

Indeks standar pencemaran udara, faktor meteorologi dan infeksi saluran pernapasan akut di Pekanbaru

Standard index of air pollutant, meteorology factor and acute respiratory infections occurrence in Pekanbaru

Angki Irawan¹, Adi Heru Sutomo², Sukandarrumidi³

Abstract

Dikirim: 16 Agustus 2016
Diterbitkan: 1 Mei 2017

Purpose: This study aimed to define the correlation between standard index of air pollutants and meteorological factors with the acute respiratory infection in Pekanbaru. **Methods:** This research was an ecology study by time trend analysis. The independent variables were Air Pollution Standard Index (PM10, SO₂, CO, NO₂, and O₃), meteorological factors (solar radiation, temperature, humidity, wind speed), while the dependent variable was the number of acute respiratory infections. **Results:** There were correlations between standard index air pollutants and meteorology with acute respiratory tract infection whether statistics and charts/time-trend. Acute respiratory infection with acute respiratory tract infection one month (lag 1), PM10 in the same month (lag 0), SO₂ one month (lag 1), CO in the same month (lag 0), CO one month (lag 1), O₃ one month (lag 1), NO₂ in the same month (lag 0), NO₂ one month (lag 1), the temperature in the same month (lag 0), humidity one month (lag 1), wind speed in the same month (lag 0), solar radiation in the same month (lag 0), and hot spots in the same month (lag 0) are predictor variables that influence the trends in acute respiratory infection. **Conclusion:** The acute respiratory infection follows fluctuations in standard index air pollutants and meteorology.

Keywords: standard index of air pollutants; meteorological factors; acute respiratory infection

¹ Departemen Perilaku Kesehatan, Lingkungan dan Kedokteran Sosial, Fakultas Kedokteran, Universitas Gadjah Mada (Email: angkiph@gmail.com)

² Departemen Kedokteran Keluarga, Komunitas dan Bioetika, Fakultas Kedokteran, Universitas Gadjah Mada

³ Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

PENDAHULUAN

Udara adalah sumber daya penting bagi kehidupan, oleh sebab itu kualitas harus selalu dijaga. Udara yang dihirup dalam-dalam saat manusia bernapas, sekitar 90% terdiri dari gas nitrogen dan oksigen. Manusia juga menghirup gas lain, namun dalam jumlah sedikit (1). Udara yang dihirup sebaiknya bersih, tidak berisi komponen lain yang berdampak terhadap kesehatan manusia (2). Jika udara yang telah dimasuki zat atau komponen lain hasil kegiatan manusia atau alam yang menyebabkan mutu udara turun sampai ke tingkat yang mengakibatkan gangguan kesehatan manusia, maka udara tersebut telah tercemar (3).

Bahan pencemar udara disebut polutan, berupa gas senyawa karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), senyawa logam (Pb), senyawa oksigen dalam bentuk ozon (O₃), atau berupa partikel (asap, debu, uap, dan kabut). Setiap bahan pencemar memiliki karakteristik berbeda, seperti meningkatkan risiko yang bahaya kesehatan, baik sifat fisik dan kimia. Biasanya gas dan zat pencemar ini berkaitan dengan aktivitas sebagai oksidan dalam tubuh manusia sehingga menyebabkan gangguan kesehatan seperti gangguan pernapasan (4).

Penelitian menjelaskan bahwa hubungan beberapa polutan terhadap infeksi penyakit pernapasan. Di Salamanca, Meksiko terdapat hubungan antara SO₂ dengan penyakit pernapasan saat kenaikan konsentrasi SO₂ sebesar 10µg/m³ dan NO₂ terhadap penurunan fungsi saluran pernapasan (5). Di Palemo, Italia juga membuktikan bahwa polutan meningkatkan risiko kesehatan terutama saluran pernapasan (6).

Pekanbaru termasuk kota dengan kasus ISPA tinggi. Besarnya kasus ISPA di kota Pekanbaru disebabkan asap dari kebakaran hutan dan lahan. Selama bulan Januari tahun 2014 terdapat 22.000 warga terserang ISPA dan pada tahun 2015, selama periode 29 Juni sampai dengan 18 Oktober 2015 jumlah penderita ISPA sebanyak 14.208 orang. Penelitian ini dilakukan untuk menjelaskan hubungan antara indeks standar pencemar udara (ISPU) dan faktor meteorologi dengan kejadian ISPA.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian observasional dengan desain studi ekologi menurut waktu. Analisis hubungan menggunakan metode analisis korelasi dan analisis multivariat. Responden dari masyarakat di kota Pekanbaru yang terdiagnosis ISPA dari bulan Januari 2011 sampai dengan Desember 2015, total data

yang diperoleh selama kurun waktu 5 tahun adalah sebanyak 60 data bulanan. Variabel bebas adalah indeks standar pencemar udara (ISPU) (PM₁₀, SO₂, CO, NO₂, O₃), faktor meteorologi (radiasi matahari, suhu, kelembaban, kecepatan angin), sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah jumlah kasus ISPA.

HASIL

Uji univariat menunjukkan bahwa rata-rata dari jumlah bulanan setiap variabel selama periode waktu tahun 2011 sampai dengan tahun 2015 adalah PM₁₀ sebesar 48,15µg/m³ dengan nilai maksimum sebesar 310,3µg/m³, dan nilai minimum sebesar 9,5µg/m³. Rata-rata SO₂ sebesar 31,32 µg/m³, dengan nilai maksimum 85,7 µg/m³, dan nilai minimum sebesar 6,67 µg/m³. Rata-rata CO perbulan sebesar 0,565 µg/m³, dengan nilai maksimum sebesar 5,57 µg/m³ dan nilai minimum sebesar 0,06 µg/m³. Rata-rata O₃ perbulan sebesar 37,15 µg/m³, dengan nilai maksimum sebesar 67,5 µg/m³ dan nilai minimum sebesar 16,2 µg/m³. Rata-rata NO₂ per bulan sebesar 3,92 µg/m³, dengan nilai maksimum sebesar 12,9 µg/m³ dan nilai minimum sebesar 0 µg/m³. Rata-rata suhu perbulan sebesar 27,14°C, dengan nilai maksimum 28,3°C dan nilai minimum 25,3°C.

Kelembaban rata-rata per bulan sebesar 77,45%, dengan nilai maksimum sebesar 85% dan nilai minimum sebesar 25,3%. Kecepatan angin rata-rata per bulan sebesar 5,4 knot, dengan nilai maksimum sebesar 7 knot dan nilai minimum sebesar 4 knot. Radiasi matahari rata-rata per bulan sebesar 47,74% dengan nilai maksimum 72,5% dan nilai minimum 6,5%. Titik api rata-rata per bulan sebesar 138,6 dengan nilai maksimum sebesar 1272 dan nilai minimum 1. Sedangkan untuk kasus ISPA, rata-rata per bulan sebesar 164,82 dengan nilai maksimum sebesar 554 kasus dan nilai minimum sebesar 62 kasus. Sebelum dilakukan analisis secara statistik secara statistik, maka dilakukan analisis normalitas data. Analisis normalitas data menggunakan metode *saphiro-wilk*. Hasil uji normalitas terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji normalitas

Variabel	S-Wilk	Normalitas
PM ₁₀	0,00000	Tidak normal
SO ₂	0,00001	Tidak normal
CO	0,00000	Tidak normal
O ₃	0,00188	Tidak normal
NO ₂	0,00001	Tidak normal
Suhu	0,51759	Normal
Kelembaban	0,99379	Normal
Kecepatan angin	0,02107	Tidak normal
Radiasi matahari	0,02479	Tidak normal
Titik api	0,00000	Tidak normal
ISPA	0,00000	Tidak normal

Tabel 2. Analisis korelasi variabel ISPU dan meteorologi terhadap kejadian ISPA

<i>Time-lag</i>	<i>P-Value</i>	<i>R</i>
PM ₁₀ lag 0	0,2779	0,1424
PM ₁₀ lag 1	0,0005	0,4383*
PM ₁₀ lag 2	0,1368	0,1943
PM ₁₀ lag 3	0,7314	0,0452
SO ₂ lag 0	0,2176	0,1442
SO ₂ lag 1	0,0385	0,2679*
SO ₂ lag 2	0,0709	0,2348
SO ₂ lag 3	0,4231	0,1053
CO lag 0	0,2006	0,1676
CO lag 1	0,0562	0,2479
CO lag 2	0,7489	0,0422
CO lag 3	0,3911	-0,1127
O ₃ lag 0	0,2264	-0,1585
O ₃ lag 1	0,8268	-0,0288
O ₃ lag 2	0,7668	-0,0391
O ₃ lag 3	0,4760	-0,0938
NO ₂ lag 0	0,0290	0,2820*
NO ₂ lag 1	0,1179	0,2040
NO ₂ lag 2	0,2531	0,1499
NO ₂ lag 3	0,4345	0,1028
Suhu lag 0	0,4943	-0,0899
Suhu lag 1	0,7978	-0,0338
Suhu lag 2	0,4629	-0,0966
Suhu lag 3	0,8093	-0,0318
Kelembaban lag 0	0,0951	0,2174
Kelembaban lag 1	0,0212	0,2969
Kelembaban lag 2	0,0001	0,4972*
Kelembaban lag 3	0,0023	0,3861
Kec angin lag 0	0,5463	-0,0759
Kec angin lag 1	0,8132	-0,0312
Kec angin lag 2	0,4168	-0,1896
Kec angin lag 3	0,6260	-0,0642
Rad matahari lag 0	0,7323	-0,0451
Rad matahari lag 1	0,6165	-0,0660
Rad matahari lag 2	0,5774	-0,0734
Rad matahari lag 3	0,1285	-0,1985
Titik api lag 0	0,0766	0,2296
Titik api lag 1	0,0035	0,3175*
Titik api lag 2	0,0513	0,2528
Titik api lag 3	0,1570	0,1850

*Koefisien korelasi terbesar

Pada analisis normalitas data ini ditentukan *H₀* dan *H_a*. *H₀* data yang akan diuji tidak berbeda dengan kurva normal ideal, sedangkan *H_a* adalah data yang akan diuji berbeda dengan kurva normal ideal. Batas penerimaan *H₀* sebesar 5% (0,05).

Hasil uji menunjukkan bahwa pada variabel suhu dan kelembaban mempunyai nilai $p > \alpha$ (0,05), artinya *H₀* diterima, sehingga variabel suhu dan kelembaban sebaran variabel data tersebut normal. Sedangkan variabel ISPA, PM₁₀, SO₂, CO, O₃, NO₂, kecepatan angin, radiasi matahari, dan titik api didapat nilai $p < \alpha$ (0,05), artinya *H₀* ditolak dan sebaran data variabel tidak normal.

Hasil analisis normalitas data menunjukkan ISPA sebagai variabel terikat memiliki sebaran data tidak normal, maka analisis korelasi menggunakan uji

korelasi *Spearman-rho*. Analisis dilakukan dengan melakukan uji hubungan antara variabel ISPU dan meteorologi satu bulan sebelumnya (*lag 1*) dengan kejadian ISPA, uji hubungan variabel ISPU dan meteorologi dua bulan sebelumnya (*lag 2*) dengan kejadian ISPA, serta uji hubungan variabel ISPU dan meteorologi tiga bulan sebelumnya (*lag 3*) dengan kejadian ISPA. Pengujian menggunakan *time-lag* ini bertujuan untuk mengetahui korelasi akan lebih kuat dan semakin signifikan pada ISPU dan meteorologi pada bulan-bulan sebelumnya dengan kejadian ISPA dibandingkan pada bulan yang sama.

Tabel 2 menunjukkan nilai yang signifikan dengan nilai $p < 0,05$, berarti ada hubungan antara variabel ISPU dan meteorologi terhadap kejadian ISPA. Pada variabel PM₁₀, SO₂, CO, NO₂, kelembaban, titik api korelasi dengan kejadian ISPA akan semakin signifikan apabila dihubungkan dengan fluktuasi variabel ISPU dan meteorologi pada beberapa bulan sebelumnya (*lag*), dengan nilai koefisien yang bersifat positif dan semakin bernilai besar apabila dihubungkan dengan fluktuasi variabel ISPU dan meteorologi yang terjadi pada beberapa bulan sebelumnya (*lag*).

Variabel PM₁₀, nilai signifikansi dan nilai koefisien korelasi akan semakin kuat apabila apabila fluktuasi PM₁₀ satu bulan sebelumnya (*lag 1*) dihubungkan dengan kejadian ISPA. Dengan $p(0,0005) < \alpha(0,05)$ dan nilai koefisien korelasi sebesar 0,4383, secara statistik kekuatan nilai korelasi tersebut sedang dengan arah positif.

Variabel SO₂ nilai signifikansi dan nilai koefisien korelasi akan semakin kuat apabila fluktuasi SO₂ satu bulan sebelumnya (*lag 1*) dihubungkan dengan kejadian ISPA. Nilai $p(0,0385) < \alpha(0,05)$ dan nilai koefisien korelasi sebesar 0,2679 secara statistik kekuatan nilai korelasi tersebut bersifat lemah dengan arah positif.

Variabel NO₂ nilai signifikansi dan nilai koefisien korelasi akan semakin kuat apabila fluktuasi NO₂ pada bulan yang sama dihubungkan dengan kejadian ISPA. Nilai $p(0,0290) < \alpha(0,05)$ dan nilai koefisien korelasi sebesar 0,2820 secara statistik kekuatan nilai korelasi tersebut bersifat lemah dengan arah positif.

Variabel kelembaban, nilai signifikansi dan nilai koefisien korelasi akan semakin kuat apabila fluktuasi kelembaban pada dua bulan sebelumnya (*lag-2*) dihubungkan dengan kejadian ISPA. Nilai $p(0,0001) < \alpha(0,05)$ dan nilai koefisien korelasi 0,4972 secara statistik kekuatan korelasi tersebut bersifat sedang dengan arah positif.

Variabel titik api, nilai signifikansi dan nilai koefisien korelasi akan semakin kuat apabila fluktuasi

titik api satu bulan sebelumnya (*lag-1*) dihubungkan dengan kejadian ISPA. Nilai $p(0,0035) < \alpha(0,05)$ dan nilai koefisien korelasi 0,3715 secara statistik bersifat lemah dengan arah positif.

Berbeda dengan variabel CO dan O₃ tidak ada pengaruh *lag* pada korelasi dengan kejadian ISPA. Begitu juga dengan variabel suhu, kecepatan angin, dan radiasi matahari tidak ada pengaruh *lag* pada korelasi dengan kejadian ISPA.

Analisis grafik/*time-trend* variabel PM₁₀ menjelaskan adanya hubungan searah dan berlawanan. Sehingga korelasi positif antara PM₁₀ terhadap kejadian ISPA tidak jelas hubungannya pada analisis grafik. Variabel SO₂ menunjukkan hubungan searah dan hubungan berlawanan per bulan. Korelasi positif antara variabel SO₂ terhadap kejadian ISPA tidak jelas hubungannya pada analisis grafik. Variabel CO menunjukkan bahwa hubungan tidak searah baik secara statistik maupun secara grafik. Variabel O₃ menunjukkan hubungan yang berlawanan secara analisis grafik. Variabel NO₂ juga menunjukkan hubungan kurang jelas terhadap kejadian ISPA secara grafik.

Hubungan variabel suhu terhadap kejadian ISPA hubungan berlawanan. Sementara hubungan variabel kelembaban terhadap kejadian ISPA kurang jelas. Hubungan variabel kecepatan angin terhadap kejadian ISPA berlawanan. Hubungan variabel radiasi matahari terhadap kejadian ISPA berlawanan. Hubungan variabel titik api kurang jelas terhadap kejadian ISPA.

Hasil statistik menunjukkan bahwa $G(1300,75) > \chi^2(0,05;17)(35,72)$ dan mempunyai nilai $p < 0,05$, artinya *H₀* ditolak, pengaruh variabel prediktor terhadap kejadian ISPA signifikan, sehingga model regresi poisson tersebut dapat digunakan untuk menjelaskan pengaruh, kejadian ISPA satu bulan sebelumnya, PM₁₀ pada bulan yang sama, PM₁₀ satu bulan sebelumnya, SO₂ satu bulan sebelumnya, CO pada bulan yang sama, CO satu bulan sebelumnya, O₃ satu bulan sebelumnya, NO₂ pada bulan yang sama, NO₂ satu bulan sebelumnya, suhu pada bulan yang sama, kelembaban satu bulan sebelumnya, kecepatan angin pada bulan yang sama, radiasi matahari satu bulan sebelumnya, titik api pada bulan yang sama, titik api satu bulan sebelumnya, titik api dua bulan sebelumnya dan titik api tiga bulan sebelumnya mempunyai kontribusi terhadap kejadian ISPA.

BAHASAN

Konsentrasi PM₁₀ per bulan di kota Pekanbaru selama periode waktu tahun 2011 sampai tahun 2015 terdapat beberapa bulan yang konsentrasi PM₁₀

melebihi baku mutu, seperti bulan Februari 2014, Maret 2014, September 2015 dan Oktober 2015. Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara menyebutkan baku mutu untuk PM₁₀ di udara sebesar 150 µg/m³ (8).

PM₁₀ memiliki korelasi terhadap kejadian ISPA secara statistik. Korelasi PM₁₀ terhadap kejadian ISPA terdapat pada satu bulan sebelumnya (*lag 1*). Namun analisis secara grafik terdapat hubungan kurang jelas antara fluktuasi konsentrasi PM₁₀ terhadap kejadian ISPA. Ada beberapa bulan yang konsentrasi PM₁₀ tinggi tetapi tidak diikuti dengan peningkatan kejadian ISPA.

Penelitian Hanigan juga menunjukkan hubungan positif antara penyakit pernapasan dengan PM₁₀. Setiap kenaikan 10 µg/m³ pada hari yang sama (*lag 0*) berisiko 4,81% terhadap gangguan pernapasan. Selain itu, juga terdapat hubungan setelah terpapar 3 hari (*lag 3*) oleh konsentrasi PM₁₀ dengan gangguan pada pernapasan dengan risiko pada penduduk asli sebesar 15,02% dan pada pendatang dengan risiko sebesar 0,67% (9).

Penelitian Anthony menjelaskan hubungan antara konsentrasi PM₁₀ sebesar 90 µg/m³ dengan peningkatan risiko balita terkena ISPA 4,01 kali dibandingkan dengan balita yang tinggal di rumah dengan kadar PM₁₀ lebih kecil dari 90 µg/m³ (10). Penelitian Wong juga menyebut hubungan antara kunjungan penderita saluran pernapasan atas dengan peningkatan NO₂, O₃, PM₁₀, dan PM_{2,5} (11).

Pengaruh partikulat di udara tersebut tergantung ukurannya. Ukuran 5 µm dapat mengganggu saluran pernapasan atas dan menyebabkan iritasi pada mata apalagi telah bereaksi dengan SO₂. Logam berbahaya 0,01-3% dalam partikel udara akan menimbulkan bahaya yang lebih besar bila dihirup dibandingkan bila logam tersebut masuk dengan cara dimakan atau diminum. Secara umum partikel halus dan kasar dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti gangguan saluran pernapasan, gangguan fungsi paru, kematian prematur pada bayi, memperparah penyakit jantung dan kanker. Selain itu dapat menimbulkan kerusakan bangunan (12).

Penelitian Fardiaz menjelaskan partikel debu yang berbahaya terhadap pernapasan manusia karena karakteristik fisik dan kimia yang kemungkinan mengandung zat beracun, partikel bersifat *inert* (tidak bereaksi) tetapi jika mengendap di saluran pernapasan dapat menghambat proses pembersihan terhadap zat berbahaya masuk sistem pernapasan, dan partikel dapat mengabsorpsi molekul gas yang berbahaya yang kemungkinan masuk kedalam sistem pernapasan (13).

Konsentrasi SO₂ per bulan di kota Pekanbaru cenderung mengalami fluktuasi turun naik setiap

bulan. Bulan Januari 2014 sampai dengan Maret 2014, konsentrasi SO_2 tinggi. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Kep45/MENLH/10/1997 tentang Indeks Standar Pencemar Udara, konsentrasi SO_2 di kota Pekanbaru masih di kategori sedang (14).

Korelasi SO_2 terhadap kejadian ISPA terdapat pada satu bulan sebelumnya (*lag 1*). Analisis secara grafik menunjukkan hubungan yang kurang jelas antara fluktuasi SO_2 dengan kejadian ISPA. Menurut Tuan, tidak terdapat hubungan antara paparan partikulat matter (PM_{10}) dan SO_2 terhadap gangguan pernapasan yang dirawat di rumah sakit dilihat dari *time-lag 5* hari setelah terpapar (*lag 0-lag 5*) (15). Tetapi paparan CO dan O_3 terdapat hubungan dengan perawatan gangguan pernapasan di rumah sakit dengan risiko 1,10 dan 1,15 setelah terpapar 3 hari (*lag 3*) dengan peningkatan konsentrasi CO sebesar 200 ppb dan ozon (O_3) sebesar 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Menurut Linares, terdapat hubungan antara SO_2 dengan gejala penyakit pernapasan ISPA (16). Di Palemo, konsentrasi SO_2 dapat meningkatkan risiko kesehatan terutama pada saluran pernapasan sebesar 4,4% (17). Sepertiga sulfur di atmosfer merupakan hasil kegiatan manusia dalam bentuk SO_2 , sedangkan dua pertiga berasal dari sumber alam seperti vulkano yang terdapat dalam bentuk H_2S dan oksida. Masalah bahan pencemar akibat aktivitas manusia adalah dalam hal distribusi yang tidak merata sehingga terkonsentrasi pada daerah tertentu. Sedangkan pencemaran dari sumber alam biasanya tersebar merata. Transportasi bukan merupakan sumber utama polutan SO_2 sumber terbesar dari SO_2 adalah pembakaran bahan bakar fosil dari pembangkit listrik (73%) dan kegiatan industri lainnya (20%) (18).

Karena jumlahnya di udara lebih banyak maka SO_2 menimbulkan gangguan kesehatan dibandingkan dengan SO_3 . Pengaruh SO_2 pada manusia terutama karena sifat iritasi dari gas itu sendiri. Konsentrasi 6-12 ppm diserap selaput lendir pernapasan atas (tidak dalam larink). Beberapa individu yang sensitif iritasi terjadi pada konsentrasi 1-2 ppm. SO_2 dianggap polutan berbahaya terutama pada orang tua dan penderita dengan penyakit kronis pada sistem pernapasan dan kardiovaskuler. Selain itu dalam kadar rendah juga memberikan pengaruh bronkial (19). Pada konsentrasi tinggi berpengaruh berupa gangguan pernapasan, penyakit paru-paru, memperparah penyakit jantung (12).

Konsentrasi CO tidak berhubungan dengan kejadian ISPA. Penelitian Eram menyebut tidak ada hubungan antara CO dengan gangguan pernapasan. CO tidak cukup kuat untuk menimbulkan iritasi pada saluran

pernapasan. Kemungkinan tersebut terjadi karena efek utama pencemar CO terhadap kesehatan adalah menggeser oksigen yang terikat pada hemoglobin (Hb) dan mengikat Hb menjadi COHb, maka tidak ada hubungan antara CO dengan kejadian ISPA (21). Sedangkan menurut Tassia, terdapat hubungan antara paparan CO dengan kunjungan ke rumah sakit akibat gangguan pernapasan dengan risiko sebesar 1,10 dan 1,15 setelah 3 hari terpapar CO dengan konsentrasi 200ppb (15).

Analisis korelasi O_3 terhadap kejadian ISPA tidak terdapat hubungan. Secara grafik juga menunjukkan hubungan yang berlawanan. Berbeda dengan penelitian lain menyatakan bahwa terdapat hubungan antara O_3 dengan kejadian gangguan pernapasan. Analisis korelasi NO_2 terhadap kejadian ISPA menunjukkan hubungan positif pada bulan yang sama (*lag 0*). Secara grafik tidak terlihat hubungan. Menurut Zhang, terdapat hubungan konsentrasi polutan udara (particulate matter, SO_2 , NO_2) dengan tingkat kematian karena penyakit kardiovaskuler dan gangguan pernapasan (22). NO_2 memiliki pengaruh besar pada kematian gangguan pernapasan (17). Selain itu, penelitian di Hongkong juga menjelaskan hubungan antara kunjungan penderita saluran pernapasan atas dengan peningkatan konsentrasi NO_2 , O_3 , PM_{10} , dan $\text{PM}_{2,5}$. Polutan yang berisiko adalah NO_2 (3%) (11).

Variabel suhu tidak berhubungan dengan kejadian ISPA baik secara statistik dan grafik. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh faktor lain seperti kemiskinan, polusi udara dan perubahan iklim. Kebakaran hutan yang intensitas meningkat pada saat musim kemarau menghasilkan kualitas udara buruk dan menurunkan derajat kesehatan (19). Sejalan dengan penelitian ini, Huang juga menjelaskan tidak ada hubungan antara suhu terhadap kunjungan pasien gangguan pernapasan kerumah sakit (23).

Analisis korelasi variabel kelembaban terhadap kejadian ISPA terdapat hubungan pada kelembaban tiga bulan sebelumnya (*lag 3*). Menurut Maria, kelembaban relatif berhubungan dengan gangguan pernapasan akut, dan berefek setelah terpapar 8 sampai 10 minggu (24). Luiz menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban berkorelasi positif dengan virus penyakit pernapasan terhadap anak-anak (25). Hasil penelitian menunjukkan ketika suhu dan kelembaban udara menurun virus infeksi saluran pernapasan cenderung meningkat. Selain kelembaban, JG. Ayres mengatakan peningkatan kasus penyakit infeksi pernapasan kemungkinan dipengaruhi curah hujan yang ekstrim sehingga menyebabkan suatu wilayah menjadi dingin (26).

Analisis korelasi antara variabel kecepatan angin dan kejadian ISPA adalah tidak terdapat hubungan. Variabel radiasi matahari tidak terdapat hubungan dengan kejadian ISPA. Menurut Roger, tidak terdapat hubungan faktor meteorologi, suhu dan kecepatan angin terhadap gangguan pernapasan pada anak berumur lebih dari dua tahun (27).

Ada hubungan titik api terhadap kejadian ISPA yaitu pada kelembaban satu bulan sebelumnya (*lag 1*). Menurut Novita, terdapat hubungan antara jumlah hotspot atau titik api dengan timbulnya penyakit ISPA dengan nilai $r=0,81$ sangat kuat dan jumlah pasien ISPA dipengaruhi 65,2% oleh jumlah hotspot (28).

Terdapat 26 variabel prediktor yang berkontribusi terhadap kejadian ISPA. Apabila dibandingkan dengan hasil korelasi tidak jauh berbeda, semua variabel ISPU dan meteorologi berkontribusi terhadap kejadian ISPA. Perbedaan terletak pada analisis multivariat. Terdapat variabel prediktor kejadian ISPA pada satu bulan sebelumnya, dengan pertimbangan ketersediaan data dan diduga ada kontribusi terhadap kejadian ISPA maka variabel tersebut dimasukan ke dalam model.

Nilai varians dan rata-rata variabel respon adalah sama equidisersi. Setelah dilakukan uji, ternyata variabel respon pada penelitian ini mengalami overdispersi. Sehingga dilanjutkan dengan regresi binomial negatif. Setelah dilakukan pemilihan model terbaik berdasarkan nilai AIC dan BIC. Hasil pemilihan menunjukkan regresi binomial negatif merupakan model terbaik yang dapat menggambarkan pengaruh variabel prediktor berupa ISPU dan meteorologi terhadap variabel respon berupa kejadian ISPA.

Hasil uji secara binomial negatif variabel prediktor yang memiliki kontribusi terhadap kejadian ISPA kejadian ISPA dengan kejadian ISPA satu bulan sebelumnya, PM_{10} pada bulan yang sama, PM_{10} dua bulan sebelumnya, SO_2 satu bulan sebelumnya, CO pada bulan yang sama, CO satu bulan sebelumnya, O_3 satu bulan sebelumnya, O_3 dua bulan sebelumnya, NO_2 pada bulan yang sama, NO_2 satu bulan sebelumnya, suhu pada bulan yang sama, kelembaban satu bulan sebelumnya, kecepatan angin pada bulan yang sama, kecepatan angin dua bulan sebelumnya, radiasi matahari pada bulan yang sama, titik api pada bulan yang sama, titik api dua bulan sebelumnya, dan titik api 3 bulan sebelumnya. Penelitian Matthew menyebut suhu tidak berkontribusi terhadap kejadian ISPA (29).

SIMPULAN

Keseriusan dalam pengendalian kebakaran dan lahan di Riau, pengawasan izin usaha perkebunan,

mengontrol terhadap perusahaan yang berdiri dan bersikap tegas terhadap kasus yang ditemukan pada saat kebakaran hutan dan lahan. Alokasi anggaran khusus dan penyediaan peralatan sesuai standar peralatan untuk pengendalian kebakaran hutan dan lahan dan mencari teknologi untuk sistem pencegahan kebakaran. Perlu adanya kerjasama atau koordinasi antara dinas kesehatan kota Pekanbaru, BLH kota Pekanbaru dan badan meteorologi klimatologi dan geofisika untuk mendapatkan data mengenai perubahan lingkungan, faktor cuaca atau kejadian cuaca ekstrim lainnya yang berpotensi meningkatkan kejadian ISPA di kota Pekanbaru.

Abstrak

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan hubungan antara indeks standar pencemar udara (ISPU) dan faktor meteorologi dengan kejadian ISPA di kota Pekanbaru pada bulan Januari 2011 sampai Desember 2015. **Metode:** Penelitian ini memakai desain studi ekologi. Populasi adalah kejadian ISPA selama tahun 2011-2015 di wilayah Kota Pekanbaru. **Hasil:** Terdapat hubungan antara variabel ISPU dan meteorologi dengan kejadian ISPA baik secara statistik maupun grafik/*time-trend*. Kejadian ISPA dengan kejadian ISPA satu bulan sebelumnya, PM_{10} pada bulan yang sama, SO_2 satu bulan sebelumnya, CO di bulan yang sama, CO satu bulan sebelumnya, O_3 satu bulan sebelumnya, NO_2 pada bulan yang sama, NO_2 satu bulan sebelumnya, suhu pada bulan yang sama, kelembaban satu bulan sebelumnya, kecepatan angin pada bulan yang sama, radiasi matahari pada bulan yang sama, dan titik api pada bulan yang sama merupakan variabel prediktor yang berpengaruh terhadap kejadian ISPA. **Simpulan:** Pola kejadian ISPA mengikuti fluktuasi ISPU dan meteorologi. PM_{10} pada bulan yang sama, SO_2 satu bulan sebelumnya, CO pada bulan yang sama, CO satu bulan sebelumnya, O_3 pada bulan yang sama, NO_2 pada bulan yang sama, NO_2 satu bulan sebelumnya, kelembaban satu bulan sebelumnya, dan radiasi matahari pada bulan yang sama memiliki pola hubungan positif dengan peningkatan kejadian ISPA di kota Pekanbaru. Dinas Kesehatan kota Pekanbaru mempertimbangkan faktor kualitas udara (ISPU) dan meteorologi dalam kegiatan program penanggulangan ISPA.

Kata kunci: indeks standar pencemar udara; faktor meteorologi; infeksi saluran pernapasan akut

PUSTAKA

1. Darmono. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. Universitas Indonesia Press. Jakarta; 2001.
2. Dawud Y. Occupational & Environmental Lung Disorder: Sebuah Kawasan yang perlu digali. *Journal Respiratory Indonesia*, 2004. 24(3): 126-129.
3. Mukono H. Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan. Surabaya: Universitas Airlangga Press; 2003.
4. Yunus F. Penyakit Paru Akibat Kerja di Pelabuhan. *Journal Respiratory Indonesia*, 1996. 16(3):127-132.
5. Linares B, Guizar JM, Amador N, Garcia A, Miranda V, Perez JR, Chapela R. Impact of air pollution on pulmonary function and respiratory symptoms in children. Longitudinal repeated-measures study. *BMC Pulmonary Medicine*. 2010 Dec;10(1):62. 1-2466/10/62.
6. Tramuto F, Cusimano R, Cerame G, Vultaggio M, Calamusa G, Maida CM, Vitale F. Urban air pollution and emergency room admissions for respiratory symptoms: a case-crossover study in Palermo, Italy. *Environmental Health*. 2011 Dec;10(1):31.
7. Iwan, Sari DP, Permodelan Regresi Poisson, Binomial Negatif Pada Kasus Kecelakaan Kendaraan Bermotor di Lalu Lintas Sumatera Barat. Prosiding. Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika dengan Tema "Penguatan Peran Matematika dan Pendidikan Matematika Untuk Indonesia yang Lebih Baik" pada Tanggal 9 November 2013 di Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY. 2013.
8. Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Jakarta.
9. Hanigan IC, Johnston FH, Morgan GG. Vegetation fire smoke, indigenous status and cardio-respiratory hospital admissions in Darwin, Australia, 1996-2005: a time-series study. *Environmental Health*. 2008 Dec;7(1):42.
10. Anthony F. Partikulat Debu (PM₁₀) dalam Rumah dengan Gangguan Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) Pada Balita: Studi di Pemukiman Sekitar Kawasan Pertambangan Granit Kecamatan Meral Kabupaten Karimun. Tesis. Universitas Indonesia; 2008.
11. Wong TW, Tam W, Yu IT, Wun YT, Wong AH, Wong CM. Association between air pollution and general practitioner visits for respiratory diseases in Hong Kong. *Thorax*. 2006 Jul 1;61(7):585-91.
12. EPA. Six Principle Particulate Matter (PM₁₀), National Air Quality: Status and Trends; 1998.
13. Fardiaz S. Polutan Air dan Polusi Udara. Yogyakarta. Kanisius; 1992.
14. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP45/MENLH/10/1997 tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Jakarta.
15. Tuan TS, Venâncio TS, Nascimento LF. Air pollutants and hospitalization due to pneumonia among children. An ecological time series study. *Sao Paulo Medical Journal*. 2015 Oct;133(5):408-13.
16. Linares B, Guizar JM, Amador N, Garcia A, Miranda V, Perez JR, Chapela R. Impact of air pollution on pulmonary function and respiratory symptoms in children. Longitudinal repeated-measures study. *BMC Pulmonary Medicine*. 2010 Dec;10(1):62.
17. Tramuto F, Cusimano R, Cerame G, Vultaggio M, Calamusa G, Maida CM, Vitale F. Urban air pollution and emergency room admissions for respiratory symptoms: a case-crossover study in Palermo, Italy. *Environmental Health*. 2011 Dec;10(1):31.
18. USEPA. Sulfur Dioxide. 2010.
19. Slamet JS. Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta: Gadjah Mada University. 1994.
20. Pawenang ET. Hubungan antara Faktor Meteorologi, Kualitas Udara Ambien dan Kejadian Gangguan Saluran Pernapasan di Kecamatan Pedurungan Semarang. Tesis. Universitas Indonesia. Jakarta; 2002.
21. Pramono B. Analisis Kualitas Udara Ambien dan Faktor Meteorologi terhadap Kejadian Penyakit ISPA di Puskesmas Kecamatan Kembangan Kotamadya Jakarta Barat September 2001-Mei 2002. Tesis. Universitas Indonesia. Jakarta; 2002.
22. Zhang F, Li L, Krafft T, Lv J, Wang W, Pei D. Study on the association between ambient air pollution and daily cardiovascular and respiratory mortality in an urban district of Beijing. *International journal of environmental research and public health*. 2011 Jun 9;8(6):2109-23.
23. Huang F, Zhao A, Chen RJ, Kan HD, Kuang XY. Ambient temperature and outpatient visits for acute exacerbation of chronic bronchitis in Shanghai: a time series analysis. *Biomed Environ Sci*. 2015 Jan 1;28(1):76-9.
24. Correal ME, Marthá JE, Sarmiento R. Influencia de la variabilidad climática en las enfermedades respiratorias agudas en Bogotá. *Biomédica*. 2015 Aug;35(spe):130-8.
25. Gardinassi LG, Simas PV, Salomão JB, Durigon EL, Trevisan DM, Cordeiro JA, Lacerda MN, Rahal P, Souza FP. Seasonality of viral respiratory infections in southeast of Brazil: the influence of temperature and air humidity. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2012 Mar;43(1):98-108.
26. Ayres JG, Forsberg B, Annesi-Maesano I, Dey R, Ebi KL, Helms PJ, Medina-Ramon M, Windt M, Forastiere F. Climate change and respiratory disease: European Respiratory Society position statement. *European Respiratory Journal*. 2009 Aug 1;34(2):295-302.
27. Buchdahl R, Willems CD, Vander M, Babiker A. Associations between ambient ozone, hydrocarbons, and childhood wheezy episodes: a prospective observational study in south east London. *Occupational and environmental medicine*. 2000 Feb 1;57(2):86-93.
28. Novita N. Hubungan antara Hotspot (Titik Panas) dengan Timbulnya Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) Akibat Kebakaran Hutan dan Lahan di Kabupaten Indragiri Hulu Riau tahun 2007, Skripsi. Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan IPB. 2008.
29. Falagas ME, Theocharis G, Spanos A, Vlara LA, Issaris EA, Panos G, Peppas G. Effect of meteorological variables on the incidence of respiratory tract infections. *Respiratory medicine*. 2008 May 1;102(5):733-7.

