

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kualitas Udara Dalam Ruang Di PT KCI Tahun 2020

Eka Fitriani Ahmad

Politeknik Ketenagakerjaan

Jl. Pengantin Ali No.71A, RT.7/RW.6, Ciracas, Kec. Ciracas, Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta 13740

E-mail: ekafitrianiahmad@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas udara dalam ruangan merupakan faktor resiko bahaya yang dapat mempengaruhi kesehatan pekerja. Penurunan kualitas udara dalam ruangan dapat menyebabkan *sick building syndrome*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kualitas udara dalam ruangan perkantoran dengan parameter SO₂, CO, NO₂, dan TSP. Penelitian ini merupakan penelitian observasional yang dilakukan pada perusahaan PT KCI yang bergerak di bidang sektor kegiatan bongkar muat curah cair *propylene* di Kawasan Pelindo II, Panjuran Lemahwungkuk Kota Cirebon, Jawa Barat. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 3 ruangan dengan parameter SO₂, CO, NO₂, dan TSP. Metode yang digunakan untuk parameter NO₂ dan SO₂ yaitu dengan menggunakan spektrofotometri, CO menggunakan metode CO analyzer dan debu total menggunakan metode Gravimetri. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah konsentrasi SO₂ tertinggi berada di bagian *maintenance* sebesar 0,1130 mg/m³ dengan nilai RQ 0,3594. Dalam hal ini konsentrasi tersebut masih di bawah NAB dan untuk nilai RQ juga dalam tingkat risiko aman. Konsentrasi CO tertinggi terdapat di bagian *maintenance* dengan nilai 1,9235 mg/m³ dengan nilai RQ 0,0208. Konsentrasi NO₂ tertinggi terdapat di bagian *maintenance* dengan nilai 0,0510 mg/m³ dengan nilai RQ 0,3967 dan konsentrasi TSP tertinggi terdapat di bagian *maintenance* dengan nilai 2,3040 mg/m³ dengan nilai RQ 0,0787. Nilai konsentrasi SO₂, CO, NO₂ dan TSP berada jauh di bawah NAB dan nilai RQ juga masih dalam tingkat risiko aman. Upaya untuk meminimalisir gangguan yang disebabkan oleh keempat risk agent tersebut bisa dilakukan pengaturan lingkungan kerja, pengaturan jam kerja, dan selalu melakukan pemantauan konsentrasi *risk agent*.

Kata kunci: Analisis Risiko, Kualitas Udara dalam Ruang, Pencemaran Udara

ABSTRACT

Indoor air quality is a hazard risk factor that can affect the health of workers. Decreasing indoor air quality can cause sick building syndrome. The purpose of this study is to determine the air quality in the office space using SO₂, CO, NO₂, and TSP as the parameters. This research is an observational study conducted at PT KCI which engages in the loading and unloading of propylene liquid bulk activities in at Pelindo II, Panjuran Lemahwungkuk, Cirebon City, West Java. The samples used in this study were 3 rooms with SO₂, CO, NO₂, and TSP as the parameters. The method used for NO₂ and SO₂ parameters was spectrophotometry, CO was the CO analyzer, and total dust was the Gravimetric. The results showed the highest concentration of SO₂ was in the maintenance section of 0.1130 mg/m³ with an RQ value of 0.3594. In this case, the concentration was still below the NAV and the RQ value was also within the safe risk level. The highest CO concentration was found in the maintenance section with a value of 1.9235 mg/m³ with an RQ value of 0.0208. The highest NO₂ concentration was found in the maintenance section with a value of 0.0510 mg/m³ with an RQ value of 0.3967 and the highest TSP concentration was found in the maintenance section with a value of 2.3040 mg/m³ with an RQ value of 0.0787. The concentration values of SO₂, CO, NO₂ and TSP were far below the NAV and the RQ value was also still within the safe risk level. Efforts to minimize disturbances caused by the four risk agents can be done by regulating the work environment, setting working hours, and always monitoring the concentration of risk agents.

Keywords: Risk Assessment, Indoor Air Quality, Air Pollution

Pendahuluan

Kondisi lingkungan dalam ruangan berkontribusi besar terhadap kesejahteraan manusia, karena kebanyakan orang menghabiskan sekitar 90% waktu di dalam ruangan terutama dirumah ataupun di tempat kerja (Leech et al., 2002). Menurut Organisasi kesehatan dunia (WHO), polusi udara dalam ruangan (*indoor air pollution/IAP*) bertanggung jawab atas kematian 3,8 juta orang setiap tahun (WHO, 2020). IAP dapat dihasilkan di dalam rumah atau gedung melalui aktivitas penghuninya seperti aktivitas memasak, merokok, penggunaan mesin elektronik, penggunaan mesin elektronik, penggunaan produk konsumen atau emisi dari bahan bangunan. Polusi berbahaya di dalam bangunan antara lain karbon monoksida (CO), senyawa *organic volatile* (VOC), partikulat (PM), aerosol, polutan biologis, dan lain-lain (Kumar and Imam, 2013).

Paparan IAP jangka pendek dan jangka panjang dapat menyebabkan berbagai penyakit (Hromadka et al., 2017) oleh karena itu, pengembangan sistem pemantauan memiliki peran penting dalam pengendalian kualitas udara dalam ruangan (*indoor air quality/IAQ*). IAP biasanya merupakan campuran kompleks partikulat dan berbagai komponen gas. Komposisi IAP berbeda secara signifikan tergantung pada sumber, tingkat emisi, dan kondisi ventilasi (Hamanaka and Mutlu, 2018). Pengendalian IAQ yang efektif, perlu menentukan polusi udara karena banyak polutan

udara dalam ruangan telah diakui memiliki dampak berbahaya pada IAQ dan kesehatan manusia (OSHA, 2021). Polutan udara dalam ruangan utama termasuk NO_x, senyawa *organic volatile* dan *semi volatile* (VOC), SO₂, O₃, CO, PM, logam beracun, dan mikroorganisme.

PM didefinisikan sebagai partikel karbon yang berasosiasi dengan bahan *organic* yang teradsorpsi dan reaktif logam. Komponen utama PM adalah sulfat, nitrat, endotoksin, hidrokarbon aromatic polisiklik, dan logam berat (besi, nikel, tembaga, seng, dan vanadium). Tergantung pada ukuran partikel, PM umumnya diklasifikasikan menjadi PM₁₀ dengan diameter <10 μm, PM_{2,5} dengan diameter <2,5 μm dan partikel ultrahalus PM_{0,1} dengan diameter <0,1 μm. PM sangat memprihatinkan karena terkadang dapat terhirup, mempengaruhi paru-paru dan jantung sehingga menyebabkan efek kesehatan yang serius. Banyak penelitian menunjukkan peningkatan PM dalam ruangan sering melebihi yang di luar ruangan (USEPA, 2021). Sumber PM dalam ruangan termasuk partikel yang bermigrasi dari lingkungan luar dan partikel yang dihasilkan oleh aktivitas dalam ruangan seperti memasak, kegiatan pembakaran bahan bakar fosil, merokok, dan pengoperasian mesin yang dapat mengancam kesehatan karena dapat masuk ke alveoli (Brook et al., 2010; Miller et al., 2012). Menurut penelitian tentang konsentrasi polutan utama dalam ruangan sedangkan aktivitas pembersihan seringkali memiliki kontribusi yang lebih rendah terhadap PM dalam ruangan (Ferro et al., 2004). Fluktuasi

konsentrasi *total suspended solid* (TSP) di udara dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kelembaban, suhu, dan kecepatan angin (Ma'rufi, 2018). Berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018, nilai ambang batas TSP di tempat kerja adalah 10 mg/m³ untuk waktu pengukuran 1 jam. Sedangkan, berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 pada Lampiran VII, baku mutu udara ambien dengan parameter TSP adalah 230 µg/m³ untuk waktu pengukuran selama 24 jam.

Dua oksida nitrogen utama adalah oksida nitrat (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂), keduanya yang berhubungan dengan sumber pembakaran, seperti kompor masak dan pemanas (Bernstein et al., 2008). Konsentrasi NO dan NO₂ di lingkungan sangat bervariasi tergantung pada sumber dan penyerap local. NO cepat teroksidasi untuk membentuk NO₂ karenanya NO₂ dianggap sebagai polutan primer. Reaksi NO₂ dengan menghasilkan asam nitrat (HONO), oksidan kuat dan polutan umum lingkungan dalam ruangan yang ditunjukkan bahwa tingkat NO₂ dalam ruangan yang merupakan fungsi dari sumber luar dan dalam ruangan, oleh karena itu, ketinggian dalam ruangan dapat dipengaruhi oleh ketinggian luar ruangan yang tinggi berasal dari pembakaran atau bersumber dari lalu lintas yang mana jarak antara bangunan dan jalan raya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kadar NO₂ dalam ruangan (Kodama et al., 2002). Selain itu, sumber utama dalam ruangan termasuk merokok dan kayu, gas, minyak, batu

bara, dan peralatan pembakaran minyak tanah seperti kompor, oven dan pemanas air dan perapian (WHO,2010). Menurut USEPA, NO₂ bertindak sebagai iritan yang mempengaruhi mukosa mata, hidung, tenggorokan, dan saluran pernapasan. Paparan dosis yang sangat tinggi terhadap NO₂ seperti adanya kebakaran gedung dapat menyebabkan edema ataupun cedera pada paru-paru. Paparan lanjutan dari tingkat NO₂ yang tinggi dapat berkontribusi pada perkembangan *bronchitis* akut atau kronis. Sedangkan, paparan NO₂ pada tingkat yang rendah dapat menyebabkan peningkatan reaktivitas bronkus pada beberapa penderita asma, penurunan fungsi paru pada pasien dengan penyakit paru obstruktif kronik, dan peningkatan risiko infeksi saluran pernapasan. Gas NO₂ dapat merusak tubuh manusia dan lingkungan. Jika NO₂ bertemu dengan uap air di udara atau di dalam tubuh manusia, maka NO₂ akan membentuk senyawa HNO₃ yang amat merusak tubuh. Karena itulah, NO₂ terasa pedih jika mengenai mata, hidung, dan saluran pernapasan. Berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018, nilai ambang batas (NAB) NO₂ di tempat kerja adalah 0,2 untuk waktu pengukuran 1 jam. Sedangkan, berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 pada Lampiran VII, baku mutu udara ambien dengan parameter NO₂ adalah 200 µg/m³ untuk waktu pengukuran selama 1 jam.

Sulfur dioksida (SO₂) adalah gas yang paling umum di antara kelompok oksida

belerang (SO_x) yang ada di atmosfer. Udara di luar ruangan dianggap sebagai sumber utama SO_2 dalam ruangan (Hänninen, 2021). Tingkat SO_2 dalam ruangan seringkali lebih rendah daripada tingkat di luar ruangan. Emisi SO_2 di dalam ruangan biasanya kecil, karena reaktivitasnya yang dapat dengan mudah diserap oleh permukaan dalam ruangan, konsentrasi SO_2 per jam di gedung-gedung seringkali di bawah 10 ppb (WHO, 2000). Paparan SO_2 pada manusia, yang dapat mengganggu fungsi pernafasan/inhalasi. Karbon monoksida (CO) di udara dalam ruangan dihasilkan terutama oleh proses pembakaran seperti memasak atau pemanasan. Selain itu, CO juga dapat masuk ke lingkungan dalam ruangan melalui infiltrasi dari udara luar (WHO, 1999). Sumber penting emisi CO dalam ruangan termasuk pemanas ruangan yang tidak berventilasi; cerobong asap, pemanas air, perapian, kompor gas, generator dan peralatan bertenaga bensin lainnya dan asap tembakau (WHO, 2010). Rata-rata konsentrasi CO pada bangunan tanpa kompor gas adalah sekitar 0,5-5 ppm, sedangkan konsentrasi di area dekat kompor gas berkisar antara 5 hingga 15 ppm dan bahkan 30 ppm atau lebih tinggi. Paparan CO dapat menyebabkan efek kesehatan yang merugikan seperti kardiovaskuler dan *neurobehavioral* dan konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kematian (Raub et al., 2000). Karbon dioksida (CO_2) merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau yang merupakan metabolit manusia (Zhang et al., 2017). Konsentrasi CO_2 rata-rata di udara

ambien adalah sekitar 400 ppm yang terutama merupakan hasil pembakaran bahan bakar fosil (Persily and de Jonge, 2017). Baru-baru ini, tingkat CO_2 dalam ruangan telah diterapkan sebagai referensi untuk penilaian IAQ serta untuk control ventilasi (Ramalho et al., 2015). Paparan konsentrasi CO_2 3000 ppm meningkatkan intensitas sakit kepala, kantuk, kelelahan dan kesulitan konsentrasi (Azuma et al., 2018).

Berdasarkan penelitian Carrer and Wolkoff (2018) menyebutkan bahwa efek dari menurunnya kualitas udara ruangan terhadap tubuh terutama pada organ tubuh yang kontak langsung dengan udara meliputi iritasi selaput lendir, iritasi hidung, iritasi tenggorokan, gangguan neurotoksik, gangguan paru-paru, gangguan kulit, gangguan saluran pencernaan, gangguan lainnya (seperti gangguan perilaku, gangguan saluran kencing, sulit konsentrasi). Hampir semua pencemar dalam ruang mempunyai dampak langsung terhadap sistem pernafasan dan penyakit kardiovaskuler, namun tergantung pada intensitas dan lamanya pemaparan serta status kesehatan pekerja yang teparar. Risiko kesehatan akibat aktivitas manusia terjadi karena pada dasarnya setiap kegiatan selalu mempunyai dampak lingkungan dan kesehatan. Masalah kesehatan yang muncul timbul dari besarnya risiko akibat pajanan dari bahaya lingkungan sehingga upaya pengendalian perlu dilakukan tanpa menghentikan proses kegiatan dari sumber resiko (Kornelis, 2016).

Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian observasional dimana peneliti hanya mengambil sampel lingkungan kerja tanpa memberikan intervensi pada objek penelitian. Lokasi penelitian adalah di PT KCI yang bergerak dibidang sector kegiatan bongkar muat curah cair propylene di Kawasan Pelindo II, Panjuran Lemahwungkuk Kota Cirebon, Jawa Barat dengan jumlah sampel ruangan sebanyak 3 ruangan. Sampel ruangan tersebar dengan berbagai macam aktifitas kegiatan dengan kondisi lingkungan dan desain ruangan yang berbeda sehingga dapat diketahui sebaran dan gambaran IAQ pada masing-masing ruang kerja. Metode yang digunakan dalam pengukuran kualitas udara dalam ruangan pada lokasi kantor, *weighing* dan *maintenance* seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode Pengambilan Sampling

Jenis Pengukuran	Satuan	Metode
NO ₂	mg/m ²	Spektrofotometri
SO ₂	mg/m ²	Spektrofotometri
CO	mg/m ²	CO Analyzer
Debu Total	mg/m ²	Gravimetri

Hasil sampling kemudian dibandingkan dengan standar sehingga dapat diketahui apakah nilai sampel yang digunakan masih dibawah atau diatas nilai ambang batas yang berlaku.

Hasil

Polusi udara diklasifikasikan menjadi dua yaitu polusi udara di luar ruang ambien (*outdoor air pollution/OUP*) dan polusi di dalam ruang (IAP). Kualitas udara didalam ruangan

mempengaruhi rasa nyaman di lingkungan kerja. Kualitas yang buruk dapat berdampak pada keluhan gangguan kesehatan pekerja (Sahri, 2019). Berdasarkan hasil pemantauan indoor air quality yang terdapat pada lokasi kantor, *weighing*, dan *maintenance* seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pemantauan Indoor Air Quality

Agen	Daerah/Lokasi		
	Kantor	Weighing	Maintenance
SO ₂	0,0780	0,1020	0,1130
CO	1,1150	1,5780	1,9235
NO ₂	0,0395	0,0440	0,0510
TSP	1,0520	1,8270	2,3040

1) Parameter Antropometri

Nilai default untuk parameter antropometri dan pola aktivitasnya mengacu pada Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Kementerian Kesehatan 2012 yang dituangkan pada Tabel 3 dengan kategori pekerja

Tabel 3. Parameter Antropometri

Pola Aktivitas	Nilai
Laju Inhalasi (Inhalation Rate)	Dewasa: 0,83 m ³ /jam
Jumlah jam terjadinya pajanan (time of exposure)	Pajanan pada lingkungan kerja: 8 jam/hari
Jumlah hari terjadinya pajanan (frequency of exposure)	Pajanan pada lingkungan kerja: 250 hari/tahun
Jumlah tahun terjadinya pajanan (duration time)	Pajanan seumur hidup (lifetime): 30 tahun
Berat badan (weight of body)	Dewasa asia/Indonesia: 55 kg
Periode waktu rata-rata (time average)	non karsinogenik: 30 x 365 hari/tahun = 10.950 hari karsinogenik: 70 x 365 hari/tahun = 25.550 hari

2) Analisis Dosis Respon

Analisis Dosis Respon merupakan tahapan untuk mengetahui jalur pajanan dari agen risiko yang masuk kedalam tubuh, memahami perubahan efek kesehatan yang terjadi akibat peningkatan konsentrasi atau dosis agen risiko yang masuk ke dalam tubuh, dan mengetahui konsentrasi referensi (RfC) atau dosis referensi (RfD) ataupun slope factor (SF) dari agen risiko tersebut. RfC dan RfD merupakan nilai yang dijadikan referensi atau acuan untuk nilai yang aman pada efek non karsinogenik suatu agen risiko. RfC dan RfD ini didapatkan dari hasil penelitian eksperimental berbagai sumber baik yang dilakukan langsung pada obyek manusia maupun ekstrapolasi dari hewan percobaan ke manusia. Pada Tabel 4 menggambarkan RfC untuk agen resiko.

Tabel 4 Nilai RfC Agen SO₂, CO, NO₂, dan TSP

Agen Risiko	Reference Concentration (RfC)
SO ₂	0,026 mg/m ³
CO	7,667 mg/m ³
NO ₂	0,02 (2E ⁻²) mg/m ³
TSP	2,42 mg/m ³

3) Analisis Pemajanan dan Karakterisasi Risiko

Nilai *intake* adalah nilai yang menunjukkan dosis/konsentrasi sebenarnya yang terpajan kepada pekerja setiap hari per kilogram bobot tubuh/berat badan. Dalam penelitian ini, perhitungan *intake* atau asupan dilakukan dengan menggunakan pajanan *lifetime* yaitu durasi pajanan seumur hidup yang berkisar 30 tahun untuk pajanan non karsinogenik untuk orang dewasa. Besarnya nilai asupan berbanding

lurus dengan nilai konsentrasi agen risiko, laju asupan, frekuensi, dan durasi pajanan, yang berarti semakin besar nilai-nilai tersebut semakin besar pula nilai asupan seseorang (Darmawan, 2018). Untuk hasil intake dapat didekskriskan pada Tabel 5 dengan rumus perhitungan nilai asupan (*intake*) adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{C \times IR \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Sehingga hasil Intake SO₂, CO, NO₂ dan TSP di lokasi Ruang Kantor, *Weinghing, Maintenance* adalah sebagai berikut:

Tabel 5 Perbandingan Intake

Agen	Daerah/Lokasi		
	Kantor	Weighing	Maintenance
SO ₂	0,0064	0,0084	0,0093
CO	0,0922	0,1305	0,1591
NO ₂	0,0061	0,0068	0,0079
TSP	0,0870	0,1511	0,1905

4) Karakterisasi Risiko

Karakterisasi risiko dilakukan untuk menetapkan tingkat risiko agen risiko atau menentukan apakah agen risiko tersebut pada konsentrasi/dosis tertentu yang dianalisis pada ARKL berisiko menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat/populasi yang berisiko. Karakterisasi risiko dilakukan dengan membagi nilai asupan dengan konsentrasi/dosis agen risiko tersebut yang telah dicantumkan pada analisis dosis respon. Karakterisasi risiko ini dilambangkan dengan RQ atau *Risk Quotient*. Untuk hasil *Risk Quotient* dapat dideskripsikan pada Tabel 6 dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$RQ = \frac{Ink}{RfC}$$

Tabel 6. Perbandingan RQ

No.	Agen Risiko	Indoor		
		Ruang Kantor	Weighing	Maintenance
1.	SO ₂	0,2481	0,3231	0,3594
2.	CO	0,0120	0,0170	0,0208
3.	NO ₂	0,3075	0,3423	0,3967
4.	TSP	0,0359	0,0624	0,0787

Berdasarkan tabel 6, terlihat bahwa nilai RQ SO₂, CO, NO₂ dan TSP tertinggi ke terendah di semua titik pengukuran berturut-turut yakni *maintenance* > *weighing* > ruang kantor. Nilai RQ CO tertinggi ke terendah berdasarkan data di atas yakni *maintenance* > *weighing* > ruang kantor. Nilai RQ SO₂, CO, NO₂ dan TSP di semua lokasi masih dalam cakupan aman bagi pekerja. Untuk mempertahankan kesehatan pekerja bisa dilakukan pengaturan jam kerja yang baik dan selalu melakukan pemantauan konsentrasi *risk agent*.

Pembahasan

Nilai RQ SO₂, CO, NO₂ dan TSP di semua lokasi masih dalam cakupan aman bagi pekerja. Untuk mempertahankan kesehatan pekerja bisa dilakukan pengaturan jam kerja yang baik dan selalu melakukan pemantauan konsentrasi *risk agent*.

Pajanan SO₂ sebesar 0,0124 hingga 0,09596 mg/m³ secara inhalasi pada pekerja untuk frekuensi pajanan 250 hari/tahun selama 8 jam kerja hingga 30 tahun mendatang. Hal tersebut dibuktikan dengan Nilai RQ di tiga lokasi berbeda menunjukkan nilai dibawah satu yakni berkisar antara 0,2481 sampai 0,3594. Perbandingan nilai RQ SO₂ berdasarkan lokasi

yaitu *Maintenance* > *Weighing* > Ruang Kantor. Pajanan SO₂ terbesar terdapat di lokasi *maintenance* dengan nilai RQ sebesar 0,3594, namun masih dalam kategori aman. Jika pekerja di lokasi *maintenance* memiliki waktu kerja dan frekuensi yang lebih lama, maka pekerja tersebut memiliki kemungkinan mengalami gangguan kesehatan dari pajanan SO₂.

Pajanan CO sebesar 0,0124 hingga 0,09596 mg/m³ secara inhalasi pada pekerja untuk frekuensi pajanan 250 hari/tahun selama 8 jam kerja hingga 30 tahun mendatang. Hal tersebut dibuktikan dengan Nilai RQ di tiga lokasi berbeda menunjukkan nilai dibawah satu yakni berkisar antara 0,0120 sampai 0,0208. Perbandingan nilai RQ CO berdasarkan lokasi yaitu *Maintenance* > *Weighing* > Ruang Kantor. Pajanan CO terbesar terdapat di lokasi *maintenance* dengan nilai RQ sebesar 0,3967, namun masih dalam kategori aman. Jika pekerja di lokasi *maintenance* memiliki waktu kerja dan frekuensi yang lebih lama, maka pekerja tersebut memiliki kemungkinan mengalami gangguan kesehatan dari pajanan CO.

Pajanan NO₂ sebesar 0,0124 hingga 0,09596 mg/m³ secara inhalasi pada pekerja untuk frekuensi pajanan 250 hari/tahun selama 8 jam kerja hingga 30 tahun mendatang. Hal tersebut dibuktikan dengan Nilai RQ di tiga lokasi berbeda menunjukkan nilai di bawah satu yakni berkisar antara 0,05125 sampai 0,3967. Perbandingan nilai RQ NO₂ berdasarkan lokasi yaitu *Maintenance* > *Weighing* > Ruang Kantor. Pajanan NO₂ terbesar terdapat di lokasi

maintenance dengan nilai RQ sebesar 0,3967, namun masih dalam kategori aman. Jika pekerja di lokasi *maintenance* memiliki waktu kerja dan frekuensi yang lebih lama, maka pekerja tersebut memiliki kemungkinan mengalami gangguan kesehatan dari pajanan NO₂ seperti infeksi saluran pernapasan atau bahkan bronchitis dan pneumonia.

Pajanan TSP sebesar 0,04835 sampai 2,3040 mg/m³ secara inhalasi pada pekerja di *indoor* dengan berat badan 55 kg, frekuensi 250 hari/tahun selama 8 jam kerja hingga 30 tahun mendatang. Hal tersebut dibuktikan dari nilai RQ TSP di 3 lokasi berbeda berada jauh di bawah angka satu, yakni sebesar 0,0359 sampai 0,0787. Perbandingan nilai RQ TSP berdasarkan lokasi yaitu *Maintenance* > *Weighing* > Ruang Kantor. Seperti halnya pada NO₂, pajanan TSP terbesar terdapat di lokasi *maintenance* dengan nilai RQ yaitu 0,0787, namun masih dalam kategori aman karena dampak dari TSP dapat menurunkan kapasitas paru dan penyakit lainnya.

Kesimpulan dan Saran

Secara keseluruhan, pajanan dari keempat agen risiko IAQ dengan nilai *default* antropometri yang ada, masih berada dalam kategori yang aman, tidak menimbulkan gangguan kesehatan pada pekerja. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya perbandingan nilai RQ pada tabel yang menunjukkan berada jauh di bawah angka satu. Hasil dari analisis yang telah dilakukan ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil. Pertama, konsentrasi SO₂

tertinggi berada di bagian *maintenance* sebesar 0,1130 mg/m³ dengan nilai RQ 0,3594. Dalam hal ini konsentrasi tersebut masih di bawah NAB dan untuk nilai RQ juga dalam tingkat risiko aman. Kedua, konsentrasi CO tertinggi terdapat di bagian *maintenance* dengan nilai 1,9235 mg/m³ dengan nilai RQ 0,0208. Ketiga, konsentrasi NO₂ tertinggi terdapat di bagian *maintenance* dengan nilai 0,0510 mg/m³ dengan nilai RQ 0,3967 dan Keempat, konsentrasi TSP tertinggi terdapat di bagian *maintenance* dengan nilai 2,3040 mg/m³ dengan nilai RQ 0,0787 sehingga Nilai konsentrasi SO₂, CO, NO₂ dan TSP berada jauh di bawah NAB dan nilai RQ juga masih dalam tingkat risiko aman. Upaya untuk meminimalisir gangguan yang disebabkan oleh keempat *risk agent* tersebut bisa dilakukan pengaturan lingkungan kerja, pengaturan jam kerja, dan selalu melakukan pemantauan konsentrasi *risk agent*. PT KCI di Jakarta Utara diharapkan dapat mempertahankan kualitas udara pada IAQ, sehingga pekerja tidak berisiko pada gangguan kesehatan akibat kualitas udara yang buruk dan juga tercemar oleh bahan-bahan kimia yang berbahaya.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Politeknik Ketenagakerjaan yang mendanai penelitian ini. Terimakasih juga kepada Prof Barti Setiani Muntalif, PhD dan Dr. Mariana Marselina, S. S.T, M.T yang telah membantu dalam mereview, saran dan masukan dalam perbaikan paper ini.

Daftar Pustaka

Azuma, K., Kagi, N., Yanagi, U., and Osawa, H.

- (2018): Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance, *Environment International*, 121(June), 51–56.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.059>
- Bernstein, J. A., Alexis, N., Bacchus, H., Bernstein, I. L., Fritz, P., Horner, E., Li, N., Mason, S., Nel, A., Oullette, J., Reijula, K., Reponen, T., Seltzer, J., Smith, A., and Tarlo, S. M. (2008): The health effects of nonindustrial indoor air pollution, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 121(3), 585–591.
<https://doi.org/10.1016/j.jaci.2007.10.045>
- Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope, C. A., Brook, J. R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A. V., Holguin, F., Hong, Y., Luepker, R. V., Mittleman, M. A., Peters, A., Siscovick, D., Smith, S. C., Whitsel, L., and Kaufman, J. D. (2010): Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association, *Circulation*, 121(21), 2331–2378.
<https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181dbec1>
- Carrer, P. and Wolkoff P, 2018, Assessment of Indoor Air Quality Problems in Office Like Environments: Role of Occupational Health Services, *International Journal of Environmental research and public health*.
 Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 15 (4), Doi: 10.3390/ijerph15040741
- Darmawan, R. (2018): Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kadar NO₂ Serta keluhan kesehatan petugas Pemungut Karcis Tol, *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 116.
- Ferro, A. R., Kopperud, R. J., and Hildemann, L. M. (2004): Elevated personal exposure to particulate matter from human activities in a residence, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 14(SUPPL. 1).
<https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500356>
- Hamanaka, R. B., and Mutlu, G. M. (2018): Particulate Matter Air Pollution: Effects on the Cardiovascular System, *Frontiers in Endocrinology*, 9(November), 1–15.
<https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00680>
- Hromadka, J., Korposh, S., Partridge, M. C., James, S. W., Davis, F., Crump, D., and Tatam, R. P. (2017): Multi-parameter measurements using optical fibre long period gratings for indoor air quality monitoring, *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 244, 217–225.
<https://doi.org/10.1016/j.snb.2016.12.050>
- Kodama, Y., Arashidani, K., Tokui, N., Kawamoto, T., Matsuno, K., Kunugita, N., and Minakawa, N. (2002): Environmental NO₂ concentration and exposure in daily life along main roads in Tokyo, *Environmental Research*, 89(3), 236–244.

- <https://doi.org/10.1006/enrs.2002.4350>
- Kumar, P., and Imam, B. (2013): Footprints of air pollution and changing environment on the sustainability of built infrastructure, *Science of the Total Environment*, 444, 85–101.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.056>
- Leech, J. A., Nelson, W. C., Burnett, R. T., Aaron, S., and Raizenne, M. E. (2002): It's about time: A comparison of Canadian and American time-activity patterns, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 12(6), 427–432.
<https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500244>
- Ma'rufi, I. (2018): Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (SO₂, H₂S, NO₂ dan TSP) Akibat Transportasi Kendaraan Bermotor di Kota Surabaya, *MPI (Media Pharmaceutica Indonesiana)*, 1(4), 189–196. <https://doi.org/10.24123/mpi.v1i4.770>
- Miller, M. R., Shaw, C. A., and Langrish, J. P. (2012): From particles to patients: Oxidative stress and the cardiovascular effects of air pollution, *Future Cardiology*, 8(4), 577–602.
<https://doi.org/10.2217/fca.12.43>
- Persily, A., and de Jonge, L. (2017): Carbon dioxide generation rates for building occupants, *Indoor Air*, 27(5), 868–879.
<https://doi.org/10.1111/ina.12383>
- Ramalho, O., Wyart, G., Mandin, C., Blondeau, P., Cabanes, P. A., Leclerc, N., Mullot, J. U., Boulanger, G., and Redaelli, M. (2015): Association of carbon dioxide with indoor air pollutants and exceedance of health guideline values, *Building and Environment*, 93(P1), 115–124.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.03.018>
- Raub, J. A., Mathieu-Nolf, M., Hampson, N. B., and Thom, S. R. (2000): Carbon monoxide poisoning - A public health perspective, *Toxicology*, 145(1), 1–14.
[https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(99\)00217-6](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(99)00217-6)
- Sahri, Moch, and Octavianus Hutapea, 2019, Penilaian kualitas udara ruang pada Gedung perkantoran di Kota Surabaya, *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health*, Doi: <http://dx.doi.org/10.21111/jihoh.v4i1.3120>
- Sukar, A., Tri Tugaswati, Athena Anwar, Haryono, Hendro Martono dan Muhasim, 2003. Risiko Kesehatan Sistem Pernafasan Akibat Pemanfaatan Bahan Bakar Briket Batubara, *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 2(3), 263-271
- Zhang, X., Wargocki, P., Lian, Z., and Thyregod, C. (2017): Effects of exposure to carbon dioxide and bioeffluents on perceived air quality, self-assessed acute health symptoms, and cognitive performance, *Indoor Air*, 27(1), 47–64.
<https://doi.org/10.1111/ina.12284>