

Paparan Karbon Monoksida pada Lingkungan Kerja dan Dampak terhadap Kesehatan: Literature Review

Marwah Aulia Izzati¹, Retno Ariza Soeprihatini², Ramadhana Komala³

¹Fakultas Kedokteran Universitas Lampung

²Bagian Pulmonologi dan Kedokteran Respirasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

³Bagian Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

Abstrak

Polusi udara adalah Limbah yang dihasilkan dari aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhannya dapat menjadi polusi udara yang berdampak pada gangguan dan penyakit akibat polusi udara terutama dalam bidang pernapasan akibat paparan jangka panjang. Karbon monoksida adalah salah satu zat beracun hasil dari proses pembakaran tidak sempurna dan asap kendaraan. Paparan Karbon monoksida dalam sistem pernapasan mengakibatkan terbentuknya ikatan karbon monoksida (CO) dengan hemoglobin menjadi COHb. Karbon monoksida (CO) dan O₂ bersaing untuk menempati tempat pengikatan yang sama di Hb, tetapi afinitas Hb terhadap CO adalah 240 kali lebih besar daripada terhadap O₂. Faktor lain yang menyebabkan pembentukan COHb dalam darah selain paparan polusi CO seperti kebiasaan merokok. bahan kimia yang terkandung dalam setiap batang rokok, beberapa di antaranya bersifat toksik, termasuk gas CO. Seseorang yang merokok satu bungkus rokok/hari dapat memiliki kadar COHb 3% hingga 6% dalam darah, dengan dua bungkus/hari kadarnya bisa menjadi 6% hingga 10% dan sebanyak 20% dengan tiga bungkus/hari. Upaya termudah dalam menghindari risiko adalah penggunaan alat pelindung diri yang tepat. Dalam hal ini, penggunaan masker dapat berguna karena proses paparan melalui inhalasi. Penelitian ini merupakan literature Review mengumpulkan serta mengevaluasi penelitian menggunakan google scholar dengan kata kunci "Karbon Monoksida, COHb, Carbon Monoxide, pekerja, workers, pollution". Hasil review artikel didapatkan beberapa data mengenai kadar CO dalam tubuh pekerja yang disebabkan oleh paparan gas CO yang terjadi akibat lingkungan kerjanya. Hal ini menyimpulkan bahwa paparan gas CO dapat meningkatkan kadar CO dalam tubuh manusia yang berefek pada kesehatan seseorang terutama dalam pernapasannya.

Kata Kunci: Karboksi-hemoglobin, Karbon Monoksida, Paparan, Pekerja, Polusi Udara

Carbon Monoxide Exposure in the Workplace and Impact on Health: Literature Review

Abstract

Air pollution is waste produced from human activities in meeting their needs can become air pollution that has an impact on disorders and diseases due to air pollution, especially in the respiratory tract due to long-term exposure. Carbon monoxide is one of the toxic substances resulting from the process of imperfect combustion and driving fumes. Exposure to carbon monoxide in the respiratory system results in the formation of a bond of carbon monoxide (CO) with hemoglobin to become COHb. Carbon monoxide (CO) and O₂ compete to occupy the same binding site in Hb, but the affinity of Hb for CO is 240 times greater than for O₂. Other factors that cause the formation of COHb in the blood besides exposure to CO pollution such as smoking habits. chemicals contained in each cigarette, some of which are toxic, including CO gas. A person who smokes one pack of cigarettes/day can have a COHb level of 3% to 6% in the blood, with two packs/day the level can be 6% to 10% and as much as 20% with three packs/day. The easiest effort to avoid risk is the use of proper personal protective equipment. In this case, the use of masks can be useful because the exposure process is through inhalation. This study is a literature review that collects and evaluates research using Google Scholar with the keywords "Carbon Monoxide, COHb, Carbon Monoxide, workers, pollution". The results of the article review obtained several data on CO levels in the bodies of workers caused by exposure to CO gas that occurs due to their work environment. This concludes that exposure to CO gas can increase CO levels in the human body which has an effect on a person's health, especially in their breathing.

Keywords: Carboxy-Hemoglobin (COHb), Carbon Monoxide, Exposure, Worker, Air Pollution

Korespondensi: Marwah Aulia Izzati | Jl. Soemantri Brodjonegoro No.1 Bandar Lampung | HP 081220846860 e-mail: marwah.aul21@gmail.com

Pendahuluan

Polusi udara berdampak signifikan pada saluran manusia yang tidak terbatas pada jangka pendek. Dalam jangka pendek, menghirup udara

yang tercemar dapat menyebabkan berbagai masalah seperti kesulitan bernapas, iritasi mata, dan rasa lelah. Kontak yang lama dengan polusi udara dapat mengakibatkan bronkitis kronis, suatu

kondisi yang ditandai dengan peradangan pada saluran udara kecil di paru dan produksi lendir yang berlebihan. Paparan polusi udara berdampak buruk pada kesehatan, meliputi gangguan pernapasan (iritasi hidung, tenggorokan, dan paru; peningkatan risiko asma, bronkitis kronis, dan PPOK), infeksi saluran pernapasan, penyakit kardiovaskular, dan peningkatan risiko kanker.¹ Menurut WHO, sekitar 92% populasi global menghirup udara tercemar, menyebabkan 7 juta kematian per tahun (termasuk 2 juta di Asia Tenggara). Data IQ Air (2023) menempatkan Indonesia sebagai negara ke-14 paling tercemar di dunia dan yang paling tercemar di Asia Tenggara.

Berbagai industri pekerjaan mengakibatkan penyebaran zat berbahaya dalam udara yang menjadi polusi udara dan berisiko terhadap para pekerjanya. Beberapa pekerjaan yang berisiko menimbulkan zat polutan karbon monoksida adalah Industri genteng dalam proses pembakarannya, petugas parkir dan lalu lintas dari asap bermotor, dan para pedagang di daerah lalu lintas berkendara. Karbon monoksida (CO) adalah gas tak berwarna dan berbau yang berbahaya jika terhirup dalam jumlah besar. Gas beracun ini dihasilkan dari pembakaran tak sempurna bahan bakar karbon, seperti bensin, batubara, kayu, dan tembakau.² Gas ini dikelompokkan sebagai bahan kimia afiksia (*asphyxiate*). Karbon monoksida dalam sistem pernapasan mengakibatkan terbentuknya ikatan karbon monoksida (CO) dengan hemoglobin menjadi COHb.² Hemoglobin jauh lebih mudah berikatan dengan karbon monoksida (CO) daripada oksigen (O₂). CO dan O₂ bersaing untuk tempat pengikatan yang sama

pada hemoglobin, tetapi afinitas hemoglobin terhadap CO 240 kali lebih tinggi. Ikatan CO-hemoglobin disebut karboksihemoglobin (HbCO). Karena kecenderungan hemoglobin untuk berikatan dengan CO, bahkan jumlah CO yang sedikit dapat mengikat sebagian besar hemoglobin, sehingga mengurangi kemampuannya mengangkut O₂.²

peningkatan Kadar CO dalam Tubuh dipengaruhi berbagai hal. Kebiasaan merokok menjadi faktor tersering dalam peningkatan kadar CO dalam tubuh terutama bagi perokok aktif jangka panjang. Rokok mengandung berbagai bahan kimia, beberapa di antaranya bersifat toksik, termasuk karbon monoksida (CO).³ Selain merokok, masa kerja seseorang dnegan lingkungan udara yang berpolusi dapat menjadi faktor yang menyebabkan penurunan daya tahan tubuh jika berlangsung dalam jangka waktu yang panjang. Tidak menggunakan alat pelindung diri yang benar dapat meningkatkan risiko para pekerja terpapar polusi di tempat kerja. Ketika seseorang menghirup udara yang mengandung debu langsung melalui hidung, partikel-partikel debu akan masuk ke dalam paru dan mengendap di sana.⁴

Isi

Literature review ini menggunakan metodologi *systematic review* untuk mengumpulkan dan mengevaluasi penelitian tentang karbon monoksida. Pencarian literatur dilakukan melalui *Google Scholar* menggunakan kata kunci "Karbon Monoksida, COHb, *Carbon Monoxide*, pekerja, *workers*, *pollution*," mencakup penelitian dalam dan luar negeri dalam rentang tahun 2019-2023.

Tabel 1. Dampak Paparan Karbon Monoksida pada Lingkungan Kerja terhadap Kesehatan

No	Nama Peneliti	Judul	Hasil Penelitian
1	Mahda Khairina (2019) Jurnal Kesehatan Lingkungan (Vol. 11 No. 8)	Gambaran Kadar CO Udara, COHb, dan Tekanan Darah Pekerja Basement Pusat Perbelanjaan X Kota Malang.	Sebanyak 93% pekerja basement (13 dari 14 orang) memiliki kadar karboksihemoglobin (COHb) darah tinggi (>5%). Meskipun rata-rata kadar karbon monoksida (CO) di udara basement (29.93 ppm) berada di bawah ambang batas, pekerja berusia 47-55 tahun dengan masa kerja lebih dari 6 tahun dan kebiasaan merokok cenderung memiliki kadar COHb yang lebih tinggi.
2	Shaniz Fajri, Kurnia Ritma, Retno Sulistiyowati, Tantri Analisawati (2021) Jurnal Kesehatan Rajawali (Vol.11 No. 2)	Perbedaan Kadar Carboxyhaemoglobin (COHb) dalam darah pada Petugas Parkir di Area Terbuka dan	Petugas parkir di area tertutup memiliki kadar karboksihemoglobin (COHb) rata-rata lebih tinggi ($0.5836 \pm 0.18424\%$) dibandingkan petugas parkir di area terbuka ($0.4627 \pm 0.14485\%$).

		Tertutup di Kota Purwokerto	
3	Deni Rusmaya, Astri Widiastuti Hasbiah, Cartika Dwikamila (2022) Jurnal Informatika, Manajemen dan Teknologi (Vol.24 No.2)	Pengukuran Konsentrasi Karbon Monoksida dan Kadar Karboksihemoglobin pada Petugas Parkir di Pasar Ujung Berung Kota Bandung	Studi ini menemukan bahwa sebagian besar (63.67%) petugas parkir (4 dari 6 responden) memiliki kadar karboksihemoglobin (COHb) darah di atas normal (>3.5%), disertai gejala seperti pusing (80%), gangguan penglihatan (50%), mual (33%), dan kelelahan (66.67%). Meskipun kadar karbon monoksida (CO) tertinggi yang terukur (24.049 µg/Nm ³) masih di bawah ambang batas udara ambien.
4	Safiatur Nur Rahmah (2019) Jurnal Kesehatan Lingkungan (Vol. 11 No. 3)	Hubungan Paparan Gas CO (Karbon Monoksida) di Udara dengan Kadar COHb Darah Petugas Parkir Basement di Mall Surabaya	Pengukuran kadar karbon monoksida (CO) di tiga titik di area parkir menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan area kontrol: 22.08 ppm (T1 - parkir mobil lantai bawah), 23.09 ppm (T2 - parkir motor dekat pintu keluar), dan 25.87 ppm (T3 - tengah parkir motor). Area kontrol menunjukkan kadar CO 1.04 ppm. Petugas parkir di area terpapar CO memiliki kadar karboksihemoglobin (COHb) antara 5.01% dan 9.31%, sementara petugas di area tanpa paparan memiliki kadar COHb antara 2.04% dan 5.17%.
5	Muhammad Addin Rizaldi, Isa Ma'rufi, Ellyke (2021) Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia. (Vol.20 No. 2)	Hubungan Kadar CO Udara dengan Kadar Karboksihemoglobin Pada Pedagang Kaki Lima Sekitar Traffic Light	Dari 28 pedagang yang diteliti, 6 (atau 21.4%) memiliki kadar karboksihemoglobin (COHb) darah di atas 3.5%, sedangkan 22 lainnya (78.6%) memiliki kadar di bawah nilai normal.
6	Olivia E. Sihombing, Allan J. Andaria, Kevin G. Pascoal (2022) Indonesian Journal of Medical Laboratory Technology (Vol 1 No. 1)	Kadar Karboksihemoglobin (COHb) Pada Petugas Lalu Lintas Angkutan Jalan (LLAJ) Dinas Perhubungan Kota Manado	Kadar karboksihemoglobin (COHb) diukur menggunakan Spektrofotometer Spectroquant Pharo 300 dengan metode Hindsberg-Lang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh petugas Lalu Lintas Angkutan Jalan (LLAJ) yang diteliti (33 responden) memiliki kadar COHb di atas ambang batas normal OSHA (<5%).
7	Rifky Saldi A. Wahid, Georgius Kaperius, La Ode Akbar Rasydy (2023) Jurnal Laboratorium Medis (Vol. 5 No. 2)	Analisis Kadar Karboksihemoglobin (COHb) pada Montir Motor di Area Kota Samarinda	Dari 17 montir yang diperiksa, seluruhnya (100%) memiliki kadar karboksihemoglobin (COHb) melebihi batas normal (<3.5%), dengan rata-rata 6.47%, terendah 6.10%, dan tertinggi 9.64%.

Aktivitas manusia menghasilkan limbah yang dapat mencemari udara, menyebabkan gangguan kesehatan dan penyakit. Polutan udara masuk melalui inhalasi akan berinteraksi dengan tubuh manusia, di mana polutan dapat diserap, dan beberapa zat beracun dapat ditemukan dalam sirkulasi darah dan tersimpan di berbagai jaringan bila terpapar dalam jangka waktu panjang atau konsentrasi tinggi. Polusi udara dapat menyebabkan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), yang ditandai dengan gangguan fungsi paru dalam menyerap oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida.⁵ Karbon monoksida (CO) mengurangi kemampuan darah

untuk mengangkut oksigen, menyebabkan kekurangan oksigen dalam tubuh dan mengganggu fungsi kognitif dan koordinasi. CO membentuk karboksihemoglobin (COHb) dalam darah. Gejala keracunan CO meliputi sakit kepala, pusing, sesak napas, dan mata berair, serta peningkatan tekanan darah. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, gejala dapat berkembang menjadi kelemahan, tinnitus, mual, muntah, kesulitan bernapas, kelemahan otot, kehilangan kesadaran, pingsan, dan kematian.²

Paparan karbon monoksida dapat menimbulkan konsekuensi yang sangat buruk. Dalam jangka pendek, menghirup udara yang

tercemar dapat menyebabkan berbagai masalah seperti kesulitan bernapas, iritasi mata, dan rasa lelah. Di sisi lain, dampak jangka panjang yang lebih parah dapat mencakup berbagai kondisi seperti penyakit jantung, kanker paru-paru, dan dampak buruk pada perkembangan anak-anak.⁶ Penelitian Mahda (2021) mendapatkan hasil 13 dari 14 Pekerja Basement memiliki kadar COHb tinggi yaitu >5%. Meskipun kadar rata-rata CO di area kerja basement (29.93 ppm) berada di bawah ambang batas, penelitian lain menunjukkan bahwa pekerja berusia 47-55 tahun dengan masa kerja lebih dari 6 tahun dan kebiasaan merokok cenderung memiliki kadar COHb darah yang tinggi.⁷ kadar CO yang tinggi juga didapatkan pada penelitian yang mengukur Perbedaan Kadar Carboxyhaemoglobin (COHb) dalam darah pada Petugas Parkir di Area Terbuka dan Tertutup di Kota Purwokerto didapatkan T1 parkir mobil di lantai terbawah memiliki kadar CO 22.08 ppm, T2 parkir motor dekat pintu keluar didapatkan kadar CO sebesar 23.09 ppm, dan T3 di tengah parkir motor dengan paparan CO tertinggi didapatkan hasil tertinggi sebesar 25.87%. Sementara pada area pembanding yang tidak berisiko tinggi terpapar CO didapatkan sebesar 1.04 ppm. Petugas parkir di area terpapar memiliki kadar COHb tertinggi 9,31% dan terendah 5,01%, sementara di area tidak terpapar kadarnya berkisar antara 2,04% hingga 5,17%.⁸

Penelitian oleh Dani *et al.*, menyimpulkan Dari enam petugas parkir yang diteliti, 63,67% (empat orang) menunjukkan kadar karboksihemoglobin darah di atas nilai normal (>3.5%), disertai gejala seperti pusing (80%), gangguan penglihatan (50%), mual (33%), dan kelelahan (66,67%). Meskipun demikian, kadar karbon monoksida tertinggi yang terukur (24.049 µg/Nm³) masih di bawah ambang batas udara ambien.⁹ Penelitian lain menunjukkan rata-rata kadar COHb darah pada petugas parkir di area terbuka sebesar $0,4627 \pm 0,14485\%$, dan di area tertutup sebesar $0,5836 \pm 0,18424\%$.¹⁰ Hasil penelitian lain juga didapatkan 6 responden pedagang memiliki kadar COHb dalam darah tinggi yakni diatas 3.5% sementara 22 responden pedagang masih memiliki kadar COHb dalam darah di bawah normal.¹¹ Penggunaan Spektrofotometer Spectroquant Pharo 300 dengan Metode Hindsberg-Lang menunjukkan

bahwa seluruh 33 petugas Lalu Lintas Angkutan Jalan (LLAJ) memiliki kadar karboksihemoglobin (COHb) di atas standar normal OSHA (<5%). Terpisah, pemeriksaan pada 17 montir kendaraan bermotor juga menunjukkan kadar COHb di atas batas normal (<3,5%), dengan rata-rata 6,47%, minimum 6,10%, dan maksimum 9,64%.¹³

Seseorang dengan kadar COHb <1% cenderung tidak ada pengaruh kesehatan yang didapat, pada kadar 1-2% didapatkan penampilan mulai agak tidak normal, kadar 2-5% dapat berpengaruh terhadap sistem saraf sentral, reaksi panca indra tidak normal, dan penglihatan agak kabur, pada kadar >5% dapat terjadi perubahan fungsi jantung dan pulmonari, serta seseorang dengan kadar COHb 10-80% lebih berisiko mengeluhkan kepala pening, mual, berkunang-kunang, pingsan, kesulitan bernapas, hingga kematian.¹⁴ Penelitian menunjukkan bahwa karbon monoksida, polutan udara berbahaya, menyebabkan berbagai masalah kesehatan. Karena afinitasnya terhadap hemoglobin lebih tinggi daripada oksigen, CO menghambat pengangkutan oksigen dalam tubuh. Paparan CO jangka panjang dan tingkat tinggi dapat menyebabkan gangguan kardiovaskular dan neurologis, serta kondisi yang mengancam jiwa seperti pingsan, koma, bahkan kematian.¹⁵

Pencegahan paparan akibat polusi udara yang paling mudah dilakukan pada setiap individu adalah alat pelindung diri. Masker pelindung pernapasan berfungsi menyaring polutan udara seperti bahan kimia, mikroorganisme, debu, kabut, uap, asap, dan gas, untuk melindungi saluran pernapasan. Masker bedah, misalnya, memiliki efisiensi penyaringan bakteri 98% dan tekanan diferensial rendah (<5,0 mmH₂O/cm²) untuk kenyamanan bernapas.¹⁶

Ringkasan

Berdasarkan hasil identifikasi dan telaah berbagai artikel penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa paparan gas karbon monoksida dapat mempengaruhi berbagai keluhan kesehatan yang dapat ditandai dengan tingginya kadar CO dalam tubuh karena proses pembentukan ikatan COHb pada darah. Polusi atau paparan gas CO juga dapat menyebabkan keluhan pernapasan seperti sesak napas. Untuk mengurangi paparan karbon monoksida, pekerja

disarankan menggunakan APD seperti masker dan melakukan penanaman pohon. Pemerintah perlu membuat kebijakan seperti penambahan ruang terbuka hijau, penanaman pohon di perkotaan, dan edukasi kesehatan terkait bahaya paparan gas CO bagi pekerja rentan.

Simpulan

Pekerjaan dengan lingkungan polusi udara terutama zat karbon monoksida dapat meningkatkan kadar CO dalam tubuh pekerja terutama pada pekerja jangka Panjang karena proses pembentukan COHB dalam darah. Maka dari itu perlunya kepedulian diri masing-masing pekerja untuk melindungi tubuh terutama dalam sistem pernapasan dari paparan polusi salah satunya dengan penggunaan APD seperti masker.

Daftar Pustaka

1. Anandari AA, Wadjdi AF, Harsono G. Dampak Polusi Udara terhadap Kesehatan dan Kesiapan Pertahanan Negara di Provinsi DKI Jakarta. *J Educ*. 2024;6(2):10868–10884. doi:10.31004/joe.v6i2.4880
2. Muadifah A. Pengendalian Pencemaran Lingkungan. 1 ed. Malang: Media Nusa Creative; 2019.
3. Hanum H, Wibowo A. Pengaruh Paparan Asap Rokok Lingkungan pada Ibu Hamil terhadap Kejadian Berat Bayi Lahir Rendah. *J Kedokteran Unila*. 2024; 5(5): 6-10.
4. Antari IGAD, Permadi AW, Darmawijaya IP. Relationship of Working Period to Cardiorespiratory Endurance (VO_2Max) in Street Sweeper. *J Kesehatan, Sains dan Teknol*. 2022;1(2):185–194.
5. Rosyidah M. Polusi Udara dan Kesehatan Pernafasan. *Integr J Ilm Tek Ind*. 2016;1(2):1–5.
6. Oswari H, Djer MM, Salamia N, Soebadi A, Puspitasari HA. Menuju diagnosis: pemeriksaan apa yang perlu dilakukan?. Jakarta: Ilmu Kesehatan Anak FKUI-RSCM; 2015.
7. Khairina M. The Description of CO Levels, COHb Levels, And Blood Pressure of Basement Workers X Shopping Centre, Malang. *J Kesehat Lingkung*. 2019;11(2):150–157. doi:10.20473/jkl.v11i2.2019.150-157
8. Hayati SF. Toksikologi Perbedaan Kadar Carboxyhemoglobin (COHb) dalam Darah pada Petugas Parkir di Area Terbuka dan Tertutup di Kota Purwokerto. *J Kesehat Rajawali*. 2022;11(2):46–49. doi:10.54350/jkr.v11i2.99
9. Rusmaya D, Hasbiah A, Dwikamila C. Pengukuran Konsentrasi Karbon Monoksida dan Kadar Karboksihemoglobin pada Petugas Parkir di Pasar Ujung Berung Kota Bandung. *Infomatek*. 2022;24(2):113–118. doi:10.23969/infomatek.v24i2.6244
10. Rahmah SN. Correlation Study of Carbon Monoxide (CO) Air Exposure Level with Blood COHb Level of Basement Officer in Surabaya Mall. *J Kesehat Lingkung*. 2019;11(3):225–233. doi:10.20473/jkl.v11i3.2019.225-233
11. Rizaldi MA, Ma'rufi I, Ellyke E. Hubungan Kadar CO Udara dengan Kadar Karboksihemoglobin Pada Pedagang Kaki Lima Sekitar Traffic Light. *J Kesehat Lingkung Indones*. 2021;20(2):104–111. doi:10.14710/jkli.20.2.104-111
12. Sihombing OE, Andaria AJ, Pascoal KG. Kadar Karboksihemoglobin (COHb) Pada Petugas Lalu Lintas Angkutan Jalan (LLAJ) Dinas Perhubungan Kota Manado. *Indones J Med Lab Technol*. 2022;1(1):16–22. <http://ejurnal.poltekkes-manado.ac.id>
13. Wahid RSA, Kaperius G, Rasydy LOA. Analisis Kadar Karboksihemoglobin (COHb) pada Montir Motor di Area Kota Samarinda Analysis of Carboxyhemoglobin (COHb) Levels of Motorbike Mechanics in Samarinda Abstrak. *J Lab Medis*. 2023;05(02):110–119.
14. Diken YD, Irawan WW, Endro S. Analisis Dampak Kualitas Udara Karbon Monoksida (CO). *J Tek Lingkung*. 2017;6(1):1–14.
15. Ismiyati I, Marlita D, Saidah D. Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *J Manaj Transp Logistik*. 2014;1(3):241. doi:10.54324/j.mtl.v1i3.23
16. Hapsari KR, Munawi HA. Pemilihan Masker Kain dalam Mencegah Penularan Virus Covid-19. *Nusant Eng*. 2021;4(1):45. doi:10.29407/noe.v4i1.15910