

MANGAN DALAM UDARA AMBIENT DAN IRITASI SALURAN PERNAFASAN PADA ANAK-ANAK DI DESA SATAR PUNDA 2011

Achmad Naufal Azhari¹, I Made Djaja¹

ABSTRAK

Latar Belakang : Polusi udara berperan terhadap kesakitan dan kematian akibat gangguan saluran pernafasan. Iritasi saluran pernafasan diduga sebagai salah satu mekanisme efek pencemaran udara pada kesehatan. Tujuan : Mengetahui hubungan antara pajanan mangan dalam udara ambient dengan kejadian iritasi saluran pernafasan pada anak-anak.

Metode : Peneliti mengukur konsentrasi mangan dalam udara ambient pada 2 titik di sekitar kawasan pertambangan mangan. Responden yang digunakan adalah 138 anak berusia 6 sampai 12 tahun di sekitar pertambangan mangan. Kuesioner dan lembar observasi digunakan untuk mengetahui status iritasi saluran pernafasan dan rumah sehat. Analisis regresi logistik ganda digunakan untuk mengetahui faktor paling berperan dalam kejadian iritasi saluran pernafasan.

Hasil : Rata-rata konsentrasi mangan dalam udara ambient telah melampaui baku mutu udara yang ditetapkan oleh US EPA. Ditemukan hubungan bermakna antara konsentrasi mangan dalam udara ambient [OR = 11,88 (95% confidence interval (CI), 5,2-27,1)], kelembaban udara dalam rumah [OR = 0,08 (0,02-0,30)], dan jenis pencahayaan dalam rumah [OR = 0,13 (0,03-0,60)] dengan iritasi saluran pernafasan pada anak-anak. Analisis multivariat menunjukkan konsentrasi mangan dalam udara ambient memiliki hubungan dengan kejadian iritasi saluran pernafasan ($p=0,000/OR=3,34$) setelah dikontrol oleh 2 variabel lain. Kesimpulan : Pajanan mangan dalam udara ambient berhubungan dengan kejadian iritasi saluran pernafasan pada anak-anak.

Kata Kunci : konsentrasi mangan dalam udara ambient, iritasi saluran pernafasan, anak-anak

PENDAHULUAN

Mangan adalah salah satu golongan logam transisi yang berfungsi sebagai zat gizi esensial bagi manusia dan hewan. Jumlah mangan di alam tidak begitu berlimpah. Jumlahnya di seluruh kerak bumi berkisar 0,1% dan terkandung dalam air, udara, dan makanan dalam konsentrasi yang rendah. Akan tetapi apabila masuk ke dalam tubuh melewati konsentrasi yang diperkenankan dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, terutama gangguan saraf.

Efek mangan bagi tubuh manusia masih belum dapat diketahui secara pasti. Dalam konsentrasi tertentu mangan sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia yang bisa didapatkan baik dari jalur pencernaan (gastrointestinal) maupun melalui jalur pernafasan (inhalasi). Namun apabila melampaui batas yang diperkenankan dapat mengakibatkan sindrom yang disebut dengan manganism, yang biasa dialami oleh pekerja yang sering terpajan oleh mangan. Umumnya mangan diketahui sebagai neurotoksik yang dapat merusak sistem saraf manusia. Namun dalam beberapa studi eksperimental, mangan diketahui dapat berperan sebagai embriotoksik dan fetotoksik.

Sumber utama pencemaran mangan di alam adalah kegiatan manusia yang berupa industri alloy, baja,

dan produk besi. Sumber lainnya berasal dari kegiatan pertambangan, penggunaan pupuk dan fungisida, serta oksida mangan. Bahan bakar dengan menggunakan mangan sebagai peningkat oktan juga diperkirakan menjadi sumber pencemar namun dalam jumlah yang kecil. Mangan dapat ditemui di udara, makanan, minuman, dan tanah. Konsentrasi rata-rata mangan di tanah berkisar antara 500-900 mg/kg. Air permukaan memiliki konsentrasi rata-rata mangan sebesar 1-500 µg/liter. Pada air minum umumnya dijumpai konsentrasi mangan sebesar 5-25 µg/liter. Konsentrasi pada makanan umumnya di bawah 5 mg/kg. Di udara mangan dijumpai dalam bentuk *suspended particulate matter* (SPM) dengan konsentrasi di udara ambient berkisar antara 0,01-0,07 µg/m³ pada daerah bebas polusi udara. Sedangkan konsentrasi rata-rata mangan melebihi 0,5 µg/m³ dapat ditemukan di sekitar daerah industri.

Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) adalah penyakit infeksi yang menyerang sistem pernafasan manusia. ISPA dapat diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu Infeksi Saluran Pernafasan Atas/*Upper Respiratory Tract Infections* (URIs) dan Infeksi Saluran Pernafasan Bawah/*Lower Respiratory Tract Infections* (LRIs). Infeksi

1. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

saluran pernafasan atas menyerang organ pernafasan bagian atas seperti laring dan pita suara. Kelompok infeksi saluran pernafasan atas adalah yang paling sering dijumpai terdiri dari rhinitis, sinusitis, infeksi telinga, faringitis akut, epiglottitis, dan laryngitis. Infeksi saluran pernafasan bawah menyerang organ pernafasan bagian bawah yang meliputi trakea, bronkus, bronkiolus, hingga alveolus. Umumnya infeksi saluran pernafasan atas memiliki dampak yang sistemik bagi tubuh. Hal ini dikarenakan kemungkinan adanya infeksi sekunder oleh bakteri dan mikroba lainnya. Apabila disebabkan oleh zat kimia atau partikulat maka ISPA disebut sebagai iritasi saluran pernafasan.

Pada tahun 2002 di seluruh dunia WHO mencatat terdapat 94.037.000 kasus ISPA baru dengan jumlah kematian sebanyak 3,9 juta jiwa. Sedangkan pada tahun 2000 terdapat 1,9 juta kasus kematian akibat ISPA. Hal ini menunjukkan terjadinya tren peningkatan kematian akibat kasus ISPA selama kurun waktu 2 tahun. Kasus kematian terbanyak akibat ISPA pada tahun 2000 terdapat di Benua Afrika dan Asia Tenggara, yaitu sebesar 70% dari total kematian akibat ISPA di seluruh dunia.

ISPA merupakan masalah kesehatan yang cukup serius bagi Indonesia. Hal ini dikarenakan ISPA merupakan penyebab kematian terbesar pada bayi dan balita sejak tahun 2005. Hasil survey mortalitas subdit ISPA tahun 2005 menunjukkan bahwa pneumonia adalah penyebab terbesar kasus kematian pada bayi, yaitu mencapai 22,30% dari total seluruh kematian bayi yang ada. Hal ini juga terjadi pada kasus kematian balita dengan persentase kematian sebesar 23,60% dari total keseluruhan kematian balita di Indonesia pada tahun 2005. Hasil studi mortalitas risekdas 2007 menunjukkan bahwa kematian bayi akibat ISPA pneumonia meningkat menjadi 23,8% sedangkan pada balita turun menjadi 15,5%.

Sebuah hasil penelitian dengan menggunakan hewan percobaan menunjukkan hasil bahwa terdapat hubungan antara pemajanan mangan dengan infeksi saluran pernafasan akut. Adapun gangguan pernafasan yang terlihat selama penelitian adalah bronchiolitis, inflamasi alveolus, dan proliferasi jaringan bronkus. Inflamasi alveolus dan gangguan bronkus hilang setelah 45 hari pemajanan sehingga digolongkan ke dalam infeksi sub-akut.

Laporan gangguan kesehatan akibat pajanan melalui udara sering dilaporkan pada daerah-daerah yang berdekatan dengan pertambangan mangan. Pada tahun 1939 dilaporkan terjadi peningkatan angka kesakitan dan kematian akibat pneumonia lobaris di Norway. Peningkatan ini berhubungan secara signifikan dengan kegiatan produksi alloy mangan di sekitar daerah tersebut. Hasil studi lainnya yang dilakukan selama 4 tahun pada suatu populasi menunjukkan bahwa pajanan mangan melalui udara dengan konsentrasi 1 mg/m^3 berhubungan dengan peningkatan kasus ISPA.

Sejak tahun 2008-2010 jumlah kasus ISPA di Desa Satar Punda, Kabupaten Manggarai Timur terus

menempati urutan teratas dalam 10 urutan penyakit terbanyak. Apabila dilihat berdasarkan tren penyakit, terlihat bahwa prevalensi kasus ISPA terus mengalami kenaikan sejak tahun 2008 (3,43%), 2009 (4,12%), hingga 2010 (4,81%). Diketahui pula bahwa terdapat kegiatan pertambangan mineral berupa mangan sehingga berpotensi terjadi pencemaran debu mangan dalam udara ambient di Desa Satar Punda. Oleh karena itu penting untuk melihat hubungan antara konsentrasi mangan di udara ambient dengan kejadian ISPA atau iritasi saluran nafas pada anak-anak di Desa Satar Punda, Kabupaten Manggarai Timur. Melalui studi ini diharapkan dapat diketahui hubungan konsentrasi mangan dalam udara ambient dengan kejadian iritasi saluran nafas pada anak-anak.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain studi potong lintang (*cross-sectional*) dengan melakukan pengukuran konsentrasi mangan dalam udara ambient, observasi status rumah sehat, dan pemeriksaan kesehatan anak. Populasi yang digunakan adalah seluruh anak-anak yang ada di Desa Satar Punda sedangkan sampel dalam penelitian adalah 138 anak dari populasi yang memenuhi kriteria inklusi yaitu anak-anak dalam kelompok usia enam hingga dua belas tahun ketika penelitian mulai dilaksanakan, dalam keadaan sehat, tidak sakit berat termasuk ISPA dan perawatan inap, tidak memiliki kelainan bawaan, keluarga sampel memiliki saluran listrik sendiri serta berjenis kelamin laki-laki dan perempuan. Pengambilan sampel dilakukan dengan prosedur *simple random sampling*.

Pengambilan sampel debu dalam udara ambient dilakukan dengan menggunakan *High Volume Sampler* (HVS) Model Sibata-500 sesuai dengan prosedur standar yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan RI (1997). Data kejadian iritasi saluran pernafasan dikumpulkan dengan melakukan wawancara terhadap responden mengenai gejala iritasi saluran pernafasan yang dialami oleh anak. Responden adalah ibu atau orang yang bertanggung jawab terhadap anak sehari-hari. Peneliti juga melakukan observasi pada rumah responden untuk mengetahui status rumah sehat. Suhu dan kelembaban udara dalam rumah diukur dengan menggunakan termohigrometer sedangkan intensitas cahaya matahari diukur dengan menggunakan luxmeter. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah kejadian iritasi saluran pernafasan pada anak-anak. Variabel independen adalah konsentrasi mangan dalam udara ambient. Kovariat adalah komponen rumah sehat yang meliputi jenis lantai terluas, jenis dinding terluas, keberadaan ventilasi, kepadatan hunian dalam rumah, pencahayaan dalam rumah, temperatur, kelembaban, dan intensitas cahaya matahari dalam rumah.

Perbedaan nilai rata-rata konsentrasi mangan dalam udara ambient antara kelompok sampel yang menderita iritasi saluran pernafasan dan tidak menderita diuji dengan menggunakan T-test. Uji *chi-square* dilakukan untuk mengetahui hubungan antar variabel, besarnya risiko, dan skrining untuk analisis regresi logistik ganda. Kemudian untuk mengetahui variabel yang paling berperan terhadap kejadian iritasi saluran pernafasan dilakukan uji regresi logistik ganda.

HASIL & PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan rata-rata konsentrasi mangan dalam udara ambient adalah $1,3 \times 10^{-4}$

$\pm 1,5 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$ (95% CI: $1,1 \times 10^{-4}$ - $1,6 \times 10^{-4}$) dengan nilai minimum $1,2 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$ dan nilai maksimum $5,1 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$. Rata-rata konsentrasi mangan dalam udara ambient telah melampaui baku mutu udara yang ditetapkan oleh US EPA, yaitu $5 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$ (Lihat tabel 1). Dengan menggunakan uji T-test terlihat bahwa anak-anak yang menderita iritasi saluran pernafasan menghirup udara ambient dengan rata-rata konsentrasi mangan yang lebih tinggi ($1,8 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$ vs $6,3 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$) dibandingkan anak-anak yang tidak menderita iritasi saluran pernafasan (nilai $p < 0,05$). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada konsentrasi mangan dalam udara ambient pada anak-anak yang menderita iritasi saluran pernafasan dan tidak menderita (Lihat tabel 2)

Tabel 1
Distribusi Konsentrasi Debu Mangan di Daerah Penelitian Agustus 2011

Variabel	Mean	SD	Min-Maks	95%CI	Baku Mutu (mg/m ³)
Konsentrasi mangan dalam udara ambient (mg/m ³)	$1,3 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-5}$ - $5,1 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-4}$ - $1,6 \times 10^{-4}$	5×10^{-5} (US EPA,2011)

Tabel 2
Distribusi Tingkat Konsentrasi Debu Mangan Menurut Kejadian Iritasi Saluran Pernafasan pada Anak-Anak di Daerah Penelitian Agustus 2011

Iritasi Saluran Pernafasan	N	Mean	SD	SE	Nilai p
Ya	82	$1,8 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-5}$	0,000
Tidak	56	$6,3 \times 10^{-5}$	$9,3 \times 10^{-5}$	$1,2 \times 10^{-5}$	

Tabel 3
Hasil Analisis Bivariat Konsentrasi Mangan dalam Udara Ambient, Status Rumah Sehat, dan Kejadian Iritasi Saluran Pernafasan pada Anak-Anak di Daerah Penelitian Agustus 2011

Variabel	Kategori	Iritasi Saluran Pernafasan		OR	95% CI	Nilai p
		Ya	Tidak			
Konsentrasi Mn dalam Udara Ambient	Di atas baku mutu udara	61 (84,7%)	11 (15,3%)	11,88	5,2-27,1	0,00
	Di bawah baku mutu udara	21 (31,8%)	45 (68,2%)			
Jenis lantai rumah terluas	Batu, tanah	44 (67,7%)	21 (32,3%)	1,93	0,9-3,9	0,09
	Keramik, marmer, tegel, plester, kayu	38 (52,1%)	35 (47,9%)			
Jenis dinding rumah terluas	Bambu, anyaman bamboo	54 (60%)	36 (40%)	1,07	0,5-2,2	0,99
	Tembok, setengah tembok, papan, kayu	28 (58,3%)	20 (41,7%)			
Kepadatan hunian dalam rumah	Di atas rata-rata (>6,2 orang/m ²)	32 (59,3%)	22 (40,7%)	0,99	0,5-1,9	1,00
	Di bawah rata-rata ($\leq 6,2$ orang/m ²)	50 (59,5%)	34 (40,5%)			

Ventilasi dalam rumah	Tidak memenuhi syarat	80 (59,3%)	55 (40,7%)	0,73	0,1-8,2	1,00
	Memenuhi syarat	2 (66,7%)	1 (33,3%)			
Suhu udara dalam rumah	Tidak memenuhi syarat (<18/>30 °C)	59 (55,1%)	48 (44,9%)	0,43	0,2-1,0	0,09
	Memenuhi syarat (18-30°C)	23 (74,2%)	8 (25,8%)			
Kelembaban udara dalam rumah	Tidak memenuhi syarat (<40/>70%)	55 (50,5%)	54 (49,5%)	0,08	0,02-0,3	0,00
	Memenuhi syarat (40-70%)	27 (93,1%)	2 (6,9%)			
Jenis pencahayaan dalam rumah	Buatan	2 (18,2%)	9 (81,8%)	0,13	0,03-0,6	0,01
	Alami	80 (63%)	47 (37%)			
Intensitas sinar matahari dalam rumah	Tidak memenuhi syarat (<60/>500 lux)	44 (65,7%)	23 (34,3%)	1,66	0,8-3,3	0,20
	Memenuhi syarat (60-500 lux)	38 (53,5%)	33 (46,5%)			

Analisis bivariat menunjukkan bahwa konsentrasi mangan dalam udara ambient, kelembaban udara dalam rumah, dan jenis pencahayaan dalam rumah memiliki hubungan bermakna dengan kejadian iritasi saluran pernafasan pada anak-anak dengan nilai OR masing-masing = 11,88 [95% confidence interval (CI), 5,2-27,1], 0,08 (0,02-0,30), dan 0,13 (0,03-0,60).

Hasil analisis regresi logistik ganda menunjukkan hubungan antara variabel konsentrasi mangan dalam udara ambient, jenis pencahayaan dalam rumah, dan intensitas cahaya matahari dalam rumah dengan kejadian iritasi saluran pernafasan pada anak-anak di lokasi penelitian (Lihat tabel 4). Anak-anak yang menghirup udara dengan konsentrasi mangan di atas baku mutu memiliki risiko 19,67 kali lebih besar untuk menderita iritasi

saluran pernafasan dibandingkan anak-anak yang menghirup udara dengan konsentrasi mangan di bawah baku mutu. Anak-anak yang tinggal dalam rumah dengan jenis pencahayaan dominan buatan (lampu listrik, lilin, lentera) memiliki risiko 0,17 kali lebih besar untuk menderita iritasi saluran pernafasan dibandingkan anak-anak yang tinggal dalam rumah dengan jenis pencahayaan dominan alami (sinar matahari langsung). Anak-anak yang tinggal dalam rumah dengan intensitas cahaya matahari yang tidak memenuhi syarat (<60 lux atau >500 lux) memiliki risiko 4,34 kali lebih besar untuk menderita iritasi saluran pernafasan dibandingkan anak-anak yang tinggal dalam rumah dengan intensitas cahaya matahari dalam rumah yang memenuhi syarat (60-500 lux).

Tabel 4

Model Akhir (*Full Model*) Analisis Regresi Logistik Ganda Model Prediksi antar Variabel Kandidat dengan Kejadian Iritasi Saluran Pernafasan pada Anak-Anak di Daerah Penelitian Agustus 2011

Variabel	Koefisien	OR	95% CI	Nilai p
Konsentrasi Mn dalam udara ambien	2,98	19,67	7,05-54,89	0,000
Jenis pencahayaan dalam rumah	-1,79	0,17	0,03-0,93	0,041
Intensitas cahaya matahari dalam rumah	1,47	4,34	1,59-11,87	0,004
Konstan	-1,11			

Berdasarkan hasil dalam tabel 4 maka dapat dibentuk persamaan logistik dan probabilitas kejadian iritasi saluran pernafasan pada anak-anak akibat pajanan mangan dalam udara ambient yang melebihi baku mutu. Bila seorang anak tidak terpajan oleh udara yang memiliki konsentrasi mangan melebihi baku mutu, jenis pencahayaan dominan dalam rumah alami, dan intensitas cahaya matahari dalam rumah sesuai persyaratan, akan

memiliki probabilitas iritasi saluran pernafasan sebesar 24,7% (Lihat Persamaan 1). Sementara itu probabilitas kejadian iritasi saluran pernafasan apabila terpajan oleh udara ambient dengan konsentrasi mangan di atas baku mutu, jenis pencahayaan dominan dalam rumah buatan, dan intensitas cahaya matahari dalam rumah tidak sesuai persyaratan sebesar 82,5% (Lihat Persamaan 2). Setelah didapatkan probabilitas untuk kelompok kasus dan

nonkasus maka besar risiko dari kedua kelompok tersebut adalah 3,34 (Lihat Persamaan 3). Artinya anak yang menghirup udara dengan konsentrasi mangan di atas baku mutu akan memiliki risiko kejadian iritasi saluran pernafasan sebesar 3,34 kali lebih tinggi dibandingkan anak yang menghirup udara dengan konsentrasi mangan di bawah baku mutu setelah dikontrol variabel jenis lantai terluas dalam rumah, suhu udara dalam rumah, kelembaban udara dalam rumah, jenis pencahayaan dalam rumah, dan intensitas cahaya matahari dalam rumah.

$$\begin{aligned}
 P_{(0)} &= \frac{1}{1 + e^{-[-1,11 + 0,98(0) + (-1,79)(0) + 1,47(0)]}} \\
 &= \frac{1}{1 + e^{-[-1,11]}} \\
 &= 0,247 = 24,7\% \dots \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{(1)} &= \frac{1}{1 + e^{-[-1,11 + 0,98(1) + (-1,79)(1) + 1,47(1)]}} \\
 &= \frac{1}{1 + e^{-[1,55]}} \\
 &= 0,825 = 82,5\% \dots \dots \dots (2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{OR} &= \frac{P_1}{P_0} \\
 &= \frac{0,825}{0,247} = 3,34 \dots \dots \dots (3)
 \end{aligned}$$

PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini ditemukan konsentrasi mangan dalam udara ambient telah melampaui baku mutu yang ditetapkan oleh US EPA yaitu sebesar 0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang juga menemukan bahwa konsentrasi mangan dalam udara ambient di sekitar kawasan pertambangan di Cina lebih dari 4,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dalam studi lainnya ditemukan bahwa konsentrasi mangan dalam sedimen di sekitar kawasan pertambangan di Filipina juga tinggi yaitu berkisar antara 132,8-304,7 ppm. Hal ini mengindikasikan bahwa walaupun mangan terdapat lebih banyak di dalam kerak bumi daripada di permukaan bumi, namun dapat keluar dalam jumlah banyak akibat adanya kegiatan pertambangan atau pengerukan dan mencemari udara, air, serta tanah.

Hasil penelitian menunjukkan terdapat hubungan yang bermakna antara konsentrasi mangan dalam udara ambient dengan kejadian iritasi saluran pernafasan. Risiko anak yang menghirup udara dengan konsentrasi mangan di atas baku mutu udara adalah 11,88 kali lebih besar daripada anak yang menghirup udara dengan kadar mangan di bawah baku mutu. Hasil yang ditemukan dalam penelitian ini sejalan dengan beberapa laporan kasus yang berhasil dicatat oleh WHO. Dalam publikasinya, WHO mencatat terjadinya peningkatan insiden kasus pneumonia pada pekerja di tambang mangan. Namun hingga saat ini

belum dapat dipastikan bahwa penyebab meningkatnya insiden pneumonia tersebut adalah konsentrasi mangan di udara ambient. Hal ini dikarenakan adanya faktor distribusi ukuran partikel debu mangan dan jenis senyawa mangan yang diduga juga memengaruhi kejadian peningkatan insiden pneumonia selain konsentrasinya di udara ambient. Selain itu debu yang muncul pada proses penambangan mangan mengandung banyak logam lain selain mangan yang bersifat toxic bagi manusia dan dapat mengakibatkan iritasi pada saluran pernafasan seperti cadmium, arsenic, selenium, antimony, timbal, nikel, dan berilium sehingga belum dapat dipastikan bahwa penyebab iritasi saluran pernafasan pada pekerja tambang adalah murni akibat debu mangan. Secara spesifik iritasi yang muncul akibat debu dari pertambangan mangan berupa bronchitis hingga kerusakan paru-paru.

Selain pada pekerja tambang, peningkatan keluhan gangguan pernafasan akibat pajanan debu mangan juga terjadi pada pekerja las. Pekerja las yang mengalami abnormalitas saluran pernafasan rata-rata telah bekerja sebagai tukang las selama 20,9 tahun. Dari penelitian ini terlihat bahwa waktu pemajanan juga dapat memengaruhi hubungan antara konsentrasi mangan di udara ambient dengan kejadian iritasi saluran pernafasan.

Mangan merupakan salah satu toksikan yang dapat menyebabkan efek kesehatan bersifat akut dan kronik pada saluran pernafasan manusia. Pada efek akut akan terlihat kejadian pneumonia akut yang dikenal dengan istilah *manganese pneumonia* dan sering berkembang hingga fatal. Sedangkan efek kronik pada saluran pernafasan adalah pneumonia berulang.

Dalam publikasi lainnya, WHO melaporkan bahwa terdapat hubungan antara pajanan mangan melalui udara dengan peningkatan prevalensi gejala gangguan saluran hidung dan tenggorokan. Selain itu juga nampak gangguan fungsi saluran pernafasan bawah pada anak-anak yang terpajanan mangan melalui udara. Peningkatan ini terjadi pada kondisi udara dengan konsentrasi mangan 4-7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan waktu pajanan rata-rata selama 5 hari jika dibandingkan dengan anak-anak yang tidak terpajanan oleh mangan. Pada penelitian lainnya terlihat bahwa pajanan mangan melalui udara dengan konsentrasi yang kecil (1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan kasus ISPA

Hasil dalam penelitian ini juga sejalan dengan beberapa studi eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui efek dari pemajanan mangan terhadap kesehatan manusia. Penelitian eksperimental yang dilakukan oleh Dorman (2005) menunjukkan hasil bahwa pajanan mangan sulfat pada hewan monyet percobaan dengan konsentrasi 1,5 mg/m^3 selama 15 hari pajanan atau lebih berhubungan dengan peningkatan konsentrasi mangan di paru-paru. Peningkatan konsentrasi ini lebih lanjut menyebabkan bronkiolitis subakut dan inflamasi saluran alveolar (Insiden=4/4; $p < 0,05$) serta proliferasi

pada bronkus (Insiden=3/4; $p < 0,05$). Kejadian bronkiolitis dan inflamasi saluran alveolar terlihat menghilang setelah waktu pajanan 45 hari. Hal ini mengindikasikan bahwa pajanan subkronik mangan tidak berpengaruh pada ISPA. Hasil ini diperkirakan dapat diterapkan pada manusia karena manusia dan monyet memiliki susunan anatomi paru-paru yang sama serta sensitivitas terhadap asap rokok, debu, dan ozon pada bagian bronkus, dan saluran nafas spesifik lainnya sama antara manusia dengan monyet.

Iritasi saluran pernafasan yang dapat diakibatkan oleh debu mangan selain bronchitis adalah pneumonitis (*Manganese pneumonitis*). Penelitian dengan menggunakan hewan percobaan menunjukkan bahwa pneumonitis dapat terjadi karena perubahan pada sel-sel epitel yang ada di saluran nafas. Perubahan ini terjadi dengan sangat cepat dengan reaksi pertama muncul sejak 15 menit setelah pemaparan mangan. Lalu dalam 24 jam hewan percobaan akan mengalami kematian karena edema pada paru-paru. Kejadian sistemik ini tidak teramati pada manusia dalam penelitian. Hal ini dikarenakan debu mangan yang cukup berat sehingga banyak yang berjatuh sebelum dapat masuk ke saluran pernafasan manusia. Karena dosis yang belum cukup maka kejadian yang teramati pada manusia hanya berupa gangguan pernafasan seperti batuk, pilek, dan sesak nafas.

Analisis regresi logistik ganda menunjukkan hubungan yang bermakna antara konsentrasi mangan dalam udara ambient, jenis pencahayaan dominan dalam rumah, dan intensitas cahaya matahari dalam rumah dengan kejadian iritasi saluran pernafasan. Hubungan bermakna antara jenis pencahayaan dominan dan intensitas cahaya matahari dalam rumah dengan gangguan saluran pernafasan juga ditemukan dalam penelitian sebelumnya. Hal ini memperlihatkan bahwa iritasi saluran pernafasan yang terjadi pada anak-anak di lokasi penelitian tidak disebabkan oleh satu faktor risiko saja, melainkan banyak faktor (*multiple factors*). Oleh karena itu sasaran utama atau prioritas utama program intervensi yang harus dilakukan adalah pada faktor risiko konsentrasi mangan dalam udara ambient, setelah itu baru dilakukan intervensi pada faktor risiko lain yang mempengaruhi kejadian iritasi saluran pernafasan.

Intervensi kesehatan masyarakat yang dapat dilaksanakan untuk menyelesaikan masalah di lokasi penelitian harus bersifat lintas sektor. Kegiatan yang perlu dilakukan antara lain analisis risiko akibat pajanan mangan terhadap kesehatan manusia secara komprehensif dan berkesinambungan, monitoring kualitas udara di sekitar pertambangan mangan secara berkelanjutan, dan analisis lebih lanjut bahaya pajanan mangan terhadap manusia, khususnya anak-anak. Semua kegiatan tersebut bertujuan untuk mendeteksi secara dini gejala keracunan mangan dan harus melibatkan lintas sektor seperti Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD), Dinas

Kesehatan, Dinas Pertambangan, dan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) yang *concent* di bidang lingkungan dan kesehatan. Bagi masyarakat yang telah mengalami keracunan mangan dengan gejala berupa iritasi saluran pernafasan perlu dilakukan pengobatan khusus. Pemberian suplemen berupa kalsium dan besi perlu dilakukan karena telah terbukti dapat menurunkan konsentrasi mangan di dalam tubuh. Selain itu karena mangan bersama dengan logam berat lainnya secara alamiah berada di lapisan kerak bumi maka kegiatan pertambangan perlu dikurangi frekuensinya dan pemerintah daerah harus lebih selektif dalam memberikan izin mendirikan pertambangan tambang mangan kepada investor.

SIMPULAN & SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis, dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa konsentrasi mangan dalam udara ambient memiliki hubungan yang bermakna dengan kejadian iritasi saluran pernafasan pada anak-anak. Konsentrasi mangan dalam udara ambient yang melebihi baku mutu udara memiliki kecenderungan/berisiko 3,34 kali lebih besar untuk menyebabkan iritasi saluran pernafasan pada anak-anak dibandingkan dengan konsentrasi mangan dalam udara ambient yang masih di bawah nilai baku mutu, setelah dikontrol oleh variabel jenis pencahayaan dominan dalam rumah dan intensitas cahaya matahari dalam rumah.

Saran

Pemerintah pusat dan daerah sudah selayaknya mulai memperhatikan kondisi kesehatan penduduk yang bertempat tinggal di sekitar lokasi pertambangan. Dinas Kesehatan, Dinas Pertambangan, BPLHD, dan LSM setempat diharapkan dapat bekerja sama dalam melakukan analisis risiko pajanan mangan pada manusia serta monitoring kualitas udara di sekitar lokasi pertambangan mangan secara komprehensif dan berkesinambungan. Bagi masyarakat yang telah mengalami keracunan mangan dapat diobati dengan memberikan asupan kalsium tambahan karena fungsinya sebagai kompetitor mangan dalam tubuh sehingga mangan dapat diekskresikan lebih cepat dari dalam tubuh manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Bouchard M, Laforest F, Vandelac L, Bellinger D, Mergler D. Hair Manganese and Hyperactive Behaviors: Pilot Study of School-Age Children Exposed through Tap Water. *Environmental Health Perspectives*. 2007; 115 (1) : 122-7.

- Dorman DC, Struve MF, Gross EA, Wong BA, Howroyd PC. Sub-chronic inhalation of high concentrations of manganese sulfate induces lower airway pathology in rhesus monkeys. *Respiratory Research*. 2005; 6 (121) : 1-10.
- Hafeman D, Litvak PF, Cheng Z, Van Geen A, Ahsan H. Association between Manganese Exposure through Drinking Water and Infant Mortality in Bangladesh. *Environmental Health Perspectives*. 2007; 115 (1) : 1107-12.
- Kartono B, Purwana R, Djaja IM. Hubungan Lingkungan Rumah dengan Kejadian Luar Biasa (KLB) Difteri di Kabupaten Tasikmalaya (2005-2006) dan Garut Januari 2007, Jawa Barat. *Makara Kesehatan*. 2008; 12 (1) : 8-12.
- Kaye HK. Particles Causing Lung Disease. *Environmental Health Perspectives*. 1984; 55 : 97-109.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Profil Kesehatan Indonesia 2009. Jakarta : Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2010.
- Klaassen CD, Amdur MO, Doull J. *Toxicology The Basic Science of Poisons Third Edition*. New York : Macmillan Publishing Company; 1986.
- Llyod D and HE Harding. Manganese Pneumonitis Futher Clinical and Experimental Observation. *British Journal of Industrial Medicine*. 1948; 8 (82) : 82-91.
- Manalac SM 2009, 'Marinduque (Philippines) : 11 Years After The Marcopper Mining Incidents', *Proceedings of The Pacific Basin Consortium for Environment and Health's 13th International Conference*, pp 1-16. Available from http://www.pacificbasin.org/PBC_2009_Conference/followup/Program.html. [7 November 2011].
- Rosemarie MB, Harry AR, Sanae N, Marija D, Emily D, Robert P, et. al.. Dose-effect relationship between Manganese Exposure and Neurological, Neuropsychological, and Pulmonary Function in Confined Space Bridge Welders. *Occup Environ Med*. 2007; 64 : 167-177.
- The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. *Diseases Control Priorities in Developing Countries*. New York : Oxford University Press; 2006.
- Wasserman GA, Liu X, Parvez F, Ahsan H, Levy D, Livak PF, et. al.. Water Manganese Exposure and Children's Intellectual Function in Arahazar, Bangladesh. *Environmental Health Perspectives*. 2006; 114 (1) : 124-9.
- World Health Organization [homepage on the internet]. *Acute Respiratory Infections*; [updated 2011 June 10; cited 2011 June 16]. Available from : <http://www.who.int>.
- World Health Organization. *Environmental Health Criteria 17 (Manganese)*. Geneva : WHO; 1981.
- Xinying Z 2009, 'Community Exposure in a Mining Area as a Result of Mine Industrial Activities', *Proceedings of The Pacific Basin Consortium for Environment and Health's 13th International Conference*, pp 1-36. Available from http://www.pacificbasin.org/PBC_2009_Conference/followup/Program.html. [7 November 2011].