

LITERATURE REVIEW : GAMBARAN RISIKO PAPARAN KARBON MONOKSIDA DAN NITROGEN DIOKSIDA PADA MASYARAKAT

**Jhon Wesly Sitanggang, Elvi Sunarsih, Hamzah Hasyim, Yuanita Windusari,
Mohammad Zulkarnain, Novrikasari**

Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sriwijaya

Co-responding: elvisunarsih@fkm.unsri.ac.id

ABSTRAK

Latar Belakang: Gas buang kendaraan atau emisi gas buang adalah gas sisa yang dilepaskan ke udara melalui saluran buang kendaraan. Pencemaran udara dari berbagai polutan dapat dialami oleh orang-orang yang menggunakan jalan raya, orang-orang yang tinggal di tepi jalan, orang-orang yang bekerja di jalan raya seperti polisi lalu lintas, pedagang kaki lima, pedagang asongan, dan anak-anak jalanan yang mengamen di persimpangan jalan, Pengaruh kendaraan bermotor terhadap polusi udara mencakup 70,5% karbon monoksida, 18,34% hidrokarbon, 8,89% oksida nitrogen, 1,33% partikulat, dan 0,88% oksida sulfida.

Metode: Penulisan ini menggunakan metode *Literature Review* dan *selection criteria for including* dilakukan dari tahun 2019-2024.

Hasil: Hasil peninjauan artikel ini, informasi dikumpulkan tentang penyakit, gejala, dan efek kesehatan dari paparan masyarakat terhadap gas karbon monoksida dan nitrogen dioksida. Sakit kepala, pusing, sesak nafas, mata berair, tekanan darah tinggi, dan bronchitis, penyakit jantung koroner, hipertensi, dan stroke adalah semua efek dari paparan gas karbon dioksida, serta penyakit *Delayed Encephalopathy After Acute Carbon Monoxide Poisoning* (DEACMP) juga dapat disebabkan oleh paparan gas karbon dioksida. Selain berbahaya bagi manusia dan hewan, udara yang tercemar oleh gas nitrogen dioksida juga berbahaya bagi tanaman. Pada manusia, paparan NO₂ dapat menyebabkan batuk, kelelahan, mual, sakit kepala, iritasi mata, serta gejala pembengkakan paru-paru (*edema pulmonary*). Salah satu efek gas NO_x pada tanaman adalah munculnya bintik-bintik di permukaan daun.

Kesimpulan: Paparan emisi kendaraan seperti gas CO dan NO₂ dapat mempengaruhi kondisi Kesehatan manusia.

Kata Kunci: Karbon Monoksida, Nitrogen Dioksida, Risiko Kesehatan

ABSTRACT

Background: Vehicle exhaust gas or exhaust emissions are residual gas released into the air through the exhaust ports of the vehicles. Air pollution from various pollutants can be experienced by people who use the road, people who live by the road, and people who work on the road, such as traffic police, street vendors, hawkers, and vagrants who work by busking at intersections, The influence of motor vehicles on air pollution includes 70.5% carbon monoxide, 18.34% hydrocarbons, 8.89% oxides of nitrogen, 1.33% particulates, and 0.88% oxides of sulfide.

Methods: This writing uses the *Literature Review* method, and *selection criteria for inclusion* was carried out from 2019-2024.

Results: As a result of reviewing this article, information was collected on diseases, symptoms, and health effects of public exposure to carbon monoxide and nitrogen dioxide gas. Headaches,

dizziness, breath congestion, watery eyes, high blood pressure, bronchitis, coronary heart disease, hypertension, and stroke are all effects of carbon dioxide gas exposure and Delayed Encephalopathy After Acute Carbon Monoxide Poisoning (DEACMP) disease can also be caused by carbon dioxide gas exposure. Besides being harmful to humans and animals, air polluted by nitrogen dioxide gas is also harmful to plants. In humans, exposure to NO₂ can cause coughing, fatigue, nausea, headache, eye irritation, and symptoms of pulmonary edema. One of the effects of NO_x gas on plants is the appearance of spots on the leaf surface.
Conclusion: *Exposure to vehicle emissions such as CO and NO₂ gases can affect human health conditions.*

Key Word: *Carbon Monoxide, Nitrogen Dioxide, Health Risk*

PENDAHULUAN

Udara merupakan sumber yang tidak terbatas dan sumber daya milik bersama, yang mempengaruhi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Pemeliharaan terhadap fungsi udara harus dilakukan demi menjaga kesehatan dan kesejahteraan manusia serta melindungi makhluk hidup lainnya (Agista et al., 2020). Kecenderungan menurunnya kualitas udara dapat diakibatkan oleh faktor alam dan manusia. Faktor alam yang dapat mencemari udara salah satunya adalah aktivitas vulkanik gunung. Sedangkan faktor manusia yang paling dominan adalah aktivitas transportasi dan perindustrian seiring dengan pertumbuhan penduduk (Ismiyati et al., 2014). Pertambahan jumlah manusia menyebabkan terjadinya pertambahan buangan yang mencemari udara, sehingga akan meningkatkan zat pencemar dan akan berkorelasi dengan meningkatnya jumlah orang yang mengalami gangguan dan penyakit akibat polusi udara (Rosyidah, 2016). Menurut estimasi *World Health Organization* (WHO) beban penyakit akibat polusi udara, lebih dari dua juta kematian dini setiap tahun dapat dikaitkan dengan efek polusi udara luar kota dan polusi udara dalam ruangan. Beberapa studi epidemiologi telah menggambarkan bahwa paparan polusi udara berkorelasi dengan peningkatan risiko rawat inap dan kematian pada

individu dengan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) (Maherdyta et al., 2022).

Transportasi sangat memegang peranan penting dalam aktivitas manusia, baik transportasi laut, udara, maupun darat. Jumlah penduduk dan ketersediaan sarana-prasarana sangat berkaitan erat dengan kepadatan lalu lintas alat transportasi (Satya Graha & Widyasari, 2023). Makin banyak jumlah kendaraan bermotor yang digunakan pada wilayah tertentu, maka makin tinggi pencemaran udara pada wilayah tersebut (Rambing et al., 2022). Seperti yang dinyatakan dalam Kepmenlh No. 35/MENLH/10/1993, jumlah kendaraan jelas merupakan faktor utama yang memengaruhi tingkat pencemaran udara yang dihasilkan oleh emisi kendaraan bermotor. Jumlah kendaraan bermotor terus meningkat karena tingkat pendapatan yang meningkat. Ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor tidak dipenuhi oleh semua kendaraan bermotor. Pencemaran udara akibat sektor transportasi telah memberikan kontribusi sebesar 80% diikuti oleh emisi dari industri, kebakaran hutan dan aktivitas rumah tangga (Asri et al., 2022). Penggunaan bahan bakar minyak (BBM) oleh sektor transportasi diketahui dapat menimbulkan dampak besar terhadap lingkungan. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup Tahun 2012, polusi udara yang berasal dari kendaraan bermotor menyumbang 70,5% Karbon Monoksida, 18,34% Hidrokarbon, 8,89% Oksida

Nitrogen, 1,33% Partikulat, dan 0,88% Oksida Sulfida (Agustina et al., 2020).

Gas karbon monoksida (CO) merupakan suatu gas yang sangat beracun, tidak berbau, tidak berwarna dan mudah terbakar. Karbon monoksida berasal dari sisa tidak sempurnanya pembakaran kendaraan bermotor (Wahab et al., 2023). Jika terhirup oleh manusia gas karbon monoksida sangat berbahaya karena akan mengikat oksigen yang berkaitan dengan hemoglobin pada darah (Agustina et al., 2020). Karbon monoksida (CO) menjadi polutan udara yang paling umum dihasilkan akibat gas buang transportasi dan tersebar luas di lingkungan. Meningkatnya konsentrasi gas karbon monoksida (CO) ini sangat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan sekitarnya (Apriyana et al., 2023). Keracunan CO umumnya diklasifikasikan sebagai keracunan CO akut atau keracunan CO kronis tergantung pada durasi paparan CO. Keracunan CO dikategorikan ke dalam bentuk yang berbeda berdasarkan pada manifestasi klinis akibat paparan CO dari waktu ke waktu (Luvika, 2015).

NO₂ merupakan gas yang beracun yang berwarna coklat kemerah-merahan dan berbau yang menyengat seperti asam nitrat. Jenis nitrogen oksida yang sering di jumpai di dalam atmosfer adalah NO, NO₂ ataupun N₂O adalah zat yang tidak pernah ada di dalam udara yang bersih (Maherdyta et al., 2022). Tingkat racun NO₂ mencapai 4 kali lebih kuat dibanding gas NO. Paru-paru ialah organ tubuh yang sangat peka terhadap kontaminasi gas NO₂. Paru-paru yang tercemar akibat polutan NO₂ dapat membengkak yang membuat pengidap kesusahan dalam bernafas serta berakhir dengan kematian (Izzati et al., 2021).

Tujuan menggunakan pendekatan *literature review* ini untuk mengetahui

dampak Kesehatan yang dipengaruhi akibat dari paparan gas CO dan NO₂ terhadap masyarakat yang memiliki risiko serta akibat dari cemaran yang terjadi berdasarkan dari penelitian terdahulu yang dirangkum menjadi satu penelitian yang berbasis Kesehatan Lingkungan.

METODE

Penelitian ini merupakan *literature Review*. *Literature review* merupakan suatu istilah yang digunakan merujuk pada metodologi penelitian atau riset tertentu untuk mengumpulkan serta mengevaluasi penelitian yang terkait suatu fokus topik tertentu. Data base yang digunakan dalam pencarian artikel ini dengan menggunakan *Google Scholar*, *PubMed* dan *Science Direct* dengan kata kunci “Karbon Monoksida, Nitrogen Dioksida, dan Risiko Kesehatan” yang telah dilakukan peneliti sebelumnya baik dari dalam ataupun luar negeri. Pemilihan literatur yang akan direview ditetapkan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi antara lain :

Inklusi :

- Literatur yang diambil memiliki rentang antara 2019-2024.
- Artikel yang dapat diakses secara full pdf.
- membahas mengenai dampak paparan karbon monoksida dan nitrogen dioksida.

Eksklusi :

- Artikel yang di publikasi di bawah tahun 2017 dan masih dalam tahap *in press* atau belum terpublikasi.
- Artikel yang tidak membahas mengenai pencemaran udara dan hanya membahas mengenai pencemaran udara secara umum

HASIL

Tabel 1. Artikel Review

No.	Peneliti	Judul	Hasil Penelitian
1.	(Qolifah et al., 2023)	Karakteristik Risiko Kesehatan Non Karsinogenik Akibat Paparan Gas SO ₂ dan NO ₂ pada Pemulung di TPA Jatibarang Kota Semarang	Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi gas SO ₂ memiliki rata-rata 49,78 µg/Nm ³ , minimal 47,1 µg/Nm ³ , maksimal 53,6 µg/Nm ³ , dan standar deviasi 2,37. Konsentrasi gas NO ₂ memiliki rata-rata 70,66 µg/Nm ³ , minimal 69,2 µg/Nm ³ , maksimal 71,6 µg/Nm ³ , dan standar deviasi 1,09. Rata-rata lama paparan 8,78 jam/hari, frekuensi paparan 325,71 hari/tahun, durasi paparan 11 tahun, dan berat badan 57,05 kg. <i>Intake</i> akibat paparan gas SO ₂ pada pemulung memiliki rata-rata 0,0070 mg/kg/hari (<i>realtime</i>) dan 0,0161 mg/kg/hari (<i>lifetime</i>), untuk paparan gas NO ₂ memiliki rata-rata 0,0099 mg/kg/hari (<i>realtime</i>) dan 0,0228 mg/kg/hari (<i>lifetime</i>)
2.	(Angelia et al., 2019)	Analisis Kualitas Udara Ambien Karbon Monoksida (CO) dan Nitrogen Dioksida (NO ₂) di beberapa Titik Kemacetan di Kota Manado	Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi CO dan NO ₂ di beberapa titik kemacetan di Kota Manado masih memenuhi syarat dengan rata-rata konsentrasi CO sebesar 2.926,6 µg/Nm ³ dengan ambang batas 30.000 µg/Nm ³ dan rata-rata konsentrasi NO ₂ sebesar 1,0529 µg/Nm ³ dengan ambang batas 400 µg/Nm ³ .
3.	(Apriyana et al., 2023)	Analisis Emisi Karbon Monoksida Akibat Kemacetan Kendaraan di Kota Bandar Lampung (Studi Kasus: Palang Pintu Perlindungan Kereta Api Jl. Hi. Komarudin)	Hasil penelitian ini menerangkan bahwa terdapat hubungan yang searah dan kuat antara jumlah kendaraan bermotor dengan emisi Karbon Monoksida akibat perlintasan kereta api, di mana apabila semakin banyak jumlah kendaraan yang melintas maka konsentrasi emisi Karbon Monoksida juga semakin tinggi.
4.	(Yuvita et al., 2024)	Gambaran Kadar Hemoglobin dan Karbon Monoksida pada Pedagang Sate	Semakin lama terpapar asap maka berisiko tinggi kadar hemoglobin pada tubuh penjual sate akan semakin menurun. Hal ini tentu tidak baik bagi kesehatan tubuh. Karbon monoksida (CO) dapat memengaruhi kadar hemoglobin pada tubuh pedagang sate.
5.	(Delya et al., 2023)	Analisis Kualitas Lingkungan Hidup Terhadap Kesehatan	Hasil uji korelasi <i>pearson</i> antara kadar TSP dan gangguan pernafasan menunjukkan tidak ada hubungan antara kadar TSP dan gangguan pernafasan, begitu pula dengan CO dan SpO ₂

		Masyarakat Di Area Pelabuhan Bunati Pt. Borneo Indobara Kabupaten Tanah Bumbu	serta kadar Fe air sumur dan gangguan kulit juga menunjukkan hasil tidak ada hubungan yang signifikan
6.	(Marpaung, 2023)	Evaluasi Kualitas Udara Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan Pernafasan Penduduk Kota Medan	Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penduduk Kota Medan yang rentan dengan kesehatan pernafasan berupa gangguan paru-paru atau pneumonia itu berada di kisaran usia >60 tahun, serta sumber gangguan kesehatan pernafasan penduduk Kota Medan, maka sumber gangguan pernafasan yang dialami penduduk Kota Medan adalah berasal dari asap kendaraan bermotor yang mengandung polutan tinggi yang bisa menyebabkan gangguan pernafasan akut (pneumonia).
7.	(Putri et al., 2022)	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Karbon Monoksida (CO) Pada Pedagang Sate di Palembang	Berdasarkan penelitian ini, nilai RQ <i>realtime</i> masih dalam batas aman karena bernilai $RQ \leq 1$. Meskipun pada perhitungan individu terdapat beberapa nilai lebih dari 1. Sedangkan nilai RQ <i>lifetime</i> baik individu maupun agregat menunjukkan nilai $RQ > 1$ yang mana berada di atas ambang batas.
8.	(Primasanti & Aryani, 2022)	Analisis Asap Dan Emisi Gas Buang Bus Bagi Kesehatan Petugas Ticketing Halte	SO ₂ tidak berdampak signifikan terhadap penyakit petugas <i>ticketing</i> halte, karena kendaraan/bus yang berhenti sejenak merupakan kendaraan baru yang nol emisi, sehingga mengeluarkan gas lebih sedikit SO ₂ lebih banyak. Kemudian ada pengaruh yang signifikan paparan CO terhadap persepsi nyeri pada petugas <i>ticketing</i> halte. Rasa sakit ini dapat berupa persepsi dari petugas <i>ticketing</i> halte terhadap kondisi lingkungan halte itu sendiri.
9.	(Amirullah et al., 2023)	Pengaruh Kualitas Udara Ambien Terhadap Keluhan Subjektif Gangguan Pernapasan Sebagai Bahan Kebijakan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Studi Kasus pada Masyarakat Pengguna Terminal Kadu	Berdasarkan hasil penelitian sebanyak 77,1% atau 34 masyarakat pengguna mengalami keluhan subjektif gangguan pernapasan. Meskipun jumlah konsentrasi polutan di bawah baku mutu. Tetapi pengaruh SO ₂ sebesar 23,1 µg/m ³ berada pada konsentrasi yang menyebabkan iritasi tenggorokan, iritasi mata, dan batuk. Pengaruh NO ₂ sebesar 14,17 µg/m ³ berada pada konsentrasi yang menyebabkan iritasi tenggorokan dan batuk.

	Agung Mandala Kabupaten Lebak)	
10. (Nopita et al., 2021)	Analisis Risiko Pajanan Nitrogen Dioksida (NO ₂) Pada Peternakan Ayam Petelur Di Kecamatan Bacukiki Kota Parepare	Setelah dilakukan perhitungan nilai RQ realtime dan Lifetime ≤ 1 yang berarti tidak berisiko menimbulkan gangguan kesehatan dan masih dalam katagori aman sehingga tidak perlu dilakukan Manajemen Risiko

PEMBAHASAN

Emisi dapat menyebabkan masalah kesehatan pada manusia dalam berbagai cara, termasuk mendorong terjadinya atau memicu penyakit tertentu. Kelompok yang terkena dampak, terutama bayi, lansia, dan kelompok berpenghasilan rendah, pedagang asongan, pedagang kaki lima, dan pengamen di pinggir jalan sering kali tinggal di kota besar dengan kondisi perumahan dan lingkungan yang buruk. Polusi kendaraan bermotor dapat mempengaruhi orang dalam banyak cara. Emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor tidak hanya berbahaya bagi manusia tetapi juga bagi lingkungan (Primasanti & Aryani, 2022)

Paparan CO Terhadap Kesehatan

Sejak karbon monoksida (CO) pertama kali diperkenalkan ke dalam literatur lebih dari satu abad yang lalu, CO telah lama dianggap sebagai pembunuh diam-diam akibat hipoksia sekunder akibat pendudukan CO pada tempat pengikatan oksigen pada hemoglobin (Vo et al., 2021). Paparan karbon monoksida (CO) dapat menyebabkan karboksihemoglobin (COHb) pada darah. Paparan karbon monoksida juga dapat menimbulkan beberapa gejala Kesehatan. Beberapa gejala yang disebabkan oleh paparan gas CO yaitu, sakit kepala, pusing, sesak nafas,

mata berair, tekanan darah tinggi (Rizaldi et al., 2022). Keracunan gas karbon monoksida (CO) dapat ditandai dengan adanya gejala atau tanda-tanda ringan, seperti pusing, sakit kepala dan mual, nyeri dada, sesak nafas. Keadaan lebih berat yang dirasakan seperti menurunnya kemampuan gerak pada tubuh manusia, gangguan sistem kardiovaskuler, serangan jantung sampai pada kematian (Rambling et al., 2022).

Meningkatnya kadar CO udara dapat menyebabkan beberapa masalah Kesehatan salah satunya adalah penyakit jantung. Orang-orang dengan penyakit jantung memiliki risiko berkurangnya kadar Oksigen ke jantung karena mereka yang memiliki penyakit jantung kemampuan untuk mendapatkan oksigen semakin berkurang sehingga jika kadar CO udara meningkat orang yang memiliki penyakit jantung berisiko mengalami Angina. Masyarakat yang menghirup Karbon Monoksida dengan dosis yang tinggi dapat menyebabkan kematian, dan masyarakat yang menghirup karbon monoksida secara terus menerus dengan dosis yang rendah dapat membahayakan Kesehatan jantung dan otak serta paru-paru masyarakat yang terpapar (Rizaldi et al., 2022). Batas paparan CO yang diperbolehkan oleh *Occupational Safety*

and Health Administration (OSHA) adalah 35 ppm untuk waktu 8 jam/hari kerja. Kadar yang dianggap langsung berbahaya terhadap kehidupan atau kesehatan adalah 1500 ppm (0,15%). Paparan dari 1000 ppm (0,1%) selama beberapa menit dapat menyebabkan 50% kejenuhan dari karboksihemoglobin (COHb) dan dapat berakibat fatal (Rivanda, 2015). Keracunan CO dapat menyebabkan DNS (*Delayed Neuropsychological Sequelae*), dengan hasil pemeriksaan di antaranya gambaran CT-scan yang memperlihatkan ensefalopati tertunda, penurunan kesadaran, dan peningkatan kadar CKP (*Creatin Phospat Kinase*) (Luvika, 2015).

Di udara terbuka atau di luar ruangan, faktor arah dan kecepatan angin memengaruhi paparan pada manusia. Semakin besar kecepatan angin, semakin besar kemungkinan gas CO terbawa oleh angin (Sutiawan et al., 2016). Keadaan ini membuat angin cenderung membawa polutan terbang dan memperluas penyebarannya sehingga dapat mencemari wilayah lain di sekitarnya (Jumadil et al., 2023). Nurhidayanti, Nurjazuli & Joko (2018) menyatakan bahwa suhu yang tinggi menjadikan kondisi permukaan tanah menjadi kering, sehingga kadar debu di udara tersebut akan lebih tinggi karena debu mudah tertiuap angin. Keadaan suhu ini berhubungan dengan tingkat kelembapan. Pada kelembapan yang tinggi, kadar uap air dapat bereaksi dengan pencemar udara, sehingga menghasilkan zat lain yang tidak berbahaya atau menjadi zat pencemar sekunder, sehingga konsentrasi gas CO di udara ambien menjadi rendah (Delya et al., 2023)

Paparan NO₂ Terhadap Kesehatan

Nitrogen dioksida (NO₂) adalah gas beracun yang bersumber dari luar ruangan (misalnya lalu lintas) dan dalam ruangan (misalnya memasak dengan gas). Di lingkungan perkotaan luar ruangan, NO₂ terutama berasal dari oksidasi oksida nitrat (NO) yang merupakan polutan lalu lintas utama (Huangfu & Atkinson, 2020). Udara yang telah tercemar oleh gas nitrogen oksida tidak hanya berbahaya bagi manusia dan hewan saja, tetapi juga berbahaya bagi kehidupan tanaman. Pengaruh gas NO_x pada tanaman antara lain timbulnya bintik-bintik pada permukaan daun. Pada konsentrasi yang lebih tinggi gas tersebut dapat menyebabkan nekrosis atau kerusakan pada jaringan daun (Angelia et al., 2019). Sejalan dengan penelitian Nopita et al. (2021) menunjukkan bahwa NO₂ empat kali lebih beracun daripada NO. NO₂ bersifat racun terutama terhadap paru-paru (Nopita et al., 2021). Kadar NO₂ yang lebih tinggi dari 100 ppm dapat mematikan sebagian besar binatang percobaan dan 90% dari kematian tersebut disebabkan oleh gejala pembengkakan paru-paru (*edema pulmonary*) (Sabrina & Ridho Pratama, 2022).

Banyak penelitian telah dilakukan untuk mengungkap efek paparan Nitrogen Dioksida dalam konsentrasi yang rendah, di antaranya konsentrasi gas NO 50-100 ppm dapat menyebabkan peradangan paru-paru bila terpapar beberapa menit, pada fase ini orang masih dapat sembuh dalam waktu 6-8 minggu (Riviwanto & Sani, 2017). Paparan NO₂ pada manusia dengan konsentrasi lebih kecil sekitar 5 ppm selama 10 menit mampu mengakibatkan kesulitan bernapas. Efek lain dari NO₂ yaitu batuk, mudah lelah, mual, dan sakit kepala. Selain mengganggu sistem

pernapasan, NO₂ dalam konsentrasi yang tinggi juga mampu menyerang sistem kardiovaskular yang mengakibatkan gangguan fungsi jantung dan pembuluh darah (Qolifah et al., 2023).

Kesimpulan

Dari beberapa kajian di atas, penulis dapat menyimpulkan bahwa paparan karbon monoksida (CO) yang terkandung dalam asap sate dapat memengaruhi kadar hemoglobin pada tubuh manusia. Selain dapat menurunkan kadar hemoglobin, jika terpapar dalam jangka waktu lama juga dapat mengakibatkan rusaknya kadar hemoglobin pada tubuh. Hal ini dapat berisiko terjadinya serangan jantung dan stroke, khususnya bagi mereka yang sudah memiliki riwayat penyakit tersebut. Keracunan CO dapat menyebabkan DNS (*Delayed Neuropsychological Sequelae*), dengan hasil pemeriksaan di antaranya gambaran CT-scan yang memperlihatkan ensefalopati tertunda, penurunan kesadaran, dan peningkatan kadar CKP (*Creatin Phospat Kinase*). Serta dapat menyebabkan *Delayed Encephalopathy After Acute Carbon Monoxide Poisoning* (DEACMP).

Sedangkan paparan Nitrogen Dioksida (NO₂) tidak hanya memiliki efek samping ke manusia tetapi juga pada hewan maupun pada tumbuhan. Pada manusia dapat menyebabkan gangguan saluran pernapasan, batuk, mudah lelah, mual, dan sakit kepala serta iritasi mata. Pengaruh gas NO_x pada tanaman antara lain timbulnya bintik-bintik pada permukaan daun. Pada konsentrasi yang lebih tinggi gas tersebut dapat menyebabkan nekrosis atau kerusakan pada jaringan daun. Kadar NO₂ yang lebih tinggi dari 100 ppm dapat mematikan sebagian besar binatang

percobaan dan 90% dari kematian tersebut disebabkan oleh gejala pembengkakan paru-paru (*edema pulmonary*).

DAFTAR PUSTAKA

- Agista, P. I., Gusdini, N., & Maharani, M. D. D. (2020). Air Quality Analysis with Air Pollution Standard Index (ISPU) and The Distribution of Pollutant Pevels in DKI Jakarta Province. *Jurnal SEOI – Fakultas Teknik Universitas Sahid Jakarta*, 2(2), 39–57.
- Agustina, D. P., Annisa, N., & Prasetya, H. (2020). Konsentrasi Karbon Monoksida Dan Nitrogen Dioksida Pada Ruas Jalan Kuin Utara Dan Kuin Selatan Kota Banjarmasin. *Jernih: Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa*, 3(1), 37–48.
<https://doi.org/10.20527/jernih.v3i1.480>
- Amirullah, M. A., Muhlisin, & Akbari, T. (2023). Pengaruh Kualitas Udara Ambien Terhadap Keluhan Subjektif Gangguan Pernapasan Sebagai Bahan Kebijakan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Studi Kasus pada Masyarakat Pengguna Terminal Kadu Agung Mandala Kabupaten Lebak). *Jurnal Kebijakan Pembangunan Daerah*, 7(2), 53–66.
<https://doi.org/10.56945/jkpd.v7i2.260>
- Angelia, G. C., Akili, R. H., & Maddusa, S. S. (2019). Analisis Kualitas Udara Ambien Karbon Monoksida (CO) dan Nitrogen Dioksida (NO₂) di beberapa Titik Kemacetan di Kota Manado. *Kesmas*, 8(6), 378–387.
- Apriyana, M., Ergantara, R. I., & Nasoetion, P. (2023). Analisis Emisi Karbon Monoksida Akibat Kemacetan Kendaraan di Kota Bandar Lampung (Studi Kasus: Palang Pintu Perlindungan Kereta Api Jl. Hi. Komarudin). *Jurnal Serambi Engineering*, 8(3), 6573–6581.

- <https://doi.org/10.32672/jse.v8i3.5512>
- Asri, L. N., Sari, K. E., & Meidiana, C. (2022). Emisi CO Kendaraan Bermotor Pada Ruas Jalan dengan Tingkat Pelayanan Rendah di Kota Malang. *Planning for Urban Region and Environment*, 11(1), 31–38. <https://purejournal.ub.ac.id/index.php/pure/article/view/266>
- Delya, V., Kadir, S., Badaruddin, & Rusmayadi, G. (2023). Analisis Kualitas Lingkungan Hidup Terhadap Kesehatan Masyarakat Di Area Pelabuhan Bunati PT. Borneo Indobara Kabupaten Tanah Bumbu. *EnviroScienteeae*, 19(2), 140–148.
- Huangfu, P., & Atkinson, R. (2020). Long-term exposure to NO₂ and O₃ and all-cause and respiratory mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 144(July), 105998. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105998>
- Ismiyati, Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang. *Jurnal Manajeen Transportasi & Logistik*, 1(3), 241–248. <https://journal.itltrisakti.ac.id/index.php/jmtranslog/article/view/23/24>
- Izzati, C., Noerjoedianto, D., & Siregar, S. A. (2021). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Nitrogen Dioksida (NO₂) Pada Penyapu Jalan di Kota Jambi Tahun 2021. *Jurnal Kesmas Jambi*, 5(2), 45–54. <https://doi.org/10.22437/jkmj.v5i2.14032>
- Jumadil, J., Hasanuddin, H., & Leonard, F. (2023). Pengukuran parameter udara (SO₂, CO, NO₂, TSP) berbasis baku mutu di area kantor Gubernur Papua. *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 17(2), 236–241. <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/teknosains/article/view/37551>
- Luvika, S. G. (2015). Delayed Neuropsychological Sequelae pada Keracunan Karbon Monoksida. *Jurnal Agromedicine UNILA*, 2(4), 523–529. <https://juke.kedokteran.unila.ac.id/index.php/agro/article/download/1249/pdf>
- Maherdyta, N. R., Syafitri, A., Septywantoro, F., Annisa, P. K., Gulo, S. D., & Sulistiyorini, D. (2022). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Gas Nitrogen Dioksida (NO₂) Dan Sulfur Dioksida (SO₂) Pada Masyarakat Di Wilayah Yogyakarta. *Jurnal Sanitasi Lingkungan*, 2(1), 51–59. <https://doi.org/10.36086/jsl.v2i1.1040>
- Marpaung, A. P. (2023). Evaluasi Kualitas Udara Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan Pernafasan Penduduk Kota Medan. *Jurnal Ilmiah Maksitek*, 8(2), 105–111.
- Nopita, V., Amir, R., Nusu, M. I., & Hengky, H. K. (2021). Analisis Risiko Pajanan Nitrogen Dioksida (NO₂) Pada Peternakan Ayam Petelur Di Kecamatan Bacukiki Kota Parepare. *Jurnal Ilmiah: J-HESTECH*, 4(2), 103–116.
- Primasanti, Y., & Aryani, A. (2022). Analisis Asap Dan Emisi Gas Buang Bus Bagi Kesehatan Petugas Ticketing Halte. *Jurnal Ilmu Keperawatan Indonesia*, 15(2), 61–69. <https://doi.org/10.31857/s013116462104007x>
- Putri, D. A., Rosyada, A., Widya Lionita, Desri Maulina sari, Fison Hepiman, & Dian Islamiati. (2022). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan Karbon Monoksida (CO) Pada Pedagang Sate di Palembang. *Jurnal Kesehatan Komunitas*, 8(1), 135–140. <https://doi.org/10.25311/keskom.vol8.iss1.1084>
- Qolifah, L. N., Wahyuningsih, N. E., & Darundiati, Y. H. (2023). Karakteristik Risiko Kesehatan Non

- Karsinogenik Akibat Paparan Gas SO₂ dan NO₂ pada Pemulung di TPA Jatibarang Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23(2), 50–58.
<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jkli/article/view/55807>
- Rambling, V. V, Umboh, J. M. L., & Warouw, F. (2022). Literature Review: Gambaran Risiko Kesehatan pada Masyarakat akibat Paparan Gas Karbon Monoksida (CO). *Kesmas*, 11(4), 95–101.
- Rivanda, A. (2015). Pengaruh Paparan Karbon Monoksida Terhadap Daya Konduksi Trakea. *Journal Majority*, 4(8), 153–159.
<https://juke.kedokteran.unila.ac.id/index.php/majority/article/view/1491/133>
- Riviwanto, M., & Sani, F. M. (2017). Analisis Risiko Kesehatan Paparan Gas Nitrogen Dioksida (NO₂) pada Petugas Parkir di Basement Plaza Andalas. *Jurnal Kesehatan*, 8(3), 441.
<https://doi.org/10.26630/jk.v8i3.636>
- Rizaldi, M. A., Azizah, R., Latif, M. T., Sulistyorini, L., & Salindra, B. P. (2022). Literature Review: Dampak Paparan Gas Karbon Monoksida Terhadap Kesehatan Masyarakat yang Rentan dan Berisiko Tinggi. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(3), 253–265.
<https://doi.org/10.14710/jkli.21.3.253-265>
- Rosyidah, M. (2016). Polusi Udara dan Kesehatan Pernafasan. *Integrasi : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 1(2), 1–5.
- Sabrina, A. P., & Ridho Pratama. (2022). Gambaran Kualitas Udara serta Analisis Risiko Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Sulfur Dioksida (SO₂) di Kabupaten Bekasi. *Journal of Engineering Environmental Energy and Science*, 1(2), 63–70.
<https://doi.org/10.31599/joes.v1i2.1289>
- Satya Graha, I. M., & Widyasari, N. L. (2023). Monitoring Uji Kualitas Udara Dan Tingkat Kebisingan Di SMAN 1 Semarang Kabupaten Klungkung. *Jurnal Ecocentrism*, 3(2), 59–68.
<https://doi.org/10.36733/jeco.v3i2.7413>
- Sutiawan, A., Fitrianiingsih, Y., & Sulandari, E. (2016). Hubungan Faktor Meteorologi Terhadap Tingkat Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Di Jalan Kotapontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 4(1), 1–10.
- Vo, T. T. T., Vo, Q. C., Tuan, V. P., Wee, Y., Cheng, H.-C., & Lee, I.-T. (2021). The Potentials of Carbon Monoxide-Releasing Molecules in Cancer Treatment: An Outlook from ROS Biology and Medicine. *Redox Biology*, 46(102124), 1–12.
- Wahab, A. W., La Nafie, N., Taba, P., Hala, Y., Karim, A., Anshar, A. M., Febrianti, T., & Azis, N. (2023). Pelatihan Guru Dan Siswa Tentang Pengukuran Emisi Gas Karbon Monoksida (Co) Dan Nitrogen Oksida (Nox) Pada Kendaraan Bermotor. *Panrita Abdi-Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 7(3), 546–553.
- Yuvita, Mulasari, S. A., & Suryani, D. (2024). Gambaran Kadar Hemoglobin dan Karbon Monoksida pada Pedagang Sate. *Reslaj : Religion Education Social Laa Roiba Journal*, 6(3), 1793–1800.
<https://doi.org/10.47476/reslaj.v6i3.5708>