

PAPARAN NO₂ DAN SO₂ TERHADAP RISIKO KESEHATAN PETUGAS STASIUN PENGISIAN BAHAN BAKAR UMUM (SPBU) DI KOTA KENDARI

NO₂ and SO₂ Exposure to Gas Station Workers Health Risk in Kendari City

Alchamdani

Peminatan Kesehatan Lingkungan dan Keselamatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Halu Oleo, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara, 93232.

Corresponding Author:

alchamdani26@gmail.com

Article Info

Submitted : 01 July 2019
In reviewed : 29 July 2019
Accepted : 22 Oktober 2019
Available Online: 31 Oktober 2019

Kata kunci: Risiko Kesehatan Lingkungan, NO₂, SO₂, Operator SPBU

Keywords: *Environmental Health Risk, NO₂, SO₂, Gas Station Workers*

Published by *Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga*

Abstrak

Petugas SPBU berperan penting dalam memberikan pelayanan kebutuhan bahan bakar di masyarakat agar system transportasi berjalan dengan lancar. Semakin tinggi pengguna kendaraan bermotor maka intensitas pengisian bahan bakar juga meningkat. Mereka berisiko tinggi terpapar dengan polutan berbahaya baik dari emisi kendaraan maupun uap bahan bakar. Meskipun NO₂ dan SO₂ memiliki efek non karsinogenik, zat tersebut tetap bersifat iritan yang menyebabkan gangguan saluran pernafasan secara kronis. Penelitian ini bertujuan menganalisis risiko kesehatan yang dialami petugas SPBU akibat paparan NO₂ dan SO₂ di Kota Kendari. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan dan pengambilan sampel secara *total sampling*. Sampel dalam penelitian ini berjumlah 13 orang operator. Pengukuran Konsentrasi NO₂ dan SO₂ dilakukan pada pagi, siang, dan sore hari. Hasil penelitian menunjukkan nilai *intake* tertinggi yang didapatkan untuk NO₂ (*real time*) adalah 0,00635 mg/kg/hari dan SO₂ (*real time*) 0,00057 mg/kg/hari. Tingkat risiko tertinggi yang didapatkan untuk NO₂ adalah 0,31775 (RQ<1) dan SO₂ 0,00275 (RQ<1). Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah kualitas udara ambient NO₂ dan SO₂ di SPBU 74.931.10 masih aman dan masih memenuhi Baku Mutu Udara Ambient Nasional dalam waktu singkat, tetapi sebaliknya akan berisiko tinggi terhadap kesehatan jika operator terpapar dalam waktu yang lama dan terus menerus. Perlu dilakukan upaya pemantauan, pengawasan, dan pengendalian polusi udara. Serta kebijakan penggunaan Alat Pelindung Diri untuk meminimalisir pajanan polutan ambient.

Abstract

Gas station workers played an important role in providing fuel needs in the community for the transportation system to run smoothly. The higher motor vehicle user, the intensity of refueling also increases. They were at high risk of being exposed to hazardous pollutants from both vehicle emissions and fuel vapors. Although NO₂ and SO₂ had non-carcinogenic effects, they are still irritants that cause chronic airway disorders. This study aims to analyze the health risks experienced by gas station workers due to NO₂ and SO₂ exposure in Kendari City. This research was a Quantitative Descriptive study with Environmental Health Risk Method Analysis. The number of samples was 13 operators chosen with total sampling. Measurement of NO₂ and SO₂ concentrations were carried out in the morning, afternoon and evening. The results of this study showed the highest intake value obtained for NO₂ (real-time) was 0.00635 mg/kg/day and SO₂ (real-time) 0.00057 mg/kg/day. The highest risk level obtained for NO₂ is 0,31775 (RQ<1) and SO₂ 0,00275 (RQ<1). The conclusion of this study is the quality of ambient air NO₂ and SO₂ at SPBU 74,931.10 is still safe and meets the National Ambient Air Quality Standard in a short time. But otherwise, it will be at high risk for health if the operator was exposed for a long time and continuously. It should be made an effort to monitor and control air pollution. As well as the policy of using Personal Protective Equipment to minimizing exposure to ambient pollutants.

PENDAHULUAN

Tingkat pertumbuhan kendaraan bermotor semakin tinggi seiring bertambahnya jumlah pengguna kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor mengeluarkan emisi gas buang yang buruk akibat pembakaran yang tidak sempurna. Tingginya aktivitas kendaraan bermotor menyumbangkan 85% pencemaran udara (Ismiyati, dkk, 2014).

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) memperkirakan bahwa lebih dari 40% dari beban penyakit yang berhubungan dengan lingkungan hidup dan lebih dari 88% dari beban perubahan iklim ditanggung oleh anak-anak di bawah 5 tahun, meskipun kelompok usia hanya merupakan 10% dari populasi global. Dampak paling serius dari perubahan iklim sedang terjadi di negara berkembang. Namun, seluruh populasi global terpengaruh. Diperkirakan 4,2 juta kematian prematur global terkait dengan polusi udara ambien, terutama dari penyakit jantung, stroke, penyakit paru obstruktif kronik, kanker paru-paru, dan infeksi saluran pernafasan akut pada anak-anak (WHO, 2018).

Kesehatan masyarakat semakin terancam akibat pencemaran udara. Hal ini terjadi karena peningkatan jumlah kendaraan, dimana tingginya aktivitas kendaraan mengakibatkan jumlah emisi yang dikeluarkan semakin banyak pula. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Tenggara Tahun 2017, jumlah kendaraan bermotor di Kota Kendari yang terdaftar sebanyak 17.092 unit. Masing-masing sepeda motor 13.275 unit, mobil bus 2.772 unit, mobil barang 738 unit, dan mobil penumpang 307 unit. Indeks kualitas udara dihitung berdasarkan dua pencemar yaitu nitrogen dioksida (NO_2) untuk emisi kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin dan sulfur dioksida (SO_2) untuk emisi kendaraan diesel dengan bahan bakar solar (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2016).

Gas NO_2 memiliki karakteristik bau tajam, berwarna cokelat kemerahan dan berwarna kuning di bawah suhu $21,2^\circ\text{C}$. Dan memiliki dampak terhadap kesehatan seperti penurunan fungsi paru, sesak napas, bahkan menyebabkan kematian. NO_2 dihasilkan dari pembakaran bahan bakar bensin, pembakaran sampah, dan industri batu bara dari aktivitas manusia (Suyono, 2014). Gas NO_2 memiliki kelarutan yang rendah dalam air dan larut dalam larutan alkali. NO_2 merangsang terjadinya sesak napas dan berbahaya bagi sistem pernapasan manusia (Mukono, 2011).

NO_2 dapat memberikan efek buruk terhadap kesehatan sesuai dosis dan lamanya pajanan. Peningkatan NO_2 seiring bertambahnya jumlah kendaraan bermotor (Wijayanti, 2012). Pajanan NO_2 dengan dosis

tinggi dan pajanan yang lama dapat menyebabkan iritasi lendir, sinus, faring, respirasi tidak teratur, bahkan edema paru (MSDS, 2016).

Gas SO_2 memiliki karakteristik tidak berwarna dan berbau tajam. SO_2 dapat menimbulkan hujan asam apabila bereaksi dengan uap air dan menghasilkan H_2SO_4 . SO_2 berdampak buruk terhadap kesehatan manusia dengan menimbulkan iritasi saluran pernapasan dan penurunan fungsi paru. Gejala yang ditimbulkan seperti batuk, sesak napas, dan asma (Muziansyah, dkk, 2015). Pajanan SO_2 dengan dosis tinggi menyebabkan iritasi mata, hidung, tenggorokan, sinus, edema paru, bahkan berujung pada kematian (MSDS, 2016).

Gas SO_2 dapat menyebabkan iritasi pada selaput lendir saluran pernapasan dan iritasi mata apabila terpapar dengan konsentrasi tinggi secara terus-menerus (Mukono, 2011). Gas SO_2 apabila terhirup melalui pernapasan dan terakumulasi di dalam tubuh dapat menyebabkan gangguan fungsi paru, iritasi, dan asma dalam sistem pernapasan manusia (Suyono, 2014).

Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 telah mengatur Nilai Ambang Batas (NAB) NO_2 dan SO_2 di udara. NAB untuk NO_2 sebesar $400 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (1 jam), $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (24 jam), $100 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (1 tahun). Sementara, untuk SO_2 sebesar $900 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (1 jam), $365 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (24 jam), dan $60 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (1 tahun).

Data Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kota Kendari tentang pencemaran NO_2 di Kota Kendari. Pada tahun 2015, diperoleh hasil untuk transportasi $15,10 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Tahun 2016, meningkat menjadi $15,50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Tahun 2017, menurun menjadi $1,57 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Sementara untuk pencemaran SO_2 di Kota Kendari, pada tahun 2015 diperoleh hasil untuk transportasi $<2,58 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Tahun 2016, meningkat menjadi $13,30 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Tahun 2017, menurun menjadi $<2,57 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

PT. Pertamina menyediakan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) diberbagai area. Untuk memperlancar proses pemenuhan kebutuhan Bahan Bakar Umum (BBM) masyarakat dengan cepat. Pelayanan dan penyediaan yang maksimal dalam memenuhi permintaan BBM untuk transportasi masyarakat tidak lepas dari peran penting operator SPBU sebagai garda terdepan dalam pelayanan kebutuhan masyarakat.

Operator SPBU sebagai kelompok pekerja yang berperan penting dalam melakukan pelayanan. Operator SPBU juga memiliki risiko terpapar dengan bahan pencemar seperti NO_2 dan SO_2 untuk setiap harinya. Pajanan dengan dosis yang tinggi dapat berdampak terhadap kesehatan operator SPBU.

Efek dari kendaraan bermotor yang menghasilkan emisi saat proses antrian pengisian BBM dan sewaktu berangkat setelah mengisi BBM. Serta posisi SPBU yang sangat strategis berada dekat jalan raya meningkatkan pajanan terhadap operator SPBU dari emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor yang melaju di jalan raya.

Status kesehatan masyarakat semakin terancam dengan adanya dampak negatif yang ditimbulkan oleh kondisi kualitas udara yang tercemar (Masito, 2018). Polusi udara memiliki efek buruk pada kesehatan manusia dan menyebabkan berbagai penyakit. Salah satu penyakit yang timbul akibat pajanan NO₂ adalah Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK). Menurut hasil penelitian (Kermani, dkk, 2017) bahwa nitrogen dioksida menyebabkan kematian dan morbiditas pada banyak orang. Total kematian yang disebabkan oleh pajanan NO₂ yaitu jumlah kematian akibat kardiovaskular adalah 8480 orang dan jumlah kematian akibat Penyakit Paru Obstruktif Kronik adalah 2454 orang pada tahun 2005-2014 di Teheran.

Knalpot kendaraan bermotor memancarkan beragam polutan, termasuk NO₂ dan SO₂. Pajanan NO₂ dan SO₂ dari knalpot kendaraan menembus paru-paru dan menyebabkan peradangan pada sistem pernapasan. Dalam penelitian (De, dkk, 2019) bahwa polusi udara luar menyumbang 6% dari total beban penyakit di India Tahun 2016. Pencemaran udara terkait lalu lintas sebagai sumber utama pencemaran di Kota Bhopal, India. Para pemilik toko yang bekerja di pinggir jalan menderita morbiditas pernapasan dan risikonya meningkat dengan Total Periode Paparan (TEP) yang lebih tinggi.

SPBU 74.931.10 merupakan salah satu SPBU yang ada di Kota Kendari yang mulai beroperasi pada tahun 2003 beralamat di Jl. Poros Unaaha-Kendari. Posisi SPBU yang sangat strategis diperbatasan antar Kabupaten Konawe dan Kota Kendari menjadikan SPBU ini sebagai pilihan masyarakat untuk mengisi bahan bakar.

Semakin banyaknya aktivitas masyarakat dari kabupaten ke kota untuk memenuhi kebutuhan hidup. Penggunaan kendaraan bermotor sebagai alat transportasi untuk memperlancar dan membantu kegiatan masyarakat semakin meningkat. Begitupun penggunaan bahan bakar yang semakin banyak. Hal inilah yang memicu semakin buruknya kualitas udara akibat pencemaran udara ambien dari hasil emisi kendaraan bermotor yang tidak sempurna. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis risiko sebagai langkah awal untuk memantau kondisi parameter

lingkungan ditempat kerja dan mengetahui tingkat risiko kesehatan akibat pajanan NO₂ dan SO₂ terhadap operator SPBU 74.931.10.

Berdasarkan hal di atas, maka peneliti bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan operator SPBU 74.931.10 akibat pajanan NO₂ dan SO₂ di Kota Kendari Tahun 2018.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan akibat pajanan NO₂ dan SO₂ terhadap kesehatan operator SPBU 74.931.10 di Kota Kendari. Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Oktober 2018 yang bertempat di SPBU 74.931.10. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh operator SPBU yang berjumlah 13 orang. Laki-laki sebanyak 5 orang dan perempuan sebanyak 8 orang.

Variabel independen dalam penelitian ini adalah konsentrasi NO₂ dan SO₂, berat badan, laju inhalasi, waktu pajanan, frekuensi pajanan, durasi pajanan, *intake*/asupan. Dan variabel dependen adalah karakterisasi risiko (RQ). Analisis data menggunakan uji *Kolmogorof-Smirnof* untuk melihat normalitas data. Penelitian ini telah disetujui oleh Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Sulawesi Tenggara serta Direktur SPBU 74.931.10.

Pengambilan data dilakukan dengan cara wawancara, penimbangan berat badan, dan pengukuran faktor meteorologi. Perhitungan laju inhalasi dengan rumus $y = 5,3 \ln(x) - 6,9$. Dimana $y = R$ (m³/hari) dan $x = Wb$ (kg) (Abrianto, 2004). Pengukuran parameter NO₂ dan SO₂ dilakukan tiga kali pengukuran yakni pagi, siang, dan sore hari. Setiap pengukuran dilakukan selama 1 jam.

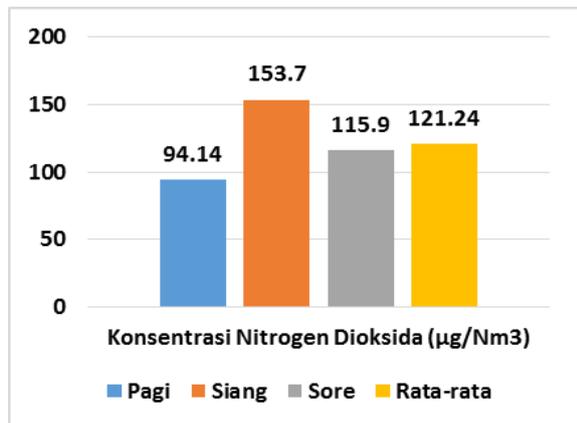
Titik pengukuran ditentukan sesuai SNI 19-7119.6-2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien. Pengukuran dilakukan pada lokasi yang konsentrasi pencemarnya tinggi dan mewakili wilayah studi yaitu area antara pompa tangki bahan bakar dan kantor. Pengukuran dilakukan oleh petugas dari PT. *Global Quality Analytical* dengan alat *impinger*. Sampel udara NO₂ dan SO₂ dianalisis dengan metode *Saltzman* dan *Pararosanilin*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi NO₂ dan SO₂

Nilai konsentrasi NO₂ di SPBU 74.931.10 pada pagi hari adalah 94,14 µg/Nm³, siang hari adalah 153,7 µg/Nm³, dan sore hari adalah

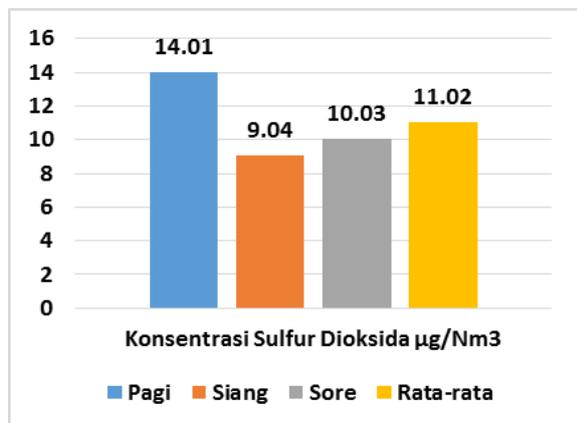
115,9 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Hasil pengukuran NO_2 menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi pada siang hari sebesar 153,7 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Nilai rata-rata konsentrasi NO_2 adalah sebesar 121,24 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Data diperoleh dari tiga kali pengukuran (pagi, siang, dan sore) dihari yang sama. Konsentrasi NO_2 di SPBU 74.931.10 masih di bawah nilai NAB NO_2 sebesar 400 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (1 jam).



Gambar 1

Hasil Pengukuran NO_2 SPBU 74.931.10 di Kota Kendari Tahun 2018

Nilai konsentrasi SO_2 di SPBU 74.931.10 pada pagi hari adalah 14,01 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, siang hari adalah 9,04 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dan sore hari adalah 10,03 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Hasil pengukuran SO_2 menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi pada pagi hari sebesar 14,01 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Nilai rata-rata dari konsentrasi SO_2 yang didapat adalah sebesar 11,02 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Data diperoleh dari tiga kali pengukuran (pagi, siang, dan sore) dihari yang sama. Konsentrasi SO_2 di SPBU 74.931.10 masih jauh di bawah nilai NAB SO_2 sebesar 900 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (1 jam).



Gambar 2

Hasil Pengukuran SO_2 SPBU 74.931.10 di Kota Kendari Tahun 2018

Konsentrasi NO_2 dan SO_2 yang didapatkan rendah dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologi dan aktivitas kendaraan bermotor. Dalam penelitian (Istirokhatun, dkk, 2016) menyebutkan bahwa faktor-faktor meteorologi yang dapat berpengaruh terhadap konsentrasi bahan pencemar adalah suhu, kelembaban, kecepatan angin.

Suhu di SPBU 74.931.10 Kota Kendari berada pada rentang 23,1°C - 33°C. Kondisi ketinggian dari permukaan laut dapat berpengaruh terhadap suhu udara. Terdapat perbedaan suhu antara daerah pegunungan dan daerah pesisir. Kondisi suhu udara yang cukup tinggi akan menyebabkan kepadatan udara di dekat permukaan bumi lebih rendah dibanding udara di atasnya. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya aliran konveksi ke atas yang membawa bahan pencemar NO_2 dan SO_2 , akibatnya konsentrasi NO_2 dan SO_2 menjadi rendah di permukaan (Syech, dkk, 2013).

Kondisi wilayah Kota Kendari yang bersuhu tropis. Memiliki kondisi cuaca yang cukup panas mengakibatkan konsentrasi bahan pencemar NO_2 dan SO_2 cenderung rendah seiring meningkatnya temperatur. Dalam penelitian (Istirokhatun, dkk, 2016), bahwa suhu berbanding terbalik dengan konsentrasi SO_2 yang dihasilkan. Ketika suhu tinggi konsentrasi SO_2 lebih rendah. Begitupun kecepatan angin juga berpengaruh terhadap konsentrasi bahan pencemar SO_2 . Kecepatan angin dapat mempercepat terjadinya dispersi pencemar udara.

Berbeda dengan negara-negara yang beriklim dingin. Dimana penelitian yang dilakukan (Francois, dkk., 2018) di 48 kota di Amerika Serikat menunjukkan bahwa risiko kematian penyakit kardiovaskular meningkat sebesar 1,6% ketika suhu turun dari 0°C ke -5°C. Dan melaporkan bahwa 17,1% mortalitas kardiovaskular disebabkan oleh perubahan suhu lingkungan. Reaksi kardiovaskular terhadap suhu udara sebagian besar didorong oleh peningkatan nada simpatik. Tekanan atmosfer dan kelembaban relatif juga mempengaruhi, tetapi pada tingkat yang lebih rendah. Menariknya, tingkat kejadian kardiovaskular meningkat lebih selama suhu yang lebih dingin pada populasi yang hidup di iklim hangat dari pada di iklim dingin, dan terutama pada wanita. Suhu udara dan pencemaran udara merupakan penyumbang utama penyakit kardiovaskular. Meningkatkan kualitas udara sekarang menjadi bagian dari pencegahan kardiovaskular.

Hal ini sesuai dengan penelitian (Cheng, 2018) yang merangkum statistik dasar tentang pasien rawat jalan penyakit pernapasan, polusi udara dan data cuaca. Dari 1 Januari 2014 hingga 31 Desember 2016, total 307.484 pasien rawat jalan dengan penyakit pernapasan. Rata-rata, ada sekitar 276, 289 dan 274 pasien harian masing-masing di tahun 2014-2016. Jumlah pasien rawat jalan relatif lebih tinggi di musim dingin (Oktober hingga Maret), yaitu 289 pasien pada rata-rata harian, dibandingkan dengan musim hangat (April hingga September), yaitu 271 pasien dengan rata-rata harian.

Kelembaban udara rata-rata di SPBU 74.931.10 Kota Kendari 83,67%. Kelembaban udara yang cukup tinggi mengakibatkan pergerakan udara menjadi lambat. Kondisi ini terjadi karena adanya uap air di udara yang memperlambat aliran udara secara horizontal maupun vertikal. Sehingga, konsentrasi NO₂ dan SO₂ menjadi tinggi. Hal ini berarti bahwa semakin rendah kelembaban, semakin tinggi konsentrasi bahan pencemar di udara sekitar. Kelembaban di SPBU 74.931.10 Kota Kendari relatif tinggi. Dimana di Kota Kendari terjadi 205 hari hujan dengan curah hujan 2.148,6 mm³. Hujan dapat mencuci bahan pencemar di udara sekitar sehingga konsentrasi kontaminan menjadi rendah.

Posisi Kota Kendari pada ketinggian 45 meter di atas permukaan laut. Musim yang ada di Kota Kendari hanya musim kemarau dan musim penghujan. Keadaan musim dipengaruhi oleh arus angin. Kecepatan angin pada pagi hari sebesar 1,8 m/s, siang hari sebesar 1,6

m/s, dan sore hari sebesar 0,6 m/s. Kecepatan angin rata-rata di SPBU 74.931.10 Kota Kendari 1,3 m/s.

Adanya proses penyebaran udara yang dapat menyebabkan pengenceran NO₂ dan SO₂ di udara. Sehingga, kadar NO₂ dan SO₂ pada jarak tertentu dari sumber akan mengalami perbedaan. Selain itu, arah angin juga bisa mempengaruhi kadar NO₂ dan SO₂. Hal ini terjadi ketika kecepatan angin tinggi akan mempercepat pergerakan udara yang menyebabkan persebaran konsentrasi NO₂ dan SO₂ semakin cepat di udara. Sehingga, konsentrasi yang didapatkan cenderung rendah.

Selain faktor meteorologi, aktivitas kegiatan transportasi juga dapat mempengaruhi kadar bahan pencemar NO₂ dan SO₂. Tingginya aktivitas masyarakat Kota Kendari dalam pemenuhan kebutuhan mengakibatkan penggunaan transportasi meningkat begitu juga dengan penggunaan bahan bakar. Jenis moda transportasi darat di Kota Kendari cukup heterogen, seperti sepeda motor, mobil, angkutan kota, bus, dan truk.

Karakteristik Antropometri dan Pola Aktivitas

Karakteristik operator SPBU 74.931.10 di Kota Kendari. Setiap operator memiliki selisih perbedaan berat badan, laju inhalasi, waktu pajanan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan. Inilah yang membedakan untuk setiap operator. Disajikan pada tabel 1.

Tabel 1
Karakteristik Antropometri dan Pola Aktivitas Operator SPBU 74.931.10 di Kota Kendari Tahun 2018

Res.	Berat Badan	Laju Inhalasi	Waktu Pajanan	Frekuensi Pajanan	Durasi Pajanan
Nu	62	0.62375	6.5	336	2
Ak	79	0.67708	6.58	336	15
Ag	87	0.69833	7	336	12
Ar	56	0.60125	7.5	336	14
Ik	82	0.68541	6.57	336	14
Ri	58	0.60916	7.13	336	1
Su	61	0.62	6.52	336	1
Sa	50	0.61666	6.41	336	4
Am	55	0.59708	6.39	336	2
Er	60	0.61666	7.1	336	2
Ma	58	0.60916	6.43	336	5
Fa	52	0.585	6.53	336	3
As	49	0.57166	7.7	336	15

Perhitungan statistik variabel independen karakteristik antropometri (berat badan dan laju inhalasi), pola aktivitas (waktu pajanan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan). Hal ini sebagai faktor yang mempengaruhi pajanan NO₂ dan SO₂ terhadap operator di SPBU 74.931.10 Kota Kendari Tahun 2018. Disajikan pada tabel 2.

Tabel 2
 Hasil Uji Normalitas Antropometri dan Pola Aktivitas Operator SPBU 74.931.10 di Kota Kendari Tahun 2018

Variabel	Mean	Median	SD	Min-Max
Berat Badan (Kg)	62,2	58	12,4	49-87
Laju Inhalasi (m ³ /hari)	0,62	0,61	0,03	0,57-0,69
Waktu Pajanan (jam/hari)	6,79	6,57	0,44	6.39-7.70
Frekuensi Pajanan (hari/tahun)	-	-	-	336
Durasi Pajanan (tahun)	6.9	4	5.9	1-15

Berat Badan (Wb)

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, dkk., 2005). Hasil pengukuran berat badan operator SPBU 74.931.10 didapatkan nilai median berat badan sebesar 58 kg.

Berat badan yang ringan akan mendapatkan risiko yang besar dan berat badan yang berat akan mendapatkan besar risiko yang kecil (Rahayu, dkk, 2014). Berat badan yang ringan memiliki risiko yang besar dibandingkan berat badan yang berat (Haryoto, dkk, 2014). Perbedaan berat individu menyebabkan kecepatan metabolisme masuknya zat kimia dalam tubuh.

Laju Inhalasi (R)

Hasil perhitungan nilai laju inhalasi operator SPBU 74.931.10 didapatkan dengan nilai median 0,61 m³/jam. Laju inhalasi tidak hanya dipengaruhi oleh berat badan. Faktor yang dapat mempengaruhi laju inhalasi adalah karakteristik operator dan pola aktivitasnya. Operator SPBU 74.931.10 mayoritas adalah perempuan. Kondisi volume paru-paru laki-laki lebih besar dari perempuan. Ditandai dengan perbedaan kekuatan otot paru dan luas permukaan tubuh (Umar, 2014).

Volume paru-paru yang kecil, membuat perempuan lebih sedikit menerima asupan NO₂ dan SO₂ dibandingkan laki-laki melalui jalur inhalasi. Namun, organ pernapasan perempuan lebih sensitif apabila terpapar polutan udara seperti NO₂, SO₂, benzena, toluene, ethylbenzena dan o/m/pxylene. Pada organ pernapasan perempuan banyak ditemukan deposit partikulat pencemar dibanding laki-laki (Ramdan, dkk, 2017).

Usia rata-rata operator SPBU 74.931.10 adalah 34 tahun, dengan kondisi usia yang semakin tua maka daya tahan tubuh semakin berkurang. Kondisi usia yang semakin menua sejalan dengan bertambahnya akumulasi pajanan polutan selama hidup. Penuaan inilah yang sering menjadi faktor risiko dari PPOK (GOLD, 2017).

Kematian sangat dominan atas efek morbiditas untuk semua polutan. Beban penyakit pencemar udara dianggap didominasi oleh kematian (95%) dari pada morbiditas. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa bagian terbesar dari beban penyakit disebabkan oleh kematian alami. Komponen morbiditas sangat didorong oleh penyakit pernapasan, bronkitis kronis. Dampak kesehatan dari polusi udara mengalami peningkatan di atas 30 tahun. Setelah masa bayi, di kelompok usia muda (5-30 tahun) angka kematian jarang terjadi, sedangkan untuk kelompok usia lainnya (<5 tahun dan >30) itu adalah titik akhir dominan. Distribusi jenis kelamin di Finlandia 51% perempuan, tapi beban penyakit lebih tinggi pada laki-laki 53%. Dari 66% kanker paru-paru, 58% penyakit jantung, dan 55% penyakit pernafasan. Oleh karena itu, beban penyakit yang disebabkan polusi udara juga lebih berbobot pada pria 57% (Lehtomaki, dkk, 2018).

Penelitian (Shin, 2018), menyatakan bahwa Subjek < usia 65 dengan kuartil tinggi dari PM₁₀, NO₂, CO dan SO₂ memiliki risiko yang lebih tinggi dari kualitas hidup yang buruk dari subjek usia 65. Pada tingkat yang lebih tinggi dari polusi udara, risiko depresi, diagnosis depresi oleh dokter dan keinginan bunuh diri meningkat.

Penggunaan Alat Pelindung Diri yang masih kurang mengakibatkan sebanyak 46,1% operator SPBU 74.931.10 tidak menggunakan Alat Pelindung Diri berupa masker. Salah satu faktor yang menyebabkan operator tidak menggunakan masker adalah ketidaknyamanan dan merasa terganggu saat berkerja jika memakai masker. Sementara penggunaan masker merupakan salah satu upaya melindungi diri dari pajanan polutan.

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, dkk, 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, dkk, 2018).

Keselamatan dan kesehatan para operator saat memberikan pelayanan kepada masyarakat perlu dipantau setiap saat. Oleh karena itu, perlu adanya kebijakan dari pimpinan SPBU agar selalu menggunakan Alat Pelindung Diri saat bekerja. Sebagai upaya untuk meminimalisir pajanan bahan pencemar NO₂ dan SO₂.

Waktu Pajanan (t_E)

Operator SPBU 74.931.10 dalam melakukan pelayanan bahan bakar masyarakat memiliki risiko terpajan bahan pencemar NO₂ dan SO₂ secara terus-menerus untuk setiap hari kerjanya. Waktu atau lama pajanan merupakan hal penting karena dapat mempengaruhi nilai asupan (*intake*) yang diterima seseorang. Waktu pajanan didapatkan sesuai jam kerja operator SPBU 74.931.10 saat melakukan pelayanan BBM.

SPBU 74.931.10 memiliki 3 *shift* kerja yang terdiri dari *shift* pagi, siang dan malam. Dalam satu hari pekerja operator SPBU memiliki jam kerja yang sama yaitu 8 jam/hari. Namun, untuk keseluruhan operator SPBU memiliki nilai median waktu pajanan sebesar 6,57 jam/hari. Pajanan NO₂ dan SO₂ pada setiap *shift* dalam satu hari kerja berbeda karena para operator memiliki perbedaan selisih waktu masuk dan keluar kerja. Pajanan lingkungan kerja adalah 8 jam/hari.

Distribusi pola pajanan diketahui operator memberikan pelayanan kepada masyarakat hampir setiap hari. Adanya kontak dengan bahan pencemar NO₂ dan SO₂ disetiap hari kerja. Hal ini dapat berdampak pada kesehatan operator. Semakin lama jam kerja maka semakin besar pajanan yang diterima dan risiko

kesehatan yang didapatkan semakin besar (Ramadhona, 2014).

Efek yang ditimbulkan oleh kontaminan kimia yang masuk melalui jalur inhalasi sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu pajanan serta sumber kontaminan kimia (Jiang, dkk, 2016). Berdasarkan SNI 19-0232-2005, NAB zat kimia di udara tempat kerja untuk NO₂ sebesar 3 ppm dan SO₂ sebesar 2 ppm.

Frekuensi Pajanan (f_E)

Frekuensi pajanan yang diterima oleh operator SPBU 74.931.10 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 NO₂ dan SO₂ di tempat kerja.

Timbulnya keluhan pernapasan seiring bertambahnya usia. Fungsi metabolisme tubuh semakin menurun dikala usia tua. Hal ini dapat mempengaruhi kinerja otot pernapasan manusia (Hall, dkk, 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).

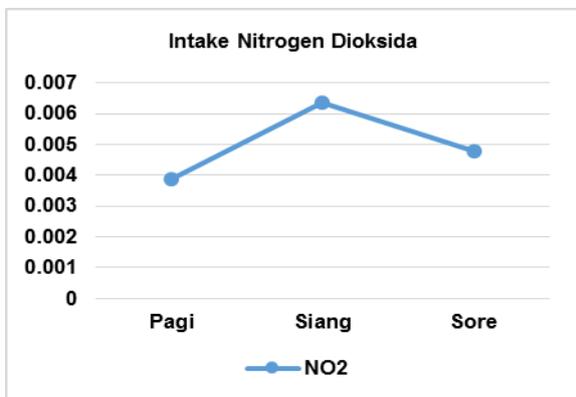
Durasi Pajanan (D_i)

Durasi pajanan adalah lamanya waktu operator menghirup udara yang mengandung bahan pencemar NO₂ dan SO₂ dalam satuan tahun. Lamanya waktu pajanan sangat berpengaruh terhadap seberapa besar pajanan dan nilai *intake* yang diperoleh. Durasi pajanan yang diperoleh di SPBU 74.931.10 dengan nilai median selama 4 tahun. Masa kerja sangat erat kaitannya dengan banyaknya pajanan bahan pencemar NO₂ dan SO₂ pada pekerja.

Masa kerja yang cukup lama dapat menimbulkan risiko kesehatan. Semakin tinggi nilai durasi pajanan maka semakin tinggi juga risiko operator untuk terpajan bahan pencemar NO₂ dan SO₂. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi gangguan pernapasan pada pekerja adalah riwayat pekerjaan sebelumnya. Dimana ada atau tidaknya pekerjaan sebelum bekerja di SPBU 74.931.10. Hasil penelitian (Azizah, 2019), menunjukkan bahwa pekerja yang memiliki riwayat pekerjaan sebelumnya sebagai perkerja bangunan dan petani mengalami gangguan fungsi paru.

Nilai Intake NO₂ dan SO₂

Hasil perhitungan *intake* terhadap operator SPBU 74.931.10 di Kota Kendari didapatkan nilai *intake* parameter NO₂ untuk pagi hari sebesar 0,00389 mg/kg/hari, siang hari sebesar 0,00635 mg/kg/hari dan sore hari sebesar 0,00479 mg/kg/hari.

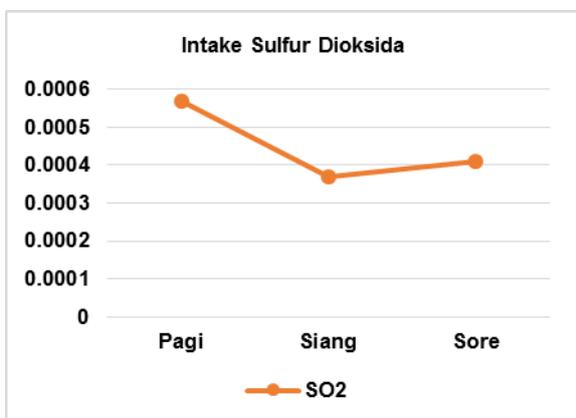


Gambar 3

Intake NO₂ SPBU 74.931.10 di Kota Kendari Tahun 2018

Operator SPBU 74.931.10 memiliki nilai *intake* NO₂ (*real time*) tertinggi pada siang hari sebesar 0,00635 mg/kg/hari. Pada penelitian ini rata-rata responden belum melebihi nilai dosis referensi (*RfC*) untuk NO₂ sebesar 0,02 mg/kg/hari (EPA, 2011). Artinya, dosis pajanan harian yang diperoleh operator saat ini diperkirakan belum menimbulkan efek bagi kesehatan.

Hasil perhitungan *intake* terhadap operator SPBU 74.931.10 didapatkan nilai *intake* untuk parameter SO₂ untuk pagi hari sebesar 0,00057 mg/kg/hari, siang hari sebesar 0,00037 mg/kg/hari dan sore hari sebesar 0,00041 mg/kg/hari.



Gambar 4

Intake SO₂ SPBU 74.931.10 di Kota Kendari Tahun 2018

Nilai *intake* SO₂ (*real time*) tertinggi pada pagi hari sebesar 0,00057 mg/kg/hari. Pada penelitian ini rata-rata responden belum melebihi nilai dosis referensi (*RfC*) untuk SO₂ sebesar 0,21 mg/kg/hari (EPA, 2011). Nilai *intake* SO₂ masih di bawah nilai dosis referensi. Artinya, operator SPBU 74.931.10 di Kota Kendari masih aman. Semakin besar *intake* yang diperoleh maka semakin tinggi risiko tidak amannya. Hasil perhitungan *intake* untuk setiap operator SPBU 74.931.10 di Kota Kendari disajikan pada tabel 3.

Tabel 3

Hasil Perhitungan *Intake* Operator SPBU 74.931.10 di Kota Kendari Tahun 2018

Responden	<i>Intake</i> NO ₂		
	Pagi	Siang	Sore
Nu	0,00037	0,00061	0,00046
Ak	0,00244	0,00398	0,00300
Ag	0,00194	0,00317	0,00239
Ar	0,00325	0,00531	0,00400
Ik	0,00222	0,00362	0,00273
Ri	0,00021	0,00035	0,00026
Su	0,00019	0,00031	0,00023
Sa	0,00076	0,00124	0,00093
Am	0,00040	0,00065	0,00049
Er	0,00042	0,00068	0,00051
Ma	0,00097	0,00159	0,00120
Fa	0,00063	0,00103	0,00078
As	0,00389	0,00635	0,00479
Mean	0,00136	0,00222	0,00167
Max	0,00389	0,00635	0,00479
Min	0,00019	0,00031	0,00023

Responden	<i>Intake</i> SO ₂		
	Pagi	Siang	Sore
Nu	0,00005	0,00003	0,00004
Ak	0,00036	0,00023	0,00026
Ag	0,00028	0,00018	0,00020
Ar	0,00048	0,00031	0,00034
Ik	0,00033	0,00021	0,00023
Ri	0,00003	0,00002	0,00002
Su	0,00002	0,00001	0,00002
Sa	0,00011	0,00007	0,00008
Am	0,00005	0,00003	0,00004
Er	0,00006	0,00004	0,00004
Ma	0,00014	0,00009	0,00010
Fa	0,00009	0,00006	0,00006
As	0,00057	0,00037	0,00041
Mean	0,00019	0,00012	0,00014
Max	0,00057	0,00037	0,00041
Min	0,00002	0,00001	0,00002

Nilai *intake* maksimal untuk NO₂ pada siang hari dan SO₂ pada pagi hari diperoleh dari responden yang bekerja sudah cukup lama sebagai operator SPBU. Nilai *intake* yang diperoleh masih cukup rendah dikarenakan konsentrasi NO₂ dan SO₂ dari hasil pengukuran masih dibawah nilai baku mutu lingkungan serta rata-rata pajanan masih dibawah <8 jam/hari. Operator SPBU 74.931.10 memiliki

nilai intake NO₂ (*real time*) tertinggi pada siang hari. 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, dkk, 2017).

Nilai intake SO₂ (*real time*) tertinggi pada pagi hari. Konsentrasi SO₂ pada pagi hari lebih tinggi dibandingkan saat siang dan sore hari. Konsentrasi bahan pencemar di udara tinggi karena suhu yang dingin di pagi hari menyebabkan kepadatan udara di dekat permukaan bumi hampir sama kepadatan udara di atasnya. Hal inilah yang menyebabkan aliran konveksi udara bergerak lambat. Akibatnya konsentrasi SO₂ menjadi tinggi karena terakumulasi di permukaan (Syech, dkk, 2013). SO₂ dapat menimbulkan hujan asam apabila bereaksi dengan uap air dan menghasilkan H₂SO₄. Kondisi suhu yang dingin cenderung menahan bahan pencemar tetap berada di kawasan tersebut. Sehingga konsentrasi bahan pencemar semakin lama akan semakin tinggi.

Karakteristik Risiko (RQ)

Operator SPBU 74.931.10 memiliki nilai RQ NO₂ tertinggi pada siang hari sebesar 0,31775 (RQ<1). Dan nilai RQ SO₂ tertinggi pada pagi hari sebesar 0,00275 (RQ<1). Hasil perhitungan besar risiko belum ada operator yang memiliki RQ>1. Besarnya rata-rata nilai RQ (*real time*) yang diperoleh adalah RQ<1. Hal ini dipengaruhi oleh intake yang diterima operator SPBU 74.931.10 masih rendah. Artinya, besar risiko pajanan NO₂ dan SO₂ di udara ambien pada operator SPBU 74.931.10 dengan nilai konsentrasi NO₂ tertinggi pada siang hari sebesar 153.7 µg/Nm³ dan nilai konsentrasi SO₂ tertinggi pada pagi hari sebesar 14.01 µg/Nm³ masih dalam kondisi aman bagi operator. Hasil perhitungan RQ untuk setiap operator SPBU 74.931.10 di Kota Kendari disajikan pada tabel 4.

Tabel 4

Hasil Perhitungan RQ Operator SPBU 74.931.10 di Kota Kendari Tahun 2018

Responden	RQ NO ₂		
	Pagi	Siang	Sore
Nu	0,01888	0,03084	0,02325
Ak	0,12218	0,19948	0,15042
Ag	0,09738	0,15899	0,11989
Ar	0,16282	0,26584	0,20046
Ik	0,11104	0,18130	0,13671
Ri	0,01081	0,01765	0,01331
Su	0,00957	0,01562	0,01178

Responden	RQ NO ₂		
	Pagi	Siang	Sore
Sa	0,03806	0,06214	0,04685
Am	0,02003	0,03271	0,02467
Er	0,02107	0,03441	0,02595
Ma	0,04877	0,07962	0,06004
Fa	0,03183	0,05197	0,03918
As	0,19462	0,31775	0,23961
Mean	0,06823	0,11140	0,08400
Max	0,19462	0,31775	0,23961
Min	0,00957	0,01562	0,01178

Responden	RQ SO ₂		
	Pagi	Siang	Sore
Nu	0,00026	0,00017	0,00019
Ak	0,00173	0,00111	0,00123
Ag	0,00138	0,00089	0,00098
Ar	0,00230	0,00148	0,00165
Ik	0,00157	0,00101	0,00112
Ri	0,00015	0,00009	0,00010
Su	0,00013	0,00008	0,00009
Sa	0,00053	0,00034	0,00038
Am	0,00028	0,00018	0,00020
Er	0,00029	0,00019	0,00021
Ma	0,00069	0,00044	0,00049
Fa	0,00045	0,00029	0,00032
As	0,00275	0,00177	0,00197
Mean	0,00096	0,00061	0,00068
Max	0,00275	0,00177	0,00197
Min	0,00013	0,00008	0,00009

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 NO₂ dan SO₂. Selain itu, perilaku merokok dapat menambah efek kesehatan yang ditimbulkan. Walaupun pada saat bekerja para operator tidak merokok tetapi berdasarkan pengamatan dilapangan sebagian besar operator merokok sebelum pergantian shift kerja. Fungsi sistem *escalator mukosiliar* dapat dipengaruhi oleh asap rokok. Hal inilah yang dapat mempermudah sampainya polutan ke saluran napas bawah sehingga mempercepat Penyakit Paru Obstruktif Kronik (Rose, 2014).

Perlu diketahui bahwa nilai RQ masih dalam kategori aman tetapi harus diwaspadai adanya perubahan iklim, kondisi alam maupun pertumbuhan/perkembangan industri di setiap kawasan. Oleh karena itu, seluruh pihak dan instansi terkait perlu memberikan perhatian yang lebih serius terhadap masalah kesehatan terutama akibat pencemaran udara ambien di kawasan SPBU 74.931.10 Kota Kendari.

NO₂ memiliki pengaruh terhadap atmosfer, tidak hanya karena efek kesehatannya tetapi juga karena NO₂ menyerap radiasi cahaya tampak dan berkontribusi terhadap gangguan visibilitas atmosfer dan memiliki peran langsung

yang potensial dalam perubahan iklim global jika konsentrasinya cukup tinggi (Suryati, dkk, 2019). Produk sampingan pembakaran bahan bakar fosil adalah ancaman paling signifikan di dunia bagi kesehatan anak-anak dan masa depan generasi berikutnya. Hal ini merusak kesehatan anak-anak, kemampuan untuk belajar, dan potensi untuk berkontribusi pada masyarakat. Polusi dan perubahan iklim menyebabkan anak-anak menjadi kurang tangguh dan keadaan masyarakat tempat mereka hidup menjadi kurang setara. Anak-anak, dan terutama orang miskin, menanggung beban penyakit yang tidak proporsional dan gangguan perkembangan baik dari pencemaran lingkungan dan perubahan iklim karena pembakaran batu bara, minyak, bensin, diesel dan gas alam. Perkembangan janin dan anak muda lebih rentan secara biologis dan psikologis dibandingkan orang dewasa terhadap banyak efek buruk pencemar udara beracun dan perubahan iklim dari pembakaran bahan bakar fosil (Perera, 2017).

Sejumlah studi epidemiologi telah menyatakan bahwa paparan 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, dkk, 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

Operator SPBU dalam melakukan pelayanan publik yaitu kepada masyarakat. Dituntut untuk menerapkan budaya 5 S (Senyum, Sapa, Salam, Sopan, dan Santun). Secara tidak langsung, keselamatan dan kesehatan para operator terancam karena penerapan budaya 5 S ini mengurangi perilaku pemakaian masker sebagai upaya untuk meminimalisir paparan bahan pencemar NO₂ dan SO₂.

Pemerintah Kota Kendari perlu melakukan upaya pemantauan, pengawasan, dan pengendalian polutan udara secara berkala dan berkelanjutan. Disamping itu melakukan sosialisasi mengenai bahaya polutan udara

serta penanaman pohon. Bagi pihak PT. Pertamina perlu mempertegas peraturan mematikan mesin kendaraan saat mengantri dan mengisi Bahan Bakar Minyak (BBM). Dan bagi operator SPBU 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.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Azizah, I. T. N. (2019). Analisis Kadar Debu PM_{2,5} dan Fungsi Paru pada Pekerja Industri Pupuk Organik di Nganjuk. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol. 11, No.2, April, 141-149. <https://doi.org/10.20473/jkl.v11i2.2019.141-149>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Tenggara. (2017). Provinsi Sulawesi Tenggara Dalam Angka 2017. Sulawesi Tenggara. <https://sultra.bps.go.id/publication/2017/08/11/79c2c2873633252d4e3eef2d/provinsi-sulawesi-tenggara-dalam-angka-2017.html>
- Cheng, Y., Ermolieva, T., Cao, G. ., & Zheng, X. (2018). Health Impacts of Exposure to Gaseous Pollutants and Particulate Matter in Beijing—A Non-Linear Analysis Based on the New Evidence. *International Journal Environmental Research and Public Health*, Vol. 15, No. 9, September, 1-12. <https://doi.org/10.3390/ijerph15091969>
- De, S., Deep, S. K., Dharwey, D., & Shanmugasundaram, D. (2019). Respiratory Morbidity of Roadside Shopkeepers Exposed to Traffic-related Air Pollution in Bhopal, India. *Journal of Health & Pollution*, Vol. 9, March, 1-8. <https://doi.org/10.5696/2156-9614-9.21.190305>
- Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kota Kendari. (2017). Kualitas Udara Ambient Kota Kendari. Kendari.
- Environmental Protection Agency. (2011). *Exposure Factors Handbook 2011 Edition*. National Center for Environmental Assessment Office of Research and Development, U.S Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov>.
- Francois, A.J., Bourdrel, T., Van, D.B. (2018). Ecology of the cardiovascular system: A

- focus on air-related environmental factors. *Trends In Cardiovascular Medicine*, Vol. 18, No. 2, February, 112-126.
<https://doi.org/10.1016/j.tcm.2017.07.013>
- GOLD (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease). (2017). *Global Strategy for Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*.
<https://goldcopd.org>.
- Guan, T., Hu, S., Han, Y., Wang, R., Zhu, Q., Hu, Y., Fan, H., and Zhu, T. (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*, Vol. 15, July, 1-12.
<https://doi.org/10.1186/s12989-018-0266-0>
- Hall, J. E., & Guyton, A. C. (2011). *Guyton and Hall textbook of medical physiology*. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier.
- Haryoto, Setyono, Prabang, 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*, Vol. 6, No. 2.
<http://id.portalgaruda.org/?ref=browse&mod=viewarticle&article=180302>
- Ismiyati., Marlita, D., dan Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi dan Logistik*, Vol.1, No. 3, November, 241-248.
<http://dx.doi.org/10.25292/j.mtl.v1i3.23>
- Istirokhatun, T., Agustini, I. T., & Sudarno. (2016). Investigasi Pengaruh Kondisi Lalu Lintas Dan Aspek Meteorologi Terhadap Konsentrasi Pencemar SO₂ Di Kota Semarang. *Jurnal PRESIPITASI*, Vol. 13, 21-27.
<https://doi.org/10.14710/presipitasi.v13i1.21-27>
- Jiang, X. ., Mei, X. ., & Feng, D. (2016). *Air Pollution and Chronic Airway Disease*. Tersedia di:
<https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.11.50>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2016). *Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Indonesia 2016*. Jakarta.
http://www.menlhk.go.id/site/single_post/1550
- Kermani, M., Dowlati, M., Jaffar, A. J., & Roshanak Rezaei Kalantari. (2017). Number of total mortality, cardiovascular mortality and Chronic Obstructive Pulmonary Disease due to exposure with Nitrogen dioxide in Tehran during 2005-2014. *The Journal of Urmia University of Medical Sciences*, Vol. 28, No. 4, 22-32.
<https://pdfs.semanticscholar.org/11cd/1d77f1ff11a1dc60561bbe221affa9ddef78.pdf>.
- Lehtomaki, H., Korhonen, A., Asikainen, A., Karvosenoja, N., Kupiainen, K., Paunu, V., Savolahti, M., Sofiev, M., Palamarchuk, Y., Karppinen, A., Kukkonen, J and Hanninen, O. (2018). Health Impacts of Ambient Air Pollution in Finland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 1-16. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040736>
- Masito, A. (2018). Analisis Risiko Kualitas Udara Ambien (NO₂ Dan SO₂) dan Gangguan Pernapasan pada Masyarakat di Wilayah Kalianak Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol. 10, No.4, Oktober, 394-401.
<http://dx.doi.org/10.20473/jkl.v10i4.2018.394-401>
- Mukono, J. (2011). *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan* (Edisi Kedua). Surabaya: UNAIR Press.
- Muziansyah., D, Sulistyorini, R., and Sebayang, S. (2015). Model Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung). *Jurnal Universitas Lampung.*, Vol. 3, No.1, Maret, 57-70.
<http://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jrsd/article/view/394>
- Noftri, S., Faizal, M., & Mohadi, R. (2017). Air Quality Analysis of SO₂, NO₂ and CO in Palembang City. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, Vol. 2, 58-61.
<https://doi.org/10.24845/ijfac.v2.i4.58>
- Nukman, dkk. (2005). Analisis dan Manajemen Risiko Kesehatan Pencemaran Udara: Studi Kasus di Sembilan Kota Besar Padat Transportasi. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, Vol. 4. No.2, 270-289.
<http://ejournal.litbang.depkes.go.id/index.php/jek/article/view/1634/1029>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- Perera, F. (2017). Pollution from Fossil-Fuel Combustion is the Leading Environmental Threat to Global Pediatric Health and Equity: Solutions Exist. *International*

- Journal of Environmental Research and Public Health*. 1-17.
<http://dx.doi.org/10.3390/ijerph15010016>
- Rahayu, A., Daud, A., Anwar. (2014). *Analisis Kadimium dalam Kerang Darah pada Masyarakat di Wilayah Pesisir Kota Makassar*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Hasanuddin. Tersedia di: <https://core.ac.uk/download/pdf/25496091.pdf>.
- 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. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/higiene/article/view/9853>
- Ramdan, I.M., Adawiyah, R., Firdaus, A. . (2017). Analisis Risiko Paparan SO₂ Terhadap Risiko Non Karsinogenik Pada Pekerja Penyapu Jalan Di Kota Samarinda. *Jurnal Husada Mahakam*, Vol. 4, 255-269.
<http://dx.doi.org/10.35963/hmjk.v4i5.98>
- 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.
<https://www.neliti.com/publications/3813/penilaian-risiko-paparan-asap-kendaraan-bermotor-pada-polantas-polrestabes-surab>
- Safety and Environmental Services. (2016). Material Safety Data Sheet (Nitrogen dioxide MSDS). <http://www.praxair.ca>
- Safety and Environmental Services. (2016). Material Safety Data Sheet (Sulfur dioxide MSDS). Diakses dari: <http://www.praxair.ca>
- Shin, J., Young, P.J., Choi, J. (2018). Long-term exposure to ambient air pollutants and mental health status: A nationwide population-based cross-sectional study. *Journal Pone*. 1-12. Tersedia di: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0195607>
- SNI 19-0232-2005 tentang Nilai Ambang Batas (NAB) Zat Kimia di Udara Tempat Kerja
- SNI 19-7119.6-2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien.
- Suryati, I., Khair, H., & Gusrianti, D. (2019). Distribution analysis of nitrogen dioxide (NO₂) and ozone (O₃) in Medan city with Geographic Information System (GIS). In *ICAnCEE 2018*, Vol. 276, March.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1051/matccconf/201927600>
- Suyono. (2014). *Pencemaran Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran: EGC.
- Syech, R, dkk. (2013). Faktor-faktor Fisis yang Mempengaruhi Akumulasi Nitrogen Dioksida di Udara Pekanbaru. *Komunikasi Fisika Indonesia*, Vol. 10, No. 7, 516-523.
<https://ejournal.unri.ac.id/index.php/JKFI/article/view/1859>
- Umar, PRH. (2014). *Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kapasitas Paru Peternak Ayam*. Universitas Negeri Gorontalo. Tersedia di: <http://eprints.ung.ac.id/5954/>
- Wardhani, T. (2012). *Perbedaan Tingkat Risiko Kesehatan oleh Paparan PM₁₀, SO₂, NO₂ pada Hari Kerja, Hari Libur, dan Hari Bebas Kendaraan Bermotor di Bundaran HI Jakarta*. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat UI.
- Wijayanti D. (2012). *Gambaran dan Analisis Risiko Nitrogen Dioksida (NO₂) Per-Kota/Kabupaten dan Provinsi di Indonesia (Hasil Pemantauan Kualitas Udara Ambien dengan Metode Pasif di Pusarpedal Tahun 2011)*.
- World Health Organization (WHO). (2018). *Ambient (outdoor) Air Quality and Health*. [http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- Zhang, H., Niu, Y., Yao, Y., Chen, R., Zhou, X., and Kan, H. (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*, Vol. 15, No.3, February, 1-10.
<http://dx.doi.org/10.3390/ijerph15030425>