



UNIVERSITAS INDONESIA



**HUBUNGAN *PARTICULATE MATTER* (PM₁₀) DAN
NITROGEN DIOKSIDA (NO₂) DENGAN JUMLAH ASMA DI
JAKARTA PUSAT TAHUN 2007-2011**

SKRIPSI

**SEKAR AGUSTIN
0806337011**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT
PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN
DEPOK
2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**HUBUNGAN *PARTICULATE MATTER* (PM₁₀) DAN
NITROGEN DIOKSIDA (NO₂) DENGAN JUMLAH ASMA DI
JAKARTA PUSAT TAHUN 2007-2011**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

**SEKAR AGUSTIN
0806337011**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT
PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN
DEPOK
2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Sekar Agustin

NPM : 0806337011

Tanda tangan : 

Tanggal : 03 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

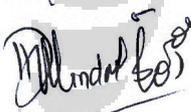
Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Sekar Agustin
NPM : 0806337011
Program Studi : Kesehatan Masyarakat
Judul Skripsi : Hubungan *Particulate Matter* (PM₁₀) dan Nitrogen dioksida (NO₂) dengan Jumlah Asma di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat pada Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr.dra. Dewi Susanna, M.Kes ()

Penguji : Laila Fitria, SKM, MKM ()

Penguji : Dwindi Ramadhoni, SKM, M.Epid ()

Ditetapkan di : Kampus FKM UI Depok, Jawa Barat

Tanggal : 03 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya sampaikan kepada Allah SWT, karena atas karunia-Nya, saya diberikan jalan dan kemudahan untuk mengatasi berbagai hal dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia. Saya menyadari, skripsi ini tidak dapat diselesaikan tanpa adanya bantuan dari semua pihak yang senantiasa memberikan informasi, masukan, bimbingan, serta dukungan. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang tua yang selalu mendukung, mendoakan, dan memberikan semangat kepada saya setiap saat. *Ich liebe dich so sehr, mütter, vater..*
2. Ibu Dr.dra. Dewi Susanna, M.Kes, selaku pembimbing akademik saya yang baik hati dan selalu memberikan bimbingan serta masukan yang sangat bermanfaat kepada saya dari awal semester hingga semester akhir ini.
3. Ibu Laila Fitria, SKM, MKM, selaku penguji dalam yang baik hati dan telah bersedia menjadi penguji saya serta memberikan masukan yang membangun.
4. Ibu Dwinda Ramadhoni, SKM, M.Epid, selaku penguji luar yang telah menyediakan waktu untuk menjadi penguji skripsi saya dan memberikan saran yang bermanfaat.
5. Mauliate D.C. Gultom M.D (dokter Uli) dari P2PL, yang ramah dan bersedia berbagi ilmu mengenai asma.
6. Ibu Nunu, yang telah membantu mencarikan data di BMKG Kemayoran.
7. Ibu drg. Yayah dan Bapak Nana yang telah membantu mengambil data di Suku Dinas Kesehatan Jakarta Pusat.
8. Teman-teman terdekat saya yang sudah seperti saudara, Ika Widyaningrum, Erna Kusumawardani, Betty Susilowati, Eka Irdianty, Syifa Rizky, dan Wachidyah Anggraini. Terima kasih atas perhatian, kebersamaan, dan semangatnya selama ini.
9. Agustina Nur Salamah dan Aidah Auliyah, teman cerita dan berbagi yang saling menyemangati.

10. Megawati, Imar Masriyah, dan Ayuk Melly teman kosan yang membuat suasana menjadi ceria.
11. Teman satu bimbingan yang saling *share* dan memberi semangat, Imam Abdullatif, Rahmawati (Emon), Fiona Indah Fitriana, dan Uni Rahmi Hidayanti (Uni Ai).
12. Nanda Pratiwi dan Jauhari Oka R., tempat saya bertanya tentang SPSS.
13. Teman-teman KL 2008, Fernia, Eky, Vina, Budi, Nia, Cipa, Dije, Ratih, Nurina, Fitria, Indah, Vita, Lili, Rico, Yosi, Icha, Arga, Adrian, Randy, Vero, Dini, Puri, Kety, Eka, Firman, Irul, Ibna, dll
14. Kak Eka Okta dan Kak Tri, yang sudah memberitahu saya tempat di BPLHD untuk menanyakan data.
15. Kak Nasidah, yang telah berbagi informasi tentang Suku Dinas Kesehatan.
16. Kak Bunga Oktora, teman bareng ke BPLHD dan Pusarpedal untuk menanyakan data. Terima kasih juga atas saran-sarannya, Kak.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 27 Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sekar Agustin
NPM : 0806337011
Program Studi : Kesehatan Masyarakat
Departemen : Kesehatan Lingkungan
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Hubungan *Particulate Matter* (PM₁₀) dan Nitrogen dioksida (NO₂) dengan Jumlah Asma di Jakarta Pusat 2007-2011

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 03 Juli 2012

Yang menyatakan



(Sekar Agustin)

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Sekar Agustin

NPM : 0806337011

Mahasiswa Program : Kesehatan Masyarakat

Tahun Akademik : 2011-2012

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul :

Hubungan *Particulate Matter* (PM₁₀) dan Nitrogen dioksida (NO₂) dengan Jumlah Asma di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan plagiat maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, Juli 2012



(Sekar Agustin)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Sekar Agustin
Tempat, Tanggal Lahir : Bengkulu, 20 Agustus 1990
Agama : Islam
Alamat : Jalan Merawan No. 20 Sawah Lebar Baru,
Bengkulu 38228

Riwayat Pendidikan:

Tahun 1994-1996 : TK Aisyah 1 Bengkulu
Tahun 1996-2002 : SD Negeri 19 Bengkulu
Tahun 2002-2005 : SMP Negeri 01 Bengkulu
Tahun 2005-2008 : SMA Negeri 02 Bengkulu
Tahun 2008-2012 : Universitas Indonesia
Departemen Kesehatan Lingkungan

ABSTRAK

Nama : Sekar Agustin
Program Studi: Kesehatan Masyarakat
Judul : Hubungan *Particulate Matter* (PM₁₀) dan Nitrogen dioksida (NO₂) dengan Jumlah Asma di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Particulate Matter (PM₁₀) dan Nitrogen dioksida (NO₂) diketahui sebagai faktor pemicu timbulnya asma. PM₁₀ dapat masuk ke dalam pernapasan manusia. Nilai ambang batas PM₁₀ adalah 150 µg/m³. Konsentrasi PM₁₀ rata-rata tahunan di Jakarta Pusat mulai dari tahun 2007 hingga 2011, ada yang melebihi nilai ambang batas, yaitu pada tahun 2010 dan 2011. Sedangkan nilai ambang batas NO₂ adalah 0,05 ppm. Terdapat nilai konsentrasi NO₂ rata-rata tahunan yang melebihi nilai ambang batas, yaitu pada tahun 2008.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkorelasikan PM₁₀ dan NO₂ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat 2007-2011. Desain studi yang digunakan adalah studi ekologi dengan menggunakan data sekunder dari Suku Dinas Kesehatan Jakarta Pusat dan Badan Meteorologi dan Geofisika.

Penelitian ini menghasilkan hubungan yang kuat dan negatif antara curah hujan dan kelembaban dengan konsentrasi PM₁₀, kuat dan positif dengan lama penyinaran matahari, dan tidak signifikan dengan kecepatan angin. Tidak dihasilkan hubungan signifikan antara faktor iklim dengan konsentrasi NO₂, antara konsentrasi PM₁₀ dan jumlah asma, namun didapatkan hubungan sedang dan signifikan antara NO₂ dan jumlah asma. Curah hujan dan kelembaban tidak signifikan dengan jumlah asma.

Kesimpulan dari penelitian ini, tidak ada hubungan yang signifikan antara konsentrasi PM₁₀ dengan jumlah kasus asma ($p > 0,05$), tetapi ada hubungan yang signifikan antara konsentrasi NO₂ dengan jumlah kasus asma ($p = 0,048$)

Kata kunci : *Particulate Matter* (PM₁₀), Nitrogen dioksida (NO₂), asma

ABSTRACT

Name : Sekar Agustin
Study Program: Public Health
Title : Relation Between the Concentration of Particulate Matter (PM₁₀) and Nitrogen dioxide (NO₂) with the Total of Asthma Case in Jakarta Pusat 2007-2011

Particulate Matter (PM₁₀) and Nitrogen dioxide (NO₂) are known as trigger factors of asthma. PM₁₀ can enter human respiration airway. The threshold limit value of PM₁₀ is 150 µg/m³. From the yearly average PM₁₀ concentration calculation in Jakarta Pusat from 2007 to 2011, it was found that in 2010 and 2011, the concentration of PM₁₀ was more than threshold limit value. NO₂ can be inhaled and also enter human respiration airway. The threshold limit value of NO₂ is 0,05 ppm. From the yearly average NO₂ concentration calculation in Jakarta Pusat from 2007 to 2011, it was found that in 2008, the concentration of NO₂ was more than threshold limit value.

This study aimed to correlate the concentration of PM₁₀ and NO₂ with the total of asthma case. Ecological study with secondary data from Suku Dinas Kesehatan Jakarta Pusat and Badan Meteorologi dan Geofisika, are used for this study.

The result of this study are, there is a strong and negative relationship between rainfall and humidity with the concentration of PM₁₀, strong and positive with solar radiation, but not significant with wind speed. There is no significant relationship between climate factors with the concentration of NO₂ and between the concentration of PM₁₀ with asthma, but there is a moderate and negative relationship between the concentration of NO₂ and asthma. There is no significant relationship between rainfall and humidity with asthma.

In conclusion, there is no significant relationship between the concentration of PM₁₀ with the total of asthma case ($p > 0,05$), but there is a significant relationship between the concentration of NO₂ with the total of asthma case ($p = 0,048$)

Key words : Particulate Matter (PM₁₀), Nitrogen dioxide (NO₂), asthma

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
SURAT PERNYATAAN.....	viii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	94
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Pertanyaan Penelitian	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.4.1 Tujuan Umum	5
1.4.2 Tujuan Khusus	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Ruang Lingkup.....	6
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 <i>Particulate Matter</i>	7
2.2 Efek Kesehatan <i>Particulate Matter</i>	10
2.3 Nitrogen dioksida (NO ₂)	10
2.4 Efek Kesehatan NO ₂	11
2.5 Definisi Asma	11
2.6 Faktor yang Memengaruhi Asma.....	12
2.7 Mekanisme Terjadinya Asma	14
2.7.1 Inflamasi Saluran Napas	14
2.7.2 Sel-sel Pada Inflamasi.....	14
2.7.3 Mediator-mediator Asma	17
2.8 Perubahan Struktur pada Saluran Pernapasan Penderita Asma	18
2.9 Patofisiologi Asma	19
2.9.1 Penyempitan Saluran Napas Pada Asma	19
2.9.2 Penebalan Saluran Napas.....	19
2.9.3 Mekanisme Respon Berlebihan pada Saluran Napas.....	19
2.9.4 Mekanisme Patofisiologi dalam Perkembangan Inflamasi Saluran Napas	20
2.10 Kondisi Asma Internasional, Nasional, dan Lokal.....	20
2.11 Diagnosis dan Pengukuran Asma.....	24
2.12 Hubungan Paparan PM ₁₀ dan NO ₂ dengan Asma	24

2.13 Hubungan Faktor Iklim dengan Konsentrasi PM ₁₀ , NO ₂ , dan Asma	28
2.13.1 Hubungan Faktor Iklim dengan Konsentrasi PM ₁₀ dan NO ₂	29
2.13.2 Hubungan Faktor Iklim dengan Jumlah Kasus Asma.....	30
3. KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, DAN DEFINISI OPERASIONAL.....	32
3.1 Kerangka Teori	32
3.2 Kerangka Konsep	34
3.3 Definisi Operasional	34
4. METODE PENELITIAN	37
4.1 Jenis Penelitian	37
4.2 Populasi	37
4.3 Pengumpulan data	38
4.3.1 Pengumpulan Data Jumlah Asma	38
4.3.2 Pengumpulan Data Konsentrasi PM ₁₀ dan NO ₂	38
4.3.3 Pengumpulan Data Iklim	38
4.4 Waktu dan Tempat Penelitian	38
4.5 Analisis Data	39
4.5.1 Analisis Univariat	39
4.5.2 Analisis Bivariat.....	39
5. HASIL	41
5.1 Gambaran Umum	41
5.2 Keadaan Demografis	42
5.3 Gambaran Faktor Iklim di Jakarta Pusat	44
5.3.1 Curah Hujan	44
5.3.2 Kelembaban	46
5.3.3 Lama Penyinaran Matahari	47
5.3.4 Kecepatan Angin.....	48
5.4 Gambaran Jumlah Asma di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011	49
5.5 Gambaran Konsentrasi PM ₁₀ di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011	51
5.6 Gambaran Konsentrasi NO ₂ di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011	54
5.7 Gambaran Jumlah Asma dan Konsentrasi PM ₁₀ di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011	58
5.8 Gambaran Jumlah Asma dan konsentrasi NO ₂ di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011	63
5.9 Uji Normalitas Data.....	68
5.10 Uji Korelasi	69
6. PEMBAHASAN	74
6.1 Keterbatasan Penelitian	74
6.2 Hubungan Faktor Iklim dengan Konsentrasi PM ₁₀ dan NO ₂ Di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011	75
6.2.1 Hubungan Curah hujan dengan konsentrasi PM ₁₀ dan NO ₂ Di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011	75

6.2.2 Hubungan Kelembaban dengan Konsentrasi PM ₁₀ dan NO ₂ Di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011	77
6.2.3 Hubungan Lama Penyinaran Matahari dengan Konsentrasi PM ₁₀ dan NO ₂ di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011	78
6.2.4 Hubungan Kecepatan Angin dengan Konsentrasi PM ₁₀ dan NO ₂ Di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011	79
6.3 Hubungan Konsentrasi PM ₁₀ dengan Jumlah Asma di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011	80
6.4 Hubungan Konsentrasi NO ₂ dengan Jumlah Asma Di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011	82
6.5 Hubungan Curah Hujan dengan Jumlah Asma di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011	82
6.6 hubungan Kelembaban dengan Jumlah Asma di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011	83
7. KESIMPULAN DAN SARAN	85
7.1 Kesimpulan	85
7.2 Saran	86
DAFTAR REFERENSI	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Prevalensi Asma di dunia	21
Tabel 3.3 Definisi Operasional	34
Tabel 4.1 Nilai r dan arah hubungan dalam uji korelasi	40
Tabel 5.1 Luas wilayah kecamatan Jakarta Pusat	41
Tabel 5.2 Jumlah kelurahan, penduduk, dan kepadatan penduduk di Jakarta Pusat	43
Tabel 5.3 Jumlah sarana kesehatan dan laboratorium kesehatan	43
Tabel 5.4 Jumlah Puskesmas dan posyandu	44
Tabel 5.5 Jumlah dokter spesialis, dokter umum, dan dokter gigi	44
Tabel 5.6 Uji normalitas	69
Tabel 5.7 Analisis korelasi faktor iklim dengan PM ₁₀	70
Tabel 5.8 Analisis korelasi faktor iklim dengan NO ₂	70
Tabel 5.9 Analisis korelasi PM ₁₀ dan NO ₂ dengan asma	71



DAFTAR GAMBAR

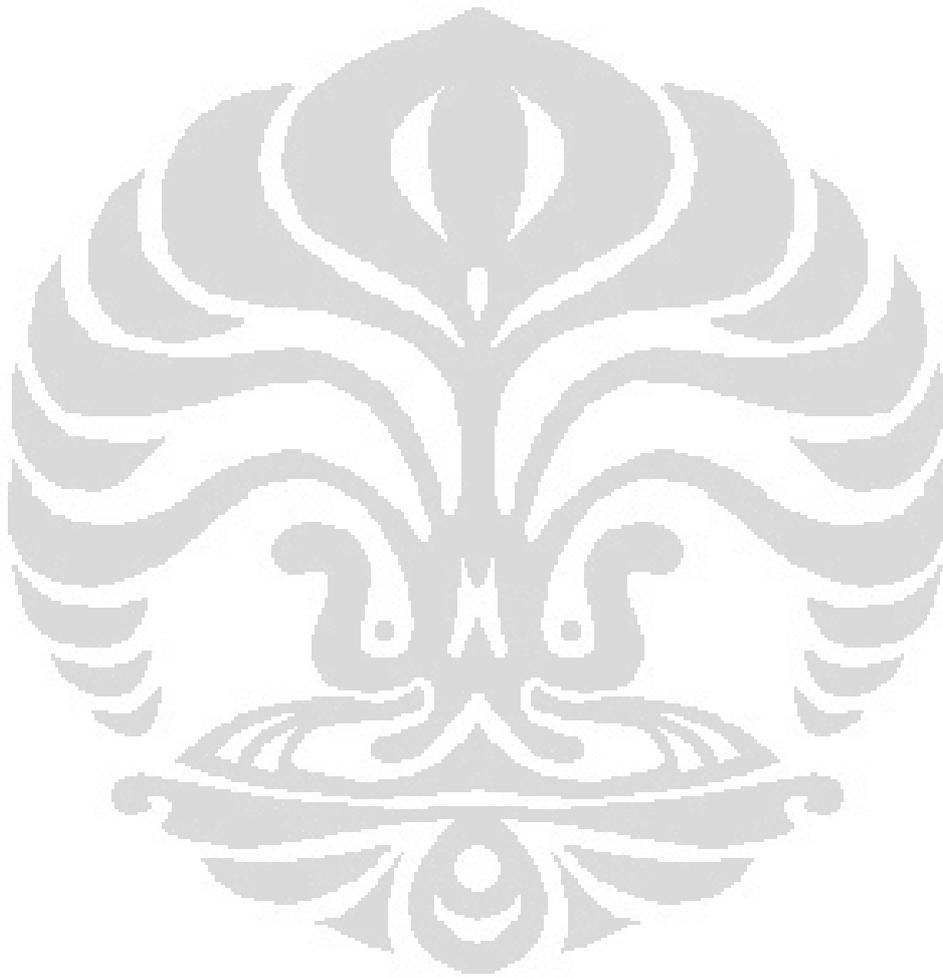
Gambar 2.1 Baku mutu PM ₁₀ di berbagai negara di Asia	10
Gambar 2.2 Inflamasi dan Perubahan Struktur Saluran Pernapasan.....	15
Gambar 2.3 Mekanisme Inflamasi	20
Gambar 5.1 Rata-rata curah hujan per bulan di Jakarta Pusat 2007-2011	45
Gambar 5.2 Rata-rata curah hujan per tahun di Jakarta Pusat 2007-2011	45
Gambar 5.3 Rata-rata kelembaban per bulan di Jakarta Pusat 2007-2011	46
Gambar 5.4 Rata-rata kelembaban per tahun di Jakarta Pusat 2007-2011	47
Gambar 5.5 Rata-rata lama penyinaran matahari per bulan di Jakarta Pusat 2007-2011	47
Gambar 5.6 Rata-rata lama penyinaran matahari per tahun di Jakarta Pusat 2007-2011	48
Gambar 5.7 Rata-rata kecepatan angin per bulan di Jakarta Pusat 2007-2011	49
Gambar 5.8 Rata-rata kecepatan angin per tahun di Jakarta Pusat 2007-2011	49
Gambar 5.9 Jumlah asma di Jakarta Pusat 2007-2011	50
Gambar 5.10 Jumlah asma per tahun di Jakarta Pusat 2007-2011	51
Gambar 5.11 Konsentrasi PM ₁₀ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2007	51
Gambar 5.12 Konsentrasi PM ₁₀ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2008	52
Gambar 5.13 Konsentrasi PM ₁₀ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2009	53
Gambar 5.14 Konsentrasi PM ₁₀ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2010	53
Gambar 5.15 Konsentrasi PM ₁₀ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2011	54
Gambar 5.16 Konsentrasi NO ₂ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2007	55
Gambar 5.17 Konsentrasi NO ₂ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2008	55
Gambar 5.18 Konsentrasi NO ₂ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2009	56
Gambar 5.19 Konsentrasi NO ₂ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2010	57
Gambar 5.20 Konsentrasi NO ₂ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2011	57
Gambar 5.21 Hubungan konsentrasi PM ₁₀ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2007	58
Gambar 5.22 Hubungan konsentrasi PM ₁₀ dengan jumlah asma	

di Jakarta Pusat tahun 2008.....	59
Gambar 5.23 Hubungan konsentrasi PM ₁₀ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2009.....	60
Gambar 5.24 Hubungan konsentrasi PM ₁₀ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2010.....	61
Gambar 5.25 Hubungan konsentrasi PM ₁₀ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2011.....	62
Gambar 5.26 Hubungan konsentrasi PM ₁₀ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2007-2011.....	63
Gambar 5.27 Hubungan konsentrasi NO ₂ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2007.....	63
Gambar 5.28 Hubungan konsentrasi NO ₂ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2008.....	64
Gambar 5.29 Hubungan konsentrasi NO ₂ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2009.....	65
Gambar 5.30 Hubungan konsentrasi NO ₂ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2010.....	66
Gambar 5.31 Hubungan konsentrasi NO ₂ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2011.....	67
Gambar 5.32 Hubungan konsentrasi NO ₂ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2007-2011.....	68



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Output SPSS	93
----------------------------	----



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Debu merupakan salah satu bahan yang sering disebut sebagai partikel yang melayang di udara (*Suspended Particulate Matter / SPM*) dengan ukuran 0.1 mikron sampai dengan 30 mikron. (*Environmental Protection Agency, 2010*) Dalam Kasus Pencemaran udara baik dalam maupun di luar ruangan (*Indoor and Outdoor Pollution*) debu sering dijadikan salah satu indikator pencemaran yang digunakan untuk menunjukkan tingkat bahaya baik terhadap lingkungan maupun terhadap kesehatan dan keselamatan kerja. Partikel debu akan berada di udara dalam waktu yang relatif lama dalam keadaan melayang-layang di udara kemudian masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernapasan (*Kementerian Kesehatan RI, 2002*)

Udara di sekeliling kita telah tercemar oleh berbagai polutan udara, di mana 70-80% pencemaran udara berasal dari gas buangan kendaraan dan 20-30% berasal dari industri. Polutan ini berupa debu dan gas pencemar, seperti PM_{10} dan Nitrogen dioksida (NO_2). (*Status Lingkungan Hidup Daerah Propinsi DKI Jakarta, 2010*). Berdasarkan teori dan penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, kedua jenis polutan udara, yaitu debu dengan ukuran hingga 10 mikron atau disebut juga *particulate matter* (PM_{10}) dan gas Nitrogen dioksida (NO_2) ini merupakan faktor pencetus timbulnya asma. (*Weinmayr et al., 2009*)

Particulate matter merupakan campuran kompleks zat organik dan inorganik. Di lingkungan, *particulate matter* terbagi menjadi dua, yaitu partikel kasar dan partikel halus. Partikel adalah campuran kompleks yang terdiri dari padatan kecil dan droplet cairan. Selain itu, *particulate matter* terdiri dari sejumlah komponen, termasuk asam (seperti nitrat dan sulfat), kimia organik, logam, tanah atau partikel debu. PM_{10} adalah partikel dengan diameter hingga 10 mikron. (*Environmental Protection Agency, 2010*)

PM_{10} saat ini lebih tepat digunakan sebagai target yang menimbulkan masalah kesehatan karena pajanan terhadap PM_{10} ini berbahaya bagi kesehatan

masyarakat. PM₁₀ adalah partikel dengan diameter kurang dari sama dengan 10 mikron yang dapat mencapai saluran pernapasan bagian atas dan paru-paru (*Clean Air Initiative for Asian Cities*, 2010)

NO₂ adalah suatu komponen dari campuran kompleks. NO₂ merupakan gas asam yang berwarna kecoklatan yang bereaksi kembali dengan gas lain membentuk ozon. Paparan terhadap NO₂ pada orang sehat sebesar 4 ppm atau kurang dari 4 ppm selama 2 jam dapat menimbulkan efek pada fungsi paru (ATSDR, 2007)

Apabila konsentrasi PM₁₀ di udara telah melebihi baku mutu menurut Keputusan Gubernur Propinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 551 Tahun 2001, yaitu 150 µg/m³ dan NO₂ di udara telah melebihi baku mutu menurut peraturan yang sama, yaitu 92,5 µg/m³ atau 0,05 ppm, maka akan menimbulkan berbagai efek kesehatan pada manusia, khususnya efek yang berhubungan dengan saluran pernapasan.

Asma merupakan penyakit inflamasi jalan napas kronik yang berdampak serius terhadap morbiditas dan mortalitas di dunia. Data *World Health Organization* (WHO) memperlihatkan sekitar 300 juta orang di seluruh dunia menderita akibat asma dan 255 ribu orang meninggal dunia akibat asma pada tahun 2005. Prevalensi asma di berbagai negara berkisar antara 1-18%. (WHO, 2005)

Di Indonesia, asma termasuk delapan masalah kesehatan paru yang berada dalam ruang lingkup program Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan (P2PL) Kementerian kesehatan RI. Hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2007 menunjukkan, prevalensi atau angka kejadian penyakit asma mencapai 3,5%. Hasil penelitian *International Study on Asthma and Allergies in Childhood* menunjukkan bahwa di Indonesia prevalensi penyakit asma meningkat dari 4,2% pada tahun 1995 menjadi 5,4% pada tahun 2003. Daerah Khusus Ibukota Jakarta memiliki prevalensi asma yang lebih besar yaitu 7,5% pada tahun 2007. Penelitian di Indonesia oleh Yunus *et al.* pada tahun 2001 menunjukkan bahwa prevalensi asma pada remaja usia 13-14 tahun di daerah Jakarta Timur sekitar 8,9% dengan prevalensi kumulatif 11,5%, dan sebesar 5,8 % di Jakarta Pusat.

Terdapat beberapa penelitian yang menunjukkan adanya hubungan antara konsentrasi PM_{10} dan NO_2 dengan asma. Di Phoenix, Arizona dilakukan penelitian untuk mengetahui hubungan PM_{10} dan asma. Data PM_{10} didapatkan dari lima stasiun pemantau kualitas udara permanen di Central Phoenix. Data asma diperoleh dari *Arizona Department of Health Services* (ADHS) mulai dari 1 Januari 2004 hingga 31 Desember 2006. Didapatkan hasil bahwa konsentrasi PM_{10} signifikan (p values = 0.0056) secara statistik dengan insiden asma di Central Phoenix. (Dimitrova, *et al.*, 2011)

Terdapat penelitian di California yang meneliti hubungan antara polusi lalu lintas dan asma pada 208 anak dari 10 daerah yang berbeda. Konsentrasi NO_2 diukur di luar rumah dari setiap anak. Penelitian menghasilkan bahwa sejarah penderita yang didiagnosis asma oleh dokter selama hidupnya, berhubungan dengan konsentrasi NO_2 di luar rumah. (Gauderman, *et al.*, 2005)

Penelitian lain pada anak-anak yang menderita asma yang terpajan oleh NO_2 di arena bermain *hockey*. Konsentrasi NO_2 yang sangat tinggi diukur di arena hoki yang menggunakan mesin pembakaran. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan kejadian asma pada anak-anak yang bermain hoki di arena yang menggunakan mesin bertenaga propana dan yang menggunakan mesin bertenaga listrik. Rata-rata konsentrasi NO_2 di arena propana adalah $276 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di arena listrik. Bila dibandingkan antara arena propana dan arena listrik. Anak-anak di arena propana dengan konsentrasi NO_2 lebih tinggi dari median, dilaporkan lebih banyak menderita asma dibandingkan anak-anak di arena propana dengan konsentrasi NO_2 yang lebih rendah. (Thunqvist, *et al.*, 2002)

Selain itu, terdapat pula penelitian antara iklim dengan kasus asma. Pada penelitian di Rumania, Eropa, ditemukan hubungan korelasi *Spearman* negatif yang kuat antara kelembaban dan asma pada kelompok umur 15-64 tahun ($r = -0,85$, $p = 0,007$). Hasil ini menunjukkan efek protektif kelembaban udara terhadap asma. Terdapat pula penelitian di Cina dengan desain studi longitudinal periode pertama (1990-1997) dan desain studi *time series* periode kedua (2000-2003). Pada kedua studi ini, efek parameter iklim berhubungan dengan kesehatan pernapasan (asma) dengan melibatkan faktor polusi udara. (Petrescu, *et al.*, 2011)

Hasil pengukuran kualitas udara yang dilakukan di 25 lokasi di DKI Jakarta tahun 2006 menunjukkan hasil yang beragam. Konsentrasi PM_{10} berkisar antara 40,74 hingga 228.943 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan rata-rata 110,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai rata-rata ini ada yang hampir mendekati dan melebihi nilai ambang batas (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Hasil penelitian ini serupa dengan pengukuran tahun 2003 pada lima lokasi di DKI Jakarta yang berkisar antara 11,87 hingga 279,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dengan rata-rata 123,244 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Berdasarkan wilayah, untuk parameter PM_{10} wilayah yang memiliki tingkat pencemaran tinggi dan telah melewati nilai ambang batas adalah Jakarta Pusat, Jakarta Barat dan Jakarta Timur. (Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 2006)

Pada pengukuran PM_{10} dan NO_2 di udara ambien wilayah Jakarta Pusat selama lima tahun (2007-2011), ditemukan beberapa nilai yang mendekati dan melebihi nilai ambang batas masing-masing polutan (Badan Meteorologi dan Geofisika, 2011)

Jakarta Pusat adalah tempat di mana banyak industri besar/ sedang berada di DKI Jakarta. Jumlah perusahaan industri besar/ sedang dan industri kerajinan rumah tangga tahun 2006 sebanyak 1872 industri (Badan Pusat Statistik Jakarta Pusat, 2010). Selain itu, Kota Administrasi Jakarta Pusat termasuk kota dengan jumlah kendaraan bermotor yang tinggi di Jabodetabek pada tahun 2007 (Badan Pusat Statistik DKI Jakarta, 2008).

Berdasarkan data Biro Pusat Statistik tahun 2002, kendaraan bermotor di Jakarta bertambah 11.3% setiap tahun. Hal ini menurunkan kualitas udara ambien dan juga menurunkan derajat kesehatan masyarakat. Industri dan kendaraan bermotor inilah sumber yang mengakibatkan tingginya kontaminan udara berupa NO_2 dan konsentrasi debu di wilayah Jakarta Pusat. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai hubungan konsentrasi PM_{10} dan NO_2 dengan jumlah asma di Kota Administrasi Jakarta pusat pada tahun 2007-2011.

1.2 Rumusan Masalah

Kota Administrasi Jakarta Pusat merupakan kota dengan rata-rata konsentrasi *Particulate matter* (PM_{10}) dan Nitrogen dioksida (NO_2) yang mendekati baku mutu dan kasus asma masih merupakan masalah tiga belas besar

penyakit tertinggi, maka, perlu dilakukan penelitian mengenai hubungan konsentrasi PM_{10} dan NO_2 di Kota Administrasi Jakarta Pusat 2007-2011 dengan jumlah asma di wilayah tersebut.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Adakah hubungan antara konsentrasi PM_{10} dan NO_2 dengan jumlah asma di Kota Administrasi Jakarta Pusat tahun 2007-2011?

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Mengkorelasikan antara konsentrasi PM_{10} dan NO_2 dengan jumlah asma di Kota Administrasi Jakarta Pusat 2007-2011.

1.4.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui gambaran iklim (curah hujan, kelembaban, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin) di Kota Administrasi Jakarta Pusat tahun 2007-2011.
2. Mengetahui gambaran konsentrasi PM_{10} di Kota Administrasi Jakarta Pusat tahun 2007-2011.
3. Mengetahui gambaran konsentrasi NO_2 di Kota Administrasi Jakarta Pusat tahun 2007-2011.
4. Mengkorelasikan iklim (curah hujan, kelembaban, lama penyinaran matahari, dan kelembaban) dengan konsentrasi PM_{10} dan NO_2 tahun 2007-2011.
5. Mengkorelasikan konsentrasi PM_{10} dengan jumlah asma di Kota Administrasi Jakarta Pusat tahun 2007-2011.
6. Mengkorelasikan konsentrasi NO_2 dengan jumlah asma di Kota Administrasi Jakarta Pusat tahun 2007-2011.
7. Mengkorelasikan curah hujan dan kelembaban dengan jumlah asma di Kota Administrasi Jakarta Pusat tahun 2007-2011.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Dinas Kesehatan dan Suku Dinas Kotamadya Jakarta Pusat

Memberi informasi mengenai hubungan antara konsentrasi PM₁₀ dan NO₂, dengan jumlah kasus asma di Kota Administrasi Jakarta Pusat Tahun 2007-2011 serta memberi informasi mengenai faktor lain yang memicu kambuhnya asma.

1.5.2 Departemen Kesehatan Lingkungan

Menambah informasi mengenai penelitian yang mendukung suatu teori yang telah ada.

1.5.3 Penulis

Mengaplikasikan ilmu dan teori telah dipelajari pada suatu penelitian serta mengetahui hubungan antara konsentrasi PM₁₀ dan NO₂ dengan jumlah kasus asma di Kota Administrasi Jakarta Pusat Tahun 2007-2011 serta memberi informasi mengenai faktor lain yang memicu timbulnya asma.

1.6 Ruang Lingkup

Penelitian ini dilakukan untuk memberi gambaran tentang jumlah kasus asma pada masyarakat di Kota Administrasi Jakarta Pusat pada tahun 2007-2011 dalam kaitannya dengan konsentrasi PM₁₀ dan NO₂. Penelitian dengan desain studi ekologi ini dilakukan pada bulan Maret-Juni 2012 yang terbatas pada analisis data sekunder yaitu jumlah kasus asma yang diperoleh dari Suku Dinas Kesehatan Jakarta Pusat dan data konsentrasi PM₁₀ dan NO₂ yang berasal dari Badan Meteorologi dan Geofisika wilayah Kemayoran.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Particulate Matter*

Particulate matter merupakan campuran kompleks zat organik dan inorganik. Di lingkungan, *particulate matter* terbagi menjadi dua, yaitu partikel kasar dan partikel halus. Partikel adalah campuran kompleks yang terdiri dari padatan kecil dan droplet cairan. Selain itu, *particulate matter* terdiri dari sejumlah komponen, termasuk asam (seperti nitrat dan sulfat), kimia organik, logam, tanah atau partikel debu (*Environmental Protection Agency*, 2010)

Particulate matter (PM) adalah istilah umum yang digunakan campuran partikel aerosol (padat dan cair) dalam rentang yang luas pada ukuran dan komposisi kimia. *Particulate matter* dapat berasal dari sumber alami (debu terlarut, polen, debu vulkanik) atau berasal dari sumber akibat aktivitas manusia, terutama dari pembakaran bahan bakar, tenaga panas, insinerator, peralatan rumah tangga, alat pemanas, dan kendaraan bermotor. Di kota, *particulate matter* terutama berasal dari asap kendaraan bermotor, pembakaran bahan bakar atau batubara, serta pembakaran kayu. (*Air Quality in Europe*, 2011)

EPA (*Environmental Protection Agency*) membagi *particulate matter* menjadi beberapa kategori, yaitu *total suspended particulate matter* (TSP), PM₁₀, PM_{2,5}, Partikel dengan ukuran kurang dari 0.1 µm, dan *condensable particulate matter*. *Total suspended particulate matter* (TSP) adalah partikel dengan ukuran diameter 0.1 mikrometer hingga 30 mikrometer. TSP mencakup partikel halus (*fine particle*), partikel kasar (*coarse particle*), dan partikel sangat kasar/besar (*supercoarse particle*). PM₁₀ adalah partikel dengan diameter hingga 10 mikrometer. PM₁₀ merupakan tipe spesifik polutan karena dalam rentang ukurannya, PM₁₀ ini dapat terhisap atau masuk ke dalam pernapasan manusia. Selain itu, partikel yang ukurannya kurang dari 10 mikron dapat masuk ke saluran pernapasan manusia bagian bawah. Partikel dengan ukuran antara 0.1 dan 10 mikron ini sangat penting untuk penelitian polusi udara. (EPA, 2010)

PM_{2,5} merupakan partikel berukuran sampai dengan 2,5 mikron. PM_{2,5} melayang di udara, pola suhu yang normal dapat membuat PM_{2,5} tetap berada di

udara selama beberapa jam hingga beberapa hari. $PM_{2,5}$ dapat menyebabkan masalah kesehatan terkait ketidakmampuan sistem pernapasan manusia melawan partikel dengan ukuran sangat kecil yang dimiliki $PM_{2,5}$ ini. Komponen kimia dari $PM_{2,5}$ juga berbeda dengan partikel kasar (*coarse* dan *supercoarse particle*). Komposisi utama dari $PM_{2,5}$ adalah sulfat, nitrat, komponen organik, dan komponen amonium. EPA juga memeriksa partikel $PM_{2,5}$ yang biasanya mengandung material acid, logam, dan kontaminan lain yang dipercaya berkaitan dengan efek buruk kesehatan. (EPA, 2010)

Partikel dapat pula berukuran kurang dari 0.1 mikron. Proses industri seperti pembakaran dan metalurgi, menghasilkan partikel berukuran dengan rentang 0.01 hingga 0.1 mikron. Partikel dengan ukuran ini dapat bergabung dan menghasilkan partikel dengan ukuran yang lebih besar dari 0.1 mikron. Sedangkan particulate matter yang dibentuk dari gas yang mengalami kondensasi disebut condensable particulate matter. *Condensable particulate matter* dibentuk dari reaksi kimia dan juga fenomena fisik dan biasanya dibentuk dari material yang bukan merupakan particulate matter dalam kondisi yang stabil, tetapi pada waktu kondensasi dan dilusi di udara ambien (*World Health Organization 2005*)

Partikel halus ($PM_{2,5}$) dihasilkan dari proses pembakaran, termasuk mesin bertenaga diesel, pembangkit listrik, dan pembakaran kayu. Partikel yang lebih besar/kasar (PM_{10}) berasal dari debu yang dihasilkan proses konstruksi, pertambangan, dan aktivitas pertanian. Partikel juga meliputi kotoran, abu, asap, dan droplet cairan yang diemisikan oleh pabrik. (WHO, 2003)

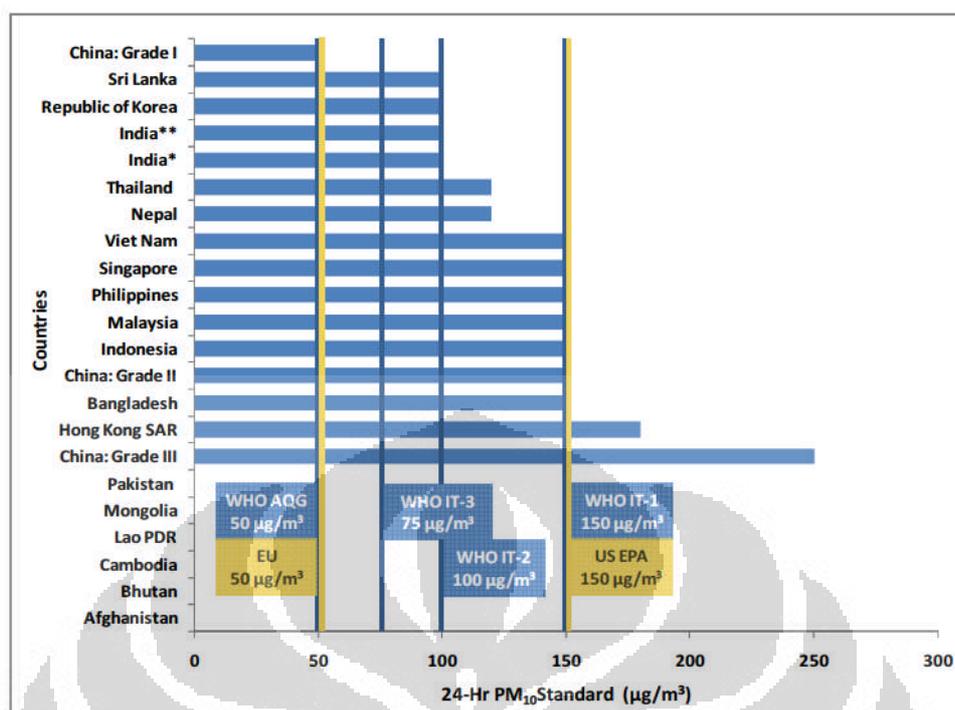
Partikulat polutan udara merupakan campuran dari partikel padat, cair, atau padat dan cair yang tersuspensi di udara. Partikel ini memiliki ukuran, komposisi, dan sumber yang bervariasi. Ukuran partikel bervariasi, mulai dari ukuran nanometer hingga sepuluh mikrometer bahkan lebih. Partikel yang lebih besar, biasa disebut partikel kasar, dihasilkan dari pecahan partikel padat yang besar. Partikel ini termasuk debu partikel yang terbawa angin dari proses pertanian, tanah, jalan yang tidak diaspal, atau proses penambangan. Lalu lintas juga memproduksi debu jalan dan debu tersebut tersebar oleh tiupan angin. Di daratan, penguapan air laut memproduksi partikel yang besar. Biji-bijian atau

polen, spora jamur, dan tanaman serta bagian tubuh serangga menghasilkan rentang ukuran partikel yang lebih besar. (WHO, 2003)

Partikel yang lebih kecil (partikel halus), sebagian besar terbentuk dari gas-gas. Partikel yang terkecil, berukuran kurang dari 0,1 mikron, terbentuk dari nukleasi, yaitu kondensasi dari substansi dengan tekanan uap rendah yang dibentuk dari penguapan dengan suhu tinggi atau oleh reaksi kimia di atmosfer untuk membentuk partikel baru (nuklei). (WHO, 2003)

Seluruh kualitas udara standar di dalam dan luar Asia menggunakan satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dulu, TSP dan *black smoke* digunakan sebagai indikator partikel di udara. Namun, TSP tidak relevan karena TSP dapat disaring oleh hidung dan mulut. PM_{10} dan $\text{PM}_{2,5}$ saat ini lebih tepat digunakan sebagai target yang menimbulkan masalah kesehatan karena pajanan terhadap PM ini berbahaya bagi kesehatan masyarakat. PM_{10} adalah partikel dengan diameter kurang dari 10 mikron yang dapat mencapai saluran pernapasan bagian atas dan paru-paru, sedangkan $\text{PM}_{2,5}$ adalah partikel dengan diameter kurang dari 2,5 mikron. (*Clean Air Initiative for Asian Cities*, 2010)

Standar PM_{10} tidak selalu sama di setiap negara. Di Indonesia, khususnya di Jakarta Pusat, baku mutu udara ambien untuk PM_{10} diatur oleh Keputusan Gubernur Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 551 Tahun 2001. Nilai baku mutu udara ambien untuk PM_{10} adalah sebesar $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk pajanan 1 hari (24 jam).



Gambar 2.1. Baku Mutu PM₁₀ di berbagai Negara di Asia

Sumber: *Clean Air Initiative for Asian Cities*, 2010

2.2 Efek Kesehatan *Particulate Matter*

Berdasarkan studi epidemiologi, walaupun konsentrasi *particulate matter* di bawah baku mutu, tetap dapat menimbulkan risiko kesehatan (WHO, 2006). Efek kesehatan dari *particulate matter* dirasakan setelah inhalasi dan penetrasi ke dalam paru-paru. Interaksi kimia dan fisik dengan jaringan paru-paru akan menyebabkan iritasi. Partikel yang berukuran lebih kecil, akan terpenetrasi ke dalam paru-paru. Paparan kronis terhadap *particulate matter* akan meningkatkan penyakit pernapasan dan kardiovaskuler, bahkan kanker paru. Kematian berhubungan dengan polusi udara yang 15-20% lebih buruk di kota dengan polusi udara level tinggi dibandingkan dengan kota yang kondisi udaranya lebih bersih. (WHO dalam *Air Quality in Europe*, 2011)

2.3 Nitrogen dioksida (NO₂)

NO₂ adalah suatu komponen dari campuran kompleks. NO₂ merupakan gas asam yang berwarna kecoklatan dan dapat bereaksi kembali dengan gas lain membentuk ozon, *particulate matter*, dan hujan asam. NO₂ merupakan agen

oksidasi yang kuat yang bereaksi kembali di udara membentuk asam nitrit korosif, seperti nitrat organik yang beracun. Sumber NO₂ adalah emisi kendaraan bermotor dan *power plant*. NO₂ juga dihasilkan dari rokok. Baku mutu NO₂ di Indonesia, khususnya di Jakarta berdasarkan Keputusan Gubernur Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 551 Tahun 2001 adalah sebesar 92,5 µg/m³ atau 0,05 ppm.

2.4 Efek Kesehatan NO₂

Pajanan terhadap NO₂ pada orang sehat sebesar 4 ppm atau kurang dari 4 ppm selama 2 jam dapat menimbulkan efek pada fungsi paru. Pajanan mendekati 2 ppm selama 2 jam menghasilkan peningkatan jumlah sel imun paru. Orang yang memiliki asma lebih sensitif terhadap efek dari NO₂. Pada pajanan 0,3 ppm atau lebih akan terjadi perubahan fungsi saluran pernapasan. (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007*)

Pajanan dalam jangka waktu singkat (kurang dari tiga jam) pada level konsentrasi NO₂ yang rendah, dapat menyebabkan penyakit pernapasan, terutama pada anak usia 5-12 tahun. Gejala akibat pajanan NO₂ pada level konsentrasi rendah, yaitu iritasi mata, hidung, tenggorokan, dan paru. Selain itu, akan timbul batuk, kesulitan bernapas, kelelahan, dan muntah. Pajanan jangka waktu panjang akan menambah kerentanan terhadap infeksi pernapasan dan dapat menyebabkan kerusakan permanen pada paru. (*New Jersey Department of Environmental Health, 2002*)

Berdasarkan fakta epidemiologi, penambahan efek kesehatan berhubungan dengan polusi udara luar ruangan yang mengandung NO₂. Contoh dari penelitian ini, yaitu gejala bronkitis dari anak-anak yang mengalami asma bertambah dalam hubungannya dengan konsentrasi NO₂ tahunan, yang menghambat perkembangan fungsi paru. Pada penelitian eksperimental, pajanan terhadap NO₂ pada konsentrasi 560 µg/m³ menunjukkan efek langsung fungsi paru pada penderita asma. (*WHO Air Quality Guidelines-Global Update, 2005*)

2.5 Definisi Asma

Asma adalah kelainan inflamasi kronis dari saluran pernapasan di mana sel dan elemen tingkat sel memiliki peran yang penting. Inflamasi kronis berkaitan

dengan saluran napas yang terlalu peka/hiperresponsif yang mengakibatkan sesak napas, rasa berat di dada, dan batuk, terutama pada malam atau pagi hari. (*Global Initiative for Asthma*, 2011)

Menurut *National Heart and Lung Blood Institute*, asma adalah kelainan saluran napas kronis yang kompleks dan dicirikan dengan beberapa gejala, kerusakan saluran aliran udara napas, saluran napas yang terlalu peka, dan inflamasi. (NHLBI, 2007)

2.6 Faktor yang memengaruhi Asma

Faktor-faktor yang memengaruhi asma dapat dibagi menjadi penyebab timbulnya asma dan pemicu gejala asma, yaitu faktor *host* dan faktor lingkungan. (GINA, 2011)

Faktor *Host*

1. Genetik

Penelitian dalam keluarga dan hubungan kasus kontrol menunjukkan bahwa sejumlah kromosom berhubungan dengan kerentanan terhadap asma. Data terkini menunjukkan multiple genes berperan dalam patogenesis asma. Hal-hal mengenai gen yang dihubungkan dengan asma fokus pada empat hal, yaitu: produksi antibodi IgE spesifik alergen, ekspresi hiperresponsif saluran napas, generasi pemicu inflamasi, seperti sitokin, chemokines, faktor pertumbuhan (*growth factor*), dan respon imun Th1 dan Th2.

2. Obesitas

Obesitas juga menunjukkan faktor risiko asma. Mediator tertentu seperti Leptin dapat memengaruhi fungsi saluran napas dan menambah kemungkinan timbulnya asma.

3. Jenis kelamin

Jenis kelamin laki-laki adalah faktor risiko asma pada anak-anak. Sebelum usia 14 tahun, prevalensi asma dua kali lebih tinggi pada anak laki-laki dibandingkan anak perempuan. Ketika umur anak bertambah, perbedaan dalam hal jenis kelamin menjadi tidak berarti. Namun, pada orang dewasa prevalensi asma lebih tinggi pada perempuan dibandingkan laki-laki. Penyebab perbedaan terkait jenis kelamin ini masih tidak jelas. Namun, pada saat lahir, ukuran paru-

paru laki-laki lebih kecil dibandingkan paru-paru perempuan, namun pada usia dewasa justru paru-paru laki-laki lebih besar.

Faktor lingkungan

1. Alergen

Penelitian kohort menunjukkan bahwa sensitifitas pada debu rumah, bulu kucing, bulu anjing, dan jamur *aspergillus* adalah faktor risiko untuk asma pada anak hingga umur tiga tahun. Namun, hubungan antara pajanan alergen dan sensitifitas pada anak tidak mutlak, tergantung alergen, dosis, waktu pajanan, umur anak, dan genetik. Untuk beberapa alergen, seperti yang berasal dari kutu rumah dan kecoa, prevalensi timbulnya sensitifitas/kepekaan berkorelasi secara langsung dengan pajanan.

2. Infeksi

Selama masa pertumbuhan, sejumlah virus telah berhubungan dengan permulaan fenotip asma. *Respiratory Syncytial Virus* (RSV) dan virus *parainfluenza* menghasilkan suatu pola gejala termasuk bronkiolitis yang serupa dengan ciri-ciri asma pada masa kecil/pertumbuhan. Sejumlah penelitian jangka panjang prospektif pada anak-anak yang tercatat di rumah sakit dengan RSV, menunjukkan bahwa 40% akan mendapatkan asma di masa pertumbuhan mendatang. Di sisi lain, fakta juga menunjukkan infeksi pernafasan tertentu, bahkan RSV akan memberi efek proteksi terhadap perkembangan asma.

Hipotesis kesehatan dari asma menunjukkan bahwa pajanan pada infeksi di awal kehidupan memengaruhi perkembangan sistem imun anak selama ini bersifat non-alergi. Hal ini akan mengurangi risiko asma dan penyakit alergi lainnya.

3. *Occupational Sensitizers*/bahan iritan

Lebih dari 300 substansi berhubungan dengan asma kerja, yang didefinisikan sebagai asma yang diakibatkan oleh pajanan terhadap agent yang berada di lingkungan kerja. Substansi-substansi ini termasuk molekul kecil yang reaktif seperti isosianat, irritants yang dapat menyebabkan perubahan pada kepekaan saluran pernapasan. Irritant ini merupakan immonugen seperti garam platinum dan produk biologis hewan serta tanaman kompleks yang menstimulasi produksi IgE.

4. Asap rokok

Asap rokok berhubungan dengan percepatan penurunan fungsi paru pada penderita asma, menambah keparahan asma, mengurangi kemungkinan pengendalian asma. Paparan terhadap asap rokok sebelum dan setelah lahir berhubungan dengan efek membahayakan yang dapat diukur termasuk risiko yang lebih tinggi untuk berkembangnya gejala asma pada masa awal pertumbuhan.

5. Polusi udara *outdoor* dan *indoor*

Kejadian asma berhubungan dengan bertambahnya tingkat polusi udara, dan ini berkaitan dengan peningkatan kadar polutan atau alergen spesifik yang membuat individu peka.

6. Makanan

Data menunjukkan bahwa insiden sesak napas lebih tinggi pada bayi yang diberi susu sapi atau kedelai pada masa awal pertumbuhan dibandingkan dengan yang diberi ASI. (GINA, 2011)

2.7 Mekanisme Terjadinya Asma

Asma merupakan kerusakan inflamasi dari saluran napas, yang meliputi beberapa sel inflamatori dan sel mediator yang menghasilkan perubahan patofisiologi karakteristik. Pada penjelasan yang masih dalam penelitian, pola inflamasi ini berhubungan secara kuat dengan hiperresponsif saluran napas dan gejala asma. (GINA, 2011)

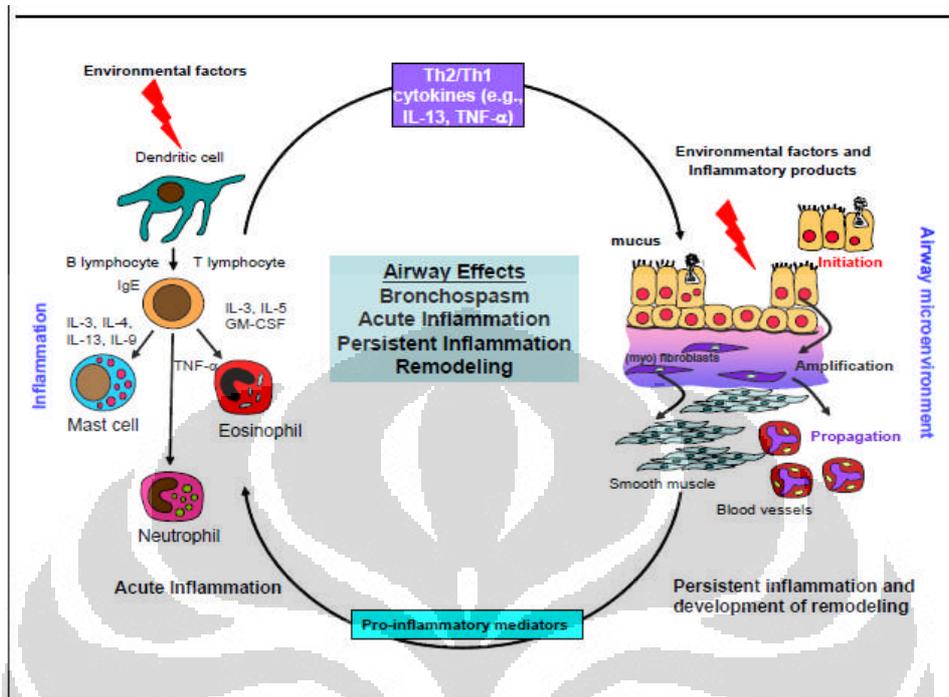
2.7.1 Inflamasi Saluran Napas

Spektrum klinis asma sangat bervariasi dan berbeda pola selnya jika diamati, namun inflamasi saluran napas adalah sesuatu yang mutlak dan tetap walaupun gejalanya episodik. Inflamasi memengaruhi keseluruhan saluran napas terutama pada saluran napas bagian atas dan hidung, tetapi efek fisiologinya dapat mencapai bronkus yang berukuran medium.

2.7.2 Sel-sel pada Inflamasi

Karakteristik pola inflamasi yang ditemui pada penyakit alergi seperti asma, dengan diaktifkannya mast sel, menambah jumlah eosinofil yang aktif, dan

menambah jumlah reseptor sel T pembunuh alami invariant sel T dan limfosit Th2 (T helper 2), mengeluarkan mediator yang mencetuskan gejala.



Gambar 2.2. Inflamasi dan Perubahan Struktur Saluran Pernapasan

Sumber: *National Heart and Lung Blood Institute, 2007*

a) T Limfosit

Perkembangan inflamasi pada asma diikuti dengan penemuan subpopulasi limfosit, yaitu sel T *helper* 1 dan sel T *helper* 2 (Th1 dan Th2). Penelitian pada manusia yang menderita asma, keberadaan Th2 menghasilkan inflamasi eosinofil yang merupakan karakteristik asma. (Cohn et al. 2004). Perkembangan Th2 cytokines (interleukin-4/IL-4, IL-5, dan IL-13) juga dapat menyebabkan kelebihan produksi IgE, kemunculan eosinofil, dan perkembangan kehiperresponsifan saluran napas. Akan ada juga pengurangan pada suatu kelompok limfosit, pengatur sel T, yang secara normal menghambat sel Th2, seiring penambahan pada sel natural killer (NK) yang mengeluarkan Th1 dan Th2 dalam jumlah besar (Akbari et al. 2006; Larche et al.2003).

T limfosit dan sel saluran napas lainnya, dapat menjadi indikator perkembangan dan derajat perubahan saluran napas. Walaupun ini merupakan hal yang terlalu sederhana dari suatu proses yang kompleks untuk menggambarkan

asma sebagai penyakit Th2, mengetahui pentingnya *cytokines* dan *chemokines* dapat menambah pemahaman mengenai perkembangan inflamasi saluran napas (Barnes 2002; Zimmermann et al.2003)

b) Mast Cells/ sel mast

Aktivasi dari sel mast mukosa mengeluarkan mediator-mediator penyempit bronkus (histamin, cysteinyl-leukotrienes, prostaglandin D2) (Boyce 2003; Galli et al. 2005; Robinson 2004). Walaupun aktivasi alergen terjadi melalui afinitas tinggi reseptor-reseptor IgE dan ini merupakan reaksi yang relevan, sel mast yang peka dapat juga diaktifkan oleh stimuli osmotik untuk menyebabkan terjadinya kontaksi bronkus. Penambahan jumlah sel *mast* pada otot halus saluran napas dapat dihubungkan dengan kehiperresponsifan saluran napas (Brighting et al.2002). Sel *mast* dapat pula mengeluarkan sejumlah besar cytokine untuk mengubah lingkungan saluran napas dan memicu inflamasi walaupun pajanan terhadap alergen terbatas.

c) Eosinofil

Penambahan jumlah eosinofil paling banyak terjadi pada saluran pernapasan, namun tidak terjadi pada semua penderita asma. Sel-sel ini mengandung enzim-enzim inflamatori, menghasilkan leukotrienes, dan menghasilkan sejumlah besar variasi cytokines pro-inflamatori. Peningkatan eosinofil biasanya berkorelasi dengan keparahan asma.

d) Neutrofil

Jumlah neutrofil meningkat pada saluran pernapasan dan pada sputum penderita asma, selama keparahan akut, dan pada mereka yang merokok.

e) Sel dendrit

Fungsi sel ini sebagai kunci antigen yang menghadirkan sel untuk berinteraksi dengan alergen dari permukaan saluran pernapasan dan kemudian memindahkannya ke nodus limfa yang selanjutnya akan berinteraksi dengan sel regulator dan menstimulasi produksi sel Th2 dari sel T naive (Kuipers and Lambrecht, 2004)

f) Makrofag

Makrofag merupakan sel terbanyak yang terdapat pada saluran pernapasan dan dapat diaktifkan oleh alergen melalui reseptor IgE afinitas rendah untuk

menghasilkan mediator-mediator inflamatori dan cytokines yang memperkuat respon inflamasi.

g) Sel residen saluran napas

Otot halus saluran pernapasan bukan satu-satunya target dari respon asma (melalui kontraksi yang menyebabkan gangguan saluran pernapasan) tetapi juga dapat berkontribusi dalam asma (melalui produksi mediator pro-inflamator). Sebagai sesuatu yang mutlak dalam inflamasi saluran pernapasan dan perkembangan faktor-faktor pertumbuhan, sel otot halus saluran pernapasan dapat mengalami proliferasi, aktivasi, kontraksi, dan hipertrofi, bahkan dapat memengaruhi disfungsi saluran pernapasan saat asma.

h) Sel Epitel

Perkembangan mediator-mediator pencetus inflamasi, aktivasi sel pencetus inflamasi, dan infeksi oleh virus-virus pernapasan dapat menyebabkan sel epitel memproduksi makin banyak mediator pemicu inflamasi atau untuk melukai sel epitel itu sendiri. Proses perbaikan sel epitel yang luka ini mungkin tidak normal pada asma. Hal ini mengakibatkan kerusakan lesi yang lebih jauh pada kasus asma.

2.7.3 Mediator-mediator Asma

1. Chemokines,

Chemokine merupakan mediator penting pada sel yang akan terinflamasi di dalam saluran napas dan yang utama berada di sel-sel epitelial saluran napas. Eotaxin biasanya relatif untuk eosinofil, di mana thymus and *activation-regulated chemokines* (TARCs) dan *macrophages-derived chemokines* (MDCs) yang menghasilkan sel Th2.

2. Cysteinyl leukotrienes,

Bronchoconstrictor potensial dan mediator pencetus inflamasi yang berasal dari *mast cell* dan *eosinofil*. Keduanya ini satu-satunya mediator yang apabila dihambat dapat memulihkan fungsi paru dan gejala asma. Penelitian terbaru juga menunjukkan leukotriene B4 dapat berkontribusi pada proses inflamasi dengan bantuan neutrofil (Gelfand & Dakhama 2006)

3. *Cytokines*,

Cytokines membangun respon inflamasi saat asma dan menentukan kearahannya. Th2 memperoleh *cytokines* termasuk IL-5, yang diperlukan untuk diferensiasi dan kelangsungan eosinofil, dan IL-4 yang penting untuk diferensiasi sel Th2, IL-3 penting untuk pembentukan IgE. Cytokines mencakup IL-1 β dan faktor nekrosis tumor α (TNF- α), yang memperkuat respon inflamatori, dan *granulocyte-macrophage colony-stimulating factor* (GM-CSF), yang memperpanjang kelangsungan hidup eosinofil di saluran pernapasan.

4. Histamin,

Histamin dilepaskan oleh sel mast dan menambah penyempitan bronkus serta respon inflamasi.

5. NO (Nitrogen monoksida),

NO merupakan suatu vasodilator potensial, diproduksi secara pre dominan dari aksi sintesis NO pada sel epitel saluran napas. Ekshalasi NO digunakan untuk memonitor keefektifan penanganan asma karena terdapat penelitian bahwa hal ini memiliki hubungan dengan terjadinya inflamasi saat asma.

6. Immunoglobulin E

IgE adalah antibodi yang bertanggung jawab untuk mengaktifkan reaksi alergi dan merupakan sesuatu yang penting dalam patogenesis penyakit alergi serta perkembangan dan kelangsungan inflamasi. IgE melekatkan diri pada permukaan sel melalui reseptor afinitas tinggi yang spesifik. Sel mast memiliki sejumlah besar reseptor IgE, yang aktif bila berinteraksi dengan antigen, mengeluarkan sejumlah mediator untuk mencetuskan bronkospasme akut dan juga mengeluarkan pro-inflammatory cytokine untuk terus mempertahankan inflamasi saluran pernapasan (Boyce, 2003) Sel lainnya, basofil, sel dendrit, dan limfosit juga memiliki reseptor IgE afinitas tinggi.

2.8 Perubahan struktur pada saluran pernapasan penderita asma

Fibrosis sub-epitel dihasilkan dari deposisi serat kolagen dan proteoglikan di bawah dasar membran dan ini terlihat pada setiap penderita asma. Otot halus pada saluran pernapasan bertambah, baik secara hipertrofi (peningkatan ukuran sel) dan hiperplasia (peningkatan jumlah sel), dan ini menyebabkan menebalnya

dinding saluran pernapasan. Proses ini berkaitan dengan keparahan penyakit dan ini diakibatkan oleh mediator inflamasi.

Pembuluh darah pada saluran pernapasan memperbanyak pengaruh dari faktor-faktor perkembangan seperti *vascular endothelial growth factor* (VEGF) dan juga berkontribusi pada penambahan ketebalan dinding saluran pernapasan. Pengeluaran mucus yang berlebihan dihasilkan dari peningkatan jumlah sel goblet di epitel saluran pernapasan dan penambahan ukuran kelenjar submukosa. (*National Heart, Lung, and Blood Institute, 2007*)

2.9 Patofisiologi Asma

2.9.1 Penyempitan Saluran Napas Pada Asma

Kontraksi otot halus pada saluran napas memicu peningkatan mediator penyempit saluran napas dan neurotransmitter adalah mekanisme dominan dari penyempitan saluran napas dan didukung oleh bronkodilator. Edema saluran napas terjadi karena penambahan kebocoran mikrovaskular sebagai respon dari mediator inflamatori. Ini penting selama terjadi kerusakan akut. Penebalan saluran pernapasan berkaitan dengan perubahan struktur, sering disebut dengan istilah “remodelling”, ini penting pada penyakit tertentu dan tidak sepenuhnya dapat kembali normal seperti semula dengan terapi. (GINA, 2011)

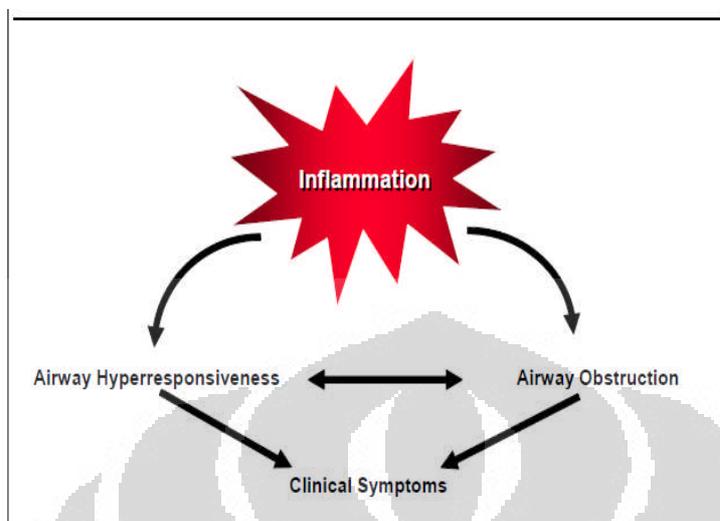
2.9.2 Penebalan Saluran Napas

Penebalan saluran napas berkaitan dengan perubahan struktur, hipersekresi mukus akan menghambat kelancaran nadi, menambah sekresi mukus, dan eksudat inflamasi. (GINA, 2011)

2.9.3 Mekanisme Respon Berlebihan pada Saluran Napas

Kontraksi otot halus yang berlebihan akan menambah volume sel otot halus. Kontraksi saluran napas sebagai hasil dari perubahan inflamasi akan menyebabkan penyempitan saluran napas dan kehilangan kapasitas maksimum kontraksi normal ketika agent penyebab penyempitan bronkus terhirup. (GINA, 2011)

2.9.4 Mekanisme Patofisiologi dalam perkembangan inflamasi saluran napas



Gambar 2.3. Mekanisme Inflamasi

Sumber: *National Heart and Lung Blood Institute, 2007*

Inflamasi merupakan pusat dari patofisiologi asma. Asma definisinya adalah inflamasi saluran napas termasuk interaksi banyak tipe sel dan mediator-mediator yang menggandakan diri (*multiple mediators*) dengan saluran napas yang akhirnya menghasilkan karakteristik patofisiologi penyakit: inflamasi bronkial dan penyempitan saluran napas yang menyebabkan batuk, bersin, dan napas yang pendek. (NHLBI, 2007)

2.10 Kondisi Asma Internasional, Nasional, dan Lokal

Penyakit asma merupakan penyakit lima besar penyebab kematian di dunia yang bervariasi antara 5-30% (berkisar 17,4%). Orang yang didiagnosis asma bertambah sebesar 4.3 juta dari tahun 2001 hingga 2009. Satu dari dua belas orang di dunia menderita asma pada tahun 2001. Namun, pada tahun 2009 menjadi satu dari empat belas orang yang menderita asma. Di *United States*, satu dari dua belas orang menderita asma di tahun 2009 (8% dari populasi). Asma lebih banyak diderita wanita dibandingkan pria dan lebih banyak diderita anak laki-laki dibandingkan anak perempuan. (*Center for Disease Center, 2011*)

Tabel 2.1. Prevalensi Asma di dunia

	Negara	Persentase (%)
1	Scotland	18.4
2	Jersey	17.6
3	Guernsey	17.5
4	Wales	16.8
5	Isle of Man	16.7
6	England	15.3
7	New Zealand	15.1
8	Australia	14.7
9	Republic of Ireland	14.6
10	Canada	14.1
11	Peru	13.0
12	Trinidad & Tobago	12.6
13	Costa Rica	11.9
14	Brazil	11.4
15	USA	10.9
16	Fiji	10.5
17	Paraguay	9.7
18	Uruguay	9.5
19	Israel	9.0
20	Barbados	8.9
21	Panama	8.8
22	Kuwait	8.5
23	Ukraine	8.3
24	Ecuador	8.2
25	South Africa	8.1
26	Czech Republic	8.0
27	Finland	8.0
28	Malta	8.0
29	Ivory coast	7.8
30	Colombia	7.8
31	Turkey	7.4
32	Lebanon	7.2
33	Kenya	7.0
34	Germany	6.9
35	France	6.8
36	Norway	6.8
37	Japan	6.5

2.1 Lanjutan....

38	Sweden	6.5
39	Thailand	6.5
40	Hongkong	6.2
41	Pjilippines	6.2
42	United Arab Emirates	6.2
43	Belgium	6.0
44	Austria	5.8
45	Spain	5.7
46	Saudi Arabia	5.6
47	Argentina	5.5
48	Iran	5.5
49	Estonia	5.4
50	Nigeria	5.4
51	Chile	5.1
52	Singapore	4.9
53	Malaysia	4.8
54	Portugal	4.8
55	Uzbekistan	4.6
56	Macedonia	4.5
57	Italy	4.5
58	Oman	4.5
59	Pakistan	4.3
50	Tunisia	4.3
51	Cape Verde	4.2
52	Latvia	4.2
53	Poland	4.1
54	Algeria	3.9
55	South Korea	3.9
56	Bangladesh	3.8
57	Morocco	3.8
58	Palestine	3.6
59	Mexico	3.3
60	Ethiopia	3.1
61	Denmark	3.0
62	India	3.0
63	Taiwan	2.6
64	Cyprus	2.4
65	Switzerland	2.3
66	Russia	2.2
67	China	2.1
68	Greece	1.9
69	Georgia	1.8
70	Nepal	1.5
71	Romania	1.5
72	Albania	1.3

2.1 Lanjutan...

73	Indonesia	1.1
74	Macau	0.7

Sumber: Global Burden of Asthma (Developed for the Global Initiative for Asthma, 2008)

Global Initiative for Asthma (GINA) memperkirakan hampir 300 juta orang di dunia menderita asma. Penambahan angka kejadian asma secara tajam di Afrika Selatan dan negara-negara di Eropa Timur, terutama pada anak-anak dan orang dewasa telah menjadi perhatian selama 10 tahun terakhir ini. Selain itu, prevalensi asma di Afrika, Amerika Tengah dan Selatan, dan Asia meningkat secara signifikan. Sebesar 40 juta orang di Amerika Tengah dan Selatan menderita asma. Prevalensi asma yang tinggi dilaporkan di Peru (13.0%), Costa Rica (11.9%), Brazil (11.4%), dan Ekuador (8.2%). Di Afrika, lebih dari 50 juta orang menderita asma. Prevalensi asma tertinggi ditemukan di Afrika Selatan (8.1%).

Hampir 44 juta orang di Asia Timur/daerah Pasifik menderita asma. Di Cina, penambahan prevalensi asma sebesar 2% akan menghasilkan penambahan penderita asma sebesar 20 juta di dunia. Kasus asma tertinggi di dunia, ditemukan di United Kingdom. Rata-rata satu dari setiap lima belas orang di United Kingdom menderita asma. Di Amerika Utara, prevalensi asma juga tinggi. Rata-rata satu dari sepuluh orang menderita asma. Rates lebih tinggi pada kelompok ras Afrika-Amerika dan Hispanik dibandingkan dengan Kaukasian. (CDC, 2008)

Jika Kanada dan Meksiko dihilangkan dari statistik, *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) di Atlanta, Georgia, dilaporkan pada tahun 2008 sekitar 38.4 juta orang (10.2 juta anak-anak dan 28.2 juta orang dewasa) di *United States* telah didiagnosis asma beberapa kali selama waktu hidup mereka. Pada tahun 2008 pula, 4.7 juta bangsa hispanik Amerika dilaporkan didiagnosis asma beberapa kali selama hidup mereka. (GINA, 2008). Selain itu, di *United States*, lebih dari 10 juta anak di bawah usia 18 tahun didiagnosis asma (CDC, 2008).

Hasil penelitian *International Study on Asthma and Allergies in Childhood* menunjukkan bahwa di Indonesia prevalensi penyakit asma meningkat dari 4,2% pada tahun 1995 menjadi 5,4% pada tahun 2003. DKI Jakarta memiliki

prevalensi asma yang lebih besar yaitu 7,5% pada tahun 2007 dengan prevalensi di Jakarta Pusat sebesar 5,8 %.

2.11 Diagnosis dan Pengukuran Asma

Untuk mendiagnosis asma, dokter harus memeriksa: gejala tetap dari kerusakan saluran napas dan hiperresponsif (respon berlebihan) pada saluran napas. Selain itu, ada metode lain yaitu menceritakan rekam medik secara detail, pemeriksaan fisik yang fokus pada saluran pernapasan atas, dada, dan kulit. Selain itu, dapat menggunakan spirometri untuk menunjukkan kerusakan dan memperkirakan kembalinya asma, termasuk pada anak umur 5 tahun ke atas. (GINA, 2011)

2.12 Hubungan Paparan PM₁₀ dan NO₂ dengan Asma

Suatu penelitian di Eropa, bertujuan mengkuantifikasi efek jangka pendek dari PM₁₀ dan NO₂ terhadap kesehatan pernapasan pada anak-anak yang menderita asma dari penelitian-penelitian panel yang telah terpublikasi sebelumnya. Setelah ulasan literatur yang sistematis, peneliti mengambil perkiraan kuantitatif hubungan antara PM₁₀ dan NO₂ dengan gejala pernapasan dan *peak expiratory flow* (PEF). Efek kombinasi dari setiap penambahan sebesar 10 µg/m³ dihitung dengan efek random meta-analysis untuk semua penelitian dan untuk strata yang berbeda didefinisikan berdasarkan karakteristik penelitian. Peneliti mengidentifikasi 36 penelitian, 14 merupakan bagian dari penelitian *European Pollution Effects on Asthmatic Children in Europe* (PEACE). Hubungan antara PM₁₀ dan asma signifikan secara statistik (OR= 1.028, 95% CI, 1.006-1.051). NO₂ juga memiliki hubungan yang signifikan dengan asma pada keseluruhan analisis (OR= 1.031, 95% CI, 1.001-1.062). (Weinmayr, 2009)

Berdasarkan studi ekologi di Brazil pada tahun 2003-2004, konsentrasi *total suspended particle* (TSP) yang juga mencakup PM₁₀ berhubungan dengan kasus asma yang tercatat di rumah sakit Araraquara, Brazil. Selain itu, penelitian dengan desain studi *cross sectional* di kota industri yang berada di Slovakia, menghasilkan model regresi logistik yang menunjukkan peningkatan signifikan pengunjung rumah sakit karena keluhan asma, yang berhubungan dengan

peningkatan polusi udara (TSP) dengan OR sebesar 2.16 (CI 1.01-4.60) (Arbecs MA *et al.*, 2001)

Terdapat penelitian di Athena, Yunani, yang mengamati hubungan antara *childhood asthma admissions* (CAA) dan konsentrasi PM₁₀ menggunakan model linear generalisasi dengan distribusi poisson dan analisis logistik. Data yang dikumpulkan adalah laporan kunjungan asma pada tiga rumah sakit anak selama 4 tahun (2001-2004) dan konsentrasi rata-rata PM₁₀ yang tercatat di jaringan pemantau polusi udara terbesar di Athena. Penelitian menunjukkan ada hubungan statistik yang signifikan antara rawat inap asma pada anak-anak atau *childhood asthma admissions* (CAA) dengan konsentrasi rata-rata PM₁₀ pada waktu pajanan. (Panagiotis *et al.* 2010)

Suatu studi epidemiologi telah menunjukkan hubungan positif antara PM₁₀ dan angka kematian serta kesakitan asma jangka pendek. Metode yang digunakan adalah kohort, mengamati 32 orang pasien asma yang diikuti selama 2 tahun. Selain itu, *asthma control test* (ACT), St George Respiratory Questionnaire (SGRQ) score, *Forced Expired Volume in the first Second* (FEV₁), dan ekshalasi NO diperiksa sebanyak enam kali pada musim yang berbeda. Dan didapatkan kesimpulan bahwa pajanan terhadap PM₁₀ berhubungan dengan penurunan pada kondisi asma dan kesehatan (Maestrelli *et al.*, 2011)

Suatu penelitian di Taiwan menggunakan database diagnosis asma di rumah sakit dari tahun 2001 hingga 2002 yang diperoleh dari database *National Health Insurance*. dan data konsentrasi pencemar udara, yaitu NO₂, CO, O₃, SO₂, dan PM₁₀ yang diperoleh dari Departemen Perlindungan Lingkungan melalui 71 stasiun pemantau kualitas udara. Data ini kemudian dianalisis dengan korelasi Spearman's dan menunjukkan polutan udara yang paling kuat hubungannya dengan kejadian asma di rumah sakit pada individu di bawah usia 18 tahun adalah PM₁₀. (Yeh *et al.* 2011)

Di Phoenix, Arizona dilakukan penelitian untuk mengetahui hubungan PM₁₀ dan asma. Data PM₁₀ didapatkan dari lima stasiun pemantau kualitas udara permanen di Central Phoenix. Data asma diperoleh dari Arizona *Department of Health Services* (ADHS) mulai dari 1 Januari 2004 hingga 31 Desember 2006. Didapatkan hasil bahwa konsentrasi PM₁₀ signifikan (p values = 0. 0056) secara

statistik dengan insiden asma di Central Phoenix. (Dimitrova et al. 2011)

Terdapat pula penelitian lain di Phoenix yang juga meneliti hubungan konsentrasi PM_{10} dan asma. Studi menganalisis 5000 kasus asma antara 1 Januari 2005 hingga 30 September 2006 pada 168 *census tract* di Phoenix. Setiap *census tract* terletak dalam jarak lima mil dari stasiun pemantau permanen PM_{10} di Phoenix. Analisis retrospektif dari konsentrasi ambien PM_{10} dan insiden asma menunjukkan korelasi positif antara level PM_{10} (kualitas udara yang buruk) dan insiden asma di Phoenix. Pada anak usia 5 hingga 18 tahun, terdapat 13.7% penambahan kasus asma ketika konsentrasi PM_{10} bertambah $36.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Janet & Stephen, 2008)

Terdapat penelitian di Toronto yang menggunakan analisis *time series* dan *case-crossover* untuk memperkirakan hubungan antara $PM_{10-2.5}$ dan kasus asma di rumah sakit pada anak yang berumur 6 hingga 12 tahun. Terdapat hubungan yang kuat antara $PM_{10-2.5}$ dan asma pada analisis *case-crossover*. (Mei Lin et al. 2002)

Terdapat penelitian di Korea yang bertujuan memahami karakteristik tren dari konsentrasi PM_{10} dan karakteristik pasien asma di beberapa kota metropolitan di Korea. Konsentrasi PM_{10} didapatkan dari 56 stasiun pemantau di Seoul, Incheon, dan Kyeong selama 2004-2006. Jumlah pasien asma per 10 hari dan per 100,000 orang. Analisis emisi lokal menghasilkan 11 kluster. Jumlah pasien asma per 10 hari yang distandardisasi dengan ukuran populasi memiliki hubungan dosis respon dengan konsentrasi PM_{10} di kluster tersebut. (Yi et al. 2008)

Penelitian di Madrid, Spanyol, menganalisis hubungan jangka pendek antara polutan udara (SO_2 , PM_{10} , NO_2 , dan O_3) dan permintaan perawatan darurat asma tahun 1995-1998. Data polutan udara diperoleh dari 13 stasiun pemantau polusi udara di kota Madrid. Data dianalisis menggunakan Regresi *Poisson autoregressive dan generalised additive models* (GAM). Didapatkan hasil PM_{10} , NO_2 , dan O_3 berkorelasi positif dan berhubungan signifikan secara statistik dengan permintaan rawat gawat darurat asma di rumah sakit. (Galan, 2003)

Di Belanda, terdapat penelitian yang meneliti hubungan antara polusi udara, yaitu summer fog (NO_2 , O_3 , dan PM_{10}), dengan pembagian obat anti asma pada anak usia 6 hingga 12 tahun di Belanda bagian Utara dengan periode penelitian dari 1 Januari 2002 hingga 31 Desember 2003. Data polutan udara

diperoleh dari stasiun pemantau udara bernama *National Institute of Public Health and Environment* (RIVM). Data pembagian obat anti asma diperoleh dari *InterAction Database*, yang mencatat pembagian obat oleh farmasi di Belanda bagian utara dan timur. Data dianalisis secara regresi, signifikan koefisien korelasi diuji dengan *one-tailed t-test*. Dihasilkan korelasi yang signifikan antara NO₂ dan O₃ dengan pengobatan anti asma, namun O₃ lebih signifikan. Hubungan dengan PM₁₀ tidak signifikan kemungkinan karena tidak lengkapnya data PM₁₀. (Weide van Der, 2005)

Terdapat penelitian panel di *United States* dari 22 anak usia 9 hingga 19 tahun yang menderita asma, diikuti mulai Maret hingga April 1996 yang membandingkan hubungan efek buruk kesehatan pajanan polutan udara (PM₁₀, NO₂, O₃, fungi, dan polen) antara anak-anak dengan asma yang melakukan pengobatan anti inflamasi dan yang tidak melakukan pengobatan. Didapatkan hasil, hubungan lebih kuat pada 12 responden yang tidak melakukan pengobatan anti inflamasi versus 10 responden yang melakukan pengobatan. *Odds ratio* (OR) paling tinggi, yaitu pada polutan PM₁₀, dengan OR 1.92 (1.22-3.02) versus 0.96 (0,25-3.69) untuk pajanan maksimum 8 jam. (Delfino, 2002)

Terdapat penelitian di California yang meneliti hubungan antara polusi lalu lintas dan asma pada 208 anak dari 10 daerah yang berbeda. Konsentrasi NO₂ diukur di luar rumah dari setiap anak. Penelitian menghasilkan bahwa sejarah penderita yang didiagnosis asma oleh dokter selama hidupnya, berhubungan dengan konsentrasi NO₂ di luar rumah, memiliki *odds ratio* (OR) sebesar 1.83 (95% confidence interval = 1.04-3.22) setiap pertambahan 1 *interquartile range* (IQR = 5.7 ppb) pada pajanan terhadap NO₂. (Gauderman *et al.*, 2005)

Penelitian lain pada anak-anak yang menderita asma yang terpajan oleh NO₂ di arena bermain hoki. Konsentrasi NO₂ yang sangat tinggi diukur di arena hoki yang menggunakan mesin pembakaran. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan kejadian asma pada anak-anak yang bermain hoki di arena yang menggunakan mesin bertenaga propana dan yang menggunakan mesin bertenaga listrik. Rata-rata konsentrasi NO₂ di arena propana adalah 276 µg/m³ dan 11 µg/m³ di arena listrik. Kuesioner dijawab oleh 1536 anak dengan total prevalensi asma sebesar 16%. *Odds ratio* (OR) untuk asma adalah 0,9 (95% confidence

interval (CI) 0.7-1.2) bila dibandingkan antara arena propana dan arena listrik. Anak-anak di arena propana dengan konsentrasi NO₂ lebih tinggi dari median, dilaporkan lebih banyak menderita asma. (OR 1.4, 5% CI 1.0-1.9) dibandingkan anak-anak di arena propana dengan konsentrasi NO₂ yang lebih rendah. (Thunqvist *et al.*, 2002)

2.13 Hubungan Faktor Iklim dengan Konsentrasi PM₁₀, NO₂, dan Asma

Iklim berpengaruh besar terhadap laju difusi pencemar, yaitu debu, baik secara horisontal maupun vertikal. Kemampuan atau daya dukung udara dalam menerima dan mengencerkan zat pencemar udara ditentukan oleh perilaku atau kondisi meteorologis dari atmosfer. Menurut Suharsono dalam Iriani (2004), faktor-faktor iklim yang dapat memengaruhi distribusi pencemar adalah, suhu udara, radiasi matahari, kelembaban relatif, hujan, kecepatan dan arah angin.

Perubahan iklim akan memengaruhi kualitas udara, yaitu meningkatkan jumlah polen dan spora jamur, menambah konsentrasi ambien ozon, partikel, dan debu. Beberapa polutan ini akan menyebabkan penyakit pada pernapasan atau memperburuk keadaan penyakit pernapasan pada individu yang rentan (*A Human Health Perspective on Climate Change*, 2009)

Kecepatan angin akan memengaruhi pemecahan *particulate matter*, selama angin berputar akan memengaruhi arah dari dispersi polutan udara. Maka, angin adalah salah satu faktor yang memengaruhi konsentrasi polutan udara di udara ambien (Sutanto, 2005). Curah hujan dapat memengaruhi konsentrasi polutan terutama *suspended particulate matter* yang melayang di udara. *Suspended particulate matter* dapat terlarut oleh air hujan dan menghasilkan hujan asam. Maka, ketika hari hujan, atmosfer terlihat lebih jelas. (Sutanto & Erni, 2005). Sedangkan untuk suhu, secara umum, ada dua proses turbulensi di udara ambien, yaitu turbulensi mekanis dan turbulensi termal. Udara yang tidak stabil di permukaan bumi dapat disebabkan oleh perbedaan suhu dan dapat menyebabkan angin mengalir dengan kecepatan sedang atau tinggi, hingga substansi polusi udara dapat terurai ke atmosfer dan konsentrasinya berkurang. Jika udara ambien stabil dan kecepatan angin rendah, ada keterbatasan dari terurainya polutan udara

selama konsentrasi emisi tetap tinggi di sekitar sumbernya. (Sutanto & Erni, 2005)

2.13.1. Hubungan Faktor Iklim dengan Konsentrasi PM₁₀ dan NO₂

Berikut ini adalah beberapa penelitian hubungan faktor iklim (curah hujan, kelembaban, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin) dengan konsentrasi PM₁₀ dan NO₂:

Terdapat penelitian bahwa konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2,5} berkorelasi kuat dengan kecepatan angin dengan koefisien korelasi -0.63 dan -0.66. Sementara itu, korelasi sangat lemah antara PM₁₀ dan PM_{2,5} dengan suhu, kelembaban relatif, dan radiasi matahari. (Maraziotis, 2007)

Penelitian lain di Kathmandu, Nepal, yaitu mengenai hubungan faktor meteorologi dengan konsentrasi PM₁₀. Dari penelitian ini menghasilkan bahwa curah hujan dan kelembaban berhubungan signifikan dengan konsentrasi PM₁₀ dengan koefisien korelasi negatif. Hujan dan kelembaban menimbulkan efek pembersihan udara dari PM₁₀. (Giri, *et al.*, 2007)

Di Ahmedabad, India, dilakukan penelitian hubungan antara faktor meteorologi dengan konsentrasi polutan di udara. Data polutan dikumpulkan selama empat tahun (2005-2008) pada 13 lokasi. Didapatkan hasil bahwa PM₁₀ berkorelasi negatif dengan curah hujan, kelembaban, dan kecepatan angin (Bhaskar, *et al.*, 2009)

Pada tahun 2004, terdapat penelitian mengenai hubungan iklim dengan konsentrasi PM₁₀ dan NO₂ di DKI Jakarta. Penelitian ini menghasilkan hubungan yang kuat dan negatif antara kecepatan angin dengan PM₁₀, hubungan sedang dan negatif dengan NO₂. Kelembaban dan PM₁₀ menunjukkan hubungan sedang dan negatif, hubungan lemah dan negatif dengan NO₂. Lama penyinaran matahari dengan PM₁₀ menunjukkan hubungan lemah dan negatif, dengan NO₂ menunjukkan hubungan lemah dan positif. (Iriani, 2004)

Terdapat penelitian yang dilakukan oleh Laurinaviciene di kota Kaunas tahun 2008 yang bertujuan menganalisis hubungan antara kondisi meteorologi dengan konsentrasi NO₂. Penelitian ini menghasilkan kecepatan angin

berhubungan secara signifikan dan berkorelasi negatif dengan konsentrasi NO₂. (Lauriviciene, 2008)

2.13.2. Hubungan Faktor Iklim dengan Jumlah Kasus Asma

Berikut ini adalah beberapa penelitian hubungan faktor iklim (curah hujan, kelembaban, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin) dengan jumlah kasus asma:

Di Eropa, di 57 kota dalam 12 negara, prevalensi asma bertambah 2.7 % seiring dengan pertambahan kelembaban relatif sebesar 10%. Temperatur dan kelembaban udara di luar rumah berhubungan secara negatif dengan gejala asma. Jadi, iklim memengaruhi prevalensi asma. (*Occupational and Environmental Medicine, 2004*)

Terdapat hubungan kuat antara fluktuasi temperatur dan kelembaban dengan keparahan asma pada anak-anak (Mireku, 2009). Di Washington, dilaporkan perubahan kelembaban dan suhu udara menjadi pemicu asma pada anak-anak. Terdapat penelitian retrospektif selama dua tahun di rumah sakit besar di Washington. Instalasi gawat darurat di rumah sakit tersebut, dikunjungi pasien anak-anak sejumlah 25401 karena keluhan asma yang parah. Peneliti mengumpulkan data harian berupa faktor iklim, polutan, dan alergen udara. Peneliti menggunakan analisis *time series* untuk melihat hubungan perubahan harian faktor iklim dan kunjungan asma. Efek faktor iklim dievaluasi pada hari kunjungan dan lima hari sebelum kunjungan. Peneliti menemukan 10 persen penambahan kelembaban pada hari atau dua hari sebelum kunjungan berhubungan dengan satu penambahan kunjungan asma di instalasi gawat darurat. (*ThaiIndian News, 2009*)

Terdapat penelitian di Drobeta, Turnu, Severin, ditemukan korelasi Spearman kuat antara kelembaban udara relatif dengan asma pada kelompok umur 15 hingga 64 tahun ($\rho = -0,850$, $P = 0,007$). Hasil menunjukkan efek protektif kelembaban udara terhadap asma (Petrescu *et al.*, 2011)

Suatu penelitian di Sahara menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban relatif, serta kadar debu berhubungan dengan asma (Amarakoon *et al.*, 2004)

Kelembaban udara relatif dapat memengaruhi sensitivitas asma. Makin tinggi kelembaban relatif, makin sensitif seseorang yang memiliki asma karena pajanan terhadap alergen seperti debu, polen, atau jamur dapat memicu timbulnya asma. Pada kelembaban yang tinggi, alergen-alergen pada debu dan jamur dapat menyebabkan munculnya risiko kesehatan pada orang-orang yang sensitif dengan alergen tersebut. Pada area di mana kelembaban luar rumah dengan rata-rata di bawah 50% selama minimal satu bulan selama satu tahun, maka rates asma lebih rendah dibandingkan di area yang memiliki kelembaban di atas level tersebut (Weiland *et al.*, 2003)

Kelembaban pada musim panas dapat menyebabkan asma bertambah parah. Suhu yang tinggi saat musim panas dapat menyebabkan kenaikan kelembaban udara, yang memicu pertumbuhan jamur, bertambahnya polutan udara, dan kutu debu yang merupakan faktor pencetus asma apabila terhirup. Selain itu, ketika cuaca panas, metabolisme tubuh dan suhu meningkat. Hal ini menyebabkan tubuh bekerja lebih keras dan lebih banyak membutuhkan oksigen. Udara yang lembab lebih berat daripada udara yang kering, yang akan membuat pernapasan menjadi lebih berat, terutama pada orang dengan gejala asma (Ellis, Lisa D. 2009)

Di Eropa bagian Barat, dilakukan penelitian untuk menginvestigasi hubungan antara iklim dan penyakit atopik menggunakan data dari 146 pusat *International Study of Asthma and Allergies in Childhood* (ISAAC). Didapatkan hasil bahwa kelembaban relatif dalam rumah berhubungan positif dengan gejala asma (Weiland *et al.*, 2003)

Selain itu, terdapat penelitian yang dilakukan oleh Anderson *et al* pada tahun 2001 yang menghasilkan bahwa curah hujan berhubungan tidak signifikan dengan jumlah kasus asma di rumah sakit (Anderson, *et al.*, 2001)

Di Indonesia, terdapat penelitian yang dilakukan oleh Resti Yudhawati tahun 2009 di RSUD Dr Soetomo, Surabaya. Ditemukan hasil bahwa curah hujan berhubungan signifikan dan berkorelasi positif ($p = 0,003$, $r = 0,380$) dengan jumlah kasus asma. Kelembaban juga berhubungan signifikan ($p = 0,028$) dan berkorelasi positif ($r = 0,284$) dengan jumlah kasus asma. (Yudhawati, 2009)

BAB 3

KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, DAN DEFINISI OPERASIONAL

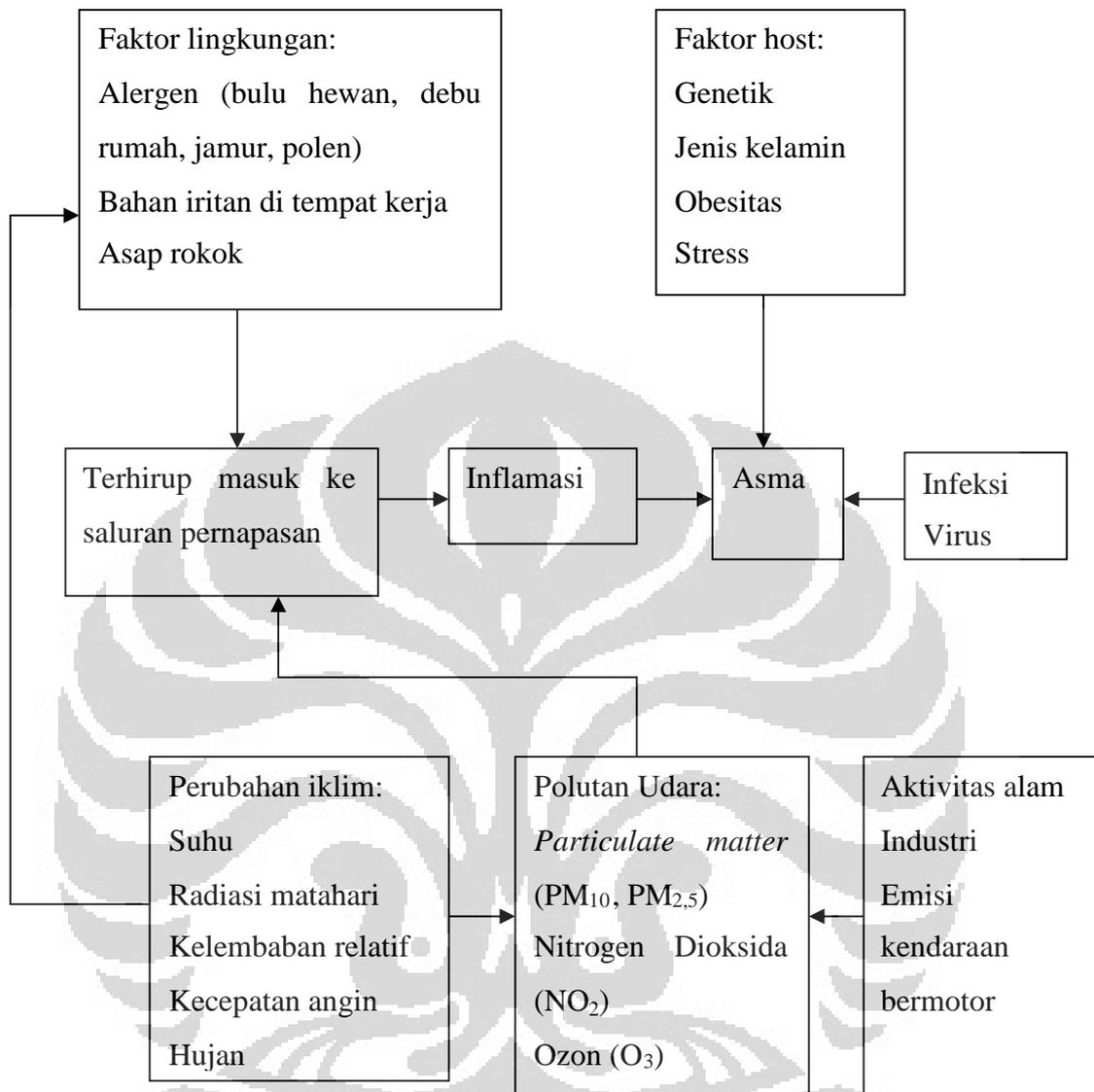
3.1 Kerangka Teori

Asma dipengaruhi oleh faktor host, yaitu genetik, obesitas, dan jenis kelamin. Faktor genetik karena sejumlah kromosom berhubungan dengan kerentanan terhadap asma. Asma lebih sering terjadi pada orang yang obesitas, namun bukanlah penyebab tunggal, tetapi dipengaruhi pula oleh kombinasi faktor yang lainnya. (Lavoie *et al.*, 2006)

Dari faktor jenis kelamin, prevalensi asma dua kali lebih tinggi pada anak laki-laki dibandingkan anak perempuan. Namun, pada orang dewasa prevalensi asma lebih tinggi pada perempuan dibandingkan laki-laki. Pada saat lahir, ukuran paru-paru laki-laki lebih kecil dibandingkan paru-paru perempuan, namun pada usia dewasa justru paru-paru laki-laki lebih besar. (Martine *et al.*, 1995)

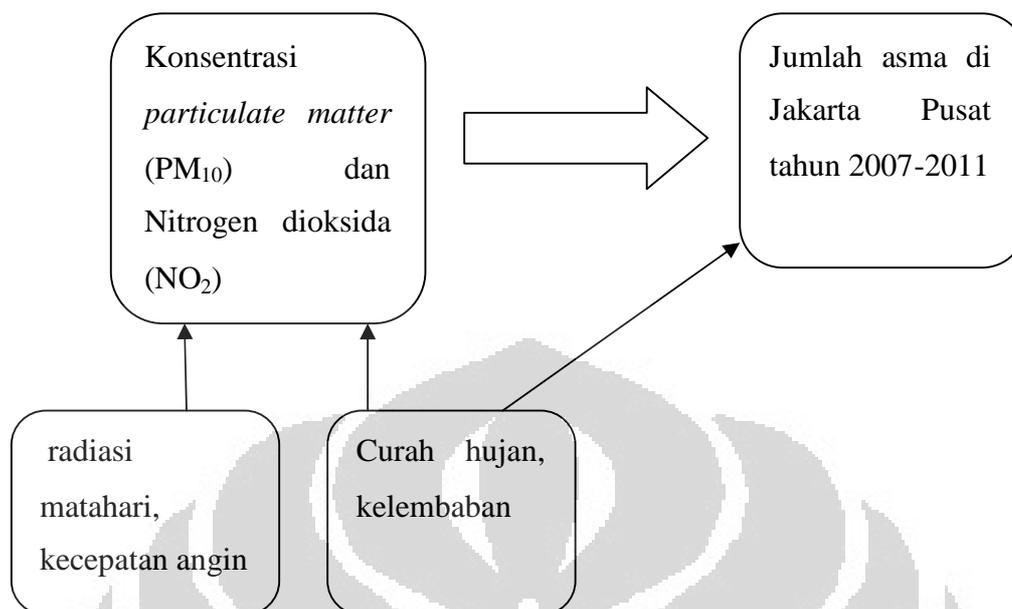
Dari faktor infeksi, sejumlah virus telah berhubungan dengan permulaan fenotip asma. Namun, di sisi lain, fakta juga menunjukkan infeksi pernafasan tertentu, bahwa infeksi akan memberi efek proteksi terhadap perkembangan asma. (Sigurs *et al.*, 2000)

Dari faktor lingkungan, alergen, bahan iritan kerja, asap rokok dapat menimbulkan asma apabila terhirup (Nielsen, 2000). Demikian juga pada polutan udara ambien yang dihasilkan aktivitas alam, industri, dan emisi kendaraan bermotor, seperti *particulate matter* (PM₁₀ dan PM_{2,5}), Nitrogen dioksida (NO₂), dan ozon (O₃) (Gauderman, *et al.*, 2004). Konsentrasi polutan udara dan alergen dipengaruhi oleh perubahan iklim, yaitu suhu, radiasi matahari, kelembaban relatif, kecepatan angin, dan hujan (Bhaskar, 2009, Sutanto & Erni, 2005)



Sumber: *Global Initiative Asthma* (GINA) (2011), Bhaskar (2009), Sutanto & Erni (2005)

3.2 Kerangka konsep



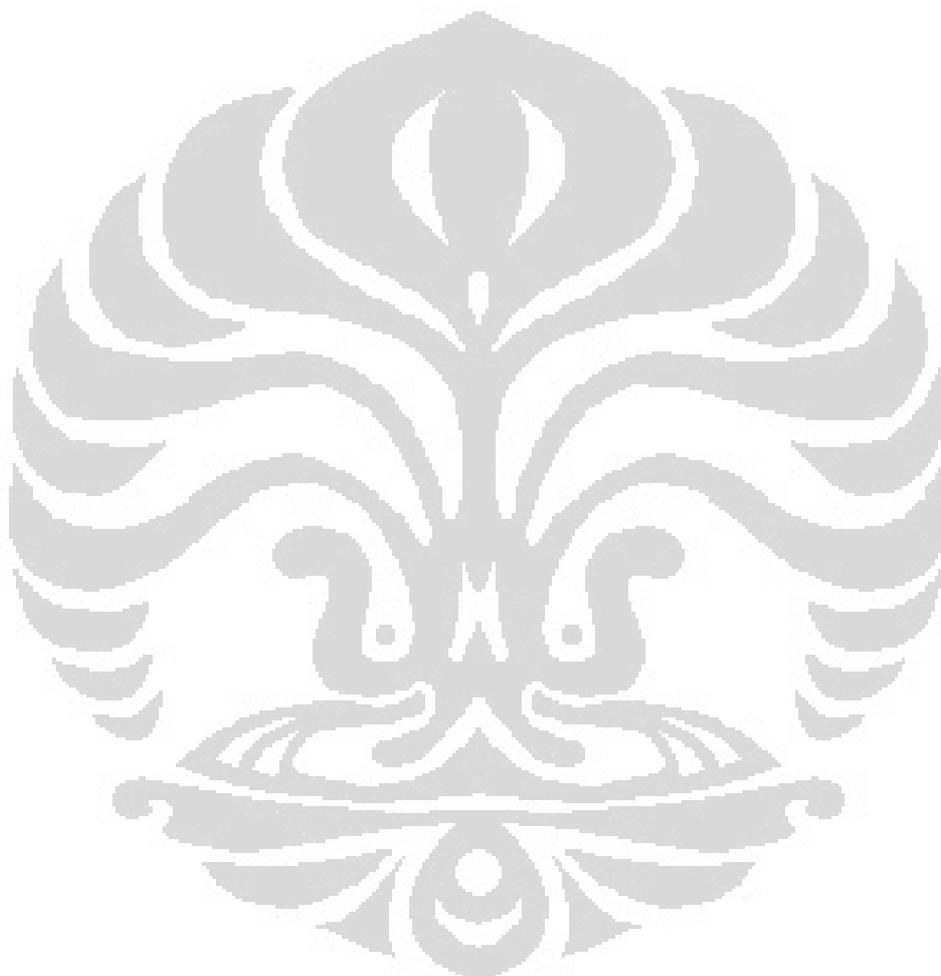
Berdasarkan kerangka teori yang ada, maka dibuat kerangka konsep seperti di atas. Yang menjadi variabel dependen adalah jumlah kasus asma di Jakarta Pusat tahun 2007 hingga 2011. Yang menjadi variabel independen adalah konsentrasi PM₁₀ dan NO₂. Akan diteliti pula faktor perubahan iklim yang memengaruhi distribusi PM₁₀ dan NO₂.

3.3 Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Kasus asma	Jumlah kasus asma per bulan di puskesmas Kota Administrasi Jakarta Pusat per bulan dalam kurun waktu 5 tahun (2007-2011)	Observasi data sekunder	Laporan Suku Dinas Kesehatan Kota Administrasi Jakarta Pusat	Jumlah kasus	Rasio
Konsentrasi	Jumlah zat	Observasi	High	µg/m ³	Rasio

PM₁₀	padat atau cair halus yang mengendap di udara ambien dengan diameter kurang dari 10 µm per bulan selama lima tahun	data sekunder laporan BMKG	Volume Air Sampler di stasiun kualitas udara BMKG		
Konsentrasi NO₂	Jumlah NO ₂ per bulan selama lima tahun	Observasi data sekunder laporan BMKG	Impinger di stasiun kualitas udara BMKG	di ppm	Rasio
Kelembaban	Rata-rata kelembaban udara dalam satu bulan yang berasal hasil bacaan antara temperatur bola basah dan bola kering selama lima tahun (BMKG)	Observasi data sekunder laporan BMKG	Hygrometer di stasiun meteorologi BMKG	Persentase (%)	Rasio
Curah hujan	Rata-rata hujan per bulan selama 5 tahun (BMKG)	Observasi data sekunder laporan BMKG	Ombrometer di stasiun meteorologi BMKG	mm	Rasio
Kecepatan Angin	Rata-rata kecepatan angin per bulan selama 5 tahun (BMKG)	Observasi data sekunder laporan BMKG	Cup anemometer 2m di stasiun meteorologi BMKG	knots	Rasio
Lama penyinaran matahari	Rata-rata lamanya penyinaran matahari per bulan dihitung	Observasi data sekunder laporan BMKG	Campbel Stokes di stasiun meteorologi BMKG	Persentase (%)	Rasio

dengan % ,
100% berarti
rata-rata tiap
hari 8 jam
selama 5
tahun
(BMKG)



BAB 4 METODE PENELITIAN

4.1 Jenis penelitian

Penelitian ini menggunakan desain studi ekologi berdasarkan waktu (*time trends*). Studi ini membandingkan frekuensi penyakit selama beberapa waktu dalam satu populasi. Studi ekologi adalah studi yang unit analisisnya adalah populasi. Studi ini fokus pada populasi, bukan individu. Studi ekologi tidak dapat memberikan informasi mengenai status keterpaparan individu-individu yang mendapat penyakit dari suatu sebab yang spesifik. Desain studi ini relatif murah, mudah dilakukan, sederhana dalam analisis, dan dapat membantu menemukan hipotesis baru untuk penelitian selanjutnya (Morgenstern dalam Madhukar, 2008).

Dengan desain penelitian ini, diharapkan dapat diketahui hubungan *Particulate Matter* (PM₁₀) dan Nitrogen dioksida (NO₂) di udara ambien di Kota Administrasi Jakarta Pusat dengan jumlah kasus asma di kota tersebut serta untuk mengetahui faktor perubahan iklim mana yang berkorelasi dengan tingkat konsentrasi PM₁₀ dan NO₂.

4.2 Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah semua penduduk yang berpenyakit asma dan mengunjungi puskesmas untuk mendapatkan penanganan atau pengobatan asma. Pengunjung puskesmas ini kemudian dicatat dalam laporan data bagian penyakit tidak menular Suku Dinas Kesehatan Kota Administrasi Jakarta Pusat pada bulan Januari 2007 sampai dengan Desember 2011. Data tersebut berasal dari rekapitulasi laporan puskesmas di Jakarta Pusat. Selanjutnya, data konsentrasi PM₁₀, NO₂, kelembaban, curah hujan, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin tahun 2007 hingga 2011 didapatkan dari data hasil pengukuran oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

4.3 Pengumpulan Data

4.3.1 Pengumpulan Data Jumlah Asma

Pengumpulan data jumlah asma dilakukan dengan menggunakan data sekunder yang berasal dari bagian penyakit tidak menular Suku Dinas Kesehatan Kota Administrasi Jakarta Pusat. Laporan kasus merupakan hasil rekapitulasi dari seluruh puskesmas wilayah administrasi Jakarta Pusat mulai dari bulan Januari 2007 sampai dengan Desember 2011.

4.3.2 Pengumpulan data konsentrasi PM₁₀ dan NO₂

Data konsentrasi *Particulate Matter* (PM₁₀) dan Nitrogen dioksida (NO₂) di Kota Administrasi Jakarta Pusat didapat berdasarkan pengukuran dan pencatatan yang dilakukan oleh BMKG yang berupa laporan bulanan kualitas udara. Pengukuran tersebut diambil dari stasiun-stasiun yang dimiliki oleh BMKG selama 5 tahun (Januari 2007 hingga Desember 2011), yaitu stasiun Kemayoran dan Monas. Nilai ambang batas pajanan yang digunakan adalah nilai pajanan selama 24 jam berdasarkan Keputusan Gubernur Propinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 551 Tahun 2001. Nilai ambang batas untuk PM₁₀ adalah 150 µg/m³ dan untuk NO₂ adalah 0,05 ppm. Terdapat data konsentrasi NO₂ yang kosong, yaitu data pada bulan Agustus hingga Desember tahun 2011.

4.3.3 Pengumpulan Data Iklim

Data iklim yang digunakan adalah data curah hujan, kelembaban udara, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin di kota administrasi Jakarta Pusat. Pengumpulan data pengukuran kualitas udara diambil dari stasiun Klimatologi milik BMKG yang berupa laporan bulanan kualitas udara selama 5 tahun (Januari 2007 hingga Desember 2011)

4.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret-Juni 2012 dan berlokasi di Kota Administrasi Jakarta Pusat.

4.5 Analisis Data

Data iklim yang diperoleh dari BMKG yang berbentuk data harian diolah menjadi data bulanan, sedangkan data jumlah asma yang didapat dari Suku Dinas Kesehatan Jakarta Pusat langsung dalam bentuk data bulanan. Selanjutnya, data-data ini dianalisis dengan metode statistik menggunakan program pengolahan data yang sudah distandarkan.

4.5.1 Analisis Univariat

Analisis ini digunakan untuk mengetahui distribusi frekuensi berupa nilai rata-rata (mean), nilai tengah (median), standar deviasi, nilai minimum dan maksimum dari masing-masing variabel dalam penelitian ini, yaitu konsentrasi PM_{10} , NO_2 , kelembaban, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, dan curah hujan, serta jumlah kasus asma di kota administrasi Jakarta Pusat tahun 2007-2011 berdasarkan waktu.

4.5.2 Analisis Bivariat

Untuk menganalisis derajat atau keeratan hubungan antara konsentrasi *Particulate Matter* (PM_{10}) dan Nitrogen dioksida (NO_2) dengan jumlah asma di Kota Administrasi Jakarta Pusat berdasarkan bulan (2007-2011) digunakan uji korelasi. Uji korelasi adalah uji untuk mengetahui derajat/keeratan hubungan, dan dapat juga untuk mengetahui arah hubungan dua variabel numerik.

Sebelum dilakukan uji korelasi, data iklim (curah hujan, kelembaban, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin), data konsentrasi PM_{10} dan NO_2 , data jumlah kasus asma yang semua berbentuk data bulanan, dilakukan uji normalitas terlebih dahulu untuk mengetahui jenis data berdistribusi normal atau tidak. Jenis distribusi data ini akan menentukan jenis uji korelasi yang akan digunakan. Data yang berdistribusi normal akan menggunakan uji korelasi jenis *pearson* dan yang tidak normal menggunakan uji korelasi jenis *spearman's rho*.

Pada penelitian ini, terdapat data konsentrasi NO_2 yang kosong, yaitu data pada bulan Agustus hingga Desember tahun 2011. Maka, untuk analisis bivariat tahunan (tahun 2011) yang menghubungkan NO_2 dengan faktor iklim dan asma,

data faktor iklim dan asma yang digunakan juga disesuaikan dengan data NO_2 tahun 2011, yaitu hanya data hingga bulan Juli.

Nilai korelasi (r) berkisar 0 s.d 1 atau bila dengan disertai arahnya nilainya -1 s.d +1.

$r = 0$ berarti tidak ada hubungan linier

$r = -1$ berarti hubungan linier negatif sempurna

$r = +1$ berarti hubungan linier positif sempurna (Sutanto, 2007)

Seperti yang telah disebutkan seperti sebelumnya, selain untuk mengetahui derajat/keeratan hubungan, korelasi dapat juga untuk mengetahui arah hubungan dua variabel, yang dapat berpola positif maupun negatif. Hubungan positif terjadi bila kenaikan suatu variabel diikuti kenaikan variabel yang lain. Sedangkan hubungan negatif dapat terjadi bila kenaikan suatu variabel diikuti penurunan variabel yang lain. Kekuatan hubungan dua variabel secara kualitatif dapat dibagi dalam 4 area, yaitu:

Tabel 4.1

Nilai r dan arah hubungan dalam uji korelasi

r	Hubungan
0,00-0,25	Lemah
0,26-0,50	Sedang
0,51-0,75	Kuat
0,76-1,00	Sangat kuat

Sumber: Colton dalam Sutanto, 2007

BAB 5

HASIL

5.1 Gambaran Umum

5.1.1 Keadaan Geografis

Kota administrasi Jakarta Pusat merupakan salah satu dari lima wilayah kota administrasi yang ada di Propinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Berdasarkan keputusan gubernur DKI Jakarta nomor 1815 tahun 1989 luas wilayah kota administrasi Jakarta Pusat adalah 48, 15 km², terdiri dari 8 kecamatan, 44 kelurahan. Di Jakarta Pusat tercatat 394 jumlah rukun warga (RW) dan rukun tetangga (RT) tercatat 4711. Kecamatan yang terluas yaitu kecamatan tanah abang (9.30 km²) sedangkan daerah yang terkecil adalah kecamatan Johar Baru (2.37 km²).

Tabel 5.1

Luas Wilayah Kecamatan Jakarta Pusat

Kecamatan	Luas Wilayah (km²)
Gambir	688
Sawah Besar	62.147
Kemayoran	719
Senen	422
Cempaka Putih	469
Menteng	651
Tanah Abang	932
Johar Baru	237

Sumber: Profil Kesehatan Kota Administrasi Jakarta Pusat 2010

Batas wilayah Kota Administrasi Jakarta Pusat:

Sebelah Utara:

Berbatasan dengan Jakarta Barat:

1. Dari Jl. KH. Zainal Arifin dan Jl. Sukarjo Wiryopranota sampai dengan rel kereta api Jl. Krekot Raya.
2. Dari Jl. Karang Anyar dan Jl. Mangga Besar 13 sampai dengan Jl. Mangga Dua Raya.
3. Rel kereta api eks AIP, Jln. Rajawali Selatan 12 dan Jln. Jenderal Ahmad Yani.

Sebelah Selatan:

Berbatasan dengan wilayah Jakarta Timur

1. Dari Jln. Pramuka dan Jln. Matraman Dalam,
2. Kali Ciliwung sampai dengan selatan Pintu Air Manggarai

Berbatasan dengan wilayah Jakarta Selatan,

1. Dari Banjir Kanal sampai dengan Jln. Jend. Sudirman
2. Bunderan Senayan Pintu Gelora IX dan Kali Grogol.

Sebelah Timur:

Berbatasan dengan wilayah Jakarta Timur, Jl. Jend. A. Yani sampai dengan Jln. Pramuka

Sebelah Barat:

Berbatasan dengan wilayah Jakarta Barat

1. Dari Kali Grogol, Jln. Pal Merah Utara dan Jln. KS. Tubun,
2. Dari Jembatan Tinggi Banjir Kanal sampai dengan rel kereta api Duri Barat.

5.2 Keadaan Demografis

5.2.1 Jumlah penduduk

Penduduk wilayah kota administrasi Jakarta Pusat pada tahun 2010 berjumlah 899. 515 jiwa mencakup 250. 164 kepala keluarga. Kondisi ini merupakan potensi Sumber Daya Manusia yang dimiliki wilayah.

Komposisi jumlah penduduk di Jakarta Pusat, adalah sebagai berikut:

1. Warga Negara Indonesia (WNI):

- Laki-laki : 453.591 jiwa
- Perempuan : 445.924 jiwa

2. Warga Negara Asing (WNA):

- Laki-laki : 200 jiwa
- Perempuan : 147 jiwa

5.2.2 Kepadatan Penduduk

Ditinjau dari tingkat kepadatan penduduk per kecamatan, maka wilayah kecamatan Kemayoran merupakan wilayah dengan jumlah penduduk terbanyak,

yaitu 215.331 jiwa. Sedangkan kecamatan Menteng merupakan kecamatan dengan jumlah penduduk paling sedikit, yaitu 68.309 jiwa.

Tabel 5. 2.

Jumlah kelurahan, penduduk, dan kepadatan penduduk di Jakarta Pusat

Kecamatan	Jumlah Kelurahan	Jumlah Penduduk	Kepadatan Penduduk/km²
Gambir	6	78.422	114
Sawah Besar	5	100.801	2
Kemayoran	8	215.331	299
Senen	6	91.082	216
Cempaka Putih	4	84.850	181
Menteng	5	68.309	105
Tanah Abang	7	144.459	155
Johar Baru	4	116.261	491
Jumlah	44	899.515	-

Sumber: *Profil Kesehatan Kota Administrasi Jakarta Pusat, 2010*

5.2.3 Fasilitas Kesehatan dan Tenaga Medis

Berikut adalah fasilitas-fasilitas kesehatan dan tenaga medis di Jakarta Pusat dalam tabel:

Tabel 5.3

Jumlah sarana kesehatan dan laboratorium kesehatan

Sarana Kesehatan	Jumlah	Laboratorium Kesehatan
Rumah Sakit Umum	31	31
Rumah Sakit Jiwa	1	1
Rumah Sakit Khusus	11	-
Puskesmas	42	8
Jumlah	85	40

Sumber: *Profil Kesehatan Kota Administrasi Jakarta Pusat, 2010*

Tabel 5.4
Jumlah puskesmas dan posyandu

Kecamatan	Jumlah Puskesmas	Jumlah Posyandu
Gambir	4	62
Sawah Besar	3	54
Kemayoran	7	103
Senen	5	53
Cempaka Putih	3	43
Menteng	2	48
Tanah Abang	7	74
Johar Baru	6	72
Jumlah	37	

Sumber: Profil Kesehatan Kota Administrasi Jakarta Pusat, 2010

Tabel 5.5
Jumlah dokter spesialis, dokter umum, dan dokter gigi

Unit Kerja	Jumlah tenaga medis			
	Dokter spesialis	Dokter umum	Dokter gigi	Jumlah
Pkm Kec. Gambir	0	7	5	12
Pkm Kec. Sawah Besar	1	9	5	15
Pkm Kec. Kemayoran	0	14	9	23
Pkm Kec. Senen	3	14	8	25
Pkm Kec Cempaka Putih	1	10	7	18
Pkm Kec. Menteng	0	8	7	15
Pkm Kec. Tanah Abang	2	10	10	22
Pkm Kec. Johar Baru	1	11	9	21
Jumlah	8	83	60	151

Sumber: Profil Kesehatan Kota Administrasi Jakarta Pusat, 2010

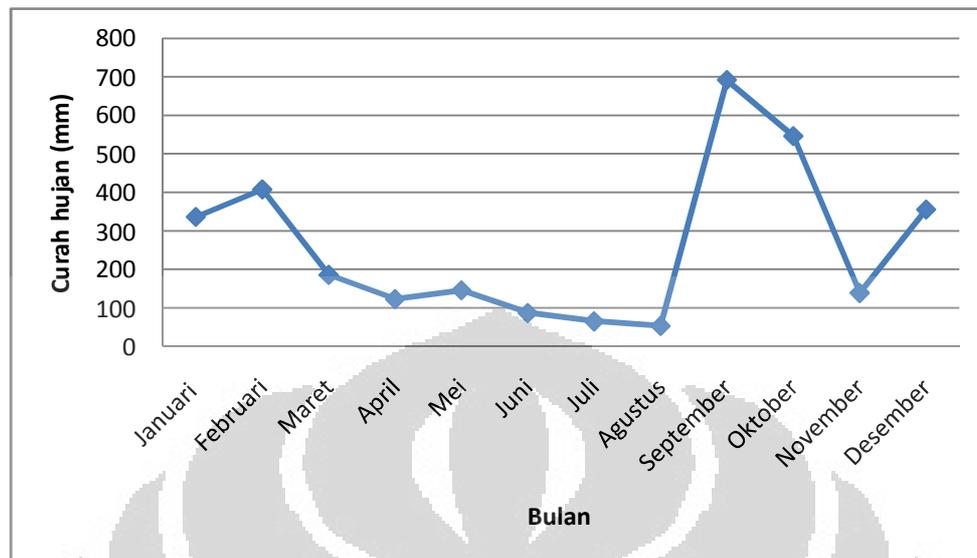
5.3 Gambaran Faktor Iklim di Jakarta Pusat

Data faktor iklim yang digunakan untuk melihat hubungannya dengan konsentrasi PM₁₀ dan NO₂ didapat dari laporan pengukuran harian oleh BMKG Kemayoran yang kemudian dihitung rata-rata per bulan selama kurun waktu lima tahun (tahun 2007-2011).

5.3.1 Curah Hujan

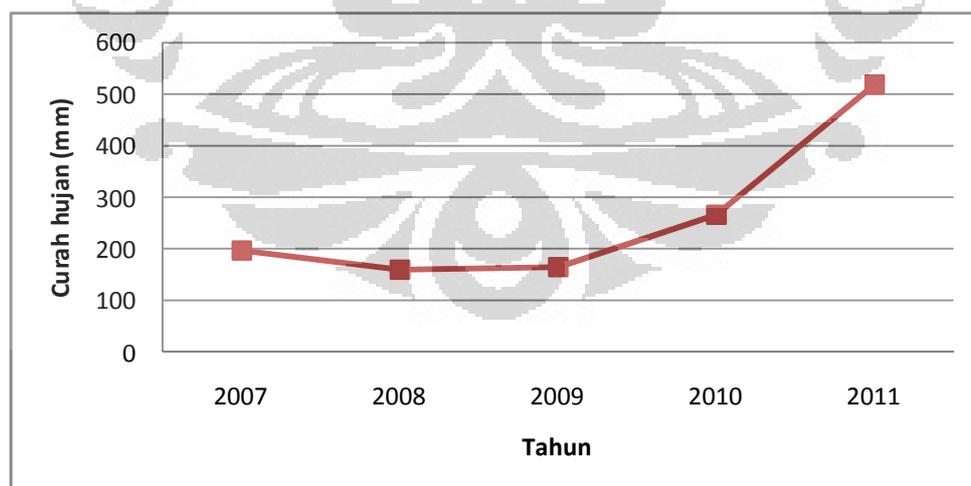
Curah hujan rata-rata di Jakarta Pusat selama kurun waktu lima tahun (2007-2011) adalah 260, 627 mm dengan curah hujan tertinggi pada bulan

September 2011 yaitu sebesar 2955 mm dan terendah pada bulan Agustus 2011 yaitu sebesar 1,5 mm.



Gambar 5.1 Rata-rata curah hujan per bulan di Jakarta Pusat tahun 2007-2011

Curah hujan rata-rata bulanan di Jakarta Pusat pada tahun 2007-2011 cenderung mengalami penurunan dari bulan Februari hingga Agustus, sebelumnya sempat mengalami peningkatan pada bulan Mei. Kemudian mengalami peningkatan kembali pada bulan September, namun menurun hingga November dan meningkat kembali pada Desember.

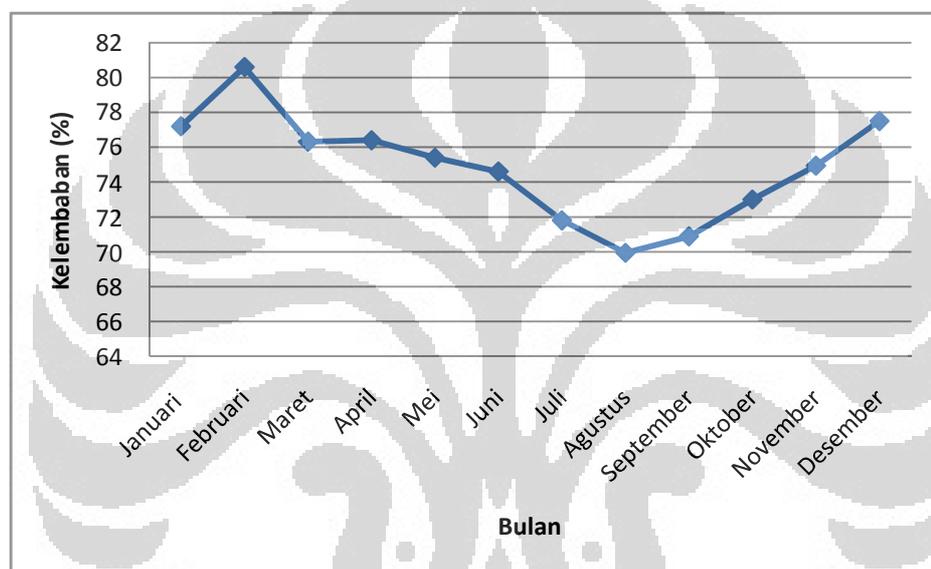


Gambar 5.2 Rata-rata curah hujan per tahun di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Rata-rata curah hujan tahunan selama lima tahun, mengalami penurunan di awal, yaitu pada tahun 2008 (159,1 mm), lalu terus meningkat hingga tahun 2011 (518,24 mm)

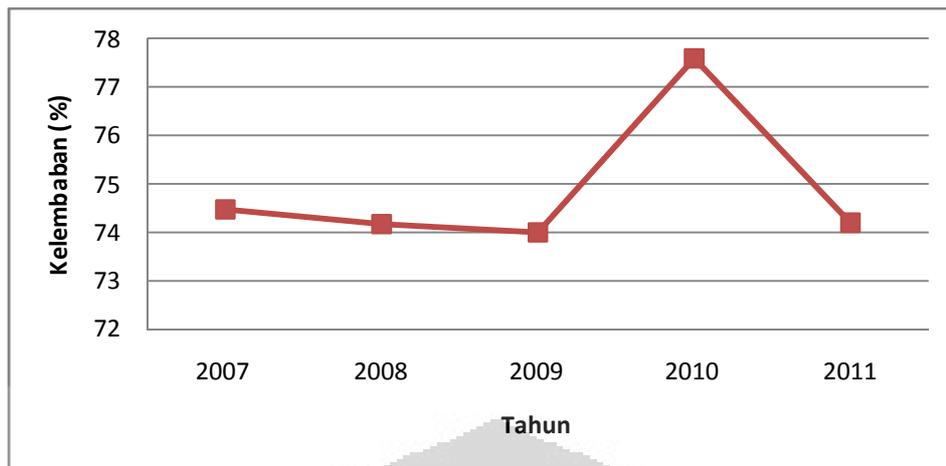
5.3.2 Kelembaban

Kelembaban rata-rata di Jakarta Pusat selama kurun waktu lima tahun (2007-2011) adalah 74,882 persen dengan kelembaban tertinggi pada bulan Februari 2007 yaitu sebesar 83 persen dan terendah pada bulan Agustus 2007 yaitu sebesar 67 persen.



Gambar 5.3 Rata-rata kelembaban per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Kelembaban rata-rata bulanan di Jakarta Pusat pada tahun 2007-2011 cenderung mengalami penurunan dari bulan Januari hingga Agustus, namun sempat mengalami peningkatan pada bulan Februari dan April. Kelembaban terus mengalami peningkatan dari bulan Agustus hingga Desember.

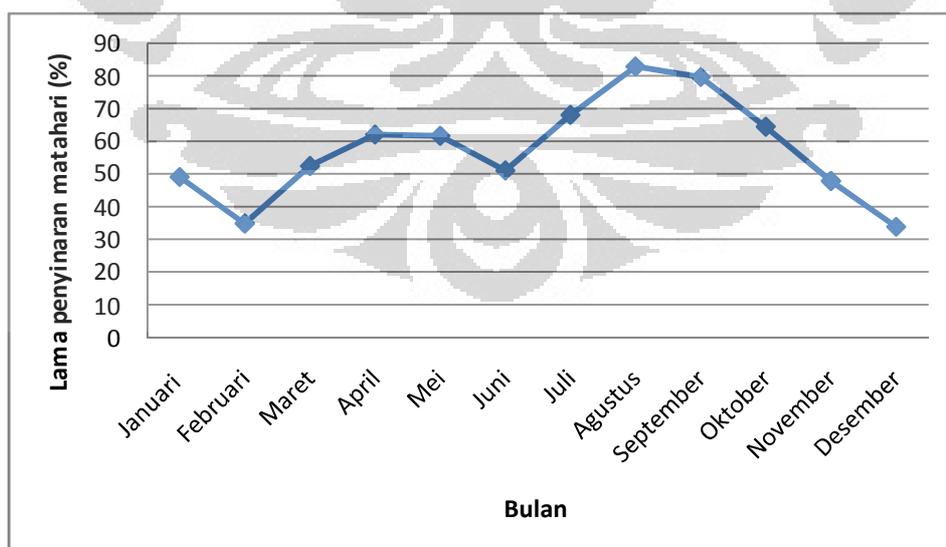


Gambar 5.4 Rata-rata kelembaban per tahun di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Rata-rata kelembaban tahunan selama lima tahun fluktuatif, mengalami penurunan dari tahun 2007 (74,47%) hingga 2009 (74%), lalu meningkat pada tahun 2010 (77,58%), dan kembali menurun pada tahun 2011 (74,2%).

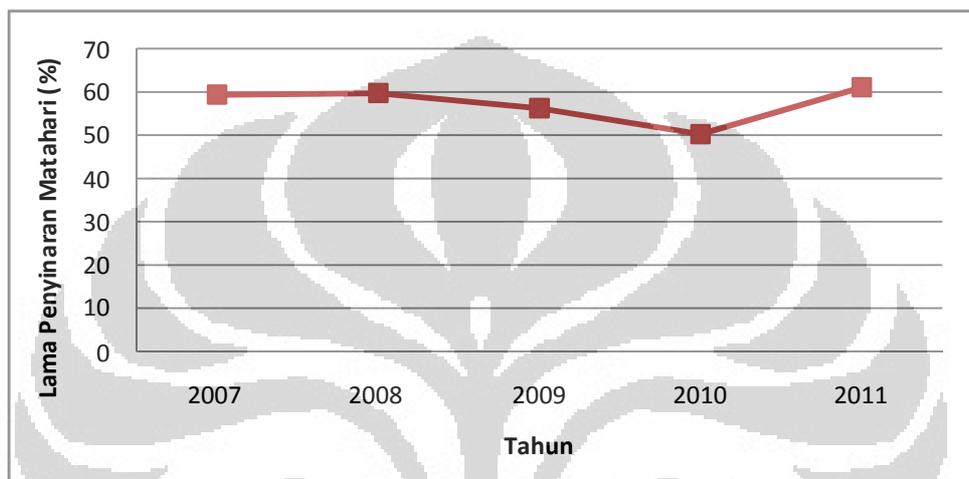
5.3.3 Lama Penyinaran Matahari

Lama penyinaran matahari rata-rata di Jakarta Pusat selama kurun waktu lima tahun (2007-2011) adalah 57, 27 persen dengan lama penyinaran matahari tertinggi pada bulan September 2011 yaitu sebesar 99 persen dan terendah pada bulan Februari 2008 yaitu sebesar 19 persen.



Gambar 5.5 Rata-rata lama penyinaran matahari per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Lama penyinaran matahari rata-rata bulanan di Jakarta Pusat pada tahun 2007-2011 fluktuatif. Lama penyinaran matahari rata-rata mengalami penurunan pada bulan Februari, lalu meningkat hingga bulan April. Selanjutnya, lama penyinaran matahari menurun hingga bulan Juni, meningkat kembali hingga bulan Agustus, dan terus menurun hingga bulan Desember.

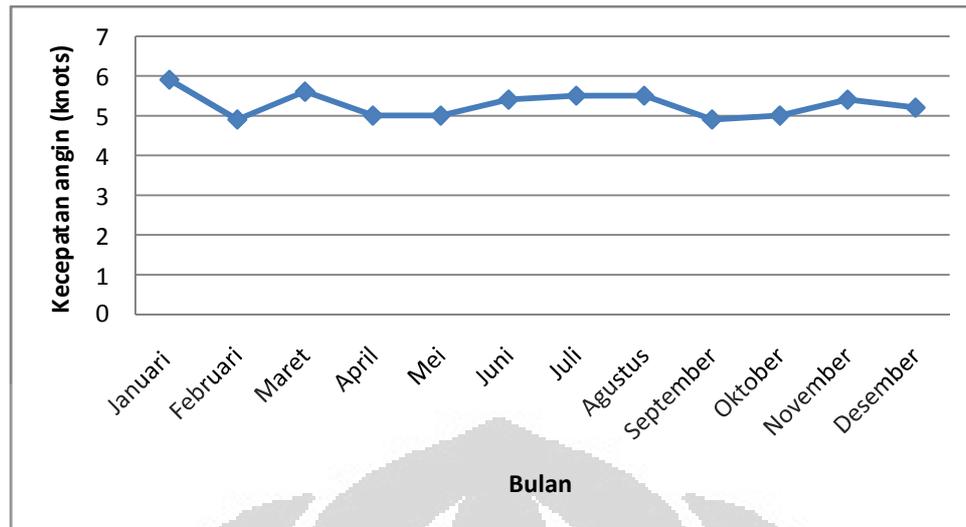


Gambar 5.6 Rata-rata lama penyinaran matahari per tahun di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Rata-rata lama penyinaran matahari tahunan selama lima tahun fluktuatif, mengalami peningkatan sedikit pada tahun 2008 (59,7%), lalu menurun hingga tahun 2010 (50,2%). Setelah itu, kembali meningkat pada tahun 2011 (61%)

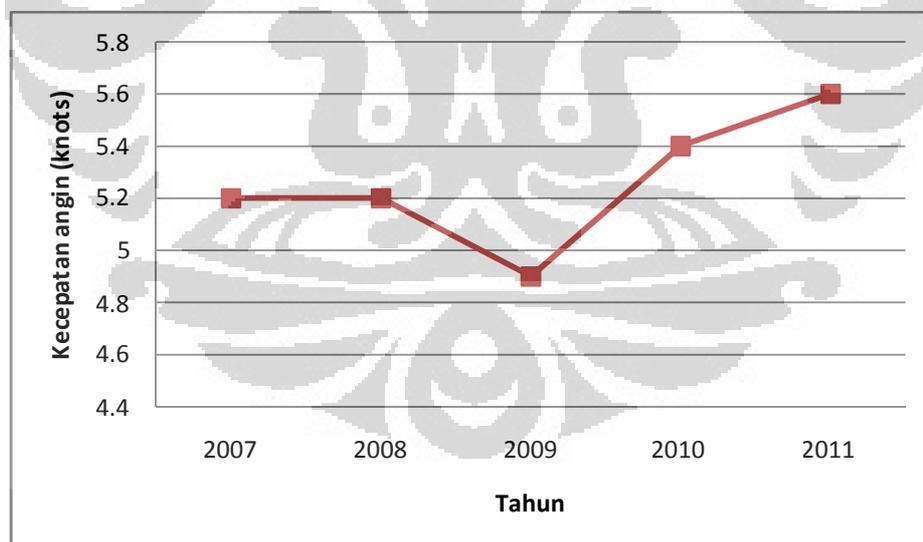
5.3.4 Kecepatan Angin

Kecepatan angin rata-rata di Jakarta Pusat selama kurun waktu lima tahun (2007-2011) adalah 5,255 knots dengan kecepatan angin tertinggi pada bulan Januari 2011 yaitu sebesar 8,6 knots dan terendah pada bulan Februari 2007, yaitu sebesar 3,4 knots.



Gambar 5.7 Rata-rata kecepatan angin per bulan di Jakarta Pusat
Tahun 2007-2011

Kecepatan angin rata-rata bulanan di Jakarta Pusat pada tahun 2007-2011 cenderung fluktuatif, naik turun dari bulan Januari hingga April, tetap pada bulan Juni. Kemudian meningkat pada bulan Juli, tetap pada bulan Agustus, dan naik turun kembali hingga bulan Desember.

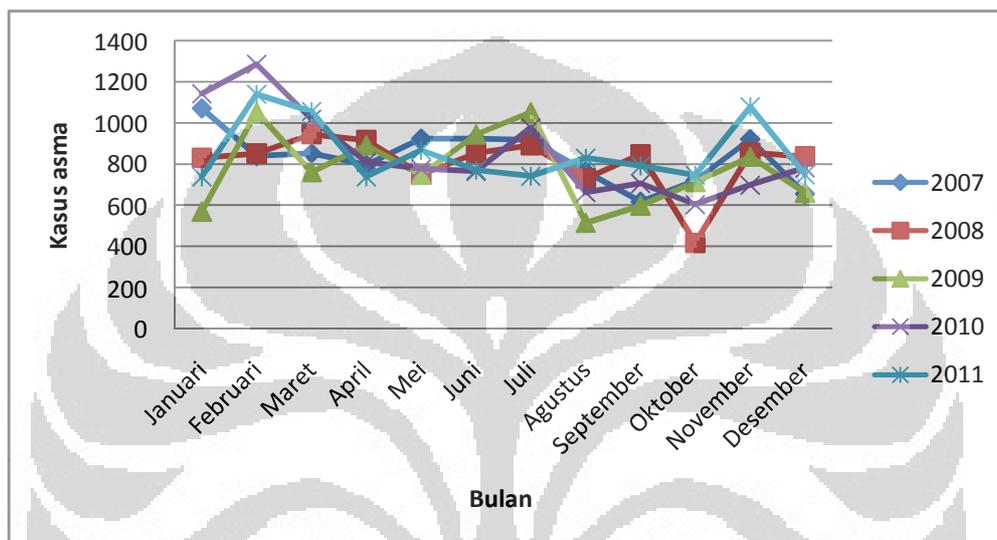


Gambar 5.8 Rata-rata kecepatan angin per tahun di Jakarta Pusat
Tahun 2007-2011

Rata-rata kecepatan angin tahunan selama lima tahun (2007-2011), tetap selama tahun 2007 dan 2008 (5,2 knots), lalu menurun pada tahun 2009 (4,9 knots), kemudian meningkat hingga tahun 2011 (5,6 knots).

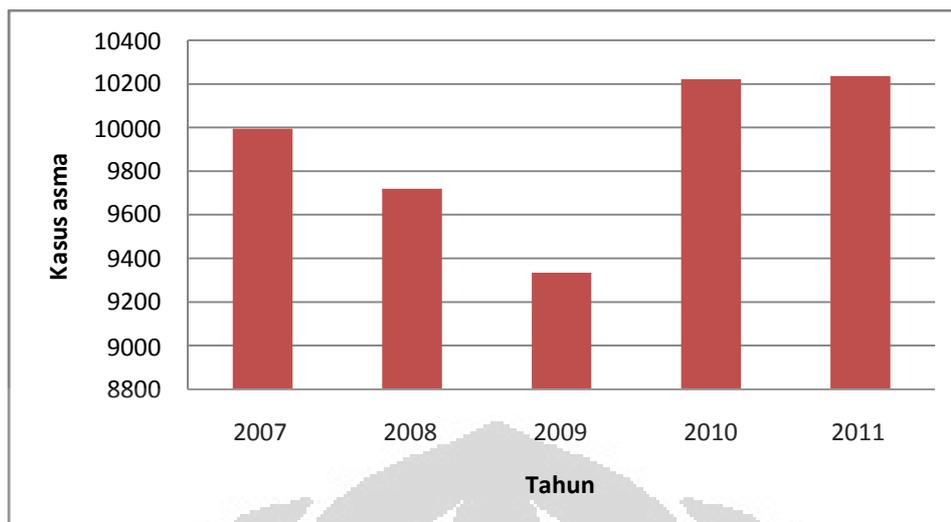
5.4 Gambaran Jumlah Kasus Asma di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Jumlah kasus asma di Jakarta Pusat tahun 2007-2011 digambarkan pada grafik di bawah ini:



Gambar 5.9 Jumlah asma per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Kasus asma rata-rata di Jakarta Pusat selama kurun waktu 5 tahun (2007-2011) adalah sebesar 825, 08 kasus dengan kasus tertinggi pada bulan Februari tahun 2010 (1285 kasus) dan kasus terendah pada bulan Oktober tahun 2008 (417 kasus).

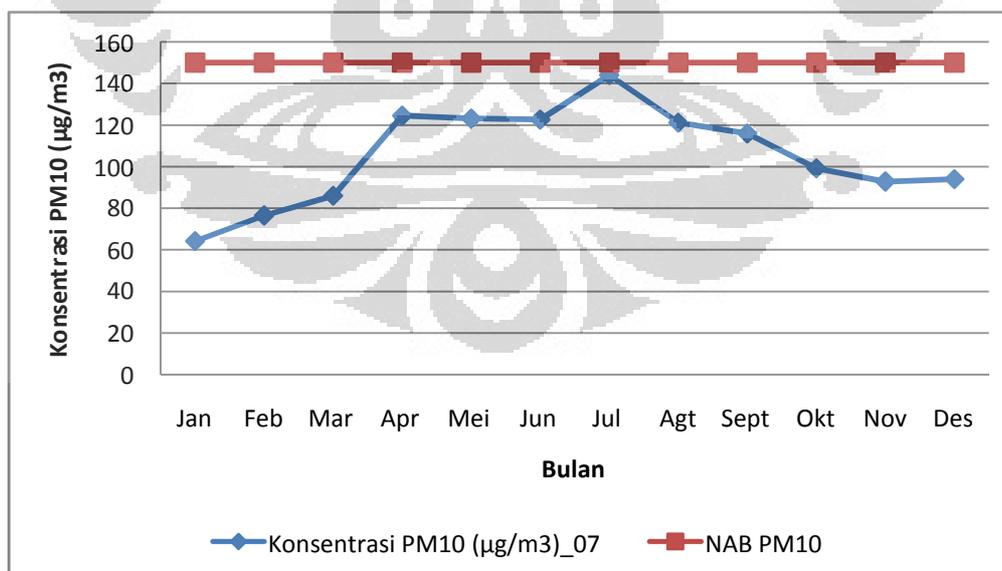


Gambar 5.10 Jumlah asma per tahun di Jakarta Pusat 2007-2011

Jumlah asma selama lima tahun (2007-2011) mengalami penurunan di awal, lalu meningkat. Total kasus asma menurun dari tahun 2007 (9994 kasus) hingga tahun 2009 (9334 kasus), lalu meningkat hingga tahun 2011 (10236 kasus)

5. 5 Gambaran Konsentrasi PM₁₀ di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

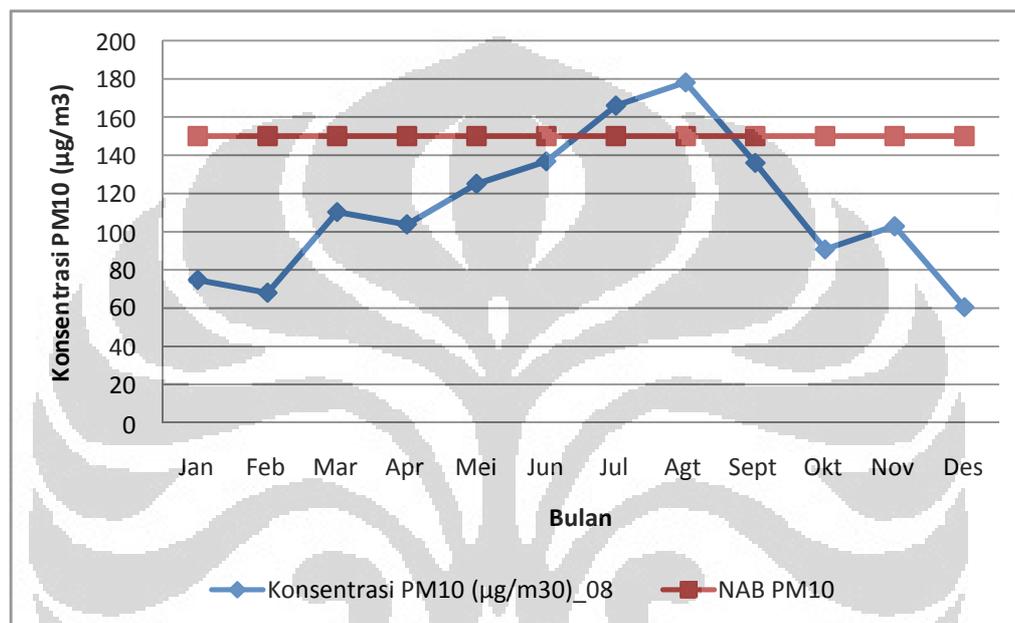
Berikut adalah konsentrasi PM₁₀ di Jakarta Pusat tahun 2007 dalam grafik:



Gambar 5.11 Rata-rata konsentrasi PM₁₀ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2007

Konsentrasi PM_{10} per bulan selama tahun 2007 di bawah nilai ambang batas ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nilai rata-rata adalah sebesar $105,3492 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai tertinggi pada bulan Juli, mendekati nilai ambang batas, yaitu sebesar $144,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nilai terendah pada bulan Januari, yaitu sebesar $64,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

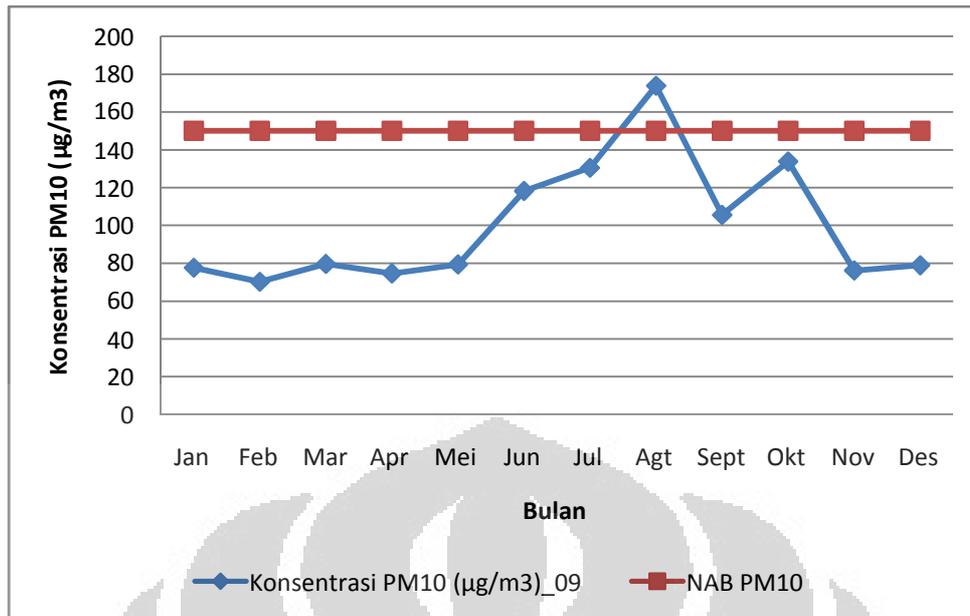
Berikut adalah konsentrasi PM_{10} di Jakarta Pusat tahun 2008 dalam grafik:



Gambar 5.12 Rata-rata konsentrasi PM_{10} per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2008

Konsentrasi PM_{10} per bulan selama tahun 2008 terlihat fluktuatif. Konsentrasi rata-rata adalah sebesar $112,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Terdapat dua nilai konsentrasi PM_{10} yang berada di atas nilai ambang batas, pada bulan Juli ($165,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dan Agustus ($178,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nilai konsentrasi pada bulan Agustus ini merupakan nilai yang tertinggi. Nilai terendah pada bulan Februari, sebesar $68,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

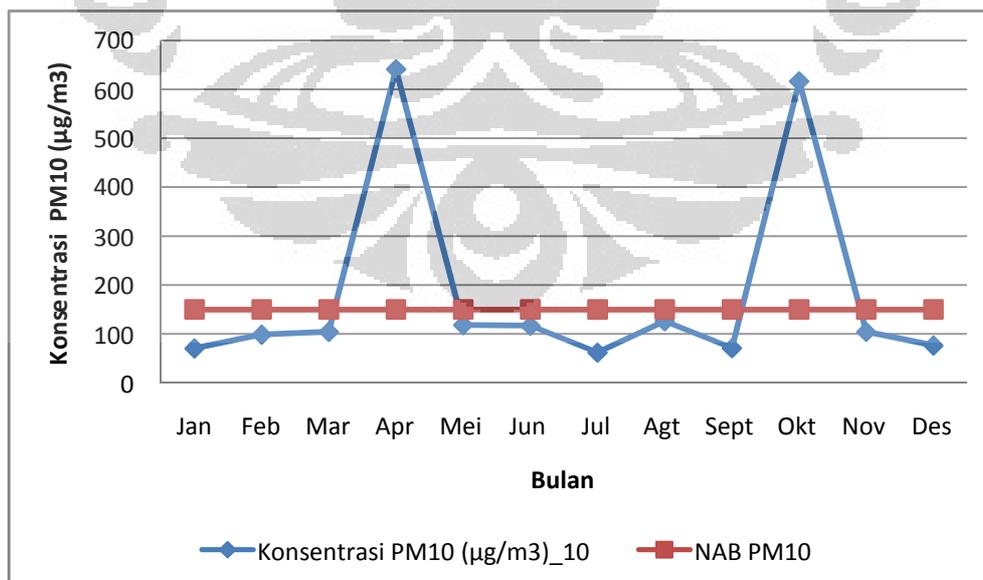
Berikut adalah konsentrasi PM_{10} di Jakarta Pusat tahun 2009 dalam grafik:



Gambar 5.13 Rata-rata konsentrasi PM_{10} per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2009

Rata-rata nilai konsentrasi PM_{10} di Jakarta Pusat selama tahun 2009 adalah sebesar $99,8142 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai tertinggi pada bulan Agustus, berada di atas nilai ambang batas, yaitu sebesar $173,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai terendah pada bulan Februari, sebesar $70,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

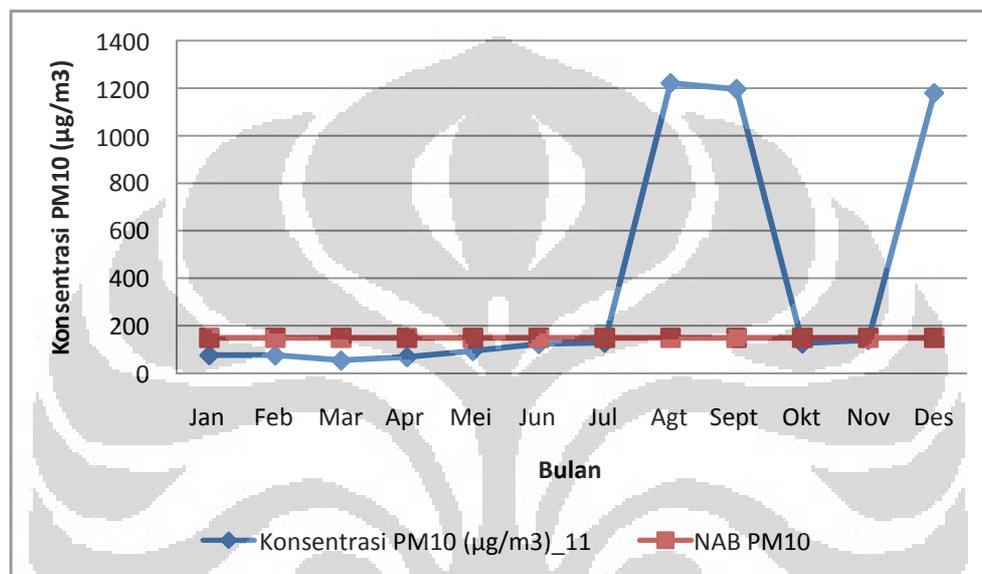
Berikut adalah konsentrasi PM_{10} di Jakarta Pusat tahun 2010 dalam grafik:



Gambar 5.14 Rata-rata konsentrasi PM_{10} per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2010

Rata-rata nilai konsentrasi PM_{10} di Jakarta Pusat selama tahun 2010 adalah sebesar $183,6433 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Terdapat dua nilai konsentrasi PM_{10} yang berada di atas nilai ambang batas, pada bulan April ($641,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dan bulan Oktober ($616,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Konsentrasi tertinggi pada bulan April dan konsentrasi terendah pada bulan Juli, yaitu sebesar $61,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Berikut adalah konsentrasi PM_{10} di Jakarta Pusat tahun 2011 dalam grafik:



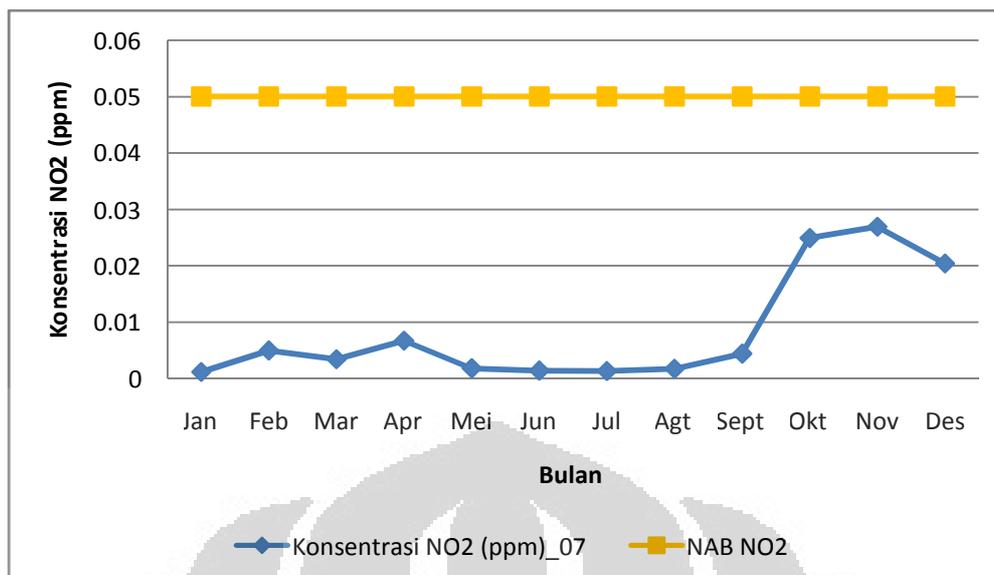
Gambar 5.15 Rata-rata konsentrasi PM_{10} per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2011

Rata-rata konsentrasi PM_{10} di Jakarta Pusat tahun 2011 adalah sebesar $373,7617 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Terdapat tiga nilai konsentrasi PM_{10} yang berada di atas nilai ambang batas, pada bulan Agustus ($1220,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$), bulan September ($1195,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$), dan bulan Desember ($1179,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ketiga nilai ini sangat ekstrim dibandingkan dengan nilai konsentrasi PM_{10} pada bulan lainnya. Terdapat empat nilai yang mendekati nilai ambang batas, yaitu pada bulan Juni ($124,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Juli ($128,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Oktober ($126,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$), dan November ($139,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nilai tertinggi pada bulan Agustus, nilai terendah pada bulan Maret, yaitu sebesar $55,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

5. 6 Gambaran Konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Berikut adalah konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat tahun 2007 dalam grafik:

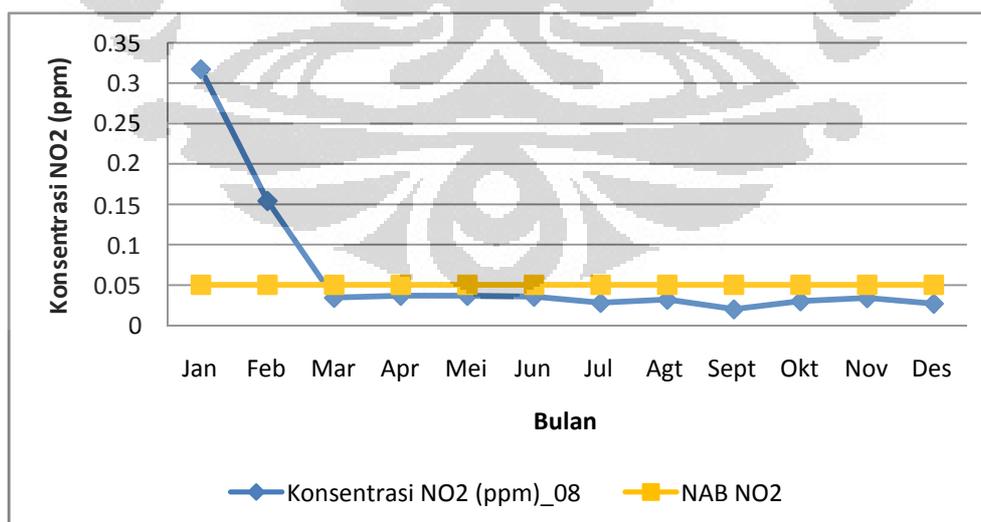
Universitas Indonesia



Gambar 5.16 Rata-rata konsentrasi NO₂ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2007

Rata-rata konsentrasi NO₂ di Jakarta Pusat tahun 2007 adalah sebesar 0,00825 ppm. Konsentrasi NO₂ per bulan selama tahun 2007 ini seluruhnya berada di bawah nilai ambang batas. Konsentrasi NO₂ tertinggi pada bulan November, sebesar 0,0269 ppm. Konsentrasi NO₂ terendah pada bulan Januari, yaitu sebesar 0,00115 ppm.

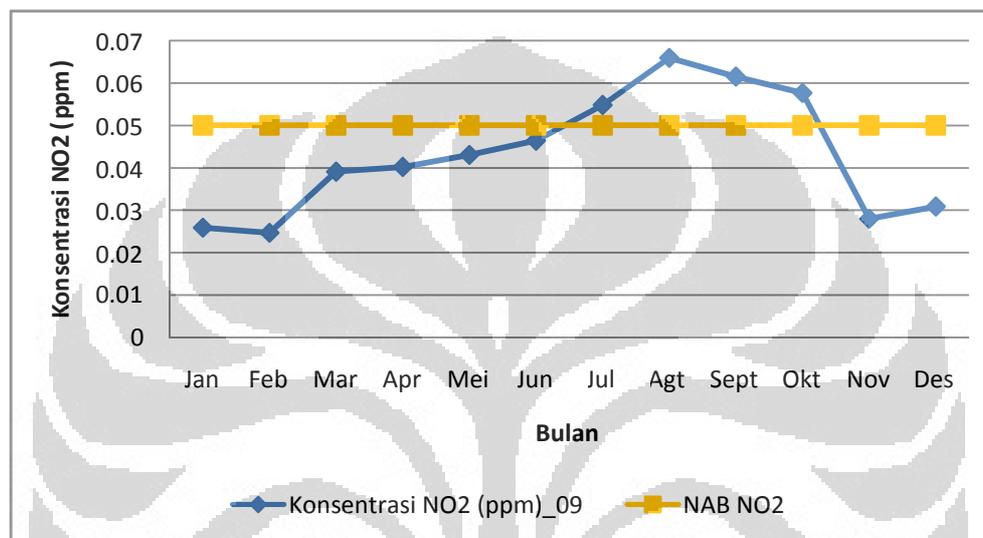
Berikut adalah konsentrasi NO₂ di Jakarta Pusat tahun 2008 dalam grafik:



Gambar 5.17 Rata-rata konsentrasi NO₂ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2008

Rata-rata konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat pada tahun 2008 adalah sebesar 0,0653 ppm. Terdapat dua nilai konsentrasi yang berada di atas nilai ambang batas, yaitu pada bulan Januari (0,317 ppm) dan Februari (0,154 ppm). Konsentrasi NO_2 tertinggi pada bulan Januari dan terendah pada bulan September, yaitu sebesar 0,0199 ppm.

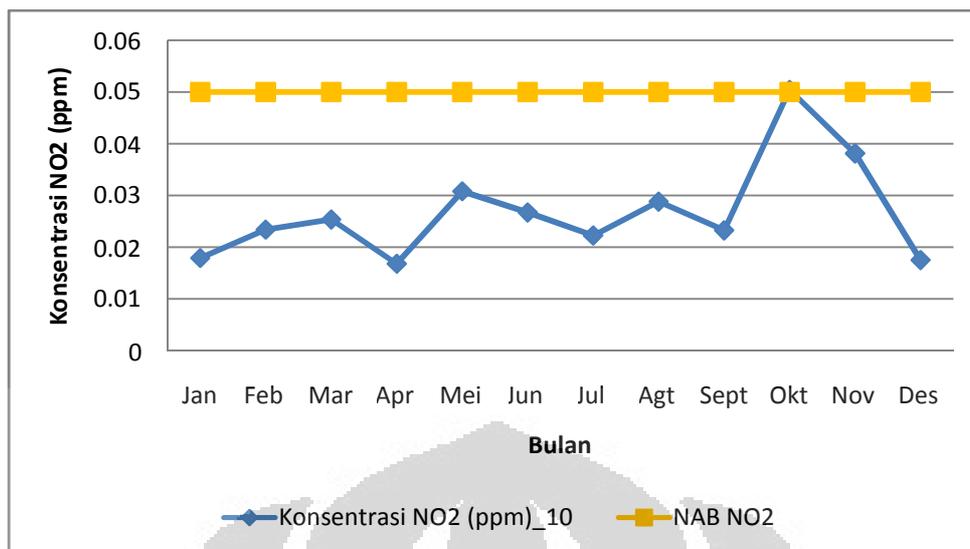
Berikut adalah konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat tahun 2009 dalam grafik:



Gambar 5.18 Rata-rata konsentrasi NO_2 per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2009

Rata-rata konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat tahun 2009 adalah sebesar 0,043175 ppm. Terdapat beberapa nilai yang berada di atas nilai ambang batas, yaitu pada bulan Juli (0,0548 ppm), Agustus (0,0659 ppm), September (0,0615 ppm), dan Oktober (0,05765 ppm). Konsentrasi NO_2 tertinggi pada bulan Agustus dan terendah pada bulan Februari, yaitu sebesar 0,0247 ppm.

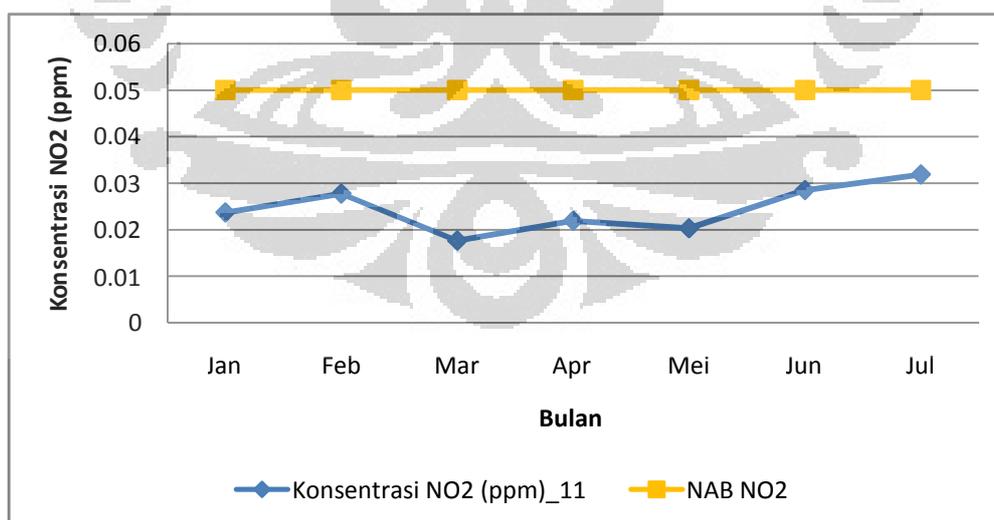
Berikut adalah konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat tahun 2010 dalam grafik:



Gambar 5.19 Rata-rata konsentrasi NO₂ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2010

Rata-rata konsentrasi NO₂ selama tahun 2010 adalah sebesar 0,02677 ppm. Terdapat satu nilai konsentrasi NO₂ yang berada di atas nilai ambang batas, pada bulan Oktober, yaitu sebesar 0,0504 ppm. Nilai ini merupakan konsentrasi tertinggi pada tahun 2010. Konsentrasi terendah pada tahun 2010. Konsentrasi terendah pada bulan April, yaitu sebesar 0,0168 ppm.

Berikut adalah konsentrasi NO₂ di Jakarta Pusat tahun 2011 dalam grafik:

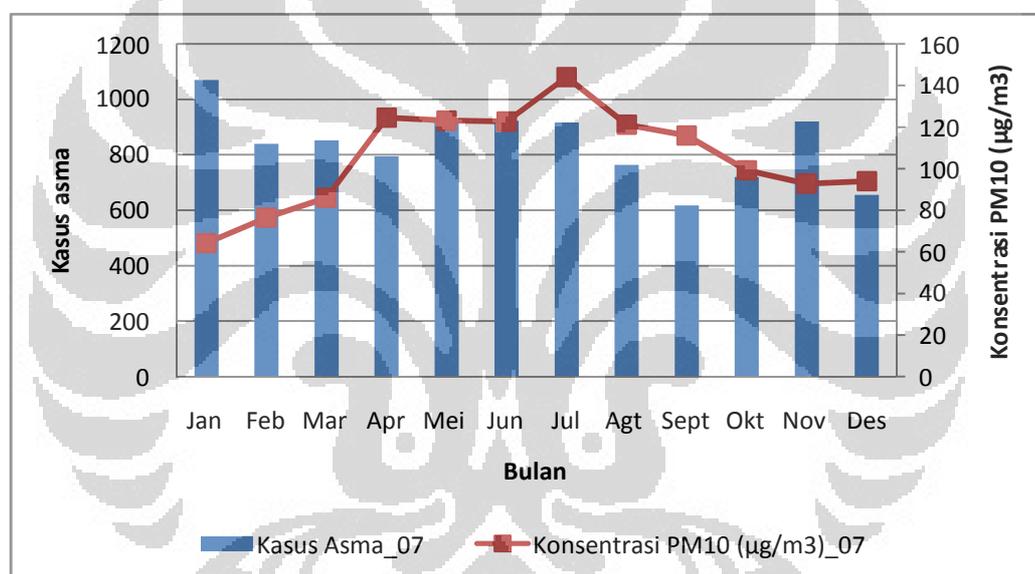


Gambar 5.20 Rata-rata konsentrasi NO₂ per bulan di Jakarta Pusat Tahun 2011

Rata-rata konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat tahun 2011 adalah sebesar 0,02452 ppm. Semua nilai konsentrasi NO_2 berada di bawah nilai ambang batas. Konsentrasi NO_2 tertinggi pada bulan Juli, sebesar 0,03185 ppm dan konsentrasi terendah pada bulan Maret, sebesar 0,01765 ppm. Konsentrasi NO_2 hanya tersedia hingga bulan Juli. Pengukuran NO_2 tahun 2011 hanya dilakukan sampai bulan Juli karena setelah bulan Juli, alat yang biasa digunakan mengalami kerusakan.

5.7 Gambaran Jumlah kasus asma dan Konsentrasi PM_{10} di Jakarta Pusat tahun 2007-2011

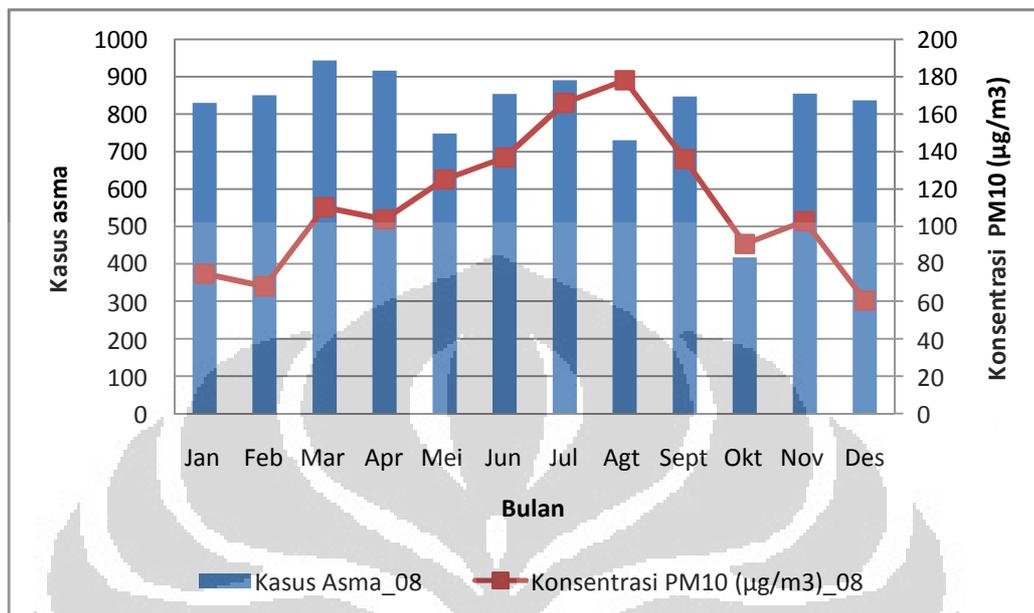
Berikut adalah jumlah kasus asma dan konsentrasi PM_{10} tahun 2007 dalam grafik:



Gambar 5.21 Gambar hubungan konsentrasi PM_{10} dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2007

Terlihat bahwa peningkatan konsentrasi PM_{10} tidak selalu diikuti dengan peningkatan jumlah asma, begitu pula dengan penurunannya. Jumlah asma tertinggi pada bulan Januari (1070 kasus) terjadi saat konsentrasi PM_{10} terendah ($64,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Dari bulan Februari ke Maret, peningkatan konsentrasi PM_{10} diikuti dengan peningkatan jumlah asma. Sementara itu, dari bulan Juli hingga September, penurunan konsentrasi PM_{10} diikuti dengan penurunan jumlah asma.

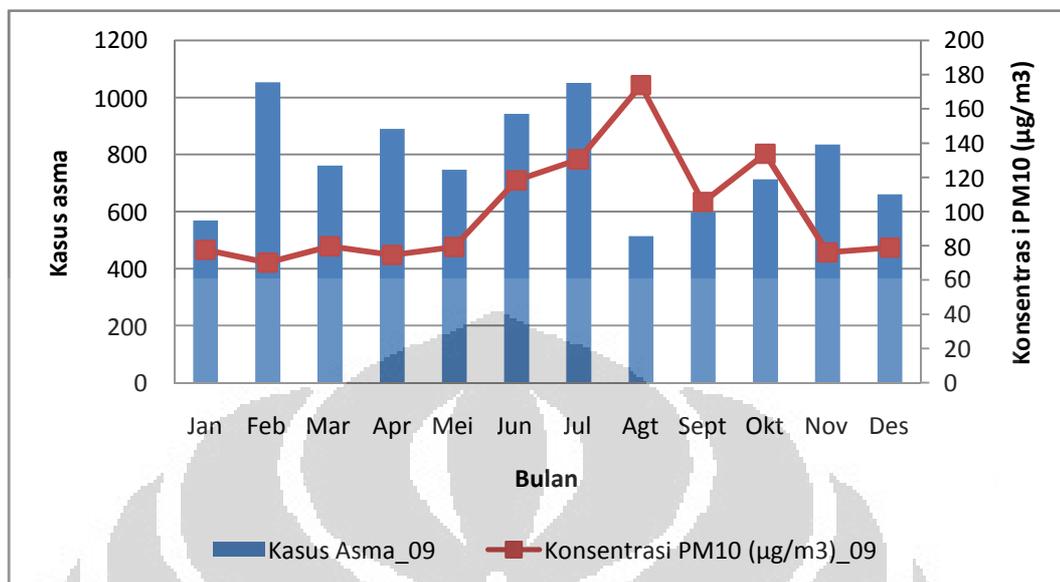
Berikut adalah jumlah asma dan konsentrasi PM₁₀ tahun 2008 dalam grafik:



Gambar 5.22 Gambar hubungan konsentrasi PM₁₀ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2008

Secara keseluruhan, pada tahun 2008, peningkatan konsentrasi PM₁₀ tidak selalu disertai dengan peningkatan jumlah asma. Demikian pula dengan penurunannya. Jumlah asma tertinggi pada bulan Maret (944 kasus) terjadi saat konsentrasi PM₁₀ sebesar 110,25 µg/m³. Apabila diamati per bulan, terdapat kenaikan konsentrasi PM₁₀ yang diikuti dengan kenaikan jumlah asma, yaitu pada bulan Februari ke Maret, Mei hingga Juli, Oktober ke November. Penurunan konsentrasi PM₁₀ yang diikuti penurunan jumlah asma, terjadi pada bulan Maret ke April, September ke Oktober, dan November ke Desember.

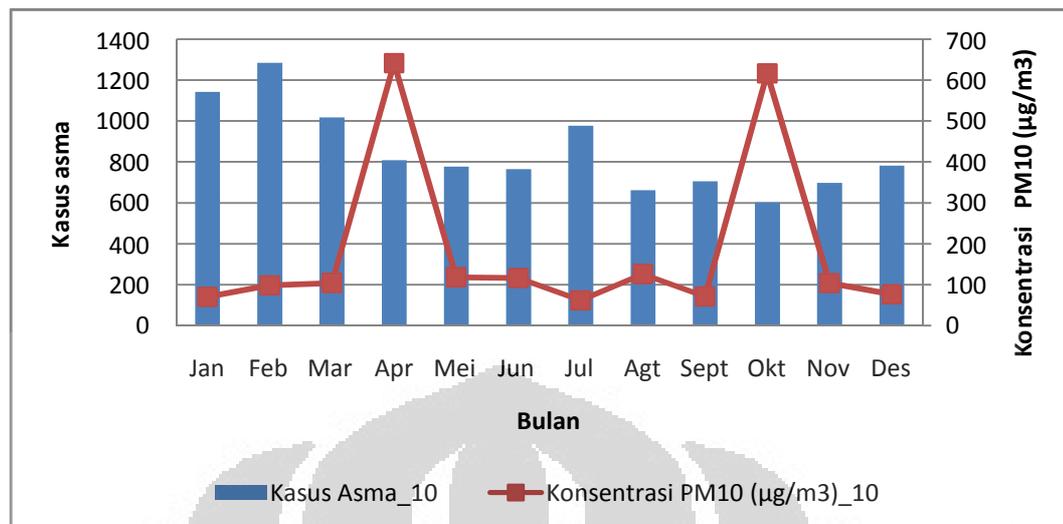
Berikut adalah jumlah asma dan konsentrasi PM₁₀ tahun 2009 dalam grafik:



Gambar 5.23 Gambar hubungan konsentrasi PM₁₀ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2009

Secara keseluruhan, pada tahun 2009, sebagian besar peningkatan konsentrasi PM₁₀ tidak disertai dengan peningkatan jumlah asma. Demikian pula dengan penurunannya. Jumlah kasus asma tertinggi pada bulan Februari (1053 kasus) terjadi saat konsentrasi PM₁₀ sebesar 70,19 µg/m³. Apabila diamati per bulan, terdapat kenaikan konsentrasi PM₁₀ yang diikuti dengan kenaikan kasus asma, yaitu dari bulan Mei hingga Juli dan dari September ke Oktober. Tidak ada penurunan konsentrasi PM₁₀ yang diikuti penurunan jumlah asma.

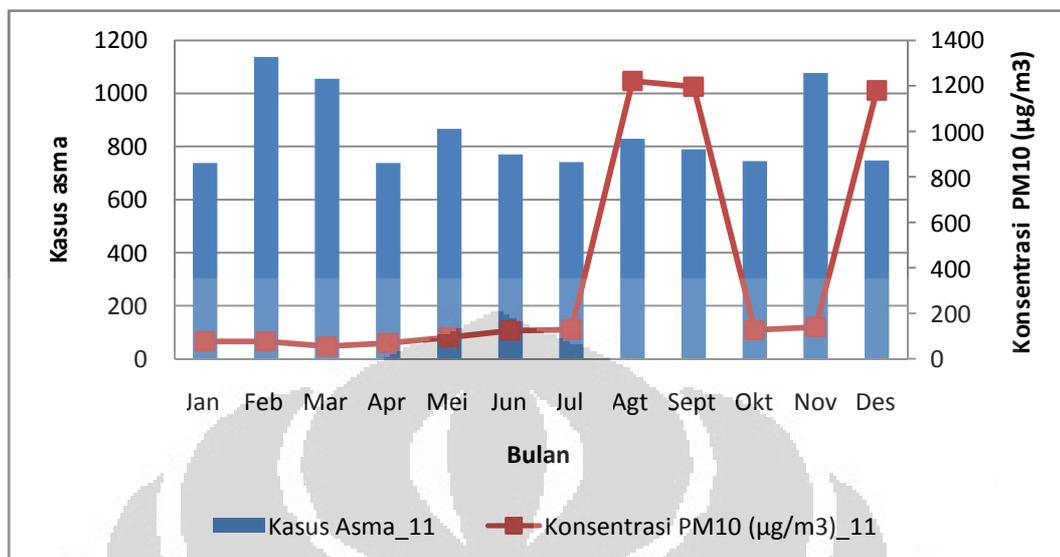
Berikut adalah jumlah kasus asma dan konsentrasi PM₁₀ tahun 2010 dalam grafik:



Gambar 5.24 Gambar hubungan konsentrasi PM₁₀ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2010

Secara keseluruhan, pada tahun 2010, peningkatan konsentrasi PM₁₀ tidak selalu disertai dengan peningkatan jumlah asma. Demikian pula dengan penurunannya. Jumlah kasus asma tertinggi pada bulan Februari (1285 kasus) terjadi saat konsentrasi PM₁₀ sebesar 98,57 µg/m³. Apabila diamati per bulan, hanya terdapat satu kenaikan konsentrasi PM₁₀ yang diikuti dengan kenaikan jumlah asma, dari bulan Januari ke Februari saja. Penurunan konsentrasi PM₁₀ yang diikuti penurunan jumlah asma, juga hanya sekali terjadi, yaitu dari bulan April ke Mei.

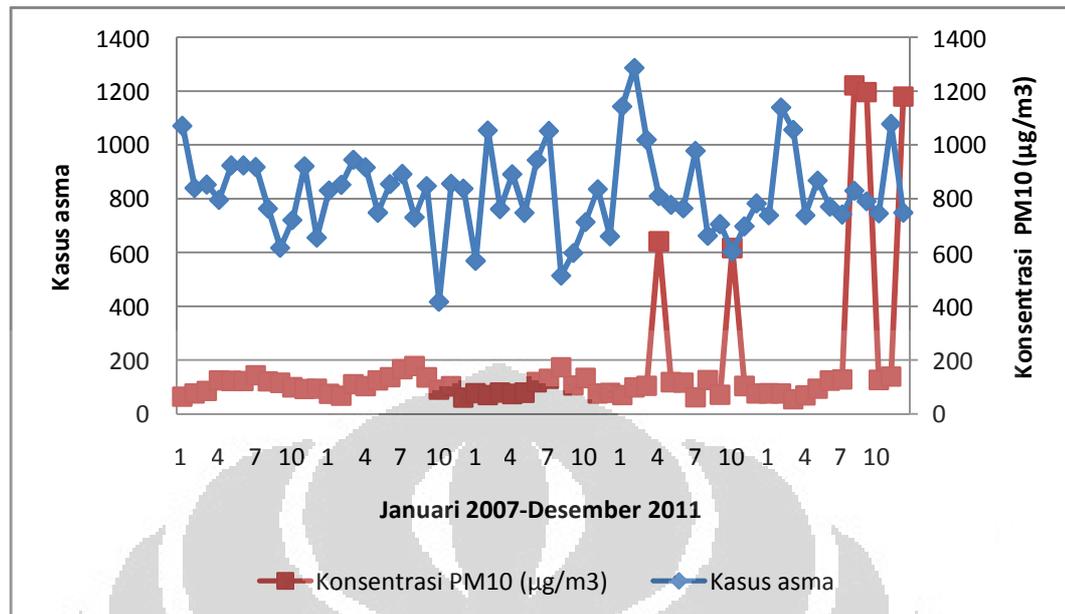
Berikut adalah jumlah asma dan konsentrasi PM₁₀ tahun 2011 dalam grafik:



Gambar 5.25 Gambar hubungan konsentrasi PM₁₀ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2011

Secara keseluruhan, pada tahun 2011, peningkatan konsentrasi PM₁₀ tidak disertai dengan peningkatan jumlah asma. Demikian pula dengan penurunannya. Jumlah kasus asma tertinggi pada bulan Februari (1138 kasus) terjadi saat konsentrasi PM₁₀ sebesar 75,96 µg/m³. Terlihat dari bulan Januari hingga Juli, kasus asma fluktuatif, namun konsentrasi PM₁₀ cenderung rendah. Pada bulan Agustus dan September, konsentrasi PM₁₀ mengalami peningkatan yang ekstrim, namun jumlah kasus asma tidak cukup tinggi.

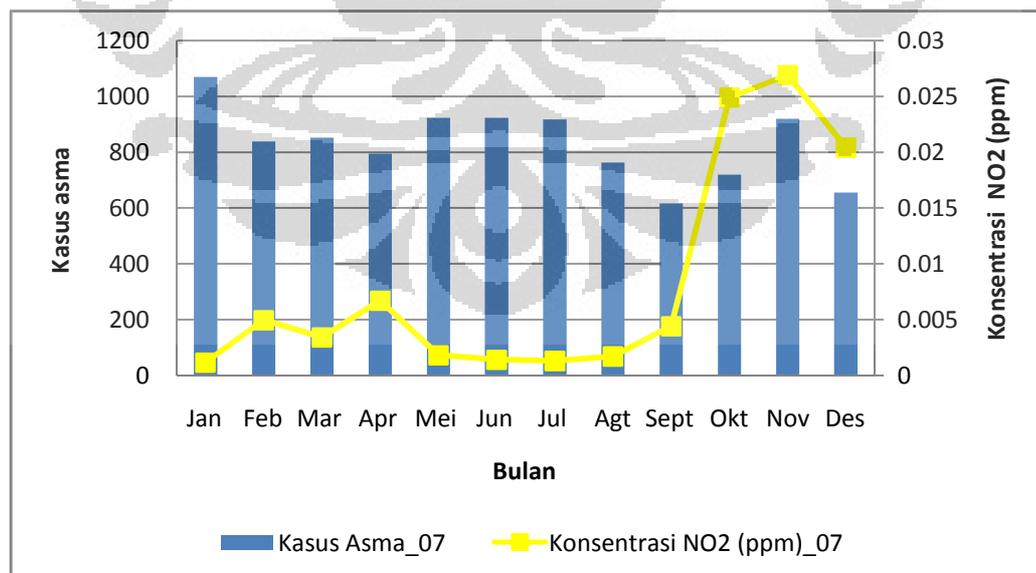
Berikut adalah jumlah asma dan konsentrasi PM₁₀ di Jakarta Pusat selama lima tahun (2007-2011) dalam grafik:



Gambar 5.26 Gambar hubungan konsentrasi PM₁₀ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2007-2011

5. 8 Gambaran Jumlah Asma dan Konsentrasi NO₂ di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

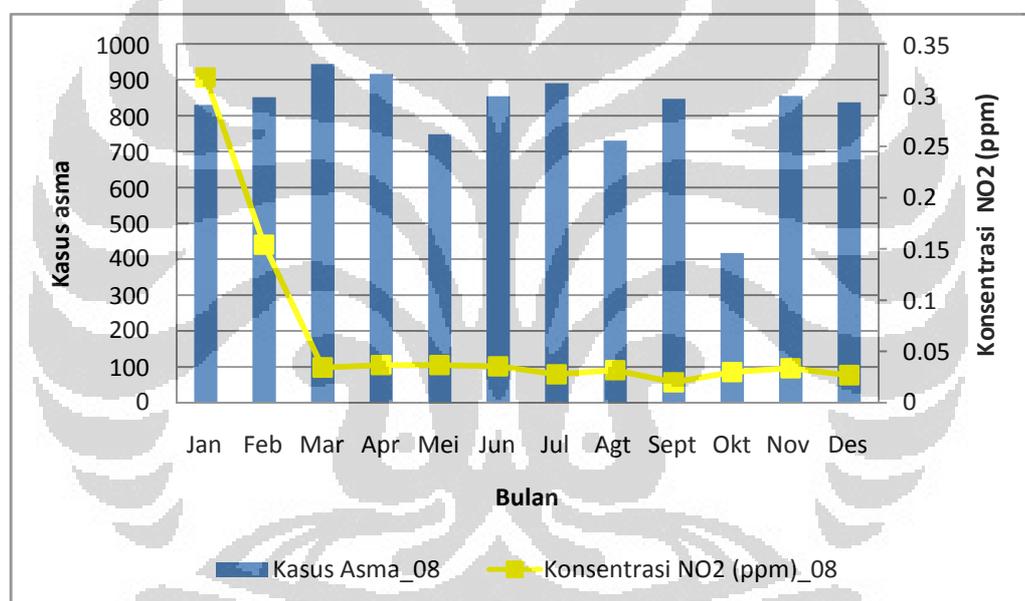
Berikut adalah jumlah kasus asma dan konsentrasi NO₂ di Jakarta Pusat Tahun 2007 dalam grafik:



Gambar 5.27 Gambar hubungan konsentrasi NO₂ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2007

Jumlah asma dan konsentrasi NO_2 terlihat fluktuatif dari bulan Januari hingga April, namun penurunan konsentrasi NO_2 justru disertai dengan jumlah asma yang meningkat dan sebaliknya. Jumlah asma tertinggi pada bulan Januari (1070 kasus) justru terjadi pada konsentrasi NO_2 terendah (0,00115 ppm). Pada bulan Mei hingga Juli, jumlah asma cenderung agak tetap, demikian pula dengan konsentrasi NO_2 . Peningkatan konsentrasi NO_2 yang ekstrim terjadi pada bulan Oktober, diikuti juga oleh peningkatan jumlah kasus asma yang tidak terlalu ekstrim. Pada bulan Oktober hingga Desember, jumlah asma dan konsentrasi NO_2 mengalami peningkatan dan penurunan dengan pola yang sama.

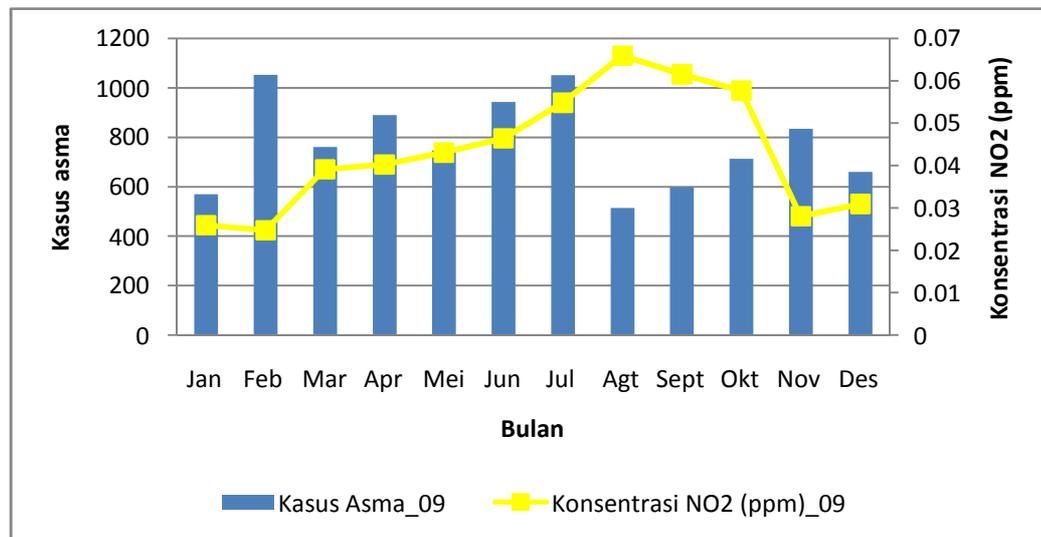
Berikut adalah jumlah kasus asma dan konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat Tahun 2008 dalam grafik:



Gambar 5.28 Gambar hubungan konsentrasi NO_2 dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2008

Jumlah asma pada tahun 2008 terlihat fluktuatif, sedangkan konsentrasi NO_2 menurun ekstrim kemudian cenderung mengalami peningkatan dan penurunan yang sangat kecil. Jumlah asma tertinggi pada bulan Maret (944 kasus) terjadi pada saat konsentrasi NO_2 sebesar 0,0343 ppm. Konsentrasi NO_2 tertinggi (0,317 ppm) terjadi pada bulan Maret saat jumlah asma 830.

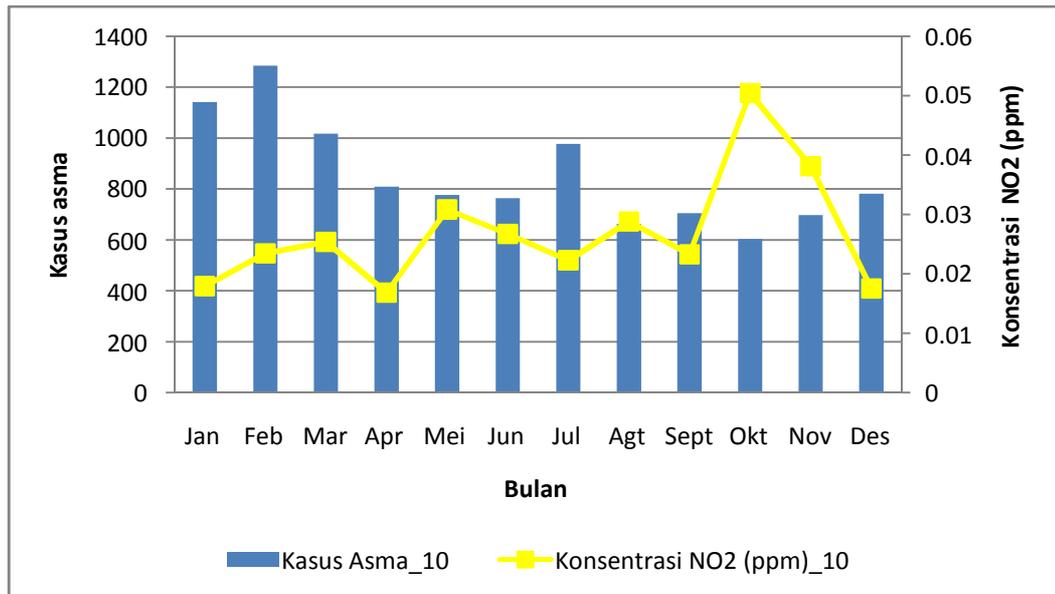
Berikut adalah jumlah asma dan konsentrasi NO₂ di Jakarta Pusat Tahun 2009 dalam grafik:



Gambar 5.29 Gambar hubungan konsentrasi NO₂ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2009

Kasus asma pada tahun 2009 terlihat fluktuatif, demikian pula dengan konsentrasi NO₂. Kasus asma tertinggi pada bulan Februari (1053 kasus) justru terjadi pada konsentrasi NO₂ yang terendah, yaitu sebesar 0,0247 ppm. Sementara itu, jumlah asma terendah terjadi pada konsentrasi NO₂ tertinggi sebesar 0,0659 ppm.

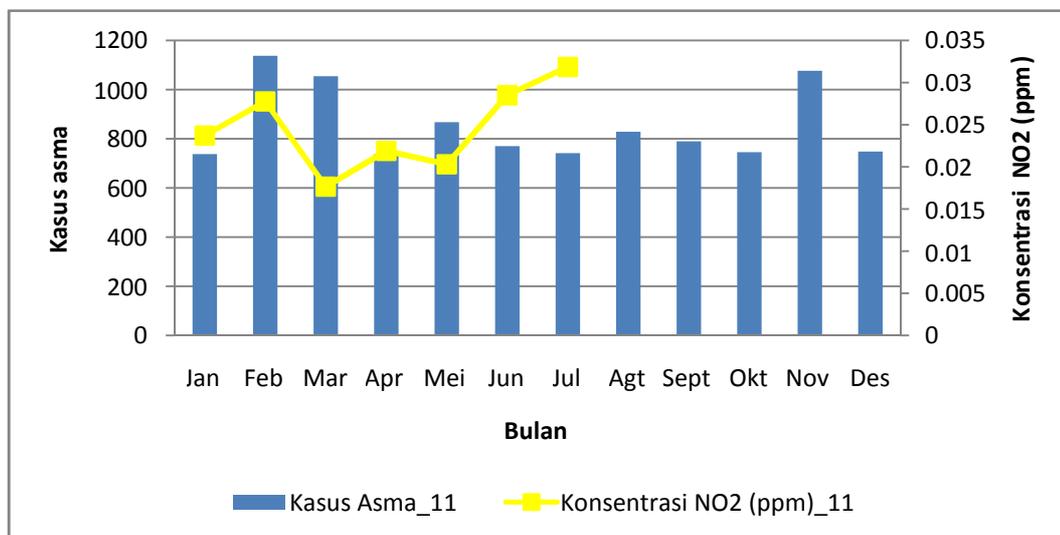
Berikut adalah jumlah asma dan konsentrasi NO₂ di Jakarta Pusat Tahun 2010 dalam grafik:



Gambar 5.30 Gambar hubungan konsentrasi NO₂ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2010

Jumlah asma dan konsentrasi NO₂ pada tahun 2010 terlihat fluktuatif. Peningkatan konsentrasi NO₂ tidak selalu diikuti dengan peningkatan jumlah asma, demikian dengan penurunannya. Jumlah asma tertinggi pada bulan Februari (1285 kasus) terjadi saat konsentrasi NO₂ sebesar 0,0234 ppm. Jumlah asma terendah pada bulan Oktober (603 kasus) terjadi saat konsentrasi NO₂ tertinggi, sebesar 0,0504 ppm).

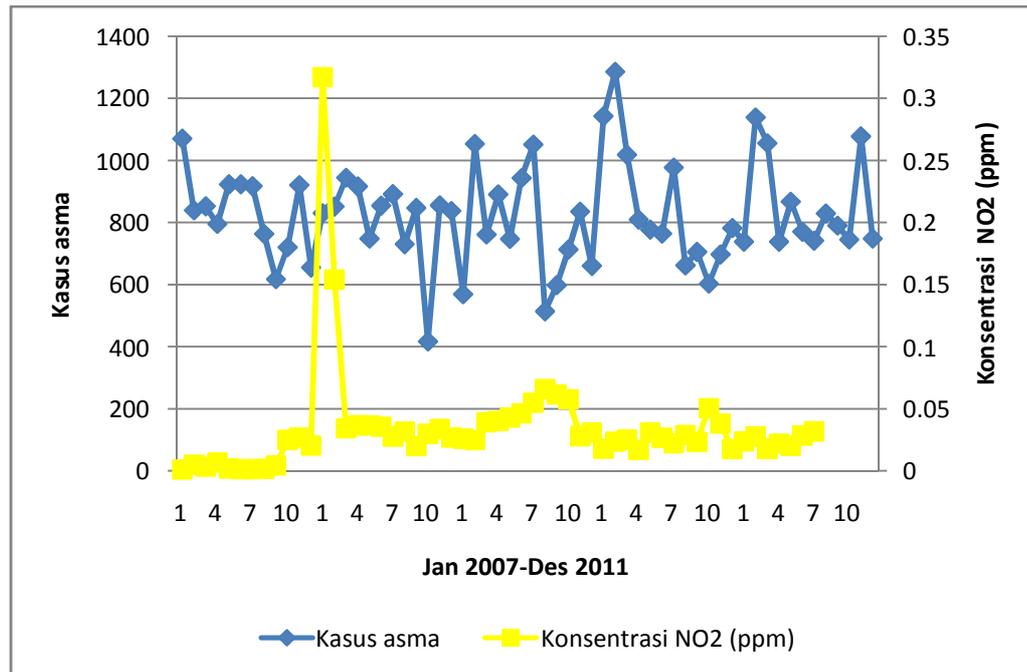
Berikut adalah jumlah asma dan konsentrasi NO₂ di Jakarta Pusat Tahun 2011 dalam grafik:



Gambar 5.31 Gambar hubungan konsentrasi NO₂ dengan jumlah asma di Jakarta Pusat tahun 2011

Jumlah asma dan konsentrasi NO₂ pada tahun 2011 terlihat fluktuatif. Data konsentrasi NO₂ selama tahun 2011 hanya tersedia hingga bulan Juli dikarenakan kerusakan alat sehingga bulan Agustus hingga Desember tidak dilakukan pengukuran. Jumlah asma tertinggi pada bulan Februari (1138 kasus) terjadi pada saat konsentrasi NO₂ sebesar 0,02775 ppm. Pada bulan Januari hingga Maret, jumlah asma sepolanya dengan konsentrasi NO₂, mengalami peningkatan dari Januari ke Februari, lalu turun pada bulan Maret dan naik kembali pada bulan April. Sementara itu, dari bulan Mei hingga Juli, jumlah asma tidak sepolanya dengan konsentrasi NO₂.

Berikut adalah jumlah asma dan konsentrasi NO₂ selama lima tahun (2007-2011) dalam grafik:



Gambar 5.32 Gambar hubungan konsentrasi NO₂ dengan jumlah kasus asma di Jakarta Pusat tahun 2007-2011

5.9 Uji Normalitas Data

Uji normalitas data dilakukan untuk mengetahui suatu data berdistribusi normal atau tidak. Selanjutnya, jika telah diketahui jenis datanya normal atau tidak, dapat ditentukan jenis uji statistik yang akan digunakan. Ada tiga cara yang digunakan untuk mengetahui suatu data berdistribusi normal atau tidak, yaitu dengan melihat grafik histogram dan kurva normal, menggunakan nilai skewness dan standar errornya, serta uji kolmogorov (Hastono, 2007).

Pada penelitian ini, uji kenormalan yang digunakan adalah dengan menggunakan nilai skewness dan standar errornya. Distribusi normal apabila nilai skewness dibagi standar error menghasilkan angka ≤ 2 .

Tabel 5.6

Uji Normalitas Data Variabel-Variabel Penelitian Tahun 2007-2011

Tahun	Variabel	Hasil Uji	Keterangan
2007	Kasus asma	-1,13	Normal
	Konsentrasi PM ₁₀	-0,31	Normal
	Konsentrasi NO ₂	2,03	Tidak normal
	Curah hujan	2,86	Tidak normal
	Kelembaban	0,4	Normal
	Lama Penyinaran Matahari	0,06	Normal
	Kecepatan angin	0,11	Normal
2008	Kasus asma	-3,7	Normal
	Konsentrasi PM ₁₀	0,5	Normal
	Konsentrasi NO ₂	4,2	Tidak normal
	Curah hujan	3,8	Tidak normal
	Kelembaban	-0,36	Normal
	Lama Penyinaran Matahari	-1,3	Normal
	Kecepatan angin	0,75	Normal
2009	Kasus asma	0,35	Normal
	Konsentrasi PM ₁₀	1,89	Normal
	Konsentrasi NO ₂	0,32	Normal
	Curah hujan	2,4	Tidak normal
	Kelembaban	-0,17	Normal
	Lama Penyinaran Matahari	0,81	Normal
	Kecepatan angin	1,3	Normal
2010	Kasus asma	1,54	Normal
	Konsentrasi PM ₁₀	3,16	Tidak normal
	Konsentrasi NO ₂	2,3	Tidak normal
	Curah hujan	2,2	Tidak normal
	Kelembaban	0,009	Normal
	Lama Penyinaran Matahari	0,039	Normal
	Kecepatan angin	1,5	Normal
2011	Kasus asma	1,8	Normal
	Konsentrasi PM ₁₀	2,1	Tidak normal
	Konsentrasi NO ₂	0,1	Normal
	Curah hujan	3,4	Tidak normal
	Kelembaban	-5,2	Normal
	Lama Penyinaran Matahari	1,02	Normal
	Kecepatan angin	3,3	Tidak normal
2007-2011	Kasus asma	0,9	Normal
	Konsentrasi PM ₁₀	11,3	Tidak normal
	Konsentrasi NO ₂	15,7	Tidak normal
	Curah hujan	14,7	Tidak normal
	Kelembaban	0,9	Normal
	Lama Penyinaran Matahari	0,7	Normal
	Kecepatan angin	6,3	Tidak normal

5.10 Analisis Korelasi

Analisis korelasi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi analisis korelasi faktor iklim (curah hujan, kelembaban, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin) dengan konsentrasi PM₁₀ dan NO₂, analisis korelasi konsentrasi PM₁₀ dan NO₂ dengan jumlah kasus asma, dan analisis korelasi curah hujan dan kelembaban dengan jumlah kasus asma. Berikut adalah hasil analisis atau uji korelasi dalam tabel:

Tabel 5.7.

Analisis Korelasi Faktor Iklim dengan Konsentrasi PM₁₀ di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Variabel: PM ₁₀								
Tahun	Curah hujan		Kelembaban		Lama Penyinaran Matahari		Kecepatan angin	
	r	Nilai p	r	Nilai p	r	Nilai p	r	Nilai p
2007	-0,552**	0,063	-0,302*	0,340	0,650*	0,022	0,117*	0,716
2008	-0,748**	0,005	-0,807*	0,002	0,700*	0,011	-0,387*	0,214
2009	-0,839**	0,001	-0,823*	0,001	0,655*	0,021	-0,139*	0,666
2010	-0,594**	0,042	-0,594**	0,042	0,418**	0,177	0,180	0,575
2011	-0,161**	0,618	-0,427**	0,166	0,462**	0,131	-0,326**	0,301
2007-2011	-0,534**	0,0005	-0,534**	0,0005	0,563**	0,0005	-0,098**	0,458

*Hasil uji korelasi *pearson* **Hasil uji korelasi *spearman's rho*

Tabel 5.8.

Analisis Korelasi Faktor Iklim dengan Konsentrasi NO₂ di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Variabel: NO ₂								
Tahun	Curah hujan		Kelembaban		Lama Penyinaran Matahari		Kecepatan angin	
	r	Nilai p	r	Nilai p	R	Nilai p	r	Nilai p
2007	0,105**	0,746	0,344**	0,274	-0,462**	0,130	-0,116**	0,720
2008	0,503**	0,095	0,473**	0,120	-0,287**	0,365	0,281**	0,376
2009	-0,888**	0,0005	-0,913*	0,0005	0,803*	0,002	-0,443*	0,150
2010	-0,238**	0,457	0,097**	0,765	0,070*	0,828	0,035**	0,913
2011	-0,496*	0,258	-0,240*	0,605	0,362*	0,425	0,037**	0,937
2007-2011	-0,162**	0,239	-0,104**	0,450	0,020**	0,883	-0,232**	0,089

*Hasil uji korelasi *pearson* **Hasil uji korelasi *spearman's*

Tabel 5.9.
Analisis Korelasi PM₁₀, NO₂, Curah Hujan, dan Kelembaban dengan
Jumlah Asma di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Variabel: Asma								
Tahun	PM ₁₀		NO ₂		Curah hujan		Kelembaban	
	r	Nilai p	r	Nilai p	r	Nilai p	r	Nilai p
2007	-0,191*	0,552	-0,532**	0,075	0,242**	0,449	0,025*	0,937
2008	0,056*	0,862	0,119**	0,713	0,259**	0,417	0,353*	0,260
2009	-0,240*	0,452	-0,270*	0,396	0,049**	0,880	0,155*	0,630
2010	-0,469**	0,124	-0,636**	0,026	0,105**	0,746	0,451*	0,141
2011	0,021**	0,948	-0,254*	0,583	0,137**	0,672	0,301*	0,342
2007-2011	-0,200**	0,126	-0,268**	0,048	0,103**	0,435	0,225*	0,084

*Hasil uji korelasi *pearson* **Hasil uji korelasi *spearman's rho*

Berdasarkan hasil uji korelasi curah hujan dengan konsentrasi PM₁₀ selama kurun waktu lima tahun (2007-2011) terlihat terdapat hubungan yang signifikan ($p=0,0005$). Hubungan ini memiliki hubungan yang kuat ($r = -0,534$) dan berpola negatif, artinya bertambah besar curah hujan akan diikuti dengan penurunan konsentrasi PM₁₀. Akan tetapi, untuk analisis korelasi secara tahunan, tidak setiap tahun didapatkan hubungan antara curah hujan dengan konsentrasi PM₁₀. Hubungan ini didapatkan pada tahun 2008, 2009, dan 2010.

Berdasarkan hasil uji korelasi curah hujan dengan konsentrasi NO₂ selama kurun waktu lima tahun (2007-2011), didapatkan tidak ada hubungan antara curah hujan dengan konsentrasi NO₂ karena nilai $p > 0,05$. Namun, berdasarkan analisis tahunan didapatkan hubungan yang signifikan antara curah hujan dengan konsentrasi NO₂ di Jakarta Pusat pada tahun 2009 ($P < 0,05$). Hubungan ini memiliki hubungan yang kuat ($r = -0,888$) dan berpola negatif, artinya makin tinggi curah hujan, makin turun konsentrasi NO₂.

Berdasarkan hasil uji korelasi kelembaban dengan konsentrasi PM₁₀ selama kurun waktu lima tahun (2007-2011) terlihat terdapat hubungan yang signifikan ($p=0,0005$). Hubungan ini memiliki hubungan yang kuat ($r = -0,534$) dan berpola negatif, artinya bertambah besar kelembaban akan diikuti dengan penurunan konsentrasi PM₁₀. Akan tetapi, untuk analisis korelasi secara tahunan, tidak setiap

tahun didapatkan hubungan antara curah hujan dengan konsentrasi PM_{10} . Hubungan ini didapatkan pada tahun 2008, 2009, dan 2010.

Berdasarkan hasil uji korelasi curah hujan dengan konsentrasi NO_2 selama kurun waktu lima tahun (2007-2011), didapatkan tidak ada hubungan antara kelembaban dengan konsentrasi NO_2 karena nilai $p > 0,05$. Namun, berdasarkan analisis tahunan didapatkan hubungan yang signifikan antara kelembaban dengan konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat pada tahun 2009 ($P < 0,05$). Hubungan ini memiliki hubungan yang kuat ($r = -0,913$) dan berpola negatif, artinya makin tinggi kelembaban, makin turun konsentrasi NO_2 .

Berdasarkan hasil uji korelasi lama penyinaran matahari dengan konsentrasi PM_{10} selama kurun waktu lima tahun (2007-2011) terlihat terdapat hubungan yang signifikan ($p = 0,0005$). Hubungan ini memiliki hubungan yang kuat ($r = 0,563$) dan berpola positif, artinya makin tinggi lama penyinaran matahari, akan diikuti dengan peningkatan konsentrasi PM_{10} . Akan tetapi, untuk analisis korelasi secara tahunan, tidak setiap tahun didapatkan hubungan antara lama penyinaran matahari dengan konsentrasi PM_{10} . Hubungan ini didapatkan pada tahun 2007, 2008, dan 2009.

Berdasarkan hasil uji korelasi lama penyinaran matahari dengan konsentrasi NO_2 selama kurun waktu lima tahun (2007-2011), didapatkan tidak ada hubungan antara lama penyinaran matahari dengan konsentrasi NO_2 karena nilai $p > 0,05$. Namun, berdasarkan analisis tahunan didapatkan hubungan yang signifikan antara lama penyinaran matahari dengan konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat pada tahun 2009 ($P < 0,05$). Hubungan ini memiliki hubungan yang kuat ($r = 0,913$) dan berpola positif, artinya makin tinggi lama penyinaran matahari, akan diikuti dengan penurunan konsentrasi NO_2 .

Berdasarkan hasil uji korelasi kecepatan angin dengan konsentrasi PM_{10} selama kurun waktu lima tahun (2007-2011), didapatkan tidak ada hubungan antara kecepatan angin dengan konsentrasi PM_{10} karena nilai $p > 0,05$. Hal yang sama juga terdapat pada analisis tahunan. Tidak didapatkan adanya hubungan antara kecepatan angin dengan konsentrasi PM_{10} .

Berdasarkan hasil uji korelasi kecepatan angin dengan konsentrasi NO_2 selama kurun waktu lima tahun (2007-2011), didapatkan tidak ada hubungan

antara kecepatan angin dengan konsentrasi NO_2 karena nilai $p > 0,05$. Hal yang sama juga terdapat pada analisis tahunan. Tidak didapatkan adanya hubungan antara kecepatan angin dengan konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat.

Berdasarkan hasil uji korelasi konsentrasi PM_{10} dengan jumlah kasus asma selama kurun waktu lima tahun (2007-2011), didapatkan tidak ada hubungan antara konsentrasi PM_{10} dengan jumlah kasus asma karena nilai $p > 0,05$. Hal yang sama juga terdapat pada analisis tahunan. Tidak didapatkan adanya hubungan antara konsentrasi PM_{10} dengan jumlah kasus asma di Jakarta Pusat.

Berdasarkan hasil uji korelasi konsentrasi NO_2 dengan jumlah kasus asma selama kurun waktu lima tahun (2007-2011), terlihat terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi NO_2 dengan jumlah kasus asma ($p < 0,05$). Namun, berdasarkan analisis tahunan didapatkan hubungan yang signifikan antara konsentrasi NO_2 dengan jumlah kasus asma di Jakarta Pusat pada tahun 2010 ($P < 0,05$). Hubungan ini memiliki hubungan yang kuat ($r = -0,636$) dan berpola negatif, artinya makin tinggi konsentrasi NO_2 , maka akan diikuti dengan penurunan jumlah kasus asma.

Berdasarkan hasil uji korelasi curah hujan dengan jumlah kasus asma selama kurun waktu lima tahun (2007-2011), didapatkan tidak ada hubungan antara curah hujan dengan jumlah kasus asma karena nilai $p > 0,05$. Hal yang sama juga terdapat pada analisis tahunan. Tidak didapatkan adanya hubungan antara curah hujan dengan konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat

Berdasarkan hasil uji korelasi kelembaban dengan jumlah kasus asma selama kurun waktu lima tahun (2007-2011), didapatkan tidak ada hubungan antara kelembaban dengan jumlah kasus asma karena nilai $p > 0,05$. Hal yang sama juga terdapat pada analisis tahunan. Tidak didapatkan adanya hubungan antara kelembaban dengan konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat

BAB 6

PEMBAHASAN

6.1 Keterbatasan Penelitian

Penelitian dengan judul “Konsentrasi PM₁₀ dan NO₂ dengan Jumlah Asma di Jakarta Pusat 2007-2011” ini menggunakan desain studi ekologi. Pada penelitian ini akan dibahas terlebih dahulu keterbatasan penelitian. Setelah itu akan dibahas hubungan antara faktor iklim (curah hujan, kelembaban, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin) dengan konsentrasi PM₁₀ dan NO₂, serta hubungan antara konsentrasi PM₁₀, NO₂, curah hujan, dan kelembaban dengan jumlah kasus asma.

Studi ekologi seperti yang digunakan pada penelitian ini memiliki kelemahan, yaitu tidak dapat digunakan untuk menganalisis hubungan sebab akibat antara dua variabel dan pajanan individual tidak dapat diukur secara akurat. Studi ekologi pada penelitian ini menggunakan data sekunder sehingga tidak terlepas dari beberapa keterbatasan antara lain sebagai berikut:

- a. Data jumlah kasus asma pada tahun 2007-2011 yang digunakan merupakan data yang dikumpulkan berdasarkan laporan puskesmas yang ada di Kota Administrasi Jakarta Pusat, tidak termasuk jumlah kasus asma yang berasal dari klinik dan rumah sakit. Hal ini memengaruhi keakuratan jumlah kasus asma yang sebenarnya di Kota Administrasi Jakarta Pusat.
- b. Data iklim, konsentrasi PM₁₀, dan NO₂ yang didapatkan dari hasil pemantauan oleh BMKG Wilayah Kemayoran belum menjamin dapat mewakili kondisi seluruh wilayah di Jakarta Pusat karena terbatasnya stasiun pemantauan iklim dan kualitas udara. Data iklim dan kualitas udara berupa PM₁₀ dan NO₂ ini hanya diperoleh dari dua stasiun pemantau, yaitu stasiun pemantau di Kemayoran dan Monas.
- c. Data konsentrasi NO₂ pada tahun 2011 hanya tersedia hingga bulan Juli sehingga data bulan Agustus hingga Desember kosong. Hal ini dikarenakan alat yang biasa digunakan, mengalami kerusakan.
- d. Data iklim, konsentrasi PM₁₀, NO₂, dan kasus asma masih terbatas dalam jangka waktu lima tahun. Akan lebih baik jika data tersedia dalam jangka

waktu sepuluh tahun ke atas karena penelitian dengan desain studi ekologi akan makin baik jika datanya makin banyak.

6.2 Hubungan Faktor Iklim dengan Konsentrasi PM₁₀ dan NO₂ di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Faktor iklim yang terdiri dari curah hujan, kelembaban, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin memiliki pengaruh yang kuat dalam difusi dan penyebaran polutan udara (*Environmental Protection Agency*, 2003). Perubahan iklim akan memengaruhi kualitas udara, yaitu menambah konsentrasi ambien ozon, partikel, dan debu. Beberapa polutan ini akan menyebabkan penyakit pada pernapasan atau memperburuk keadaan penyakit pernapasan pada individu yang rentan (*A Human Health Perspective on Climate Change*, 2009).

Menurut Suharsono dalam Iriani (2004), faktor-faktor iklim yang dapat memengaruhi distribusi pencemar adalah, suhu udara, radiasi matahari, kelembaban relatif, hujan, kecepatan dan arah angin. Berikut ini akan dibahas hubungan faktor iklim (curah hujan, kelembaban, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin) dengan konsentrasi PM₁₀ dan NO₂ di Jakarta Pusat tahun 2007-2011.

6.2.1 Hubungan Curah Hujan dengan Konsentrasi PM₁₀ dan NO₂ di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

a) Hubungan antara curah hujan dengan konsentrasi PM₁₀ di Jakarta Pusat 2007-2011.

Hasil analisis korelasi antara curah hujan dengan konsentrasi PM₁₀ selama lima tahun (2007-2011) di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011 menunjukkan hubungan yang signifikan dengan arah negatif. Hubungan yang signifikan juga ditemukan pada analisis per tahun, yaitu tahun 2008, 2009, dan 2010. Semua juga memiliki arah negatif.

Hasil analisis korelasi antara curah hujan dan PM₁₀ di Jakarta Pusat 2007-2011 ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Giri, *et al.* di Kathmandu pada tahun 2007, yang juga menemukan hubungan signifikan dengan arah negatif

antara curah hujan dan konsentrasi PM_{10} . Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Bhaskar, *et. al.* tahun 2009 di Ahmedabad, India, yang menghasilkan curah hujan berhubungan signifikan dan berkorelasi negatif dengan konsentrasi PM_{10} selama empat tahun (2005-2008).

Curah hujan dapat memengaruhi konsentrasi polutan terutama *particulate matter* yang melayang di udara. Hujan dapat menimbulkan efek pembersihan udara sehingga konsentrasi PM_{10} akan berkurang jika curah hujan banyak. PM_{10} dapat terlarut oleh air hujan. (Sutanto & Erni, 2005). Selain itu, karena hujan, tanah menjadi basah. Tanah yang basah ini tidak akan terpecah menjadi partikel yang beterbangan di udara.

b) Hubungan antara curah hujan dengan konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat 2007-2011.

Sementara itu, hasil analisis korelasi antara curah hujan dengan konsentrasi NO_2 selama lima tahun (2007-2011) di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011 menunjukkan hubungan yang tidak signifikan, namun, ada hubungan yang signifikan pada tahun 2009 dan berarah negatif.

Hubungan signifikan dan korelasi negatif antara kelembaban dengan konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat 2007-2011 terjadi karena NO_2 dapat larut bersama air hujan membentuk hujan asam sehingga makin tinggi curah hujan, makin rendah konsentrasi NO_2 di udara. Hal ini sesuai dengan penelitian Dobile pada tahun 2008 yang menemukan hubungan signifikan dan korelasi negatif antara curah hujan dan konsentrasi NO_2 . Sementara itu, hubungan yang tidak signifikan selama lima tahun (2007-2011) dapat dikarenakan pengukuran konsentrasi NO_2 yang kurang maksimal. Hanya tersedia dua stasiun pemantau kualitas udara untuk wilayah Jakarta Pusat.

Untuk menghasilkan pengukuran yang maksimal, stasiun pemantau kualitas udara perlu ditambah sehingga dapat mewakili wilayah yang luas. Selain itu, data konsentrasi NO_2 pada tahun 2011 juga tidak lengkap karena alat yang biasa dipergunakan mengalami kerusakan. Hal ini dapat menjadi masukan bagi pihak yang mengadakan pengukuran kualitas udara, untuk berinisiatif mengusahakan pengadaan peralatan yang baru dan memiliki kualitas baik.

6.2.2 Hubungan Kelembaban dengan Konsentrasi PM₁₀ dan NO₂ di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

a) Hubungan antara kelembaban dengan konsentrasi PM₁₀ di Jakarta Pusat 2007-2011.

Hasil analisis korelasi antara kelembaban dengan konsentrasi PM₁₀ selama lima tahun (2007-2011) di Jakarta Pusat 2007-2011 menunjukkan hubungan yang kuat, signifikan dan berarah negatif. Hubungan yang sama juga ditemukan pada analisis per tahun pada tahun 2008, 2009, dan 2010.

Hasil analisis korelasi antara kelembaban dan konsentrasi PM₁₀ di Jakarta Pusat 2007-2011 sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Giri *et al.* di Kathmandu pada tahun 2007, yang juga menemukan hubungan signifikan dengan arah negatif antara kelembaban dan konsentrasi PM₁₀. Hasil penelitian Iriani pada tahun 2004 juga menemukan hubungan yang signifikan dan korelasi negatif antara kelembaban dan konsentrasi PM₁₀. Hal ini berarti pada kelembaban yang tinggi, konsentrasi PM₁₀ rendah. Kelembaban yang tinggi biasanya terjadi pada saat hujan sehingga menimbulkan efek pembersihan udara. Pada kondisi kelembaban yang tinggi, partikel PM₁₀ akan berikatan dengan titik-titik air di udara sehingga ukuran partikel debu menjadi lebih besar dan kemudian mengendap di tanah. (Purwana dalam Fitria, 2003)

b) Hubungan antara kelembaban dengan konsentrasi NO₂ di Jakarta Pusat 2007-2011.

Hasil analisis korelasi antara kelembaban dengan konsentrasi NO₂ selama lima tahun (2007-2011) di Jakarta Pusat 2007-2011 menunjukkan hubungan yang tidak signifikan, namun pada analisis per tahun ditemukan hubungan yang signifikan pada tahun 2009 dengan arah negatif.

Hubungan yang signifikan dan korelasi negatif antara kelembaban dengan konsentrasi NO₂ di Jakarta Pusat pada tahun 2009 ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Iriani pada tahun 2004. Dalam penelitian tersebut, dihasilkan hubungan yang signifikan dengan korelasi negatif, artinya saat kelembaban tinggi,

konsentrasi NO_2 rendah. Hal ini disebabkan efek pembersihan udara saat kelembaban tinggi dan terdapat penelitian bahwa pada saat kelembaban tinggi, NO_2 akan masuk ke daun melalui stomata (Yanbo, 2011). Dengan masuknya NO_2 ke daun ini, konsentrasi NO_2 di udara akan berkurang. Maka, untuk menyerap polutan, dapat dilakukan penambahan pepohonan hijau atau taman di sekitar kota.

6.2.3 Hubungan Lama Penyinaran Matahari dengan Konsentrasi PM_{10} dan NO_2 di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

a) Hubungan Lama Penyinaran Matahari dengan Konsentrasi PM_{10} di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Hasil analisis korelasi yang menunjukkan hubungan yang signifikan dan memiliki arah positif. Hubungan yang sama juga ditemukan pada analisis per tahun pada tahun 2007, 2008, dan 2009. Arah positif korelasi antara lama penyinaran matahari dan konsentrasi PM_{10} berarti lama penyinaran matahari yang tinggi akan diikuti oleh konsentrasi PM_{10} yang tinggi pula. Hal ini dikarenakan saat penyinaran matahari tinggi, permukaan tanah akan kering sehingga partikel-partikel tanah lebih mudah pecah dan beterbangan.

b) Hubungan Lama Penyinaran Matahari dengan Konsentrasi NO_2 di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Hasil analisis korelasi antara lama penyinaran matahari dengan konsentrasi NO_2 selama lima tahun (2007-2011) di Jakarta Pusat menunjukkan hubungan yang tidak signifikan. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Iriani pada tahun 2004 yang menemukan hubungan tidak signifikan antara lama penyinaran matahari dengan konsentrasi NO_2 di DKI Jakarta. Namun, pada analisis per tahun ditemukan hubungan yang signifikan pada tahun 2009 dengan arah positif.

Sementara itu, hubungan signifikan antara lama penyinaran matahari dengan konsentrasi NO_2 terjadi karena lama penyinaran matahari memengaruhi pembentukan gas NO_2 , yaitu membantu perubahan senyawa kimia untuk reaksi antar gas di mana gas tersebut mungkin terurai dengan peranan sinar matahari.

Sinar matahari dapat mengurai molekul NO_2 menjadi molekul NO dan atom Oksigen (O). Namun, atom O bebas akan langsung berikatan dengan O_2 di udara membentuk ozon (O_3).

6.2.4 Hubungan Kecepatan Angin dengan Konsentrasi PM_{10} dan NO_2 di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

a) Hubungan Kecepatan Angin dengan Konsentrasi PM_{10} di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Hasil analisis korelasi antara kecepatan angin dengan konsentrasi PM_{10} selama lima tahun (2007-2011) di Jakarta Pusat menunjukkan hubungan yang tidak signifikan. Demikian pula dengan analisis per tahun.

Kecepatan angin memengaruhi turbulensi di sekitar permukaan tanah dan memengaruhi pemecahan semua jenis partikel atau polutan yang dibebaskan ke udara. Turbulensi (gerakan naik dan turun udara yang meliputi area yang luas) timbul sebagai bagian dari aliran udara di sekitar tanah yang kasar. Makin tinggi kecepatan angin, makin besar turbulensi, begitu pula dengan pemecahan partikel dan polutan di udara. Kecepatan angin dapat mengakibatkan berkurangnya konsentrasi polutan di atmosfer. (Oren dalam Bhaskar, 2009). Selain itu, kecepatan angin akan meningkatkan distribusi polutan sehingga polutan tidak terkonsentrasi di suatu wilayah.

Hasil yang tidak signifikan antara kecepatan angin dengan konsentrasi PM_{10} tahun 2007-2011 ini disebabkan rentang kecepatan angin di Jakarta Pusat kecil, yaitu hanya dari 4,9 hingga 5,6 knots. Nilai kecepatan angin yang kecil ini akan menghasilkan nilai turbulensi yang kecil sehingga pemecahan polutan yang terjadi juga kecil. Hal ini kurang memengaruhi konsentrasi polutan di udara. Selain itu, nilai ini kurang bervariasi dan nilai per bulannya cenderung hampir sama atau hanya berbeda sedikit.

b) Hubungan Kecepatan Angin dengan Konsentrasi NO₂ di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Hasil analisis korelasi antara kecepatan angin dengan konsentrasi NO₂ selama lima tahun (2007-2011) di Jakarta Pusat juga menunjukkan hubungan yang tidak signifikan. Demikian pula dengan analisis per tahun.

Hasil analisis korelasi antara kecepatan angin dengan konsentrasi PM₁₀ di Jakarta Pusat 2007-2011 sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Bhaskar tahun 2009 yang menghasilkan kecepatan angin berkorelasi negatif dengan PM₁₀ dan tidak berhubungan secara signifikan. Sedangkan hasil analisis korelasi kecepatan angin dengan konsentrasi NO₂ di Jakarta Pusat 2007-2011 tidak sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Laurinaviciene tahun 2008 yang menghasilkan kecepatan angin berhubungan secara signifikan dan berkorelasi negatif dengan konsentrasi NO₂.

Hasil yang tidak signifikan antara kecepatan angin dengan konsentrasi NO₂ tahun 2007-2011 ini sama seperti pada pembahasan antara kecepatan angin dengan PM₁₀, yaitu rentang kecepatan angin di Jakarta Pusat kecil, yaitu hanya dari 4,9 hingga 5,6 knots.

6.3 Hubungan Konsentrasi PM₁₀ dengan Jumlah Kasus Asma di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Asma dipengaruhi cukup banyak faktor, yaitu faktor host dan faktor lingkungan. Faktor host terdiri dari genetik, obesitas, dan jenis kelamin. Sedangkan faktor lingkungan yaitu alergen, infeksi, bahan iritan di tempat kerja, asap rokok, polutan udara outdoor dan indoor, serta makanan.

Hasil analisis korelasi antara konsentrasi PM₁₀ dengan jumlah kasus asma selama lima tahun (2007-2011) di Jakarta Pusat menunjukkan hubungan yang tidak signifikan. Demikian pula dengan analisis per tahun. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Mei Lin *et al* tahun 2002 di Toronto dengan analisis *undirectional case-cross over* dan *time series* bahwa tidak ditemukan efek signifikan antara PM₁₀ dengan jumlah kasus asma di rumah sakit. Namun, apabila digunakan analisis *bidirectional case-crossover* dan *time series*, PM₁₀ baru memiliki efek positif yang kuat setelah pajanan selama enam hari. Walaupun

asma secara teori merupakan reaksi alergi yang muncul segera (dalam satu hari), namun pada beberapa orang reaksi asma dapat pula lambat (Thomson dalam Mei Lin, 2002). Dengan demikian, setiap individu dalam populasi penderita asma di Jakarta Pusat, belum tentu memiliki reaksi alergi yang cepat terhadap PM_{10} .

Selain itu, hasil penelitian konsentrasi PM_{10} dengan jumlah kasus asma di Jakarta Pusat tahun 2007-2011 ini bertentangan dengan penelitian yang dilakukan oleh Panagiotis *et al.* tahun 2010 yang menemukan hubungan signifikan antara rawat inap asma pada anak dengan konsentrasi PM_{10} rata-rata harian. Konsentrasi PM_{10} pada penelitian Panagiotis *et al.* ini didapatkan dari tujuh stasiun pemantau, sedangkan pada penelitian di Jakarta pusat ini hanya digunakan dua stasiun pemantau karena keterbatasan alat. Jadi, hasil pengukuran konsentrasi PM_{10} di Jakarta Pusat tidak begitu akurat dan kurang mewakili.

Berdasarkan hasil pengukuran dari BMKG, Jakarta Pusat memiliki curah hujan yang fluktuatif. Diketahui bahwa curah hujan dan konsentrasi PM_{10} memiliki hubungan yang signifikan dan korelasi yang kuat, jadi dengan adanya hujan, maka akan terjadi pembersihan udara dan konsentrasi PM_{10} menurun.

Selain itu, ada polutan udara lain yang diketahui berhubungan dengan asma, namun penelitiannya belum sebanyak penelitian mengenai hubungan PM_{10} dan jumlah kasus asma. Menurut penelitian Anderson *et al.* tahun 2001, ada hubungan antara peningkatan konsentrasi ozon dengan jumlah rawat inap asma. Terdapat penelitian yang dilakukan oleh Iriani di Jakarta pada tahun 2004, yang menemukan hasil bahwa terdapat hubungan signifikan antara ozon dan asma dengan korelasi positif.

Menurut Dharmage *et al* dalam Global Initiative for Asthma (GINA) 2011, alergen seperti debu rumah, polen, dan spora jamur dapat pula menjadi pemicu asma. Jadi, dapat pula jumlah kasus asma di Jakarta Pusat tahun 2007-2011 lebih dipengaruhi oleh polutan lain seperti ozon, polen, spora jamur, bulu hewan, atau alergen lainnya. Selain itu, diketahui pula rokok dan bahan iritan di tempat kerja dapat menimbulkan asma.

Dari jumlah kasus asma yang ada di Jakarta Pusat, kemungkinan sebagian penderita ada yang perokok aktif maupun pasif atau terpajan bahan iritan di tempat kerja sehingga rokok dan bahan iritan di tempat kerja lebih

berpengaruh. Mengingat banyaknya faktor risiko pencetus asma ini, hendaknya setiap orang perlu mengetahuinya agar dapat mengantisipasi atau menghindari faktor-faktor pencetus ini. Dalam hal ini, penyuluhan kepada masyarakat mengenai pengenalan faktor-faktor pencetus asma dan cara mengantisipasinya merupakan sesuatu yang penting. Selain itu, mengingat banyaknya faktor pencetus asma, ada baiknya melakukan penambahan parameter alergen ke dalam penelitian terkait asma. Namun, hal ini perlu didukung dengan kesediaan data. Untuk lembaga yang bertanggung jawab dalam melakukan pengukuran kualitas udara, sebaiknya mengusahakan pengadaan alat untuk pengukuran parameter alergen di udara.

6.4 Hubungan Konsentrasi NO₂ dengan Jumlah Kasus Asma di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Hasil analisis korelasi antara konsentrasi NO₂ dengan jumlah kasus asma selama lima tahun (2007-2011) di Jakarta Pusat menunjukkan hubungan yang signifikan dan berarah negatif. Pada analisis tahun 2010, ditemukan hubungan yang sama. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Weinmayr pada tahun 2009 yang menemukan bahwa NO₂ memiliki hubungan yang signifikan dengan asma. Namun, hasil penelitian konsentrasi NO₂ dengan jumlah kasus asma ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh I Galan pada tahun 2003 di Madrid, Spanyol, yang menemukan bahwa NO₂ berkorelasi positif dan berhubungan signifikan dengan permintaan gawat darurat asma di rumah sakit. Selain itu, terdapat penelitian di Belanda yang dilakukan oleh Weide van Der pada tahun 2005, yang menemukan hasil bahwa NO₂ berhubungan signifikan dengan pengobatan asma.

NO₂ dapat terurai menjadi NO dan O₃ apabila terkena sinar matahari. Terdapat penelitian bahwa NO bersifat antivirus. NO juga memiliki kemampuan antimikroba untuk melawan pertumbuhan fungi (Akaike & Meida, 2000). Seperti kita ketahui bahwa virus dan fungi merupakan salah satu faktor penyebab timbulnya asma. Maka, dengan adanya konsentrasi NO₂, NO juga akan terbentuk sehingga terjadi efek protektif terhadap asma.

6.5 Hubungan Curah Hujan dengan Jumlah Kasus Asma di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Curah hujan yang tinggi dapat meningkatkan kadar spora jamur dan polen di udara. Hal ini dapat menjadi pemicu timbulnya asma apabila kedua alergen tersebut terhirup. Pada musim hujan, virus-virus lebih banyak ditemukan karena sinar matahari yang dapat membunuh virus tersebut lebih sedikit persentasenya sehingga infeksi virus terjadi lebih banyak. Selama musim hujan pula, orang-orang cenderung tinggal di dalam rumah atau di dalam ruangan. Hal ini menambah kemampuan virus untuk berpindah dari satu host ke host lainnya. Seperti diketahui, asma dapat pula muncul karena virus. Maka, dengan banyaknya orang yang terinfeksi, makin besar kemungkinan seseorang terkena asma.

Hasil analisis korelasi antara curah hujan dengan jumlah kasus asma selama lima tahun (2007-2011) di Jakarta Pusat menunjukkan hubungan yang tidak signifikan. Demikian pula dengan analisis per tahun. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Anderson *et al* pada tahun 2001 bahwa curah hujan berhubungan tidak signifikan dengan jumlah kasus asma di rumah sakit. Namun, terdapat hasil yang berbeda pada penelitian di RSUD Dr Soetomo, Surabaya, yang dilakukan oleh Resti Yudhawati tahun 2009. Ditemukan hasil bahwa curah hujan berhubungan signifikan dan berkorelasi positif dengan jumlah kasus asma. Hasil ini didapatkan karena jumlah kasus asma didapatkan dari tempat yang lebih spesifik, yaitu dari satu rumah sakit. Untuk menghasilkan penelitian yang lebih baik, sebaiknya penelitian dilakukan di tempat atau wilayah yang lebih spesifik karena makin spesifik tempat penelitian dan makin banyak datanya, hasil penelitian akan lebih akurat.

6.6 Hubungan Kelembaban dengan Jumlah Kasus Asma di Jakarta Pusat Tahun 2007-2011

Makin tinggi kelembaban relatif, makin sensitif seseorang yang memiliki asma karena pajanan terhadap alergen seperti debu, polen, atau jamur dapat memicu timbulnya asma. Pada kelembaban yang tinggi, alergen-alergen pada debu dan jamur dapat menyebabkan munculnya risiko kesehatan pada orang-orang yang sensitif dengan alergen tersebut. Pada area di mana kelembaban luar

rumah dengan rata-rata di bawah 50% selama minimal satu bulan selama satu tahun, maka rates asma lebih rendah dibandingkan di area yang memiliki kelembaban di atas level tersebut. (Weiland et al., 2003)

Hasil analisis korelasi antara kelembaban dengan jumlah kasus asma selama lima tahun (2007-2011) di Jakarta Pusat menunjukkan hubungan yang tidak signifikan. Demikian pula dengan analisis per tahun. Hasil ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Weiland *et al.* pada tahun 2003 di Eropa bagian Barat yang menemukan hasil bahwa kelembaban relatif dalam rumah berhubungan positif dengan gejala asma. Pada penelitian Weiland ini, pengukuran kelembabannya lebih akurat karena dilakukan di dalam rumah, tempat di mana penderita asma lebih banyak menghabiskan waktu. Sedangkan pada penelitian kelembaban dengan jumlah kasus asma di Jakarta Pusat 2007-2011, kelembaban diukur secara umum, di dua stasiun pemantau iklim.

Diperoleh hasil yang tidak signifikan antara kelembaban dengan jumlah kasus asma di Jakarta Pusat 2007-2011 karena di Indonesia hanya ada dua musim, tidak seperti di negara lain yang memiliki empat musim sehingga kelembaban di Indonesia kurang variatif dan rata-rata kenaikan atau penurunannya tiap bulan hanya berbeda sedikit, tidak mencapai 5%. Sedangkan pada penelitian di Eropa di 57 kota dalam 12 negara, prevalensi asma baru bertambah 2.7 % apabila kelembaban relatifnya meningkat sebesar 10%. (*Occupational and Environmental Medicine*, 2004).

Spora jamur dapat tumbuh pesat pada kondisi kelembaban tinggi, namun kondisi kelembaban di Jakarta Pusat masih tergolong nyaman. Hal ini dapat juga menjadi sebab kelembaban kurang berpengaruh dengan jumlah kasus asma di Jakarta Pusat pada tahun 2007-2011.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Curah hujan rata-rata di Jakarta Pusat tahun 2007-2011 adalah 260, 627 mm dengan curah hujan tertinggi pada bulan September 2011, sebesar 2955 mm dan terendah pada bulan Agustus 2011, yaitu sebesar 1,5 mm. Kelembaban rata-rata adalah 74,882 persen dengan kelembaban tertinggi pada bulan Februari 2007 yaitu sebesar 83 persen dan terendah pada bulan Agustus 2007 yaitu sebesar 67 persen. Lama penyinaran matahari rata-rata adalah 57, 27 persen dengan lama penyinaran matahari tertinggi pada bulan September 2011 yaitu sebesar 99 persen dan terendah pada bulan Februari 2008 yaitu sebesar 19 persen. Kecepatan angin rata-rata adalah 5,255 knots dengan kecepatan angin tertinggi pada bulan Januari 2011 yaitu sebesar 8,6 knots dan terendah pada bulan Februari 2007, yaitu sebesar 3,4 knots.

Jumlah asma rata-rata di Jakarta Pusat selama kurun waktu 5 tahun (2007-2011) adalah sebesar 825 kasus dengan kasus tertinggi pada bulan Februari tahun 2010 (1285 kasus) dan kasus terendah pada bulan Oktober tahun 2008 (417 kasus). Sementara itu, konsentrasi PM_{10} dan NO_2 tahun 2007-2011, terdapat beberapa nilai yang melebihi nilai ambang batas.

Faktor iklim (curah hujan, kelembaban, lama penyinaran matahari, kecepatan angin) di Jakarta Pusat selama lima tahun (2007-2011) sebagian besar berhubungan signifikan dengan konsentrasi PM_{10} dan berhubungan tidak signifikan dengan konsentrasi NO_2 , namun bila dianalisis per tahun, ada faktor iklim yang berhubungan signifikan dengan konsentrasi NO_2 . Curah hujan dengan konsentrasi PM_{10} menunjukkan hubungan kuat yang signifikan dengan arah negatif ($p = 0,0005$ dan $r = -0,534$), tidak signifikan dengan NO_2 . Kelembaban dengan konsentrasi PM_{10} menunjukkan hubungan kuat yang signifikan dengan arah negatif ($p = 0,0005$ dan $r = -0,534$), tidak signifikan dengan NO_2 . Lama penyinaran matahari dengan konsentrasi PM_{10} menunjukkan hubungan kuat yang signifikan dengan arah positif ($p = 0,0005$ dan $r = 0,563$), tidak signifikan dengan NO_2 . Kecepatan angin dengan konsentrasi PM_{10} dan NO_2 menunjukkan hubungan

yang tidak signifikan. Konsentrasi PM_{10} tidak berhubungan signifikan dengan jumlah kasus asma di Jakarta Pusat tahun 2007-2011, namun, konsentrasi NO_2 berhubungan signifikan dan berkorelasi negatif dengan jumlah kasus asma dengan nilai $p = 0,048$ dan $r = -0,268$ (hubungan sedang).

7.2 Saran

1. Untuk Dinas tata lingkungan kota, sebaiknya menambah jumlah taman hijau di kota dan di sekitar jalan raya agar dapat menyerap polusi dan menghasilkan udara yang segar.
2. Untuk pihak Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) sebaiknya mengadakan kerjasama dengan Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) dan Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan (Pusarpedal) dalam pengukuran kualitas udara sehingga dapat saling melengkapi peralatan dan data. Dengan kerjasama ini, diharapkan data kualitas udara yang ada dan dibutuhkan dapat terisi lengkap.
3. Departemen Perhubungan dan Kementerian Lingkungan Hidup bekerja sama untuk mengadakan uji emisi dan pembatasan kendaraan bermotor.
4. Apabila tersedia dana yang cukup, perlu dilakukan pengukuran kualitas udara dengan menambah parameter $PM_{2,5}$. Parameter ini lebih akurat untuk penelitian yang berhubungan dengan penyakit pernapasan (*Environmental Protection Agency*, 2010). Selain itu, perlu penambahan stasiun pemantau kualitas udara agar dapat lebih mewakili wilayah yang luas.
5. Pihak Kementerian kesehatan Republik Indonesia, Suku Dinas Kesehatan, dan puskesmas sebaiknya lebih meningkatkan kerja sama dalam mengadakan program-program di masyarakat untuk menurunkan jumlah kasus asma atau memberikan solusi dalam meringankan penyakit asma. Contoh kegiatan yang dapat dilakukan adalah memberi penyuluhan tentang asma dan bagaimana cara menghindari faktor risikonya serta memperkenalkan dan mempraktikkan senam asma, yaitu senam yang direkomendasikan oleh Kementerian kesehatan (Kemenkes) khusus untuk orang yang memiliki asma.

6. Bekerja sama dengan lembaga-lembaga pemilik dan pengelola tempat-tempat umum untuk mengembangkan kawasan bebas rokok.
7. Perlu dilakukan penelitian dengan jangka waktu 10 tahun ke atas dengan data yang lebih lengkap dan cukup mewakili wilayah penelitian.

DAFTAR REFERENSI

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007). *Interaction Profile for Carbon Monoxide, Formaldehyde, Methylene chloride, Nitrogen dioxide, and Tetrachloroethylene*. 10 Maret 2012. <http://www.atsdr.cdc.gov/interactionprofiles/IP-12/ip12.pdf>
- Akaike & Maeda. (2000). Nitric Oxide and Virus Infection. *Department of Microbiology, Kumamoto University School of Medicine*. 14 Juni 2012. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11106932>
- Amarakoon, *et al.* (2004). Climate Variability and Disease Patterns in Two South Eastern Caribbean Countries,' Climates Studies Group Mona. *Department of Physics, University of the West Indies, Kingston*. 22 Februari 2012. <http://www.bvsde.paho.org/busacd>
- Anderson, *et al.* (2001). Asthma Admissions and Thunderstorms: A Study of Pollen, Fungal Spores, Rainfall, and Ozone. *Oxfords Journal Medicine*. 94 (8), 429-433. 12 Juni 2012. <http://qjmed.oxfordjournals.org/>
- Anfasha, Fatih. (2010). Beban Asma Sebagai Suatu Penyakit Inflamasi Kronik, *Majalah Kedokteran Indonesia*, 60 (5). 14 Februari 2012. <http://indonesia.digitaljournals.org/index.php/idnmed/article>
- Arbecs, *et al.* (2001). Air pollution from Biomass Burning and Asthma Hospital Admissions in a Sugar Cane Plantation Area in Brazil. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 61 (5), 395-400. 20 Februari 2012. <http://ukpmc.ac.uk/images/favicon.ico>
- Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah. (2010). *Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta 2010*. 27 Maret 2012. <http://bplhd.jakarta.go.id>
- Bhaskar & Mehta. (2009). Atmospheric Particulate Pollutants and Their Relationship with Meteorology in Ahmedabad. *Aerosol and Air Quality Research*, 10, 301-315. 15 Juni 2012. http://aaqr.org/VOL10_No4_August2010/1_AAQR-09-10-OA-0069_301-315.pdf

- Candace Vahlsing & Kirk R. Smith (2010). Global review of national ambient air quality standards for PM₁₀ and SO₂ (24 h). *Air Quality Atmosphere Health*. 10 Maret 2012. <http://spingerlink.com>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2011). *Asthma in the US Growing Every Year*. 11 Februari 2012. <http://www.cdc.gov>
- Clean Air Initiative for Asia Cities (CAI-Asia) (2010). *Particulate Matter (PM) Standards in Asia*. 10 Maret 2012. http://cleanairinitiative.org/2_particulate_matter_PM_standards_in_Asia_Fact_Sheet_26_August_2010_1.pdf
- Delfino, *et al* (2002). Association of Asthma Symptoms with Peak Particulate Air Pollution and Effect Modification by Anti-inflammatory Medication Use. *Environmental Health Perspective* 110 (02), A607-A617. 16 April 2012. <http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/2002/110pA607A617delfino/abstract.html>
- Dimitrova, *et al.* (2011). Relationship Between Particulate Matter and Childhood Asthma-Basis of a Future Warning System for Central Phoenix. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 11 (11), 28627-28861. 9 Maret 2012. <http://atmos-chem-phys-discuss.net/11/28627/2011/doc10.5194/acpd-11-28627-2011>,
- Ellis, Lisa.D (2009). Got Summer Asthma? *Quality Health's Medical Advisory Board*. 27 Maret 2012. <http://www.qualityhealth.com/asthma-article/asthma-humidity>
- Environmental Protection Agency (EPA) (2010). *Characteristics of Particles- Particle Size Categories*. 27 Maret 2012. <http://www.epa.gov/apti/bces/module3/category/category.htm>,
- Environmental Protection Agency (EPA). (2011). *Asthma Facts*. 22 Februari 2012. http://www.epa.gov/asthma/pdf/asthma_fact_sheet_en.pdf
- European Environment Agency (2011). *Air Quality in Europe-2011 Report*. 10 Maret 2012. <http://www.eea.europa.eu>
- Fitria, Laila. (2003). *Analisis Terhadap PM₁₀ dan TPC Mikroorganisme Udara Dalam Rumah Dalam Hubungannya Dengan Gangguan Pernapasan Pada*

- Bayi dan Balita (Studi di Kelurahan Cisalak Kota Depok Tahun 2003)*. Tesis. Universitas Indonesia: Depok
- Galan, *et al.* (2003). Short-term Effects of Air Pollution on Daily Asthma Emergency Room Admissions. *European Respiratory Journal*, 22, 802-808. <http://erj.ersjournal.com/content/22/5/802.pdf>
- Gauderman, *et al.* (2005). Childhood Asthma and Exposure to Traffic and Nitrogen Dioxide. *Epidemiology*, 16 (6), 2005. 10 Maret 2012. http://www.bu-eh.org/Gauderman_Asthma.pdf
- Giri, *et al.* (2007). The Influence of Meteorological Conditions on PM₁₀ Concentrations in Kathmandu Valley. *International Journal of Environmental and Respiration*, 2 (1), 49-60. 12 Juni 2012. <http://www.bioline.org.br/pdf>
- Global Initiative for Asthma (GINA). (2011). *Global Strategy for Asthma Management and Prevention Updated 2011*. 5 Mei 2012. http://ginasthma.org/uploads/users/files/GINA_Report_2011.pdf
- Hastono, SP. (2007). *Analisis Data Kesehatan*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Indonesia : Depok.
- Iriani, Dewi Utami. (2004). *Hubungan Iklim, Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan Kejadian Serangan Asma/Bronkitis di DKI Jakarta Tahun 2002-2003*. Tesis. Universitas Indonesia: Depok.
- Jakarta Dalam Angka, Badan Pusat Statistik (BPS). (2008)
- Janeth & Stephen. (2008). Protecting Our Children: Assessing the Link between PM₁₀ Pollution and Childhood Asthma in Maricopa Country. *Arizona Department of Environmental Quality*. 28 Februari 2012. <http://www.azdeq.gov/ceh/download>
- Jones & Barlett. (2010). Asthma: A Global Perspective. 10 Maret 2012. <http://samples.jbpub.com/78545-CHO1-5674.pdf>
- Keputusan Gubernur Propinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 551 Tahun 2001. *Penetapan Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Tingkat kebisingan di Propinsi DKI Jakarta*. 10 Maret 2012. http://bplhd.jakarta.go.id/peraturan/pergub/KEPGUB_NO_551_TH_2001.pdf

- Laurinaviciene, Dovile. (2008). Nitrogen Dioxide Concentrations and their relation with meteorological conditions and some environmental factors in Kaunas. *Environmental research, engineering, and management* 2008, 1(43), 21-27. 12 Juni 2012. <http://www.apini.lt/includes/getfile.php>,
- Maestrelli, *et al.* (2011). Personal Exposure to Particulate Matter is Associated with Worse Health Perception in Adult Asthma. *Journal of Investigational Allergology & Clinical Immunology*, 21 (2), 120-128. 9 Maret 2012. <http://www.jiaci.org/issues/vol21issue2/6.pdf>
- Maraziotis, *et al.* (2007). Statistical Analysis of Inhalable (PM₁₀) and Fine Particles (PM_{2,5}) Concentrations in Urban Region of Patras, Greece. *Global NEST Journal*, 10 (02), 123-131. 9 Maret 2012. http://www.gnest.org/journal/vol10_No2/123_131_496_Maraziotis_10-2.pdf
- Masoli, *et al.* (2008). Global Burden of Asthma. *Medical Research Institute of New Zealand*. 9 Maret 2012. http://www.ginasthma.org/pdf/GINA_Burden_Report.pdf
- Mei Lin, *et al.* (2002). The Influence of Ambient Coarse Particulate Matter on Asthma Hospitalization in Children: Case-Crossover and Time-Series Analyses. *Environmental Health Perspective*, 110: 575-581. 10 Maret 2012. <http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/2002/110p575-581lin/abstract.html>
- National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI). (2007). *Expert Panel Report 3: Guidelines for the Diagnosis and Management of Asthma*. 15 Februari 2012. <http://www.nhlbi.nih.gov/gudelines/asthma/asthgdln.pdf>
- National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS). (2006). *Asthma and Its Environmental Triggers*. 11 Februari 2012. <http://www.niehs.nih.gov>
- Oemiati, Ratih *et al.* (2010). Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Penyakit Asma di Indonesia. *Media Litbang Kesehatan XX* (1). 14 Februari 2012. http://jurnal.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/201104149_0853-9987.pdf
- Panagiotis T. *et al.* (2010). Outdoor particulate matter and childhood asthma admissions in Athens, Greece: a time-series study. *Environmental Health*, 2010. 10 Maret 2012. <http://www.ehjournal.net/content/9/1/45.pdf>

- Petrescu, *et al.* (2011). Respiratory Health Effects of Air Pollution with Particles and Modification due to Climate Parameters in an Exposed Population: Long and Short Term Study. *International Journal of Energy and Environment Issue*, 2011, 1(5). 27 Maret 2012. <http://www.umft.ro>
- Profil Kesehatan Kota Administrasi Jakarta Pusat 2010.
- Pudjiastuti, Wiwiek. (2002). *Pusat Kesehatan Kerja Kemenkes RI*. 10 Maret 2012. [http://www.docstoc.com/docs/21283229/World Health Organization \(WHO\) \(2003\). Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone, and Nitrogen Dioxide](http://www.docstoc.com/docs/21283229/World_Health_Organization_(WHO)_2003_Health_Aspects_of_Air_Pollution_with_Part particulate_Matter,_Ozone,_and_Nitrogen_Dioxide). 10 Maret 2012. <http://www.euro.who.int/document/e790097.pdf>
- Regional Asthma Management and Prevention (RAMP). (2009). *Asthma and Indoor Air Quality in Schools*. 27 Maret 2012. [http://www.healthyfacilitiesinstitute.com/a_194 Asthma and Indoor Air Quality in Schools](http://www.healthyfacilitiesinstitute.com/a_194_Asthma_and_Indoor_Air_Quality_in_Schools)
- Sutanto & Erni. (2005). Study on Correlation Between Motor Vehicle Emission and Public Health. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5 (05), 1841-1856. 9 Maret 2012. http://www.easts.info/on-line/proceedings_05/1841.pdf
- The International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) (2011). *The Global Asthma Report 2011*. 27 Maret 2012. [http://www.globalasthmareport.org/sites/default/files/Global Asthma Report 2011.pdf](http://www.globalasthmareport.org/sites/default/files/Global_Asthma_Report_2011.pdf)
- Thunqvist, *et al.* (2002). Asthma in Children Exposed to Nitrogen dioxide in Ice Arenas. *European Respiratory Journal*, 2002; 20: 646-660. 10 Maret 2012. <http://erj.ersjournals.com/content/20/3/646.full.pdf>
- Weide Van Der & Lianne. (2005). The Relationship Between Air Pollution and Anti-asthma Medication Dispensing to Children from 6 Until 12 Years Old in The North of The Netherlands. *University of Groningen, IVEM, Centre for Energy and Environmental Studies*. 16 April 2012. <http://www.rug.nl/favicon.ico>
- Weiland, *et al.* (2003). Climate and the Prevalence of Symptoms of Asthma, Allergic Rhinitis, and Atopic Eczema in Children. *Occupational and*

- Environmental Medicine*, 61, 609-615. 22 Februari 2012.
<http://oem.highwire.org/rss/current.xml>
- Weinmayr, *et al.* (2009). Short-Term Effects of PM₁₀ and NO₂ on Respiratory Health among Children with Asthma or Asthma-like Symptoms: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspective*, 2010, 118(4): 449-457. 27 Maret 2012.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/favicon.ico>
- WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen dioxide, and Sulfur dioxide Global Update (2005). *Summary of risk assessment*. 27 Maret 2012. <http://www.euro.who.int/document/e90038.pdf>
- Yanbo, Hu. (2011). NO₂ Drived NO₃⁻ Metabolism in Leaves. *Insciences Journal*, 1 (2), 90-101. 22 Juni 2012. <http://journal.insciences.org/wp-content/>
- Yeh, *et al.* (2010). The Association of Seasonal Variations of Asthma Hospitalization with Air Pollution Among Children in Taiwan. *Asian Pacific Journal of Allergy Immunology*, 29 (11), 34-41. 9 Maret 2012.
<http://apjai.digitaljournals.org/index.php/apjai/article/viewfile/379/345>
- Yi, *et al.* (2008). Relationship Between PM₁₀ Concentrations and Asthma Patients in Metropolitan Areas in Korea Using Spatial and Time Trend Analysis. *Epidemiology*, 19 (6). 9 Maret 2012. [Http://mobile.journals.lww.com](http://mobile.journals.lww.com)
- Yudhawati, Resti. (2009). Hubungan Antara Iklim dengan Eksaserbasi Asma. *Buletin penelitian RSUD dr Soetomo*, 11 (04). 17 Juni 2012.
http://jurnal.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/11409182185_1411-9498.pdf
- Zahra, Cahyorini & D. Anwar Musadad (2006). Analisis Pencemaran Udara di DKI Jakarta dengan Pemodelan Kualitas Udara. Puslitbang Ekologi dan Status Kesehatan, Badan Litbang Kesehatan, 2006. 27 Maret 2012. <http://www.risbinkes.litbang.depkes.go.id>

Uji korelasi Tahun 2007

Correlations

		Asma_07	PM10_07
Asma_07	Pearson Correlation	1	-,191
	Sig. (2-tailed)		,552
	N	12	12
PM10_07	Pearson Correlation	-,191	1
	Sig. (2-tailed)	,552	
	N	12	12

Correlations

			Asma_07	NO2_07
Spearman's rho	Asma_07	Correlation Coefficient	1,000	-,532
		Sig. (2-tailed)	.	,075
		N	12	12
	NO2_07	Correlation Coefficient	-,532	1,000
		Sig. (2-tailed)	,075	.
		N	12	12

Correlations

			Asma_07	hujan_07
Spearman's rho	Asma_07	Correlation Coefficient	1,000	,242
		Sig. (2-tailed)	.	,449
		N	12	12
	hujan_07	Correlation Coefficient	,242	1,000
		Sig. (2-tailed)	,449	.
		N	12	12

Correlations

		Asma_07	kelembaban_07
Asma_07	Pearson Correlation	1	,025
	Sig. (2-tailed)		,937
	N	12	12
kelembaban_07	Pearson Correlation	,025	1
	Sig. (2-tailed)	,937	
	N	12	12

(Lanjutan)

Correlations

			PM10_07	hujan_07
Spearman's rho	PM10_07	Correlation Coefficient	1,000	-,552
		Sig. (2-tailed)	.	,063
		N	12	12
	hujan_07	Correlation Coefficient	-,552	1,000
		Sig. (2-tailed)	,063	.
		N	12	12

Correlations

		PM10_07	kelembaban_07
PM10_07	Pearson Correlation	1	-,302
	Sig. (2-tailed)		,340
	N	12	12
kelembaban_07	Pearson Correlation	-,302	1
	Sig. (2-tailed)	,340	
	N	12	12

Correlations

		PM10_07	LPM_07
PM10_07	Pearson Correlation	1	,650*
	Sig. (2-tailed)		,022
	N	12	12
LPM_07	Pearson Correlation	,650*	1
	Sig. (2-tailed)	,022	
	N	12	12

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Correlations

		PM10_07	k angin_07
PM10_07	Pearson Correlation	1	,117
	Sig. (2-tailed)		,716
	N	12	12
k_angin_07	Pearson Correlation	,117	1
	Sig. (2-tailed)	,716	
	N	12	12

(Lanjutan)

Correlations

			NO2_07	hujan_07
Spearman's rho	NO2_07	Correlation Coefficient	1,000	,105
		Sig. (2-tailed)	.	,746
		N	12	12
	hujan_07	Correlation Coefficient	,105	1,000
		Sig. (2-tailed)	,746	.
		N	12	12

Correlations

			NO2_07	kelembaban_07
Spearman's rho	NO2_07	Correlation Coefficient	1,000	,344
		Sig. (2-tailed)	.	,274
		N	12	12
	kelembaban_07	Correlation Coefficient	,344	1,000
		Sig. (2-tailed)	,274	.
		N	12	12

Correlations

			NO2_07	LPM_07
Spearman's rho	NO2_07	Correlation Coefficient	1,000	-,462
		Sig. (2-tailed)	.	,130
		N	12	12
	LPM_07	Correlation Coefficient	-,462	1,000
		Sig. (2-tailed)	,130	.
		N	12	12

Correlations

			NO2_07	k angin_07
Spearman's rho	NO2_07	Correlation Coefficient	1,000	-,116
		Sig. (2-tailed)	.	,720
		N	12	12
	k_angin_07	Correlation Coefficient	-,116	1,000
		Sig. (2-tailed)	,720	.
		N	12	12

(Lanjutan)

Uji korelasi tahun 2008

Correlations

		Asma_08	PM10_08
Asma_08	Pearson Correlation	1	,056
	Sig. (2-tailed)		,862
	N	12	12
PM10_08	Pearson Correlation	,056	1
	Sig. (2-tailed)	,862	
	N	12	12

Correlations

			Asma_08	NO2_08
Spearman's rho	Asma_08	Correlation Coefficient	1,000	,119
		Sig. (2-tailed)	.	,713
		N	12	12
	NO2_08	Correlation Coefficient	,119	1,000
		Sig. (2-tailed)	,713	.
		N	12	12

Correlations

			Asma_08	Hujan_08
Spearman's rho	Asma_08	Correlation Coefficient	1,000	,259
		Sig. (2-tailed)	.	,417
		N	12	12
	Hujan_08	Correlation Coefficient	,259	1,000
		Sig. (2-tailed)	,417	.
		N	12	12

Correlations

		Asma_08	Kelembaban_08
Asma_08	Pearson Correlation	1	,353
	Sig. (2-tailed)		,260
	N	12	12
Kelembaban_08	Pearson Correlation	,353	1
	Sig. (2-tailed)	,260	
	N	12	12

(Lanjutan)

Correlations

			PM10_08	Hujan_08
Spearman's rho	PM10_08	Correlation Coefficient	1,000	-,748**
		Sig. (2-tailed)	.	,005
		N	12	12
	Hujan_08	Correlation Coefficient	-,748**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,005	.
		N	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

		PM10_08	Kelembaban_08
PM10_08	Pearson Correlation	1	-,807**
	Sig. (2-tailed)		,002
	N	12	12
Kelembaban_08	Pearson Correlation	-,807**	1
	Sig. (2-tailed)	,002	
	N	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

		PM10_08	LPM_08
PM10_08	Pearson Correlation	1	,700*
	Sig. (2-tailed)		,011
	N	12	12
LPM_08	Pearson Correlation	,700*	1
	Sig. (2-tailed)	,011	
	N	12	12

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Correlations

		PM10_08	Angin_08
PM10_08	Pearson Correlation	1	-,387
	Sig. (2-tailed)		,214
	N	12	12
Angin_08	Pearson Correlation	-,387	1
	Sig. (2-tailed)	,214	
	N	12	12

(Lanjutan)

Correlations

			NO2_08	Hujan_08
Spearman's rho	NO2_08	Correlation Coefficient	1,000	,503
		Sig. (2-tailed)	.	,095
		N	12	12
	Hujan_08	Correlation Coefficient	,503	1,000
		Sig. (2-tailed)	,095	.
		N	12	12

Correlations

			NO2_08	Kelembaban_08
Spearman's rho	NO2_08	Correlation Coefficient	1,000	,473
		Sig. (2-tailed)	.	,120
		N	12	12
	Kelembaban_08	Correlation Coefficient	,473	1,000
		Sig. (2-tailed)	,120	.
		N	12	12

Correlations

			NO2_08	LPM_08
Spearman's rho	NO2_08	Correlation Coefficient	1,000	-,287
		Sig. (2-tailed)	.	,365
		N	12	12
	LPM_08	Correlation Coefficient	-,287	1,000
		Sig. (2-tailed)	,365	.
		N	12	12

Correlations

			NO2_08	Angin_08
Spearman's rho	NO2_08	Correlation Coefficient	1,000	,281
		Sig. (2-tailed)	.	,376
		N	12	12
	Angin_08	Correlation Coefficient	,281	1,000
		Sig. (2-tailed)	,376	.
		N	12	12

(Lanjutan)

Uji korelasi tahun 2009

Correlations

		Asma_09	PM10_09
Asma_09	Pearson Correlation	1	-,240
	Sig. (2-tailed)		,452
	N	12	12
PM10_09	Pearson Correlation	-,240	1
	Sig. (2-tailed)	,452	
	N	12	12

Correlations

		Asma_09	NO2_09
Asma_09	Pearson Correlation	1	-,270
	Sig. (2-tailed)		,396
	N	12	12
NO2_09	Pearson Correlation	-,270	1
	Sig. (2-tailed)	,396	
	N	12	12

Correlations

			Asma_09	Hujan_09
Spearman's rho	Asma_09	Correlation Coefficient	1,000	,049
		Sig. (2-tailed)	.	,880
		N	12	12
	Hujan_09	Correlation Coefficient	,049	1,000
		Sig. (2-tailed)	,880	.
		N	12	12

Correlations

		Asma_09	Kelembaban_09
Asma_09	Pearson Correlation	1	,155
	Sig. (2-tailed)		,630
	N	12	12
Kelembaban_09	Pearson Correlation	,155	1
	Sig. (2-tailed)	,630	
	N	12	12

(Lanjutan)

Correlations

		PM10_09	Hujan_09
Spearman's rho	PM10_09	1,000	-,839**
	Correlation Coefficient		
	Sig. (2-tailed)	.	,001
	N	12	12
	Hujan_09	-,839**	1,000
	Correlation Coefficient		
	Sig. (2-tailed)	,001	.
	N	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

		PM10_09	Kelembaban_09
PM10_09	Pearson Correlation	1	-,823**
	Sig. (2-tailed)		,001
	N	12	12
Kelembaban_09	Pearson Correlation	-,823**	1
	Sig. (2-tailed)	,001	
	N	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

		PM10_09	LPM_09
PM10_09	Pearson Correlation	1	,655*
	Sig. (2-tailed)		,021
	N	12	12
LPM_09	Pearson Correlation	,655*	1
	Sig. (2-tailed)	,021	
	N	12	12

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Correlations

		PM10_09	Angin_09
PM10_09	Pearson Correlation	1	-,139
	Sig. (2-tailed)		,666
	N	12	12
Angin_09	Pearson Correlation	-,139	1
	Sig. (2-tailed)	,666	
	N	12	12

(Lanjutan)

Correlations

			NO2_09	Hujan_09
Spearman's rho	NO2_09	Correlation Coefficient	1,000	-,888**
		Sig. (2-tailed)	.	,000
		N	12	12
	Hujan_09	Correlation Coefficient	-,888**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	.
		N	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

		NO2_09	Kelembaban_09
NO2_09	Pearson Correlation	1	-,913**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	12	12
Kelembaban_09	Pearson Correlation	-,913**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

		NO2_09	LPM_09
NO2_09	Pearson Correlation	1	,803**
	Sig. (2-tailed)		,002
	N	12	12
LPM_09	Pearson Correlation	,803**	1
	Sig. (2-tailed)	,002	
	N	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level

Correlations

		NO2_09	Angin_09
NO2_09	Pearson Correlation	1	-,443
	Sig. (2-tailed)		,150
	N	12	12
Angin_09	Pearson Correlation	-,443	1
	Sig. (2-tailed)	,150	
	N	12	12

(Lanjutan)

Uji korelasi tahun 2010

Correlations

			Asma_10	PM10_10
Spearman's rho	Asma_10	Correlation Coefficient	1,000	-,469
		Sig. (2-tailed)	.	,124
		N	12	12
	PM10_10	Correlation Coefficient	-,469	1,000
		Sig. (2-tailed)	,124	.
		N	12	12

Correlations

			Asma_10	NO2_10
Spearman's rho	Asma_10	Correlation Coefficient	1,000	-,636*
		Sig. (2-tailed)	.	,026
		N	12	12
	NO2_10	Correlation Coefficient	-,636*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,026	.
		N	12	12

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Correlations

			Asma_10	Hujan_10
Spearman's rho	Asma_10	Correlation Coefficient	1,000	,105
		Sig. (2-tailed)	.	,746
		N	12	12
	Hujan_10	Correlation Coefficient	,105	1,000
		Sig. (2-tailed)	,746	.
		N	12	12

Correlations

		Asma_10	Kelembaban_10
Asma_10	Pearson Correlation	1	,451
	Sig. (2-tailed)		,141
	N	12	12
Kelembaban_10	Pearson Correlation	,451	1
	Sig. (2-tailed)	,141	
	N	12	12

(Lanjutan)

Correlations

			PM10_10	Hujan_10
Spearman's rho	PM10_10	Correlation Coefficient	1,000	-,594*
		Sig. (2-tailed)	.	,042
		N	12	12
	Hujan_10	Correlation Coefficient	-,594*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,042	.
		N	12	12

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Correlations

			PM10_10	Kelembaban_10
Spearman's rho	PM10_10	Correlation Coefficient	1,000	-,427
		Sig. (2-tailed)	.	,167
		N	12	12
	Kelembaban_10	Correlation Coefficient	-,427	1,000
		Sig. (2-tailed)	,167	.
		N	12	12

Correlations

			PM10_10	LPM_10
Spearman's rho	PM10_10	Correlation Coefficient	1,000	,418
		Sig. (2-tailed)	.	,177
		N	12	12
	LPM_10	Correlation Coefficient	,418	1,000
		Sig. (2-tailed)	,177	.
		N	12	12

Correlations

			PM10_10	Angin_10
Spearman's rho	PM10_10	Correlation Coefficient	1,000	,180
		Sig. (2-tailed)	.	,575
		N	12	12
	Angin_10	Correlation Coefficient	,180	1,000
		Sig. (2-tailed)	,575	.
		N	12	12

(Lanjutan)

Correlations

			NO2_10	Hujan_10
Spearman's rho	NO2_10	Correlation Coefficient	1,000	-,238
		Sig. (2-tailed)	.	,457
		N	12	12
	Hujan_10	Correlation Coefficient	-,238	1,000
		Sig. (2-tailed)	,457	.
		N	12	12

Correlations

			NO2_10	Kelembaban_10
Spearman's rho	NO2_10	Correlation Coefficient	1,000	,097
		Sig. (2-tailed)	.	,765
		N	12	12
	Kelembaban_10	Correlation Coefficient	,097	1,000
		Sig. (2-tailed)	,765	.
		N	12	12

Correlations

			NO2_10	LPM_10
Spearman's rho	NO2_10	Correlation Coefficient	1,000	-,070
		Sig. (2-tailed)	.	,828
		N	12	12
	LPM_10	Correlation Coefficient	-,070	1,000
		Sig. (2-tailed)	,828	.
		N	12	12

Correlations

			NO2_10	Angin_10
Spearman's rho	NO2_10	Correlation Coefficient	1,000	,035
		Sig. (2-tailed)	.	,913
		N	12	12
	Angin_10	Correlation Coefficient	,035	1,000
		Sig. (2-tailed)	,913	.
		N	12	12

(Lanjutan)

Uji korelasi tahun 2011

Correlations

			Asma_11	PM10_11
Spearman's rho	Asma_11	Correlation Coefficient	1,000	,021
		Sig. (2-tailed)	.	,948
		N	12	12
	PM10_11	Correlation Coefficient	,021	1,000
		Sig. (2-tailed)	,948	.
		N	12	12

Correlations

		Asma_11	NO2_11
Asma_11	Pearson Correlation	1	-,254
	Sig. (2-tailed)		,583
	N	7	7
NO2_11	Pearson Correlation	-,254	1
	Sig. (2-tailed)	,583	
	N	7	7

Correlations

			Asma_11	Hujan_11
Spearman's rho	Asma_11	Correlation Coefficient	1,000	,137
		Sig. (2-tailed)	.	,672
		N	12	12
	Hujan_11	Correlation Coefficient	,137	1,000
		Sig. (2-tailed)	,672	.
		N	12	12

Correlations

		Asma_11	Kelembaban_11
Asma_11	Pearson Correlation	1	,301
	Sig. (2-tailed)		,342
	N	12	12
Kelembaban_11	Pearson Correlation	,301	1
	Sig. (2-tailed)	,342	
	N	12	12

(Lanjutan)

Correlations

			PM10_11	Hujan_11
Spearman's rho	PM10_11	Correlation Coefficient	1,000	-,161
		Sig. (2-tailed)	.	,618
		N	12	12
	Hujan_11	Correlation Coefficient	-,161	1,000
		Sig. (2-tailed)	,618	.
		N	12	12

Correlations

			PM10_11	Kelembaban_11
Spearman's rho	PM10_11	Correlation Coefficient	1,000	-,427
		Sig. (2-tailed)	.	,166
		N	12	12
	Kelembaban_11	Correlation Coefficient	-,427	1,000
		Sig. (2-tailed)	,166	.
		N	12	12

Correlations

			PM10_11	LPM_11
Spearman's rho	PM10_11	Correlation Coefficient	1,000	,462
		Sig. (2-tailed)	.	,131
		N	12	12
	LPM_11	Correlation Coefficient	,462	1,000
		Sig. (2-tailed)	,131	.
		N	12	12

Correlations

			PM10_11	Angin_11
Spearman's rho	PM10_11	Correlation Coefficient	1,000	-,326
		Sig. (2-tailed)	.	,301
		N	12	12
	Angin_11	Correlation Coefficient	-,326	1,000
		Sig. (2-tailed)	,301	.
		N	12	12

(Lanjutan)

Correlations

		NO2_11	Hujan_11
NO2_11	Pearson Correlation	1	-,496
	Sig. (2-tailed)		,258
	N	7	7
Hujan_11	Pearson Correlation	-,496	1
	Sig. (2-tailed)	,258	
	N	7	7

Correlations

		NO2_11	Kelembaban_11
NO2_11	Pearson Correlation	1	-,240
	Sig. (2-tailed)		,605
	N	7	7
Kelembaban_11	Pearson Correlation	-,240	1
	Sig. (2-tailed)	,605	
	N	7	7

Correlations

		NO2_11	LPM_11
NO2_11	Pearson Correlation	1	,362
	Sig. (2-tailed)		,425
	N	7	7
LPM_11	Pearson Correlation	,362	1
	Sig. (2-tailed)	,425	
	N	7	7

Correlations

			NO2_11	Angin_11
Spearman's rho	NO2_11	Correlation Coefficient	1,000	,037
		Sig. (2-tailed)	.	,937
		N	7	7
	Angin_11	Correlation Coefficient	,037	1,000
		Sig. (2-tailed)	,937	.
		N	7	7

(Lanjutan)

Output tahun 2007-2011

Correlations

			Asma_5thn	PM10_5thn
Spearman's rho	Asma_5thn	Correlation Coefficient	1,000	-,200
		Sig. (2-tailed)	.	,126
		N	60	60
	PM10_5thn	Correlation Coefficient	-,200	1,000
		Sig. (2-tailed)	,126	.
		N	60	60

Correlations

			Asma_5thn	NO2_5thn
Spearman's rho	Asma_5thn	Correlation Coefficient	1,000	-,268*
		Sig. (2-tailed)	.	,048
		N	55	55
	NO2_5thn	Correlation Coefficient	-,268*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,048	.
		N	55	55

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Correlations

			Asma_5thn	Hujan_5thn
Spearman's rho	Asma_5thn	Correlation Coefficient	1,000	,103
		Sig. (2-tailed)	.	,435
		N	60	60
	Hujan_5thn	Correlation Coefficient	,103	1,000
		Sig. (2-tailed)	,435	.
		N	60	60

Correlations

		Asma_5thn	Kelembaban_5thn
Asma_5thn	Pearson Correlation	1	,225
	Sig. (2-tailed)		,084
	N	60	60
Kelembaban_5thn	Pearson Correlation	,225	1
	Sig. (2-tailed)	,084	
	N	60	60

(Lanjutan)

Correlations

			PM10_5thn	Hujan_5thn
Spearman's rho	PM10_5thn	Correlation Coefficient	1,000	-,534**
		Sig. (2-tailed)	.	,000
		N	60	60
	Hujan_5thn	Correlation Coefficient	-,534**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	.
		N	60	60

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

			PM10_5thn	Kelembaban_5thn
Spearman's rho	PM10_5thn	Correlation Coefficient	1,000	-,534**
		Sig. (2-tailed)	.	,000
		N	60	60
	Kelembaban_5thn	Correlation Coefficient	-,534**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	.
		N	60	60

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

			PM10_5thn	LPM_5thn
Spearman's rho	PM10_5thn	Correlation Coefficient	1,000	,563**
		Sig. (2-tailed)	.	,000
		N	60	60
	LPM_5thn	Correlation Coefficient	,563**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	.
		N	60	60

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

			PM10_5thn	Angin_5thn
Spearman's rho	PM10_5thn	Correlation Coefficient	1,000	-,098
		Sig. (2-tailed)	.	,458
		N	60	60
	Angin_5thn	Correlation Coefficient	-,098	1,000
		Sig. (2-tailed)	,458	.
		N	60	60

(Lanjutan)

Correlations

			NO2_5thn	Hujan_5thn
Spearman's rho	NO2_5thn	Correlation Coefficient	1,000	-,162
		Sig. (2-tailed)	.	,239
		N	55	55
	Hujan_5thn	Correlation Coefficient	-,162	1,000
		Sig. (2-tailed)	,239	.
		N	55	55

Correlations

			NO2_5thn	Kelembaban_5thn
Spearman's rho	NO2_5thn	Correlation Coefficient	1,000	-,104
		Sig. (2-tailed)	.	,450
		N	55	55
	Kelembaban_5thn	Correlation Coefficient	-,104	1,000
		Sig. (2-tailed)	,450	.
		N	55	55

Correlations

			NO2_5thn	LPM_5thn
Spearman's rho	NO2_5thn	Correlation Coefficient	1,000	,020
		Sig. (2-tailed)	.	,883
		N	55	55
	LPM_5thn	Correlation Coefficient	,020	1,000
		Sig. (2-tailed)	,883	.
		N	55	55

Correlations

			NO2_5thn	Angin_5thn
Spearman's rho	NO2_5thn	Correlation Coefficient	1,000	-,232
		Sig. (2-tailed)	.	,089
		N	55	55
	Angin_5thn	Correlation Coefficient	-,232	1,000
		Sig. (2-tailed)	,089	.
		N	55	55