

Kualitas Udara Ambien Sulfur Dioksida (SO_2) Terminal Bus di Kota Manado: Studi Ekologi

Syalom Mikha Tiwa^{1*}, Oksfriani Jufri Sumampouw², Budi Tamardy Ratag³

^{1,2,3}Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi

*E-mail: syalommikha46@gmail.com

Abstrak

Latar Belakang: Terminal karombasan merupakan terminal yang berada di Kota Manado dan mempunyai aktivitas transportasi padat dan berpotensi menyumbang banyak pencemaran udara dari pembakaran bahan bakar minyak. Terdapat aktivitas manusia baik penumpang, awak bus/ angkutan umum, dan pedagang di sekitar terminal yang berisiko terpajan SO_2 . Keberadaan pedagang yang mempunyai kios/kantin di area terminal menjadikan pedagang sebagai objek yang berisiko terkena dampak dari polusi udara. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengukur kadar SO_2 pada udara ambien di terminal Karombasan kota Manado Tahun 2024. **Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang dilaksanakan di terminal Karombasan Kota Manado pada September 2023 – Juli 2024. Subjek penelitian ini yaitu ambien udara dengan parameter SO_2 . Data primer penelitian ini yaitu data yang diperoleh dari pengukuran konsentrasi SO_2 udara ambien di lokasi penelitian dengan bantuan dari SGS WLN Kota Manado. Analisis data secara univariat. **Hasil Penelitian:** Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar SO_2 ambien udara diperoleh berkisar $<20-33 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Kadar SO_2 tertinggi sebesar $33 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ditemukan pada titik 1 hari II dan terendah sebesar $<20 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ditemukan pada beberapa titik yaitu titik 2 (pagi dan siang) hari I dan II. **Kesimpulan:** Kesimpulan penelitian ini yaitu kadar SO_2 ambien udara di Terminal Karombasan berkisar $<20-33 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dimana nilai ini masih di bawah NAB yaitu $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Oleh karena itu perlu pemantauan secara berkala dan komprehensif tentang kualitas udara di terminal Karombasan sehingga bisa dilakukan upaya pencegahan dampak lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Kata Kunci: Kualitas udara; Sulfur Dioksida; Terminal Bus

Abstract

Background: The Karombasan Terminal is a terminal located in Manado City and has dense transportation activities and has the potential to contribute a lot of air pollution from the burning of fuel oil. There are human activities, both passengers, bus/public transportation crews, and traders around the terminal who are at risk of exposure to SO_2 . The existence of traders who have stalls/canteens in the terminal area makes traders an object at risk of being affected by air pollution. The purpose of this study is to measure SO_2 levels in ambient air at the Karombasan terminal in Manado city in 2024. **Methods:** This study is a descriptive research conducted at the Karombasan terminal, Manado City in September 2023 – July 2024. The subject of this study is ambient air with SO_2 parameters. The primary data of this study is data obtained from the measurement of ambient air SO_2 concentration at the research site with the help of SGS WLN Manado City. Univariate data analysis. **Research Results:** The results of this study showed that the ambient SO_2 levels of air obtained ranged from $<20-33 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. The highest SO_2 level of 33

$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ was found at point 1 day II and the lowest level of $<20 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ was found at several points, namely point 2 (morning and afternoon) day I and II. **Conclusion:** The conclusion of this study is that the ambient SO₂ level of air at the Karombasan Terminal ranges from $<20-33 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ where this value is still below the NAV, which is $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Therefore, it is necessary to regularly and comprehensively monitor the air quality at the Karombasan terminal so that efforts can be made to prevent environmental and public health impacts.

Keywords: Air quality; Sulfur Dioxide; Bus station

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan merupakan tanda bahwa lingkungan telah berubah atau tidak sama dengan sebelumnya. Salah satu pencemaran yang ada yaitu pencemaran udara. Pencemaran udara ini bisa menyebabkan masalah kesehatan masyarakat. Salah satu sumber pencemaran udara yaitu kendaraan bermotor (Pinontoan & Sumampouw, 2019; Pinontoan et al 2019). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengukur kualitas udara khususnya yang berhubungan dengan kendaraan bermotor. Penelitian dari Farikah et al (2019) yang melakukan pengukuran ambient udara di area basement Jumbo Swalayan berdasarkan Nitrogen Dioksida (NO₂) menunjukkan nilai berkisar $21,10 - 134,04 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Selanjutnya penelitian dari Ponga et al (2018) di jalan raya pasar Tumiting, Sumombo, Sindulang, Maasing dan Tempat Pelelangan Ikan. Pengukuran sampel dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer dengan metode Pararosanilin menunjukkan konsentrasi Sulfur Dioksida (SO₂) berkisar $14,59 - 34,31 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Penelitian lainnya dari Pangerapan et al (2019) yang mengukur kadar Karbon Monoksida (CO) udara di terminal Beriman Kota Tomohon berkisar $1,063-9,734 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Sulfur dioksida (SO₂) merupakan gas yang memiliki karakteristik tidak berwarna dan berbau tajam, apabila bereaksi dengan uap air di udara akan menjadi H₂SO₄ atau dikenal sebagai hujan asam yang dapat menimbulkan kerusakan baik material, benda, maupun tanaman, selain menyebabkan hujan asam SO₂ juga dapat mengurangi jarak pandang karena gas maupun partikel SO₂ mampu menyerap cahaya sehingga menimbulkan kabut (Nasihah, 2018). SO₂ di udara bersumber dari kegiatan transportasi pada kendaraan berbahan bakar solar dan emisi sumber tidak bergerak. Sumber emisi dominan SO₂ berasal dari emisi sumber tidak bergerak dengan bahan bakar batu bara, residu minyak bumi maupun cangkang kelapa sawit (Sudalma dkk, 2018). SO₂ memberikan dampak negative pada kesehatan masyarakat yaitu iritasi saluran pernapasan dan penurunan fungsi paru dengan gejala batuk, sesak napas, dan meningkatkan penyakit asma (Masito, 2018).

Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021 menyatakan bahwa nilai ambang batas (NAB) untuk pengukuran dalam waktu satu jam untuk parameter SO₂ sebesar $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Pengujian ini mengacu pada SNI 7119-7:2017 untuk uji gas SO₂ dengan metode pararosanilin menggunakan Spektrofotometer UV-Visibel. Gas SO₂ yang ada di udara dijerap menggunakan alat penjerap yaitu impinger menggunakan larutan penjerap yang terbuat dari merkuri(II) klorida, kalium klorida dan EDTA yang akan membentuk senyawa kompleks diklorosulfonatomerkurat. Gas SO₂ yang terjerap di reaksikan dengan larutan asam formaldehida dan asam sulfamat dan pararosanilin membentuk senyawa kompleks pararosanilin metil sulfonat. Senyawa kompleks pararosanilin metil sulfonat yang sudah bereaksi akan menghasilkan warna ungu. Warna larutan sampel terlihat jelas, oleh karena itu sampel ditentukan dengan

menggunakan spektrofotometer UV-Visibel pada daerah visibel dengan panjang gelombang 550 nm (Rohyami, 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Ponga, dkk (2018) di Kecamatan Tumiting dengan lima titik pengambilan sampel kualitas udara SO₂, yaitu pasar Tumiting, Maasing (pertigaan Lingkungan 3), Sumombo (depan lorong aspol), Sindulang (depan damai store), dan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Tumumpa menunjukkan kualitas udara ambien SO₂ sebesar 14,59-34,31 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ tergolong kategori baik (tidak melewati baku mutu). Penelitian dari Tampa dkk (2020) di terminal Malalayang kota Manado ditemukan jumlah SO₂ berkisar 2,88-28,28 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Kadar SO₂ di Terminal Malalayang Kota Manado masih di bawah NAB.

Penelitian ini hanya menganalisis SO₂ karena gas SO₂ di udara bersumber dari kegiatan transportasi pada kendaraan berbahan bakar solar seperti kendaraan bus. Untuk melengkapi penelitian tentang gas SO₂ peneliti memilih terminal Karombasan sebagai lokasi penelitian. Terminal Karombasan merupakan terminal yang berada di Kota Manado dan mempunyai aktivitas transportasi padat dan berpotensi menyumbang banyak pencemaran udara dari pembakaran bahan bakar minyak, diantaranya berupa gas NO₂, SO₂, Pb dan TSP. Selain kepadatan transportasi terdapat pula aktivitas manusia yang padat. Selain penumpang dan awak bus atau angkutan umum, terdapat pula pedagang di sekitar terminal yang waktu pajanannya lebih lama dibanding penumpang dan awak bus atau angkutan umum. Keberadaan pedagang yang mempunyai kios/kantin di area terminal menjadikan pedagang sebagai objek yang berisiko terkena dampak dari polusi udara.

Data yang diperoleh dari hasil observasi di Terminal Karombasan menyatakan bahwa kendaraan yang masih aktif beroperasi di Terminal Karombasan berjumlah 64 buah dimana terminal Karombasan memiliki jumlah kendaraan yang cukup tinggi. Hal inilah yang berpotensi menyebabkan terjadinya pencemaran udara khususnya SO₂. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengukur kadar SO₂ pada udara ambien di terminal Karombasan kota Manado Tahun 2024.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif berbasis laboratorium yang dilaksanakan di terminal Karombasan Kota Manado pada Mei 2024. Subjek penelitian ini yaitu ambien udara dengan parameter SO₂. Penentuan titik pengambilan sampel udara ambien digunakan metode *purposive sampling*. Pengukuran dilakukan selama 2 hari. Pengukuran di lakukan selama 1 jam pada tiap titik lokasi pengukuran sampel, pengukuran sampel dilakukan pada 2 titik yaitu titik 1 pintu keluar masuk terminal dengan titik koordinat yaitu 1°27'20.4"N 124°50'21.5"E, dan titik ke 2 di area parkir kendaraan dengan titik koordinat yaitu 1°27'20.2"N 124°50'22.8"E. Pengukuran di lakukan pada interval waktu yaitu pagi hari (09.00-12.00) dan siang hari (13.00-16.00). Data primer penelitian ini yaitu data yang diperoleh dari pengukuran konsentrasi SO₂ udara ambien di lokasi penelitian dengan bantuan dari SGS WLN Kota Manado. pengukuran SO₂ menggunakan metode *Pararosanilin* dengan menggunakan alat *Spektrofotometer*. Pengukuran ini mengacu pada standar Nasional Indonesia (SNI) 19-7119.6-2005. Analisis data secara univariat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran ambien udara di Terminal Karombasan Kota Manado dilakukan selama 2 hari yaitu Kamis-Jumat, 3-4 April 2024. Parameter yang diukur yaitu suhu,

kelembaban, kecepatan angin dan kadar SO₂. Hasil pengukuran suhu, kelembaban, dan kecepatan angin dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran suhu, kelembaban, kecepatan angin

Titik Sampel	Suhu (°C)		Kelembaban (% RH)		Kec. Angin (m/s)	
	I	II	I	II	I	II
Titik 1 (pagi)	30,5	29,8	51	52	1,1	0,9
Titik 2 (pagi)	31,0	30,3	50	50	1,1	0,9
Titik 1 (Siang)	29,0	30,3	59	51	1,3	1,0
Titik 2 (Siang)	29,8	30,3	57	55	1,3	1,0

Keterangan:

Titik 1: Pintu Keluar/ Masuk Kendaraan; Titik 2: Area Parkir Kendaraan

Hasil pengukuran untuk parameter suhu udara berkisar 29,0-31,0°C dimana suhu terendah pada titik 1 (siang) hari I (29,0 °C) dan tertinggi pada titik 1 (pagi) hari I (31,0°C). Kelembaban udara berkisar 50-59 % RH, dimana kelembaban terendah pada titik 2 (pagi) hari I dan II (50 % RH) dan tertinggi pada titik 1 (siang) hari I (59 % RH). Kecepatan angin berkisar 0,9-1,3 m/s, dimana kecepatan angin terendah pada titik 1 dan 2 (pagi) hari II (0,9 m/s) dan tertinggi pada titik 1 dan 2 (siang) hari I (1,3 m/s). Hasil pengukuran kadar SO₂ ambien udara dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kadar SO₂

Titik Sampel	Kadar SO ₂ (µg/Nm ³)		
	I	II	NAB
Titik 1 (pagi)	21	33	
Titik 2 (pagi)	< 20	< 20	150 µg/ Nm ³
Titik 1 (Siang)	24	22	
Titik 2 (Siang)	<20	<20	

Hasil pengukuran kadar SO₂ ambien udara diperoleh berkisar < 20 – 33 µg/Nm³ dimana kadar SO₂ tertinggi (33 µg/Nm³) ditemukan pada titik 1 hari II dan terendah (<20 µg/Nm³) ditemukan pada beberapa titik yaitu titik 2 (pagi dan siang) hari I dan II. Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa kadar SO₂ ambien udara di Terminal Karombasan masih di bawah NAB yaitu 150 µg/ Nm³.

Kadar SO₂ tertinggi terdapat pada titik 1 yang merupakan area pintu keluar/ masuk kendaraan yang dapat memengaruhi kadar SO₂ menjadi lebih tinggi karena dipengaruhi oleh jumlah kendaraan yang meningkat dimana pada pagi hari memiliki aktivitas yang tinggi dari masyarakat dan pada saat pengambilan sampel berbagai jenis kendaraan-kendaraan seperti motor, angkutan umum, bus, truk, serta berbagai jenis kendaraan roda empat lainnya yang melalui titik pengambilan sampel, selain itu dipengaruhi juga oleh kendaraan yang berhenti tanpa mematikan mesin kendaraan untuk membayar uang masuk terminal. Sumber pencemaran SO₂ yang paling banyak di kawasan terminal berasal dari hasil pembakaran bahan bakar fosil yang berupa gas buangan.

Baku mutu udara ambien yang digunakan dalam penelitian ini yaitu PP No 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Elaeis dkk (2013) dimana jumlah kendaraan dan kadar SO₂ berbanding lurus, semakin banyak jumlah kendaraan yang melalui titik sampel maka semakin banyak kadar SO₂ yang didapat.

Pengukuran kualitas udara ambien SO₂ di tempat parkir terminal selama 2 hari

mendapatkan hasil yang sama $<20 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ jauh di bawah baku mutu yang di tetapkan ($150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$). hal tersebut dapat dikarenakan pada saat pengukuran di titik lokasi tempat parkir dekat dengan bangunan, sebab alat yang digunakan untuk pengukuran SO₂ dibutuhkan aliran listrik karena jangkawan kabel aliran listrik tidak bisa ke area parkir yang lebih banyak kendaraan melewati.

Pengukuran kualitas udara SO₂ di Terminal Karombasan Kota Manado dilakukan bersamaan dengan pemeriksaan faktor meteorologi yaitu diantaranya suhu, kelembaban, arah dan kecepatan angin. Faktor meteorologi pada tiap-tiap titik menghasilkan besar suhu, kelembaban dan tekanan yang berbeda-beda. Temperatur tertinggi terukur pada hari I (Rabu, 03 April 2024), di titik ke 2 pada pagi hari yang terletak di area parkir kendaraan dengan hasil 31.0°C untuk nilai rata-rata yang di dapatkan pada saat pengukuran yaitu 30.13°C .

Afzali dkk (2018) menyatakan bahwa suhu yang tinggi akan mempercepat terjadinya perubahan kadar gas atau polutan di udara. suhu udara yang tinggi dapat menyebabkan udara makin padat sehingga konsentrasi pencemar semakin tinggi dan sebaliknya pada suhu yang dingin keadaan udara semakin renggang sehingga konsentrasi pencemaran udara makin rendah. Semakin tinggi suhu udara, maka partikel akan menjadi semakin kering dan ringan. Suhu yang tinggi juga menyebabkan partikel lebih reaktif dan dapat bertahan lebih lama di udara. Budi (2012) yang dalam penelitiannya mengatakan bahwa semakin tinggi suhu udara maka konsentrasi SO₂ yang dihasilkan semakin tinggi pula.

Pengukuran kelembaban yang tertinggi terukur pada hari pertama di titik 1 pada siang hari yang terletak pada pintu keluar/ masuk kendaraan sejumlah 59% untuk nilai rata-rata yang di dapatkan pada saat pengukuran yaitu 53.12 % Hubungan antara kelembaban udara terhadap konsentrasi SO₂ adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi kelembaban udara maka konsentrasi SO₂ semakin rendah. Hal ini disebabkan karena penguapan uap air yang ditransfer ke udara oleh naiknya suhu udara, sehingga konsentrasi SO₂ mengalami penurunan Instantinova (2013) dan Budi (2012) dalam penelitiannya menyatakan bahwa semakin tinggi kelembaban udara maka konsentrasi SO₂ yang dihasilkan semakin rendah.

Kecepatan angin yang tertinggi terukur pada hari pertama di siang hari pada titik 1 dan titik 2 yang terletak di pintu keluar/ masuk kendaraan dan area parkir kendaraan dengan hasil yang sama yaitu 1,3 m/s untuk nilai rata-rata yang di dapatkan pada saat pengukuran yaitu 1.1 m/s. Budi (2012) yang menyatakan bahwa kadar SO₂ semakin rendah apabila kecepatan angin semakin besar. Hal ini terjadi karena pada kecepatan angin yang besar akan mempercepat terjadinya penurunan konsentrasi SO₂ akibat adanya pergerakan udara maka terjadi suatu proses penyebaran gas SO₂ yang mengakibatkan penurunan konsentrasi SO₂. Kecepatan dan arah angin akan menyebarluaskan polutan secara horizontal terhadap permukaan bumi, semakin tinggi kecepatannya maka penyebaran polutan akan semakin jauh dari sumbernya sehingga konsentrasi polutan akan semakin rendah akibat adanya pengenceran polutan yang terjadi (Abidin & Hasibuan, 2019).

Terminal bus merupakan lokasi yang memiliki fungsi utama sebagai tempat persinggahan bus yang baru tiba maupun yang akan berangkat yang berpotensi memiliki konsentrasi pencemaran yang tinggi. Purwanto (2015) dalam penelitiannya menyatakan terminal merupakan salah satu yang menghasilkan sumber emisi dari sumber bergerak *on-road*. Hal ini dikarenakan terminal merupakan bagian dari utiliti trasportasi yang melibatkan sember-sumber emisi dari sumber bergerak.

Penelitian Widiatmono & Imaya (2020) hasil pengamatan sebaran polutan SO₂, NO dan PM10 di jalan arteri kota Malang, terdapat beberapa titik yang hasil pengamatan emisi SO₂ terbesar disumbangkan oleh kendaraan truk dan bus, karena emisi yang dihasilkan truk, bus dan alat berat lainnya menggunakan bahan bakar solar yang mengandung SO₂, dimana massa jenis solar mengandung sulfur yang lebih berat jika dibandingkan dengan bensin. Selain itu juga terdapat aktivitas kendaraan bermotor yang setiap hari dan dalam waktu 24 jam dapat memicu adanya pencemaran udara di lingkungan terminal. Pencemaran tersebut tidak hanya berdampak bagi lingkungan terminal saja tapi juga orang-orang yang terlibat di dalam aktivitas terminal setiap harinya seperti karyawan terminal, pedagang, dan pemakai jasa (Umar, 2018).

Sulfur dioksida berasal dari dua sumber yakni sumber alamiah dan buatan. Sumber-sumber SO₂ alamiah yaitu gunung berapi, pembusukan organik oleh mikroba dan reduksi sulfat secara biologis. Sumber-sumber SO₂ buatan merupakan hasil pembakaran bahan bakar minyak, gas dan batubara yang mengandung sulfur tinggi. Sulfur dioksida (SO₂) merupakan gas buang yang larut dalam air yang dapat diserap langsung ke hidung dan sebagian besar rute ke paru-paru. Meskipun pada saat pengukuran kualitas udara ambiem di Terminal Karombasan Kota Manado di 2 titik selama dua hari semuanya masih dibawah baku mutu yang ditetapkan sebesar 150 µg/m³. Departemen Kesehatan RI (2007) menyatakan bahwa dampak paparan gas SO₂ pada konsentrasi SO₂ dengan kadar 5-12 ppm dengan paparan selama 4 jam dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan, kadar 20 ppm adalah batas maksimum paparan selama 4 jam yang dapat menyebabkan iritasi pada mata, dan menyebabkan batuk (Umar, 2018).

Masyarakat yang memiliki aktivitas tetap di kawasan terminal berisiko mengalami gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh Polusi udara yang disebabkan dari padatnya lalu lintas di kawasan terminal dapat berdampak pada kesehatan seperti gangguan pernapasan, seperti ISPA, batuk, bersin, iritasi tenggorokan, sesak nafas, nyeri dada serta dapat mengganggu kenyamanan masyarakat pengguna yang ada di kawasan tersebut (Wijiarti dkk, 2016).

Sulfur Dioksida (SO₂) merupakan bagian dari senyawa Oksida Sulfur (SOx). gas ini mudah terlarut dalam air, memiliki bau tetapi tidak berwarna, apabila bereaksi dengan uap air di udara akan menjadi asam sulfat (H₂SO₄) atau dikenal sebagai hujan asam yang dapat menimbulkan kerusakan baik material, benda, maupun tanaman, selain menyebabkan hujan asam SO₂ juga dapat mengurangi jarak pandang karena gas maupun partikel SO₂ mampu menyerap cahaya sehingga menimbulkan kabut (Nasihah, 2018). Hujan asam yang turun ke permukaan bumi dapat meningkatkan kadar keasaman tanah maupun air sehingga Hal ini dapat mengancam kesehatan manusia dan tumbuhan (Sudalma dkk, 2018).

Air yang tercemar akan memberikan dampak yang tidak baik bagi kesehatan melalui paparan langsung ke kulit dapat membuat gatal pada kulit, sedangkan air adalah salah satu kebutuhan pokok dari manusia. Pencemaran terhadap tanah secara tidak langsung berbahaya bagi manusia karena jika tanah tercemar maka akan mempengaruhi

pertumbuhan dan perkembangan dari tumbuhan sehingga proses fotosintesis akan terganggu. Apabila proses fotosintesis terganggu maka hal ini akan memberikan dampak terhadap manusia karena manusia membutuhkan oksigen untuk bernapas yang dihasilkan oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis (Ponga dkk 2018), melakukan perawatan terhadap kendaraan dan penggunaan masker. Masker merupakan alat yang sangat baik digunakan untuk proteksi diri dari pajanan debu yang dapat terhirup masuk ke paru-paru. Masker KN95 merupakan salah satu masker yang paling cocok untuk pekerja yang terpapar debu konsentrasi tinggi di lingkungan kerja yaitu masker yang berfungsi menahan masuknya debu, uap, gas, atau polusi udara yang berbahaya (Royvaldi 2022).

PENUTUP

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian ini yaitu kadar SO₂ udara di Terminal Karombasan Kota Manado berkisaran antara 20-33 µg/Nm³. Nilai ini masih memenuhi syarat baku mutu menurut Peraturan Pemerintah nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup sebesar 150 µg/Nm³.

REFERENSI

- Abidin, J., & Hasibuan, F. A. (2019). Penyebaran Konsentrasi Polutan Dengan Pemodelan Dispersi Gauss Menggunakan Matlab. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 5(2), 227. <https://doi.org/10.29303/jpft.v5i2.1341>
- Budi, D. I. (2012). *Pengaruh Kecepatan Angin, Kelembaban dan Suhu Udara terhadap Konsentrasi Gas Pencemar SO₂ dalam Udara Ambien Sekitar PT Inti General Yaja Steel Semarang*, Semarang: Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas
- Farikah, T., Maddusa, S. S., & Sumampouw, O. J. (2019). Analisis Kadar Nitrogen Dioksida (NO₂) di Area Parkir Basement Jumbo Swalayan Kota Manado Tahun 2018. *KESMAS*, 7(5).
- Istantinova, D. B. (2013). Pengaruh Kecepatan Angin, Kelembaban Dan Suhu Udara Terhadap Konsentrasi Gas Pencemar Sulfur Dioksida (SO₂) Dalam Udara Ambien Di Sekitar Pt. Inti General Yaja Steel Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(1), 1-10.
- Masito, A. (2018). Analisis Risiko Kualitas Udara Ambien (NO₂ Dan SO₂) dan Gangguan Pernapasan pada Masyarakat di Wilayah Kalianak Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(4), 394-401.
- Nasihah, M. (2018). Efek Hujan Asam terhadap Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal EnviScience (Environment Science)*, 1(1)
- Pangerapan, B. S., Sumampouw, J. O., & Joseph, S. B. W. (2018). Analisis Kadar Karbon Monoksida (CO) Udara Di Terminal Beriman Kota Tomohon Tahun 2018. *KESMAS*. 7(3)
- Peraturan Pemerintah RI No.41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara
- Pinontoan, O. R., & Sumampouw, O. J. (2019). *Dasar Kesehatan Lingkungan*. Deepublish
- Pinontoan, O. R., Sumampouw, O. J., & Nelwan, J. E. (2019). *Epidemiologi Kesehatan Lingkungan*. Deepublish
- Ponga, F. C., Akili, R. H., & Sumampouw, O. J. (2018). Gambaran Kualitas Udara Ambien Sulfur Dioksida Di Kecamatan Tumiting Kota Manado Tahun 2018. *KESMAS*, 7(4).

- Ponga, F. C., Akili, R. H., & Sumampouw, O. J. (2018). Gambaran Kualitas Udara Ambien Sulfur Dioksida Di Kecamatan Tumiting Kota Manado Tahun 2018. *KESMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*, 7(4).
- Purwanto, C. P. (2015). Inventarisasi emisi sumber bergerak di jalan (on road) Kota Denpasar. *Ecotrophic*, 9(1), 385508.
- Rohyami, Y. 2018. *Buku Panduan Analisis Air Tanah dan udara*. Yogyakarta: UII Press.
- Rovaldi, D. A. B. (2022). *Analisis Kadar Gas Sulfur Dioksida (SO_2) Dan Nitrogen Dioksida (NO_2) Terhadap Faktor Lingkungan di TPA Piyungan, Bantul, DI Yogyakarta*.
- Standart Nasional Indonesia Nomor 7119-7-2017 Tentang Cara Uji Kadar Sulfur Dioksida Dengan Metode Pararosanilin Menggunakan Spektofotometer. 2017. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Sudalma S. Purwanto P. Santosa L. W. 2018. *Model Sebaran SO_4^{2-} dan NO_3^- - Dalam Air Hujan Di Kota Semarang*. Sekolah Pasca Sarjana UNDIP. Semarang.
- Tampa, G. M., Maddusa, S. S., & Pinontoan, O. R. (2020). Analisis Kadar Sulfur Dioksida (SO_2) Udara di Kawasan Terminal Malalayang Kota Manado Tahun 2019. *Indonesian Journal of Public Health and Community Medicine*, 1(3), 87-92.
- Umar, F. (2018). *Model Dinamis Konsentrasi Sulfur Dioksida (SO_2) Dan Nitrogen Dioksida (NO_2) di Jalan Kota Makassar*. Program Pascasarja Universitas Hasanuddin Makassar.
- WHO. (2018). "Ambient (Outdoor) Air Pollution," World Health Organization. [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)
- Widiatmono, B. R., Kurniati, E., & Imaya, A. T. (2020). Analisis sebaran polutan SO_2 , NO_x dan pm10 dari sumber bergerak pada jalan arteri Kota Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 6(3), 40-51.