

ANALISIS RISIKO PAPARAN SO₂ TERHADAP RISIKO NON KARSINOGENIK PADA PEKERJA PENYAPU JALAN DI KOTA SAMARINDA

Iwan M. Ramdan¹, Robiatul Adawiyah², Ade Rahmat Firdaus³

^{1,2,3} Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Mulawarman

Email : i_oneramdan@yahoo.co.id

ABSTRACT

The high density of activity and human population in urban areas has caused urban air pollutants to be higher than in other areas. Urban air pollution can be sourced from motor vehicles and fossil-fueled industries that produce NO₂, SO₂, SO₃, Ozone, CO, HC, and dust particles. Road sweepers are exposed to various air pollutants every day so that high risk of carcinogenic and non carcinogenic health effects, especially respiratory disorders.

This study aims to determine the health risks caused by exposure to SO₂ on road sweepers in Samarinda City. Descriptive research with Environmental Health Risk Analysis method (EHRA) has been done to 74 respondents. SO₂ sampling is done at the intersection of Jembatan Dua, intersection of Air Putih, and intersection of Darussalam Mosques Samarinda city. Measurement of SO₂ concentration by spectrofotometer and health risk by questionnaire. Data analysis using EHRA method.

The results showed exposure intake <RfC SO₂ (0.0125 mg / kg / day) with SO₂ concentration of 0.0043 mg / m³ and RQ value 1. No non-carcinogenic health risks existed based on duration of realtime and lifetime exposure. Preventive measures include health promotion, specific prevention, early detection and treatment to prevent and resolve respiratory problems.

Keywords : Health risk, SO₂, Street sweeper.

ABSTRAK

Tingginya aktivitas dan kepadatan populasi manusia di perkotaan telah menyebabkan polutan udara perkotaan lebih tinggi dibandingkan daerah lainnya. Polusi udara perkotaan dapat bersumber dari kendaraan bermotor dan industri berbahan bakar fosil yang menghasilkan NO₂, SO₂, SO₃, Ozon, CO, HC, dan partikel debu. Pekerja penyapu jalan terpapar berbagai polutan udara setiap hari sehingga berisiko tinggi terkena dampak kesehatan karsinogenik maupun non karsinogenik terutama gangguan pernafasan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui risiko kesehatan akibat paparan SO₂ pada pekerja penyapu jalan di Kota Samarinda. Penelitian

deskriptif dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) telah dilakukan terhadap 74 orang responden. Pengambilan sampel SO₂ dilakukan di simpang empat Jembatan Dua, simpang empat Air Putih, dan simpang empat Masjid Darussalam Kota Samarinda. Pengukuran konsentrasi SO₂ dengan metode spektrofotometer dan risiko kesehatan menggunakan kuesioner. Analisis data menggunakan metode ARKL.

Hasil penelitian menunjukkan *intake* paparan < *RfC* SO₂ (0,0125 mg/kg/hari) dengan konsentrasi SO₂ sebesar 0,0043 mg/m³ dan nilai RQ ≤ 1. Belum ditemukan adanya risiko kesehatan nonkarsinogenik berdasarkan durasi pajanan *realtime* dan *lifetime*. Diperlukan upaya pencegahan berupa peningkatan kesehatan, pencegahan spesifik, deteksi dan pengobatan dini untuk mencegah dan mengatasi gangguan pernapasan.

Kata Kunci : Risiko kesehatan, SO₂, Penyapu Jalan.

Pendahuluan

Tingginya aktivitas dan kepadatan populasi manusia di perkotaan telah menyebabkan polutan udara di perkotaan berada pada tingkat yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang kurang berkembang dan lingkungan alami (Ling et al, 2010). Organisasi Kesehatan Dunia menyatakan polusi udara perkotaan sebagai masalah kesehatan masyarakat yang kritis dan merupakan faktor risiko lingkungan terbesar terhadap kesehatan. Pada tahun 2012, di seluruh dunia polusi udara ambient diestimasi telah banyak menyebabkan kematian. Beberapa penyakit yang berhubungan dengan polusi udara ini antara lain penyakit jantung iskemik dan stroke (72%), penyakit paru obstruktif menahun dan infeksi saluran pernafasan akut (14%) serta

kanker paru-paru (14%). Angka terbesar kematian akibat polusi udara terjadi di daerah pasifik barat dan asia timur serta selatan, 88% diantaranya terjadi di negara berpenghasilan rendah dan menengah (WHO, 2016). Konsekuensi polusi udara terhadap kesehatan masyarakat tidak hanya berdampak terhadap penyakit dan kematian, namun juga menyebabkan kehilangan produktivitas dan kehilangan kesempatan pengembangan pendidikan dan perkembangan manusia lainnya (UN, 2001).

Polutan seperti sulphur dioksida, karbon monoksida, partikulat, volatil hidrokarbon, oksidan fotokimia dan timbal telah disepakati sebagai ancaman terbesar bagi kesehatan manusia (Cunningham et al, 2005). Berbagai polutan ini memiliki kemampuan untuk mengancam

kesehatan dan lingkungan manusia serta dapat menyebabkan kerusakan properti yang signifikan. Studi epidemiologi dan laboratorium menunjukkan polutan udara ambien (seperti, PM, O₃, SO₂ dan NO₂) berkontribusi terhadap berbagai masalah pernapasan seperti bronkitis, emfisema dan asma (Ling et al, 2012). Polutan udara yang dapat mengakibatkan gangguan pada saluran pernafasan adalah gas NO₂, SO₂, formaldehid, ozon, dan partikel debu. Polutan tersebut bersifat iritan terhadap saluran pernafasan dan dapat mengakibatkan gangguan fungsi paru. Gas SO₂ dapat menimbulkan efek iritasi pada saluran pernafasan bagian atas karena mudah larut dalam air yang mengakibatkan produksi lendir meningkat sehingga terjadi penyempitan pada saluran pernafasan (Achmadi, 2013).

Menurut Rahila dan Siddiqui (2014) paparan SO₂ dapat menyebabkan gangguan sistem pernafasan dan iritasi mata. Sedangkan Geravandi (2015) menyatakan bahwa di negara berkembang, salah satu sumber polusi udara yang umum adalah kendaraan bermotor dan industri. Paparan jangka panjang SO₂ menyebabkan respons inflamasi paru-paru yang menyebabkan penyempitan saluran napas dan

kerusakan jaringan paru-paru yang dikenal dengan emphysema. Beberapa penelitian lainnya telah menunjukkan hubungan efek jangka pendek dan jangka panjang dari paparan polutan udara SO₂ dan NO₂ dengan kesehatan manusia seperti penyakit paru obstruktif menahun, penyakit kardiovaskular, dan gangguan pernafasan lainnya (Barnet 2007).

Penyebab terjadinya pencemaran lingkungan di atmosfer biasanya berasal dari sumber kendaraan bermotor dan atau industri. Bahan pencemar yang dikeluarkan antara lain adalah gas NO₂, SO₂, SO₃, ozon, CO, HC, dan partikel debu. Gas NO₂, SO₂, CO, HC dapat dihasilkan oleh proses pembakaran dari mesin yang menggunakan bahan bakar fosil (Mukono, 2008). Pembakaran bensin dalam kendaraan bermotor sebagian besar menjadi penyebab polusi udara. Pembakaran bensin yang tidak sempurna akan menghasilkan banyak bahan yang tidak diinginkan dan meningkatkan pencemaran (Sastrawijaya, 2009)

Di Indonesia, Kementerian Lingkungan Hidup (2014) menyimpulkan sektor transportasi merupakan sumber pencemar udara dan gas rumah kaca (GRK) yang penting diperkotaan.

Sementara itu di Samarinda, Badan Lingkungan Hidup Daerah tahun 2015 menunjukkan simpang empat "Jembatan Dua" memiliki parameter udara ambien gas SO₂ paling tinggi pada dibanding dengan lokasi lainnya, walaupun masih dibawah baku mutu kualitas udara ambien berdasarkan PP No. 41 Tahun 1999 yaitu sebesar 442,63 µg/Nm³. Angka ini menunjukkan bahwa daerah simpang empat jembatan dua masih aman untuk pencemaran udara namun sifat iritan dan korosif gas SO₂ ini yang apabila terus-menerus terhirup akan menimbulkan keluhan kesehatan pada pengguna jalan. Sesuai dengan hasil penelitian Meng dan Zhang (2002) bahwa besaran konsentrasi SO₂ yang berada di bawah nilai baku mutu udara ambien bukan berarti bisa dinyatakan aman dari risiko kesehatan, paparan jangka panjang SO₂ level rendah dapat menginduksi kerusakan *cytogenik in vivo* pada manusia.

Salah satu kelompok pekerja yang berisiko tinggi terpapar polutan pencemar udara SO₂ adalah pekerja penyapu jalan yang bekerja setiap hari selama 5-6 jam. Kelompok pekerja ini bekerja pada mulai pukul 05.00–10.00 WITA (pada jalan umum), pukul 05.00–11.00 WITA (pada jalan protokol), siang hari pukul 13.00–18.00 WITA

(pada jalan umum) dan pukul 12.00–18.00 WITA (pada jalan protokol). Pada jam-jam inilah volume kendaraan sedang padat sehingga risiko gangguan kesehatan akibat paparan SO₂ menjadi meningkat.

Analisis risiko adalah suatu proses ilmiah yang digunakan untuk memperkirakan kemungkinan dampak negatif dari kesehatan karena paparan bahan kimia berbahaya. Analisis ini terdiri dari 3 komponen yaitu penilaian risiko (*risk assesment*), manajemen risiko (*risk management*) serta komunikasi risiko (*risk communication*). Penilaian risiko terdapat empat tahapan yang harus dipenuhi untuk mengetahui besarnya risiko yaitu identifikasi bahaya, penentuan *dose response*, *exposure assesment*, *risk characterization* (enHEALTH, 2012 dan Yuantari dkk, 2015). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko paparan dari SO₂ pada pekerja penyapu jalan yang menjadi salah satu risiko dalam pekerjaan setiap hari. Penilaian risiko dimaksudkan untuk menentukan besarnya suatu risiko kesehatan akibat paparan SO₂ terhadap kesehatan pekerja penyapu jalan.

Metode

Studi cross sectional dengan pendekatan analisis

risiko kesehatan lingkungan (ARKL) telah dilakukan pada bulan Maret sampai Juni 2016 terhadap 74 pekerja penyapu jalan yang bekerja pada 14 ruas jalan di Kota Samarinda yang bermuara di simpang empat jembatan dua, simpang empat air putih, dan simpang empat Masjid Darussalam. Lokasi tersebut dipilih karena memiliki konsentrasi SO₂ tertinggi masing-masing 442,63 µg/Nm³, 419,46 µg/Nm³ dan 403,76 µg/Nm³ dibanding lokasi pengukuran lainnya. Variabel yang diukur pada penelitian terdiri dari konsentrasi SO₂ yang diperoleh melalui pengukuran udara ambien dengan metode spektrofotometer, intake non karsinogenik dan risiko non karsinogenik.

Besar risiko SO₂ (RQ) dihitung melalui data konsentrasi SO₂, jumlah asupan (I) dan nilai RfC serta CSF. Perhitungan

dengan pemodelan karakterisasi risiko dilakukan berdasarkan model Louvar & Louvar (dalam Handoyo dan Wisproyono, 2016) dengan cara menghitung tingkat risiko yang dinyatakan dengan *Risk Quotient*.

Perhitungan intake menggunakan formulasi :

$$Intake (I) = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan :

- I = asupan (mg/kg/hari)
- C = konsentrasi toksikan udara (mg/m³)
- R = laju inhalasi (m³/jam)
- t_E = lama pajanan, jam/hari
- f_E = frekuensi pajanan, hari/tahun
- D_t = durasi pajanan, tahun
- W_b = berat badan (kg)
- t_{avg} = perioda waktu rata-rata

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Karakteristik responden penelitian

Karakteristik		Frekuensi	%
Umur (tahun)	20-25	3	4,05
	26-30	7	9,46
	31-35	13	17,57
	36-40	13	17,57
	41-45	9	12,16
	46-50	23	31,08
	51-55	5	6,76
	56-60	1	1,35
	Jenis kelamin	Laki-laki	24
Perempuan		50	67,57
Berat badan (Kg)	39 - 43	4	5,40
	44 - 48	7	9,46
	49 - 53	15	20,27
	54 - 58	13	17,57
	59 - 63	20	27,03
	64 - 68	7	9,46
	69 - 73	8	10,81
	Status merokok	Tidak merokok	58
Merokok		16	21,6
Keluhan saluran pernafasan	Tidak ada	28	37,8
	Keluhan Batuk ringan	23	31,1
	Batuk kering	8	10,8
	Batuk berdahak	5	6,8
	Sesak napas	10	13,5

Sumber : Data primer terolah, 2016

Karakteristik umur responden paling banyak berada pada rentang 46-50 tahun. Usia ini rentan terkena risiko paparan SO₂ karena pada usia ini telah terjadi penurunan fungsi tubuh termasuk paru-paru. Seperti yang dikemukakan Guyton (2011) bahwa semakin bertambah umur fungsi metabolisme tubuh semakin menurun sehingga mempengaruhi kinerja otot-otot manusia termasuk otot-otot pernafasan. Hal tersebut akan mengakibatkan timbulnya

keluhan pernafasan yang diakibatkan oleh paparan polutan diudara di tempat kerja. Walaupun konsentrasi paparannya masih dibawah baku mutu namun frekuensi paparan secara terus-menerus akan meningkatkan risiko gangguan pernafasan.

Jenis kelamin responden dalam penelitian ini sebagian besar adalah perempuan (67,57%). Kondisi ini dapat mempengaruhi efek paparan SO₂ terhadap penyapu jalan.

Jenis kelamin berhubungan dengan gangguan kesehatan akibat paparan berbagai polutan udara, sesuai dengan hasil penelitian Ioamo (2013) yang menyimpulkan jenis kelamin berhubungan dengan gangguan pernafasan akibat paparan berbagai polutan pencemar udara seperti NO₂, SO₂, benzena, toluene, ethylbenzena dan o/m/p-xylene. Organ pernafasan wanita lebih sensitif jika terpapar polutan udara, deposit partikulat pencemar lebih banyak ditemukan pada organ pernafasan wanita dibanding pria hal ini berhubungan dengan fisiologi pernafasan dan organ endokrin (terutama *sex hormones*) wanita.

Dalam penelitian ini berat badan responden sebagian besar berada pada kisaran 59-63 (27,03%). Berat badan di atas normal dapat menambah dampak kesehatan pernafasan akibat paparan polutan udara. Sesuai dengan hasil penelitian Dong et al (2013) yang menyimpulkan berat badan di atas normal menambah dampak kesehatan paparan polutan udara terhadap pernafasan.

Responden penelitian yang berjenis kelamin laki-laki dan mempunyai kebiasaan merokok

sebanyak 16 orang. Kondisi ini akan memperberat risiko terjadinya penyakit paru obstruktif menahun. Sesuai dengan hasil penelitian Nieminen et al (2013) yang menyimpulkan peningkatan kadar SO₂ udara pada pertambangan dan pengolahan Nikel berhubungan dengan gangguan pernafasan, serta diperparah dengan kebiasaan merokok pekerjaannya. Dalam penelitian ini nilai konsentrasi SO₂ ambient yang diperoleh dari hasil pengukuran menunjukkan hasil paling tinggi yaitu sebesar 0,005 mg/m³. Angka ini masih berada di bawah nilai baku mutu udara ambien menurut PP RI No. 41 Tahun 1999 yaitu sebesar 900 mg/Nm³ atau 0,9 mg/m³. Nilai *risk agent* ini akan berpengaruh pada besaran *intake* yang dihasilkan pada perhitungan analisis pemajanan. Nilai konsentrasi tertinggi didapatkan pada simpang empat Jembatan Dua sedangkan simpang empat Air Putih dan simpang empat Masjid Darussalam memiliki nilai konsentrasi yang sama. Nilai konsentrasi kimia di atmosfer ini dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan kecepatan angin.

Tabel 2. Karakteristik lokasi penelitian

No.	Lokasi	Waktu	Suhu	Kelembaban	Kecepatan Angin
1.	Simpang empat Air Putih	08.40-09.40 WITA	32,7°C	70,6%	0,4-0,7 m/s
2.	Simpang empat Masjid Darussalam	10.12-11.12 WITA	33,5°C	65,6%	0,4-0,13 m/s
3.	Simpang empat Jembatan Dua	11.45-12.45 WITA	34°C	61,4%	0,4-0,21 m/s

Sumber : Data primer terolah, 2016

Tabel 3. Analisis Univariat Pola Paparan SO₂

No	Pola Paparan	Satuan	Min	Max	Mean	Median	CoV (%)
1.	Waktu	Jam/ hari	2	6	4,3	4	20,23
2.	Frekuensi	Hari/ tahun	334	334	334	334	0
3.	Durasi	Tahun	2	26	5,6	3	83,10

Sumber : Data primer terolah, 2016

Waktu paparan sebagian besar terjadi selama 4 jam/hari, frekuensi paparan sebagian besar terjadi selama 334 hari/tahun dan durasi paparan sebagai besar terjadi selama 3 tahun. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi tingkat keparahan kontaminan kimia di udara jika terhirup oleh manusia adalah waktu dan lamanya pajanan selain pengaruh sumber dan komponen kontaminan serta musim (Jiang et al, 2016). Dari distribusi pola paparan diketahui pekerja penyapu jalan bekerja hampir setiap hari, artinya mereka terpapar SO₂ hampir setiap hari atau secara terus-menerus. Hal ini akan memperparah tingkat risiko

kesehatan walaupun konsentrasi masih di bawah baku mutu.

Hasil pengukuran suhu lingkungan kerja menunjukkan suhu tertinggi terjadi di simpang empat Jembatan Dua yaitu sebesar 34°C. Kelembaban terbesar terjadi di Simpang Empat Air Putih yaitu sebesar 70,6% dan kecepatan angin hampir sama yaitu 0,4-0,21 m/s. Suhu udara yang tinggi menyebabkan udara makin renggang sehingga konsentrasi pencemar menjadi rendah. Sebaliknya pada suhu yang dingin menyebabkan udara makin padat sehingga konsentrasi pencemar di udara makin tinggi. Kelembaban yang tinggi membuat kadar uap air di udara dapat bereaksi dengan pencemar

udara terutama gas pencemar yang memiliki kelarutan tinggi pada air (Mukono, 2008). Udara dingin akan terperangkap dan tidak dapat keluar dari kawasan tersebut dan cenderung menahan polutan tetap berada di lapisan permukaan bumi sehingga konsentrasi polutan di kawasan tersebut semakin lama semakin tinggi. Dalam keadaan tersebut,

dipermukaan bumi tidak terdapat pertukaran udara sama sekali (Chandra, 2007). Konsentrasi polutan diudara akan berkurang jika angin berkecepatan tinggi dan membagi kecepatan tersebut secara vertikal dan mendalam, kecepatan dan arah angin akan mempengaruhi penyebaran pencemar di udara (Sastrawijaya, 2009).

Tabel 4. Analisis univariat konsentrasi SO₂ ambient berdasarkan lokasi penelitian

Lokasi pengukuran	SO ₂	Min	Max	Mean	Median	SD	CoV
Simpang Empat Air Putih	0,004 mg/m ³						
Simpang Masjid Raya	0,004 mg/m ³	0,004	0,005	0,004	0,004	0,000577	13,36%
Simpang Jembatan Dua	0,005 mg/m ³						

Ket : Baku Mutu Udara Ambien Nasional berdasarkan PP RI No. 41 Tahun 1999 adalah 0,9 mg/m³.

Tabel 5. Hasil Analisis Univariat Nilai *Intake* Paparan dan Nilai RQ (*Realtime* dan *Lifetime*)

Intake		Min	Max	Mean	Median
No.	Paparan				
SO ₂					
Intake paparan	<i>Realtime</i>	0,000009	0,000189	0,000046	0,000032
	<i>Lifetime</i>	0,000145	0,000569	0,000298	0,000294
Risk quotient non karsinogenik	<i>RQ Realtime</i>	0,0007	0,0151	0,0036	0,0025
	<i>RQ Lifetime</i>	0,0116	0,0455	0,0238	0,0235

Sumber : Data Primer terolah 2016

Tabel 6. Distribusi Nilai *Risk Quotient* (RQ) paparan SO₂ selama *realtime* dan *lifetime*

No.	Variabel	RQ	Frekuensi	Persentase
1.	<i>RQ Realtime</i>	$RQ \leq 1$	74	100%
		$RQ > 1$	0	0%
2.	<i>RQ Lifetime</i>	$RQ \leq 1$	74	100%
		$RQ > 1$	0	0%

Hasil perhitungan nilai *intake* nonkarsinogenik paparan *realtime* dan *lifetime* menunjukkan paparan SO₂ belum melebihi nilai *RfC* (*Reference of Concentration* atau Dosis Respon). *RfC* merupakan estimasi dosis paparan harian yang diperkirakan tidak menimbulkan efek merugikan kesehatan meskipun paparan berlanjut sepanjang hayat. Hasil perhitungan tersebut dapat menunjukkan bahwa durasi paparan sangat berpengaruh terhadap nilai *intake*, semakin lama responden bekerja maka nilai *intake* akan semakin besar dan risiko untuk mendapatkan efeknya pun semakin tinggi pula. Pengaruh durasi juga menjadi salah satu faktor yang berpengaruh terhadap nilai *intake* paparan. Sementara faktor lain yang berpengaruh terhadap *intake* adalah berat badan penyapu jalan, semakin besar berat badan maka semakin kecil nilai *intake*.

Hasil perhitungan tingkat risiko (*Risk Quotient*) paparan SO₂ menunjukkan nilai terendah

0,0007, terbesar 0,015 dengan rata-rata sebesar 0,0036. Dengan membandingkan *intake* dengan nilai dosis referensi yang diperbolehkan dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat responden yang berisiko terhadap paparan SO₂ karena dosis paparan masih berada dibawah nilai referensi. Hal ini merujuk pada pendapat Nukman dkk (2005) bahwa *RfC* untuk SO₂ adalah 0,0125 mg/kg/hari. Sedangkan hasil perhitungan RQ nonkarsinogenik *realtime* dan *lifetime* dapat dilihat bahwa keseluruhan responden memiliki nilai RQ nonkarsinogenik paparan SO₂ ≤ 1 yang artinya masih berada dalam batas aman. Dapat disimpulkan bahwa untuk saat ini belum terlihat efek kesehatan nonkarsinogenik yang merugikan akibat paparan SO₂.

Pengaruh utama SO₂ terhadap manusia adalah terjadinya iritasi sistem pernapasan. Iritasi tenggorokan terjadi pada konsentrasi 5 ppm atau lebih, bahkan pada beberapa individu yang sensitif iritasi terjadi pada konsentrasi 1-2

ppm. SO₂ berbahaya bagi kesehatan terutama terhadap orangtua dan penderita penyakit pada saluran pernapasan dan kardiovaskuler, meskipun dengan konsentrasi yang rendah (0,02 ppm). Konsentrasi *risk agent* adalah yang paling menentukan RQ. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai konsentrasi yang masih dibawah baku mutu udara ambien dari penelitian ini yang membuat nilai RQ pada pekerja penyapu jalan masih dalam kategori aman ($RQ \leq 1$) (Nukman, 2005).

Hasil penelitian ini dapat melengkapi beberapa hasil penelitian di negara lain terkait polusi udara dan dampaknya terhadap kesehatan manusia, seperti penelitian Nwachukwu *et al* (2012) yang menyimpulkan hasil pengukuran kadar timbal, partikulat, Nitrogen oksida, SO₂, dan VOC_s di River State Nigeria telah melewati standar kualitas udara yang ditetapkan WHO, dan terbukti telah berdampak langsung terhadap kesehatan penduduknya; penelitian Chuersuan (2008) dan Wong *et al* (2008) yang menyimpulkan hasil pengukuran polutan udara (Particulate matter₁₀) dalam 10 tahun terakhir di Thailand menunjukkan nilai yang telah melewati baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh pemerintah Thailand dan berhubungan

dengan peningkatan angka kematian sebanyak 1,25%; dan penelitian Norhayani *et al* (2015) yang menyimpulkan hasil pengukuran kadar PM₁₀, NO₂, SO₂ dan VOC_s pada anak sekolah yang bermukim didaerah industri Pertochemical lebih tinggi dibanding lingkungan sekolah dan meningkatkan risiko gangguan fungsi pernafasan dan penyakit pernafasan pada anak sekolah di Kemaman Terengganu Malaysia; serta penelitian Lu *et al*, (2015) dan Lillieveld, (2015) yang menyimpulkan polusi udara di kota-kota besar di China seperti di Beijing, Shanghai, Ghuangzhou dan Xian telah menjadi masalah kesehatan utama yang menjadi perhatian dunia dan berkontribusi terhadap 1,3 juta kematian dini di China pada tahun 2010, Kota Beijing dinyatakan “uninhabitable for human beings”.

Simpulan

Dari hasil penelitian, disimpulkan besar risiko kesehatan pajanan SO₂ pada pekerja penyapu jalan di Kota Samarinda pada paparan *realtime* dan *lifetime* belum menunjukkan adanya risiko kesehatan non karsinogenik ($RQ < 1$) yang melampaui nilai standar referensi (ECR) sehingga belum diperlukan manajemen risiko sebagai tindak lanjutnya. Manajemen risiko kesehatan

lingkungan pada prinsipnya harus dilakukan jika nilai $RQ > 1$, yakni dengan cara menurunkan konsentrasi *risk agent* dan mengurangi waktu, frekuensi serta durasi paparan. Namun demikian, data keluhan subjektif pernapasan hasil wawancara menunjukkan sebanyak 46 orang mengalami keluhan berupa batuk ringan, batuk kering, batuk berdahak, dan sesak napas. Hal ini bisa saja diakibatkan oleh *risk agent* lain yang dosisnya lebih dominan di udara atau adanya efek kombinasi antara SO_2 dengan *risk agent* lain yang memiliki efek yang sama. Oleh sebab itu, untuk mengatasi keluhan yang dirasakan oleh pekerja penyapu ini jalan dapat dilakukan pencegahan berupa peningkatan

kesehatan (*health promotion*), pencegahan spesifik (*specific protection*) dan deteksi & pengobatan secara dini (*early detection and prompt treatment*). Pencegahan berupa peningkatan kesehatan dapat berupa pemberian informasi kesehatan oleh Klinik Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Samarinda berupa perilaku hidup bersih dan sehat bagi pekerja penyapu jalan terutama bagi pekerja yang memiliki kebiasaan merokok setiap harinya untuk menyadari bahwa rokok dapat memperbesar risiko timbulnya penyakit paru akibat paparan polutan udara tempat kerja. Selain itu, upaya perbaikan gizi kerja perlu diberikan sehingga dapat meningkatkan status kesehatan pekerja penyapu jalan.

Daftar Pustaka

- Achmadi, 2013. *Dasar-dasar Penyakit Berbasis Lingkungan*. Rajawali Press:Jakarta
- Barnett, A.G., Williams, G.M., Schwartz, J., Best, T.L., Neller, A.H., Petroeschovsky, A.L., The effects of air pollution on hospitalizations for cardiovascular disease in elderly people in Australian and New Zealand cities. *Environ Health Perspect*. 2007;114(7):1018–23.
- Chandra, Budiman. 2007. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Penerbit EGC: Jakarta.
- Cunningham, B., Cunningham, M. A., & Saigo, B. W. 2005. *Environmental Science: A Global Concern* (8th ed.). Boston : McGraw Hill.
- Chuersuwan N, Nimrat S, Lekphet S, Kerdumrai T. 2008. Levels and major sources of $PM_{2.5}$ and PM_{10} in Bangkok Metropolitan Region. *Environ Int* 34:671–677.

- Dong, G.H., Qian, Z., Liu, M.M., Ren, W.H., Fu, Q., Wang, J., Simckes, M., Ferguson, T.F., and Trevathan, E. Obesity enhanced respiratory health effects of ambient air pollution in Chinese children: the Seven Northeastern Cities study. *International Journal of Obesity* 37, 94-100 (January 2013)
| doi:10.1038/ijo.2012.125
- enHEALTH. 2012. Environmental Health Risk Assessment. Guidelines for assessing human health risk from environmental hazards. Source : <http://www.eh.org.au/documents/item/916>. Diakses tanggal 11 Juli 2017.
- Hall, J. E., & Guyton, A. C. (2011). *Guyton and Hall textbook of medical physiology*. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier.
- Jiang, X.Q., Mei, X.D., and Feng, D. Air pollution and chronic airway diseases: what should people know and do? *J Thorac Dis*. 2016 Jan; 8(1): E31–E40.
- Kementerian Lingkungan Hidup RI. 2014. Inventarisasi Emisi Pencemar Udara Penting Bagi Kota-kota di Indonesia. Source : <http://www.menlh.go.id/inventarisasi-emisi-pencemar-udara-penting-bagi-kota-kota-di-indonesia/>. Diakses tanggal 11 Juli 2017.
- Lelieveld, J., Evans, J.S., Fnais, M., Giannadaki, D., Pozzer, A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature* 2015, 525, 367–371.
- Ling, O.H.L, Shaharuddin, A., Kadaruddin, A., Yaakub, M. J., & Ting, K. H. (2012). Urban Air Environmental Health Indicators for Kuala Lumpur City. *Sains Malaysia*, 41(2), 179-191.
- Lü, J., Liang, L., Feng, Y., Li, R., and Liu, Y. Air Pollution Exposure and Physical Activity in China: Current Knowledge, Public Health Implications, and Future Research Needs. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2015, 12, 14887-14897; doi:10.3390/ijerph121114887.
- Meng, Z., and Zhang, B. Induction effects of sulfur dioxide inhalation on chromosomal aberrations in mouse bone marrow cells. *Mutagenesis* Vol. 17 no. 3 pp. 215-217. 2002.
- Mukono. 2008. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*.

- Airlangga University Press:
Surabaya
- Nieminen, P., Panychev, D., Lyalushkin, S., Komarov, G., Ninakov, A., Borisenko, M., Kinnula, V. L., and Toljamo, T. Environmental exposure as an independent risk factor of chronic bronchitis in northwest Russia. *Int J Circumpolar Health*. 2013; 72: 10.3402/ijch.v72i0.19742.
- Nukman, A., Rahman, A., Warouw, S., Setiadi, M.I., dan Akib, C.R. Analisis dan Manajemen Risiko Kesehatan Pencemar Udara: Studi Kasus di Sembilan Kota Besar Padat Transportasi. *Jurnal Ekologi Kesehatan* Vol. 4 No. 2 Agustus 2005.
- Jamil, N. A., Jalaludin, J. Kamaruddin, A. S., Ibrahim, M. H. Exposure to Air Pollutants (PM₁₀, NO₂, SO₂ and VOC_s) on the Lung Functions among School Children Living nearby the Petrochemical Industry Area in Kemaman, Terengganu. *Advances in Environmental Biology*, 9(26) Special 2015, Pages: 55-63
- Nwachukwu A. N., Chukwuocha E. O. and Igbudu O. A Survey on the effects of air pollution on disease of the people of River State, Nigeria. *African Journal of Environmental Science and Technology* Vol. 6(10), pp. 371-379, October 2012
- Oiamo, T.H. and Luginaah, I.N. Extricating Sex and Gender in Air Pollution Research: A Community-Based Study on Cardinal Symptoms of Exposure. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2013, 10, 3801-3817; doi:10.3390/ijerph10093801
- Rahila, R., and Siddiqui, M. Riview on effects of Particulates; Sulfur Dioxide and Nitrogen Dioxide on Human Health. *International Res J Environ Sci*. 2014;3(4):70-3
- Sastrawijaya, T. 2009. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta : Rineka Cipta
- United Nations (UN) – Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2001. *World Population Monitoring 2001 – Population, environment and development*. New York: UN.
- World Health Organization. (2016). *Ambient (outdoor) air quality and health*. Source : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>. Diakses tanggal 11 Juli 2017.

Wong CM, Vichit-Vadakan N, Kan H, Qian Z. 2008. Public health and air pollution in Asia (PAPA): a multicity study of short-term effects of air pollution on mortality.

Environ Health Perspect
116:1195–1202.

Yuantari, M.G.C., Widianarko, B., Sunoko, H.R. Analisis Risiko Pajanan Pestisida Terhadap Kesehatan Petani. KEMAS 10 (2) (2015) 239-245.