

Disparitas Paparan SO₂ pada Pekerja Operator SPBU di Kawasan Pegunungan dan Perkotaan

Disparities in SO₂ Exposure among Gas Station Operators in Mountainous and Urban Areas

Muhammad Syafii^{1*}, Luci Riani Br. Ginting², Layari Tarigan³, Fadlilah Widyaningsih⁴

^{1,2,3,4}Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam

Jl. Sudirman No. 38 Lubuk Pakam, Deli Serdang (20512), Sumatera Utara, Indonesia

Email: muhammadsyafii@medistra.ac.id

Abstrak

Kepadatan lalu lintas yang tinggi menyebabkan pencemaran udara akibat dari emisi gas buang kendaraan bermotor khususnya sulfur dioksida (SO₂), menimbulkan risiko gangguan pernapasan bagi pekerja luar ruangan seperti operator SPBU. Kondisi iklim dan topografi wilayah mempengaruhi konsentrasi SO₂ di Kawasan Pegunungan dan Perkotaan, begitu juga dampak kesehatan berupa gangguan pernapasan yang ditimbulkannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan konsentrasi SO₂ di Kawasan Pegunungan dan Perkotaan, dan juga untuk menganalisis pengaruh paparan SO₂ terhadap Gangguan Pernapasan pada Operator SPBU. Penelitian kuantitatif yang berjenis *comparative* dengan desain *cross sectional study*. Penelitian dilakukan di SPBU kawasan daerah pegunungan dan perkotaan, dan dilaksanakan bulan Oktober 2024 sampai Februari 2025. Populasi penelitian adalah seluruh operator SPBU daerah pegunungan dan perkotaan yang berjumlah sebanyak 78 orang, dimana masing-masing daerah sebanyak 39 orang. Sampel penelitian berjumlah sebanyak 78 orang. Pengambilan sampel menggunakan teknik *total sampling*. Data dikumpulkan secara wawancara dan observasi, beserta pengukuran konsentrasi SO₂. Analisis data terdapat dua langkah, pertama analisis univariat, kedua analisis bivariat menggunakan uji t-independen dan uji regresi logistik dengan tingkat signifikansi 95% ($\alpha=0,05$). Hasil penelitian ini diperoleh bahwa ada perbedaan konsentrasi SO₂ pada Daerah Pegunungan dan Perkotaan (Pvalue=0,001), dan ada pengaruh yang signifikan konsentrasi SO₂ terhadap gangguan pernapasan pada Operator SPBU (Pvalue=0,004; Exp.B=1,859). Daerah Pegunungan dan Perkotaan memiliki paparan konsentrasi SO₂ berbeda, dimana Konsentrasi SO₂ Daerah Pegunungan lebih kecil dibandingkan Daerah Perkotaan, hal ini menunjukkan bahwa Daerah Perkotaan berkontribusi besar terhadap gangguan pernafasan. Saran kepada PT. Pertamina diharapkan memfasilitasi masker kepada operator SPBU, dan menerapkan kebijakan penggunaan masker di saat bekerja.

Kata kunci: Gangguan pernapasan; Konsentrasi SO₂; Pegunungan; Perkotaan

Abstract

High traffic density contributes significantly to air pollution through motor vehicle exhaust emissions, particularly sulfur dioxide (SO₂), which poses a risk of respiratory disorders among outdoor workers such as gas station operators. Climatic conditions and regional topography influence SO₂ concentrations in mountainous and urban areas, as well as the associated health impacts in the form of respiratory disorders. This study aimed to analyze differences in SO₂ concentrations between mountainous and urban areas and to examine the effect of SO₂ exposure on respiratory disorders among gas station operators. A quantitative comparative approach with a cross-sectional study design was employed. The study was conducted at gas stations located in both mountainous and urban areas from October 2024 to February 2025. The study population consisted of all gas station operators totaling 78 individuals, with 39 operators from each area. The sample size was 78 respondents, selected using a total sampling technique. Data were collected through interviews and observations, along with measurements of SO₂ concentrations. Data analysis was carried out in two stages: univariate analysis and bivariate analysis using independent t-tests and logistic regression, with a significance level of 95% ($\alpha=0.05$). The results showed a significant difference in SO₂ concentrations between mountainous and urban areas (p -value=0.001). Furthermore, SO₂ exposure was

*Corresponding Author: Muhammad Syafii, Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam, Deli Serdang, Indonesia

E-mail : muhammadsyafii@medistra.ac.id

Doi : 10.35451/y10rdd32

Received : March 23, 2026. Accepted: April 09, 2026. Published: April 30, 2026

Copyright (c) 2026 : Muhammad Syafii. Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International

found to have a significant effect on respiratory disorders among gas station operators (p -value=0.004; $Exp(B)$ =1.859). SO_2 concentrations were lower in mountainous areas compared to urban areas, indicating that urban environments contribute more substantially to respiratory disorders. It is recommended that PT Pertamina provide appropriate respiratory protective equipment, such as masks, for gas station operators and implement policies mandating their use during working hours.

Keywords: Respiratory disorders; SO_2 concentration; mountainous areas; urban areas

1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan pertumbuhan pesat sektor transportasi dalam tingginya penggunaan kendaraan bermotor [1], yang secara signifikan memperburuk kualitas udara di lingkungan sekitar [2,3]. Pembakaran tidak sempurna bahan bakar fosil menghasilkan gas buang yang mengandung sulfur dioksida (SO_2), nitrogen oksida (NO_2), karbon monoksida (CO), dan materi partikulat (PM) [4], yang secara signifikan berkontribusi sekitar 85% pencemaran udara perkotaan [5,6].

Menurut *World Health Organization*, sekitar 80% populasi dunia terpapar polutan udara dengan konsentrasi yang melampaui batas aman yang direkomendasikan, sehingga menyebabkan kurang lebih 6,7 juta kematian dini setiap tahunnya; sekitar 4,2 juta di antaranya dikaitkan dengan polusi udara pada tahun 2023. Wilayah Asia Tenggara dan Pasifik Barat menanggung beban terbesar dengan estimasi 3,8 juta kematian, termasuk sekitar 567.000 kematian akibat penyakit pernapasan yang berhubungan dengan SO_2 [7]. Jumlah kematian di Indonesia akibat polusi udara pada tahun 2022 tercatat meningkat menjadi sekitar 61 ribu jiwa dibandingkan dengan tahun sebelumnya yang mencapai 50 ribu jiwa [8].

Sulfur dioksida (SO_2) adalah gas tidak berwarna dengan bau menyengat yang terutama dihasilkan dari emisi kendaraan berbahan bakar solar [9,10]. Paparan jangka pendek pada konsentrasi rendah dapat menimbulkan iritasi pada mukosa saluran pernapasan, memicu bronkokonstriksi, serta memperparah penyakit seperti asma, sedangkan paparan dalam kadar tinggi berpotensi menyebabkan edema paru dan, pada kondisi berat, dapat berujung pada kematian [11,12]. Standar batas baku mutu udara ambien untuk SO_2 di Indonesia ditetapkan sebesar $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) [13].

Faktor iklim mempengaruhi konsentrasi polutan SO_2 di udara [14]. Perubahan parameter iklim ini dapat berdampak signifikan terhadap penyebaran dan penyebaran polusi udara, baik yang berasal dari lingkungan sekitar maupun wilayah sekitarnya [15,16]. Suhu yang lebih tinggi mengurangi kepadatan udara di dekat permukaan, mendorong pengangkatan polutan sehingga menurunkan konsentrasinya di permukaan, sebaliknya kelembaban yang tinggi menghambat pergerakan udara secara horizontal dan vertikal menyebabkan akumulasi polutan yang tinggi [17,18]. Daerah pegunungan (600–1.400m di atas permukaan laut/DPL), yang dicirikan oleh suhu lebih rendah ($15,6^\circ\text{C}$ – 23°C) dan kelembaban lebih tinggi ($\leq 89\%$), berbeda dengan kawasan daerah perkotaan dataran rendah (25–50m DPL) dengan suhu lebih tinggi (24°C – 33°C) dan kelembaban lebih rendah ($\leq 80\%$), yang kemungkinan menghasilkan profil paparan SO_2 yang berbeda [19].

Hasil penelitian oleh Zheng et al. (2025), menyatakan bahwa faktor meteorologi suhu dan kelembaban udara mempengaruhi nilai konsentrasi polutan udara. Suhu yang tinggi mengakibatkan konsentrasi polutan udara cenderung lebih rendah. Kelembaban udara yang tinggi menyebabkan pergerakan udara melambat, karena kandungan uap air di atmosfer menghambat aliran udara baik secara horizontal maupun vertikal, sehingga mengakibatkan peningkatan konsentrasi polutan di udara [20].

PT. Pertamina menyediakan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di berbagai wilayah. Upaya memberikan layanan optimal serta memastikan ketersediaan bahan bakar minyak (BBM) bagi kebutuhan transportasi masyarakat sangat bergantung pada peran strategis operator SPBU sebagai ujung tombak dalam melayani kebutuhan publik. Operator SPBU merupakan kelompok pekerja yang sangat rentan karena paparan luar ruangan yang berkepanjangan hingga delapan jam per hari terhadap emisi kendaraan di titik pengisian bahan bakar, serta kedekatan mereka dengan koridor jalan yang padat [21]. Disparitas paparan konsentrasi SO_2 dipengaruhi dengan topografi berbeda dari setiap wilayah di Indonesia [22].

Hasil observasi awal menunjukkan bahwa gas buang kendaraan bermotor menimbulkan paparan SO₂, yang mengakibatkan operator SPBU mengalami gangguan pernapasan meskipun berada pada kondisi lingkungan yang berbeda. Perbedaan wilayah ini menyebabkan perbedaan nilai konsentrasi SO₂ di Daerah Pegunungan (Kabupaten Karo) dan Perkotaan (Kota Medan), konsentrasi SO₂ di Daerah Perkotaan lebih tinggi dibandingkan Daerah Pegunungan sehingga operator SPBU Daerah Perkotaan lebih banyak mengalami gangguan pernapasan dibandingkan wilayah Pegunungan, hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kondisi lingkungan Daerah Pegunungan (Kabupaten Karo) dan Perkotaan (Kota Medan) terkait gangguan pernapasan pada operator SPBU.

Kondisi kesehatan operator SPBU semakin berisiko akibat dampak negatif dari kualitas udara yang tercemar, yang bersumber dari emisi kendaraan bermotor selama proses antrean pengisian BBM maupun saat kendaraan kembali bergerak setelah pengisian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan konsentrasi SO₂ di Kawasan Daerah Pegunungan dan Perkotaan, dan juga untuk menganalisis pengaruh paparan SO₂ terhadap Gangguan Pernapasan pada Operator SPBU.

2. METODE

Desain Penelitian

Penelitian kuantitatif yang berjenis *comparative* dengan desain *cross sectional study*.

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2023 sampai dengan Juni 2024. Lokasi pegunungan terdiri dari tiga SPBU (14.203.1161, 14.203.174, dan 13.221.113) di Kecamatan Sibolangit dan Kecamatan Berastagi Kabupaten Karo, Sumatera Utara. Lokasi perkotaan terdiri dari dua SPBU (14.202.1162 di Kecamatan Medan Amplas dan 14.201.138 di Kecamatan Medan Sunggal) di Kota Medan.

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh operator SPBU di kelima lokasi yang berjumlah 78 operator (39 operator di SPBU pegunungan; 39 operator di SPBU perkotaan). Teknik *total sampling* digunakan sehingga seluruh operator yang memenuhi kriteria menjadi sampel. Kriteria inklusi meliputi: (1) aktif bekerja sebagai operator SPBU; (2) masa kerja minimal satu bulan; dan (2) bersedia memberikan persetujuan tertulis (*informed consent*). Kriteria eksklusi: Operator yang tidak hadir saat pengumpulan data atau memiliki riwayat penyakit pernapasan kronis.

Pengukuran Kadar SO₂

Pengambilan sampel SO₂ dilakukan oleh petugas laboratorium bersertifikat dari Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BTKL PP) Kelas I Medan. Prosedur pengambilan sampel mengacu pada SNI 19-7119-6:2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien. Strategi sampling intermiten diterapkan: sampel diambil di dua titik terhadap sumber pencemar selama dua rentang waktu (09.00–11.00 dan 16.00–18.00 WIB) untuk merepresentasikan puncak lalu lintas pagi dan sore.

Penilaian Keluhan Gangguan Pernapasan

Keluhan gangguan pernapasan dinilai melalui wawancara tatap muka terstruktur menggunakan kuesioner yang diadaptasi dari Instrumen Kesehatan Kerja Nasional Indonesia. Kuesioner mencakup enam gejala: batuk, sesak napas (dispnea), nyeri/rasa berat di dada, sakit tenggorokan, bersin, dan pilek (rinore). Operator diklasifikasikan mengalami keluhan gangguan pernapasan apabila melaporkan setidaknya satu gejala dengan frekuensi apapun dalam 30 hari terakhir.

Analisis Data

Analisis data univariat menggunakan statistik deskriptif disajikan sebagai frekuensi dan persentase untuk variabel kategorikal, serta rerata \pm simpangan baku (SB) untuk variabel kontinu. Analisis kedua menggunakan uji t-independen digunakan untuk membandingkan rerata konsentrasi SO₂ antara lokasi pegunungan dan perkotaan,

dan uji regresi logistik digunakan untuk menganalisis pengaruh paparan SO₂ terhadap Gangguan Pernapasan pada Operator SPBU. Tingkat signifikansi statistik ditetapkan pada $\alpha = 0,05$.

Etik Penelitian

Persetujuan etik diperoleh dari Komite Etik Penelitian Kesehatan Universitas Sumatera Utara (No:1012/KEPK/USU/2025). Persetujuan tertulis (*informed consent*) diperoleh dari seluruh peserta sebelum pengumpulan data. Kerahasiaan data individu dijaga selama penelitian berlangsung.

3. HASIL

Karakteristik Operator SPBU Daerah Pegunungan dan Daerah Perkotaan

Karakteristik Operator SPBU daerah pegunungan dan daerah perkotaan meliputi usia, jenis kelamin, masa kerja, penggunaan masker, dan riwayat penyakit. Distribusi frekuensi karakteristik operator SPBU di daerah pegunungan dan perkotaan dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Karakteristik Operator SPBU di Daerah Pegunungan dan Perkotaan

Karakteristik Operator SPBU	Kawasan Daerah			
	Pegunungan		Perkotaan	
	n	%	n	%
Jenis kelamin				
Laki laki	23	59,0	23	59,0
Perempuan	16	41,0	16	41,0
Umur				
≥ 28 tahun	19	48,7	13	33,3
< 28 tahun	20	51,3	26	66,7
Masa kerja				
≥ 5 tahun	15	38,5	15	38,5
< 5 tahun	24	61,5	24	61,5
Riwayat penyakit pernapasan				
Ada	2	5,1	3	7,7
Tidak ada	37	94,9	36	92,3
Penggunaan masker				
Tidak pernah	17	43,6	10	25,6
Jarang	8	20,5	9	23,1
Kadang-kadang	4	10,3	10	25,6
Sering	10	25,6	7	17,9
Selalu	0	0,0	3	7,7

Berdasarkan hasil tabel 1 diketahui distribusi frekuensi karakteristik operator SPBU di daerah pegunungan diketahui mayoritas operator berjenis kelamin laki-laki sebanyak 23 orang (59%), kelompok umur < 28 tahun sebanyak 20 orang (51,3%), yang bekerja selama < 5 tahun sebanyak 24 orang (61,5%), tidak memiliki riwayat penyakit pernapasan sebanyak 37 orang (94,9%), dan tidak pernah menggunakan masker saat bekerja sebanyak 17 orang (43,6%), sedangkan di SPBU daerah perkotaan operator berjenis kelamin laki-laki sebanyak 23 orang (59%), kelompok umur < 28 tahun sebanyak 26 orang (66,7%), yang bekerja selama < 5 tahun sebanyak 24 orang (61,5%), tidak memiliki riwayat penyakit pernapasan sebanyak 36 orang (92,3%), tidak pernah dan kadang-kadang menggunakan masker saat bekerja sebanyak 10 orang (25,6%).

Kadar SO₂ di Daerah Pegunungan dan Daerah Perkotaan

Analisis deskriptif kadar SO₂ pada operator SPBU daerah pegunungan dan perkotaan sebagai berikut:

Tabel 2. Analisis Deskriptif Kadar SO₂ pada Operator SPBU di Daerah Pegunungan dan Perkotaan

Parameter	Baku Mutu	Pegunungan			Perkotaan	
		SPBU 1	SPBU 2	SPBU 3	SPBU 1	SPBU 2
SO ₂ (µg/m ³)	150	81,2	84,8	72,9	94,6	92,9

Berdasarkan hasil tabel 2 diketahui analisis deskriptif kadar SO₂ pada Operator SPBU di Daerah Pegunungan dan

Perkotaan yaitu SPBU daerah pegunungan konsentrasi SO₂ paling tinggi terdapat pada SPBU 2 yaitu 84,8 µg/m³, sedangkan SPBU daerah perkotaan konsentrasi SO₂ paling tinggi terdapat pada SPBU 1 yaitu 94,6 µg/m³.

Keluhan Gangguan Pernapasan pada Operator SPBU di Daerah Pegunungan dan Daerah Perkotaan

Keluhan gangguan pernapasan merupakan gangguan sistem pernapasan pada operator SPBU sebagai akibat terpapar gas SO₂ yang dihasilkan dari asap kendaraan. Distribusi frekuensi keluhan gangguan pernapasan pada operator SPBU di Daerah Pegunungan dan Perkotaan dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Distribusi Frekuensi Keluhan Gangguan Pernapasan pada Operator SPBU di Daerah Pegunungan dan Perkotaan

Keluhan Gangguan Pernapasan	Kawasan Daerah			
	Pegunungan		Perkotaan	
	n	%	n	%
Mengalami	25	64,1	30	76,9
Tidak Mengalami	14	35,9	9	23,1

Berdasarkan hasil tabel 3 diketahui distribusi frekuensi keluhan gangguan pernapasan pada operator SPBU di daerah pegunungan dan perkotaan mayoritas operator SPBU yang mengalami keluhan gangguan pernapasan pada SPBU wilayah perkotaan sebanyak 30 orang (76,9%).

Perbedaan Konsentrasi SO₂ pada Daerah Pegunungan dan Perkotaan

Analisis perbedaan konsentrasi SO₂ pada Daerah Pegunungan dan Perkotaan, dapat dilihat perbedaan konsentrasi SO₂ pada Daerah Pegunungan dan Perkotaan sebagai berikut:

Tabel 4. Analisis Perbedaan Konsentrasi SO₂ pada Daerah Pegunungan dan Perkotaan

Daerah	Konsentrasi	n	Mean	SD	Pvalue
Pegunungan	SO ₂	39	79,633	5,0480	0,001
Perkotaan		39	93,685	0,8586	

Berdasarkan hasil tabel 4 diketahui rata-rata konsentrasi SO₂ di pegunungan adalah sebesar 79,633 µg/m³ dengan standar deviasi sebesar 5,0480 µg/m³. Sedangkan rata-rata konsentrasi SO₂ di perkotaan sebesar 93,685 µg/m³ dengan standar deviasi sebesar 0,8586 µg/m³. Hasil uji statistik didapatkan nilai p=0,001, berarti ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi SO₂ pada SPBU daerah pegunungan dan SPBU daerah perkotaan.

Pengaruh Konsentrasi SO₂ terhadap Keluhan Gangguan Pernapasan pada Operator SPBU di Daerah Pegunungan dan Daerah Perkotaan

Analisis bivariate menggunakan regresi logistik, dapat dilihat hasil pengaruh konsentrasi SO₂ terhadap keluhan gangguan pernapasan pada Operator SPBU di Daerah Pegunungan dan Daerah Perkotaan sebagai berikut:

Tabel 5. Pengaruh Konsentrasi SO₂ terhadap Keluhan Gangguan Pernapasan pada Operator SPBU di Daerah Pegunungan dan Daerah Perkotaan

	β	Exp B	Confidence Interval (95% CI) for Exp B		Pvalue
			Lower	Upper	
			Konsentrasi SO ₂	-0,338	

Berdasarkan hasil tabel 5 diatas diketahui pengaruh konsentrasi SO₂ terhadap keluhan gangguan pernapasan pada Operator SPBU di Daerah Pegunungan dan Daerah Perkotaan diperoleh nilai ExpB = 1,859 dapat disimpulkan konsentrasi SO₂ berpengaruh 1,8 kali terhadap keluhan gangguan pernapasan pada Operator SPBU. Hasil uji statistik diperoleh nilai p= 0,004 maka dapat disimpulkan ada pengaruh yang signifikan konsentrasi SO₂ terhadap keluhan gangguan pernapasan pada Operator SPBU di Daerah Pegunungan dan Daerah Perkotaan.

4. PEMBAHASAN

Hasil temuan dilapangan diketahui bahwa operator SPBU banyak mengalami gangguan pernapasan baik di Daerah Pegunungan maupun Daerah Perkotaan, hal ini dikarenakan gas buang atau asap kendaraan pada proses pengisian bahan bakar. Operator SPBU merupakan salah satu kelompok masyarakat yang berisiko mengalami keluhan gangguan pernapasan karena terpapar asap kendaraan yang ingin mengisi bahan bakar, juga terpapar uap dari bahan bakar selama delapan jam bekerja setiap harinya [22].

Keluhan gangguan pernapasan mencakup berbagai gejala yang dapat mengganggu fungsi sistem respirasi seperti sesak napas, nyeri dada, batuk, sakit tenggorokan, dan bersin [23]. Kondisi ini dapat dipicu oleh beragam faktor, antara lain penyakit tertentu, paparan lingkungan, pola hidup, serta faktor genetik [24]. Lingkungan yang tidak sehat umumnya disebabkan oleh pencemaran udara dari emisi kendaraan bermotor, aktivitas industri, serta proses pembakaran lainnya yang menghasilkan reaksi kimia di udara [25]. Asap kendaraan mengandung zat berbahaya salah satu diantara SO_2 [26]. Sumber utama SO_2 berasal dari kendaraan bermotor, terutama yang menggunakan bahan bakar diesel [27]. Kendaraan diesel dengan bahan bakar solar [28].

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi SO_2 di lokasi penelitian masih berada di bawah baku mutu, yang kemungkinan disebabkan oleh sumber pencemar SO_2 yang terbatas pada aktivitas transportasi yaitu kendaraan bermotor yang melakukan pengisian bahan bakar serta melintas di sekitar titik pengambilan sampel. Berdasarkan observasi dilapangan sebagian besar operator SPBU diketahui tidak menggunakan masker secara rutin, terutama di daerah pegunungan, hal ini memperbesar risiko inhalasi polutan secara langsung. Rendahnya penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) menjadi faktor penting yang memperkuat hubungan antara paparan SO_2 dan keluhan pernapasan yang dialami pekerja.

Menurut Fitriana dan Siwiendrayanti (2019), rendahnya konsentrasi SO_2 di udara pada lokasi yang jauh dari sumber pencemar tidak serta-merta menunjukkan ketiadaan atau kecilnya emisi SO_2 , karena gas tersebut kemungkinan telah mengalami transformasi menjadi senyawa lain seperti asam sulfat [29].

Hasil penelitian ini menyatakan bahwa ada perbedaan konsentrasi SO_2 pada Daerah Pegunungan dan Perkotaan dengan nilai p -value=0,001, dimana Daerah pegunungan cenderung memiliki suhu lebih rendah dan kelembapan lebih tinggi, yang dapat membantu mengendapkan beberapa polutan, sedangkan Daerah Perkotaan suhu lebih tinggi akibat efek dari rumah kaca, sehingga memperparah polusi udara.

Daerah pegunungan memiliki banyak vegetasi yang berfungsi sebagai penyerap polutan. Selain itu, topografi Daerah Pegunungan sering mendukung aliran udara yang baik, sehingga polutan mudah menyebar. Sebaliknya Daerah Perkotaan cenderung memiliki banyak bangunan tinggi yang dapat memerangkap polutan di dalam kawasan tersebut. Aktivitas masyarakat juga berkontribusi terhadap perbedaan kadar SO_2 , dimana aktivitas masyarakat di perkotaan seperti transportasi, industri, dan pembakaran, sangat berkontribusi pada kadar SO_2 yang tinggi sedangkan Daerah Pegunungan, aktivitas ini sangat terbatas sehingga kadar polutan lebih rendah.

Hasil penelitian ini konsisten dengan temuan Nurhayati dan Ramli (2025), yang menunjukkan adanya perbedaan konsentrasi SO_2 antara wilayah pegunungan dan pesisir, yang dipengaruhi oleh perbedaan suhu di masing-masing daerah. Suhu udara yang relatif tinggi menyebabkan kerapatan udara di dekat permukaan bumi menjadi lebih rendah dibandingkan lapisan di atasnya, sehingga memicu aliran konveksi ke atas yang mengangkut polutan SO_2 , yang pada akhirnya menurunkan konsentrasinya di permukaan [30].

Perbedaan kondisi lingkungan mengakibatkan variasi konsentrasi SO_2 , namun faktor perilaku pekerja dan durasi paparan memiliki kontribusi signifikan pengaruh gangguan pernapasan. Hasil penelitian ini menyatakan ada pengaruh kadar SO_2 terhadap terjadinya gangguan pernapasan pada operator SPBU di Daerah Pegunungan dan Perkotaan, dimana semakin tinggi asupan SO_2 operator SPBU, maka semakin tinggi risiko mengalami keluhan gangguan pernapasan baik di Daerah Pegunungan maupun Daerah Perkotaan.

Paparan gas SO_2 dalam konsentrasi rendah tetap berpotensi menimbulkan keluhan gangguan pernapasan pada paru-paru. Terlebih jika paparan terjadi secara terus-menerus, seperti pada pekerja luar ruangan termasuk operator SPBU, kondisi ini dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan yang dalam jangka panjang berisiko menurunkan fungsi paru [31].

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Masito (2020) yang menunjukkan adanya pengaruh pajanan SO_2 terhadap munculnya keluhan gangguan pernapasan, di mana semakin lama dan berkelanjutan seseorang terpapar polutan udara ambien, maka semakin besar pula kemungkinan timbulnya keluhan tersebut. Pengukuran frekuensi kejadian tidak didasarkan pada jumlah hari secara rinci, karena responden seringkali tidak dapat mengingat secara

akurat kejadian yang dialami dalam periode tertentu. Keluhan fisiologis yang dirasakan meliputi batuk, sesak napas, tenggorokan gatal atau kering, batuk yang disertai sesak napas, serta hidung berair [32].

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan konsentrasi SO₂ pada Daerah Pegunungan dan Perkotaan (*Pvalue*=0,001), dan juga ada pengaruh yang signifikan kadar SO₂ terhadap keluhan gangguan pernapasan pada Operator SPBU di Daerah Pegunungan dan Daerah Perkotaan (*Pvalue*=0,004; *Exp.B*=1,859).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam yang telah memberikan izin, petugas laboratorium BTKL PP Kelas I Medan atas pengukuran kualitas udara, dan kepada seluruh operator SPBU yang berpartisipasi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] MG. Brilliant, Roy Raja Sukmanta Meilala, Delfia Herwanis. Manajemen transportasi: Kerugian transportasi akibat kemacetan lalu lintas di Aceh. *Sammajiva J Penelit Bisnis dan Manaj.* 2024;2(4):42–53.
- [2] Prasetyo M, Mallongi A, Amqan H. Analisis risiko pada pedagang pisang epe akibat pajanan gas no2 di Jalan Penghibur Kota Makassar. *Hasanuddin J Public Heal* [Internet]. 2020;1(1):71–8. Available from: <https://journal.unhas.ac.id/index.php/hjph/>
- [3] Harahap UR, Wibisono G, Zaenudin A, Susanti JK. Pengaruh pertumbuhan wisatawan terhadap kualitas udara di Kota Yogyakarta (Sebuah Kajian Literatur). *J Masy Desa.* 2025;2(1):81–9.
- [4] Handayani S, Agustiningrum R, Agustina NW, Haryanti R. Pulmonary complaints among gas station operators: A descriptive study in klaten region. *Gaster.* 2025;23(2):177–87.
- [5] Haruna, Lahming, Amir F, Asrib AR. Pencemaran udara akibat gas buang kendaraan bermotor dan dampaknya terhadap kesehatan. *UNM Environ Journals* [Internet]. 2019;2(2):57–61. Available from: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>
- [6] Alchamdani. NO₂ and SO₂ Exposure to Gas Station Workers Health Risk in Kendari City. *J Kesehat Lingkungan.* 2019;11(4):319–30.
- [7] World Health Organization. World Health Organization. 2024. Ambient (outdoor) air pollution. Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- [8] Nurfadillah AR, Petasule S. Analisis risiko kesehatan lingkungan (so₂, no₂, co dan tsp) di Ruas Jalan Wilayah Bone Bolango. *J Heal Sci.* 2022;6(2):76–89.
- [9] Wahyudi A. Analisis konsentrasi sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen dioksida (NO₂) terhadap kualitas udara ambien di Kota Palembang. *Babul Ilmi J Ilm Multi Sci Kesehat.* 2025;17(1):193–203.
- [10] Rashifanti Mahedyta N, Syafitri A, Septywantoro F, Anisa Kejora P, Dewi Gulo S, Sulistiyorini D. Environmental health risk analysis of exposure of Nitrogen Dioxide (NO₂) and Sulfur Diokide (SO₂) in the Community of the Yogyakarta Region. *J Sanitasi Lingkungan* [Internet]. 2022;2(1):51–9. Available from: <https://doi.org/10.36086/jsl.v2i1.1040>
- [11] Tapi V, Sumampouw OJ, Sinolungan JSV, Posangi J, Tamod ZE. Risk of acute respiratory tract disorders related to sulfur dioxide (SO₂) exposure in informal sector workers (Study on Pinasungkulan Market Traders). *Int J Nat Heal Sci.* 2026;4(1):11–20.
- [12] Alisain M, Rosdiana R, Assiddieq M. Analisis tingkat pencemar sulfur dioksida (SO₂) akibat aktivitas kendaraan bermotor di Kota Kendari. *J TELUK Tek Lingkungan UM Kendari.* 2024;4(1):014–8.
- [13] Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). 2020 p. 1–16.
- [14] Wirosodarmo R, Suharto B, Proborini DE. Analisis pengaruh jumlah kendaraan bermotor dan kecepatan angin terhadap karbon monoksida di terminal arjosari. *J Sumberd Alam dan Lingkungan.* 2020;7(10):57–64.

- [15] Kartasapoeltra AG. *Klimatologi: pengaruh iklim terhadap tanah dan tanaman*. Jakarta: PT. Bulmi Aksara; 2017.
- [16] Sudarman D, Hikmah N, Nabila AS. Kualitas Parameter Udara Ambien (Suhu , Pm 10 , SO 2 , dan Kebisingan) pada Lingkungan Perkantoran di Parepare Ambient Air Quality Parameters (Temperature , PM 10 , SO 2 , and Disturbances) in Office Environment in Parepare. *Bul Keslingmas*. 2025;44(4):220–4.
- [17] Susilo B. *Mengenal Iklim dan Cuaca di Indonesia*. Yanuar, editor. Yogyakarta: DIVA Press; 2021.
- [18] Prasetyo TF, Gani A, Mufid Z. Pengaruh suhu, kelembapan dan angin terhadap polusi udara: Studi kasus dataset air quality. *Insa J Inov dan Sains Tek Elektro*. 2025;6(1):43–51.
- [19] Mendrofa IJ, Indirawati SM, Ashar T. Comparison of SO₂ and NO₂ concentrations in mountainous and urban areas in relation to respiratory disorders among gas station operators. *Int J Heal Educ Soc [Internet]*. 2025;8(1):96–108. Available from: www.ijhes.com
- [20] Li Z, Zhang H, Wang N, Zhang S, Luo Z, Xuan X, et al. Effects of air pollution and noise exposure on occupational hearing loss in oil workers: a prospective cohort study. *BMC Public Health*. 2025;25(1):1–21.
- [21] Lustician ZAT, Liliawanti, Mayo DE, Pramita A. The role of air pollution exposure on hemoglobin levels in public fueling station officers. *CoMPHI J Community Med Public Heal Indones J*. 2025;6(1):73–80.
- [22] Takuloe SRR, Jusuf H, Nakoe MR, Arsyad N. Risiko paparan sulfur dioksida (so₂) pada petugas stasiun pengisian bahan bakar umum (spbu). *Jambura J Epidemiol*. 2023;2(2):50–8.
- [23] Rahman AA, Usman, Rusman ADP. Gambaran kualitas udara ambien dan keluhan gangguan pernapasan pada masyarakat kota pare pare. *J Ilm Mns dan Kesehatan [Internet]*. 2021;4(3):351–8. Available from: <https://jurnal.umpar.ac.id/index.php/makes>
- [24] Grigorieva E, Lukyanets A. Combined effect of hot weather and outdoor air pollution on respiratory health: Literature review. *Atmosphere (Basel)*. 2021;12(6):1–30.
- [25] Gita A, Kania NP, Zahra TA. Gangguan dan penurunan fungsi paru pada pekerja jalanan. *J Anestesi J Ilmu Kesehatan dan Kedokt*. 2024;2(3):118–31.
- [26] Shabrina AP, Pratama R. Gambaran kualitas udara serta analisis risiko nitrogen dioksida (no₂) dan sulfur dioksida (so₂) di Kabupaten Bekasi. *J Eng Environmental Energy Sci*. 2022;1(2):63–70.
- [27] Asri LN, Sari KE, Meidiana C. Emisi co kendaraan bermotor pada ruas jalan dengan tingkat pelayanan rendah di kota malang. *Plan Urban Reg Environ*. 2022;11(0341):31–8.
- [28] Apriyana M, Ergantara RI, Nasoetion P. Analisis emisi karbon monoksida akibat kemacetan kendaraan di Kota Bandar Lampung (Studi Kasus: Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Jl. Hi. Komarudin). *J Serambi Eng*. 2023;8(3):6573–81.
- [29] Fitriana D, Siwiendrayanti A. Kualitas udara dan keluhan sesak napas pemulung di Tempat Pembuangan Akhir. *Higeia J Public Heal*. 2019;3(3):357–68.
- [30] Nurhayati, Ramli AY. Analisis konsentrasi nitrogen dioksida (NO₂) dan sulfur dioksida (SO₂) dan hubungannya dengan faktor kelembapan udara dan kecepatan angin. *J Techlink*. 2025;9(1):37–44.
- [31] Zhang ZQ, Li JY, Guo Q, Li YL, Bao YW, Song YQ, et al. Association between air pollution and allergic upper respiratory diseases: a meta-analysis. *Eur Respir Rev [Internet]*. 2025;34(176):240266. Available from: <http://dx.doi.org/10.1183/16000617.0266-2024>
- [32] Masito A. Analisis risiko kualitas udara ambien (no₂ dan so₂) dan gangguan pernapasan pada masyarakat di Wilayah Kalianak Surabaya. *J Kesehatan Lingkungan*. 2020;10(4):394–401.