

ANALISIS KUALITAS UDARA AMBIEN PT X MENGGUNAKAN METODE *ENVIRONMENTAL HEALTH RISK ASSESSMENT* (EHRA)

Ariska Rahmawati^{1*}

Peminatan Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga¹

*Corresponding Author : ariskarahma987@gmail.com

ABSTRAK

PT X merupakan perusahaan bergerak pada bidang produksi pakan ternak di Sidoarjo. PT X dalam menjalankan proses operasionalnya menghasilkan berbagai zat sisa, salah satunya adalah bahan pencemar udara yang dapat mencemari udara lingkungan kerja. Bahan pencemar udara yang dihasilkan diantaranya gas *Sulfur Dioxide* (SO₂), *Carbon Monoxide* (CO), *Nitrogen Dioxide* (NO₂) dan *Particulate Matter* (PM_{2,5}). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui analisis udara ambien PT X dengan menggunakan metode EHRA. Penelitian ini menganalisis risiko kesehatan yang diterima pekerja akibat paparan polutan udara dengan menggunakan metode *Environmental Health Risk Assessment* (EHRA). Populasi dalam penelitian ini adalah pekerja gudang muat PT X. Data yang digunakan adalah data pemantauan kualitas udara tahun 2022 yang bersumber internal PT X. Data dianalisis untuk identifikasi bahaya, dosis respon, perhitungan intake, dan karakteristik risiko akibat pajanan melalui inhalasi. Hasil analisis pajanan dengan populasi beresiko berjumlah 9 orang yang bekerja pada area gudang muat, waktu pajanan sebesar 8 jam/ hari dengan frekuensi pajanan sebesar 260 hari/tahun, durasi pajanan rata-rata sebesar 15,33 tahun. Pajanan SO₂, CO, NO₂, PM_{2,5} sebesar 0,026 mg/m³, 1,206 mg/m³, 0,011 mg/m³, 0,002 mg/m³ secara inhalasi pada orang dewasa yang bekerja di area gudang muat PT X dengan berat badan rata-rata 59,8 kg, masih aman untuk frekuensi pajanan 260 hari/tahun hingga 30 tahun mendatang. Kualitas udara ambien PT X tidak beresiko terhadap kesehatan untuk estimasi frekuensi pajanan 260 hari/tahun hingga 30 tahun mendatang.

Kata kunci : *environmental health risk assessment* (EHRA), kualitas udara, pabrik pakan

ABSTRACT

PT X is a company engaged in animal feed production in Sidoarjo. The production process of PT X produces various waste substances, one of which is air pollutants that can pollute the air of the work environment. Air pollutants produced include Sulfur Dioxide (SO₂), Carbon Monoxide (CO), Nitrogen Dioxide (NO₂) and Particulate Matter (PM_{2.5}). This study analyzed the health risks received by workers due to exposure to air pollutants using the Environmental Health Risk Assessment (EHRA) method. The population of this study was PT X loading warehouse workers. The data were analyzed for hazard identification, response dose, intake calculation, and risk characteristics due to exposure through inhalation. The results of exposure analysis with an at-risk population of 9 people working in the loading warehouse area, exposure time of 8 hours / day with an exposure frequency of 260 days / year, average exposure duration of 15.33 years. Exposure to SO₂, CO, NO₂, PM_{2.5} of 0.026 mg/m³, 1.206 mg/m³, 0.011 mg/m³, 0.002 mg/m³ by inhalation in adults working in the PT X loading warehouse area with an average body weight of 59.8 kg, is still safe for exposure frequency of 260 days/year for the next 30 years. PT X's ambient air quality poses no health risk for an estimated frequency of exposure of 260 days/year for the next 30 years.

Keywords : *environmental health risk assessment* (EHRA), air quality, animal feed production

PENDAHULUAN

Industrialisasi di Indonesia mengalami kemajuan yang sangat pesat. Sebuah masa yang ditandai dengan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga manusia dapat lebih mudah memenuhi kebutuhan hidupnya. Kemajuan dalam bidang industri ini memberikan berbagai dampak positif yaitu, terbukanya lapangan kerja, membaiknya sarana transportasi dan komunikasi serta meningkatnya taraf sosial ekonomi masyarakat. Namun,

sebagai negara berkembang, tentunya masalah yang terkait dalam industrialisasi masih menjadi suatu polemik yang harus diselesaikan. Suatu kenyataan dapat disimpulkan bahwa perkembangan kegiatan industri secara umum juga merupakan sektor yang potensial sebagai sumber pencemaran yang akan merugikan bagi kesehatan masyarakat khususnya pekerja berkaitan dengan dampak penyakit akibat kerja (Budiono, 2007).

PT X merupakan perusahaan bergerak di bidang produksi pakan ternak (pabrik pakan). Adapun hasil produksi dari PT X di antaranya adalah pakan ternak berbentuk pallet, crumble, dan konsentrat. PT X dalam menjalankan proses operasionalnya akan menghasilkan berbagai zat sisa, salah satunya adalah bahan pencemar udara yang dapat mencemari udara lingkungan kerja. Bahan pencemar udara yang dihasilkan dalam proses operasional dapat memberikan dampak negatif bagi pekerja. Bahan pencemar udara yang dihasilkan diantaranya adalah gas *Sulfur Dioxide* (SO₂), *Carbon Monoxide* (CO), *Nitrogen Dioxide* (NO₂) dan *Particulate Matter* (PM 2,5) (Mukono, 2008). Polutan udara yang dihasilkan oleh kegiatan industri telah diatur mengikuti nilai ambang batas yang telah ditentukan jika melebihi nilai yang telah ditentukan dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi pekerja dan masyarakat yang tinggal di kawasan industri (Pangestu et al, 2020).

Menurut *World Health Organization* (WHO), polusi udara berkontribusi terhadap 7,6% kematian dini setiap tahun (J.-T. Lee, 2021). Polusi udara dalam jangka panjang akan menumpuk dan akan berdampak negatif bagi kesehatan. Paparan polutan udara terkait dengan penyakit kardiopulmoner, diabetes, sindrom metabolik, kondisi neurobehavioral, dan kelainan reproduksi (Snow et al., 2018). Dampak negatif yang disebabkan oleh polutan udara dapat diperkirakan menjadi risiko kesehatan yang signifikan. Untuk menilai besarnya risiko kesehatan yang timbul, diperlukan analisis kualitas udara ambien PT X menggunakan metode *Environmental Health Risk Assessment* (EHRA) dengan mengidentifikasi bahaya, dosis respon, perhitungan intake, dan karakteristik risiko akibat pajanan melalui inhalasi (Dirjen PP dan PL, 2012).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui analisis udara ambien PT X dengan menggunakan metode EHRA dengan melihat nilai konsentrasi minimum dan maksimum dari masing-masing parameter kimia di udara ambien. Hal ini dilakukan untuk mengetahui potensi faktor risiko atau dampak kesehatan yang ditimbulkan oleh tubuh pekerja dari konsentrasi bahan kimia di udara ambien dari nilai konsentrasi minimum hingga konsentrasi maksimum. Nilai minimum dan maksimum merupakan rentang untuk memperkirakan dampak yang terjadi dari nilai konsentrasi minimum hingga maksimum untuk setiap parameter kimia di udara ambien (Dirjen PP dan PL, 2012). Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas udara ambien di PT X untuk mengupayakan manajemen risiko guna mengendalikan dampak, memantau, dan mengelola kesehatan lingkungan.

METODE

Penelitian ini menganalisis risiko kesehatan yang diterima pekerja akibat paparan polutan udara dengan menggunakan metode *Environmental Health Risk Assessment* (EHRA). Populasi dalam penelitian ini adalah pekerja area gudang muat PT X. Konsentrasi polutan udara dikumpulkan dari data sekunder *Sulfur Dioxide* (SO₂), *Carbon Monoxide* (CO), *Nitrogen Dioxide* (NO₂) dan *Particulate Matter* (PM 2,5) pada area gudang muat PT X tahun 2021-2022 yang diuji langsung oleh Laboratorium terkreditasi. Hasil pengujian udara ditetapkan pada suatu titik yakni di area gudang muat karena area ini langsung berdekatan pada pemukiman. Data atau informasi karakteristik pekerja didapatkan melalui data perusahaan yang meliputi umur, jenis kelamin dan lama kerja. Sedangkan data berat badan diambil dari data hasil *medical check up* perusahaan tahun 2022. Data yang diperoleh akan dilakukan analisis univariat untuk karakteristik pekerja, umur, jenis kelamin, lama kerja, berat badan dan variabel *Sulfur Dioxide*

(SO₂), Carbon Monoxide (CO), Nitrogen Dioxide (NO₂) dan Particulate Matter (PM 2,5). Selanjutnya, hasil analisis univariat tersebut akan digunakan dalam penentuan nilai intake dan karakteristik risiko.

HASIL

Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Identifikasi bahaya (*Hazard Identification*) merupakan langkah awal dalam *Environmental Health Risk Assessment* (EHRA) yang digunakan untuk mengetahui secara spesifik agent risiko yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan bila tubuh terpajan. Identifikasi bahaya adalah langkah identifikasi terhadap jenis dan sifat serta kemampuan yang melekat pada suatu agent risiko yang dapat menyebabkan dampak buruk organisme, sistem atau sub populasi (Dirjen PP dan PL, 2012). Berikut disajikan konsentrasi SO₂, CO, NO₂, PM_{2,5} di udara lingkungan kerja PT X :

Tabel 1. Identifikasi Bahaya

Sumber Penggunaan	dan Media Potensial	Lingkungan	Agent Risiko	Konsentrasi	
				Pengukuran (mg/m ³)	NAB (mg/m ³)
Industri (Pakan Ternak)	Udara		SO ₂	0,026	0,15
			CO	1,206	10
			NO ₂	0,011	0,2
			PM _{2,5}	0,002	0,055

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dapat dilihat bahwa hasil pengukuran tidak melebihi NAB. Walaupun konsentrasi SO₂, CO, NO₂, dan PM_{2,5} ini masih berada di bawah NAB yang telah ditetapkan, tetapi estimasi risiko akibat SO₂, CO, NO₂, dan PM_{2,5} dapat terjadi.

Analisis Dosis Respon (*Dose-Response Assessment*)

Tabel 2. Dosis respon

Agent	Dosis Respon (RfC)
SO ₂	0,026 mg/kg/hari
CO	1,207 mg/kg/hari
NO ₂	0,02 mg/kg/hari
PM _{2,5}	0,009 mg/kg/hari

Nilai RfC yang digunakan untuk *risk agent* SO₂ adalah 0,026 mg/kg/hr yang diperoleh berdasarkan ketetapan dari EPA/NAAQS 1990. Dosis referensi (RfC) dari gas NO₂ adalah 0,02 mg/kg/hari. Nilai RfC untuk kadar karbon monoksida adalah 1,207 mg/kg/hari. Sedangkan analisis dosis-respon dengan menggunakan nilai batas aman paparan PM_{2,5} oleh *National Ambient Air Quality Standard* (NAAQS) USEPA tahun 2006 yaitu sebesar 35 µg/m³ Berdasarkan perhitungan RfC dari default tersebut dihasilkan bahwa RfC = 0,009 mg/kg/hari (Rosalia et al, 2018).

Analisis Paparan (*Exposure Assessment*)

Populasi terpajan SO₂, CO, NO₂, PM_{2,5} adalah pekerja area gudang muat PT X yang berjumlah 9 orang. Hal ini dikarenakan pengukuran *agent* dilakukan pada area gudang muat yang mana dekat dengan pemukiman masyarakat. Waktu paparan didapatkan dari berapa lama pekerja melakukan kegiatan dan berdasarkan perhitungan shift kerja yang berlaku yakni 3 shift

perhari. Dalam satu kali shift pekerja melakukan kegiatan selama 8 jam per hari. Selama satu minggu pekerja masuk selama 6 hari kerja. Frekuensi pajanan dihitung dari hasil perhitungan jumlah hari dalam satu tahun dikurangi dengan jumlah libur dan jumlah hari cuti. Setiap pekerja mendapatkan jumlah hari libur dan jumlah hari cuti yang sama sehingga memiliki frekuensi pajanan yang sama. Jumlah hari cuti sebanyak 12 hari per tahun dan libur hari raya selama 8 hari, sehingga jumlah hari kerja total pekerja dalam satu tahun yaitu 260 hari/tahun. Nilai *inhalation rate* (R) atau laju inhalasi didapat berdasarkan ketetapan iris yakni sebesar 20 m³/hari yang dikonversi menjadi 0,83 m³/jam.

Dalam penelitian ini menggunakan 2 durasi pajanan yakni durasi pajanan sebenarnya (*realtime*) dan durasi pajanan sepanjang hayat (*lifetime*). Durasi pajanan *realtime* menggunakan data perusahaan sedangkan durasi pajanan *lifetime* menggunakan nilai ketetapan US-EPA untuk industri yakni 30 tahun. Usia pekerja dihitung dari tahun kelahiran sampai tahun saat penelitian dilakukan. Adapun distribusi usia pekerja area gudang muat bekerja di PT X tahun 2022 adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Variabel Berat Badan, Durasi Pajanan, Usia

Pekerja	Berat Badan (kg)	Durasi Pajanan (th)	Usia (th)
1	58	27	49
2	57	31	51
3	59	4	34
4	63	11	38
5	60	32	53
6	61	3	43
7	63	4	38
8	57	4	34
9	59	22	41

Berdasarkan tabel 3 diketahui bahwa terdapat 4 orang dengan golongan usia dewasa dini ($18 \leq 40$) dengan persentase 44% dan golongan usia pertengahan ($40 \leq 60$) sebanyak 5 orang dengan persentase 56%.

Perhitungan Nilai Intake Non Karsinogenik

Perhitungan *intake* non karsinogenik menggunakan persamaan :

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

Intake yang dihitung berdasarkan kondisi pajanan *realtime* dan *lifetime*.

Tabel 4. Distribusi Nilai Intake Non Karsinogenik SO₂, CO, NO₂ dan PM_{2,5} Berdasarkan Pajanan Realtime dan Lifetime

	Intake SO ₂		Intake CO		Intake NO ₂		Intake PM _{2,5}	
	<i>realtime</i>	<i>Lifetime</i>	<i>realtime</i>	<i>Lifetime</i>	<i>realtime</i>	<i>lifetime</i>	<i>realtime</i>	<i>Lifetime</i>
1	0,00191	0,00212	0,08851	0,09835	0,00081	0,00090	0,00015	0,00016
2	0,00223	0,00216	0,10341	0,10007	0,00094	0,00091	0,00017	0,00017
3	0,00028	0,00208	0,01289	0,09668	0,00012	0,00088	0,00002	0,00016
4	0,00072	0,00195	0,03320	0,09054	0,00030	0,00083	0,00006	0,00015
5	0,00219	0,00205	0,10141	0,09507	0,00092	0,00087	0,00017	0,00016
6	0,00020	0,00202	0,00935	0,09351	0,00009	0,00085	0,00002	0,00016
7	0,00026	0,00195	0,01207	0,09054	0,00011	0,00083	0,00002	0,00015
8	0,00029	0,00216	0,01334	0,10007	0,00012	0,00091	0,00002	0,00017
9	0,00153	0,00208	0,07090	0,09668	0,00065	0,00088	0,00012	0,00016

Besarnya nilai intake berbanding lurus dengan nilai konsentrasi bahan kimia, laju asupan, frekuensi pajanan, waktu pajanan dan durasi pajanan yang artinya semakin besar nilai tersebut maka akan semakin besar asupan seseorang. Sedangkan asupan berbanding terbalik dengan

nilai berat badan dan periode waktu rata-rata. Dari perhitungan dapat diketahui bahwa nilai konsentrasi bahan kimia dan durasi pajanan berbanding lurus dengan nilai intake. Durasi pajanan sangat berpengaruh terhadap nilai intake, semakin lama karyawan bekerja maka intake akan semakin besar dan risiko efek kesehatan merugikan lebih tinggi pula. Hal ini juga dapat dilihat pada hasil nilai intake responden nomor 2 dan 5. Yang mana durasi pajanan yang diterima lebih dari 30 tahun, sehingga nilai intake pada pajanan realtime lebih besar dari nilai pajanan *lifetime* dengan durasi 30 tahun.

Perhitungan Intake Populasi

Perhitungan *intake* populasi pada pekerja area gudang menggunakan data-data berdasarkan analisis deskriptif yang mewakili variabel dari tiap populasi.

Tabel 5. Analisis Deskriptif Faktor Pajanan

Faktor Pajanan	Satuan	Nilai Numerik			
		Min	Max	Mean	Median
Berat Badan	Kg	57	63	59,8	59,5
Durasi Pajanan	Tahun	3	32	15,33	11

Hasil analisis deskriptif menunjukkan variabel berat badan dan durasi pajanan. Nilai berat badan rata-rata pekerja yaitu 59,8 kg dan durasi rata-rata (*realtime*) yaitu 15,33 tahun.

Tabel 6. Nilai Intake Populasi berdasar realtime dan lifetime

Agent	Intake	
	<i>Realtime</i>	<i>Lifetime</i>
SO ₂	0,00075	mg/kg/hari
CO	0,03466	mg/kg/hari
NO ₂	0,00032	mg/kg/hari
PM _{2,5}	0,00006	mg/kg/hari

Jumlah asupan non karsinogenik akibat pajanan SO₂, CO, NO₂, dan PM_{2,5} pada pekerja area gudang muat setiap bekerja 8 jam/hari sampai saat penelitian dilakukan sebesar 0,00075 mg/kg/hari 0,03466 mg/kg/hari 0,00032 mg/kg/hari dan 0,00006 mg/kg/hari untuk pajanan *realtime*. Berdasarkan perhitungan pajanan *lifetime* mengalami peningkatan yaitu sebesar 0,00206 mg/kg/hari, 0,09539 mg/kg/hari, 0,00087 mg/kg/hari, dan 0,00016 mg/kg/hari. Besarnya nilai intake berbanding lurus dengan konsentrasi *risk agent*, laju asupan, pajanan harian, frekuensi pajanan dan durasi pajanan, yang artinya semakin besar nilai tersebut maka semakin besar asupan seseorang. Namun, asupan berbanding terbalik dengan berat badan dan periode rata-rata. Semakin lama seseorang tersebut berada dan terpajan *risk agent* di lingkungannya maka nilai intake akan semakin besar dan risiko untuk mendapat efek yang merugikan semakin tinggi.

Karakteristik Risiko

Karakterisasi risiko yang dilakukan untuk menetapkan tingkat risiko atau dengan kata lain menentukan apakah agen risiko pada konsentrasi tertentu yang dianalisis pada Environmental Health Risk Assessment (EHRA) berisiko menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat (dengan karakteristik seperti berat badan, laju inhalasi/konsumsi, waktu, frekuensi, durasi pajanan yang tertentu) atau tidak (Dirjen PP dan PL, 2012). Tingkat risiko non karsinogenik dihitung berdasarkan kondisi pajanan *realtime* dan *lifetime*. Perhitungan tingkat risiko non karsinogenik / Risk Quotien (RQ) pada paparan inhalasi

$$RQ = \frac{I_{nk}}{RfC}$$

I_{nk} : asupan / intake (mg/kg/hari)
 RfC : dosis referensi agen risiko pada pajanan inhalasi
 RQ : Risk Quotien

Tingkat risiko dinyatakan dalam angka atau bilangan desimal tanpa satuan. Tingkat risiko dikatakan aman apabila Intake \leq RfC atau dinyatakan dengan RQ \leq RfC. Tingkat risiko dikatakan tidak aman apabila Intake $>$ RfC atau dinyatakan dengan RQ $>$ 1 (Kemenkes RI, 2012). Sehingga didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 7. Tingkat Risiko

Agent	RQ	
	<i>Realtime</i>	<i>lifetime</i>
SO ₂	0,02874	0,07909
CO	0,02871	0,07903
NO ₂	0,01581	0,04350
PM _{2,5}	0,00639	0,01758

Hasil perhitungan tingkat risiko non karsinogenik RQ *realtime* dan *lifetime* untuk populasi akibat pajanan SO₂, CO, NO₂, dan PM_{2,5} pada pekerja area gudang muat menunjukkan RQ < 1 yang artinya pekerja area gudang muat belum berisiko terhadap efek non karsinogenik udara lingkungan kerja.

PEMBAHASAN

Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Agent risiko yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan pekerja bongkar muat adalah *Sulfur Dioxide* (SO₂), *Carbon Monoxide* (CO), *Nitrogen Dioxide* (NO₂) dan *Particulate Matter* (PM 2,5). Pada hasil disebutkan bahwa bahwa rekapitulasi hasil pengukuran tidak melebihi NAB. Walaupun konsentrasi SO₂, CO, NO₂, dan PM_{2,5} ini masih berada di bawah NAB yang telah ditetapkan, tetapi estimasi risiko akibat SO₂, CO, NO₂, dan PM_{2,5} dapat terjadi. Gas sulfur dioksida tidak menyebabkan risiko karsinogenik (Siswanto, 1994). Risiko kesehatan non karsinogenik gas sulfur dioksida yaitu dapat menyebabkan iritasi saluran pernafasan, bronkhitis kronis, sembab paru faktor (pulmonary edema), dan merupakan faktor pendukung penyebab terjadinya Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK). SO₂ dapat menyebabkan peradangan paru dan jika hal ini berlangsung terus-menerus dapat mengakibatkan penurunan fungsi paru, yang akhirnya dapat meningkatkan kelainan faal paru obstruktif.

Keberadaan CO akan sangat berbahaya jika terhirup oleh manusia karena gas tersebut akan menggantikan posisi oksigen yang berkaitan dengan hemoglobin dalam darah. Karbon monoksida adalah gas yang bersifat membunuh makhluk hidup termasuk manusia. Karbon monoksida (CO) bersifat racun metabolis, sehingga dapat bereaksi secara metabolis dengan darah menjadi karboksihemoglobin (COHb). Keadaan tersebut menyebabkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu (Damara, 2017). Kadar NO₂ di udara jika terlalu tinggi diatas Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) akan mengakibatkan dampak negatif, yaitu: terjadinya hujan asam, menyebabkan kesulitan bernafas bagi penderita asma, menyebabkan batuk untuk anak-anak dan orang tua, menurunan visibilitas dan berbagai gangguan pernafasan, serta dapat menyebabkan kematian. Dalam Santiasih (2012) juga menyebutkan bahwa terdapat korelasi positif antara konsentrasi PM_{2,5} dengan gangguan pernapasan pada tenaga kerja di dalam ruangan. Selain itu, karena ukurannya tersebut PM_{2,5} dapat mencapai alveoli dan dapat mengakibatkan inflamasi pada paru-paru, pembuluh darah, bahkan hati serta organ lainnya (EPA, 2013).

Analisis Dosis Respon (*Dose-Response Assessment*)

Nilai RfC yang digunakan untuk *risk agent* SO₂ adalah 0,026 mg/kg/hr yang diperoleh berdasarkan ketetapan dari EPA/NAAQS 1990. Dosis referensi (RfC) dari gas NO₂ adalah 0,02 mg/kg/hari. Nilai RfC untuk kadar karbon monoksida adalah 1,207 mg/kg/hari. Sedangkan analisis dosis-respon dengan menggunakan nilai batas aman paparan PM_{2,5} oleh *National Ambient Air Quality Standard* (NAAQS) USEPA tahun 2006 yaitu sebesar 35 µg/m³. Berdasarkan perhitungan RfC dari default tersebut dihasilkan bahwa RfC = 0,009 mg/kg/hari (Rosalia et al, 2018). Dalam studi ini, paparan SO₂, CO, NO₂, dan PM_{2,5} pada pekerja PT X dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui jalur non-karsinogenik. Jadi nilai yang digunakan sebagai dosis referensi untuk inhalasi adalah RfC. Setiap agen pencemar memiliki dosis responsnya. Artinya, jika nilai paparan lebih dari RfC, maka akan menimbulkan beberapa masalah kesehatan terkait efek masing-masing polutan pada paparan SO₂, CO, NO₂, dan PM_{2,5} pada pekerja PT X.

Analisis Paparan (*Exposure Assessment*)

Berdasarkan tabel 3 diketahui bahwa terdapat 4 orang dengan golongan usia dewasa dini (18≤40) dengan persentase 44% dan golongan usia pertengahan (40≤60) sebanyak 5 orang dengan persentase 56%. Mahawati et al (2006) menyatakan bahwa usia terbukti mempengaruhi daya tahan tubuh seseorang terhadap paparan zat berbahaya. Usia dapat berpengaruh terhadap toksisitas karena pada usia lanjut (>45 tahun) terjadi penurunan faat organ tubuh sehingga akan mempengaruhi metabolisme dan penurunan kinerja otot tubuh. Hasil pengukuran diketahui bahwa berat badan pekerja bervariasi. Semakin besar berat badan individu maka semakin kecil dosis internal yang diterima (Rahman, 2005). Pada prinsipnya, besar nilai asupan dipengaruhi nilai konsentrasi bahan kimia, laju asupan, frekuensi paparan, durasi paparan dan berat badan seseorang (Salim, 2012).

Perhitungan Nilai Intake Non Karsinogenik

Besarnya nilai intake berbanding lurus dengan nilai konsentrasi bahan kimia, laju asupan, frekuensi paparan, waktu paparan dan durasi paparan yang artinya semakin besar nilai tersebut maka akan semakin besar asupan seseorang. Sedangkan asupan berbanding terbalik dengan nilai berat badan dan periode waktu rata-rata. Dari perhitungan tabel 4 dapat diketahui bahwa nilai konsentrasi bahan kimia dan durasi paparan berbanding lurus dengan nilai intake. Durasi paparan sangat berpengaruh terhadap nilai intake, semakin lama karyawan bekerja maka intake akan semakin besar dan risiko efek kesehatan merugikan lebih tinggi pula. Hal ini juga dapat dilihat pada hasil nilai intake responden nomor 2 dan 5. Yang mana durasi paparan yang diterima lebih dari 30 tahun, sehingga nilai intake pada paparan realtime lebih besar dari nilai paparan *lifetime* dengan durasi 30 tahun.

Perhitungan Intake Populasi

Jumlah asupan non karsinogenik akibat paparan SO₂, CO, NO₂, dan PM_{2,5} pada pekerja area gudang muat setiap bekerja 8 jam/hari sampai saat penelitian dilakukan sebesar 0,00075 mg/kg/hari, 0,03466 mg/kg/hari, 0,00032 mg/kg/hari dan 0,00006 mg/kg/hari untuk paparan *realtime*. Berdasarkan perhitungan paparan *lifetime* mengalami peningkatan yaitu sebesar 0,00206 mg/kg/hari, 0,09539 mg/kg/hari, 0,00087 mg/kg/hari, dan 0,00016 mg/kg/hari. Besarnya nilai intake berbanding lurus dengan konsentrasi *risk agent*, laju asupan, paparan harian, frekuensi paparan dan durasi paparan, yang artinya semakin besar nilai tersebut maka semakin besar asupan seseorang. Namun, asupan berbanding terbalik dengan berat badan dan periode rata-rata. Semakin lama seseorang tersebut berada dan terpajan *risk agent* di lingkungannya maka nilai intake akan semakin besar dan risiko untuk mendapat efek yang merugikan semakin tinggi.

Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko kesehatan dinyatakan sebagai RQ (*Risk Quotient*) atau tingkat risiko efek non-karsinogenik. Nilai RQ menunjukkan tingkat risiko kesehatan akibat paparan agen polutan. Nilai RQ dihitung dengan membandingkan asupan atau konsentrasi agen risiko yang masuk ke tubuh manusia per berat badan tertentu setiap harinya dengan nilai RfD (*Reference Dose*) yang diperoleh berdasarkan literatur dalam database *Integrated Risk Information System* (IRIS) (Dirjen PP dan PL, 2012). Risiko adalah ukuran kemungkinan dari efek merugikan yang dirasakan oleh individu atau masyarakat akibat adanya proses paparan dari suatu agent dalam kondisi yang tertentu (Djafri, 2014). Prakiraan risiko dapat dihitung berdasarkan durasi pajanan dalam 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 tahun kedepan. Durasi pajanan sangat berpengaruh terhadap nilai intake, semakin lama karyawan bekerja maka intake akan semakin besar dan risiko efek kesehatan merugikan lebih tinggi pula. Tingkat risiko dikatakan aman apabila $\text{Intake} \leq \text{RfC}$ atau dinyatakan dengan $\text{RQ} \leq \text{RfC}$. Tingkat risiko dikatakan tidak aman apabila $\text{Intake} > \text{RfC}$ atau dinyatakan dengan $\text{RQ} > 1$ (Kemenkes RI, 2012).

Hasil perhitungan tingkat risiko non karsinogenik RQ *realtime* dan *lifetime* untuk populasi akibat pajanan SO₂, CO, NO₂, dan PM_{2,5} pada pekerja area gudang muat menunjukkan $\text{RQ} < 1$ yang artinya pekerja area gudang muat belum berisiko terhadap efek non karsinogenik udara lingkungan kerja. Tingkat risiko kesehatan tertinggi PT X ada pada pajanan SO₂ dengan nilai pajanan *realtime* 0,02874 dan *lifetime* sebesar 0,07909. Sedangkan tingkat risiko kesehatan terendah PT X ada pada pajanan PM_{2,5} dengan nilai *realtime* sebesar 0,00639 dan *lifetime* sebesar 0,01758. Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai RQ minimum dan RQ maksimum masing-masing agen polutan adalah < 1 yang berarti bahwa pada orang dewasa seperti pekerja dalam kelompok berisiko dengan perkiraan berat badan 59,8 kg selama 260 hari/tahun selama 30 tahun ke depan dikatakan aman

Beberapa penelitian terkait paparan SO₂, CO, NO₂, dan PM_{2,5} menunjukkan kondisi aman namun apabila paparan dilanjutkan terus menerus maka berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan pada pekerja dan masyarakat di sekitar pabrik sehingga penggunaan alat pelindung diri merupakan upaya yang paling utama untuk mencegah paparan semakin banyak masuk ke dalam tubuh (Inaku et al, 2020; Faiz et al, 2021; Pangestu et al 2020). Risiko kesehatan non karsinogenik gas Sulfur dioksida (SO₂) di udara mempunyai pengaruh langsung terhadap manusia terutama karena sifat iritasi dari gas itu sendiri. SO₂ merupakan gas tak berwarna yang menimbulkan rasa jika konsentrasinya 0,3 ppm dan menghasilkan bau yang kuat pada tingkat konsentrasi yang lebih besar dari 0,5 ppm. SO₂ adalah gas yang dapat diserap oleh selaput lendir hidung dan saluran pernafasan. Konsentrasi tinggi SO₂ dapat mengganggu fungsi paru atau menimbulkan penyakit pernafasan lainnya (Jacobson et al, 2002). SO₂ ini dapat menyebabkan penyakit bronchitis, emphisemia dan lain-lain, serta penderita penyakit saluran pernafasan menjadi lebih parah keadaannya (Cahyono, 2011).

KESIMPULAN

Risiko bahaya kimia udara lingkungan yang teridentifikasi pada area gudang muat PT X adalah SO₂, CO, NO₂, dan PM_{2,5}. Hasil pengukuran parameter udara ambien lingkungan kerja SO₂, CO, NO₂, PM_{2,5} di PT X tidak melebihi Nilai Ambang Batas. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, diketahui nilai rata-rata pajanan pekerja area gudang muat menunjukkan $\text{RQ} < 1$ yang artinya pekerja area gudang muat belum berisiko terhadap efek non karsinogenik udara lingkungan kerja. Pajanan SO₂, CO, NO₂, PM_{2,5} sebesar 0,026 mg/m³, 1,206 mg/m³, 0,011 mg/m³, 0,002 mg/m³ secara inhalasi pada orang dewasa yang bekerja di area gudang muat PT X dengan berat badan rata-rata 59,8 kg, masih aman untuk frekuensi pajanan 260 hari/tahun hingga 30 tahun mendatang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada lokasi penelitian yakni PT X yang telah memperbolehkan penulis melakukan penelitian serta pihak-pihak yang membantu penulis dalam melakukan penelitian ini sehingga terselesaikanlah artikel yang berjudul “Analisis Kualitas Udara Ambien Pt X Menggunakan Metode Environmental Health Risk Assessment (EHRA)”.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiono, I. (2007). *Faktor Risiko Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja Pengecatan Mobil*. Tesis Semarang. Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Cahyono, W. E. (2011). *Kajian Tingkat Pencemaran Sulfur Dioksida dari Industri di Beberapa Daerah di Indonesia*. *Berita Dirgantara*, 12(4), 132-137
- Damara, D. Y., Wardhana, I. W., & Sutrisno, E. (2017). *Analisis Dampak Kualitas Udara Karbon Monoksida (CO) Di Sekitar Jl . Pemuda Akibat Kegiatan Car Free Day Menggunakan Program Caline4 Dan Surfer (Studi Kasus : Kota Semarang)*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6 No. 1
- EPA (Environmental Protection Agency). (2013). *Particulate Matter (PM) Research*. Diakses dari www.epa.gov/pm
- Faiz, S. A., Firdani, F., & Rahmah, S. P. (2021). *Analisis Risiko Paparan Gas Karbon Monoksida (CO) pada Pedagang di Sepanjang Jalan Depan Pasar Bandar Buat Kota Padang Tahun 2021*. *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan*, 2(2), 71-82.
- FITRA, M., SKM, M., Awaluddin, S., Sejati, S. K. M., & Elanda Fikri, S. K. M. (2022). *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Edisi Revisi*. Miladil Fitra.
- Inaku, A. H. R., & Novianus, C. (2020). Pengaruh Pencemaran Udara PM 2, 5 dan PM 10 Terhadap Keluhan Pernapasan Anak di Ruang Terbuka Anak di DKI Jakarta The Effect of PM 2.5 and PM 10 Air pollution on Complaints of Children’s Respiration in Children’s Open Space in DKI Jakarta.
- Jacobson MZ (2002). *Atmospheric Pollution*. Cambridge: Cambridge University Press, UK.
- Kementerian Kesehatan. (2012). *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*, Direktur Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, Jakarta. Kementerian Kesehatan. 2012. *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*, Direktur Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, Jakarta.
- Lee, J.-T. (2021). *Review of epidemiological studies on air pollution and health effects in children*. *Clinical and Experimental Pediatrics*, 64(1), 3–11. <https://doi.org/10.3345/cep.2019.00843>
- Mahawati, E., Suhartoni, Nurjazuli. (2006) *Hubungan Antar Kadar Fenol Dalam Urin Dengan Kadar Hb, Eritrosit, Trombosit, Dan Leukosit*. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia* Vol 5 No 1
- Mukono, H. J. (2008). *Pencemaran Udara dan pengaruhnya terhadap gangguan saluran pernapasan*. Airlangga University Press.
- Pangestu, B. A., Azizah, R., & Setioningrum, R. N. K. (2020). *Analysis of Environmental Health Risk of So2, No2, Nh3, and Dust Exposure In Sentra Industri Surabaya, Gresik And Sidoarjo City*. *STRADA Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 9(2), 1346-135.
- Rahman, A. (2005). *Prinsip-prinsip Dasar, Metode, Teknik dan Prosedur Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Salim, R. N. 2012. *Analisis Risiko Kesehatan Paparan Benzena pada Karyawan di SPBU “X” Pancoranmas Depok 2011*. Depok. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Santiasih, I. (2012). *Paparan Partikulat (PM10 dan PM2, 5) Terhadap Tenaga Kerja di Dalam Ruangan*. Paper and Presentation of Environment Engineering, 628

- Siswanto, A. (1994). *Toksikologi Industri*. Surabaya : Balai Hiperkes dan Keselamatan Depnaker Jatim
- Snow, S. J., Henriquez, A. R., Costa, D. L., & Kodavanti, U. P. (2018). *Neuroendocrine Regulation of Air Pollution Health Effects: Emerging Insights*. *Toxicological Sciences: An Official Journal of the Society of Toxicology*, 164(1), 9–20. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfy129>
- US EPA. (1990). *Comments on the Use of Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl in Unleaded Gasoline*, New York, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development