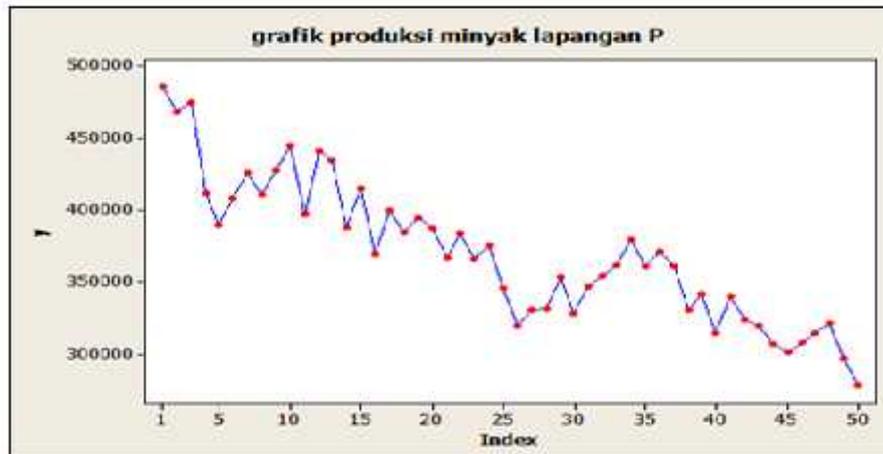
Data stasioner merupakan data yang mempunyai pergerakan nilai rata-rata dan variansnya konstan dari waktu ke waktu. Bentuk pola data stasioner dapat dilihat pada gambar berikut ini:



**Gambar 2.5 Pola Data Stasioner**

- b. Data yang memiliki pola data trend.

Pola data trend ini adalah pola data yang mengalami peningkatan atau penurunan yang terus menerus dari waktu ke waktu. Pola data ini dapat dilihat pada gambar berikut ini:



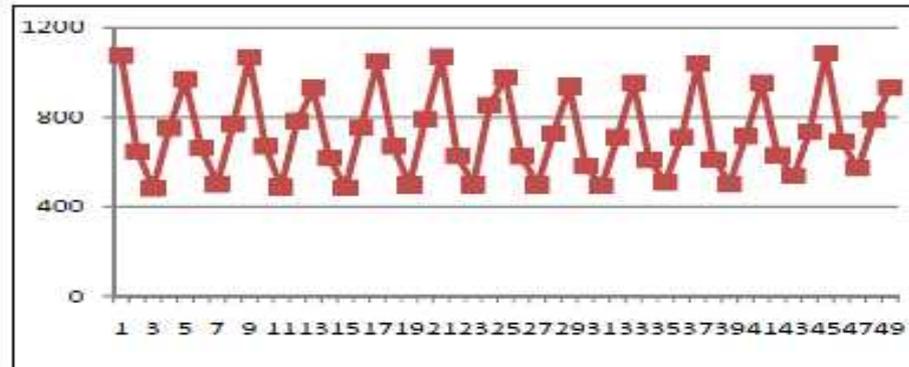
**Gambar 2.6 Pola Data Trend Turun**

Berikut adalah beberapa contoh trend yang biasa digunakan (Bowerman et al., 2005):

1. Tidak trend adalah dimodelkan sebagai  $TR_t = S_0$  menunjukkan bahwa tidak ada penambahan atau penurunan jangka panjang dalam *time series* tersebut mengikut waktu.
2. Trend linear adalah dimodelkan sebagai  $TR_t = S_0 + S_1t$  menunjukkan bahwa terdapat penambahan (jika  $S_1$  lebih besar dari nol) atau penurunan (jika  $S_1$  lebih kecil dari nol) jangka panjang garis lurus mengikut waktu.
3. Trend kuadratik adalah dimodelkan sebagai  $TR_t = S_0 + S_1t + S_2t^2$  menunjukkan bahwa terdapat perubahan jangka panjang kuadratik terhadap waktu. Perubahan kuadratik ini merupakan penambahan dengan adanya peningkatan atau penurunan dengan adanya peningkatan atau penurunan.

- c. Data yang memiliki pola data musiman.

Pola data musiman adalah suatu pola yang mengalami perulangan dalam selang waktu yang tetap.



**Gambar 2.7 Pola Data Musiman**

- d. Data yang memiliki pola data trend dan musiman.

Pola data ini yaitu pola data yang memiliki pola data trend dan musiman. Pola data ini dapat dilihat pada gambar berikut ini:



**Gambar 2.8 Pola Data Trend dan Musiman**

Prediksi atau *forecasting* adalah suatu proses perkiraan untuk masa yang akan datang berdasarkan data masa lalu. *Forecasting* merupakan suatu hal yang mendasar dalam menentukan suatu perencanaan atau kebijakan pada suatu instansi, hal ini dikarenakan adanya ketidakpastian dari nilai-nilai suatu variabel pada waktu yang akan datang. Oleh karena itu, prediksi sangat penting dalam

berbagai bidang karena prediksi peristiwa masa depan mestilah digabungkan ke dalam proses membuat suatu keputusan.

Berdasarkan sejarah nilai observasinya, runtun waktu dibedakan menjadi dua yaitu runtun waktu deterministik dan runtun waktu stokastik. Runtun waktu deterministik adalah runtun waktu yang nilai observasinya yang akan datang dapat diramalkan secara pasti berdasarkan observasi lampau. Sedangkan runtun waktu stokastik adalah runtun waktu dengan nilai observasi yang akan datang bersifat probabilistik, berdasarkan observasi yang lampau. Model ekonometrika yang sering digunakan dalam analisis kebijakan makroekonomi dinamik dan stokastik adalah model VAR.

Udara sangat diperlukan dalam kehidupan makhluk hidup. Kadangkala kualitas udara yang dihirup oleh manusia ada yang tercemar dan ada yang bersih. Berdasarkan pentingnya udara dalam kehidupan dan terjadinya ketidakstabilan kualitas udara di Pekanbaru, maka perlu dilakukan suatu bentuk pendekatan peramalan terhadap pencemaran udara yang disebabkan oleh karbon monoksida. Sehingga dengan adanya hasil peramalan ini, maka dapat memberikan gambaran kondisi udara di Pekanbaru pada masa yang akan datang.

Manfaat peramalan dalam berbagai bidang sangat banyak, karena dengan adanya peramalan maka dapat dilakukan analisa terhadap sesuatu yang akan terjadi pada masa yang akan datang. Dalam membuat suatu perencanaan untuk waktu yang akan datang maka perlu dilakukan peramalan. Berhasilnya suatu organisasi dalam pencapaian tujuan dan sasaran, tidak terlepas dari suatu perencanaan yang bagus. Dengan demikian perencanaan dan peramalan tidak dapat dipisahkan satu sama lain.

Analisa data dari masa lalu merupakan bagian dari peramalan, sehingga dengan adanya peramalan maka pemikiran yang teratur, pengerjaan yang sistematis akan terlatih dengan sendirinya. Selain itu, manfaat peramalan adalah membantu dalam mengembangkan suatu pekerjaan untuk waktu yang akan datang. Manfaat lain adalah dapat dijadikan suatu pedoman dalam menentukan tingkat persediaan yang akan direncanakan sehingga pekerjaan menjadi optimal.

## 2.2.10 Model *Vector Autoregressive* (VAR)

### 2.2.10.1 Definisi Model VAR

Konsep *vector autoregressive* (VAR) pertama kali diperkenalkan oleh Christopher A. Sims pada tahun 1980. *Vector autoregressive* (VAR) dikembangkan oleh Sims sebagai metode simultan. *Vector autoregressive* (VAR) merupakan suatu sistem persamaan yang memperlihatkan setiap variabel sebagai fungsi linier dan konstanta dengan nilai lag dari variabel itu sendiri, serta nilai lag dari variabel lain yang ada dalam sistem (Siregar dan Irawan, 2005). Variabel penjelas dalam *vector autoregressive* (VAR) yang membutuhkan identifikasi restriksi untuk mencapai persamaan melalui interpretasi persamaan. *Vector autoregressive* (VAR) merupakan model yang berguna dalam memahami adanya hubungan timbal balik antara variabel.

Dalam model *vector autoregressive* (VAR) semua variabel dianggap sebagai variabel endogen (dependent) dan estimasi dilakukan secara serentak. Variabel endogen adalah variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel lain di dalam model, dikenal juga dengan istilah variabel terikat. Sedangkan variabel eksogen yaitu variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel endogen, dikenal juga dengan variabel bebas.

Definisi dari model *vector autoregressive* (VAR) adalah (Widarjono, 2009) :

1. Semua variabel yang ada di dalam model *vector autoregressive* (VAR) adalah *endogeneous*.
2. Jika terdapat hubungan yang berkaitan antar variabel yang diamati maka variabel-variabel tersebut perlu dilakukan sama, sehingga tidak ada lagi variabel endogen dan eksogen.

Misalkan runtun waktu  $Y_t = (Y_{1t}, Y_{2t}, Y_{3t}, \dots, Y_{mt})$  model *vector autoregressive* (VAR) dari orde  $p$ , ditulis  $VAR(p)$  didefinisikan sebagai:

$$Y_{1t} = \alpha_1 + \beta_{11}^{(1)} Y_{1,t-1} + \beta_{12}^{(1)} Y_{2,t-1} + \dots + \beta_{1m}^{(1)} Y_{m,t-1} + \beta_{11}^{(2)} Y_{1,t-2} + \beta_{12}^{(2)} Y_{2,t-2} + \dots + \beta_{1m}^{(2)} Y_{m,t-2} + \dots + \beta_{11}^{(p)} Y_{1,t-p} + \beta_{12}^{(p)} Y_{2,t-p} + \dots + \beta_{1m}^{(p)} Y_{m,t-p} + \varepsilon_{1t}$$

$$Y_{2t} = \alpha_2 + \beta_{21}^{(1)} Y_{1,t-1} + \beta_{22}^{(1)} Y_{2,t-1} + \dots + \beta_{2m}^{(1)} Y_{m,t-1} + \beta_{21}^{(2)} Y_{1,t-2} + \beta_{22}^{(2)} Y_{2,t-2} + \dots + \beta_{2m}^{(2)} Y_{m,t-2} + \dots + \beta_{21}^{(p)} Y_{1,t-p} + \beta_{22}^{(p)} Y_{2,t-p} + \dots + \beta_{2m}^{(p)} Y_{m,t-p} + \varepsilon_{2t}$$

⋮

$$Y_{mt} = \alpha_m + \beta_{m1}^{(1)} Y_{1,t-1} + \beta_{m2}^{(1)} Y_{2,t-1} + \dots + \beta_{mm}^{(1)} Y_{m,t-1} + \beta_{m1}^{(2)} Y_{1,t-2} + \beta_{m2}^{(2)} Y_{2,t-2} + \dots + \beta_{mm}^{(2)} Y_{m,t-2} + \dots + \beta_{m1}^{(p)} Y_{1,t-p} + \beta_{m2}^{(p)} Y_{2,t-p} + \dots + \beta_{mm}^{(p)} Y_{m,t-p} + \varepsilon_{mt} \quad (3)$$

Selanjutnya Persamaan (3) dapat ditulis dalam bentuk matriks yaitu:

$$\begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \\ \vdots \\ Y_{mt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11}^1 & \beta_{12}^1 & \dots & \beta_{1m}^1 \\ \beta_{21}^1 & \beta_{22}^1 & \dots & \beta_{2m}^1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{m1}^1 & \beta_{m2}^1 & \dots & \beta_{mm}^1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-1} \\ Y_{2,t-1} \\ \vdots \\ Y_{m,t-1} \end{bmatrix} + \dots + \begin{bmatrix} \beta_{11}^p & \beta_{12}^p & \dots & \beta_{1m}^p \\ \beta_{21}^p & \beta_{22}^p & \dots & \beta_{2m}^p \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{m1}^p & \beta_{m2}^p & \dots & \beta_{mm}^p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-p} \\ Y_{2,t-p} \\ \vdots \\ Y_{m,t-p} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \vdots \\ \varepsilon_{mt} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Berdasarkan Persamaan (3) maka secara umum model *vector autoregressive* (VAR) lag  $p$  untuk  $m$  peubah dapat diformulasikan sebagai berikut (R Ajija S dkk, 2011) :

$$Y_t = \alpha + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \beta_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (6)$$

dengan:

$Y_t$  : vektor berukuran  $mx1$  yang berisi  $m$  peubah yang masuk dalam model VAR pada waktu  $t$ .

$Y_{t-i}$  : vektor berukuran  $mx1$  yang berisi  $m$  peubah yang masuk dalam model VAR pada waktu  $t-i$ .

$\alpha$  : vektor intersep berukuran  $mx1$ .

$\beta_{t-i}$  : matriks koefisien berukuran  $mxm$  untuk setiap  $i = 1, 2, \dots, p$ .

$\varepsilon_t$  : vektor galat berukuran  $mx1$  yaitu  $(\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t}, \dots, \varepsilon_{mt})^T$

$p$  : lag VAR,  $t$  adalah periode amatan.

Model dari VAR yang terdiri dari dua variabel dan 1 lag adalah:

$$\text{VAR (1)} : Y_t = \alpha_{10} + \beta_{11} Y_{t-1} + \beta_{12} X_{t-2} + \varepsilon_{1t} \quad (7)$$

$$X_t = \alpha_{20} + \beta_{21} Y_{t-1} + \beta_{22} X_{t-2} + \varepsilon_{2t} \quad (8)$$

Persamaan (6) dan (7) dapat ditulis dalam matriks adalah sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} Y_t \\ X_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{10} \\ \alpha_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} \\ \beta_{21} & \beta_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{t-1} \\ X_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Asumsi-asumsi yang harus dipenuhi dari data *times series* agar terbentuk model VAR adalah stasioner bersama dan independensi *error* (*error* tidak ada autokorelasi). Uji kebaikan model yang dilakukan terhadap independensi residual menggunakan uji *Lagrange Multiplier* (LM). Uji ini melakukan diagnostik terhadap residual dengan memeriksa adanya korelasi antar sisaan, dengan pengujian hipotesis adalah:

$H_0$  :  $\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p = 0$  model layak atau tidak terdapat autokolerasi yang signifikan sampai lag ke-h.

$H_1$  :  $\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p \neq 0$  model tidak layak atau terdapat autokolerasi yang signifikan sampai lag ke-h.

### 2.2.10.2 Langkah-Langkah dalam Membangun Model VAR

#### 1. Uji Kestasioneran Data

Suatu data dikatakan stasioner jika data memiliki variansi yang tidak terlalu besar dan mempunyai kecenderungan untuk mendekati nilai rata-ratanya (R Ajija S dkk, 2011). Terdapat banyak cara yang dapat digunakan untuk menguji kestasioneran data dalam analisis runtun waktu, yaitu:

- a. Berdasarkan plot data aktual, pada plot data aktual suatu data dikatakan stasioner jika memiliki ciri-ciri rata-rata dan varians konstan sepanjang waktu.
- b. Berdasarkan plot ACF dan PACF yaitu plot ACF dan PACF dikatakan stasioner apabila plot ACF dan plot PACF turun secara eksponensial.

*Autocorrelation Function* (ACF) untuk sampel pada *Lag* ke  $k$ , ditulis  $r_k$ , ialah sebagai berikut:

$$r_k = \frac{\sum_{t=b}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\sum_{t=b}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (10)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{t=b}^n (Y_t)}{(n-b+1)} \quad (11)$$

dimana:

$r_k$  : *Autocorrelation* sampel pada *lag*  $k$ .

$k$  : Panjang *lag*

$b$  : Orde *difference*.

$Y_t$  : Data runtun waktu ke- $t$ .

$\bar{Y}$  : Rata-rata data runtun waktu.

$n$  : Jumlah sampel

Nilai ini berkaitan dengan hubungan *linier* antara data runtun waktu yang diasingkan oleh *lag* ke  $k$  unit waktu. Hal tersebut dapat di buktikan jika nilai  $r_k$  selalu berada antara -1 dan 1. Nilai  $r_k$  yang menunjukkan menghampiri 1 menunjukkan bahwa sampel yang dipisahkan oleh satu *lag*  $k$  unit waktu yang mempunyai kecendrungan untuk bergerak bersama-sama dengan bentuk linier dengan jumlah positif. Sedangkan untuk nilai  $r_k$  yang menunjukkan menghampiri -1 menunjukkan bahwa sampel yang dipisahkan oleh satu *lag*  $k$  unit waktu mempunyai satu kecendrungan kuat untuk bergerak bersama-sama dengan bentuk linier dalam nilai negatif.

$$S_{rk} = \frac{(1 + 2 \sum_{j=1}^{k-1} r_j^2)^{\frac{1}{2}}}{(n-b-1)} \quad (11)$$

$$t_{rk} = \frac{r_k}{S_{rk}} \quad (12)$$

dimana:

$S_{\tau k}$  : Standar *error* dari *autocorrelation* sampel pada lag ke k.

- c. *Stationary* atau tidak *stationary* suatu data dapat diuji dengan menjalankan uji statistik yaitu uji *unit root*. Terdapat beberapa uji statistik yang dapat digunakan untuk menentukan *stationary* atau tidak *stationary*. Uji yang sering digunakan adalah uji Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips Perron (PP) dan Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS) (Bierens, 2006).

1. Uji *unit root Augmented Dickey-Fuller* (ADF)

Uji stasioner data dapat dilakukan dengan uji ADF. Adapun hipotesis dari uji stasioner data sebagai berikut:

$H_0$  : ( $\delta = 0$ ) Kondisi adanya *unit root* (data tidak stasioner)

$H_1$  : ( $\delta < 0$ ) Kondisi tidak adanya *unit root* (data stasioner)

Persamaan uji stasioner dengan analisis ADF adalah sebagai berikut:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \beta_i \Delta Y_{t-i} + v_t \quad (13)$$

dimana:

$\Delta Y_t$  : Bentuk dari *first difference*

$Y_{t-1}$  : Nilai variabel pada waktu ke- $t - 1$

$\alpha, \beta$  : Parameter

$\alpha_0$  : Intersep

$k$  : Panjang lag yang digunakan dalam model

$v$  : Error/ Residual

Daerah penolakan dari uji ADF adalah jika nilai mutlak ADF statistik  $>$  nilai mutlak mackinnon *critical value*, maka  $H_0$  ditolak artinya data tersebut tidak mengandung *unit root* (data stasioner). Sebaliknya jika nilai mutlak ADF statistik  $\leq$  nilai mutlak mackinnon *critical value*  $H_0$  diterima artinya data mengandung *unit root* (data tidak stasioner). Karena data belum stasioner maka perlu dilakukan *differencing* data agar data menjadi stasioner.

2. Uji *unit root Phillips-Perron* (PP)

Uji selanjutnya yaitu uji *unit root Phillips-Perron*. Berikut hipotesis dalam uji *Phillips-Perron* (PP):

$H_0 : (\delta = 0)$  Kondisi adanya *unit root* (data tidak stasioner)

$H_1 : (\delta < 0)$  Kondisi tidak adanya *unit root* (data stasioner)

Persamaan Uji stasioner dengan analisis PP sebagai berikut:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + v_t \quad (14)$$

dimana:

$\alpha_1$  : Parameter

$\Delta Y_t$  : Bentuk dari *first difference*

$Y_{t-1}$  : Nilai variabel pada waktu ke-  $t - 1$

Daerah penolakan untuk uji *unit root* PP adalah jika  $|t| >$  nilai mutlak kritik mackinnon, maka  $H_0$  ditolak artinya data tidak mengandung *unit root* (data stasioner). Juga dapat dilakukan dengan membandingkan *p-value* dengan nilai  $\alpha$ , jika nilai *p-value*  $< \alpha$  maka tolak  $H_0$  yang berarti data tidak mengandung *unit root* atau datanya stasioner. Begitu pula sebaliknya jika *p-value*  $\geq \alpha$  maka terima  $H_0$  yang berarti data mengandung *unit root* (data tidak stasioner).

3. Uji *unit root Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin* (KPSS).

Hipotesis Uji *unit root Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin* (KPSS) adalah sebagai berikut:

$H_0 : (\delta < 0)$  Kondisi tidak adanya *unit root* (data stasioner)

$H_1 : (\delta = 0)$  Kondisi adanya *unit root* (data tidak stasioner)

Persamaan Uji stasioner dengan analisis KPSS adalah sebagai berikut:

$$Y_t = \alpha_0 + \varepsilon_t \quad (15)$$

dimana:

$Y_t$  : Nilai variabel pada waktu ke- $t$

Daerah penolakan untuk analisis KPSS ini ialah jika  $|t| <$  nilai mutlak dari nilai kritik Mackinnon, maka  $H_0$  diterima yang berarti data tersebut stasioner.

Data yang tidak stasioner dapat kita lakukan transformasi data runtun waktu, salah satunya transformasi diferens. Transformasi diferens merupakan salah satu jenis transformasi yang sering digunakan dalam analisis runtun waktu dengan tujuan dapat membentuk barisan data runtun waktu yang bersifat stasioner, yaitu dengan mencari komponen stasioner dari data yang membuat data mempunyai trend atau musiman (Dedi Rosadi: 2011).

## 2. Penentuan *Lag Vector Autoregressive (VAR)*

Penentuan *lag* digunakan untuk menentukan panjang *lag* optimal yang akan digunakan dalam analisis selanjutnya dan akan menentukan estimasi parameter untuk model VAR. Menurut Bierens (2006) bahwa *lag* VAR dapat ditentukan dengan menggunakan AIC (*Akaike Information Criterion*), SIC (*Schwarz Information Criterion*) dan HQ (*Hannan-Quinn Information Criterion*). AIC, SIC dan HQ mengukur kebaikan model yang memperbaiki kehilangan derajat bebas ketika *lag* tambahan dimasukkan dalam model. *Lag* VAR ditentukan oleh nilai *lag* yang menghasilkan AIC, SIC dan HQ paling kecil.

Jika *lag* yang digunakan dalam uji stasioneritas terlalu sedikit, maka residual dari regresi tidak akan menampilkan proses *white noise* sehingga metode tidak dapat mengestimasi *actual error* secara tepat. Menurut R. Ajijja S dkk (2011) bahwa jumlah *lag* yang digunakan dalam uji stasioneritas, berikut criteria yang digunakan:

*Akaike Information Criterion*

$$(AIC) = -2 \left( \frac{1}{T} \right) + 2(k+1) \quad (16)$$

*Schwarz Information Criterion*

$$(SIC) = -2 \left( \frac{1}{T} \right) + k \frac{\log(T)}{T} \quad (17)$$

*Hannan-Quinn Information Criterion*

$$(HQ) = -2\left(\frac{1}{T}\right) + 2k \log\left(\frac{\log(T)}{T}\right) \quad (18)$$

dimana:

$\mathbf{1}$  : 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 (*Granger Causality Test*)

Uji kausalitas Granger adalah suatu uji yang dapat digunakan untuk menganalisis hubungan kausalitas antar variabel yang diamati (R. Ajijja, S dkk, 2011). Uji kausalitas Granger digunakan untuk melihat arah hubungan di antara variabel-variabel.

Uji 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. Suatu variabel X dapat disebut penyebab granger dari variabel Y jika nilai nilai dimasalalu dari variabel X dapat membantu menjelaskan variabel Y.

Persamaan kausalitas granger dapat di modelkan sebagai berikut:

1. *Unrestricted* dari variabel dependen ke variabel independen. Hal ini terjadi ketika koefisien *lag* seluruh variabel independen sama dengan nol. *Unidirectional causality* mempunyai Persamaan sebagai berikut:

$$Y_t = \sum_{i=1}^k \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_i X_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (19)$$

dimana:

$Y_t$  : Nilai variabel  $Y$  pada waktu ke- $t$

$k$  : Panjang *lag*

$\alpha_i$  : Koefisien dari *lag* ke  $i$  variabel  $Y$  pada model *unrestricted*

- $\beta_i$  : Koefisien dari lag ke- $i$  variabel ke  $X$   
 $X_{t-i}$  : Nilai variabel  $X$  pada lag ke- $i$ , yang mana  $t$  lebih besar dari  $i$   
 $\varepsilon_{1t}$  : Error pada waktu ke- $t$

2. Persamaan *restricted* yaitu variabel bebas yang disertakan dalam model hanya nilai lag dari variabel tak bebas itu sendiri. Adapun Persamaannya sebagai berikut:

$$Y_t = \sum_{i=1}^k \alpha_i Y_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad (20)$$

dengan  $\varepsilon_{2t}$  merupakan error pada waktu ke- $t$ .

Suatu kasus dikatakan adanya kausalitas yang dapat diuji menggunakan uji  $F_{hitung}$ . Adapun hipotesis dalam uji kausalitas granger adalah:

$H_0$  : lag pada variabel bebas tidak mempengaruhi lag pada variabel bebas.

$H_1$  : lag pada variabel bebas mempengaruhi lag pada variabel bebas.

Dengan Persamaan  $F_{hitung}$  sebagai berikut:

$$F_{hitung} = (n - k) \frac{RSS_R - RSS_{UR}}{m(RSS_{UR})} \quad (21)$$

Jika  $F_{hitung} > F_{\alpha, n-k}$  atau nilai *probabilitas*  $< \alpha$  maka  $H_0$  ditolak.

#### 4. Estimasi dan Peramalan VAR

Suatu estimasi parameter menggunakan model *vektor autoregressive* (VAR) dapat digunakan metode kuadrat terkecil / OLS (*ordinary least square*) yaitu dengan menentukan turunan fungsi terhadap parameter-parameter model dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat galatnya. Persamaan linier berganda sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon_i \quad n = 1, 2, \dots, i \quad (22)$$

Persamaan linier berganda untuk data runtun waktu:

$$\hat{Y}_t = \alpha_{10} + \alpha_{11} Y_{t-1} + \alpha_{12} X_{t-1} + \alpha_{13} W_{t-1} + \alpha_{14} Z_{t-1} \quad (23)$$

Persamaan kuadrat *error* untuk regresi linier berganda yaitu:

$$J = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (24)$$

Untuk data runtun waktu  $Y_i$  diganti dengan  $Y_t$ ,  $e_i$  diganti dengan  $e_t$  sehingga Persamaan menjadi:

$$J = \sum_{t=1}^n e_t^2 = \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (25)$$

Dengan menstubsitusikan Persamaan (23) ke Persamaan (25), maka jumlah kuadrat error menjadi:

$$\begin{aligned} J &= \sum_{t=1}^n e_t^2 = \sum_{t=1}^n (Y_t - (r + r_{11}Y_{t-1} + r_{12}X_{t-1} + r_{13}W_{t-1} + r_{14}Z_{t-1}))^2 \\ &= \sum_{t=1}^n (Y_t - r_{10} - r_{11}Y_{t-1} - r_{12}X_{t-1} - r_{13}W_{t-1} - r_{14}Z_{t-1})^2 \end{aligned}$$

Meminimumkan kuadrat *error* berarti mencari turunan terhadap nilai  $r_{10}, r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{14}$  kemudian disamakan dengan nol. Turunkan fungsi  $J$  terhadap  $r_{10}$  sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\partial J}{\partial \alpha_{10}} &= 0 \\ \frac{\partial J}{\partial \alpha_{10}} &= \frac{\partial \sum_{t=1}^n (Y_t - \alpha_{10} - \alpha_{11}Y_{t-1} - \alpha_{12}X_{t-1} - \alpha_{13}W_{t-1} - \alpha_{14}Z_{t-1})^2}{\partial \alpha_{10}} \\ 2 \sum_{t=1}^n (Y_t - \alpha_{10} - \alpha_{11}Y_{t-1} - \alpha_{12}X_{t-1} - \alpha_{13}W_{t-1} - \alpha_{14}Z_{t-1})(-1) &= 0 \\ (-2) \sum_{t=1}^n (Y_t - \alpha_{10} - \alpha_{11}Y_{t-1} - \alpha_{12}X_{t-1} - \alpha_{13}W_{t-1} - \alpha_{14}Z_{t-1}) &= 0 \\ \sum_{t=1}^n Y_t - \sum_{t=1}^n \alpha_{10} - \alpha_{11} \sum_{t=1}^n Y_{t-1} - \alpha_{12} \sum_{t=1}^n X_{t-1} - \alpha_{13} \sum_{t=1}^n W_{t-1} - \alpha_{14} \sum_{t=1}^n Z_{t-1} &= 0 \\ \sum_{t=1}^n Y_t - n\alpha_{10} - \alpha_{11} \sum_{t=1}^n Y_{t-1} - \alpha_{12} \sum_{t=1}^n X_{t-1} - \alpha_{13} \sum_{t=1}^n W_{t-1} - \alpha_{14} \sum_{t=1}^n Z_{t-1} &= 0 \\ \sum_{t=1}^n Y_t = n\alpha_{10} + \alpha_{11} \sum_{t=1}^n Y_{t-1} + \alpha_{12} \sum_{t=1}^n X_{t-1} + \alpha_{13} \sum_{t=1}^n W_{t-1} + \alpha_{14} \sum_{t=1}^n Z_{t-1} \end{aligned}$$

Selanjutnya menurunkan Persamaan (23) untuk  $r_{11}$  dari fungsi  $J$  adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial J}{\partial \alpha_{11}} = 0$$

$$\frac{\partial J}{\partial \alpha_{11}} = \frac{\partial \sum_{t=1}^n (Y_t - \alpha_{10} - \alpha_{11} Y_{t-1} - \alpha_{12} X_{t-1} - \alpha_{13} W_{t-1} - \alpha_{14} Z_{t-1})^2}{\partial \alpha_{11}}$$

$$2 \sum_{t=1}^n (Y_t - \alpha_{10} - \alpha_{11} Y_{t-1} - \alpha_{12} X_{t-1} - \alpha_{13} W_{t-1} - \alpha_{14} Z_{t-1})(-Y_{t-1}) = 0$$

$$(-2) \sum_{t=1}^n (Y_t - \alpha_{10} - \alpha_{11} Y_{t-1} - \alpha_{12} X_{t-1} - \alpha_{13} W_{t-1} - \alpha_{14} Z_{t-1})(Y_{t-1}) = 0$$

$$\sum_{t=1}^n Y_t Y_{t-1} - \alpha_{10} \sum_{t=1}^n Y_{t-1} - \alpha_{11} \sum_{t=1}^n Y_{t-1}^2 - \alpha_{12} \sum_{t=1}^n X_{t-1} Y_{t-1} - \alpha_{13} \sum_{t=1}^n W_{t-1} Y_{t-1} - \alpha_{14} \sum_{t=1}^n Z_{t-1} Y_{t-1} = 0$$

$$\sum_{t=1}^n Y_t Y_{t-1} = \alpha_{10} \sum_{t=1}^n Y_{t-1} + \alpha_{11} \sum_{t=1}^n Y_{t-1}^2 + \alpha_{12} \sum_{t=1}^n X_{t-1} Y_{t-1} + \alpha_{13} \sum_{t=1}^n W_{t-1} Y_{t-1} + \alpha_{14} \sum_{t=1}^n Z_{t-1} Y_{t-1}$$

Selanjutnya menurunkan Persamaan  $r_{12}$  dari fungsi  $J$  adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial J}{\partial r_{12}} = 0$$

$$\frac{\partial J}{\partial r_{12}} = \frac{\partial \sum_{t=1}^n (Y_t - r_{10} - r_{11} Y_{t-1} - r_{12} X_{t-1} - r_{13} W_{t-1} - r_{14} Z_{t-1})^2}{\partial r_{12}}$$

$$2 \sum_{t=1}^n (Y_t - r_{10} - r_{11} Y_{t-1} - r_{12} X_{t-1} - r_{13} W_{t-1} - r_{14} Z_{t-1})(-X_{t-1}) = 0$$

$$(-2) \sum_{t=1}^n (Y_t - r_{10} - r_{11} Y_{t-1} - r_{12} X_{t-1} - r_{13} W_{t-1} - r_{14} Z_{t-1})(X_{t-1}) = 0$$

$$\sum_{t=1}^n Y_t X_{t-1} - r_{10} \sum_{t=1}^n X_{t-1} - r_{11} \sum_{t=1}^n Y_{t-1} X_{t-1} - r_{12} \sum_{t=1}^n X_{t-1}^2 - r_{13} \sum_{t=1}^n W_{t-1} X_{t-1} - r_{14} \sum_{t=1}^n Z_{t-1} X_{t-1} = 0$$

$$\sum_{t=1}^n Y_t X_{t-1} = r_{10} \sum_{t=1}^n X_{t-1} + r_{11} \sum_{t=1}^n Y_{t-1} X_{t-1} + r_{12} \sum_{t=1}^n X_{t-1}^2 + r_{13} \sum_{t=1}^n W_{t-1} X_{t-1} + r_{14} \sum_{t=1}^n Z_{t-1} X_{t-1}$$

Selanjutnya melakukan turunan  $r_{13}$  terhadap  $J$  sebagai berikut:

$$\frac{\partial J}{\partial \alpha_{13}} = 0$$

$$\frac{\partial J}{\partial \alpha_{13}} = \frac{\partial \sum_{t=1}^n (Y_t - \alpha_{10} - \alpha_{11} Y_{t-1} - \alpha_{12} X_{t-1} - \alpha_{13} W_{t-1} - \alpha_{14} Z_{t-1})^2}{\partial \alpha_{13}}$$

$$2 \sum_{t=1}^n (Y_t - \alpha_{10} - \alpha_{11} Y_{t-1} - \alpha_{12} X_{t-1} - \alpha_{13} W_{t-1} - \alpha_{14} Z_{t-1})(-W_{t-1}) = 0$$

$$(-2) \sum_{t=1}^n (Y_t - \alpha_{10} - \alpha_{11} Y_{t-1} - \alpha_{12} X_{t-1} - \alpha_{13} W_{t-1} - \alpha_{14} Z_{t-1})(W_{t-1}) = 0$$

$$\sum_{t=1}^n Y_t W_{t-1} - \alpha_{10} \sum_{t=1}^n W_{t-1} - \alpha_{11} \sum_{t=1}^n Y_{t-1} W_{t-1} - \alpha_{12} \sum_{t=1}^n X_{t-1} W_{t-1} - \alpha_{13} \sum_{t=1}^n W_{t-1}^2 - \alpha_{14} \sum_{t=1}^n Z_{t-1} W_{t-1} = 0$$

$$\sum_{t=1}^n Y_t W_{t-1} = \alpha_{10} \sum_{t=1}^n W_{t-1} + \alpha_{11} \sum_{t=1}^n Y_{t-1} W_{t-1} + \alpha_{12} \sum_{t=1}^n X_{t-1} W_{t-1} + \alpha_{13} \sum_{t=1}^n W_{t-1}^2 + \alpha_{14} \sum_{t=1}^n Z_{t-1} W_{t-1}$$

Dan turunan dari  $\alpha_{14}$  fungsi  $J$  sebagai berikut:

$$\frac{\partial J}{\partial \alpha_{14}} = 0$$

$$\frac{\partial J}{\partial \alpha_{14}} = \frac{\partial \sum_{t=1}^n (Y_t - \alpha_{10} - \alpha_{11} Y_{t-1} - \alpha_{12} X_{t-1} - \alpha_{13} W_{t-1} - \alpha_{14} Z_{t-1})^2}{\partial \alpha_{14}}$$

$$2 \sum_{t=1}^n (Y_t - \alpha_{10} - \alpha_{11} Y_{t-1} - \alpha_{12} X_{t-1} - \alpha_{13} W_{t-1} - \alpha_{14} Z_{t-1})(-Z_{t-1}) = 0$$

$$(-2) \sum_{t=1}^n (Y_t - \alpha_{10} - \alpha_{11} Y_{t-1} - \alpha_{12} X_{t-1} - \alpha_{13} W_{t-1} - \alpha_{14} Z_{t-1})(Z_{t-1}) = 0$$

$$\sum_{t=1}^n Y_t Z_{t-1} - \alpha_{10} \sum_{t=1}^n Z_{t-1} - \alpha_{11} \sum_{t=1}^n Y_{t-1} Z_{t-1} - \alpha_{12} \sum_{t=1}^n X_{t-1} Z_{t-1} - \alpha_{13} \sum_{t=1}^n W_{t-1} Z_{t-1} - \alpha_{14} \sum_{t=1}^n Z_{t-1}^2 = 0$$

$$\begin{bmatrix} \sum_{t=1}^n Y_t \\ \sum_{t=1}^n Y_t Y_{t-1} \\ \sum_{t=1}^n Y_t X_{t-1} \\ \sum_{t=1}^n Y_t W_{t-1} \\ \sum_{t=1}^n Y_t Z_{t-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum_{t=1}^n Y_{t-1} & \sum_{t=1}^n X_{t-1} & \sum_{t=1}^n W_{t-1} & \sum_{t=1}^n Z_{t-1} \\ \sum_{t=1}^n Y_{t-1} & \sum_{t=1}^n Y_{t-1}^2 & \sum_{t=1}^n X_{t-1} Y_{t-1} & \sum_{t=1}^n W_{t-1} Y_{t-1} & \sum_{t=1}^n Z_{t-1} Y_{t-1} \\ \sum_{t=1}^n X_{t-1} & \sum_{t=1}^n X_{t-1} Y_{t-1} & \sum_{t=1}^n X_{t-1}^2 & \sum_{t=1}^n W_{t-1} X_{t-1} & \sum_{t=1}^n Z_{t-1} X_{t-1} \\ \sum_{t=1}^n W_{t-1} & \sum_{t=1}^n W_{t-1} Y_{t-1} & \sum_{t=1}^n W_{t-1} X_{t-1} & \sum_{t=1}^n W_{t-1}^2 & \sum_{t=1}^n Z_{t-1} W_{t-1} \\ \sum_{t=1}^n Z_{t-1} & \sum_{t=1}^n Z_{t-1} Y_{t-1} & \sum_{t=1}^n Z_{t-1} X_{t-1} & \sum_{t=1}^n Z_{t-1} W_{t-1} & \sum_{t=1}^n Z_{t-1}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_{10} \\ \alpha_{11} \\ \alpha_{12} \\ \alpha_{13} \\ \alpha_{14} \end{bmatrix}$$

$$\sum_{t=1}^n Y_t Z_{t-1} = \alpha_{10} \sum_{t=1}^n Z_{t-1} + \alpha_{11} \sum_{t=1}^n Y_{t-1} Z_{t-1} + \alpha_{12} \sum_{t=1}^n X_{t-1} Z_{t-1} + \alpha_{13} \sum_{t=1}^n W_{t-1} Z_{t-1} + \alpha_{14} \sum_{t=1}^n Z_{t-1}^2$$

## 5. Uji Keباikan Model Vector Autoregressive (VAR)

Setelah model VAR diperoleh maka dilakukan uji kebaikan model VAR yang diperoleh yaitu dengan uji *Lagrange Multiplier* (LM). Dalam data runtun

waktu asumsi yang harus dipenuhi adalah residual mengikuti proses *white noise* yaitu residual bersifat independen atau tidak berkorelasi. Model yang diperoleh akan digunakan untuk memprediksi data masa mendatang, sehingga model tersebut harus dilihat kebaikan modelnya, yaitu layak atau tidaknya model digunakan untuk meramalkan data pada masa mendatang. Uji kebaikan model dilakukan dengan menggunakan:

Uji kebaikan model yang dilakukan terhadap independensi residual menggunakan uji *Lagrange Multiplier* (LM). Uji ini dikenal juga dengan sebutan *The Breusch-Godfrey Test* (Gujarati, 2003). Uji ini melakukan diagnostik terhadap residual dengan memeriksa adanya korelasi antar sisaan. Diberikan persamaan:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t \quad (26)$$

dimana

$$u_t = \rho_1 u_{t-1} + \dots + \rho_p u_{t-p} + \varepsilon_t \quad (27)$$

dengan pengujian hipotesis adalah:

$H_0$  :  $\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p = 0$  model layak atau tidak terdapat autokorelasi yang signifikan sampai lag ke-h.

$H_1$  :  $\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p \neq 0$  model tidak layak atau terdapat autokorelasi yang signifikan sampai lag ke-h.

Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mendeteksi autokorelasi dengan menggunakan *Lagrange Multiplier* (LM) adalah:

- Estimasi regresi pada Persamaan (26) dan dapatkan  $\hat{u}_t$ .
- Gunakan  $\hat{u}_t$  sebagai variabel terikat dan regresikan dengan variabel bebas (jika variabel bebas lebih dari satu, gunakan keseluruhannya), sehingga didapat persamaan:

$$\hat{u}_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_t + \hat{\rho}_1 \hat{u}_{t-1} + \dots + \hat{\rho}_p \hat{u}_{t-p} + \varepsilon_t \quad (28)$$

- Selanjutnya diperoleh LM statistik dengan kriteria penolakannya pada taraf  $\alpha$  tertentu jika  $LM_{statistik} > X^2_{tabel}$  maka tolak  $H_0$ , sebaliknya  $LM_{statistik} < X^2_{tabel}$

maka terima  $H_0$ . Dapat juga dibandingkan antara nilai  $p$ -value dengan nilai  $\alpha$ , jika nilai  $p$ -value  $< \alpha$  maka tolak  $H_0$ , sebaliknya jika nilai  $p$ -value  $> \alpha$  maka terima  $H_0$  yang berarti tidak ada komponen autokorelasi yang signifikan sampai lag ke- $p$ .

## 6. Prediksi untuk Waktu yang akan Datang

Setelah melewati semua tahap dan memperoleh model maka langkah berikutnya dalam model VAR yaitu prediksi. Prediksi sangat penting dalam berbagai jenis bidang, yaitu pada bidang ekonomi sampai bidang teknik karena prediksi suatu peristiwa untuk masa yang akan datang harus digabungkan dengan proses membuat suatu keputusan.

Prediksi merupakan suatu proses untuk memperkirakan apa yang akan terjadi di masa yang akan datang. Proses prediksi dilakukan dengan metode ilmiah dan secara sistematis.

Jenis-Jenis prediksi dibagi menjadi 3 jenis, yaitu sebagai berikut:

- Peramalan yang dilakukan pada jangka pendek, yaitu dimulai dari satu hari sampai satu musim atau dapat dalam satu Tahun.
- Peramalan yang dilakukan pada jangka menengah. Peramalan ini yaitu satu musim. (kuartalan, triwulan, atau yang lain) sampai dua Tahun.
- Peramalan jangka panjang, yaitu peramalan yang menggunakan waktu minimal 5 Tahun.

Adapun tahapan dalam melakukan peramalan adalah sebagai berikut:

### 1. Training

Peramalan dengan menggunakan data training adalah peramalan dengan menggunakan unsur data aktual.

$$\begin{bmatrix} Y_2 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{10} \\ r_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} \\ r_{21} & r_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_1 \\ X_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} \quad (29)$$

### 2. Testing

$$\begin{bmatrix} \hat{Y}_t \\ \hat{X}_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{10} \\ r_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} \\ r_{21} & r_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{Y}_{t-1} \\ \hat{X}_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{e}_{1t} \\ \hat{e}_{2t} \end{bmatrix} \quad (30)$$

$\hat{Y}_{t-1}, \hat{X}_{t-1}$  adalah data hasil peramalan pada data training.

3. Peramalan untuk waktu yang akan datang

Tahap ini sama dengan Persamaan (30) akan tetapi  $\hat{Y}_{t-1}$ ,  $\hat{X}_{t-1}$  adalah data hasil peramalan pada data testing.

## BAB III METODELOGI PENELITIAN

### 3.1 Teknik Pengumpulan Data

Data pencemaran udara khusus parameter *particulate matter* (PM<sub>10</sub>) diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru. Unsur-unsur meteorologi seperti radiasi matahari, suhu udara, curah hujan, kelembaban udara dan kecepatan angin (*wind speed*) diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Kota Pekanbaru. Sedangkan data jumlah titik api (*hotspot*) diperoleh dari Balai Konservasi Sumber Daya Alam Kota Pekanbaru. Metode pengambilan data yang digunakan adalah dengan mengambil data sekunder.

### 3.2 Data yang Digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pencemaran udara dengan parameter *particulate matter* (PM<sub>10</sub>) dalam rata-rata bulanan dari Tahun 2011-2015 yang berasal dari Badan Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru. Sedangkan data unsur-unsur meteorologi seperti curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin (*wind speed*) diambil secara bulanan pada Tahun 2011-2015 yang berasal dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Kota Pekanbaru. Selain itu, dalam penelitian ini juga menggunakan data jumlah *hotspot* (titik api) yang mengindikasikan terjadinya kebakaran hutan di Riau, yaitu banyaknya jumlah titik api untuk setiap bulan di Riau, data ini diambil secara bulanan dari Tahun 2011-2015 yang diperoleh dari Balai Konservasi Sumber Daya Alam Kota Pekanbaru.

### 3.3 Teknik Analisis Data

Metode perhitungan yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode penyelesaian berdasarkan rumus-rumus dari model *vector autoregressive* (VAR), kemudian diaplikasikan kedalam bentuk pemrograman EVIEWS dan Minitab.

1. Perhitungan berdasarkan rumus model *vector autoregressive* (VAR). Membangun model dengan *vector autoregressive* (VAR) dapat dilakukan melalui tujuh langkah yaitu:

**Uji Kestasioneran Data:** Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan kestasioneran data dengan melihat plot data aktual, plot ACF dan PACF, dan uji *uni root*.

**Penentuan Lag VAR:** Setelah kestasioneran data diperoleh maka, panjang *lag* optimal VAR diperoleh dengan menggunakan uji AIC, SC, dan HQ.

**Uji Kausalitas Granger:** Setelah diperoleh panjang *lag* optimal maka dilakukan uji kausalitas Granger untuk mengetahui ada atau tidaknya kausalitas antar variabel.

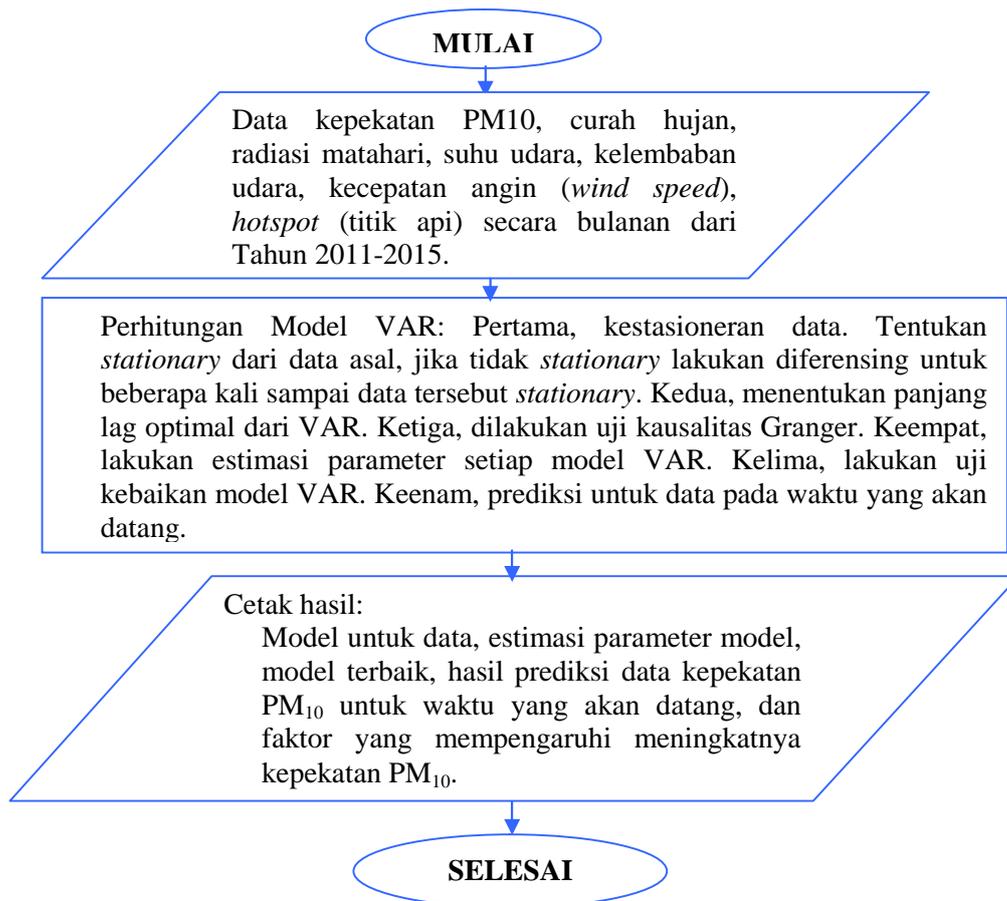
**Estimasi Parameter Model VAR:** Estimasi parameter dilakukan jika model sementara sudah diperoleh. Setelah nilai parameter ditentukan, tahap berikutnya menentukan apakah parameter tersebut signifikan dalam model, dengan membandingkan nilai  $p$  setiap parameter dengan taraf signifikansi 5%.

**Menguji Kebaikan Model VAR:** Setelah model VAR diperoleh maka dilakukan uji *Lagrange Multiplier* (LM).

**Prediksi untuk Waktu yang akan Datang:** Pada tahap prediksi ini ada dua langkah yang dilakukan adalah prediksi data *training* yaitu prediksi yang dilakukan berdasarkan data aktual. Prediksi pada waktu yang akan datang adalah prediksi yang dilakukan untuk waktu yang akan datang berdasarkan data hasil prediksi data *training*.

2. Penerapan pemodelan ke dalam pemrograman EVIEWS dan Minitab.
3. Pengamatan hasil untuk analisis.

Prosedur penelitian mempunyai aturan-aturan khusus dalam memasukkan data untuk dianalisis, yang disebut sebagai prosedur simulasi seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

### 3.4 Hipotesa

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang pencemaran udara di Kota Pekanbaru. Selanjutnya, dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui hasil prediksi kepekatan *particulate matter* (PM<sub>10</sub>) dan faktor-faktor yang mempengaruhi meningkatnya kepekatan *particulate matter* (PM<sub>10</sub>), sehingga dapat membantu pihak Pemerintah selaku pengambil kebijakan dalam upaya penanggulangan terjadinya pencemaran udara oleh asap tebal yang terjadi di wilayah Riau.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Gambaran Umum tentang Data Kepekatan *Particulate Matter* 10 ( $PM_{10}$ ), Curah Hujan, Radiasi Matahari, Suhu Udara, Kelembaban Udara, Kecepatan Angin (*Wind Speed*), dan *Hotspot* (Titik Api)

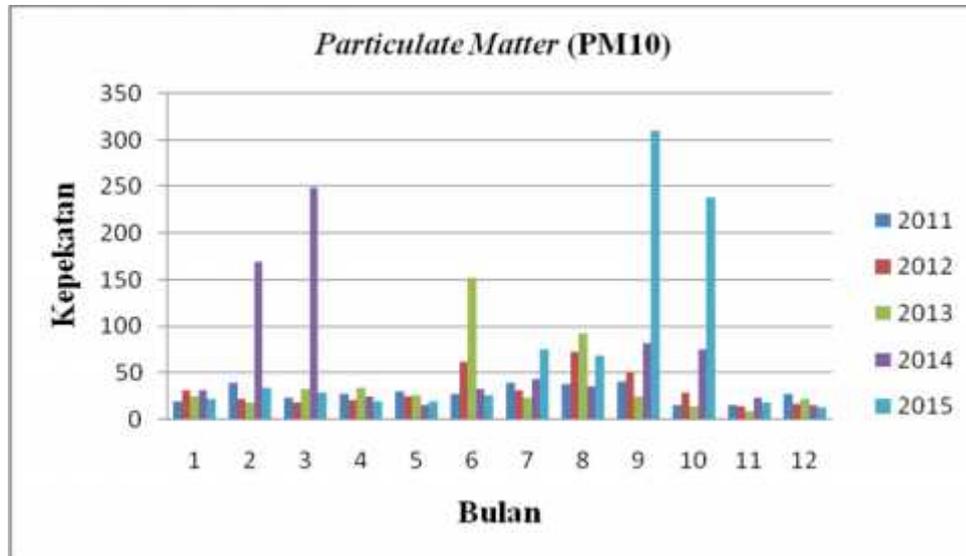
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pencemaran udara dengan parameter *particulate matter* ( $PM_{10}$ ) dalam rata-rata bulanan dari Tahun 2011-2015 yang berasal dari Badan Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru. Sedangkan data unsur-unsur meteorologi seperti curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin (*wind speed*) diambil secara bulanan pada Tahun 2011-2015 yang berasal dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Kota Pekanbaru. Selain itu, dalam penelitian ini juga menggunakan data jumlah *hotspot* (titik api) yang mengindikasikan terjadinya kebakaran hutan di Riau, yaitu banyaknya jumlah titik api untuk setiap bulan di Riau, data ini diambil secara bulanan dari Tahun 2011-2015 yang diperoleh dari Balai Konservasi Sumber Daya Alam Kota Pekanbaru. Data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran A.

#### 4.2 Analisis Deskriptif Data

Pembentukan model menggunakan model *vector autoregressive* (VAR). Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan model *vector autoregressive* (VAR) dengan bantuan *software Minitab 14 dan EVIEWS series 7*. Data yang digunakan adalah data pencemaran udara oleh *particulate matter* ( $PM_{10}$ ), curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin (*wind speed*), dan *hotspot* (titik api) di Kota Pekanbaru. Semua data diambil secara bulanan dari Tahun 2011-2015.

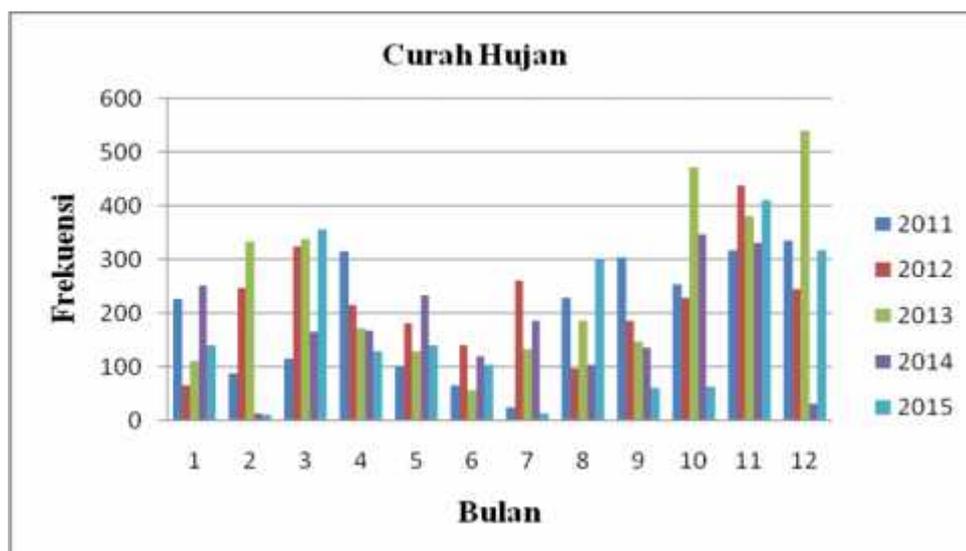
Statistik deskriptif untuk data kepekatan *particulate matter* ( $PM_{10}$ ) yang diamati secara bulanan selama lima tahun yaitu Tahun 2011-2015. *Particulate matter* ( $PM_{10}$ ), curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban

udara, kecepatan angin (*wind speed*), dan *hotspot* (titik api) pada Tahun 2011-2015 selalu mengalami peningkatan dan penurunan untuk setiap bulannya, agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut ini:



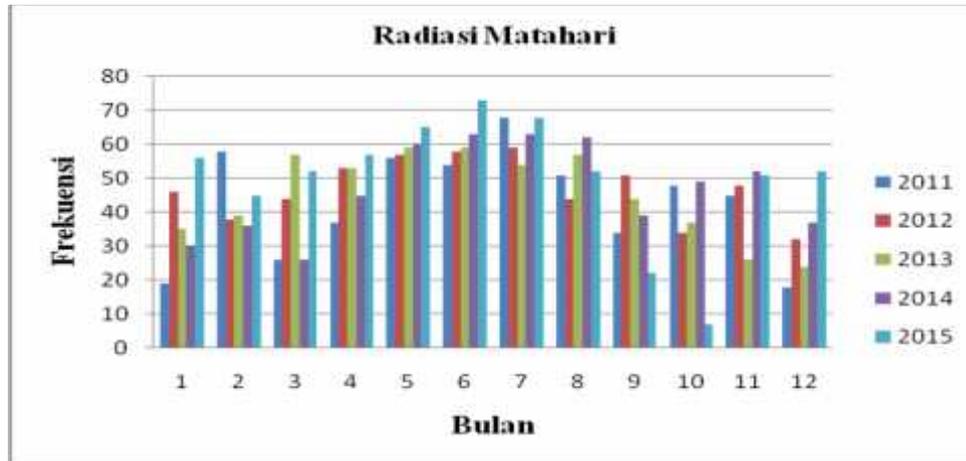
**Gambar 4.1 Histogram Data Kepekatan PM<sub>10</sub> Kota Pekanbaru**

Berdasarkan Gambar 4.1 menunjukkan kepekatan *particulate matter* (PM10) kota Pekanbaru pada bulan Januari 2011 hingga Desember 2015. Kadar kepekatan *particulate matter* (PM10) tertinggi yaitu pada bulan September 2015, sedangkan Kadar kepekatan *particulate matter* (PM10) terendah yaitu pada bulan November 2013. Berikut ini gambar histogram data curah hujan yaitu:



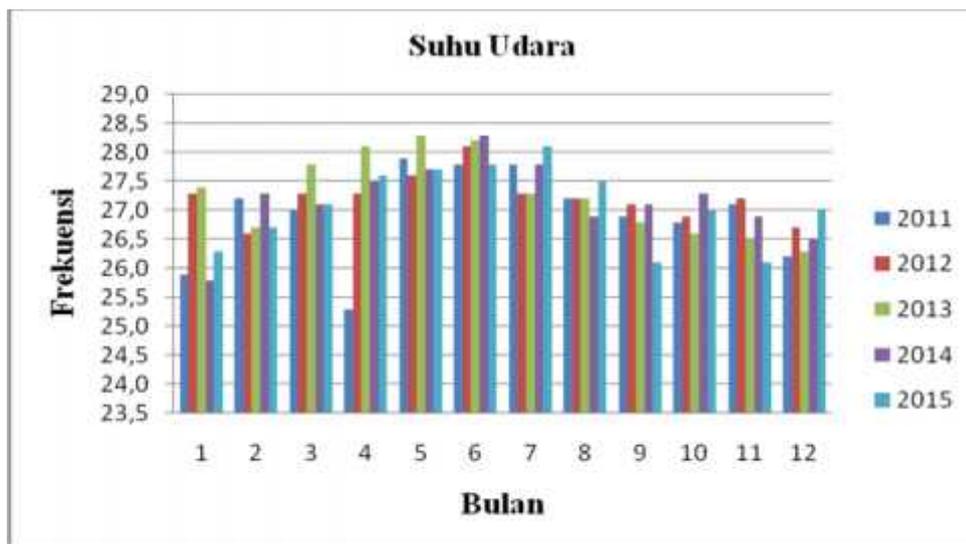
**Gambar 4.2 Histogram Data Jumlah Curah Hujan Kota Pekanbaru**

Gambar 4.2 menunjukkan histogram data jumlah curah hujan kota Pekanbaru pada bulan Januari 2011 hingga Desember 2015. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa jumlah curah hujan tertinggi yaitu pada bulan Desember 2013 dan jumlah curah hujan terendah yaitu pada bulan Februari 2015. Gambar berikut adalah histogram data radiasi matahari yaitu:



**Gambar 4.3 Histogram Data Jumlah Radiasi Matahari Kota Pekanbaru**

Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa jumlah radiasi matahari kota Pekanbaru pada bulan Januari 2011 hingga bulan Desember 2015. Pada gambar tersebut menunjukkan jumlah radiasi matahari tertinggi yaitu pada bulan Juni 2015 dan jumlah radiasi matahari terendah terjadi pada bulan Oktober 2015. Berikut ini gambar histogram dari data suhu udara yaitu:



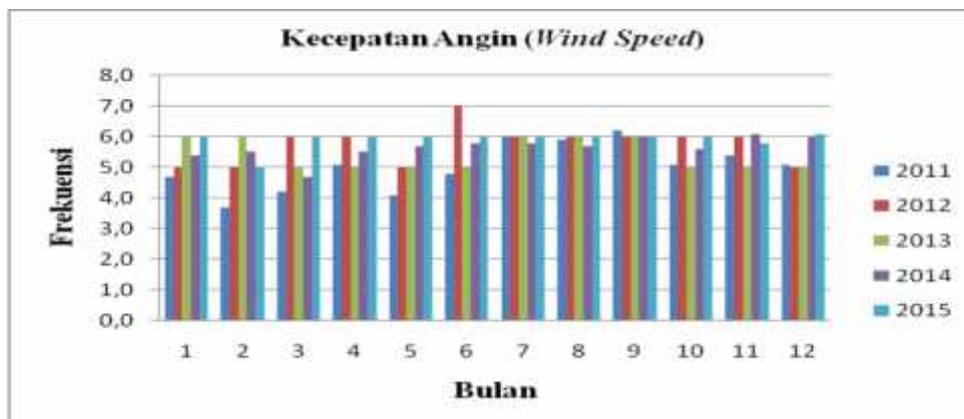
**Gambar 4.4 Histogram Data Jumlah Suhu Udara Kota Pekanbaru**

Histogram pada Gambar 4.4 menunjukkan data jumlah suhu udara kota Pekanbaru pada bulan Januari 2011 hingga bulan Desember 2015. Berdasarkan gambar tersebut menunjukkan bahwa jumlah suhu udara tertinggi terjadi pada bulan Mei 2013 dan Juni 2014, sedangkan suhu udara terendah terjadi pada bulan April 2011. Berikut ini adalah histogram data jumlah kelembaban udara yang terjadi di kota Pekanbaru yaitu:



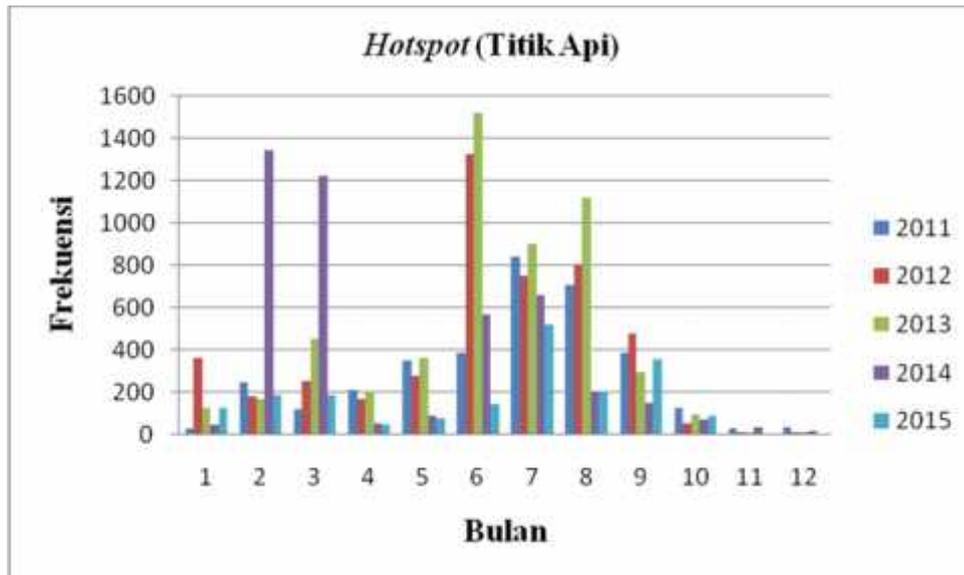
**Gambar 4.5 Histogram Data Jumlah Kelembaban Udara Kota Pekanbaru**

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan data jumlah kelembaban udara pada bulan Januari 2011 sampai bulan Desember 2015. Gambar tersebut menunjukkan bahwa kelembaban udara tertinggi terjadi pada bulan Oktober dan Desember 2015, sedangkan kelembaban udara terendah terjadi pada bulan Juli 2011 dan Januari 2012. Berikut ini adalah histogram data jumlah kecepatan angin (*wind speed*) yang terjadi di kota Pekanbaru yaitu:



**Gambar 4.6 Histogram Data Jumlah Kecepatan Angin Kota Pekanbaru**

Histogram pada Gambar 4.6 menunjukkan data jumlah kecepatan angin (*wind speed*) kota Pekanbaru pada bulan Januari 2011 hingga bulan Desember 2015. Berdasarkan gambar tersebut menunjukkan bahwa jumlah kecepatan angin (*wind speed*) tertinggi terjadi pada bulan Juni 2012, sedangkan kecepatan angin (*wind speed*) terendah terjadi pada bulan Februari 2011. Berikut ini adalah histogram data jumlah *hotspot* (titik api) yang terjadi di Provinsi Riau yaitu:



**Gambar 4.7 Histogram Data Jumlah *Hotspot* (Titik Api) Provinsi Riau**

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan data jumlah *hotspot* (titik api) Provinsi Riau pada bulan Januari 2011 sampai bulan Desember 2015. Gambar ini menunjukkan bahwa jumlah *hotspot* (titik api) tertinggi terjadi pada bulan Agustus Tahun 2013 dan jumlah *hotspot* terendah terjadi pada bulan November dan Desember 2015.

**Tabel 4.1 Statistik Deskriptif PM10, Curah Hujan, Radiasi Matahari, Suhu Udara, Kelembaban Udara, Kecepatan Angin (*Wind Speed*), dan *Hotspot* (Titik Api)**

Variabel	PM10	Curah Hujan	Radiasi Matahari	Suhu Udara	Kelembaban Udara	Kecepatan Angin	<i>Hotspot</i>
Mean	48,43	202,8	46,40	27,135	77,467	5,5500	331,0

<b>Median</b>	27,96	184,2	50,00	27,200	78,000	5,8000	185,0
<b>Maximum</b>	310,31	313	57	27,6	80	6	438,8
<b>Minimum</b>	20,38	11,1	7	25,3	69	3,7	3
<b>Std. Dev</b>	9,28	123,9	14,08	0,646	3,762	0,6105	376,9
<b>Observasi (N)</b>	60	60	60	60	60	60	60

Berdasarkan Tabel 4.1 di atas menunjukkan bahwa untuk kadar kepekatan *particulate matter* (PM10) mempunyai rata-rata, median, nilai maximum, nilai minimum adalah 48,43  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ; 27,96  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ; 310,31  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ; 20,38  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Curah hujan memiliki nilai rata-rata, median, nilai maximum, nilai minimum adalah 202,8mm; 184,2mm; 313mm; 11,1mm. Radiasi matahari memiliki nilai rata-rata, median, nilai maximum, nilai minimum adalah 46,40%; 50,00%; 73%; 7,00%. Suhu udara memiliki nilai rata-rata, median, nilai maximum, nilai minimum adalah 27,135°C; 27,2 °C; 28,3°C; 25,3°C. Kelembaban udara memiliki nilai rata-rata, median, nilai maximum, nilai minimum adalah 77,467gr/kg; 78gr/kg; 85gr/kg; 69gr/kg. Kecepatan angin memiliki nilai rata-rata, median, nilai maximum, nilai minimum adalah 5,55knot; 5,8knot; 7knot; 3,7knot. *Hotspot* (titik api) memiliki nilai rata-rata, median, nilai maximum, nilai minimum adalah 331 titik api; 185 titik api; 1523 titik api; 3 titik api. Jumlah Observasi untuk PM10, curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan *hotspot* adalah sama yaitu 60 observasi.

#### 4.3 Pembentukan Model Prediksi *Particulate Matter* 10 (PM10) dengan Menggunakan Model *Vector Autoregressive* (VAR)

Dalam membentuk model *vector autoregressive* (VAR) untuk prediksi data pencemaran udara oleh *particulate matter* (PM10) beserta unsur-unsur meteorologi harus mengikuti beberapa langkah yaitu uji kestasioneran data, menentukan panjang lag optimal dari model *vector autoregressive* (VAR), uji kausalitas granger, estimasi parameter model *vector autoregressive* (VAR), uji kebaikan model *vector autoregressive* (VAR), dan prediksi data untuk waktu yang akan datang. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data

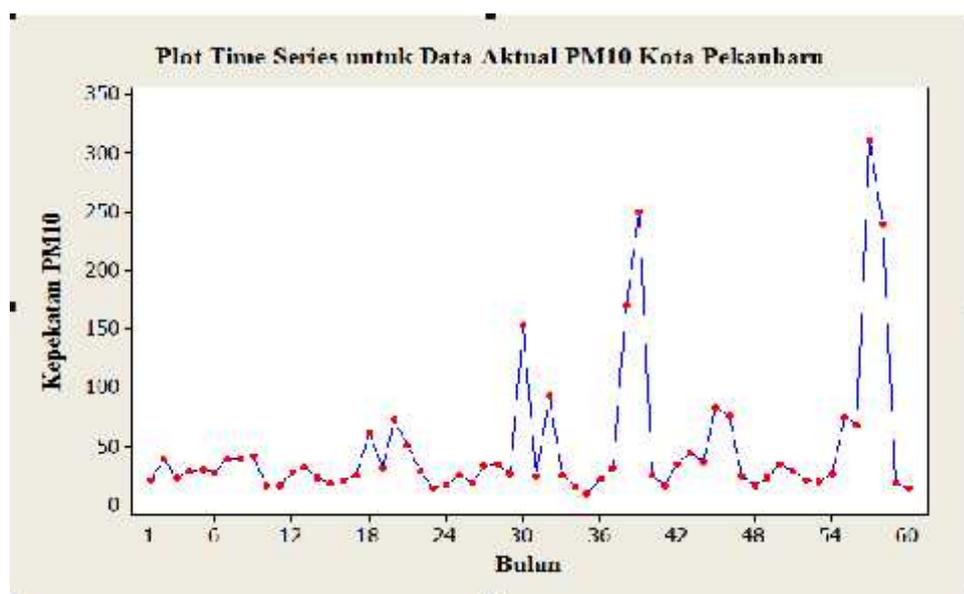
*particulate matter* (PM10), curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin (*wind speed*), dan *hotspot* (titik api). Data yang digunakan merupakan data runtun waktu pada Januari 2011 sampai Desember 2015, sehingga data tersebut berjumlah 60 data. Data tersebut dapat dilihat pada Lampiran A. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam membentuk model *vector autoregressive* (VAR) yaitu:

#### 4.3.1 Tahap Uji Kestasioneran Data

Langkah awal dalam mengolah data *time series* dengan menggunakan model *vector autoregressive* (VAR) untuk memprediksi data waktu yang akan datang adalah menguji kestasioneran data. Dalam pengolahan data menggunakan *software* Minitab dan Eviews. Untuk pengujian kestasioneran data dapat dilihat dari plot data aktual, plot *autocorrelation function* (ACF) dan *partial autocorrelation function* (PACF), dan uji *unit root*. Berikut uji kestasioneran data *particulate matter* (PM10), curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin (*wind speed*), dan *hotspot* (titik api).

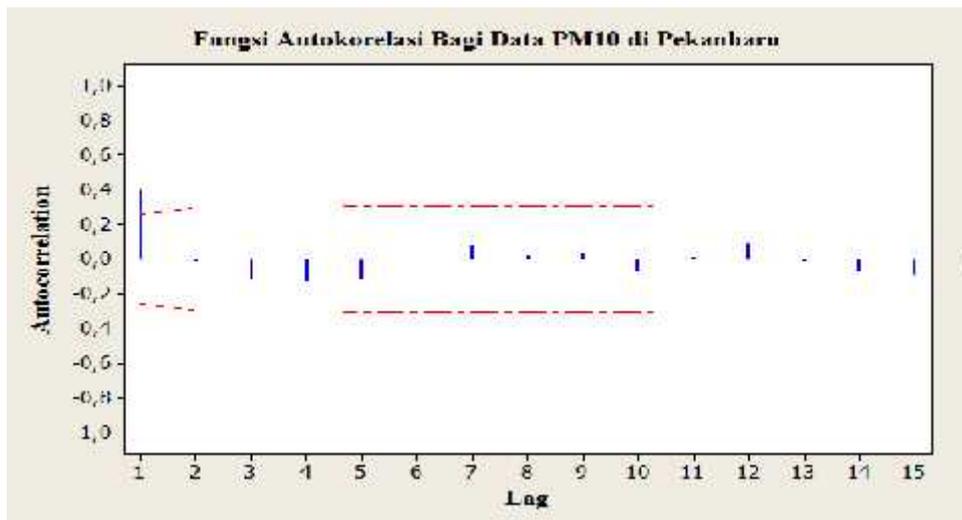
##### a. *Particulate Matter* (PM<sub>10</sub>)

Pada tahap uji kestasioneran data dapat dilihat dari plot data aktual *particulate matter* (PM10) dengan 60 observasi mulai bulan Januari 2011 sampai Desember 2016. Berikut grafik data aktual *particulate matter* (PM10) yaitu:

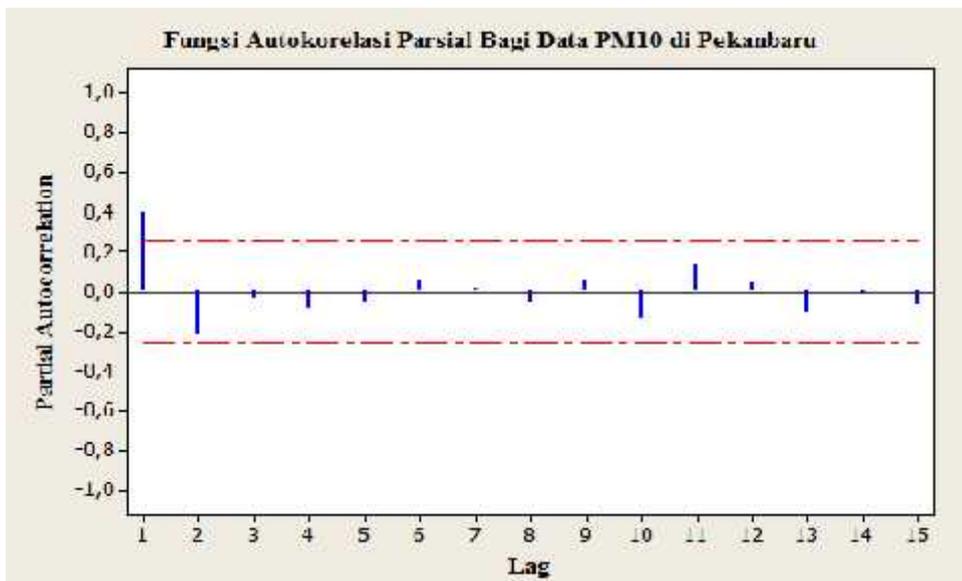


Gambar 4.8 Grafik *Particulate Matter* (PM10) Kota Pekanbaru

Berdasarkan Gambar 4.8 yaitu grafik *particulate matter* (PM10) kota Pekanbaru menunjukkan bahwa data *particulate matter* (PM10) memenuhi syarat kestasioneran data karena rata-rata maupun varian bergerak secara konstan sepanjang waktu. Kestasioneran data juga dapat dilihat melalui plot *autocorrelation function* (ACF) dan *partial autocorrelation function* (PACF). Plot ACF dan plot PACF dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 berikut:



Gambar 4.9 Plot ACF untuk Data PM10 Kota Pekanbaru



Gambar 4.10 Plot PACF untuk Data PM10 Kota Pekanbaru

Berdasarkan kedua gambar di atas yaitu Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 menunjukkan bahwa data *particulate matter* (PM10) sudah dikatakan cenderung stasioner dikarenakan untuk setiap *lag* pada plot ACF menyusut menuju nol secara eksponensial dan PACF terlihat bahwa nilainya terpotong pada *lag* tertentu. Selain kedua grafik di atas, uji kestasioneran data dapat juga melalui uji *unit root*. Uji *unit root* diuji dengan menggunakan tiga macam uji yaitu uji Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips Perron (PP), dan Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS) dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *software* Eviews, berikut uji *unit root* untuk data *particulate matter* (PM10) kota Pekanbaru yaitu:

1. Uji Augmented Dickey Fuller (ADF)

Pengujian hipotesis untuk uji ADF yang digunakan untuk data *particulate matter* (PM10) kota Pekanbaru adalah:

$H_0$  : ( $\delta = 0$ ) PM10 kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data PM10 tidak stasioner)

$H_1$  : ( $\delta < 0$ ) PM10 kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data PM10 stasioner)

Hasil uji kestasioneran data PM10 kota Pekanbaru menggunakan uji *unit root* ADF yang disajikan dalam Tabel 4.2 berikut:

**Tabel 4.2 Nilai Uji ADF Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data PM10 Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - <i>t</i>	Nilai - <i>p</i>
Augmented Dickey Fuller (ADF)		-4,9628	0,0001
Nilai Kritik MacKinnon	1 %	-3,5461	
	5 %	-2,9117	
	10 %	-2,5935	

Tabel 4.2 tersebut, menunjukkan bahwa  $|t| = 4,9628 >$  nilai mutlak untuk nilai kritik MacKinnon pada taraf signifikan 0,05 atau dapat dilihat dari nilai-*p* < taraf signifikan (0,0001 < 0,05) maka tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data kepekatan *particulate matter* (PM10) di kota Pekanbaru adalah tidak mempunyai

*unit root*, ini berarti bahwa *time series* kepekatan *particulate matter* (PM10) di kota Pekanbaru adalah stasioner.

2. Uji Phillips Perron (PP)

Pengujian hipotesis untuk uji PP yang digunakan untuk data *particulate matter* (PM10) kota Pekanbaru adalah:

$H_0 : (\delta = 0)$  PM10 kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data PM10 tidak stasioner)

$H_1 : (\delta < 0)$  PM10 kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data PM10 stasioner)

Hasil uji kestasioneran data PM10 kota Pekanbaru menggunakan uji *unit root* PP yang disajikan dalam Tabel 4.3 berikut:

**Tabel 4.3 Nilai Uji PP Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data PM10 Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - <i>t</i>	Nilai - <i>p</i>
Phillips Perron (PP)		-4,6420	0,0004
Nilai Kritik MacKinnon	1 %	-3,5461	
	5 %	-2,9117	
	10 %	-2,5935	

Nilai pada Tabel 4.3 tersebut, menunjukkan bahwa  $|t| = 4,6420 >$  nilai mutlak untuk nilai kritik MacKinnon pada taraf signifikan 0,05 atau dapat dilihat dari nilai-*p* < taraf signifikan ( $0,0004 < 0,05$ ) maka tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data kepekatan *particulate matter* (PM10) di kota Pekanbaru adalah tidak mempunyai *unit root*, ini berarti bahwa *time series* kepekatan *particulate matter* (PM10) di kota Pekanbaru adalah stasioner.

3. Uji Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)

Uji KPSS mempunyai pengujian hipotesis yang digunakan untuk data *particulate matter* (PM10) kota Pekanbaru adalah:

$H_0 : (\delta < 0)$  PM10 kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data PM10 stasioner)

$H_1$  : ( $\delta = 0$ ) PM10 kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data PM10 tidak stasioner).

Hasil uji KPSS untuk kepekatan *particulate matter* (PM10) dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut:

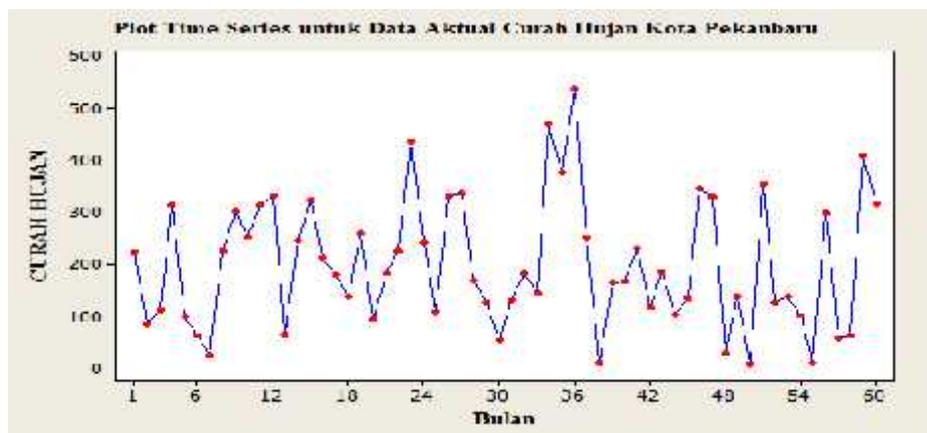
**Tabel 4.4 Nilai Uji KPSS Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data PM10 Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - <i>t</i>
Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)		0,0882
Nilai Kritik	1 %	0,7390
MacKinnon	5 %	0,4630
	10 %	0,3470

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa  $t = 0,0882 <$  nilai mutlak bagi nilai kritik MacKinnon pada tingkat kepercayaan 0,05 maka tidak tolak  $H_0$ , maka data kepekatan *particulate matter* (PM10) di kota Pekanbaru adalah stasioner. Berdasarkan ketiga uji tersebut, menunjukkan bahwa data kepekatan *particulate matter* (PM10) di kota Pekanbaru adalah stasioner.

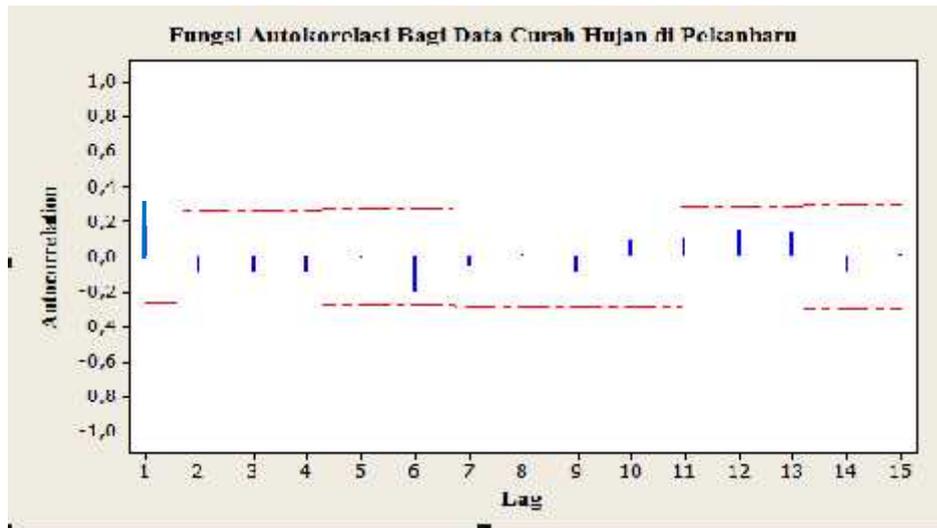
#### b. Curah Hujan

Data aktual untuk curah hujan kota Pekanbaru disajikan dalam Gambar 4.11 dengan 60 observasi mulai bulan Januari 2011 sampai Desember 2016 yaitu:

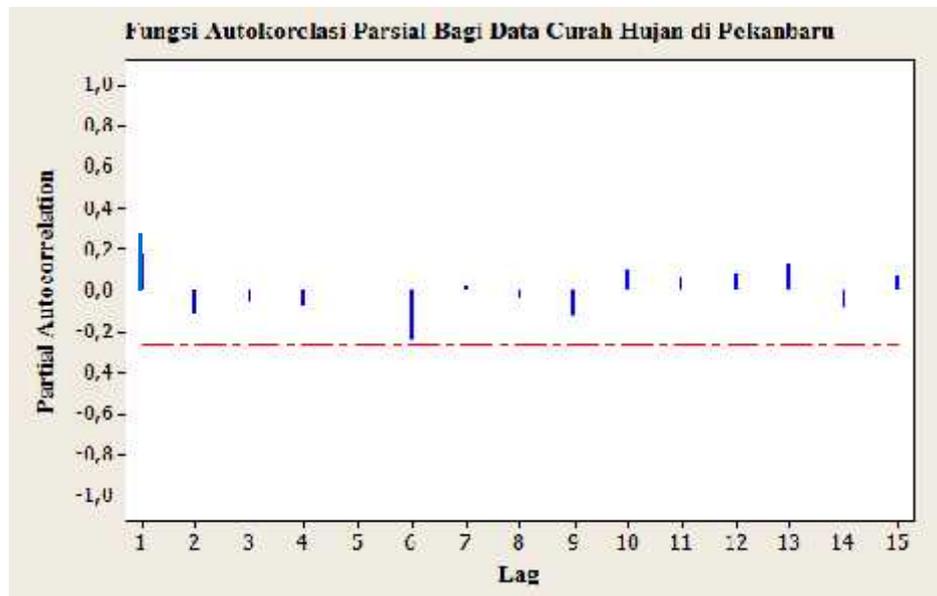


**Gambar 4.11 Grafik Data Curah Hujan Kota Pekanbaru**

Gambar 4.11 adalah grafik data curah hujan kota Pekanbaru menunjukkan bahwa data curah hujan memenuhi syarat kestasioneran data karena rata-rata maupun varian bergerak secara konstan sepanjang waktu. Kestasioneran data juga dapat dilihat melalui plot *autocorrelation function* (ACF) dan *partial autocorrelation function* (PACF). Plot ACF dan plot PACF dapat dilihat pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 berikut:



**Gambar 4.12 Plot ACF untuk Data Curah Hujan Kota Pekanbaru**



**Gambar 4.13 Plot PACF untuk Data Curah Hujan Kota Pekanbaru**

Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 menunjukkan bahwa data curah hujan sudah dikatakan cenderung stasioner dikarenakan untuk setiap *lag* pada plot ACF

menyusut menuju nol secara eksponensial dan PACF terlihat bahwa nilainya terpotong pada *lag* tertentu. Selain kedua grafik di atas, uji kestasioneran data dapat juga melalui uji *unit root*. Uji *unit root* diuji dengan menggunakan tiga macam uji yaitu uji Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips Perron (PP), dan Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS) dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *software* Eviews, berikut uji *unit root* untuk data curah hujan kota Pekanbaru yaitu:

1. Uji Augmented Dickey Fuller (ADF)

Pengujian hipotesis untuk uji ADF yang digunakan untuk data curah hujan kota Pekanbaru adalah:

$H_0$  : ( $\delta = 0$ ) curah hujan kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data curah hujan tidak stasioner)

$H_1$  : ( $\delta < 0$ ) curah hujan kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data curah hujan stasioner)

Hasil uji kestasioneran data curah hujan kota Pekanbaru menggunakan uji *unit root* ADF yang disajikan dalam Tabel 4.5 berikut:

**Tabel 4.5 Nilai Uji ADF Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Curah Hujan Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - <i>t</i>	Nilai - <i>p</i>
Augmented Dickey Fuller (ADF)		-6,2588	0,0000
Nilai Kritik MacKinnon	1 %	-3,5461	
	5 %	-2,9117	
	10 %	-2,5935	

Tabel 4.5 tersebut, menunjukkan bahwa  $|t| = 6,2588 >$  nilai mutlak untuk nilai kritik MacKinnon pada taraf signifikan 0,05 atau dapat dilihat dari nilai-*p* < taraf signifikan ( $0,0000 < 0,05$ ) maka tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data kepekatan curah hujan di kota Pekanbaru adalah tidak mempunyai *unit root*, ini

berarti bahwa *time series* kepekatan curah hujan di kota Pekanbaru adalah stasioner.

2. Uji Phillips Perron (PP)

Pengujian hipotesis untuk uji PP yang digunakan untuk data curah hujan kota Pekanbaru adalah:

$H_0$  : ( $\delta = 0$ ) curah hujan kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data curah hujan tidak stasioner)

$H_1$  : ( $\delta < 0$ ) curah hujan kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data curah hujan stasioner)

Hasil uji kestasioneran data curah hujan kota Pekanbaru menggunakan uji *unit root* PP yang disajikan dalam Tabel 4.6 berikut:

**Tabel 4.6 Nilai Uji PP Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Curah Hujan Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - t	Nilai - p
Phillips Perron (PP)		-6,1595	0,0000
Nilai Kritik	1 %	-3,5461	
MacKinnon	5 %	-2,9117	
	10 %	-2,5935	

Nilai pada Tabel 4.6 tersebut, menunjukkan bahwa  $|t| = 6,1595 >$  nilai mutlak untuk nilai kritik MacKinnon pada taraf signifikan 0,05 atau dapat dilihat dari nilai-p  $<$  taraf signifikan ( $0,0000 < 0,05$ ) maka tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data kepekatan curah hujan di kota Pekanbaru adalah tidak mempunyai *unit root*, ini berarti bahwa *time series* kepekatan curah hujan di kota Pekanbaru adalah stasioner.

3. Uji Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)

Uji KPSS mempunyai pengujian hipotesis yang digunakan untuk data curah hujan kota Pekanbaru adalah:

$H_0$  : ( $\delta < 0$ ) curah hujan kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data curah hujan stasioner)

$H_1$  : ( $\delta = 0$ ) curah hujan kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data curah hujan tidak stasioner).

Hasil uji KPSS untuk curah hujan dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut:

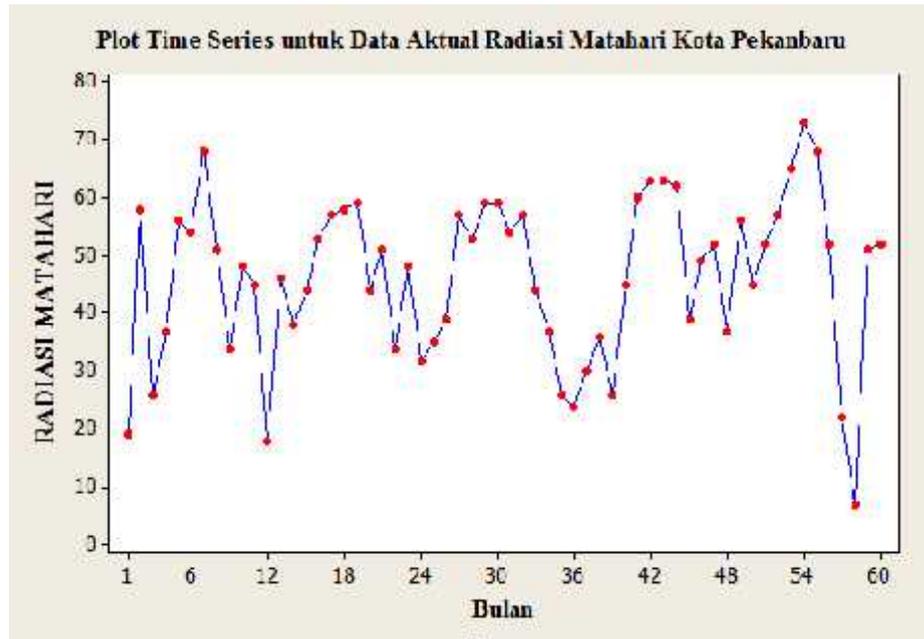
**Tabel 4.7 Nilai Uji KPSS Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Curah Hujan Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - $t$
Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)		0,0893
Nilai Kritik	1 %	0,7390
MacKinnon	5 %	0,4630
	10 %	0,3470

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa  $t = 0,0893 <$  nilai mutlak bagi nilai kritik Mac-Kinnon pada tingkat kepercayaan 0,05 maka tidak tolak  $H_0$ , maka data curah hujan di kota Pekanbaru adalah stasioner. Berdasarkan ketiga uji tersebut, menunjukkan bahwa data curah hujan di kota Pekanbaru adalah stasioner.

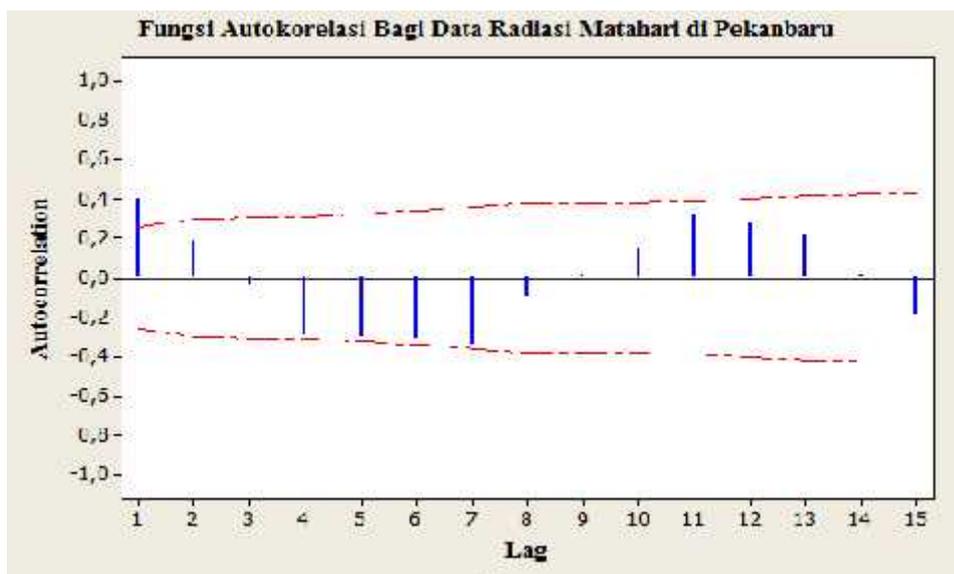
### c. Radiasi Matahari

Data radiasi matahari terdiri atas 60 data yang disajikan dalam data mulai bulan Januari 2011 sampai Desember 2015. Kestasioneran data radiasi matahari dilihat melalui plot data aktual untuk data radiasi matahari, plot ACF dan PACF serta uji *unit root*. Berikut merupakan plot data aktual untuk data radiasi matahari dapat disajikan dalam Gambar 4.14:

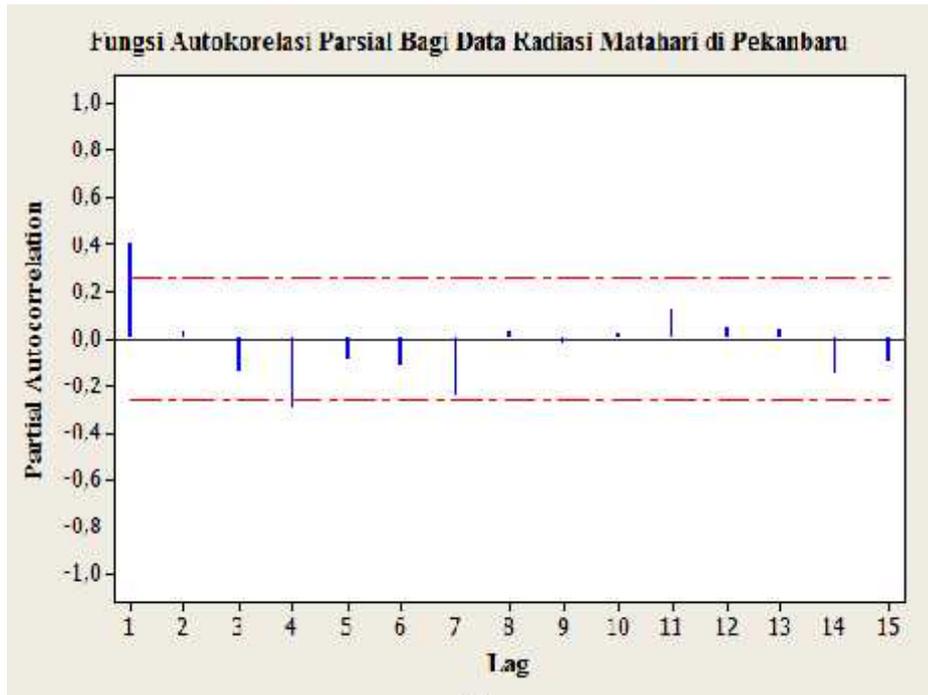


**Gambar 4.14 Grafik Radiasi Matahari Kota Pekanbaru**

Berdasarkan Gambar 4.14 yaitu grafik radiasi matahari kota Pekanbaru menunjukkan bahwa data radiasi matahari memenuhi syarat kestasioneran data karena rata-rata maupun varian bergerak secara konstan sepanjang waktu. Kestasioneran data juga dapat dilihat melalui plot *autocorrelation function* (ACF) dan *partial autocorrelation function* (PACF). Plot ACF dan plot PACF dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.16 berikut:



**Gambar 4.15 Plot ACF untuk Data Radiasi Matahari Kota Pekanbaru**



**Gambar 4.16 Plot PACF untuk Data Radiasi Matahari Kota Pekanbaru**

Berdasarkan kedua gambar di atas yaitu Gambar 4.15 dan Gambar 4.16 menunjukkan bahwa data radiasi matahari sudah dikatakan cenderung stasioner dikarenakan untuk setiap *lag* pada plot ACF menyusut menuju nol secara eksponensial dan PACF terlihat bahwa nilainya terpotong pada *lag* tertentu. Selain kedua grafik di atas, uji kestasioneran data dapat juga melalui uji *unit root*. Uji *unit root* diuji dengan menggunakan tiga macam uji yaitu uji Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips Perron (PP), dan Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS) dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *software* Eviews, berikut uji *unit root* untuk data radiasi matahari kota Pekanbaru yaitu:

1. Uji Augmented Dickey Fuller (ADF)

Pengujian hipotesis untuk uji ADF yang digunakan untuk data radiasi matahari kota Pekanbaru adalah:

$H_0 : (\delta = 0)$  radiasi matahari kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data radiasi matahari tidak stasioner)

$H_1 : (\delta < 0)$  radiasi matahari kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data radiasi matahari stasioner)

Hasil uji kestasioneran data radiasi matahari kota Pekanbaru menggunakan uji *unit root* ADF yang disajikan dalam Tabel 4.8 berikut:

**Tabel 4.8 Nilai Uji ADF Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Radiasi Matahari Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - <i>t</i>	Nilai - <i>p</i>
Augmented Dickey Fuller (ADF)		-5,1105	0,0001
Nilai Kritik MacKinnon	1 %	-3,5461	
	5 %	-2,9117	
	10 %	-2,5935	

Tabel 4.8 tersebut, menunjukkan bahwa  $|t| = 5,1105 >$  nilai mutlak untuk nilai kritik MacKinnon pada taraf signifikan 0,05 atau dapat dilihat dari nilai-*p* < taraf signifikan (0,0001 < 0,05) maka tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data radiasi matahari di kota Pekanbaru adalah tidak mempunyai *unit root*, ini berarti bahwa *time series* radiasi matahari di kota Pekanbaru adalah stasioner.

## 2. Uji Phillips Perron (PP)

Pengujian hipotesis untuk uji PP yang digunakan untuk data radiasi matahari kota Pekanbaru adalah:

$H_0 : (\delta = 0)$  radiasi matahari kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data radiasi matahari tidak stasioner)

$H_1 : (\delta < 0)$  radiasi matahari kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data radiasi matahari stasioner)

Hasil uji kestasioneran data radiasi matahari kota Pekanbaru menggunakan uji *unit root* PP yang disajikan dalam Tabel 4.9 berikut:

**Tabel 4.9 Nilai Uji PP Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Radiasi Matahari Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - <i>t</i>	Nilai - <i>p</i>
Phillips Perron (PP)		-5,1573	0,0001
Nilai Kritik	1 %	-3,5461	

MacKinnon	5 %	-2,9117	
	10 %	-2,5935	

Nilai pada Tabel 4.9 tersebut, menunjukkan bahwa  $|t| = 5,1573 >$  nilai mutlak untuk nilai kritik MacKinnon pada taraf signifikan 0,05 atau dapat dilihat dari nilai- $p <$  taraf signifikan ( $0,0001 < 0,05$ ) maka tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data radiasi matahari di kota Pekanbaru adalah tidak mempunyai *unit root*, ini berarti bahwa *time series* radiasi matahari di kota Pekanbaru adalah stasioner.

### 3. Uji Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)

Uji KPSS mempunyai pengujian hipotesis yang digunakan untuk data radiasi matahari kota Pekanbaru adalah:

$H_0 : (\delta < 0)$  radiasi matahari kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data radiasi matahari stasioner)

$H_1 : (\delta = 0)$  radiasi matahari kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data radiasi matahari tidak stasioner).

Hasil uji KPSS untuk data radiasi matahari dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut:

**Tabel 4.10 Nilai Uji KPSS Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Radiasi Matahari Kota Pekanbaru**

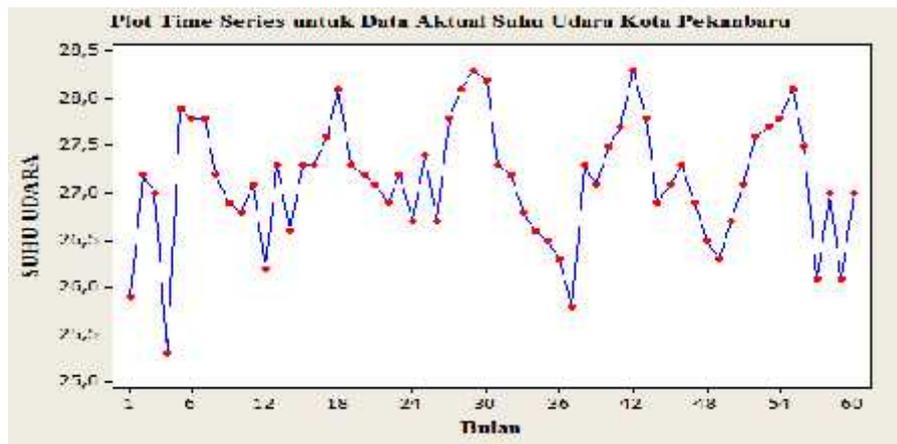
Anggaran		Statistik - $t$
Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)		0,0772
Nilai Kritik	1 %	0,7390
MacKinnon	5 %	0,4630
	10 %	0,3470

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa  $t = 0,0772 <$  nilai mutlak bagi nilai kritik Mac-Kinnon pada tingkat kepercayaan 0,05 maka tidak tolak  $H_0$ , maka data radiasi matahari di kota Pekanbaru adalah stasioner. Berdasarkan ketiga uji

tersebut, menunjukkan bahwa data radiasi matahari di kota Pekanbaru adalah stasioner.

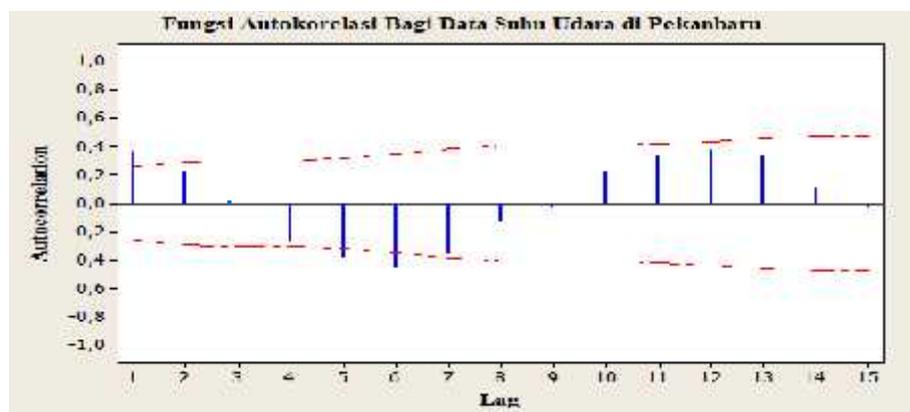
**d. Suhu Udara**

Data suhu udara kota Pekanbaru yang digunakan adalah 60 observasi yaitu dimulai dari bulan Januari 2011 hingga bulan Desember 2015. Berikut disajikan pada Gambar 4.17 berupa grafik data aktual yaitu:

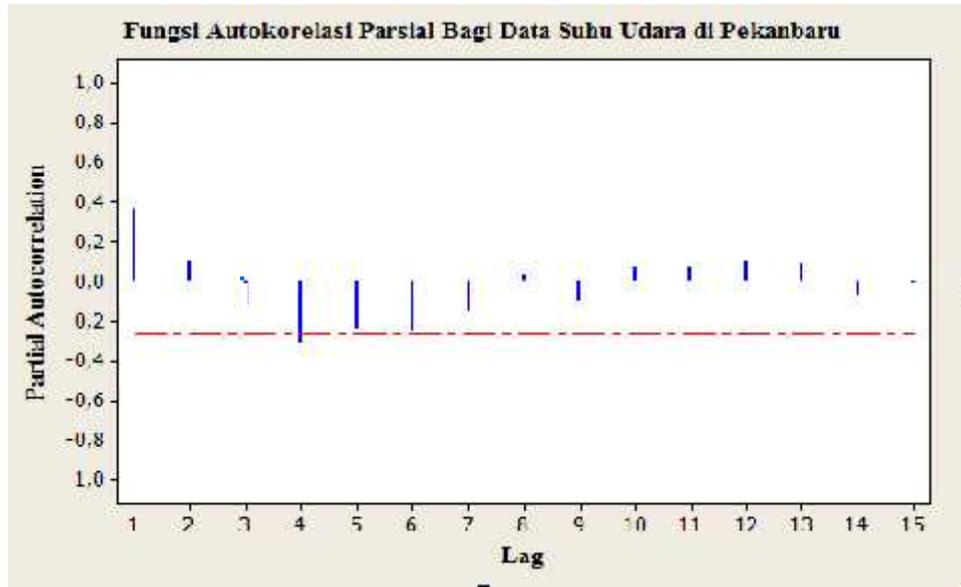


**Gambar 4.17 Grafik Data Suhu Udara Kota Pekanbaru**

Berdasarkan Gambar 4.17 yaitu grafik suhu udara kota Pekanbaru menunjukkan bahwa data suhu udara memenuhi syarat kestasioneran data karena rata-rata maupun varian bergerak secara konstan sepanjang waktu. Kestasioneran data juga dapat dilihat melalui plot *autocorrelation function* (ACF) dan *partial autocorrelation function* (PACF). Plot ACF dan plot PACF dapat dilihat pada Gambar 4.18 dan Gambar 4.19 berikut:



**Gambar 4.18 Plot ACF untuk Data Suhu Udara Kota Pekanbaru**



**Gambar 4.19** Plot PACF untuk Data Suhu Udara Kota Pekanbaru

Berdasarkan kedua gambar di atas yaitu Gambar 4.18 dan Gambar 4.19 menunjukkan bahwa data suhu udara sudah dikatakan cenderung stasioner dikarenakan untuk setiap *lag* pada plot ACF menyusut menuju nol secara eksponensial dan PACF terlihat bahwa nilainya terpotong pada *lag* tertentu. Selain kedua grafik di atas, uji kestasioneran data dapat juga melalui uji *unit root*. Uji *unit root* diuji dengan menggunakan tiga macam uji yaitu uji Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips Perron (PP), dan Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS) dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *software* Eviews, berikut uji *unit root* untuk data suhu udara kota Pekanbaru yaitu:

1. Uji Augmented Dickey Fuller (ADF)

Pengujian hipotesis untuk uji ADF yang digunakan untuk data suhu udara kota Pekanbaru adalah:

$H_0$  : ( $\delta = 0$ ) suhu udara kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data suhu udara tidak stasioner)

$H_1$  : ( $\delta < 0$ ) suhu udara kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data suhu udara stasioner)

Hasil uji kestasioneran data suhu udara kota Pekanbaru menggunakan uji *unit root* ADF yang disajikan dalam Tabel 4.11 berikut:

**Tabel 4.11 Nilai Uji ADF Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Suhu Udara Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - <i>t</i>	Nilai - <i>p</i>
Augmented Dickey Fuller (ADF)		-5,3999	0,0000
Nilai Kritik MacKinnon	1 %	-3,5575	
	5 %	-2,9166	
	10 %	-2,5961	

Tabel 4.11 tersebut, menunjukkan bahwa  $|t| = 5,3999 >$  nilai mutlak untuk nilai kritik MacKinnon pada taraf signifikan 0,05 atau dapat dilihat dari nilai-*p* < taraf signifikan (0,0000 < 0,05) maka tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data suhu udara di kota Pekanbaru adalah tidak mempunyai *unit root*, ini berarti bahwa *time series* suhu udara di kota Pekanbaru adalah stasioner.

2. Uji Phillips Perron (PP)

Pengujian hipotesis untuk uji PP yang digunakan untuk data suhu udara kota Pekanbaru adalah:

$H_0$  : ( $\delta = 0$ ) suhu udara kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data suhu udara tidak stasioner)

$H_1$  : ( $\delta < 0$ ) suhu udara kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data suhu udara stasioner)

Hasil uji kestasioneran data suhu udara kota Pekanbaru menggunakan uji *unit root* PP yang disajikan dalam Tabel 4.12 berikut:

**Tabel 4.12 Nilai Uji PP Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Suhu Udara Kota Pekanbaru**

Anggaran	Statistik - <i>t</i>	Nilai - <i>p</i>
Phillips Perron (PP)	-5,3511	0,0000

Nilai Kritik	1 %	-3,5461	
MacKinnon	5 %	-2,9117	
	10 %	-2,5935	

Nilai pada Tabel 4.12 tersebut, menunjukkan bahwa  $|t| = 5,3511 >$  nilai mutlak untuk nilai kritik MacKinnon pada taraf signifikan 0,05 atau dapat dilihat dari nilai- $p <$  taraf signifikan ( $0,0000 < 0,05$ ) maka tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data suhu udara di kota Pekanbaru adalah tidak mempunyai *unit root*, ini berarti bahwa *time series* suhu udara di kota Pekanbaru adalah stasioner.

### 3. Uji Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)

Uji KPSS mempunyai pengujian hipotesis yang digunakan untuk data suhu udara kota Pekanbaru adalah:

$H_0 : (\delta < 0)$  suhu udara kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data suhu udara stasioner)

$H_1 : (\delta = 0)$  suhu udara kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data suhu udara tidak stasioner).

Hasil uji KPSS untuk suhu udara dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut:

**Tabel 4.13 Nilai Uji KPSS Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Suhu Udara Kota Pekanbaru**

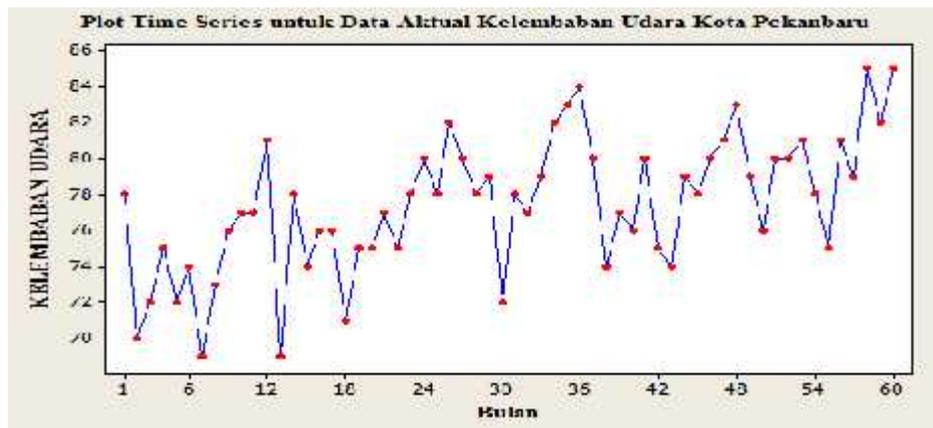
Anggaran		Statistik - $t$
Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)		0,0533
Nilai Kritik	1 %	0,7390
MacKinnon	5 %	0,4630
	10 %	0,3470

Tabel 4.13 menunjukkan bahwa  $t = 0,0533 <$  nilai mutlak bagi nilai kritik Mac-Kinnon pada tingkat kepercayaan 0,05 maka tidak tolak  $H_0$ , maka data suhu

udara di kota Pekanbaru adalah stasioner. Berdasarkan ketiga uji tersebut, menunjukkan bahwa data suhu udara di kota Pekanbaru adalah stasioner.

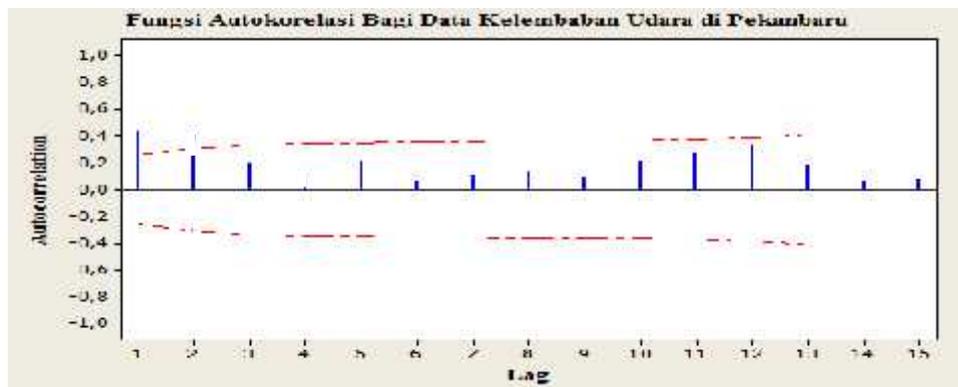
**e. Kelembaban Udara**

Data kelembaban udara kota Pekanbaru yang digunakan adalah 60 observasi yaitu dimulai dari bulan Januari 2011 hingga bulan Desember 2015. Berikut disajikan pada Gambar 4.20 berupa grafik data aktual yaitu:

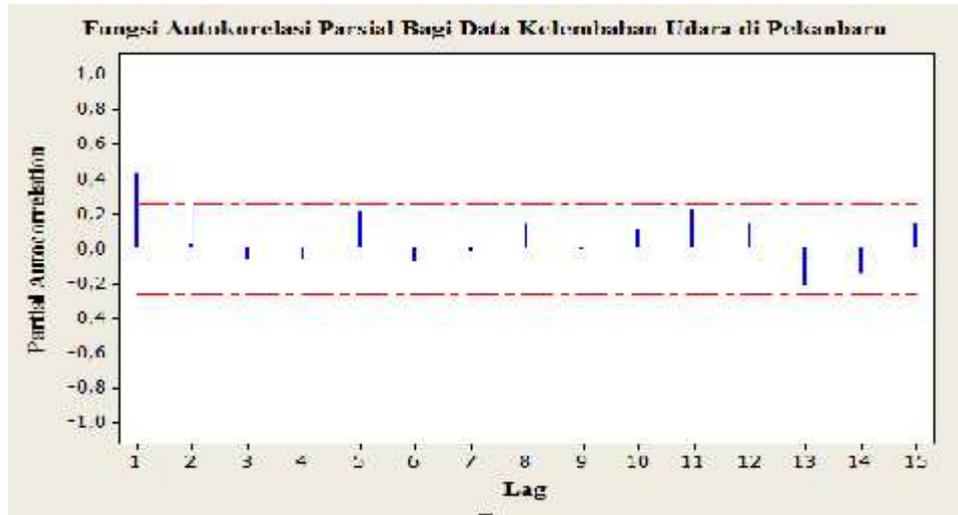


**Gambar 4.20 Grafik Data Kelembaban Udara Kota Pekanbaru**

Berdasarkan Gambar 4.20 yaitu grafik kelembaban udara kota Pekanbaru menunjukkan bahwa data kelembaban udara memenuhi syarat kestasioneran data karena rata-rata maupun varian bergerak secara konstan sepanjang waktu. Kestasioneran data juga dapat dilihat melalui plot *autocorrelation function* (ACF) dan *partial autocorrelation function* (PACF). Plot ACF dan plot PACF dapat dilihat pada Gambar 4.21 dan Gambar 4.22 berikut:



**Gambar 4.21 Plot ACF untuk Data Kelembaban Udara Kota Pekanbaru**



**Gambar 4.22 Plot PACF untuk Data Kelembaban Udara Kota Pekanbaru**

Berdasarkan kedua gambar di atas yaitu Gambar 4.21 dan Gambar 4.22 menunjukkan bahwa data kelembaban udara sudah dikatakan cenderung stasioner dikarenakan untuk setiap *lag* pada plot ACF menyusut menuju nol secara eksponensial dan PACF terlihat bahwa nilainya terpotong pada *lag* tertentu. Selain kedua grafik di atas, uji kestasioneran data dapat juga melalui uji *unit root*. Uji *unit root* diuji dengan menggunakan tiga macam uji yaitu uji Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips Perron (PP), dan Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS) dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *software* Eviews, berikut uji *unit root* untuk data kelembaban udara kota Pekanbaru yaitu:

1. Uji Augmented Dickey Fuller (ADF)

Pengujian hipotesis untuk uji ADF yang digunakan untuk data kelembaban udara kota Pekanbaru adalah:

$H_0 : (\delta = 0)$  kelembaban udara kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data kelembaban udara tidak stasioner)

$H_1 : (\delta < 0)$  kelembaban udara kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data kelembaban udara stasioner)

Hasil uji kestasioneran data kelembaban udara kota Pekanbaru menggunakan uji *unit root* ADF yang disajikan dalam Tabel 4.14 berikut:

**Tabel 4.14 Nilai Uji ADF Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Kelembaban Udara Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - $t$	Nilai - $p$
Augmented Dickey Fuller (ADF)		-5,5725	0,0001
Nilai Kritik MacKinnon	1 %	-3,5482	
	5 %	-2,9126	
	10 %	-2,5940	

Tabel 4.14 tersebut, menunjukkan bahwa  $|t| = 5,5725 >$  nilai mutlak untuk nilai kritik MacKinnon pada taraf signifikan 0,05 atau dapat dilihat dari nilai- $p <$  taraf signifikan ( $0,0001 < 0,05$ ) maka tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data kelembaban udara di kota Pekanbaru adalah tidak mempunyai *unit root*, ini berarti bahwa *time series* kelembaban udara di kota Pekanbaru adalah stasioner.

2. Uji Phillips Perron (PP)

Pengujian hipotesis untuk uji PP yang digunakan untuk data kelembaban udara kota Pekanbaru adalah:

$H_0 : (\delta = 0)$  kelembaban udara kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data kelembaban udara tidak stasioner)

$H_1 : (\delta < 0)$  kelembaban udara kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data kelembaban udara stasioner)

Hasil uji kestasioneran data kelembaban udara kota Pekanbaru menggunakan uji *unit root* PP yang disajikan dalam Tabel 4.15 berikut:

**Tabel 4.15 Nilai Uji PP Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Kelembaban Udara Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - $t$	Nilai - $p$
Phillips Perron (PP)		-4,4712	0,0006
Nilai Kritik MacKinnon	1 %	-3,5461	
	5 %	-2,9117	

	10 %	-2,5935	
--	------	---------	--

Nilai pada Tabel 4.15 tersebut, menunjukkan bahwa  $|t| = 4,4712 >$  nilai mutlak untuk nilai kritik MacKinnon pada taraf signifikan 0,05 atau dapat dilihat dari nilai- $p <$  taraf signifikan ( $0,0006 < 0,05$ ) maka tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data kelembaban udara di kota Pekanbaru adalah tidak mempunyai *unit root*, ini berarti bahwa *time series* kelembaban udara di kota Pekanbaru adalah stasioner.

### 3. Uji Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)

Uji KPSS mempunyai pengujian hipotesis yang digunakan untuk data kelembaban udara kota Pekanbaru adalah:

$H_0 : (\delta < 0)$  kelembaban udara kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data kelembaban udara stasioner)

$H_1 : (\delta = 0)$  kelembaban udara kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data kelembaban udara tidak stasioner).

Hasil uji KPSS untuk kelembaban udara dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut:

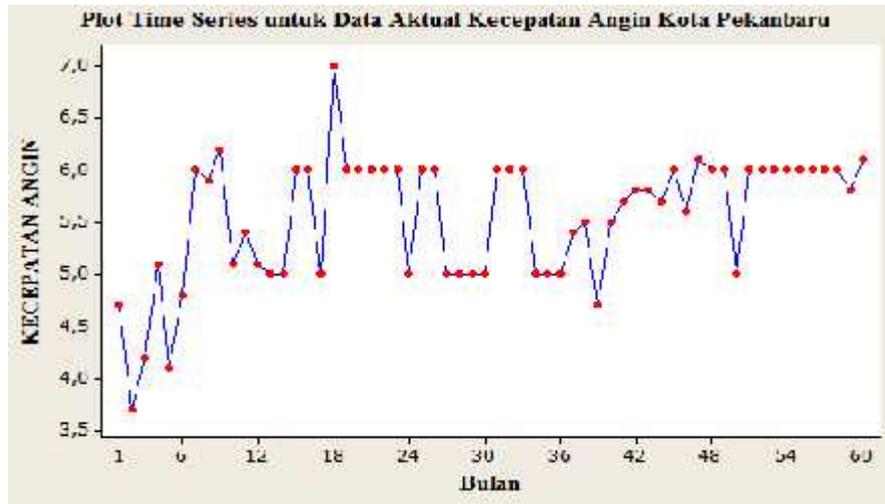
**Tabel 4.16 Nilai Uji KPSS Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Kelembaban Udara Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - $t$
Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)		0,0871
Nilai Kritik MacKinnon	1 %	0,7390
	5 %	0,4630
	10 %	0,3470

Tabel 4.16 menunjukkan bahwa  $t = 0,0871 <$  nilai mutlak bagi nilai kritik MacKinnon pada tingkat kepercayaan 0,05 maka tidak tolak  $H_0$ , maka data kelembaban udara di kota Pekanbaru adalah stasioner. Berdasarkan ketiga uji tersebut, menunjukkan bahwa data kelembaban udara di kota Pekanbaru adalah stasioner.

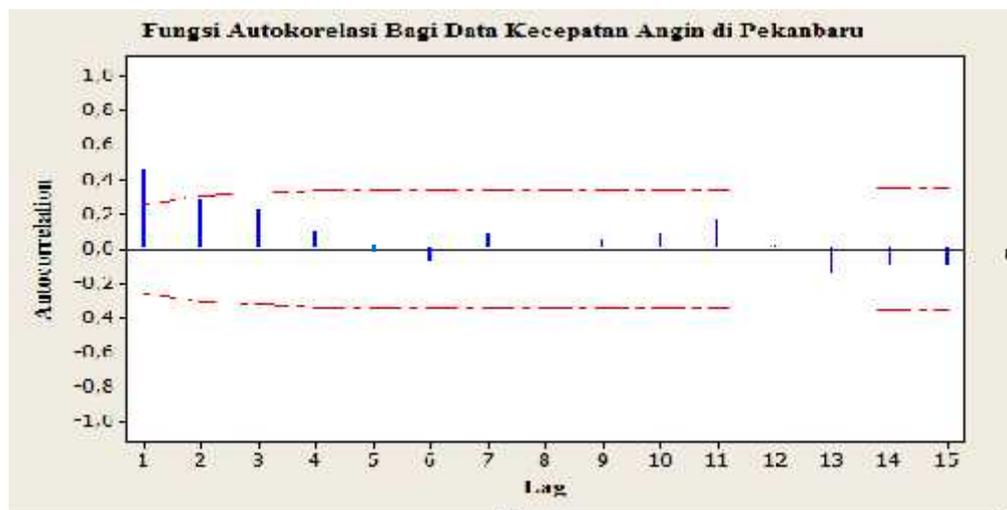
f. **Kecepatan Angin (*Wind Speed*)**

Data kecepatan angin kota Pekanbaru yang digunakan adalah 60 observasi yaitu dimulai dari bulan Januari 2011 hingga bulan Desember 2015. Berikut disajikan pada Gambar 4.23 berupa grafik data aktual kecepatan angin yaitu:

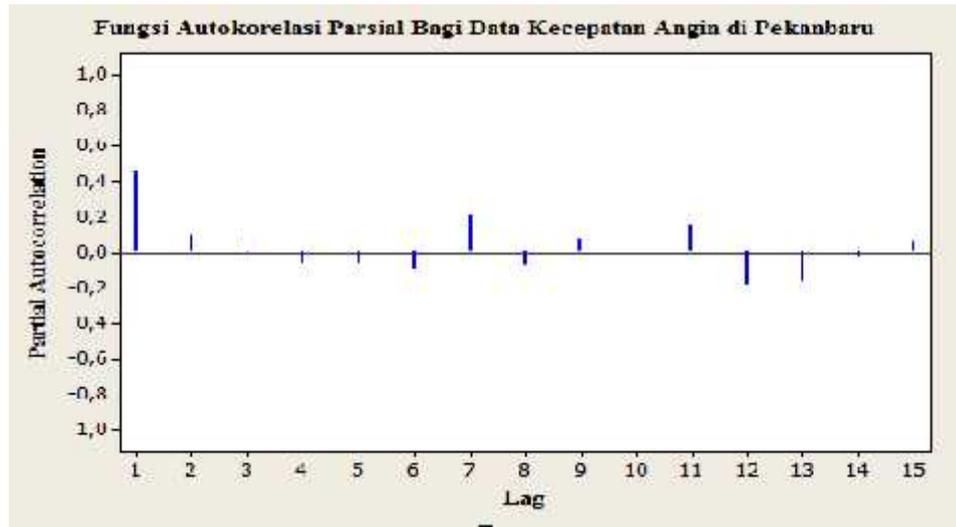


**Gambar 4.23 Grafik Data Kecepatan Angin Kota Pekanbaru**

Berdasarkan Gambar 4.23 yaitu grafik kecepatan angin kota Pekanbaru menunjukkan bahwa data kecepatan angin memenuhi syarat kestasioneran data karena rata-rata maupun varian bergerak secara konstan sepanjang waktu. Kestasioneran data juga dapat dilihat melalui plot *autocorrelation function* (ACF) dan *partial autocorrelation function* (PACF). Plot ACF dan plot PACF dapat dilihat pada Gambar 4.24 dan Gambar 4.25 berikut:



**Gambar 4.24 Plot ACF untuk Data Kecepatan Angin Kota Pekanbaru**



Gambar 4.25 Plot PACF untuk Data Kecepatan Angin Kota Pekanbaru

Berdasarkan kedua gambar di atas yaitu Gambar 4.24 dan Gambar 4.25 menunjukkan bahwa data kecepatan angin sudah dikatakan cenderung stasioner dikarenakan untuk setiap *lag* pada plot ACF menyusut menuju nol secara eksponensial dan PACF terlihat bahwa nilainya terpotong pada *lag* tertentu. Selain kedua grafik di atas, uji kestasioneran data dapat juga melalui uji *unit root*. Uji *unit root* diuji dengan menggunakan tiga macam uji yaitu uji Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips Perron (PP), dan Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS) dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *software* Eviews, berikut uji *unit root* untuk data kecepatan angin kota Pekanbaru yaitu:

1. Uji Augmented Dickey Fuller (ADF)

Pengujian hipotesis untuk uji ADF yang digunakan untuk data kecepatan angin kota Pekanbaru adalah:

$H_0$  : ( $\delta = 0$ ) kecepatan angin kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data kecepatan angin tidak stasioner)

$H_1$  : ( $\delta < 0$ ) kecepatan angin kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data kecepatan angin stasioner)

Hasil uji kestasioneran data kecepatan angin kota Pekanbaru menggunakan uji *unit root* ADF yang disajikan dalam Tabel 4.17 berikut:

**Tabel 4.17 Nilai Uji ADF Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Kecepatan Angin Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - <i>t</i>	Nilai - <i>p</i>
Augmented Dickey Fuller (ADF)		-4,5985	0,0004
Nilai Kritik MacKinnon	1 %	-3,5461	
	5 %	-2,9117	
	10 %	-2,5935	

Tabel 4.17 tersebut, menunjukkan bahwa  $|t| = 4,5985 >$  nilai mutlak untuk nilai kritik MacKinnon pada taraf signifikan 0,05 atau dapat dilihat dari nilai-*p* < taraf signifikan ( $0,0004 < 0,05$ ) maka tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data kecepatan angin di kota Pekanbaru adalah tidak mempunyai *unit root*, ini berarti bahwa *time series* kecepatan angin di kota Pekanbaru adalah stasioner.

2. Uji Phillips Perron (PP)

Pengujian hipotesis untuk uji PP yang digunakan untuk data kecepatan angin kota Pekanbaru adalah:

$H_0 : (\delta = 0)$  kecepatan angin kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data kecepatan angin tidak stasioner)

$H_1 : (\delta < 0)$  kecepatan angin kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data kecepatan angin stasioner)

Hasil uji kestasioneran data kecepatan angin kota Pekanbaru menggunakan uji *unit root* PP yang disajikan dalam Tabel 4.18 berikut:

**Tabel 4.18 Nilai Uji PP Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data kecepatan Angin Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - <i>t</i>	Nilai - <i>p</i>
Phillips Perron (PP)		-4,4859	0,0006
Nilai Kritik MacKinnon	1 %	-3,5461	
	5 %	-2,9117	

	10 %	-2,5935	
--	------	---------	--

Nilai pada Tabel 4.18 tersebut, menunjukkan bahwa  $|t| = 4,4859 >$  nilai mutlak untuk nilai kritik MacKinnon pada taraf signifikan 0,05 atau dapat dilihat dari nilai- $p <$  taraf signifikan ( $0,0006 < 0,05$ ) maka tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data kecepatan angin di kota Pekanbaru adalah tidak mempunyai *unit root*, ini berarti bahwa *time series* kecepatan angin di kota Pekanbaru adalah stasioner.

### 3. Uji Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)

Uji KPSS mempunyai pengujian hipotesis yang digunakan untuk data kecepatan angin kota Pekanbaru adalah:

$H_0 : (\delta < 0)$  kecepatan angin kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data kecepatan angin stasioner)

$H_1 : (\delta = 0)$  kecepatan angin kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data kecepatan angin tidak stasioner).

Hasil uji KPSS untuk kecepatan angin dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut:

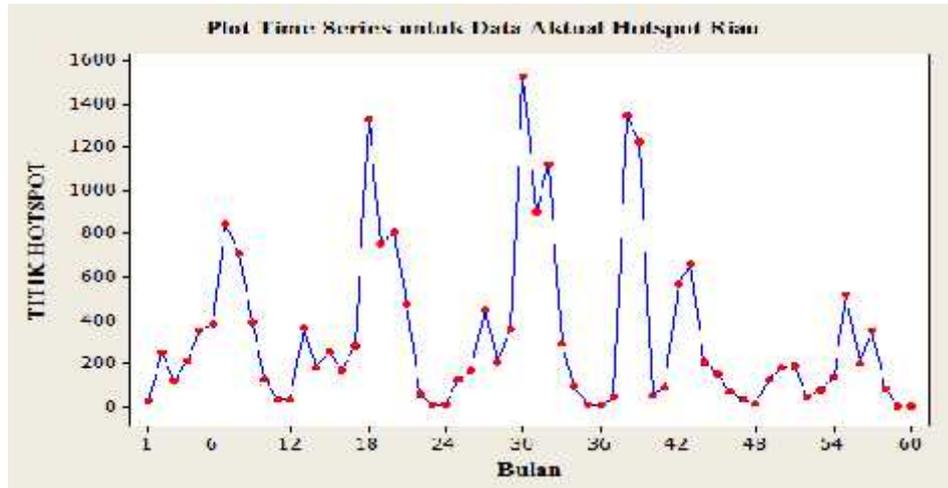
**Tabel 4.19 Nilai Uji KPSS Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data Kecepatan Angin Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - $t$
Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)		0,2700
Nilai Kritik MacKinnon	1 %	0,7390
	5 %	0,4630
	10 %	0,3470

Tabel 4.19 menunjukkan bahwa  $t = 0,2700 <$  nilai mutlak bagi nilai kritik MacKinnon pada tingkat kepercayaan 0,05 maka tidak tolak  $H_0$ , maka data kecepatan angin di kota Pekanbaru adalah stasioner. Berdasarkan ketiga uji tersebut, menunjukkan bahwa data kecepatan angin di kota Pekanbaru adalah stasioner.

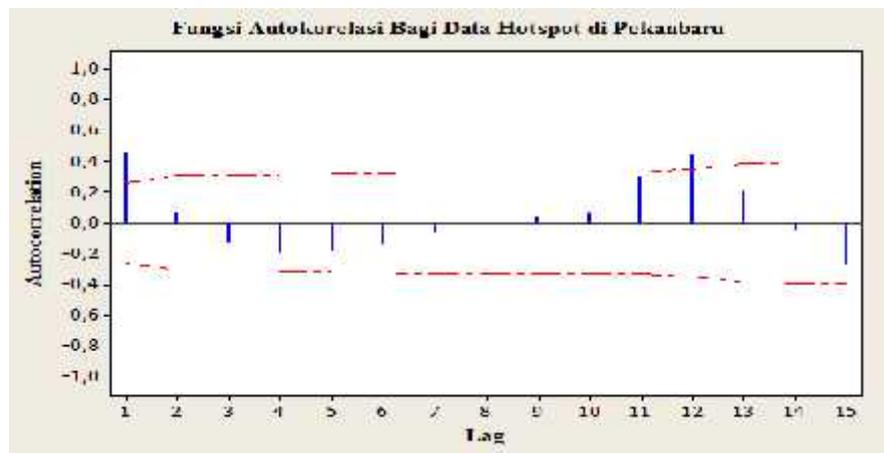
g. **Hotspot (Titik Api)**

Data *hotspot* Provinsi Riau disajikan dalam bentuk data bulanan sebanyak 60 observasi, yaitu dari bulan Januari 2011 hingga Desember 2015. Berikut plot *time series* untuk data aktual *hotspot* Provinsi Riau disajikan pada Gambar 4.26 yaitu:

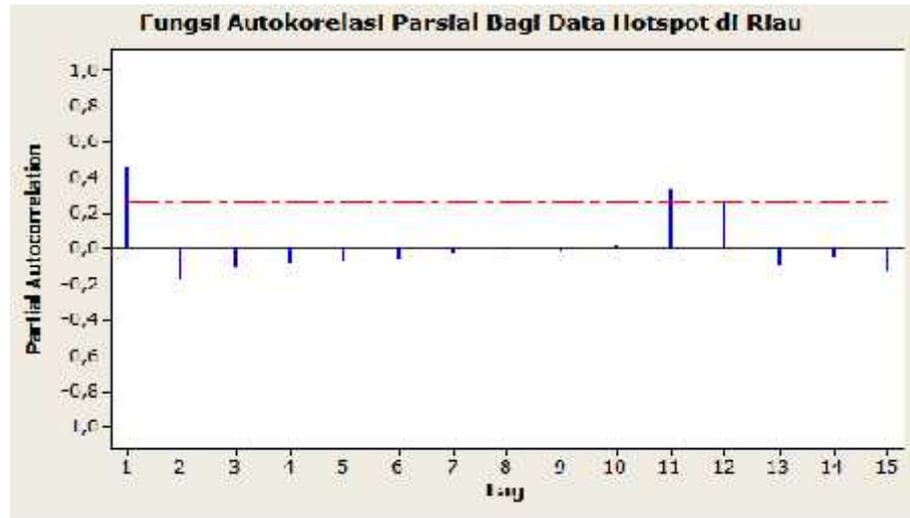


Gambar 4.26 Grafik *Hotspot* Kota Pekanbaru

Berdasarkan Gambar 4.26 yaitu grafik *hotspot* kota Pekanbaru menunjukkan bahwa data *hotspot* memenuhi syarat kestasioneran data karena rata-rata maupun varian bergerak secara konstan sepanjang waktu. Kestasioneran data juga dapat dilihat melalui plot *autocorrelation function* (ACF) dan *partial autocorrelation function* (PACF). Plot ACF dan plot PACF dapat dilihat pada Gambar 4.27 dan Gambar 4.28 berikut:



Gambar 4.27 Plot ACF untuk Data *Hotspot* Kota Pekanbaru



**Gambar 4.28** Plot PACF untuk Data *Hotspot* Kota Pekanbaru

Berdasarkan kedua gambar di atas yaitu Gambar 4.27 dan Gambar 4.28 menunjukkan bahwa data *hotspot* sudah dikatakan cenderung stasioner dikarenakan untuk setiap *lag* pada plot ACF menyusut menuju nol secara eksponensial dan PACF terlihat bahwa nilainya terpotong pada *lag* tertentu. Selain kedua grafik di atas, uji kestasioneran data dapat juga melalui uji *unit root*. Uji *unit root* diuji dengan menggunakan tiga macam uji yaitu uji Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips Perron (PP), dan Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS) dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *software* Eviews, berikut uji *unit root* untuk data *hotspot* kota Pekanbaru yaitu:

1. Uji Augmented Dickey Fuller (ADF)

Pengujian hipotesis untuk uji ADF yang digunakan untuk data *hotspot* kota Pekanbaru adalah:

$H_0 : (\delta = 0)$  *hotspot* kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data *hotspot* tidak stasioner)

$H_1 : (\delta < 0)$  *hotspot* kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data *hotspot* stasioner)

Hasil uji kestasioneran data *hotspot* kota Pekanbaru menggunakan uji *unit root* ADF yang disajikan dalam Tabel 4.20 berikut:

**Tabel 4.20 Nilai Uji ADF Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data *Hotspot* Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - <i>t</i>	Nilai - <i>p</i>
Augmented Dickey Fuller (ADF)		-4,6052	0,0004
Nilai Kritik MacKinnon	1 %	-3,5461	
	5 %	-2,9117	
	10 %	-2,5935	

Tabel 4.20 tersebut, menunjukkan bahwa  $|t| = 4,6052 >$  nilai mutlak untuk nilai kritik MacKinnon pada taraf signifikan 0,05 atau dapat dilihat dari nilai-*p* < taraf signifikan (0,0004 < 0,05) maka tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data *hotspot* di kota Pekanbaru adalah tidak mempunyai *unit root*, ini berarti bahwa *time series hotspot* di kota Pekanbaru adalah stasioner.

2. Uji Phillips Perron (PP)

Pengujian hipotesis untuk uji PP yang digunakan untuk data *hotspot* kota Pekanbaru adalah:

$H_0 : (\delta = 0)$  *hotspot* kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data *hotspot* tidak stasioner)

$H_1 : (\delta < 0)$  *hotspot* kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data *hotspot* stasioner)

Hasil uji kestasioneran data *hotspot* kota Pekanbaru menggunakan uji *unit root* PP yang disajikan dalam Tabel 4.21 berikut:

**Tabel 4.21 Nilai Uji PP Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data *Hotspot* Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - <i>t</i>	Nilai - <i>p</i>
Phillips Perron (PP)		-4,3697	0,0009
Nilai Kritik MacKinnon	1 %	-3,5461	
	5 %	-2,9117	

	10 %	-2,5935	
--	------	---------	--

Nilai pada Tabel 4.21 tersebut, menunjukkan bahwa  $|t| = 4,3697 >$  nilai mutlak untuk nilai kritik MacKinnon pada taraf signifikan 0,05 atau dapat dilihat dari nilai- $p <$  taraf signifikan ( $0,0009 < 0,05$ ) maka tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data *hotspot* di kota Pekanbaru adalah tidak mempunyai *unit root*, ini berarti bahwa *time series hotspot* di kota Pekanbaru adalah stasioner.

### 3. Uji Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)

Uji KPSS mempunyai pengujian hipotesis yang digunakan untuk data *hotspot* kota Pekanbaru adalah:

$H_0 : (\delta < 0)$  *hotspot* kota Pekanbaru tidak terdapat *unit root* (data *hotspot* stasioner)

$H_1 : (\delta = 0)$  *hotspot* kota Pekanbaru terdapat *unit root* (data *hotspot* tidak stasioner).

Hasil uji KPSS untuk *hotspot* dapat dilihat pada Tabel 4.22 berikut:

**Tabel 4.22 Nilai Uji KPSS Berbanding dengan Nilai Kritik MacKinnon untuk Data *Hotspot* Kota Pekanbaru**

Anggaran		Statistik - $t$
Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin (KPSS)		0,1868
Nilai Kritik MacKinnon	1 %	0,7390
	5 %	0,4630
	10 %	0,3470

Tabel 4.22 menunjukkan bahwa  $t = 0,1868 <$  nilai mutlak bagi nilai kritik Mac-Kinnon pada tingkat kepercayaan 0,05 maka tidak tolak  $H_0$ , maka data *hotspot* di kota Pekanbaru adalah stasioner. Berdasarkan ketiga uji tersebut, menunjukkan bahwa data *hotspot* di kota Pekanbaru adalah stasioner.

### 4.3.2 Penentuan Panjang *Lag* Optimal

Data *particulate matter* (PM10), curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan *hotspot* (titik api) sudah stasioner, tahap selanjutnya ialah menentukan panjang *lag* optimal yang akan digunakan dalam model *vector autoregressive* (VAR). Berdasarkan *software* Eviews didapatkan panjang *lag* optimal seperti pada Tabel 4.23 berikut:

**Tabel 4.23 Panjang *Lag* Optimal**

<i>Lag</i>	AIC	SC	HQ
0	52,75358	53,00448*	52,85109
1	52,05960*	54,06681	52,83967*
2	52,22299	55,98650	53,68562
3	52,35758	57,87741	54,50278

Berdasarkan Tabel 4.23 dapat dilihat bahwa nilai AIC, SC, dan HQ yang bertanda bintang dan yang terkecil diantara *lag* nol hingga *lag* ketiga ialah AIC pada *lag* 1. Sehingga kita dapat mengetahui bahwa *lag* optimal yang digunakan untuk model *vector autoregressive* (VAR) ialah pada *lag* 1 atau model VAR(1).

### 4.3.3 Pengujian Kausalitas Granger

Setelah didapat panjang *lag* optimal, langkah selanjutnya ialah menguji kausalitas granger. Uji kausalitas granger dilakukan untuk melihat ada atau tidak hubungan searah atau timbal balik antar variabel. Berikut hasil uji kausalitas granger menggunakan *software* Eviews dapat disajikan pada Tabel 4.24 yaitu:

**Tabel 4.24 Uji Kausalitas Granger**

No	Hipotesis	Obs	F-Statistik	P-Value
1	KA tidak mempengaruhi CH	59	0,53571	0,4673
	CH tidak mempengaruhi KA		2,03996	0,1588
2	KU tidak mempengaruhi CH	59	0,0000063	0,9980
	CH tidak mempengaruhi KU		0,00663	0,9354
3	PM10 tidak mempengaruhi CH	59	0,04065	0,8409
	CH tidak mempengaruhi PM10		0,23779	0,6277

4	RM tidak mempengaruhi CH CH tidak mempengaruhi RM	59	5,07833 1,30892	0,0282 0,2575
5	SU tidak mempengaruhi CH CH tidak mempengaruhi SU	59	0,12241 0,03840	0,7277 0,8454
6	HP tidak mempengaruhi CH CH tidak mempengaruhi HP	59	0,16547 1,26958	0,6857 0,2647
7	KU tidak mempengaruhi KA KA tidak mempengaruhi KU	59	0,01387 6,04835	0,9067 0,0170
8	PM10 tidak mempengaruhi KA KA tidak mempengaruhi PM10	59	0,53467 0,44312	0,4677 0,5084
9	RM tidak mempengaruhi KA KA tidak mempengaruhi RM	59	3,37422 0,18205	0,0715 0,6713
10	SU tidak mempengaruhi KA KA tidak mempengaruhi SU	59	5,51941 0,31647	0,0224 0,5760
11	HP tidak mempengaruhi KA KA tidak mempengaruhi HP	59	0,54855 0,88732	0,4620 0,3503
12	PM10 tidak mempengaruhi KU KU tidak mempengaruhi PM10	59	3,55856 0,22136	0,0644 0,6398
13	RM tidak mempengaruhi KU KU tidak mempengaruhi RM	59	0,05878 0,42821	0,8093 0,5155
14	SU tidak mempengaruhi KU KU tidak mempengaruhi SU	59	0,40524 0,02404	0,5270 0,8773
15	HP tidak mempengaruhi KU KU tidak mempengaruhi HP	59	0,33197 0,05874	0,5668 0,8094
16	RM tidak mempengaruhi PM10 PM10 tidak mempengaruhi RM	59	0,84963 1,34150	0,3606 0,2517
17	SU tidak mempengaruhi PM10 PM10 tidak mempengaruhi SU	59	0,00342 0,59212	0,9536 0,4448
18	HP tidak mempengaruhi PM10 PM10 tidak mempengaruhi HP	59	0,00371 4,12497	0,9517 0,0470
19	SU tidak mempengaruhi RM	59	2,19651	0,1439

	RM tidak mempengaruhi SU		5,21047	0,0263
20	HP tidak mempengaruhi RM	59	0,22526	0,6369
	RM tidak mempengaruhi HP		1,67382	0,2011
21	HP tidak mempengaruhi SU	59	0,10621	0,7457
	SU tidak mempengaruhi HP		1,41839	0,2387

dimana:

PM10 : *Particulate Matter 10*

CH : Curah hujan

RM : Radiasi matahari

SU : Suhu udara

KU : Kelembaban Udara

KA : Kecepatan Angin

HP : *Hotspot*

Berdasarkan Tabel 4.24 tersebut diperoleh hasil uji kausalitas granger sebagai berikut:

1. Uji Kausalitas Granger Kecepatan Angin dan Curah Hujan

a.  $H_0$  : Kecepatan angin tidak mempengaruhi curah hujan

$H_1$  : Kecepatan angin mempengaruhi curah hujan

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,4673  $\geq$  0,05. Artinya  $H_0$  diterima yaitu kecepatan angin tidak mempengaruhi curah hujan.

b.  $H_0$  : Curah hujan tidak mempengaruhi kecepatan angin

$H_1$  : Curah hujan mempengaruhi kecepatan angin

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu

0,1588  $\geq$  0,05. Artinya  $H_0$  diterima yaitu curah hujan tidak mempengaruhi kecepatan angin.

2. Uji Kausalitas Granger Kelembaban Udara dan Curah Hujan

a.  $H_0$  : Kelembaban udara tidak mempengaruhi curah hujan

$H_1$  : Kelembaban udara mempengaruhi curah hujan

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,9980  $\geq$  0,05. Artinya  $H_0$  diterima yaitu kelembaban udara tidak mempengaruhi curah hujan.

b.  $H_0$  : Curah hujan tidak mempengaruhi kelembaban udara

$H_1$  : Curah hujan mempengaruhi kelembaban udara

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,9354  $\geq$  0,05. Artinya  $H_0$  diterima yaitu curah hujan tidak mempengaruhi kelembaban udara.

3. Uji Kausalitas Granger PM10 dan Curah Hujan

a.  $H_0$  : PM10 tidak mempengaruhi curah hujan

$H_1$  : PM10 mempengaruhi curah hujan

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,8409  $\geq$  0,05. Artinya  $H_0$  diterima yaitu PM10 tidak mempengaruhi curah hujan.

b.  $H_0$  : Curah hujan tidak mempengaruhi PM10

$H_1$  : Curah hujan mempengaruhi PM10

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu  $0,6277 \geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu curah hujan tidak mempengaruhi PM10.

4. Uji Kausalitas Granger Radiasi Matahari dan Curah Hujan

a.  $H_0$  : Radiasi matahari tidak mempengaruhi curah hujan

$H_1$  : Radiasi matahari mempengaruhi curah hujan

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P < \alpha$  yaitu  $0,0282 < 0,05$ . Artinya  $H_0$  ditolak yaitu radiasi matahari mempengaruhi curah hujan.

b.  $H_0$  : Curah hujan tidak mempengaruhi radiasi matahari

$H_1$  : Curah hujan mempengaruhi radiasi matahari

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu  $0,2575 \geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu curah hujan tidak mempengaruhi radiasi matahari.

5. Uji Kausalitas Granger Suhu Udara dan Curah Hujan

a.  $H_0$  : Suhu udara tidak mempengaruhi curah hujan

$H_1$  : Suhu udara mempengaruhi curah hujan

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu  $0,7277 \geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu suhu udara tidak mempengaruhi curah hujan.

b.  $H_0$  : Curah hujan tidak mempengaruhi suhu udara

$H_1$  : Curah hujan mempengaruhi suhu udara

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,8454  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu curah hujan tidak mempengaruhi suhu udara.

6. Uji Kausalitas Granger *Hotspot* dan Curah Hujan

a.  $H_0$  : *Hotspot* tidak mempengaruhi curah hujan

$H_1$  : *Hotspot* mempengaruhi curah hujan

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,6857  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu *hotspot* tidak mempengaruhi curah hujan.

b.  $H_0$  : Curah hujan tidak mempengaruhi *hotspot*

$H_1$  : Curah hujan mempengaruhi *hotspot*

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,2647  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu curah hujan tidak mempengaruhi *hotspot*.

7. Uji Kausalitas Granger Kelembaban Udara dan Kecepatan Angin

a.  $H_0$  : Kelembaban udara tidak mempengaruhi kecepatan angin

$H_1$  : Kelembaban udara mempengaruhi kecepatan angin

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,9067  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu kelembaban udara tidak mempengaruhi kecepatan angin.

b.  $H_0$  : Kecepatan angin tidak mempengaruhi kelembaban udara

$H_1$  : Kecepatan angin mempengaruhi kelembaban udara

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P < \alpha$  yaitu 0,0170 < 0,05. Artinya  $H_0$  ditolak yaitu kecepatan angin mempengaruhi kelembaban udara.

8. Uji Kausalitas PM10 dan Kecepatan Angin

a.  $H_0$  : PM10 tidak mempengaruhi kecepatan angin

$H_1$  : PM10 mempengaruhi kecepatan angin

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,4677  $\geq$  0,05. Artinya  $H_0$  diterima yaitu PM10 tidak mempengaruhi kecepatan angin.

b.  $H_0$  : Kecepatan angin tidak mempengaruhi PM10

$H_1$  : Kecepatan angin mempengaruhi PM10

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,5084  $\geq$  0,05. Artinya  $H_0$  diterima yaitu kecepatan angin tidak mempengaruhi PM10.

9. Uji Kausalitas Granger Radiasi Matahari dan Kecepatan Angin

a.  $H_0$  : Radiasi matahari tidak mempengaruhi kecepatan angin

$H_1$  : Radiasi matahari mempengaruhi kecepatan angin

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,0715  $\geq$  0,05. Artinya  $H_0$  diterima yaitu radiasi matahari tidak mempengaruhi kecepatan angin.

b.  $H_0$  : Kecepatan angin tidak mempengaruhi radiasi matahari

$H_1$  : Kecepatan angin mempengaruhi radiasi matahari

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,6713  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu kecepatan angin tidak mempengaruhi radiasi matahari.

10. Uji Kausalitas Granger Suhu Udara dan Kecepatan Angin

a.  $H_0$  : Suhu udara tidak mempengaruhi kecepatan angin

$H_1$  : Suhu udara mempengaruhi kecepatan angin

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P < \alpha$  yaitu 0,0224  $< 0,05$ . Artinya  $H_0$  ditolak yaitu suhu udara mempengaruhi kecepatan angin.

b.  $H_0$  : Kecepatan angin tidak mempengaruhi suhu udara

$H_1$  : Kecepatan angin mempengaruhi suhu udara

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,5760  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu kecepatan angin tidak mempengaruhi suhu udara.

11. Uji Kausalitas Granger *Hotspot* dan Kecepatan Angin

a.  $H_0$  : *Hotspot* tidak mempengaruhi kecepatan angin

$H_1$  : *Hotspot* mempengaruhi kecepatan angin

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,4620  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu *hotspot* tidak mempengaruhi kecepatan angin.

b.  $H_0$  : Kecepatan angin tidak mempengaruhi *hotspot*

$H_1$  : Kecepatan angin mempengaruhi *hotspot*

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,3503  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu kecepatan angin tidak mempengaruhi *hotspot*.

12. Uji Kausalitas Granger PM10 dan Kelembaban Udara

a.  $H_0$  : PM10 tidak mempengaruhi kelembaban udara

$H_1$  : PM10 mempengaruhi kelembaban udara

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,0644  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu PM10 tidak mempengaruhi kelembaban udara.

b.  $H_0$  : Kelembaban udara tidak mempengaruhi PM10

$H_1$  : Kelembaban udara mempengaruhi PM10

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,6398  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu kelembaban udara tidak mempengaruhi PM10.

13. Uji Kausalitas Granger Radiasi Matahari dan Kelembaban Udara

a.  $H_0$  : Radiasi matahari tidak mempengaruhi kelembaban udara

$H_1$  : Radiasi matahari mempengaruhi kelembaban udara

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,8093  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu radiasi matahari tidak mempengaruhi kelembaban udara.

b.  $H_0$  : Kelembaban udara tidak mempengaruhi radiasi matahari

$H_1$  : Kelembaban udara mempengaruhi radiasi matahari

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,5155  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu kelembaban udara tidak mempengaruhi radiasi matahari.

14. Uji Kausalitas Granger Suhu Udara dan Kelembaban Udara

- a.  $H_0$  : Suhu udara tidak mempengaruhi kelembaban udara  
 $H_1$  : Suhu udara mempengaruhi kelembaban udara

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,5270  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu suhu udara tidak mempengaruhi kelembaban udara.

- b.  $H_0$  : Kelembaban udara tidak mempengaruhi suhu udara  
 $H_1$  : Kelembaban udara mempengaruhi suhu udara

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,8773  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu kelembaban udara tidak mempengaruhi suhu udara.

15. Uji Kausalitas *Hotspot* dan Kelembaban Udara

- a.  $H_0$  : *Hotspot* tidak mempengaruhi kelembaban udara  
 $H_1$  : *Hotspot* mempengaruhi kelembaban udara

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,5668  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu *hotspot* tidak mempengaruhi kelembaban udara.

- b.  $H_0$  : Kelembaban udara tidak mempengaruhi *hotspot*  
 $H_1$  : Kelembaban udara mempengaruhi *hotspot*

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,8094  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu kelembaban udara tidak mempengaruhi *hotspot*.

16. Uji Kausalitas Radiasi Matahari dan PM10

- a.  $H_0$  : Radiasi matahari tidak mempengaruhi PM10  
 $H_1$  : Radiasi matahari mempengaruhi PM10

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,3606  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu radiasi matahari tidak mempengaruhi PM10.

- b.  $H_0$  : PM10 tidak mempengaruhi radiasi matahari  
 $H_1$  : PM10 mempengaruhi radiasi matahari

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,2517  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu PM10 tidak mempengaruhi radiasi matahari.

17. Uji Kausalitas Suhu Udara dan PM10

- a.  $H_0$  : Suhu udara tidak mempengaruhi PM10  
 $H_1$  : Suhu udara mempengaruhi PM10

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,9536  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu suhu udara tidak mempengaruhi PM10.

- b.  $H_0$  : PM10 tidak mempengaruhi suhu udara  
 $H_1$  : PM10 mempengaruhi suhu udara

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,4448  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu PM10 tidak mempengaruhi suhu udara.

18. Uji Kausalitas *Hotspot* dan PM10

- a.  $H_0$  : *Hotspot* tidak mempengaruhi PM10  
 $H_1$  : *Hotspot* mempengaruhi PM10

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,9517  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu *hotspot* tidak mempengaruhi PM10.

- b.  $H_0$  : PM10 tidak mempengaruhi *hotspot*  
 $H_1$  : PM10 mempengaruhi *hotspot*

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P < \alpha$  yaitu 0,0470  $< 0,05$ . Artinya  $H_0$  ditolak yaitu PM10 mempengaruhi *hotspot*.

19. Uji Kausalitas Suhu Udara dan Radiasi Matahari

- a.  $H_0$  : Suhu udara tidak mempengaruhi radiasi matahari  
 $H_1$  : Suhu udara mempengaruhi radiasi matahari

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,1439  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu suhu udara tidak mempengaruhi radiasi matahari.

- b.  $H_0$  : Radiasi matahari tidak mempengaruhi suhu udara  
 $H_1$  : Radiasi matahari mempengaruhi suhu udara

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P < \alpha$  yaitu  $0,0263 < 0,05$ . Artinya  $H_0$  ditolak yaitu radiasi matahari mempengaruhi suhu udara.

20. Uji Kausalitas *Hotspot* dan Radiasi Matahari

- a.  $H_0$  : *Hotspot* tidak mempengaruhi radiasi matahari  
 $H_1$  : *Hotspot* mempengaruhi radiasi matahari

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu  $0,6369 \geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu *hotspot* tidak mempengaruhi radiasi matahari.

- b.  $H_0$  : Radiasi matahari tidak mempengaruhi *hotspot*  
 $H_1$  : Radiasi matahari mempengaruhi *hotspot*

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu  $0,2011 \geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  ditolak yaitu radiasi matahari mempengaruhi *hotspot*.

21. Uji Kausalitas *Hotspot* dan Suhu Udara

- a.  $H_0$  : *Hotspot* tidak mempengaruhi suhu udara  
 $H_1$  : *Hotspot* mempengaruhi suhu udara

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu  $0,7457 \geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  diterima yaitu *hotspot* tidak mempengaruhi suhu udara.

- b.  $H_0$  : Suhu udara tidak mempengaruhi *hotspot*  
 $H_1$  : Suhu udara mempengaruhi *hotspot*

Daerah Penolakan:

Jika nilai- $P < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, sebaliknya jika nilai- $P \geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa nilai- $P \geq \alpha$  yaitu 0,2387  $\geq 0,05$ . Artinya  $H_0$  ditolak yaitu suhu udara mempengaruhi *hotspot*.

Berdasarkan uji Kausalitas Granger diatas dapat dilihat bahwa yang mempunyai kausalitas antar variabel yaitu radiasi matahari mempengaruhi curah hujan, kecepatan angin mempengaruhi kelembaban udara, suhu udara mempengaruhi kecepatan angin, PM10 mempengaruhi jumlah *hotspot* dan radiasi matahari mempengaruhi suhu udara.

#### 4.3.4 Tahap Estimasi Parameter

Pada langkah ini merupakan langkah pengestimasi parameter untuk model VAR. Pada langkah kedua sudah diperoleh panjang *lag* yaitu 1 yang terdiri dari 7 variabel sehingga model yang dihasilkan untuk diestimasi adalah VAR(1). Berikut merupakan persamaan dari model VAR(1):

$$PM_t = \alpha_{10} + \alpha_{11}PM_{t-1} + \alpha_{12}CH_{t-1} + \alpha_{13}RM_{t-1} + \alpha_{14}SU_{t-1} + \alpha_{15}KU_{t-1} + \alpha_{16}KA_{t-1} + \alpha_{17}HP_{t-1} \quad (4.1)$$

$$CH_t = \alpha_{20} + \alpha_{21}PM_{t-1} + \alpha_{22}CH_{t-1} + \alpha_{23}RM_{t-1} + \alpha_{24}SU_{t-1} + \alpha_{25}KU_{t-1} + \alpha_{26}KA_{t-1} + \alpha_{27}HP_{t-1} \quad (4.2)$$

$$RM_t = \alpha_{30} + \alpha_{31}PM_{t-1} + \alpha_{32}CH_{t-1} + \alpha_{33}RM_{t-1} + \alpha_{34}SU_{t-1} + \alpha_{35}KU_{t-1} + \alpha_{36}KA_{t-1} + \alpha_{37}HP_{t-1} \quad (4.3)$$

$$SU_t = \alpha_{40} + \alpha_{41}PM_{t-1} + \alpha_{42}CH_{t-1} + \alpha_{43}RM_{t-1} + \alpha_{44}SU_{t-1} + \alpha_{45}KU_{t-1} + \alpha_{46}KA_{t-1} + \alpha_{47}HP_{t-1} \quad (4.4)$$

$$KU_t = \alpha_{50} + \alpha_{51}PM_{t-1} + \alpha_{52}CH_{t-1} + \alpha_{53}RM_{t-1} + \alpha_{54}SU_{t-1} + \alpha_{55}KU_{t-1} + \alpha_{56}KA_{t-1} + \alpha_{57}HP_{t-1} \quad (4.5)$$

$$KA_t = \alpha_{60} + \alpha_{61}PM_{t-1} + \alpha_{62}CH_{t-1} + \alpha_{63}RM_{t-1} + \alpha_{64}SU_{t-1} + \alpha_{65}KU_{t-1} + \alpha_{66}KA_{t-1} + \alpha_{67}HP_{t-1} \quad (4.6)$$

$$HP_t = \alpha_{70} + \alpha_{71}PM_{t-1} + \alpha_{72}CH_{t-1} + \alpha_{73}RM_{t-1} + \alpha_{74}SU_{t-1} + \alpha_{75}KU_{t-1} + \alpha_{76}KA_{t-1} + \alpha_{77}HP_{t-1} \quad (4.7)$$

dimana:

$PM_t$  : *Particulate 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  $t$

$KU_t$  : Kelembaban udara pada waktu  $t$

$KA_t$  : Kecepatan angin pada waktu  $t$

$HP_t$  : *Hotspot* pada waktu  $t$

Hasil estimasi parameter didapatkan dengan menggunakan *software* Eviews. Hasil estimasi parameter model VAR(1) disajikan dalam Tabel 4.25 berikut ini:

**Tabel 4.25 Estimasi Parameter Model VAR(1)**

No	Parameter	Koefisien	No	Parameter	Koefisien
1	$\alpha_{10}$	149,7381	29	$\alpha_{44}$	0,108945
2	$\alpha_{11}$	0,416278	30	$\alpha_{45}$	0,025423
3	$\alpha_{12}$	-0,052446	31	$\alpha_{46}$	-0,176210
4	$\alpha_{13}$	0,936474	32	$\alpha_{47}$	0,00000677
5	$\alpha_{14}$	-12,90104	33	$\alpha_{50}$	33,12041
6	$\alpha_{15}$	2,406027	34	$\alpha_{51}$	0,026588
7	$\alpha_{16}$	1,502081	35	$\alpha_{52}$	0,005811
8	$\alpha_{17}$	0,004838	36	$\alpha_{53}$	0,021051
9	$\alpha_{20}$	-995,5880	37	$\alpha_{54}$	0,501039

10	$\alpha_{21}$	-0,429003	38	$\alpha_{55}$	0,232368
11	$\alpha_{22}$	0,133695	39	$\alpha_{56}$	1,850556
12	$\alpha_{23}$	-5,862917	40	$\alpha_{57}$	-0,002760
13	$\alpha_{24}$	60,15508	41	$\alpha_{60}$	-3,853074
14	$\alpha_{25}$	-5,862112	42	$\alpha_{61}$	0,001513
15	$\alpha_{26}$	52,41497	43	$\alpha_{62}$	-0,000441
16	$\alpha_{27}$	-0,017521	44	$\alpha_{63}$	0,008544
17	$\alpha_{30}$	-197,3720	45	$\alpha_{64}$	0,177254
18	$\alpha_{31}$	-0,097536	46	$\alpha_{65}$	0,028287
19	$\alpha_{32}$	-0,036721	47	$\alpha_{66}$	0,372497
20	$\alpha_{33}$	0,055356	48	$\alpha_{67}$	-0,0000758
21	$\alpha_{34}$	6,195897	49	$\alpha_{70}$	-2144,331
22	$\alpha_{35}$	0,991115	50	$\alpha_{71}$	-2,565040
23	$\alpha_{36}$	1,383685	51	$\alpha_{72}$	-0,877820
24	$\alpha_{37}$	0,004068	52	$\alpha_{73}$	-0,489908
25	$\alpha_{40}$	22,30147	53	$\alpha_{74}$	35,02039
26	$\alpha_{41}$	0,000463	54	$\alpha_{75}$	28,34255
27	$\alpha_{42}$	-0,000356	55	$\alpha_{76}$	-101,8496
28	$\alpha_{43}$	0,020615	56	$\alpha_{77}$	0,674773

Berdasarkan Tabel 4.25 maka parameter model tersebut dapat disubstitusikan ke dalam model VAR(1) dengan menggunakan persamaan (4.1), (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), dan (4.7) yaitu:

$$PM_t = 149,7381 + 0,416278PM_{t-1} - 0,052446CH_{t-1} + 0,936474RM_{t-1} - 12,90104SU_{t-1} + 2,406027KU_{t-1} + 1,502081KA_{t-1} + 0,004838HP_{t-1} \quad (4.8)$$

$$CH_t = -995,5880 - 0,429003PM_{t-1} + 0,133695CH_{t-1} - 5,862917RM_{t-1} + 60,15508SU_{t-1} - 5,862112KU_{t-1} + 52,41497KA_{t-1} - 0,017521 \quad (4.9)$$

$$RM_t = -197,3720 - 0,097536PM_{t-1} - 0,036721CH_{t-1} + 0,055356RM_{t-1} + 6,195897SU_{t-1} + 0,991115KU_{t-1} + 1,383685KA_{t-1} + 0,004068HP_{t-1} \quad (4.10)$$

$$SU_t = 22,30147 + 0,000463PM_{t-1} - 0,000356CH_{t-1} + 0,020615RM_{t-1} + 0,108945SU_{t-1} + 0,025423KU_{t-1} - 0,17621KA_{t-1} + 0,00000677HP_{t-1} \quad (4.11)$$

$$KU_t = 33,12041 + 0,026588PM_{t-1} + 0,005811CH_{t-1} + 0,021051RM_{t-1} + 0,501039SU_{t-1} + 0,232368KU_{t-1} + 1,850556KA_{t-1} - 0,00276HP_{t-1} \quad (4.12)$$

$$KA_t = -3,853074 + 0,001513PM_{t-1} - 0,000441CH_{t-1} + 0,008544RM_{t-1} + 0,177254SU_{t-1} + 0,028287KU_{t-1} + 0,372497KA_{t-1} - 0,0000758HP_{t-1} \quad (4.13)$$

$$HP_t = -2144,331 - 2,56504PM_{t-1} - 0,87782CH_{t-1} - 0,489908RM_{t-1} + 35,02039SU_{t-1} + 28,34255KU_{t-1} - 101,8496KA_{t-1} + 0,674773HP_{t-1} \quad (4.14)$$

Persamaan (4.8), (4.9), (4.10), (4.11), (4.12), (4.13), dan (4.14) dalam bentuk matriks seperti berikut ini:

$$\begin{bmatrix} PM_t \\ CH_t \\ RM_t \\ SU_t \\ KU_t \\ KA_t \\ HP_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 149,7381 \\ -99,5588 \\ -197,372 \\ 22,30147 \\ 33,12041 \\ -3,853074 \\ -2144,331 \end{bmatrix} + \quad (4.15)$$

$$\begin{bmatrix} 0,416278 & -0,052446 & 0,936474 & -12,90104 & 2,406027 & 1,502081 & 0,004838 \\ -0,429003 & 0,133695 & -5,862917 & 60,15508 & -5,862112 & 52,41497 & -0,017521 \\ -0,097536 & -0,036721 & 0,055356 & 6,195897 & 0,991115 & 1,383685 & 0,004068 \\ 0,000463 & -0,000356 & 0,020615 & 0,108945 & 0,025423 & -0,17621 & 0,00000677 \\ 0,026588 & 0,005811 & 0,021051 & 0,501039 & 0,232368 & 1,850556 & -0,00276 \\ 0,001513 & -0,000441 & 0,008544 & 0,177254 & 0,028287 & 0,372497 & -0,0000758 \\ -2,56504 & -0,87782 & -0,489908 & 35,02039 & 28,34255 & -101,8496 & 0,674773 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} PM_{t-1} \\ CH_{t-1} \\ RM_{t-1} \\ SU_{t-1} \\ KU_{t-1} \\ KA_{t-1} \\ HP_{t-1} \end{bmatrix}$$

### 4.3.5 Uji Keباikan Model VAR

Setelah model untuk prediksi diperoleh yaitu model VAR(1) maka perlu dilakukan pengujian keباikan model dengan menggunakan uji *Lagrange Multiplier Test* (uji LM). Uji keباikan model ini dilakukan dengan melihat apakah residualnya berkorelasi atau tidak dengan menggunakan *Lagrange Multiplier test* (uji LM), pengujian ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak yaitu *software*

Eviews. Berikut adalah pengujian hipotesis dari uji *Lagrange Multiplier test* (uji LM):

$H_0$  : Tidak terdapat autokorelasi yang signifikan sampai lag ke- $h$  (model layak)

$H_1$  : Terdapat autokorelasi yang signifikan sampai lag ke- $h$  (model tidak layak)

Dengan menggunakan taraf signifikan  $\alpha = 5\% = 0,05$  maka dapat ditentukan daerah penolakan yaitu jika nilai- $p > \alpha$  maka  $H_0$  diterima yang berarti tidak ada komponen autokorelasi yang signifikan sampai lag ke- $h$  atau model layak. Begitu juga sebaliknya jika nilai- $p \leq \alpha$  maka  $H_0$  ditolak yang berarti ada komponen autokorelasi yang signifikan sampai lag ke- $h$  atau model tidak layak.

Tabel 4.26 berikut ini merupakan hasil uji *Lagrange Multiplier test* yaitu:

**Tabel 4.26 Hasil Uji *Lagrange Multiplier Test* (Uji LM)**

<i>Lags</i>	<b>LM-Stat</b>	<b>Prob</b>
1	65.00721	0.0625
2	56.12147	0.2255
3	62.02264	0.1002
4	50.83375	0.4012
5	50.50584	0.4138
6	41.54211	0.7664
7	46.15437	0.5892
8	50.94637	0.3969
9	43.65337	0.6890
10	31.50254	0.9754
11	57.62338	0.1864
12	55.25166	0.2504

Berdasarkan Tabel 4.26 diatas, diperoleh hasil bahwa semua nilai- $p$  melebihi taraf signifikan atau nilai- $p > \alpha$  untuk semua *lag* atau sampai lag kedua belas. Hal ini berarti tidak ada komponen autokolerasi yang signifikan pada alpa 5%, semua nilai- $p$  pada setiap *lag* lebih besar dari 0,05 artinya menunjukkan bahwa *error* tidak ada autokolerasi atau model sudah layak.

### 4.3.6 Tahap Penerapan Model untuk Peramalan

Setelah dilakukan uji kebaikan model dengan menggunakan uji LM, yang menyatakan bahwa model VAR(1) sudah layak digunakan untuk melakukan prediksi pada waktu yang akan datang. Berikut tahapan dalam melakukan peramalan:

a. *Prediksi Data Training*

Pada prediksi data *training* ini menggunakan data aktual semua variabel, dimana data diambil secara bulanan mulai Januari 2011 sampai Desember 2015. Hasil prediksi data *training* untuk seluruh data dapat dilihat pada Lampiran B. Berikut ini adalah contoh prediksi data *training* menggunakan model VAR(1) dan persamaan yang digunakan adalah Persamaan (4.15) yaitu:

$$\begin{bmatrix} PM_t \\ CH_t \\ RM_t \\ SU_t \\ KU_t \\ KA_t \\ HP_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 149,7381 \\ -995,588 \\ -197,372 \\ 22,30147 \\ 33,12041 \\ -3,853074 \\ -2144,331 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,416278 & -0,052446 & 0,936474 & -12,90104 & 2,406027 & 1,502081 & 0,004838 \\ -0,429003 & 0,133695 & -5,862917 & 60,15508 & -5,862112 & 52,41497 & -0,017521 \\ -0,097536 & -0,036721 & 0,055356 & 6,195897 & 0,991115 & 1,383685 & 0,004068 \\ 0,000463 & -0,000356 & 0,020615 & 0,108945 & 0,025423 & -0,17621 & 0,0000677 \\ 0,026588 & 0,005811 & 0,021051 & 0,501039 & 0,232368 & 1,850556 & -0,00276 \\ 0,001513 & -0,000441 & 0,008544 & 0,177254 & 0,028287 & 0,372497 & -0,0000758 \\ -2,56504 & -0,87782 & -0,489908 & 35,02039 & 28,34255 & -101,8496 & 0,674773 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 20,12 \\ 227 \\ 19 \\ 25,9 \\ 78 \\ 4,7 \\ 30 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 24,7395 \\ 261,329 \\ 37,7877 \\ 26,6002 \\ 75,0909 \\ 4,78532 \\ 255,82 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan hasil prediksi data *training* diperoleh bahwa prediksi PM10, curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin kota Pekanbaru dan *hotspot* Provinsi Riau pada bulan Februari 2011 berturut-turut adalah 24,7395 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ; 261,329mm; 37,7877%; 26,6002 $^{\circ}\text{C}$ ; 75,0909gr/kg; 4,78532knot; dan 255,82titik api. Hasil prediksi data *training* untuk semua data dapat dilihat pada Lampiran B.

b. Prediksi Data *Testing*

Pada prediksi data *testing* ini menggunakan data hasil prediksi data *training* untuk semua variabel. Hasil prediksi data *testing* untuk seluruh data dapat dilihat pada Lampiran C. Berikut ini adalah contoh prediksi data *testing* menggunakan model VAR(1) dan persamaan yang digunakan adalah Persamaan (4.15) yaitu:

$$\begin{bmatrix} \text{PM}_t \\ \text{CH}_t \\ \text{RM}_t \\ \text{SU}_t \\ \text{KU}_t \\ \text{KA}_t \\ \text{HP}_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 149,7381 \\ -995,588 \\ -197,372 \\ 22,30147 \\ 33,12041 \\ -3,853074 \\ -2144,331 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,416278 & -0,052446 & 0,936474 & -12,90104 & 2,406027 & 1,502081 & 0,004838 \\ -0,429003 & 0,133695 & -5,862917 & 60,15508 & -5,862112 & 52,41497 & -0,017521 \\ -0,097536 & -0,036721 & 0,055356 & 6,195897 & 0,991115 & 1,383685 & 0,004068 \\ 0,000463 & -0,000356 & 0,020615 & 0,108945 & 0,025423 & -0,17621 & 0,00000677 \\ 0,026588 & 0,005811 & 0,021051 & 0,501039 & 0,232368 & 1,850556 & -0,00276 \\ 0,001513 & -0,000441 & 0,008544 & 0,177254 & 0,028287 & 0,372497 & -0,0000758 \\ -2,56504 & -0,87782 & -0,489908 & 35,02039 & 28,34255 & -101,8496 & 0,674773 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 24,7395 \\ 261,329 \\ 37,7877 \\ 26,6002 \\ 75,0909 \\ 4,78532 \\ 255,82 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 27,6448 \\ 213,472 \\ 39,608 \\ 26,9798 \\ 75,0181 \\ 4,99417 \\ 290,414 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan hasil prediksi data *testing* diperoleh hasil prediksi pada bulan Maret 2011 untuk data PM10, curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin kota Pekanbaru dan *hotspot* Provinsi Riau pada bulan Maret 2011 berturut-turut adalah 27,6448 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ; 213,472mm; 39,608%; 26,9798 $^{\circ}\text{C}$ ; 75,0181gr/kg; 4,99417knot; dan 290,414titik api.

c. Data Hasil Prediksi untuk Waktu yang akan Datang

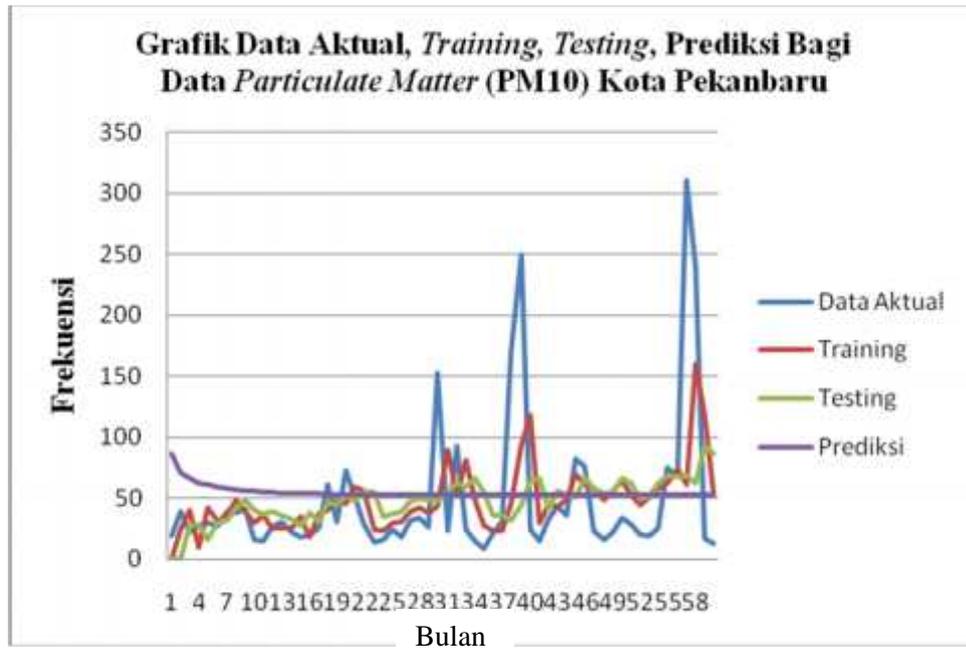
Setelah melakukan tahap prediksi untuk data *training* dan data *testing* selanjutnya dilakukan prediksi untuk waktu yang akan datang terhadap *particulate matter* (PM10) dan *hotspot* (titik api). Prediksi data kepekatan *particulate matter* (PM10) dan *hotspot* (titik api) dimulai dari bulan Januari 2016 sampai Desember 2017. Hasil prediksi data kepekatan *particulate matter* (PM10) dan *hotspot* (titik api) dapat disajikan dalam Tabel 4.27 sebagai berikut:

**Tabel 4.27** Prediksi Data Kepekatan *Particulate Matter* (PM10) Kota Pekanbaru dan *Hotspot* (Titik Api) Provinsi Riau Tahun 2016-2017

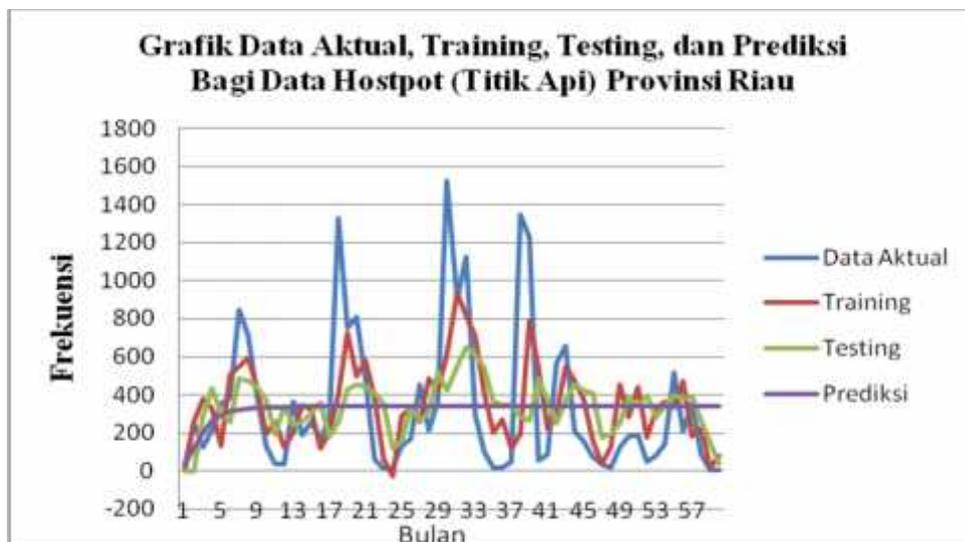
NO	Bulan/Tahun	Prediksi PM10	Prediksi <i>Hotspot</i>
1	Januari 2016	70,57547	121,3055
2	Februari 2016	66,25421	197,3988
3	Maret 2016	62,77017	262,8249
4	April 2016	61,03004	291,9403
5	Mei 2016	59,42372	311,7341
6	Juni 2016	58,27982	321,1715
7	Juli 2016	57,28201	327,4171
8	Agustus 2016	56,49376	330,8281

9	September 2016	55,8364	333,1705
10	Oktober 2016	55,30883	334,6593
11	November 2016	54,88019	335,7456
12	Desember 2016	54,53716	336,5232
13	Januari 2017	54,262	337,1185
14	Februari 2017	54,04256	337,5731
15	Maret 2017	53,86751	337,9296
16	April 2017	53,72817	338,2092
17	Mei 2017	53,61727	338,4306
18	Juni 2017	53,52906	338,6058
19	Juli 2017	53,45891	338,745
20	Agustus 2017	53,40314	338,8555
21	September 2017	53,35879	338,9433
22	Oktober 2017	53,32354	339,0131
23	November 2017	53,29551	339,0686
24	Desember 2017	53,27323	339,1127

Berdasarkan Tabel 4.27 dapat kita lihat bahwa hasil prediksi data kepekatan *particulate matter* (PM10) kota Pekanbaru pada bulan Januari 2016 hingga Desember 2017 mengalami penurunan yang tidak berbeda jauh dari bulan sebelumnya untuk Tahun 2016 sampai 2017. Sedangkan untuk hasil prediksi data *hotspot* (titik api) provinsi Riau pada bulan Januari 2016 sampai Desember 2017 mengalami peningkatan yang tidak berbeda jauh dari bulan-bulan sebelumnya. Hasil prediksi pada tahap *training*, *testing*, dan prediksi pada waktu yang akan datang yaitu bulan Januari 2016 sampai Desember 2017 untuk data pencemaran udara oleh *particulate matter* (PM10) Kota Pekanbaru dan data hotspot (titik api) Provinsi Riau dapat juga dilihat pada Gambar 4.29 dan Gambar 4.30 berikut ini:



Gambar 4.29 Grafik Hasil Prediksi Data *Training*, *Testing*, dan Prediksi Januari 2016-Desember 2017 untuk Data *Particulate Matter* (PM10) Kota Pekanbaru



Gambar 4.30 Grafik Hasil Prediksi Data *Training*, *Testing*, dan Prediksi Januari 2016-Desember 2017 untuk Data *Hotspot* (Titik Api) Kota Pekanbaru

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan bahwa model yang diperoleh untuk prediksi *particulate matter* (PM10) dan beberapa variabel yaitu unsur meteorologi seperti curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan *hotspot* adalah model VAR(1) atau dapat dilihat Persamaan (4.15) pada Bab IV. Dengan menggunakan model VAR(1) untuk prediksi data pencemaran udara oleh *particulate matter* (PM10) maka hasil prediksi data *training* mendekati data aktual *particulate matter* (PM10), begitu juga dengan unsur meteorologi dimana hasil prediksi data *training* dari unsur meteorologi juga mendekati data aktual. Sedangkan hasil prediksi data *testing* untuk data pencemaran udara oleh *particulate matter* (PM10) beserta unsur meteorologi kurang mendekati data aktual. Karena pada prediksi data *training* masih mengandung unsur data aktual, tetapi untuk prediksi data *testing* menggunakan hasil prediksi data *training*. Sehingga hasil prediksi data kepekatan *particulate matter* (PM10) kota Pekanbaru pada bulan Januari 2016 hingga Desember 2017 mengalami penurunan yang tidak berbeda jauh dari bulan sebelumnya untuk Tahun 2016 sampai 2017. Sedangkan untuk hasil prediksi data *hotspot* (titik api) provinsi Riau pada bulan Januari 2016 sampai Desember 2017 mengalami peningkatan yang tidak berbeda jauh dari bulan-bulan sebelumnya.

Hasil uji Kausalitas Granger menunjukkan bahwa yang mempunyai kausalitas antar variabel yaitu radiasi matahari mempengaruhi curah hujan, kecepatan angin mempengaruhi kelembaban udara, suhu udara mempengaruhi kecepatan angin, PM10 mempengaruhi jumlah *hotspot* dan radiasi matahari mempengaruhi suhu udara.

### 5.2 Saran

Penelitian ini menjelaskan tentang prediksi pencemaran udara kota Pekanbaru oleh *Particulate Matter* (PM10) beserta unsur meteorologi seperti

curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan *hotspot* menggunakan model *vector autoregressive* (VAR). Penulis menyarankan untuk pembaca yang ingin melakukan atau melanjutkan penelitian ini, dapat menggunakan metode lain atau menambah variabel yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M & Pani, A.D. 2013. *Time Series Analysis of Particulate Matter (PM10) in Klang Valley, Malaysia*. Journal of Quality Measurement and Analysis. Vol. 9 No. 1. July 2013. 65-80
- Alloways, B.J. & Ayres, D.C. 1994. *Chemical Principles of Environmental Pollution*. London: Blackie Academic & Professional.
- 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*, 4<sup>th</sup> Edition. Belmont, CA: Thomson Brooks/cole.
- Brown and Davis. 1973. *Forest Fire Control and Use*. New York. Mc. Graw Hill Book Company Inc
- 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.
- Desvina, A.P. 2014. "Penerapan Model *Vector Autoregressive* (VAR) untuk Peramalan Curah Hujan Kota Pekanbaru". *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, Vol: 11 No.2, Juni 2014, page: 151-159, ISSN print: 1693-2390, ISSN online: 2407-0939
- Godish, T. 1997. *Air Quality*. Edisi ke-3. New York: Lewis Publisher.
- Gujarati, D.N. 2003. *Basic Econometrics*. Mc-Graw Hill. New York.
- Gupta, A. & Asher, M.G. 1998. *Environment and the Developing World, Principles, Policies and Management*. Singapore: Wiley.
- Jasiman, A. 1996. *Pencemaran Alam Sekitar, Siri Pencemaran Alam*. Petaling Jaya: Eddiplex Sdn. Bhd.
- Lakitan, B. 2002. *Dasar-Dasar Klimatologi*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.

- Liew, T.C. 2002. *Occurrence of Seeds in Virgin Forest top Soil in Sabah, Malaysia*. Forester 36(3): 185-193
- Ondera, S. & Dursun, S. 2006. Air Borne Heavy Metal Pollution of *Cedrus Libani* (A. Rich) in The City Centre of Konya (Turkey). *Atmospheric Environment* 40: 1122–1133.
- Prasetyo, D. D. 2009. *Peramalan Menggunakan Metode Pemulusan*.
- R. Ajija, S, dkk. 2011. *Cara Cerdas Menguasai Eviews*. Jakarta. Salemba Empat
- Rafi'I, S. 2006. *Meteorologi dan Klimatologi*. Bandung. Penerbit Angkasa
- Rosita, T. 2011. "Analisis *Vector Autoregressive* (VAR) untuk Curah Hujan di Darmaga Bogor". *Tesis Mahasiswa Pascasarjana Institut Pertanian Bogor*
- Saputro, D.R.S. 2011. "Model *Vector Autoregressive* untuk Peramalan Curah Hujan di Indramayu". *Forum Statistika dan Komputasi*, Oktober 2011, page: 7-11, ISSN: 0853-8115, Vol: 16 No 2
- Sembiring, R.K. 1995. *Analisis Regresi*. Edisi kedua. Bandung. Penerbit ITB
- Setiawan, dkk. 2012. "Pemodelan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG), Kurs dan Harga Minyak Dunia dengan Pendekatan VAR". *Jurnal Sains dan Seni Vol 1*
- Setya, C. H. 2006. "Studi Tentang Sebaran Titik Panas (*Hotspot*) Sebagai Penduga Kebakaran Hutan dan Lahan Di Propinsi Kalimantan Barat Tahun 2003 dan Tahun 2004". *Skripsi Program Studi Budidaya Hutan IPB*. Bogor.
- Sham, S. 1987. Pencemaran Udara. Dalam Ahmad Badri, M. (pynt.). *Perspektif Persekitaran*. Hlm:88–119. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Soedomo, M. 2001. *Pencemaran Udara*. Bandung. Penerbit ITB.
- Srikandi, F. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Strauss, W. & Mainwaring, S.J. 1984. *Air Pollution*. London: Edward Arnold (Publishers) Ltd.

- Tjasjono B. 1992. *Klimatologi Terapan*. Bandung. ITB.
- 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.
- Vandaele, W. 1983. *Applied Time Series and Box-Jenkins Models*. New York: Academic Press, Inc.
- Widarjono, A. 2009. *Ekonometrika Pengantar dan Aplikasinya*. Yogyakarta. Ekonisia.
- Xiao, H.C. 2008. "Time Series Analysis of Air Pollution CO in California South Coast Area, with Seasonal ARIMA model and VAR model". *California. Thesis Master of Science in Statistics*.
- Zaini, U. 2000. *Pengenalan Pencemaran Udara*. Cetakan kedua. Kuala Lumpur. Dewan Bahasa dan Pustaka.

**INSTRUMEN DATA PENELITIAN  
KLASTER PENELITIAN MADYA**

**PEMODELAN PENCEMARAN UDARA DAN *HOTSPOT*  
(TITIK API) MENGGUNAKAN MODEL *VECTOR*  
*AUTOREGRESSIVE (VAR)***



**BIDANG ILMU: STATISTIKA**

**TIM PENGUSUL:**

**PENELITI UTAMA:  
ARI PANI DESVINA, S.Si, M.Sc  
NIDN. 2025128101**

**PENELITI:  
IRMA SURYANI, S.Si, M.Sc  
NIDN.-**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
TAHUN 2016**

## LAMPIRAN A

Data Aktual Kepekatan *Particulate Matter* (PM10), Curah Hujan, Radiasi Matahari, Suhu Udara, Kelembaban Udara, Kecepatan Angin (*Wind Speed*) dan *Hotspot* (Titik Api) Kota Pekanbaru pada Bulan Januari 2011-Desember 2015

NO	BULAN/ TAHUN	PM10	CURAH HUJAN	RADIASI MATAHARI	SUHU UDARA	KELEMBABAN UDARA	KECEPATAN ANGIN	TITIK HOTSPOT
1	Januari 2011	20,12	227,0	19	25,9	78	4,7	30
2	Februari 2011	39,29	88,1	58	27,2	70	3,7	248
3	Maret 2011	23,43	116,0	26	27,0	72	4,2	123
4	April 2011	28,14	315,7	37	25,3	75	5,1	215
5	Mei 2011	30,25	101,7	56	27,9	72	4,1	351
6	Juni 2011	27,77	65,2	54	27,8	74	4,8	385
7	Juli 2011	39,29	26,1	68	27,8	69	6,0	845
8	Agustus 2011	38,57	228,7	51	27,2	73	5,9	711
9	September 2011	41,63	304,9	34	26,9	76	6,2	390
10	Oktober 2011	16,43	255,3	48	26,8	77	5,1	127
11	November 2011	15,79	317,1	45	27,1	77	5,4	32
12	Desember 2011	27,53	335,3	18	26,2	81	5,1	34
13	Januari 2012	31,7	66,7	46	27,3	69	5,0	363
14	Februari 2012	22,98	247,6	38	26,6	78	5,0	184
15	Maret 2012	18,82	324,6	44	27,3	74	6,0	256
16	April 2012	20,55	215,3	53	27,3	76	6,0	167
17	Mei 2012	25,7	182,6	57	27,6	76	5,0	278
18	Juni 2012	61,81	140,6	58	28,1	71	7,0	1329
19	Juli 2012	31,43	262,2	59	27,3	75	6,0	751
20	Agustus 2012	72,89	97,0	44	27,2	75	6,0	808

21	September 2012	51,05	185,8	51	27,1	77	6,0	478
22	Oktober 2012	28,93	228,9	34	26,9	75	6,0	57
23	November 2012	14,3	439,5	48	27,2	78	6,0	10
24	Desember 2012	16,93	245,0	32	26,7	80	5,0	13
25	Januari 2013	24,94	110,9	35	27,4	78	6,0	127
26	Februari 2013	18,32	335,0	39	26,7	82	6,0	167
27	Maret 2013	32,65	339,0	57	27,8	80	5,0	455
28	April 2013	34,13	172,1	53	28,1	78	5,0	209
29	Mei 2013	26,82	129,2	59	28,3	79	5,0	361
30	Juni 2013	152,7	56,0	59	28,2	72	5,0	1523
31	Juli 2013	24,11	133,9	54	27,3	78	6,0	901
32	Agustus 2013	92,98	186,2	57	27,2	77	6,0	1121
33	September 2013	24,81	146,6	44	26,8	79	6,0	295
34	Oktober 2013	15,09	473,4	37	26,6	82	5,0	96
35	November 2013	9,28	380,9	26	26,5	83	5,0	13
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
58	Oktober 2015	239,13	64,7	7	27,0	85	6,0	86
59	November 2015	17,96	410,7	51	26,1	82	5,8	3
60	Desember 2015	13,63	317,6	52	27,0	85	6,1	3

## LAMPIRAN B

Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi *Training* Menggunakan Model VAR(1) bagi Data Kepekatan *Particulate Matter* (PM10), Curah Hujan, Radiasi Matahari, Suhu Udara, Kelembaban Udara, Kecepatan Angin (*Wind Speed*) dan *Hotspot* (Titik Api) Kota Pekanbaru pada Bulan Januari 2011-Desember 2015

NO	BULAN/ TAHUN	PM10	PRED IKSI PM10	CH	PRED IKSI CH	RM	PRED IKSI RM	SU	PRED IKSI SU	KU	PRED IKSI KU	KA	PRED IKSI KA	HP	PRED IKSI HP
1	Januari 2011	20,12	*	227,0	*	19	*	25,9	*	78	*	4,7	*	30	*
2	Februari 2011	39,29	24,74	88,1	261,3	58	37,79	27,2	26,60	70	75,09	3,7	4,79	248	255,82
3	Maret 2011	23,43	40,06	116,0	74,7	26	42,81	27,0	27,59	72	71,95	4,2	4,82	123	377,26
4	April 2011	28,14	9,57	315,7	277,5	37	42,48	25,3	26,85	75	72,66	5,1	4,73	215	323,53
5	Mei 2011	30,25	42,30	101,7	163,4	56	29,36	27,9	26,74	72	75,43	4,1	4,86	351	126,60
6	Juni 2011	27,77	30,59	65,2	141,7	54	50,37	27,8	27,60	74	73,02	4,8	5,11	385	499,48
7	Juli 2011	39,29	36,92	26,1	168,0	68	54,31	27,8	27,49	69	74,32	6,0	5,40	845	543,69
8	Agustus 2011	38,57	48,87	228,7	159,9	51	53,97	27,2	27,49	73	74,48	5,9	5,83	711	588,06
9	September 2011	41,63	38,59	304,9	224,5	34	45,23	26,9	27,12	76	76,10	6,2	5,57	390	432,49
10	Oktober 2011	16,43	29,94	255,3	318,8	48	41,41	26,8	26,71	77	78,25	5,1	5,56	127	193,43
11	November 2011	15,79	35,93	317,1	175,9	45	44,25	27,1	27,19	77	76,46	5,4	5,29	32	254,16
12	Desember 2011	27,53	25,73	335,3	237,5	18	43,76	26,2	27,08	81	77,71	5,1	5,41	34	118,88
13	Januari 2012	31,7	25,18	66,7	299,8	46	38,43	27,3	26,58	69	77,47	5,0	5,03	363	199,74
14	Februari 2012	22,98	25,60	247,6	223,5	38	45,56	26,6	27,11	78	73,28	5,0	5,18	184	341,75
15	Maret 2012	18,82	34,81	324,6	206,6	44	43,18	27,3	27,02	74	76,17	6,0	5,17	256	319,00
16	April 2012	20,55	17,85	215,3	300,2	53	43,14	27,3	26,92	76	77,70	6,0	5,56	167	117,04
17	Mei 2012	25,7	37,11	182,6	221,9	57	49,11	27,6	27,19	76	78,01	5,0	5,75	278	200,77
18	Juni 2012	61,81	39,88	140,6	155,6	58	50,95	28,1	27,50	71	76,04	7,0	5,48	1329	401,57

19	Juli 2012	31,43	47,66	262,2	274,4	59	54,21	27,3	27,20	75	76,66	6,0	6,17	751	726,63
20	Agustus 2012	72,89	45,22	97,0	184,0	44	48,04	27,2	27,31	75	76,86	6,0	5,72	808	494,48
21	September 2012	51,05	58,66	185,8	225,0	51	48,84	27,1	27,07	77	76,48	6,0	5,71	478	575,45
22	Oktober 2012	28,93	55,98	228,9	193,3	34	48,12	26,9	27,20	75	77,89	6,0	5,76	57	380,60
23	November 2012	14,3	24,32	439,5	315,3	48	42,82	27,2	26,72	78	77,79	6,0	5,50	10	60,05
24	Desember 2012	16,93	23,41	245,0	268,9	32	41,93	26,7	27,03	80	79,89	5,0	5,65	13	30,32
25	Januari 2013	24,94	29,50	110,9	241,3	35	45,44	27,4	26,94	78	76,85	6,0	5,20	127	284,54
26	Februari 2013	18,32	30,89	335,0	306,6	39	53,95	26,7	26,91	82	77,77	6,0	5,72	167	323,17
27	Maret 2013	32,65	38,97	339,0	249,7	57	46,38	27,8	26,94	80	79,45	5,0	5,63	455	257,29
28	April 2013	34,13	42,47	172,1	159,0	53	50,45	28,1	27,58	78	77,67	5,0	5,55	209	486,27
29	Mei 2013	26,82	38,23	129,2	193,6	59	55,09	28,3	27,53	79	77,02	5,0	5,61	361	418,78
30	Juni 2013	152,7	43,61	56,0	159,3	59	60,56	28,2	27,72	72	76,62	5,0	5,72	1523	610,17
31	Juli 2013	24,11	89,92	133,9	110,2	54	48,14	27,3	27,69	78	74,66	6,0	5,64	901	933,72
32	Agustus 2013	92,98	52,16	186,2	179,1	57	56,77	27,2	27,34	77	76,10	6,0	5,80	1121	814,57
33	September 2013	24,81	80,85	146,6	134,9	44	47,58	26,8	27,39	79	77,40	6,0	5,84	295	707,14
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
59	November 2015	17,96	118,06	410,7	308,3	51	37,50	26,1	26,58	82	84,15	5,8	5,96	3	15,25
60	Desember 2015	13,63	52,74	317,6	145,9	52	39,64	27,0	27,12	85	79,91	6,1	5,53	3	74,56

## LAMPIRAN C

**Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi *Testing* Menggunakan Model VAR(1) bagi Data Kepekatan *Particulate Matter* (PM10), Curah Hujan, Radiasi Matahari, Suhu Udara, Kelembaban Udara, Kecepatan Angin (*Wind Speed*) dan *Hotspot* (Titik Api) Kota Pekanbaru pada Bulan Januari 2011-Desember 2015**

NO	BULAN/ TAHUN	PM10	PRED IKSI PM10	CH	PRED IKSI CH	RM	PRED IKSI RM	SU	PRED IKSI SU	KU	PRED IKSI KU	KA	PRED IKSI KA	HP	PRED IKSI HP
1	Januari 2011	20,12	*	227,0	*	19	*	25,9	*	78	*	4,7	*	30	*
2	Februari 2011	39,29	*	88,1	*	58	*	27,2	*	70	*	3,7	*	248	*
3	Maret 2011	23,43	27,64	116,0	213,47	26	39,61	27,0	26,98	72	75,02	4,2	4,99	123	290,41
4	April 2011	28,14	28,82	315,7	230,45	37	48,82	25,3	27,19	75	73,95	5,1	5,23	215	436,33
5	Mei 2011	30,25	16,08	101,7	219,72	56	40,07	27,9	27,04	72	74,08	4,1	4,95	351	303,68
6	Juni 2011	27,77	30,64	65,2	254,87	54	41,82	27,8	26,85	74	75,38	4,8	5,06	385	255,70
7	Juli 2011	39,29	31,86	26,1	206,46	68	49,74	27,8	27,30	69	74,69	6,0	5,38	845	482,29
8	Agustus 2011	38,57	42,01	228,7	184,45	51	49,56	27,2	27,35	73	75,76	5,9	5,54	711	474,00
9	September 2011	41,63	48,34	304,9	200,76	34	49,60	26,9	27,28	76	76,73	6,2	5,72	390	441,90
10	Oktober 2011	16,43	40,10	255,3	222,21	48	46,02	26,8	27,11	77	76,79	5,1	5,49	127	369,40
11	November 2011	15,79	37,25	317,1	227,62	45	41,82	27,1	26,99	77	77,97	5,4	5,41	32	196,87
12	Desember 2011	27,53	39,20	335,3	213,51	18	47,74	26,2	27,16	81	76,51	5,1	5,44	34	340,81
13	Januari 2012	31,7	35,22	66,7	223,57	46	46,61	27,3	27,11	69	77,41	5,0	5,46	363	241,29
14	Februari 2012	22,98	32,45	247,6	213,30	38	40,55	26,6	26,99	78	76,41	5,0	5,14	184	259,63
15	Maret 2012	18,82	27,32	324,6	223,28	44	43,63	27,3	27,10	74	75,32	6,0	5,26	256	301,65
16	April 2012	20,55	37,82	215,3	208,02	53	45,39	27,3	27,13	76	76,07	6,0	5,32	167	358,96
17	Mei 2012	25,7	30,44	182,6	236,81	57	44,20	27,6	27,03	76	77,75	5,0	5,44	278	184,35
18	Juni 2012	61,81	46,10	140,6	206,09	58	48,12	28,1	27,20	71	78,26	7,0	5,68	1329	256,06
19	Juli 2012	31,43	44,24	262,2	197,86	59	50,81	27,3	27,31	75	76,63	6,0	5,61	751	424,40

20	Agustus 2012	72,89	52,32	97,0	200,13	44	46,89	27,2	27,22	75	77,98	6,0	5,79	808	454,32
21	September 2012	51,05	47,45	185,8	211,65	51	49,45	27,1	27,20	77	77,17	6,0	5,65	478	441,52
22	Oktober 2012	28,93	54,17	228,9	192,37	34	45,13	26,9	27,18	75	77,33	6,0	5,60	57	407,59
23	November 2012	14,3	55,01	439,5	198,62	48	47,94	27,2	27,20	78	78,07	6,0	5,70	10	350,12
24	Desember 2012	16,93	34,44	245,0	223,57	32	41,54	26,7	27,01	80	77,98	5,0	5,39	13	117,29
25	Januari 2013	24,94	36,48	110,9	238,69	35	47,15	27,4	27,06	78	78,83	6,0	5,58	127	155,55
26	Februari 2013	18,32	38,40	335,0	195,22	39	44,86	26,7	27,16	82	76,45	6,0	5,34	167	331,65
27	Maret 2013	32,65	47,10	339,0	173,28	57	44,42	27,8	27,24	80	78,12	5,0	5,60	455	263,86
28	April 2013	34,13	49,59	172,1	194,94	53	46,74	28,1	27,17	78	78,26	5,0	5,59	209	309,92
29	Mei 2013	26,82	48,06	129,2	198,06	59	52,99	28,3	27,34	79	77,04	5,0	5,69	361	513,59
30	Juni 2013	152,7	47,75	56,0	181,86	59	51,19	28,2	27,38	72	77,34	5,0	5,71	1523	420,09
31	Juli 2013	24,11	54,54	133,9	159,36	54	53,96	27,3	27,51	78	77,08	6,0	5,83	901	546,79
32	Agustus 2013	92,98	61,83	186,2	205,73	57	49,65	27,2	27,28	77	76,25	6,0	5,70	1121	647,25
33	September 2013	24,81	58,27	146,6	161,21	44	50,25	26,8	27,38	79	76,60	6,0	5,73	295	611,26
34	Oktober 2013	15,09	65,93	473,4	196,61	37	49,82	26,6	27,24	82	77,63	5,0	5,78	96	542,92
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
59	November 2015	17,96	92,39	410,7	259,36	51	37,66	26,1	26,74	82	83,06	5,8	5,79	3	148,04
60	Desember 2015	13,63	86,20	317,6	193,62	52	38,16	27,0	27,00	85	82,78	6,1	5,82	3	36,36

## BIODATA PENELITI UTAMA

- I. Nama : Ari Pani Desvina, S.Si, M.Sc  
NIDN : 2025128101  
NIP : 19811225 200604 2 003  
Pangkat/Gol : Penata/ IIIc/ Lektor  
Prodi/ Jurusan : Jurusan Matematika  
Fakultas : Fakultas Sains dan Teknologi  
MK Keahlian : Desain Eksperimen  
Bidang Ilmu : Statistika  
No HP : 081276771599  
E-mail : [aripanidesvina@uin-suska.ac.id](mailto:aripanidesvina@uin-suska.ac.id) dan  
[aripanidesvina@gmail.com](mailto:aripanidesvina@gmail.com)
- II. Riwayat Pendidikan :
1. S1 : Universitas Andalas, Padang, Jurusan Matematika, 2005
  2. S2 : Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), Malaysia,  
Jurusan Statistik, 2010
- III. Pengalaman Penelitian :

No	Judul	Tahun	Sumber Dana	Jumlah Dana
1	Identifikasi Rumah Tangga Miskin di Kota Pekanbaru Berdasarkan Ciri Fisik Bangunan dengan Menggunakan Metode CART.	2007	Biaya DIPA FST/ Biaya Sitekin FST	Rp. 5.000.000
2	Perbandingan Hasil Analisis Metode CHAID dengan Metode CART untuk mengidentifikasi Rumah Tangga Miskin di Kota Pekanbaru Berdasarkan Ciri Fisik Bangunan.	2008	Laporan Penelitian Terdaftar di Perpustakaan UIN/ Biaya Sendiri	-
3	Model Statistik untuk Data Karbon Monoksida (CO).	2009	Simposium Kebangsaan Sains Matematik ke-17 (SKSM17)/15-17 Desember 2009/Prosiding/ Biaya dari UKM Malaysia	-
4	Analisis <i>Time Series</i>	2010	Biaya DIPA FST/	Rp. 5.000.000

	Pencemaran Udara oleh <i>Particulate Matter</i> (PM10).		Jurnal Sitekin/Desember 2010	
5	Aplikasi Metode CHAID untuk Pendugaan Ciri Rumah Tangga Miskin di Kota Pekanbaru.	2010	Jurnal Sitekin FST/Juni 2010/ Biaya Sendiri	-
6	Kajian Terhadap Kepekatan Zarah Terampai (PM10) di Klang dari Tahun 1998-2007.	2010	<i>Seminar on Engineering Mathematics</i> 2009/23-25 November 2010/Prosiding/ Biaya dari UKM Malaysia	-
7	Ramalan Pencemaran Udara oleh Karbon Monoksida (CO) dengan menggunakan Box-Jenkins	2010	Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri ke-2 (SNTIKI II)/14 Juli 2010/Prosiding/ Biaya Sendiri	-
8	Model Prediksi <i>Particulate Matter</i> (PM10) dengan Menggunakan Model AR(1) di Kajang, Malaysia	2011	Laporan Penelitian Terdaftar di Perpustakaan UIN/ Biaya Sendiri	-
9	Pendekatan Peramalan Tingkat Konsumsi Minyak di Indonesia dengan Menggunakan Metode Box-Jenkins.	2011	Biaya DIPA FST/ Jurnal Sitekin FST/Desember 2011	Rp. 7.500.000
10	Peramalan <i>Particulate Matter</i> (PM10) di Kajang dengan Menggunakan Model Autoregressive.	2011	Jurnal Sitekin FST/Juni 2011/ Biaya Sendiri	-
11	Estimasi Indeks Diversiti Shannon bagi Organisme Zooplankton dengan Menggunakan Bayesian Berhierarki di Perairan Bintulu, Malaysia	2011	Laporan Penelitian Terdaftar di Perpustakaan UIN/ Biaya Sendiri	-
12	Analisis Time Series Pencemaran Udara oleh Karbon Monoksida (CO) di Pekanbaru	2011	Buku ISBN: 979-3757-32-9/ Biaya Sendiri	-
13	Pemetaan Intensitas dan Durasi Sel Hujan dengan Menggunakan Metode	2012	Seminar Nasional Teknologi Informasi	-

	Neyman-Scott Rectangular Pulse (Nsrp) dan Kepentingannya bagi Dunia Industri		Komunikasi dan Industri ke-4 (SNTIKI IV) / Prosiding/ Biaya Sendiri	
14	Peramalan Jumlah Hotspot Kebakaran Hutan dengan Menggunakan Metode Box-Jenkins di Provinsi Riau	2012	Biaya BLU FST/ Buku ISBN: 979-3757-09-4	Rp. 7.500.000
15	<i>Distributional Fit of Carbon Monoxide Data</i>	2012	Advances in Environment Computational Chemistry Bioscience Conference. Montreux Switzerland/ Biaya UKM Malaysia	-
16	Distribusi Weibull dan Pareto untuk Data Tinggi Gelombang Tsunami Aceh 2004	2012	Jurnal Sitekin FST/Juni 2012/ Biaya Sendiri	-
17	Peramalan Pencemaran Udara oleh Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> ) di Pekanbaru dengan model AR(3)	2012	Jurnal Sitekin FST/Desember 2012/ Biaya Sendiri	-
18	Perbandingan Beberapa Metoda dalam Mensimulasi Data Hujan untuk Menangkap Hujan Maksimum/Ekstrim (Metoda Peluang, Rantai Markov, Neyman Scott Rectangular Pulse (NSRP))	2012	Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika 2012 UNAND, Prosiding/ Biaya Sendiri	-
19	Komputasi Sederhana untuk Mengestimasi Parameter Model Neyman-Scott Rectangular Pulse (NS)	2013	Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri ke-5 (SNTIKI 5) / Prosiding/ Biaya Sendiri	-
20	Peramalan Kurs Transaksi Bank Indonesia terhadap Mata Uang Dollar Amerika (USD) dengan Menggunakan Model Arch/Garch	2013	Jurnal Sitekin FST/Desember 2013/ Biaya Sendiri	-
21	Analisis Siri Masa Zarah Terampai (PM10) di Lembah Klang, Malaysia (Time Series	2013	Journal of Quality Measurement and Analysis (JQMA)	-

	Analysis of Particulate Matter (PM10) in Klang Valley, Malaysia		9(1) 2013, 65-80, July 2013, ISSN: 1823-5670	
22	Penerapan Metode Box-Jenkins untuk Memprediksi Jumlah Mahasiswa Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau	2013	DIPA UIN Suska Riau 2013	Rp. 13.500.000
23	Penerapan Metode Chernoff <i>Face</i> untuk Penilaian Kinerja Dosen UIN Suska Riau	2014	DIPA UIN Suska Riau 2014	Rp. 10.000.000
24	Peramalan Pencemaran Udara di Kota Pekanbaru Menggunakan Metode Box-Jenkins	2015	Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri ke-7 (SNTIKI 7) / Prosiding/ Biaya Sendiri	-
25	Neyman Scott Rectangular Pulse Modeling for Storm Rainfall Analysis in Peninsular Malaysia	2015	Jurnal Terindeks Scopus, Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology II(8): 841-846,2015	Rp. 10.000.000
26	Sumbangan Sains untuk Mengungkap Khazanah Hujan dalam Al Qur'an dan Hadist	2015	BOPTN UIN Suska Riau 2015	Rp. 45.000.000

## BIODATA PENELITI

- I. Nama : Irma Suryani, S.Si, M.Sc  
NIDN : -  
NIK : 130 508 083  
Pangkat/Gol : Penata Muda Tk. I/ IIIb/ Asisten Ahli  
Prodi/ Jurusan : Jurusan Matematika  
Fakultas : Fakultas Sains dan Teknologi  
MK Keahlian : Persamaan Diferensial Biasa  
Bidang Ilmu : Matematika Terapan dan Komputasi  
No HP : 08126806537
- II. Riwayat Pendidikan :
1. S1 : Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, Jurusan Matematika, 2008
  2. S2 : Universitas Gadjad Mada, Yogyakarta, Jurusan Matematika, 2014

III. Hasil Penelitian :

No.	Judul	Bidang Ilmu	Tahun	Sumber Dana
1	<i>Numerical simulation hpv model of two sex.</i>	Matematika Terapan dan komputasi	2013	AIP 2013, Prosiding/ Biaya Sendiri
2	Kestabilan model vaksinasi hpv dengan jenis kelamin berbeda.	Matematika Terapan dan komputasi	2015	Laporan LPPM/ BOPTN UIN Suska Riau 2015
3	Model pengendalian penyebaran penyakit kolera menggunakan logistic treatment.	Matematika Terapan dan komputasi	2016	Konferensi Nasional Matematika (KNM), Prosiding/ Biaya BLU UIN Suska Riau
4	Analisis kestabilan model SEIQR pada penyebaran penyakit SARS.	Matematika Terapan dan komputasi	2016	SNTIKI8, Prosiding/ Biaya Sendiri