



**JURNAL PENDIDIKAN LINGKUNGAN DAN
PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN**
*Journal of Environmental Education and Sustainable
Development*

Volume 22-Nomor 01, 2021

Available at <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/plpb> ISSN :
1411-1829 (print), 2580-9199 (online)

**ANALISIS KADAR HIDROGEN SULFIDA DAN KELUHAN
PERNAPASAN PADA PEMULUNG DI TPA PUUWATU KOTA
KENDARI**

Ahmed Ayathollah^{1*}, Alchamdani¹, Amal Waldah²

¹Departemen Kesehatan Lingkungan, Universitas Airlangga

²Kesehatan Lingkungan dan Keselamatan Kerja, Universitas Halu Oleo

*Corresponding author email: ahmed.ayathollah-2019@fkm.unair.ac.id

Artikel info

Received: 8th February 2021

Revised: 25th February 2021

Accepted: 31st February 2021

Kata kunci:

Hidrogen Sulfida, Risiko
Kesehatan, TPA

ABSTRAK

Degradasi sampah yang cepat, mengakibatkan kandungan sulfat meningkat tajam karena hidrolisis. Bakteri pereduksi sulfat dapat menggunakan senyawa sulfur sebagai akseptor elektron untuk menghasilkan sulfida yang akhirnya dilepaskan sebagai Hidrogen Sulfida (H_2S). H_2S merupakan suatu gas tidak berwarna, sangat beracun, mudah terbakar dan memiliki karakteristik bau telur busuk. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung tingkat risiko kesehatan akibat pajanan H_2S terhadap kesehatan pemulung dan mengukur tingkat keluhan pernapasan yang dialami oleh pemulung. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan menggunakan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Sampel dalam penelitian ini menggunakan total populasi sebanyak 50 orang pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari. Pengukuran Konsentrasi H_2S dilakukan pada pagi, siang, dan sore hari. Hasil penelitian menunjukkan nilai *intake* yang didapatkan (*real time*) adalah 0,00083 mg/kg/hari. Tingkat risiko yang didapatkan 1,53557 ($RQ > 1$). Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah kualitas udara di TPA Puuwatu Kota Kendari berisiko tinggi terhadap kesehatan pemulung. Perlu dilakukan upaya pemantauan, pengawasan, dan pengendalian polusi udara. Serta kebijakan penggunaan Alat Pelindung Diri untuk meminimalisir pajanan polutan ambien.

ABSTRACT

*Rapid waste degradation, resulting in sulphate content increased sharply due to hydrolysis. Sulfate-reducing bacteria can use sulfur compounds as an electron acceptor to produce sulfide which is eventually released as hydrogen sulfide (H_2S). H_2S is a colorless, highly toxic, flammable gas and has characteristic rotten egg odor. This research aims to calculate the level of health risks due to the taxation of H_2S on scavenger health and measure the level of respiratory complaints experienced by the scavenger. This research is a quantitative descriptive study using the Environmental Health Risk Analysis (ARKL) method. The samples in this study used a total population of 50 scavenger people at TPA Puuwatu City of Kendari. Measurement of the concentration of H_2S is done in the morning, afternoon, and evening. The results of the study showed that the intake value (*real time*) was 0.00083 mg/kg/day. Risk level earned 1.53557 ($RQ > 1$). The conclusion that can be withdrawn from this research is the air quality in TPA Puuwatu City of Kendari high risk to the health of scavenger. Monitoring, surveillance, and control of air pollution is necessary. As well as the policy of use of personal protective equipment to minimize the exposure of ambient pollutants.*

Keywords:

Hydrogen Sulfide, Health Risk,
Landfill

<https://doi.org/10.21009/PLPB.221.01>



How to Cite: Ayatullah A., Alchamdani & Waldah A. (2021). Analisis Kadar Hidrogen Sulfida dan Keluhan Pernapasan Pada Pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari. *Jurnal Pendidikan Lingkungan dan Pembangunan*, 22(01), 1-15. doi: <https://doi.org/10.21009/PLPB.221.01>

PENDAHULUAN

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah sangat berperan penting dalam kehidupan manusia, namun keberadaan TPA dapat menurunkan kualitas lingkungan disekitarnya. Ini disebabkan karena tumpukan sampah yang menghasilkan berbagai polutan yang dapat menyebabkan pencemaran udara. Proses dekomposisi sampah yang semakin banyak akan menghasilkan antara lain gas metan (CH_4), gas amonia (NH_3) dan gas hydrogen sulfida (H_2S) yang bersifat racun bagi tubuh (Safmila and Risnawati, 2018). Selain beracun H_2S juga menimbulkan bau busuk dan menurunkan kualitas udara di lingkungan TPA Puuwatu Kota Kendari.

Sistem pengelolaan sampah yang diterapkan oleh TPA Puuwatu Kota Kendari yaitu *sanitary landfill*. Idealnya sampah yang dikelola melalui sistem *sanitary landfill* adalah sampah organik yaitu sampah yang dapat terurai, sehingga dapat mempercepat proses dekomposisi. Degradasi sampah yang cepat, mengakibatkan kandungan sulfat meningkat tajam karena hidrolisis. Bakteri pereduksi sulfat (SRB) anaerob seperti mikroba dapat menggunakan senyawa sulfur (terutama sulfat) sebagai akseptor elektron untuk menghasilkan sulfida yang akhirnya dilepaskan sebagai H_2S (Fang Y, *et al.*, 2016).

Hidrogen Sulfida (H_2S) merupakan suatu gas tidak berwarna, sangat beracun, mudah terbakar dan memiliki karakteristik bau telur busuk. Nama kimia asam sulfida ini adalah dihidrogen sulfida dan di kenal juga sebutan sebagai gas rawa atau asam sulfide (ATSDR, 2000). Pada umumnya, pada konsentrasi 0,0005 sampai dengan 0,3 ppm, manusia dapat dengan mudah mengenali bau H_2S . Bila konsentrasi yang ditemukan lebih tinggi akan menyebabkan seseorang kehilangan kemampuan penciuman.

Gas H_2S dengan konsentrasi 500 ppm, dapat menyebabkan kematian, edema pulmonary dan asphyxiant. Hidrogen sulfida termasuk dalam golongan asphyxiant karena efek utamanya adalah melumpuhkan pusat pernapasan, sehingga kematian disebabkan oleh terhentinya pernapasan (Putri, 2018).

Seiring dengan perkembangan zaman, untuk mencari tempat kerja sangatlah susah. Sehingga, untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari TPA dijadikan sumber pencaharian bagi pemulung dan bahkan menjadi tempat pemulung untuk bermukim. Pemulung merupakan orang yang mengumpulkan dan memilah sampah untuk dijual kependaur. Pemulung merupakan kelompok masyarakat yang paling rentan mengalami gangguan kesehatan akibat paparan gas-gas pencemar dari proses dekomposisi sampah. Aktivitas pemulung yang setiap hari berada dalam lingkungan TPA serta tempat tinggalnya yang berada di sekitar lokasi TPA tentu menjadi salah satu penyebab terpaparnya pemulung terhadap gas-gas tersebut.

Kondisi pemukiman pemulung yang masih non-permanen, bangunan ada yang terbuat dari kayu dan triplek, jenis lantai yang beralaskan tanah sehingga akan membuat lembab saat musim hujan dan berisiko bagi perkembangan mikroorganisme. Selain itu udara yang gas dapat masuk ke dalam rumah karena tidak rapatnya jenis dinding. Udara yang ada di dalam rumah akan terhirup oleh pemulung laki-laki maupun perempuan, sehingga memiliki risiko yang sama untuk terkena keluhan gangguan pernapasan (Rifa'I, Joko, and D, 2016).

Cakupan pelayanan pengelolaan sampah TPA Puuwatu Kota Kendari hampir mencakup keseluruhan Kota Kendari yakni sebanyak 10 Kecamatan dan 53 Kelurahan. Volume sampah yang dihasilkan tiap tahunnya mengalami peningkatan. Semakin banyaknya sampah yang dihasilkan akan menimbulkan keluhan publik dengan polusi bau, yang berasal dari degradasi organik yang mengandung sulfur. Emisi H₂S ke atmosfer mengurangi kualitas udara dan mempengaruhi kesehatan masyarakat.

TPA Puuwatu Kota Kendari terdiri dari 4 Zona, yaitu Zona A, Zona B, Zona C, dan Zona D. Zona aktif adalah Zona A, B, dan C, sedangkan Zona D merupakan Zona Non Aktif. Zona Aktif di TPA merupakan lokasi dilakukannya pengelolaan sampah, dimana sampah yang diangkut menggunakan mobil sampah dari beberapa TPS di daerah Kota Kendari dibongkar di TPA Puuwatu pada zona aktif. Setelah sampah diturunkan dari mobil sampah, tumpukan sampah diratakan menggunakan alat berat, sehingga sampah tidak menumpuk disatu tempat saja. Proses ini dilakukan setiap hari, tetapi tidak dilakukan penimbunan dengan tanah setiap hari, sehingga bau busuk dari sampah yang dikelola tersebut tercium sangat tajam. Penimbunan sampah dengan tanah dilakukan setelah beberapa hari sampai satu minggu.

Banyaknya jumlah sampah dari hasil kegiatan masyarakat yang dibuang di TPA Puuwatu menyebabkan lahan tempat pembuangan sampah tidak mencukupi, sehingga Zona D diaktifkan kembali. Berdasarkan data laporan jumlah sampah terangkut ke TPA Puuwatu Kota Kendari Propinsi Sulawesi Tenggara Tahun 2017 sebanyak 203,342.18 m³, dan mengalami kenaikan pada Tahun 2018 menjadi 212,521.69 m³. Berdasarkan data Puskesmas Kecamatan Puuwatu mengenai Infeksi Saluran Pernafasan di Kecamatan Puuwatu. Tahun 2015, infeksi akut lain pada saluran pernapasan bagian atas 7920 kasus. Tahun 2016, infeksi akut lain pada saluran pernapasan bagian atas naik menjadi 10.277 kasus dan di akhir tahun 2017 menurun kasus infeksi saluran pernafasan berjumlah 6638 kasus.

Pemulung yang berada di TPA Puuwatu mengumpulkan sampah setiap hari, dimana mereka bekerja selama 10 jam dalam 1 hari. Mereka tidak hanya menunggu sampah datang ke TPA tetapi mereka tetap bekerja mencari sisa-sisa sampah yang telah dibawah mobil sebelumnya. Setelah mereka selesai mengumpulkan sampah lalu mobil sampah belum datang mereka beristirahat disamping tempat pembuangan sampah. Pemulung yang bekerja di TPA sebagian besar tidak memakai masker atau penutup hidung serta tempat tinggal mereka yang berdekatan dengan TPA. Kondisi lingkungan kerja yang langsung berhubungan dengan sampah dan tempat bermukim di area TPA berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan terhadap pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dan rancangan penelitian *cross sectional*. Dengan menggunakan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Sampel dalam penelitian ini menggunakan total populasi sebanyak 50 orang

pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung tingkat risiko kesehatan akibat pajanan H₂S terhadap kesehatan pemulung dan mengukur tingkat keluhan pernapasan yang dialami oleh pemulung. Variabel independen dalam

4 Jurnal Pendidikan Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan

penelitian ini adalah konsentrasi H₂S, laju inhalasi, berat badan, waktu pajanan, frekuensi pajanan, durasi pajanan, *intake*. Dan variabel dependen adalah karakterisasi risiko (RQ). Penelitian ini telah mendapat persetujuan dari Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Sulawesi Tenggara serta Kepala Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kota Kendari.

Pengambilan data dilakukan dengan cara wawancara, pengukuran berat badan, dan laju inhalasi dihitung dengan persamaan $y = 5,3 \ln(x) - 6,9$, dengan $y = R$ dalam satuan m³/hari dan $x = Wb$ atau berat badan (Abrianto, 2004). Pengukuran faktor meteorologi dan parameter H₂S dilakukan sesuai dengan pedoman teknis pemantauan kualitas udara ambien dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 bahwa untuk mendapatkan data/nilai 1 jam parameter H₂S dilakukan tiga kali pengukuran yakni pagi, siang, dan sore hari. Titik pengukuran ditentukan sesuai SNI 19-7119.6-2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien. Pengukuran dilakukan pada lokasi yang konsentrasi pencemarnya tinggi dan mewakili wilayah studi. Pengukuran dilakukan oleh petugas dari PT. *Global Quality Analytical* dengan alat *impinger*. Teknik analisis data dilakukan secara deskriptif dengan menggambarkan objek yang diteliti dalam narasi.

Data di uji *Kolmogorof-Smirnof* untuk melihat normalitas data. Analisis data dilakukan menggunakan analisis univariat dan analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL). Untuk menghitung risiko kesehatan masyarakat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Risk Quotient (RQ)} = \frac{\text{Intake}}{RfC}$$

Keterangan:

I : *Intake* dari hasil perhitungan penilaian pajanan (mg/kg/hari)

RfC : Dosis atau konsentrasi referensi secarainhalasi (mg/kg/hari)

Nilai RQ menunjukkan tingkat risiko kesehatan manusia akibat pajanan H₂S yang terhirup. Nilai $RQ \leq 1$ artinya pajanan masih berada di bawah batas normal dan masih aman dari risiko nonkarsinogenik. Perhitungan nilai intake H₂S non karsinogenik tersebut menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_{nk} = \frac{C R t_E f_E D_t}{W_b t_{avg}}$$

Keterangan:

I_{nk} : *Intake* (mg/kg/hari)

C : Konsentrasi

R : Laju asupan udara (m³/jam)

t_E : Waktu pajanan harian (jam/hari)

f_E : Frekuensi pajanan (hari/tahun)

W_b : Berat badan responden (kg)

D_t : Durasi pajanan (*real time*, 30 tahun untuk *lifetime*)

t_{avg} : Periode waktu rata-rata (30 tahun x 365hari/tahun untuk zat nonkarsinogenik)

HASIL

Karakteristik Responden

Hasil analisis univariat karakteristik pemulung yang bekerja di TPA Puuwatu Kota Kendari. Disajikan pada tabel 1.

Tabel 1
Karakteristik Pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari

Variabel	Jumlah (n)	Persentase (%)
Umur	< 45 th	23 46
	> 45 th	27 54
Jenis Kelamin	L	30 60
	P	20 40
Masa Kerja	1-10 th	28 56
	> 10 th	22 44
Lama Paparan	< 8 jam/hr	21 42
	> 8 jam/hr	29 58
Kebiasaan Merokok	Ya	17 34
	Tidak	33 66
Kebiasaan Memakai APD	Ya	15 30
	Tidak	35 70

Pemulung yang bekerja di TPA Puuwatu Kota Kendari sebagian besar berumur >45 tahun sebanyak (54%) dan umur <45 tahun sebanyak (46%). Pemulung didominasi oleh jenis kelamin laki-laki. Terdapat (60%) yang berjenis kelamin laki-laki dan (40%) yang berjenis kelamin perempuan. Dengan masa kerja 1-10 tahun sebanyak (56%) dan masa kerja >10 tahun sebanyak (44%). Untuk jam kerja setiap harinya <8 jam sebanyak (42%) dan >8 jam sebanyak (58%). Sebanyak (34%) memiliki kebiasaan merokok dan sebanyak (66%) tidak merokok. Kebiasaan pemulung dalam menggunakan masker selama bekerja adalah sebanyak (30%) menggunakan masker saat bekerja dan (70%) tidak menggunakan masker saat bekerja. Lama Pemulung bertempat tinggal di kawasan Kampung Mandiri Energi TPA Puuwatu Kota Kendari.

Tabel 2
Distribusi Keluhan Gangguan Pernapasan Pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari

Keluhan Gangguan Pernapasan	Jumlah (n)	Persentase (%)
Ya	34	68
Tidak	16	32
Total	50	100

Tabel 2 menunjukkan bahwa pemulung yang mengalami keluhan gangguan pernapasan (68%) lebih banyak dari pada pemulung yang tidak mengalami keluhan gangguan pernapasan (32%). Adapun gejala keluhan pernapasan yang timbul yaitu batuk sebanyak (90%), pilek/bersin sebanyak (90%), sakit tenggorokan sebanyak (88%), sesak

napas sebanyak (12%), nyeri dada sebanyak (6%).

Konsentrasi H₂S

Nilai konsentrasi H₂S di TPA Puuwatu Kota Kendari pada pagi hari adalah 0,0011 ppm, siang hari adalah 0,0011 ppm, dan sore hari adalah 0,0009 ppm. Hasil pengukuran H₂S menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi pada pagi dan siang hari sebesar 0,0011 ppm. Nilai rata-rata konsentrasi H₂S adalah sebesar 0,00103 ppm. Data diperoleh dari tiga kali pengukuran (pagi, siang, dan sore) dihari yang sama. Baku mutu gas H₂S menurut KepMenLH No. 50 Tahun 1996 tentang baku tingkat kebauan yaitu 0,02 ppm. Berdasarkan hasil pengukuran dapat diketahui bahwa konsentrasi gas H₂S belum melebihi baku mutu yang telah ditentukan. Hasil pengukuran disajikan pada tabel 3.

Tabel 3

Hasil Pengukuran Konsentrasi H₂S di TPA Puuwatu Kota Kendari

Variabel	Titik 1	Titik 2	Titik 3
Konsentrasi H ₂ S (ppm)	0,0011	0,0011	0,0009
Suhu (°C)	38,1	35,2	36,2
Kelembaban (%)	53,6	61,6	56,7
Kecepatan Angin (m/s)	1,2	1,2	1,2
Arah Angin	South	South	South

Karakteristik Antropometri dan Pola Aktivitas

Karakteristik antropometri tiap pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari mencakup berat badan, laju inhalasi, waktu pajanan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan selama kerja. Hal inilah yang membedakan antara pemulung yang satu dengan yang lain. Karakteristik antropometri pemulung disajikan pada tabel 4.

Tabel 4

Hasil Tes Normalitas Antropometri dan Pola Aktivitas Pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari

Variabel	Mean	Median	SD	Min-Max
Berat Badan (Kg)	54,0	55	7,674	31-68
Laju Inhalasi (m ³ /hari)	0,59	0,59	0,03	0,47-0,64
Waktu Pajanan (jam/hari)	8,32	8,43	1,41	5-10
Frekuensi Pajanan (hari/tahun)				336
Durasi Pajanan (tahun)	9,84	7	8,59	1-35

Nilai Intake dan Risk Quotient

Nilai *Intake* dan *Risk Quotient* pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari. Disajikan pada tabel 5.

Tabel 5

Nilai *Intake* dan *Risk Quotient* pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari

Variabel	Min	Max	Mean	Median
<i>Intake</i>	0,00085	0,00154	0,00119	0,00083
<i>Risk Quotient</i> (RQ)	1,24877	1,82237	1,53557	1,41737

Hasil perhitungan *intake* dan tingkat risiko non karsinogenik (RQ) pajanan gas H₂S

pada populasi pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari pajanan real time atau waktu *realtime* berpotensi menimbulkan risiko kesehatan nonkarsinogenik. Adapun distribusi risk quotient (RQ) pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari disajikan pada tabel 6.

Tabel 6

Distribusi Risk Quotient (RQ) Pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari

Variabel	RQ	Jumlah (n)	Persentase (%)
Risk Quotient (RQ)	≤ 1	16	32
	> 1	34	68

Tabel 6 menunjukkan bahwa pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari sebanyak (68%) berpotensi mengalami risiko kesehatan untuk waktu *realtime*. Sedangkan (32%) lainnya belum berpotensi mengalami risiko kesehatan untuk waktu *realtime*.

DISKUSI

Identifikasi Bahaya

Menurut informasi yang dikumpulkan oleh *Connecticut Departement of Public Health*, konsentrasi hidrogen sulfida di udara ambien sekitar TPA ± 15 ppm. Paparan gas H₂S konsentrasi 20-50 ppm dapat menyebabkan iritasi paru dan iritasi mukosa. Paparan gas H₂S tingkat rendah dalam jangka waktu yang lama dapat meningkatkan risiko inflamasi saluran pernapasan dan patologi gejala saluran pernapasan. Hidrogen sulfida mempunyai efek anoksik, dan merusak secara langsung sel-sel sistem saraf pusat. Gas H₂S dengan konsentrasi 500 ppm, dapat menimbulkan kematian, edema pulmonary, dan asphyxiant. H₂S digolongkan asphyxiant karena efek utamanya adalah melumpuhkan pusat pernapasan, sehingga kematian disebabkan oleh terhentinya pernapasan (Drimal *et al.*, 2010).

Saluran pernapasaan dan sistem syaraf merupakan organ yang paling sensitif bila terkena paparan H₂S. Pada konsentrasi rendah, H₂S dapat menyebabkan iritasi mata, hidung dan tenggorokan serta sakit kepala. Selain itu, seseorang akan mengalami gangguan pencernaan seperti mual dan muntah apabila terpapar H₂S dalam konsentrasi sedang. Konsentrasi tinggi H₂S bisa menyebabkan kejang, kesulitan bernapas, pingsan hingga kematian. Bila terpapar H₂S konsentrasi tinggi dalam waktu singkat bisa menyebabkan kehilangan kesadaran, sedangkan terkena paparan berulang atau berkepanjangan dapat menyebabkan peradangan pada mata, sakit kepala, kelelahan, insomnia, hingga gangguan pencernaan (Putri, 2018).

Gas H₂S dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui jalur inhalasi (Rifa'I, Joko, and D, 2016). Paparan H₂S yang melalui jalur inhalasi. Setelah diserap, senyawa tersebut didistribusikan dalam darah dan diambil oleh otak, hati, ginjal, pankreas, dan usus kecil (Doujaiji and Al-Tawfiq, 2010). Manusia terpapar terutama H₂S dari udara. Gas H₂S dengan cepat diserap oleh paru-paru. Hidrogen sulfida lebih banyak dan lebih cepat diabsorpsi melalui inhalasi dari pada paparan lewat oral. Hidrogen sulfida yang terserap melalui kulit sangat kecil (ATSDR, 2000). Garam sulfida yang ada dalam saluran pencernaan mampu menyebabkan keracunan H₂S (Drimal *et al.*, 2010). H₂S tidak memiliki implikasi terhadap kasus kanker sehingga efek yang akan digunakan dalam analisis adalah efek sistemik atau efek nonkarsinogenik.

Konsentrasi H₂S dapat meningkat menjadi lebih dari 50.000 ppm jika limbah organik dibuang dengan limbah pembongkaran. Ini karena semen dalam limbah pembongkaran, yang mengandung sulfat dapat direduksi menjadi H₂S oleh bakteri pereduksi sulfat (BPRS). SRB bersaing dengan bakteri penghasil CH₄, seperti hidrogen dan asetat yang diproduksi oleh bakteri penghasil asam organik, sebagai donor elektron (Chun, 2017).

Sumber pajanan gas H₂S di TPA Puuwatu Kota Kendari berasal dari zona

pembuangan sampah dan kotoran dari ternak sapi dan kambing. Sekitar $\pm 300 \text{ m}^3/\text{hari}$ sampah diangkut ke TPA Puuwatu Kota Kendari. Kondisi TPA Puuwatu yang terdapat banyak ternak (sapi dan kambing) yang menghasilkan kotoran, serta limbah atau sampah organik yang dibuang begitu saja dan belum dimanfaatkan secara maksimal sebagai biogas. Padahal dengan mengolahnya menjadi biogas, manfaat yang diperoleh bersifat ganda, yaitu dapat dihasilkan biogas sebagai bahan bakar sekaligus pupuk kompos (Sunyoto, Saputro, and Suwahyo 2016).

Konsentrasi gas hidrogen sulfida yang rendah di TPA ($<0,02 \text{ ppm}$) dipengaruhi berbagai faktor antara lain, lokasi pengambilan sampel yang dilakukan pada sampah yang baru diangkut, sampah tersebut belum terdekomposisi dengan sempurna sehingga sampah belum menimbulkan gas H_2S dengan konsentrasi tinggi. Pengambilan pada titik ini dikarenakan pemulung hanya bekerja mencari sampah pada lokasi sampah yang baru diangkut. Selain itu juga dipengaruhi oleh parameter meteorologi yang berpengaruh terhadap konsentrasi gas H_2S di udara ambien adalah temperatur, arah dan kecepatan angin, serta stabilitas atmosfer (Drimal *et al.*, 2010).

Konsentrasi H_2S yang didapatkan pada saat pengukuran dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologi. Dalam penelitian (Istirokhatun, *et al.*, 2016) menyebutkan bahwa faktor-faktor meteorologi yang dapat berpengaruh terhadap konsentrasi bahan pencemar adalah suhu, kelembaban, kecepatan angin. Kelembaban yang tinggi dapat mempercepat proses dekomposisi sampah oleh mikroorganisme dan menghasilkan cairan lindi yang mengandung gas H_2S serta menghasilkan bau yang tidak sedap. Kecepatan angin yang rendah menyebabkan polutan gas hidrogen sulfida tidak dapat menyebar, sehingga konsentrasinya tidak berkurang. Gas H_2S lebih berat dibandingkan udara sehingga gas ini cenderung berada di permukaan (Chintia I, 2017).

TPA dengan resirkulasi lindi memiliki risiko pencemaran bau yang lebih rendah daripada yang tidak, karena perbedaan dalam transformasi dari sulfida ke H_2S . TPA dengan resirkulasi lindi jelas dapat mempersingkat masa pengaruh H_2S dan risiko polusi terhadap lingkungan sekitarnya, yang dikaitkan dengan kecepatan degradasi MSW dan distribusi vertikal sulfida. Perilaku mitigasi H_2S endogen dapat dipengaruhi oleh banyak faktor lingkungan, seperti kadar air, pH, zat besi, nitrat dan nitrit (Fang Y, *et al.*, 2016).

Suhu di TPA Puuwatu Kota Kendari berada pada rentang $35,2^\circ\text{C} - 38,1^\circ\text{C}$. Suhu udara dipengaruhi oleh berbagai macam faktor. Perbedaan ketinggian dari permukaan laut, daerah pegunungan dan daerah pesisir. Mengakibatkan keadaan suhu yang sedikit berbeda untuk masing-masing tempat dalam suatu wilayah. Apabila suhu udara tinggi maka akan menyebabkan udara makin renggang sehingga konsentrasi bahan pencemar H_2S menjadi rendah. Sebaliknya ketika suhu dingin maka udara makin padat sehingga konsentrasi bahan pencemar H_2S menjadi tinggi.

Secara keseluruhan, wilayah Kota Kendari merupakan daerah bersuhu tropis. Sehingga, kondisi cuaca yang panas mengakibatkan konsentrasi bahan pencemar H_2S cenderung rendah seiring meningkatnya temperatur. Dalam penelitian (Istirokhatun, *et al.*, 2016), bahwa suhu berbanding terbalik dengan konsentrasi yang dihasilkan. Ketika suhu tinggi konsentrasi bahan pencemar lebih rendah. Begitupun kecepatan angin juga berpengaruh terhadap konsentrasi bahan pencemar. Kecepatan angin dapat mempercepat terjadinya dispersi pencemar udara. Semakin tinggi kecepatan angin maka semakin rendah konsentrasi yang didapatkan.

Kelembaban udara di TPA Puuwatu Kota Kendari berada pada rentang $53,6\% - 61,6\%$. Dalam keadaan kelembaban udara tinggi mengakibatkan kadar uap air di udara bereaksi dengan bahan pencemar. Sehingga menghasilkan zat lain menjadi pencemar

sekunder. Hal ini berarti bahwa semakin rendah kelembaban, semakin tinggi konsentrasi bahan pencemar di udara sekitar. Kelembaban di di TPA Puuwatu Kota Kendari relatif

tinggi. Dimana di Kota Kendari terjadi 205 hari hujan dengan curah hujan 2.143,6 mm. Hujan dapat mencuci bahan pencemar di udara sekitar sehingga konsentrasi kontaminan menjadi rendah.

Sementara dilihat berdasarkan ketinggian wilayah Kota Kendari berada pada ketinggian 45 meter di atas permukaan laut. Sebagaimana daerah-daerah lain di Indonesia, Kota Kendari hanya mengenal dua musim yakni musim kemarau dan musim hujan. Keadaan musim sangat dipengaruhi oleh arus angin yang bertiup di atas wilayahnya. Kecepatan angin rata-rata di TPA Puuwatu Kota Kendari 1,2 m/s. Dengan adanya pergerakan udara maka akan terjadi suatu proses penyebaran yang dapat menyebabkan pengenceran bahan pencemar H₂S di udara. Sehingga, kadar bahan pencemar pada jarak tertentu dari sumber akan mengalami perbedaan. Selain itu, arah angin juga bisa mempengaruhi kadar bahan pencemar H₂S. Hal ini terjadi karena ketika kecepatan angin tinggi akan mempercepat pergerakan udara yang menyebabkan persebaran konsentrasi H₂S semakin cepat di udara. Sehingga, konsentrasi yang didapatkan cenderung rendah.

Penilaian Eksposur

Berat badan mempengaruhi besar atau kecilnya dosis internal yang diterima seseorang. Dosis aktual *risk agent* sangat dipengaruhi oleh berat badan. Berat badan berimplikasi dalam upaya pengendalian risiko (Nukman, *et al.*, 2005). Berat badan yang ringan akan mendapatkan risiko yang besar dan berat badan yang berat akan mendapatkan besar risiko yang kecil (Rahayu, *et al.*, 2014). Berat badan yang ringan memiliki risiko yang besar dibandingkan berat badan yang berat (Haryoto, *et al.*, 2014). Perbedaan berat individu menyebabkan kecepatan metabolisme masuknya zat kimia dalam tubuh. Semakin besar berat badan seseorang maka semakin kecil risiko kesehatan dari asupan zat kimia ke dalam tubuhnya (enHEALTH, 2012). Berat badan yang berbeda antara individu mempengaruhi kecepatan metabolisme masuknya zat kimia dalam tubuh (Alchamdani, 2019).

Laju inhalasi tidak hanya dipengaruhi oleh berat badan. Tetapi juga dipengaruhi oleh jenis kelamin, usia, perilaku merokok, dan perilaku penggunaan Alat Pelindung Diri. Pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari mayoritas adalah laki-laki. Pemulung dengan jenis kelamin laki-laki lebih berisiko mengalami keluhan gangguan pernapasan dibandingkan perempuan (Ivana, Rachmaniyah, and Nurmayanti, 2017). Volume paru-paru perempuan lebih kecil dari laki-laki disebabkan perbedaan kekuatan otot maksimum paru dan luas permukaan tubuh (Umar, 2014). Dengan volume paru-paru yang besar, membuat laki-laki lebih banyak menerima asupan H₂S dibandingkan perempuan melalui jalur inhalasi. Namun, pada organ pernapasan perempuan banyak ditemukan deposit partikulat pencemar dibanding laki-laki. Hal ini berhubungan dengan fisiologi pernapasan dan organ endokrin pada perempuan (Ramdan, *et al.*, 2017).

Mayoritas usia pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari berada pada kisaran > 45 tahun sebanyak (54%), dengan kondisi usia yang semakin tua maka daya tahan tubuh semakin berkurang. Kondisi usia yang semakin menua sejalan dengan bertambahnya akumulasi paparan polutan selama hidup. Penuaan inilah yang sering menjadi faktor risiko dari PPOK (GOLD, 2017). Pertambahan umur mempengaruhi jaringan paru-paru, fungsi elastisitas jaringan paru-paru berkurang dan kekuatan bernafas menjadi lemah akibatnya volume udara pada saat pernafasan akan menjadi lebih sedikit. Semakin tua seseorang maka daya tahan tubuh semakin berkurang dan lebih rentan terkena gangguan kesehatan (Ivana, Rachmaniyah, and Nurmayanti 2017).

Pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari yang berjenis kelamin laki-laki mempunyai kebiasaan merokok sebanyak (34%). Kondisi ini akan memperberat risiko terjadinya penyakit paru obstruktif menahun. Hasil penelitian (Nieminen, *et al.*, 2013) menyimpulkan bahwa gangguan pernafasan diperparah dengan kebiasaan merokok

10 Jurnal Pendidikan Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan

pekerjanya. Penggunaan Alat Pelindung Diri yang masih kurang mengakibatkan sebanyak 70% pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari tidak menggunakan Alat Pelindung Diri berupa masker. Hal ini diakibatkan oleh faktor ketidaknyamanan dan merasa terganggu saat bekerja jika memakai masker.

Sementara penggunaan masker yang sesuai dengan standar kesehatan dapat memperkecil potensi pajanan. Pemakaian masker wajah N95 direkomendasikan untuk meminimalisir kontak dengan polutan. N95 merupakan jenis masker wajah, yang umumnya direkomendasikan oleh peneliti kesehatan dan yang paling banyak digunakan. Semua masker wajah telah disertifikasi oleh Institut Nasional untuk Keselamatan dan Kesehatan Kerja (NIOSH) di bawah peraturan 42 CFR 84, dan efisiensi penyaringan dievaluasi menggunakan prosedur NIOSH oleh *Beijing Municipal Institute of Labor Protection, China*. Pada orang dewasa muda yang sehat, masker wajah N95 mengurangi secara parsial peradangan saluran napas yang berhubungan dengan partikel akut (Guan, *et al.*, 2018). Kegiatan pengendalian polusi udara dan promosi penggunaan Alat Pelindung Diri (misalnya respirator, pembersih udara) sangat ditekankan, untuk membantu kelompok yang rentan (anak-anak, orang tua, dan pasien penyakit pernapasan kronis). Dengan mengambil langkah-langkah untuk melindungi kesehatan (Zhang, *et al.*, 2018).

Pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari hampir setiap hari memulung, artinya mereka terpajan bahan pencemar H₂S secara terus-menerus. Hal ini akan memperparah tingkat risiko kesehatan walaupun konsentrasi masih di bawah baku mutu. Semakin lama jam kerja maka semakin besar pajanan yang diterima dan risiko kesehatan yang didapatkan semakin besar (Ramadhona, 2014). Waktu dan lamanya pajanan merupakan faktor yang dapat mempengaruhi tingkat keparahan kontaminan kimia di udara jika terhirup oleh manusia. Selain pengaruh dari sumber dan komponen kontaminan serta musim (Jiang, *et al.*, 2016).

Frekuensi pajanan yang diterima oleh pemulung dalam 1 tahun yaitu 336 hari/tahun. Didapatkan dari hasil perhitungan (7 hari/minggu, 4 minggu/bulan, dan 12 bulan/tahun). Frekuensi pajanan yang diperoleh cenderung lebih tinggi dari pajanan di lingkungan kerja 250 hari/tahun. Walaupun konsentrasi pajanan yang diperoleh masih dibawah baku mutu, namun frekuensi pajanan secara terus-menerus akan mengakibatkan timbulnya keluhan pernapasan yang diakibatkan oleh pajanan bahan pencemar H₂S di tempat kerja.

Timbulnya keluhan pernapasan seiring bertambahnya usia. Semakin bertambah usia pekerja maka fungsi metabolisme tubuh semakin menurun sehingga mempengaruhi kinerja otot-otot manusia termasuk otot-otot pernapasan (Hall, *et al.*, 2011). Pajanan maksimal yang peroleh seseorang akan meningkatkan gangguan kesehatan yang ditimbulkan. Risiko kesehatan yang diterima seseorang sesuai dengan besar frekuensi pajanan yang diterima seseorang dalam satu tahun (Wardhani, 2012).

Durasi pajanan adalah lamanya waktu operator menghirup udara yang mengandung bahan pencemar H₂S dalam satuan tahun. Lamanya waktu pajanan sangat berpengaruh terhadap seberapa besar pajanan dan nilai *intake* yang diperoleh. Durasi pajanan yang diperoleh Pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari sebanyak (58%) selama 1-10 tahun. Masa kerja yang cukup lama dapat menimbulkan risiko kesehatan. Semakin tinggi nilai durasi pajanan maka semakin tinggi juga risiko pemulung untuk terpajan bahan pencemar H₂S. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi gangguan pernapasan pada pekerja adalah riwayat pekerjaan sebelumnya. Dimana ada atau tidaknya pekerjaan sebelum bekerja sebagai pemulung. Hasil penelitian (Azizah, 2019), menunjukkan bahwa

pekerja yang memiliki riwayat pekerjaan sebelumnya sebagai pekerja bangunan dan petani mengalami gangguan fungsi paru.

Analisis Dosis – Respon

Besarnya nilai *intake* yang didapatkan ditentukan oleh nilai konsentrasi H_2S , frekuensi pajanan, waktu pajanan, dan durasi pajanan. Artinya, semakin besar nilai tersebut maka semakin besar nilai *intake* yang diperoleh. *Intake* yang diperoleh rendah dikarenakan konsentrasi H_2S dari hasil pengukuran masih dibawah nilai baku mutu lingkungan. Konsentrasi H_2S pada pagi dan siang hari lebih tinggi dibandingkan saat sore hari. Konsentrasi bahan pencemar di udara tinggi karena suhu yang dingin di pagi hari menyebabkan udara makin padat. Kelembaban yang tinggi membuat kadar uap air di udara dapat bereaksi dengan bahan pencemar terutama gas yang larut dalam air (Mukono, 2008).

Kondisi suhu yang dingin cenderung menahan bahan pencemar tetap berada di kawasan tersebut. Sehingga konsentrasi bahan pencemar semakin lama akan semakin tinggi. Pada siang hari suhu cenderung tinggi. Suhu yang lebih tinggi mengakibatkan bahan pencemar cenderung mengalami peningkatan konsentrasi. Pencampuran udara dan bahan pencemar dibantu dengan kecepatan angin yang tinggi membuat area tertentu meningkatkan tingkat polusinya dibandingkan yang lain (Noftri, Faizal, and Mohadi, 2017).

Semakin lama responden bekerja maka *intake* yang didapatkan akan cukup besar dan memungkinkan berdampak pada kesehatan. Adapun faktor lain yang berpengaruh terhadap *intake* adalah berat badan. Semakin besar berat badan maka semakin kecil nilai *intake*. Dimana berat badan merupakan faktor pembagi dari hasil perhitungan nilai konsentrasi H_2S , frekuensi pajanan, waktu pajanan, dan durasi pajanan.

Karakterisasi Risiko

Besarnya rata-rata nilai RQ (*real time*) yang didiperoleh $RQ > 1$. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya *intake* yang masuk kedalam tubuh masih cukup tinggi. Peningkatan tingkat risiko tidak aman dapat terjadi apabila pola pajanan yang ada mengalami perubahan. Jika semakin lama durasi pajanan maka semakin besar pula risiko kesehatan yang didapatkan dari bahan pencemar H_2S . Selain itu, faktor kebiasaan merokok akan memperberat risiko terjadinya penyakit paru obstruktif menahun. Kebiasaan merokok saat bekerja dapat menambah risiko kesehatan yang dialami. Asap rokok yang dihasilkan dapat mempengaruhi sistem *escalator mukosiliar* dan merusak silia sehingga tidak terjadi penyaringan polutan pada saluran pernapasan. Hal inilah yang dapat mempermudah sampainya H_2S ke saluran napas bawah sehingga mempercepat Penyakit Paru Obstruktif Kronik (Rose, 2014).

Sejumlah studi epidemiologi telah menyatakan bahwa pajanan jangka pendek terhadap polusi udara ambien dikaitkan dengan peningkatan mortalitas pernapasan dan rawat inap, terutama di negara-negara maju. Di daratan Cina, negara berkembang terbesar, kematian harian telah dikaitkan dengan polusi udara ambien dan gas ambien. Sistem pernapasan paling rentan terhadap efek berbahaya dari polusi udara, dan penyakit pernapasan umumnya merupakan penyebab utama kunjungan ke rumah sakit (Zhang, *et al.*, 2018). Perlu dilakukan pengendalian polusi udara dan kebijakan penggunaan alat pelindung diri (misalnya respirator, pembersih udara), yang mungkin membantu untuk melindungi kesehatan mereka pada waktunya. Serta larangan merokok, sebagai langkah mitigasi untuk mengurangi risiko kesehatan.

Kesimpulan

Besar risiko diketahui pada saat ini (*realtime*) terdapat responden yang memiliki $RQ \geq 1$ dikarenakan nilai besaran risiko yang didapatkan dari konsentrasi H_2S yang dikeluarkan oleh aktivitas pengelolaan sampah berpotensi menimbulkan efek kesehatan. Hal ini dipengaruhi faktor meteorologi yaitu antaranya suhu, kelembaban, tekanan udara, serta arah dan kecepatan angin. Pemerintah Kota Kendari perlu melakukan upaya

12 Jurnal Pendidikan Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan

pemantauan, pengawasan, dan pengendalian polutan udara secara berkala dan berkelanjutan. Disamping itu melakukan sosialisasi mengenai bahaya polutan udara serta penanaman pohon. Dan bagi pemulung perlu menjaga kebersihan personal, mengonsumsi asupan makanan dengan gizi seimbang serta menggunakan APD minimal masker sebagai upaya untuk meminimalisir polusi udara yang terhirup pada saat bekerja. Kondisi TPA Puuwatu yang terdapat banyak ternak (sapi dan kambing) yang menghasilkan kotoran, dan belum dimanfaatkan secara maksimal menambah tingkat polusi di udara. Dan pemukiman pemulung yang terletak di kawasan TPA mengakibatkan pemukiman yang tidak sehat dan tidak memenuhi syarat pemukiman penduduk.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih Ketua Jurusan dan Ketua Program Magister Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga dalam memberikan konsultasi. Juga, terima kasih penulis sampaikan kepada semua rekan atas masukan berharga mereka selama persiapan ini naskah. Penulis menyatakan bahwa penelitian ini tidak didanai oleh lembaga mana pun.

DAFTAR PUSTAKA

- A, Rahayu, A. Daud, and Anwar. 2014. Analisis Kadimium dalam Kerang Darah pada Masyarakat di Wilayah Pesisir Kota Makassar. *Skripsi*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Hasanuddin.
- Abrianto, H. 2004. Analisis Risiko Pencemaran Debu Terhirup terhadap Siswa Selama Berada di SDN 1 Pondok Cina, Kota Depok. *Skripsi*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Indonesia.
- Alchamdani, A. 2019. NO₂ and SO₂ Exposure to Gas Station Workers Health Risk in Kendari City. *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN*, 11(4), 319-330.
- ATSDR (Agency for Toxic Substance and Disease Registry). 2000. *Toxicological Profile for Hydrogen Sulfide*. US Department of Health and Human Services.
- Azizah, I. T. N. 2019. Analisis Kadar Debu PM 2,5 dan Fungsi Paru pada Pekerja Industri Pupuk Organik di Nganjuk. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 11(2).
- Chun, S.-K. 2017. Mechanism of hydrogen sulfide generation from a composite waste landfill site: a case study of the 'Sudokwon Landfill Site', Korea. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 443–452.
- Doujaiji, Bassam, and Jaffar A. Al-Tawfiq. 2010. Hydrogen Sulfide Exposure in an Adult Male. *Annals of Saudi Medicine* 30(1): 76–81.
- Drimal, Marek, Kvetoslava Koppova, Zuzana Kloslova, and Eleonora Fabianova. 2010. Environmental Exposure to Hydrogen Sulfide In Central Slovakia (Ruzomberok Area) In Context Of Health Risk Assessment. *Cent Eur J Public Health* 18(4): 224–29.
- enHEALTH. 2012. *Environmental Health Risk Assesment. Guidelines for Asesing Human Health Risk from Environmental Hazards*.
- Fang, Yuan et al. 2016. Endogenous Mitigation of H₂S inside of the Landfills. *Environmental Science and Pollution Research*: 2505–12.

- GOLD (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease). 2017. *Global Strategy for Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*.
- Guan, T et al. 2018. The Effects of Facemasks on Airway Inflammation and Endothelial Dysfunction in Healthy Young Adults: A Double-Blind, Randomized, Controlled Crossover Study. *Particle and Fibre Toxicology* 1–12.
- Hall, J. E., & Guyton, A. C. 2011. *Guyton and Hall textbook of medical physiology*. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier.
- Haryoto, Setyono, Prabang, and Masykuri M. 2014. Fate Gas Amoniak Terhadap Besarnya Risiko Gangguan Kesehatan pada Masyarakat di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Putri Cempo Surakarta. *Jurnal EKOSAINS* 6.
- Istirokhatun, Titik, Ita Tetriana Agustini, and Sudarno. 2016. Investigasi Pengaruh Kondisi Lalu Lintas dan Aspek Meteorologi terhadap Konsentrasi Pencemar SO₂ di Kota Semarang. *Jurnal PRESIPITASI* 13: 21–27.
- Ivana, Suci Chintia, Rachmaniyah, and Demes Nurmayanti. 2017. Kadar Gas Hidrogen Sulfida (H₂S) dan Keluhan Subyektif Pemulung TPA Benowo Surabaya Tahun 2016. *GEMA KESEHATAN LINGKUNGAN* 15(1): 52–58.
- Jiang, X.Q, X.D Mei, and D. Feng. 2016. *Air Pollution and Chronic Airway Disease*.
- Mukono, J. 2008. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Nieminen, P., Panychev, D., Lyalushkin, S., Komarov, G., Ninakov, A., Borisenko, M., Kinnula, V. L., and Toljamo, T. 2013. Environmental exposure as an independent risk factor of chronic bronchitis in northwest Russia. *Int J Circumpolar Health*.
- Noftri, Shelly, M Faizal, and Risfidian Mohadi. 2017. Air Quality Analysis of SO₂, NO₂ and CO in Palembang City. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry* (2): 58–61.
- Nukman. 2005. Analisis dan Manajemen Risiko Kesehatan Pencemaran Udara: Studi Kasus di Sembilan Kota Besar Padat Transportasi. *Jurnal Ekologi Kesehatan* 4(270–289).
- Putri, G. L. 2018. Kadar Hidrogen Sulfida dan Keluhan Pernapasan pada Petugas di Pengolahan Sampah Super Depo Sutorejo Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(2), 211–219.
- Putri, Riska Triafriyani, Tri Joko, and Hanan Lanang Dangiran. 2017. Hubungan Karakteristik Pemulung dan Penggunaan Alat Pelindung Pernapasan dengan Keluhan Gangguan Pernapasan Pada Pemulung di TPA Jatibarang, Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)* 5(5): 838–49.
- Ramadhona M. 2014. Analisis Risiko Kesehatan Paparan Amonia (NH₃) pada Karyawan di Area Produksi Amonia PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang Tahun 2014. Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Sriwijaya.

- Ramdan, I.M., Adawiyah, R., Firdaus, A.R. 2017. Analisis Risiko Paparan SO₂ terhadap Risiko Non Karsinogenik pada Pekerja Penyapu Jalan di Kota Samarinda. *Jurnal Husada Mahakam* 4: 255–69.
- Rifa'I, Bariyadi, Tri Joko, and Yusniar Hanani D. 2016. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan Gas Hidrogen Sulfida (H₂S) pada Pemulung Akibat Timbunan Sampah di TPA Jatibarang Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)* 4(3): 692–701.
- Rose KDC, Tualeka AR. 2014. Penilaian Risiko Paparan Asap Kendaraan Bermotor pada Polantas Polrestabes Surabaya Tahun 2014. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, Vol 3 no 1 Jan-Jun: 46-57.
- Safmila, Yuliani, and Risnawati. 2018. Hubungan Kebersihan Lingkungan dan Pencemaran Udara dengan Tanggapan Masyarakat terhadap Keberadaan Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Banda Aceh. *Majalah Kesehatan Masyarakat Aceh (MaKMA)* 1(2): 79–85.
- Sunyoto, Danang Dwi Saputro, and Suwahyo. 2016. Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Reaktor Biogas di Kabupaten Kendal. *Rekayasa* 14(1): 29–36.
- T, Wardhani. 2012. Perbedaan Tingkat Risiko Kesehatan Oleh Pajanan PM₁₀, SO₂, NO₂ pada Hari Kerja, Hari Libur, dan Hari Bebas Kendaraan Bermotor di Bundaran HI Jakarta. *Skripsi*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Indonesia.
- Umar, PRH. 2014. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas Paru Peternak Ayam. *Skripsi*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Negeri Gorontalo.
- Zhang, H et al. 2018. The Impact of Ambient Air Pollution on Daily Hospital Visits for Various Respiratory Diseases and the Relevant Medical Expenditures in Shanghai, China. *International Journal Environmental Research and Public Health*: 1–10.

