

## Kualitas Udara Rumah dengan Kejadian Pneumonia Anak Bawah Lima Tahun (di Puskesmas Cimahi Selatan dan Leuwi Gajah Kota Cimahi)

Rilla Fahimah<sup>1\*</sup>, Endah Kusumowardani<sup>2</sup>, Dewi Susanna<sup>1</sup>

1. Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia
2. Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan Pengendalian Penyakit, Cakung, Jakarta 13910, Indonesia

\*e-mail: rilla.fahimah@yahoo.com

---

### Abstrak

Pneumonia merupakan penyakit mematikan nomor satu di dunia dengan prevalensi 44%. Di Indonesia, pneumonia anak bawah lima tahun merupakan penyebab kematian nomor dua setelah diare dengan proporsi 15,5%. Pneumonia merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus dan bakteri yang dipengaruhi oleh pencemar fisik dan kimia. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kualitas udara kimia rumah dengan kejadian pneumonia anak bawah lima tahun dengan metode *cross sectional*. Populasi dalam penelitian ini adalah penduduk yang tinggal di wilayah kerja Puskesmas Cimahi Selatan dan Puskesmas Leuwi Gajah. Pemilihan kriteria wilayah dilakukan berdasarkan wilayah dengan jumlah penduduk tertinggi, kasus pneumonia tinggi (berada di wilayah merah dan kuning), merupakan wilayah industri yang berbahan bakar batu bara dan berada di dekat jalur tol Purbaleunyi. Sampel penelitian adalah responden yang tinggal di wilayah kerja Puskesmas Cimahi Selatan dan Puskesmas Leuwi Gajah dengan kriteria inklusi lama tinggal  $\geq 1$  tahun dan memiliki anak bawah lima tahun. Hasil penelitian menunjukkan hubungan signifikan terjadi pada *Particulate Matter (PM)<sub>10</sub>* dan *Particulate Matter (PM)<sub>2,5</sub>* ( $p < 0,05$ ) dengan nilai *odd ratio* masing-masing 4,40 dan 3,24, sedangkan kepadatan hunian rumah, kepadatan hunian kamar, ventilasi rumah, lubang penghawaan dapur, adanya perokok dalam rumah, penggunaan obat nyamuk bakar, *Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>)*, *Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>)* dan *carbon monoksida (CO)* tidak menunjukkan hubungan signifikan ( $p > 0,05$ ) dengan pneumonia. Faktor dominan yang menyebabkan pneumonia pada balita adalah  $PM_{10}$  ( $p = 0,036$ ) dengan nilai OR 4,09 setelah dikontrol dengan  $PM_{2,5}$  ( $p = 0,142$ ; OR 2,78), jumlah kuman ( $p = 0,004$ ; OR 0,17) dan ventilasi rumah ( $p = 0,395$ ; OR 0,58).

### Abstract

**Home Air Quality and Case of Pneumonia in Children under Five Years Old (in Community Health Center of South Cimahi and Leuwi Gajah, City of Cimahi).** Pneumonia is the number one deadliest disease in the world with the prevalence of 44%. In Indonesia, pneumonia in toddler is the leading cause of death, after diarrhea, with proportion 15,5%. Pneumonia is a disease caused by a virus and bacteria influenced by physical and chemical contaminants. The purpose of this study was to analyze indoor air quality with the incidence of pneumonia in children under five years old with *cross sectional* method. The population in this study was the population living in the region of South Cimahi Public Health Center and Leuwi Gajah Public Health Center. The criteria of selection for the region were: region with the highest population, high pneumonia cases (in the red and yellow area), a coal-fired industrial area, and located near the highway Purbaleunyi. The sample of this research are respondents who live in the region of South Cimahi Public Health Center and Leuwi Gajah Public Health Center with inclusion criteria length of stay  $\geq 1$  year with a child under five years old. Significant correlation occurred between  $PM_{10}$  and  $PM_{2,5}$  ( $p < 0.05$ ) with odd ratio 4.40 and 3.24 while the density of dwelling house, room occupancy density, home ventilation, kitchen hole, a smoker in the home, use of mosquito coils, *sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>)*, *nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>)* and *carbon monoxide (CO)* did not show a significant relationship ( $p > 0.05$ ) with pneumonia. Dominant factors that cause pneumonia in infants is  $PM_{10}$  ( $p = 0.036$ ) with a value of OR 4.09 after controlled  $PM_{2,5}$  ( $p = 0.142$ ; OR 2.78), the number of bacteria ( $p = 0.004$ ; OR 0.17) and ventilation the house ( $p = 0.395$ ; OR 0.58).

**Keywords:** pneumonia, indoor air quality, particulate matter ( $PM_{10}$ ), particulate matter ( $PM_{2,5}$ )

---

### Pendahuluan

Pneumonia merupakan penyakit mematikan nomor satu di dunia dengan prevalensi 44%. Hampir 2 juta orang

per tahun di dunia meninggal karena pneumonia, penyakit yang disebabkan oleh polusi udara dalam ruang karena penggunaan bahan bakar padat.<sup>1</sup> Tiga penyebab kematian utama adalah 44% pneumonia, 54%

penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), dan 2% kanker paru-paru. Lima puluh persen kematian anak bawah lima tahun akibat pneumonia terjadi karena keberadaan partikulat dalam ruangan.<sup>1</sup>

Di Indonesia, pneumonia anak bawah lima tahun merupakan penyebab kematian nomor dua setelah diare dengan proporsi sebesar 15,5%. Pneumonia selalu masuk ke dalam 10 penyakit kematian tertinggi di Indonesia. Pada tahun 2011, total kasus pneumonia pada anak bawah lima tahun adalah 480.033 atau sama dengan 20,59%. Kasus pneumonia terus meningkat sejak 2002 sebanyak 7,6% dan pada tahun 2007 sebanyak 11,2%.<sup>2-3</sup> Pneumonia merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus dan bakteri yang dipengaruhi oleh pencemar fisik dan kimia. Tingginya kasus pneumonia tersebut menunjukkan bahwa pneumonia menjadi masalah kesehatan masyarakat utama yang berkontribusi terhadap tingginya angka kematian anak bawah lima tahun.<sup>2</sup>

Kualitas udara yang baik dalam rumah merupakan faktor predisposisi terjadinya penyakit pneumonia, sehingga pemerintah mengatur nilai baku mutu ruangan yang tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 1077 Tahun 2011.<sup>4</sup> Dalam Peraturan Menteri Kesehatan tersebut dijelaskan nilai baku mutu udara ruang didasarkan pada parameter kimia, fisik dan biologi. Parameter kimia terdiri atas SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, Pb, asbes, *formaldehyde*, *volatile organic Compound* dan *environmental tobacco smoke*. Parameter fisik yaitu suhu, pencahayaan, kelembaban, laju ventilasi, PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub>, sedangkan parameter biologi yaitu jamur, bakteri patogen dan angka kuman.<sup>4</sup>

Pencemaran udara dalam ruangan, terutama rumah, sangatlah berbahaya karena pada umumnya orang lebih banyak menghabiskan waktu untuk melakukan kegiatan di dalam rumah. Oleh sebab itu, rumah dianggap sebagai lingkungan mikro yang berkaitan dengan risiko pencemaran udara. Kualitas udara di dalam ruang rumah dipengaruhi oleh berbagai faktor: bahan bangunan, struktur bangunan, bahan pelapis untuk furniture serta interior, kepadatan hunian, kualitas udara luar rumah, radiasi dari Radon (Rd), formaldehid, debu, dan kelembaban yang berlebihan. Selain itu, kualitas udara juga dipengaruhi oleh kegiatan dalam rumah seperti penggunaan energi tidak ramah lingkungan; penggunaan sumber energi yang relatif murah seperti batubara dan biomasa (kayu, kotoran kering dari hewan ternak, residu pertanian); perilaku merokok dalam rumah; penggunaan pestisida; penggunaan bahan kimia pembersih; dan kosmetika. Bahan-bahan kimia tersebut dapat mengeluarkan polutan yang dapat bertahan di dalam rumah untuk jangka waktu yang cukup lama.<sup>4</sup>

Parameter kimia, biologi dan fisik tersebut saling berkaitan. Hal ini terbukti dari sebuah penelitian yang memperlihatkan bahwa pada anak usia anak bawah lima

tahun sampai usia 10 tahun memiliki risiko mengalami gangguan saluran pernafasan sebanyak 20% setiap kenaikan NO<sub>2</sub> 28,3 µg/m<sup>3</sup>, dan berhubungan sangat kuat ( $p < 0,01$ ) apabila pajanan NO<sub>2</sub> disertai dengan pajanan asap rokok diatas 1,5 µg/m<sup>3</sup>.<sup>5-6</sup>

Paramater fisik rumah berupa *Particulate meter* berukuran 10 µ (PM<sub>10</sub>) berisiko meningkatkan kasus pneumonia dan akan lebih berbahaya pada saat musim panas dibandingkan pada saat musim hujan karena jumlahnya akan lebih besar.<sup>7</sup> Selain itu, di Jepang angka kematian pada kasus pneumonia berhubungan signifikan dengan PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub>. Hal yang sama juga ditemukan oleh Zanobetti *et al.* bahwa kasus pneumonia berhubungan secara signifikan dengan asap rokok, PM<sub>2,5</sub> dan CO.<sup>8</sup> Kualitas udara dalam rumah dan kasus infeksi saluran pernafasan akut juga dilaporkan pada anak bawah lima tahun di Kanada, yaitu adanya hubungan signifikan terhadap kejadian infeksi saluran pernafasan setiap kenaikan CO<sub>2</sub> 500 ppm dengan OR 2,85.<sup>9</sup>

Kualitas udara dalam rumah dipengaruhi pula oleh kondisi fisik rumah yang memenuhi syarat rumah sehat, yaitu rumah yang memenuhi kebutuhan psikologis dan biologis, persyaratan pencegahan penularan penyakit dan kecelakaan.<sup>10</sup> Anak bawah lima tahun yang terpajan dengan bahan bakar emisi sisa proses pembakaran berisiko 3 kali lipat dibandingkan anak bawah lima tahun yang tidak terpajan.<sup>11</sup> Ventilasi udara di dapur berhubungan dengan pengurangan konsentrasi emisi partikel asap dari sisa pembakaran ( $p < 0,05$ ). Kepemilikan ventilasi di dapur dipengaruhi oleh pendidikan dan kepemilikan lahan yang digunakan untuk rumah.<sup>12</sup>

Zat pencemar udara lainnya yang menjadi faktor risiko pneumonia adalah asap rokok. Asap rokok yang berada dalam rumah berhubungan dengan keberadaan bakteri *Neisseria meningitidis*, *Streptococcus pneumoniae* dan *Haemophilus influenzae*. *Streptococcus pneumoniae* lebih berisiko pada anak bawah lima tahun yang terpajan dengan asap rokok dibandingkan dengan anak bawah lima tahun yang tidak terpajan ( $p = 0,016$ ) dan semakin meningkat risikonya apabila orang tua merokok di dalam ruangan yang sama dengan anak bawah lima tahun.<sup>13</sup>

Anak bawah lima tahun dengan ibu merokok memiliki risiko lebih besar dibandingkan anak bawah lima tahun dengan ibu tidak merokok. Sebanyak 90% anak bawah lima tahun dengan ibu perokok akan menderita pneumonia sedang sampai kronik, sedangkan anak bawah lima tahun dengan ayah perokok memiliki 74,2% risiko terkena pneumonia.<sup>14</sup> Asap yang berasal dari obat nyamuk bakar sebagai penghilang nyamuk memiliki risiko yang sama dengan menjadi perokok pasif. Obat nyamuk bakar juga berisiko lanjut menyebabkan kanker paru dan pengguna obat nyamuk bakar lebih dari 3 kali seminggu berisiko 3 kali lipat mengidap kanker paru dibandingkan dengan tidak menggunakan obat nyamuk bakar.<sup>15</sup>

Keberadaan rumah sehat dipengaruhi pula oleh kondisi sosial ekonomi sebuah keluarga. Sebagian besar keluarga dengan kondisi ekonomi yang rendah tidak dapat menyewa atau membuat tempat tinggal yang layak, sehingga mereka tinggal dengan beberapa orang dalam satu rumah dan kondisi rumah yang padat tersebut meningkatkan risiko penularan virus penyakit saluran pernafasan antar manusia. Banyaknya jumlah ruangan dalam rumah juga memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian penyakit saluran pernafasan seperti pneumonia ( $p < 0,05$ ).<sup>16</sup>

## Metode Penelitian

Penelitian ini bekerja sama dengan Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan Pengendalian Penyakit Jakarta dalam upaya surveilans faktor risiko kesehatan lingkungan kualitas udara di Puskesmas Cimahi Selatan dan Leuwi Gajah. Penelitian ini menggunakan desain studi *cross sectional* dengan metode wawancara dan pengukuran kualitas udara ruang. Wawancara dilaksanakan berdasarkan pertanyaan yang telah dibuat dalam bentuk kuesioner yang terdiri dari 54 pertanyaan dan ditujukan kepada ibu/pengasuh anak bawah lima tahun yang terpilih menjadi sampel pada saat penelitian. Wawancara dilakukan di tempat tinggal anak bawah lima tahun untuk sekaligus dilakukan observasi faktor risiko lingkungan. Populasi dalam penelitian ini adalah penduduk yang tinggal di wilayah kerja Puskesmas Cimahi Selatan dan Puskesmas Leuwi Gajah.

Pemilihan kriteria wilayah dilakukan berdasarkan atas wilayah dengan jumlah penduduk tertinggi, kasus pneumonia tinggi (berada di wilayah merah dan kuning), merupakan wilayah industri yang berbau bakar batu bara dan berada di dekat jalur tol Purbaleunyi. Penentuan jumlah sampel di tiap Rukun Warga (RW) didapat dengan mempertimbangkan faktor risiko, jumlah anak bawah lima tahun dan jumlah kasus di tiap wilayah dengan teknik *purposive sampling*. Besar sampel minimal berdasarkan penghitungan adalah 53. Saat berada di wilayah penelitian didapatkan sampel yang memenuhi kriteria sebesar 87.

## Hasil dan Pembahasan

Variabel yang dilakukan analisis pada penelitian ini adalah kepadatan hunian rumah, kepadatan hunian kamar, ventilasi rumah, lubang penghawaan dapur, adanya perokok dalam rumah, penggunaan obat nyamuk bakar, *Particulate Matter (PM)<sub>10</sub>*, *Particulate Matter (PM)<sub>2,5</sub>*, *Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>)*, *Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>)* dan *carbon monoksida (CO)*. Analisis statistik menggunakan SPSS 13.0.

Pada analisis bivariat, variabel pencemar kimia berupa SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> dan CO tidak dilakukan karena hasil analisis yang menunjukkan nilai homogen pada seluruh

responden. Berdasarkan uji statistik pada Tabel 1 menunjukkan bahwa variabel kepadatan hunian rumah, kepadatan hunian kamar, ventilasi rumah, lubang penghawaan dapur, merokok dalam rumah, penggunaan obat nyamuk bakar, jumlah kuman, suhu, kelembaban, pencahayaan memiliki nilai  $p > 0,05$ . Artinya secara statistik variabel-variabel tersebut tidak terkait dengan kejadian pneumonia.

Pencemar fisik berupa PM<sub>10</sub> memperlihatkan adanya hubungan yang signifikan dengan kejadian pneumonia ( $p = 0,002$ , OR 4,40, 95% CI = 1,783–10,857). Artinya, anak bawah lima tahun dengan PM<sub>10</sub> tidak memenuhi syarat akan berisiko 4,40 kali dibandingkan anak bawah lima tahun yang tinggal dalam rumah dengan PM<sub>10</sub> memenuhi syarat. Hubungan yang signifikan juga terlihat pada pencemar fisik PM<sub>2,5</sub> dengan kejadian pneumonia ( $p = 0,016$ , OR 3,24, 95% CI = 1,332–7,900). Artinya, anak bawah lima tahun dengan PM<sub>2,5</sub> tidak memenuhi syarat akan berisiko 3,24 kali dibandingkan anak bawah lima tahun yang tinggal dalam rumah memenuhi syarat.

Adanya hubungan ini dimungkinkan PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub> merupakan pencemar fisik yang bersifat iritan, sehingga bila PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub> terhirup kedalam saluran pernafasan dan dapat mengiritasi saluran pernafasan tersebut. Karena ukuran partikel yang kecil, PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub> dapat masuk ke dalam alveoli.<sup>17</sup> Iritasi saluran pernafasan ini akan mengurangi fungsi mukosilier untuk mencegah masuknya kuman.<sup>18</sup> Anak bawah lima tahun yang telah terpajan oleh PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub> akan lebih mudah terkena pneumonia karena tidak adanya sistem penangkal kuman akibat iritasi tersebut.

Peningkatan kadar PM<sub>2,5</sub> sebanyak 5,7 µg/m<sup>3</sup> akan terjadi bila memasak lebih dari 1 jam,<sup>19</sup> maka keberadaan PM<sub>2,5</sub> berhubungan erat dengan bahan bakar yang digunakan saat memasak. Meskipun seluruh responden pada penelitian ini menggunakan bahan bakar gas, asap yang dihasilkan tetap memiliki kadar pencemar walaupun lebih rendah bila dibandingkan dengan bahan bakar padat/bahan bakar fosil. Risiko terhadap pneumonia menjadi 4 kali lipat lebih tinggi apabila memasak dengan bahan bakar padat seperti kayu bakar dan batubara ( $p < 0,001$ ).<sup>20</sup> Bila ditinjau berdasarkan kondisi fisik rumah responden, rumah yang tidak memiliki sekat antara dapur dan kamar, sangat besar kemungkinan kualitas udaranya terutama PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub> tinggi, sehingga akan lebih berisiko.<sup>8</sup> Penyakit saluran pernafasan seperti pneumonia dan asma sangat berhubungan dengan keberadaan partikulat meter di udara. Jenis penyakitnya pun berbeda, tergantung dengan ukuran partikel yang masuk ke saluran pernafasan.<sup>8</sup>

Kondisi udara rumah yang tercemar perlu dicegah untuk menurunkan kejadian pneumonia pada anak bawah lima tahun. *United Nations Emergency Children's Fund (UNICEF)* dan *World Health Organization (WHO)*

**Tabel 1. Kualitas Udara Ruang dengan Kejadian Pneumonia di Puskesmas Cimahi Selatan dan Leuwi Gajah 2012**

Kualitas Udara Ruang	Pneumonia				Total		p	OR 95% CI
	Ya		Tidak		n	%		
	n	%	n	%				
<b>Kepadatan Hunian Rumah</b>								
Tidak Memenuhi Syarat	20	58,8	14	41,2	34	39,1	0,503	1,484
Memenuhi Syarat	26	49,1	27	50,9	53	60,9		0,622–3,540
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>52,9</b>	<b>41</b>	<b>47,1</b>	<b>87</b>	<b>100,0</b>		
<b>Kepadatan Hunian kamar</b>								
Tidak Memenuhi Syarat	28	53,8	24	46,2	52	59,8	0,998	1,102
Memenuhi Syarat	18	51,4	17	48,6	35	40,2		0,467–2,599
<b>Ventilasi Rumah</b>								
Tidak memenuhi Syarat	34	49,3	35	50,7	69	79,3	0,293	1,102
Memenuhi Syarat	12	66,7	6	33,3	18	20,7		0,146–1,441
<b>Lubang Penghawaan Dapur</b>								
Tidak Ada	22	59,5	15	40,5	37	42,5	0,400	1,589
Ada	24	48,0	26	52,0	50	57,5		0,673–3,752
<b>Merokok dalam Rumah</b>								
Ada	39	54,2	33	45,8	72	82,8	0,806	1,351
Tidak Ada	7	46,7	8	53,3	15	17,2		0,443–4,120
<b>Penggunaan Obat Nyamuk Bakar</b>								
Ya	12	48,0	13	52,0	25	28,7	0,773	0,760
Tidak	34	54,8	28	45,2	62	71,3		0,300–1,928
<b>Suhu</b>								
Tidak Memenuhi Syarat	2	40,0	3	60,0	5	5,7	0,663	0,576
Memenuhi Syarat	44	53,7	38	46,3	82	94,3		0,091–3,629
<b>Pencahayaan</b>								
Tidak Memenuhi Syarat	7	53,8	6	46,2	13	14,9	1,000	1,047
Memenuhi Syarat	39	52,7	35	47,3	74	85,1		0,321–3,414
<b>Kelembaban</b>								
Tidak Memenuhi Syarat	39	52,0	36	48,0	75	86,2	0,923	0,774
Memenuhi Syarat	7	58,3	5	41,7	12	13,8		0,225–2,657
<b>PM<sub>10</sub></b>								
Tidak Memenuhi Syarat	33	68,8	15	31,3	48	55,2	0,002	4,400
Memenuhi Syarat	13	33,3	26	66,7	39	44,8		1,783–10,857
<b>PM<sub>2.5</sub></b>								
Tidak Memenuhi Syarat	33	64,7	18	35,3	51	58,6	0,016	3,244
Memenuhi Syarat	13	36,1	23	63,9	36	41,4		1,332–7,900
<b>Jumlah Kuman</b>								
Tidak Memenuhi Syarat	29	63,0	17	37,0	46	53,5	0,072	2,406
Memenuhi Syarat	17	41,5	24	58,5	41	47,5		1,016–5,707

Keterangan:

p = Nilai p pada hasil uji statistik

OR= Odds Ratio

CI = Confidence Interval

menyatakan bahwa salah satu cara mencegah kejadian pneumonia pada anak bawah lima tahun adalah mengurangi pencemaran udara dalam rumah. Tindakan untuk mengurangi polusi udara tersebut adalah dengan mengurangi pajanan fisik, kimia dan biologi penyebab pneumonia. Pajanan polusi udara jangka panjang berhubungan dengan kejadian pneumonia anak bawah lima tahun karena anak bawah lima tahun lebih mudah

terinfeksi pneumonia. Untuk menurunkan kasus pneumonia tersebut, tindakan utama yang perlu dilakukan adalah dengan mengurangi polusi udara.<sup>8</sup>

Uji statistik memperlihatkan tidak adanya kaitan antara kepadatan hunian rumah dan kepadatan hunian kamar. Penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan Kovesi, *et al.* (2007),<sup>9</sup> yang menyata-

kan bahwa infeksi pernafasan seperti pneumonia akan meningkat di dalam rumah dengan jumlah penghuni lebih dari 7 orang dengan peningkatan 1,83 kali setiap bertambah 1 orang. Peningkatan risiko pneumonia sebanyak 1,15 kali bila anak bawah lima tahun tidur dengan lebih dari 3 orang dalam satu kamar,<sup>11</sup> dan peningkatan 2,87 kali bila tinggal di rumah dengan kepadatan tinggi,<sup>21</sup> juga dijelaskan dalam penelitian lain. Peningkatan risiko pneumonia tersebut terjadi karena patogen penyebab penyakit dapat menyebar lebih cepat di lingkungan yang padat.

Perbedaan hasil antara penelitian yang dilakukan Kovesi, Sunyatiningkamto dan Grant terjadi karena adanya perbedaan standar kepadatan hunian rumah dan kamar yang digunakan oleh masing-masing peneliti, sehingga terjadi perbedaan hasil. Penelitian ini menggunakan standar kepadatan hunian rumah 9 m<sup>2</sup> untuk 1 orang.<sup>22</sup> Kovesi *et al.* (2007),<sup>9</sup> hanya mengukur jumlah penghuni tanpa mempertimbangkan luas rumah jumlah. Kepadatan hunian kamar pada penelitian ini sebesar 8 m<sup>2</sup> untuk 2 orang dewasa dan 1 anak bawah lima tahun,<sup>23</sup> sedangkan Sunyatiningkamto *et al.* 2004,<sup>11</sup> menggunakan standar lebih dari 3 orang dalam satu kamar dengan tidak membandingkan luas kamar.

Tindakan yang dapat dilakukan adalah menjaga kondisi lingkungan rumah dan kamar agar tidak menjadi tempat perkembangbiakan virus dan bakteri dengan cara memfungsikan ventilasi rumah sebagaimana mestinya, yaitu dengan membuka jendela di pagi hari. Rumah atau kamar yang luastanpa sirkulasi udara yang baik tetap akan menjadi tempat berkembang biak virus dan bakteri. Penelitian yang dilakukan oleh Mahalanabis *et al.* (2002),<sup>20</sup> menyatakan tidak ada hubungan antara pneumonia dengan luas hunian. Selain itu, hasil statistik pada variabel ventilasi yang digunakan dalam penelitian juga menunjukkan tidak adanya hubungan dengan kejadian pneumonia. Penelitian ini bertentangan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sinaga *et al.* (2009),<sup>24</sup> yang menyatakan bahwa ventilasi udara dalam rumah berhubungan dengan kejadian pneumonia pada anak bawah lima tahun dengan  $p = 0,017$ . Pada wilayah penelitian, hanya 20,7% rumah memiliki ventilasi memenuhi syarat, sehingga secara statistik tidak didapatkan hubungan. Meskipun secara statistik tidak ada hubungan, ventilasi rumah tetap harus diperhatikan manfaatnya. Kovesi *et al.* (2007),<sup>9</sup> menjelaskan bahwa rumah yang tidak memiliki ventilasi dapat meningkatkan konsentrasi virus. Keberadaan ventilasi yang cukup dapat menurunkan angka kematian dan kesakitan akibat pneumonia pada anak bawah lima tahun.<sup>25</sup>

Hubungan tidak signifikan juga terjadi pada lubang penghawaan dapur dan pneumonia. Hasil penelitian ini bertentangan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sunyatiningkamto *et al.* (2004),<sup>11</sup> dan Yadama *et al.* (2012),<sup>12</sup> yang menjelaskan bahwa lubang penghawaan

merupakan faktor risiko pneumonia karena lubang penghawaan dapat berfungsi sebagai sirkulasi udara saat memasak dan risiko anak bawah lima tahun pneumonia akan lebih besar jika tidak memiliki lubang penghawaan dapur. Karena keberadaan ventilasi udara di dapur berhubungan dengan pengurangan konsentrasi emisi partikel asap dari sisa pembakaran ( $p < 0,05$ ).

Dapur juga termasuk ruangan dalam rumah yang harus memiliki ventilasi agar asap sisa pembakaran saat proses memasak dapat berganti dengan udara yang segar.<sup>11</sup> Peraturan menteri kesehatan Republik Indonesia No. 1077 tahun 2011,<sup>4</sup> menjelaskan bahwa dapur yang memenuhi syarat kesehatan adalah yang luas bukaan sekurang-kurangnya 40% dari luas lantai dapur. Dua milyar orang meninggal karena polusi udara ruang dari bahan bakar memasak yang dapat menyebabkan penyakit saluran pernafasan seperti Bronkhitis kronik, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), asma, tuberkulosis (TBC), pneumonia dan berat lahir rendah.<sup>12</sup> Untuk menurunkan risiko pneumonia akibat bahan bakar memasak, mengganti bahan bakar gas merupakan salah satu metode menurunkan emisi udara selain pemanfaat ventilasi udara di dapur.

Merokok dalam rumah juga bukan merupakan faktor risiko pada penelitian ini karena tidak adanya hubungan signifikan secara statistik dengan kejadian pneumonia. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Mahalanabis *et al.* (2002),<sup>20</sup> yang menyatakan bahwa tidak ada risiko pneumonia pada anak bawah lima tahun dengan ayah merokok dalam rumah. Penelitian mengenai rokok dan pneumonia sudah sering dilakukan dan menunjukkan hubungan yang signifikan.<sup>8</sup> Perbedaan hasil penelitian ini disebabkan penggunaan disain studi yang berbeda, yaitu *cross sectional* dan kasus kontrol.

Pada penelitian ini tidak ditemukan adanya hubungan signifikan antara perokok dalam rumah dan pneumonia, namun keberadaan perokok dalam rumah tetap perlu diperhatikan karena perokok dan perokok pasif memiliki risiko mengalami gangguan saluran pernafasan. Perokok pasif memiliki risiko 2 kali lebih besar mengalami kematian daripada perokok dan 38% lebih cepat mengalami penyakit *cardiovaskuler*.<sup>26</sup> Asap rokok yang berada dalam rumah berhubungan dengan adanya bakteri penyebab penyakit saluran pernafasan seperti *Neisseria meningitidis*, *Streptococcus pneumoniae* dan *Haemophilus influenzae*. *Streptococcus pneumoniae* lebih berisiko pada anak bawah lima tahun yang terpajan dengan asap rokok dibandingkan dengan anak bawah lima tahun yang tidak terpajan ( $p = 0,016$ ) dan semakin meningkat risikonya apabila orang tua merokok di dalam ruangan yang sama dengan anak bawah lima tahun.<sup>13</sup> Anak bawah lima tahun dengan ibu merokok memiliki risiko lebih besar dibandingkan anak bawah lima tahun dengan ibu tidak merokok.<sup>14</sup> Sebanyak 90% anak bawah lima tahun dengan ibu perokok akan

menderita pneumonia sedang sampai kronik, sedangkan anak bawah lima tahun dengan ayah perokok memiliki 74,2% risiko terkena pneumonia.<sup>14</sup>

Williams *et al.* (2012),<sup>6</sup> menjelaskan dalam temuannya bahwa pajanan NO<sub>2</sub> disertai dengan pajanan asap rokok diatas 1,5 µg/m<sup>3</sup> berhubungan sangat kuat ( $p < 0,01$ ) dengan pneumonia. Tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko akibat pajanan asap rokok adalah mengedukasi perokok untuk tidak mengkonsumsi rokoknya di dalam ruangan terutama bila terdapat anak bawah lima tahun, karena asap rokok merupakan salah satu penyebab tingginya polusi udara dalam rumah.<sup>27</sup> Pemberian informasi mengenai dampak negatif dari rokok juga dapat dilakukan pada perokok dan keluarganya agar mereka memiliki pengetahuan lebih tentang bahaya rokok.

Pneumonia juga tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan penggunaan obat nyamuk bakar ( $p = 0,733$ ). Penelitian ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Sunyatiningkamto *et al.* (2004),<sup>11</sup> yang menemukan bahwa tidak ada hubungan antara penggunaan obat nyamuk bakar dengan kejadian pneumonia pada anak bawah lima tahun. Tidak adanya hubungan antara pneumonia dengan penggunaan bahan bakar pada penelitian ini dapat terjadi karena penelitian ini tidak membandingkan jumlah penggunaan obat nyamuk bakar dalam satu malam, sedangkan penelitian Sunyatiningkamto *et al.* (2004), menggunakan kriteria penelitian anak bawah lima tahun yang menggunakan obat nyamuk bakar setiap malam selama 3 bulan berturut-turut.<sup>13</sup>

Penggunaan obat nyamuk tidak dianjurkan, karena penggunaan 1 gulung obat nyamuk bakar sama dengan mengkonsumsi 75-137 batang rokok.<sup>28-29</sup> Asap yang dihasilkan dari obat nyamuk bakar mengandung *carbonil compound* (formaldehida dan acetaldehida) yang bersifat karsinogenik. Bersifat karsinogenik karena dapat menyebabkan iritasi saluran pernafasan pada jangka pendek dan asma serta gangguan saluran nafas permanen pada anak bawah lima tahun dalam jangka panjang serta pyrethroids (*d-allethrin*, *esbiothrin*, *transfluthrin*, dan *metofluthrin*) yang menyebabkan polusi udara.<sup>28</sup> Asap yang dihasilkan dari sisa pembakaran tersebut dapat meningkatkan risiko 3 kali lipat mengalami gangguan saluran pernafasan pada anak bawah lima tahun terpajan dibandingkan anak bawah lima tahun tidak terpajan.<sup>28</sup>

Tindakan yang dapat dilakukan adalah menggantifungsi obat nyamuk bakar dengan kelambu atau dengan menanam tanaman yang tidak disukai nyamuk, seperti sereh, di halaman rumah. Apabila penggunaan obat nyamuk tidak dapat ditinggalkan, ventilasi udara yang baik harus tetap terjaga agar pertukaran udara dapat terjadi dengan baik.

Suhu udara rumah tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian pneumonia. Tidak adanya hubungan ini terjadi karena hanya 5,7% responden yang memiliki suhu udara memenuhi syarat karena pengambilan sampel dilakukan pada musim dingin sehingga suhu udara semakin rendah.<sup>30</sup> Maka dari itu, suhu udara rumah bukanlah faktor risiko pneumonia. Penelitian ini bertentangan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Davis *et al.* (2012),<sup>31</sup> yang menemukan bahwa suhu udara rumah berhubungan dengan peningkatan kasus pneumonia dan kematian akibat influenza ( $p = 0,003$ ). Perbedaan hasil ini dapat terjadi karena perbedaan desain studi dan waktu pengambilan sampel. Suhu udara yang telah sesuai ini harus terjaga agar rumah tidak menjadi media perkembangbiakan kuman. Metode yang dapat dilakukan agar suhu ruangan stabil adalah dengan mengatur sirkulasi udara ruangan dengan memanfaatkan ventilasi udara secara baik serta memperhatikan waktu membuka jendela di ruangan tersebut.

Kelembaban udara berhubungan terbalik dengan suhu udara: apabila suhu udara rendah maka kelembaban akan semakin meningkat. Karenanya, pada penelitian ini lebih banyak responden yang memiliki kelembaban tidak memenuhi syarat. Kelembaban udara yang tinggi di dalam rumah juga dipengaruhi oleh kelembaban di udara luar rumah. Hal ini terjadi karena pengambilan sampel dilakukan di saat musim penghujan yang memiliki kelembaban udara tinggi.<sup>30-31</sup> Kelembaban udara dipengaruhi pula oleh ventilasi dalam rumah, karena sirkulasi udara yang baik akan mengatur tingkat kelembaban dalam rumah tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kovesi *et al.* (2007),<sup>9</sup> yang menyatakan bahwa tinggi rendahnya kelembaban berhubungan pula dengan keberadaan ventilasi di rumah ( $p < 0,001$ ).

Variabel kualitas kimia udara berupa SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> dan CO tidak dianalisis karena hasil yang homogen dan memenuhi syarat di seluruh responden. Kadar SO<sub>2</sub> yang masih memenuhi syarat pada 98,9% responden dapat dipengaruhi oleh waktu pengukuran parameter tersebut. Pada penelitian ini, pengukuran udara dilakukan saat memasuki musim hujan sehingga kadar maksimal parameter-parameter yang diukur masih dibawah batas maksimal. Karena pada musim hujan kecenderungan SO<sub>2</sub> lebih rendah. Kualitas NO<sub>2</sub> yang memenuhi syarat ini terjadi karena pengukuran dilakukan pada musim hujan. Kondisi ini sesuai dengan pernyataan Santus *et al.* (2012),<sup>32</sup> bahwa NO<sub>2</sub> dalam ruang akan lebih tinggi pada musim hangat. Jakarta, yang merupakan kota industri terbesar di Indonesia, masih memiliki nilai SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> di bawah angka maksimal yang diatur oleh pemerintah. Jadi sangat mungkin apabila kadar SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> di Cimahi juga masih di bawah nilai baku mutu.<sup>33</sup>

Pajanan SO<sub>2</sub> jangka panjang akan menyebabkan pneumonia dan bila dibiarkan berlanjut akan menyebabkan kelainan paru. Hal ini sesuai dengan penelitian yang

dilakukan oleh Santus *et al.* (2012),<sup>32</sup> yang menemukan bahwa efek akut dari SO<sub>2</sub> dapat menyebabkan pneumonia, peningkatan risiko 1,17 kali lipat pada usia <16 tahun. Penelitian yang dilakukan oleh Vieira *et al.* (2012),<sup>5</sup> menjelaskan bahwa pajanan NO<sub>2</sub> yang tinggi dalam ruangan meningkatkan risiko terjadinya pneumonia ( $p = 0,02$ ) pada anak bawah lima tahun. Penyebabnya adalah anak-anak lebih sensitif terhadap pajanan kimia dibandingkan orang dewasa. Smith *et al.* 2000,<sup>34</sup> menjelaskan bahwa peningkatan risiko infeksi saluran pernafasan sebanyak 5 kali pada anak dibawah usia 2 tahun apabila memiliki kebiasaan di gendong saat memasak akibat pajanan NO<sub>2</sub>. Vieira juga menjelaskan pada anak usia anak bawah lima tahun sampai usia 10 tahun akan meningkat risiko mengalami gangguan saluran pernafasan sebanyak 20% setiap kenaikan NO<sub>2</sub> 28,3 µg/m<sup>3</sup>,<sup>5</sup> sedangkan Williams *et al.* 2012 menyebutkan pneumonia berhubungan sangat kuat ( $p < 0,01$ ) apabila pajanan NO<sub>2</sub> disertai dengan pajanan asap rokok di atas 1,5 µg/m<sup>3</sup>.<sup>6</sup> Oleh karena itu, hasil penelitian dapat berbeda apabila NO<sub>2</sub> tersebut dihubungkan berdasarkan interaksi dengan perokok dalam rumah.

Variabel jumlah kuman juga merupakan salah satu kualitas udara yang tidak berhubungan. Penelitian ini bertentangan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kuman yang ditemukan di tempat tidur anak bawah lima tahun juga dapat meningkatkan risiko pneumonia 1,93 kali.<sup>21</sup> Tidak adanya hubungan ini dapat terjadi karena tidak dilakukannya analisis jenis kuman spesifik yang berada dalam ruangan tersebut, sehingga diperlukan penelitian yang menjelaskan jenis kuman spesifik yang berada di ruangan tersebut. *Mycoplasma pneumoniae*, *Chlamydia species* dan *gram negative bacteria* seperti *Escherichia coli* dan *Pseudomonas spp.* adalah bakteri yang menyebabkan pneumonia pada anak bawah lima tahun dan 15-40% penyebab pneumonia disebabkan oleh virus. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui jenis kuman spesifik pada wilayah penelitian. Perilaku yang dapat dilakukan untuk mengurangi perkembangan bakteri dan virus adalah dengan menjaga kestabilan udara rumah. Dengan cara mengatur pencahayaan dan sirkulasi udara sehingga bakteri dan kuman tidak dapat

berkembang biak dalam rumah dengan cara memanfaatkan keberadaan ventilasi.

Ventilasi merupakan salah satu metode untuk mengatur kelembaban suhu, hal ini sama dengan cara mengatur suhu udara ruang. Faktor yang menyebabkan virus berkembang biak adalah temperatur, kelembaban, tipe virus, sinar matahari, serta keberadaan material organik disekitar tempat hidup.<sup>35</sup> Oleh karena itu, membuka jendela merupakan tindakan yang harus dilakukan untuk mencegah adanya virus. Membuka jendela yang baik adalah pada pagi hari agar udara dalam ruang yang tidak baik dapat bertukar dengan udara segar dan sinar matahari yang masuk ke dalam rumah dapat mematikan virus.

Faktor risiko dominan yang menyebabkan pneumonia pada balita adalah PM<sub>10</sub> ( $p$  0,036) dengan nilai OR 4,09. Artinya, risiko pneumonia 4kali lebih besar pada balita dengan PM<sub>10</sub> dalam rumah yang tidak memenuhi syarat dibandingkan balita dengan PM<sub>10</sub> yang memenuhi syarat setelah dikontrol dengan PM<sub>2,5</sub> ( $p$  0,142; OR 2,78), jumlah kuman ( $p$  0,004; OR 0,17) dan ventilasi rumah ( $p$  0,395; OR 0,58).

Kelemahan desain studi ini adalah pengukuran variabel dependen dan independen dilakukan pada saat yang bersamaan, sehingga hanya mampu menunjukkan keterkaitan saja, bukan menunjukkan hubungan sebab akibat. Pneumonia merupakan penyakit yang dipengaruhi oleh beberapa faktor risiko, sehingga tidak tepat menggunakan desain ini. Desain studi yang cocok dengan penelitian ini adalah kohort prospektif. Kesulitan yang muncul jika menggunakan desain studi kohort adalah peneliti harus menentukan jenis paparan yang spesifik, sedangkan pajanan pneumonia ditentukan dari beberapa faktor. Di samping itu, apabila menggunakan desain studi kohort, peneliti memiliki kendala lain yang sangat memberatkan, yaitu peneliti harus mengikuti subyek dan hal itu membutuhkan waktu lebih banyak serta biaya yang lebih besar. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian kualitas udara rumah dengan desain studi kohort *prospektif*.

**Tabel 2. Model Akhir Analisis Multivariat**

Kualitas Udara Ruang	$p$	OR	CI 95%
PM <sub>10</sub>	0,036	4,09	1,100–15,232
PM <sub>2,5</sub>	0,142	2,78	0,710–10,890
Jumlah Kuman	0,004	0,17	0,162– 2,051
Ventilasi Rumah	0,395	0,58	0,054– 0,572

Keterangan:

$p$  = Nilai  $p$  pada hasil uji statistik

OR = Odds Ratio

CI = Confidence Interval

PM<sub>10</sub> = Particulate Matter 10µ (mikron)

PM<sub>2,5</sub> = Particulate Matter 2,5µ (mikron)

Bias informasi mungkin terjadi pada saat dilakukan wawancara, baik berasal dari pewawancara, maupun dari responden yang diwawancarai. Bias informasi yang berasal dari pewawancara dapat terjadi karena ketidak-tepatan pewawancara dalam mencatat, mengumpulkan, dan menginterpretasikan informasi dari responden. Bias informasi dari pihak pewawancara juga mungkin terjadi karena pewawancara terpengaruh hipotesis dalam penelitian ini sehingga pewawancara cenderung mencatat riwayat paparan responden yang mendukung hipotesis dan tidak adanya pelatihan enumerator dalam penelitian ini. Bias informasi yang berasal dari responden dapat terjadi karena ketidak-tepatan responden dalam mengingat riwayat paparan dan ketidakjujuran responden dalam menjawab pertanyaan. Untuk mengurangi bias informasi ini, dilakukan observasi langsung saat dilapangan dan dilakukan pemeriksaan kuesioner setelah dilakukan wawancara.

## Simpulan

Pencemar fisik berupa  $PM_{10}$  dan  $PM_{2,5}$  menunjukkan adanya hubungan signifikan dengan kejadian pneumonia.  $PM_{10}$  yang tidak memenuhi syarat kualitas udara dalam rumah akan meningkat 4,40 kali dibandingkan anak bawah lima tahun yang tinggal dalam rumah dengan  $PM_{10}$  memenuhi syarat kualitas udara dalam rumah berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 1077 Tahun 2011.<sup>4</sup> Risiko  $PM_{2,5}$  tidak memenuhi syarat kualitas udara dalam rumah 3,24 kali dibandingkan anak bawah lima tahun yang tinggal dalam rumah dengan  $PM_{2,5}$  memenuhi syarat. Faktor risiko dominan yang menyebabkan pneumonia pada anak bawah lima tahun adalah  $PM_{10}$  ( $p = 0,036$ ) dengan nilai OR 4,09. Artinya, risiko pneumonia 4 kali pada balita dengan  $PM_{10}$  dalam rumah tidak memenuhi syarat kualitas udara dalam rumah dibandingkan balita dengan  $PM_{10}$  memenuhi syarat setelah dikontrol dengan  $PM_{2,5}$  ( $p = 0,142$ ; OR 2,78), jumlah kuman ( $p = 0,004$ ; OR 0,17) dan ventilasi rumah ( $p = 0,395$ ; OR 0,58). Tidak ada hubungan statistik dengan kejadian pneumonia dihasilkan dari analisis variabel kepadatan hunian rumah, kepadatan hunian kamar, ventilasi rumah, lubang penghawaan dapur, merokok dalam rumah, penggunaan obat nyamuk bakar, jumlah kuman, suhu, kelembaban, pencahayaan,  $NO_2$ ,  $SO_2$  dan CO.

Saran untuk Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan Pengendalian Penyakit (BBTKL PP) adalah untuk melakukan advokasi kepada Dinas Kesehatan Kota Cimahi Provinsi Jawa Barat untuk memperhatikan kondisi lingkungan rumah penduduk, serta melakukan penelitian lanjutan mengenai kualitas udara setelah dilakukan perbaikan kondisi lingkungan. Dinas Kesehatan Kota Cimahi Provinsi Jawa Barat dan puskesmas perlu meningkatkan kerjasama dalam melaksanakan program-program di masyarakat sebagai langkah untuk menurunkan jumlah kasus pneumonia dengan menurunkan faktor

risiko lingkungan berupa  $PM_{10}$  dan  $PM_{2,5}$ . Contoh kegiatan yang dapat dilakukan adalah mengadvokasi masyarakat untuk memanfaatkan ventilasi udara dalam rumah atau memasang *exhaust fan*, membuka jendela pada pagi hari, membersihkan rumah, menanam pohon sebagai penghijauan dan memberikan penyuluhan mengenai faktor risiko pneumonia. Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Cimahi Provinsi Jawa Barat perlu menambah kawasan hijau yang berfungsi sebagai penghijauan kota dan pereduksi polusi udara.

## Daftar Acuan

1. World Health Organization. *Pneumonia*. (internet) [diakses 12 Desember 2012]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs331/en/>.
2. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. *Pneumonia anak bawah lima tahun*. *Bul Jendela Epidemiol*. 2010;3:1-36.
3. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. *Profil kesehatan Indonesia 2011*. (internet) [diakses 10 Desember 2012]. Available from: [http://www.depkes.go.id/downloads/PROFIL\\_DATA\\_KESEHATAN\\_INDONESIA\\_TAHUN\\_2011.pdf](http://www.depkes.go.id/downloads/PROFIL_DATA_KESEHATAN_INDONESIA_TAHUN_2011.pdf).
4. Kemenkes. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1077/2011 tentang pedoman penyehatan udara dalam ruang rumah*. Jakarta: Kemenkes, 2011.
5. Vieira SE, Stein RT, Ferraro AA, Pastro LD, Pedro M, Lemos, et al. Urban air pollutants are significant risk factors for asthma and pneumonia in children: the influence of location on the measurement of pollutants. *Arch Bronconeumol*. 2012;48(11):389-395.
6. Williams R, Jones P, Croghan C, Thornburg J, Rodes C. The influence of human and environmental exposure factors on personal no.2 exposure. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2012;22(2):109-115.
7. Medina-Ramon M, Zannobetti A, Schwartz J. The effect of ozone and  $PM_{10}$  on hospital admissions for pneumonia and the chronic obstructive pulmonary disease: a national multicity study. *Am J Epidemiol*. 2006;163(6):579-588.
8. Zannobetti A, Woodhead M. Air pollution and pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med*. 2010;181(1):5-6.
9. Kovesi T, Gilert NL, Stocco C, Fugler D, Dales RE, Guay M, et al. Indoor air quality and the risk of lower respiratory tract infections in young canadian inuit children. *CMAJ*. 2007;177(2):155-160.
10. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. *Pedoman Teknis Penilaian Rumah Sehat*. Jakarta: Kemenkes RI, 2007.
11. Sunyatiningkamto, Iskandar Z, Alan RT, Budiman I, Surjono A, Wibowo T, et al. The role of indoor air pollution and other factors in the incidence of pneumonia in under-five children. *Paediatrica Indonesiana*. 2004;44(1-2):25-29.
12. Yadama GN, Peipert J, Sahu M, Biswas P, Dyda V. Social, economic, and resource predictors of variability in household air pollution from cookstove emissions. *Plos One*. 2012;7(10):1-8.
13. Greenberg D, Givon-Lavi N, Broides A, Blancovich I, Peled N, Dagan R. The Contribution of smoking and exposure to tobacco smoke to streptococcus pneumoniae and haemophilis influenzae carriage in children and their mother. *Clin Infect Dis*. 2006;42(7):897-903.

14. Yousif KT, Khaleq A. Epidemiology of acute respiratory tract infections (ARI) among children under five years old attending tikrit general teaching hospital. *Middle East J Family Med.* 2006;4(3):1
15. Chen SC, Wong RH, Shiu LJ, Chiou MC, Lee H. Exposure to mosquito coil smoke may be a risk factor for Lung Cancer in Taiwan. *J Epidemiol.* 2008;18(1):19-25
16. Manabe T, Higuera-Iglesias AL, Vazquez-Manriquez ME, Martinez-Valadez EL, Ramos LA, Izumi S, et al. Socioeconomic factors influencing hospitalized patients with pneumonia due to influenza A(H1N1) pdm09 in Mexico. *Plos One.* 2012;7(7):e40529.
17. Daud A, Sedionoto B. Analisis risiko konsentrasi SO<sub>2</sub> dan PM<sub>2,5</sub> terhadap penurunan kapasitas fungsi paru penduduk di sekitar kawasan industri Makassar. *J Lingkungan Tropis.* 2010;4(2):129-137.
18. Wahyuni TD, Ikhsan M. Perubahan iklim dan kesehatan paru. *J Respir Indon.* 2010;30:230-237
19. Baxter LK, Clougherty JE, Laden F, Levy JI. Predictors of concentrations of nitrogen dioxide, fine particulate matter and particle constituents inside of lower socioeconomic status urban homes. *J Expos Sci Environ Epidemiol.* 2007;17(5):433-444.
20. Mahalanabis D, Gupta S, Paul D, Gupta A, Lahiri M, Khaled A. Risk factor for pneumonia in infants and young children and the role of solid fuel for cooking: a case control study. *Epidemiol Infect.* 2002;129(1):65-71.
21. Grant CC, Emery D, Milne T, Coster G, Forrest CB, Wall CR, et al. Risk factors for community-acquired pneumonia in pre-school-aged children. *J Paediatric Child Health.* 2011;48(5):402-410.
22. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. *Pedoman teknis penilaian rumah sehat.* Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2007.
23. Kemenkes. *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 829/1999 tentang persyaratan kesehatan perumahan,* Jakarta: Kemenkes, 1999.
24. Lenni AFS. *Analisis Perilaku Keluarga dan Kondisi Rumah Sebagai Faktor Risiko Kejadian Pneumonia Pada Anak bawah lima tahun di Kota Medan Tahun 2008* [Masters thesis]. Indonesia: Universitas Diponegoro; 2009.
25. Dherani M, Pope D, Mascarenhas M, Smith KR, Weber M, Bruce N. Indoor Air Pollution from Unprocessed Solid Fuel Use and Pneumonia Risk in Children Under Five Years: A Systematic Review and Meta-analysis. *Bull World Health Organ.* 2008;86(5):390-398.
26. Mearns BM. Are You a Regular Passive Smoker?. *Nat Rev Cardiol.* 2010;7: 413.
27. Wonodi CB, Knoll MD, Feikin DR, DeLuca AN, Driscoll AJ, Moisi JC, et al. Evaluation of Risk Factor for Severe Pneumonia in Children: The Pneumonia Etiology Research for Children Health Study. *Clin Infect Dis.* 2012;54(2):S124-S131.
28. Liu W, Zhang J, Hashim JH, Jalaludin J, Hashim Z, Goldsstein BD. Mosquito Coil Emissions and Health Implications. *Environ Health Perspect.* 2003;111(12): 1454-1460.
29. Zhang L, Jiang Z, Tong J, Wang Z, Han Z, Zhang J. Using Charcoal as Base Material Reduces Mosquito Coil Emissions of Toxins. *Indoor Air.* 2010;20(2): 176-184.
30. Davis RE, Rossier CE, Enfield KB. The impact of weather on influenza and pneumonia mortality in New York City, 1975-2002: A retrospective study. *Plos One.* 2012;7(3):e34091.
31. Bhaskar BV, Mehta VM. Atmospheric Particulate Pollutants and their Relationship with Meteorology in Ahmedabad. *Aerosol Air Qual Res.* 2009;10:301-315.
32. Santus P, Russo A, Madonini E, Allegra L, Blasi F, Centanni S, et al. How air pollution influences clinical management of respiratory diseases. A Case-Crossover Study in Milan. *Respir Res.* 2012;13:95
33. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. *Hasil monitorong SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> Jakarta.* Jakarta: BMKG, 2011
34. Smith KR, Samet J, Romieu I, Bruce N. Indoor air pollution in developing countries and acute lower respiratory infections in children. *Thorax.* 2000;55(6): 518-532.
35. Tang JW. The effect of environmental parameters on the survival of airborne infections agents. *J Royal Soc Interface.* 2012;6(6):S737-S746.