

Hubungan Status Merokok dengan Karboksihemoglobin Darah Menggunakan Metode Ammonium Hidroksida

Ibnu Muhariawan Restuaji^{1*}, Alfatiana Nur Rahmawati²

^{1,2}Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri, Jl KH Wachid Hasyim 65 Kota Kediri
Email Corespondent*: ibnu.muhariawan@iik.ac.id

Abstract

Smoking is a risk factor for health problems because cigarette smoke contains various toxic substances, including carbon monoxide (CO). CO has a high affinity for hemoglobin, forming carboxyhemoglobin (COHb), which can inhibit oxygen (O₂) transport in the blood. This study was conducted to examine the association between smoking status, whether active smokers or non-smokers, and the presence of COHb. The research design used was descriptive analytic with a cross-sectional approach. The study sample consisted of 20 respondents consisting of 10 active smokers and 10 non-smokers. COHb examination was carried out qualitatively using ammonium hydroxide (NH₄OH). The relationship analysis was carried out using the Chi-square and Fisher's Exact tests through the Jamovi application. The examination results showed that all active smoker respondents (100%) were positive for COHb, while in the non-smoker group there were 4 respondents (40%) with positive results and 6 respondents (60%) with negative results. The results of the analysis demonstrated a significant association between smoking status and COHb levels, as evidenced by the Chi-square test ($p = 0.003$) and Fisher's exact test ($p = 0.011$). Thus, there is a significant relationship between smoking habits and the presence of carbon monoxide in the blood.

Keywords: carbon monoxide, carboxyhemoglobin, active smokers, non-smokers, ammonium hydroxide

Abstrak

Merokok merupakan salah satu faktor risiko gangguan kesehatan karena asap rokok mengandung berbagai zat toksik, termasuk karbon monoksida (CO). CO memiliki afinitas tinggi terhadap hemoglobin sehingga membentuk karboksihemoglobin (COHb) yang dapat menghambat transport oksigen (O₂) dalam darah. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji hubungan antara status individu sebagai perokok aktif maupun non-perokok dengan keberadaan COHb. Desain penelitian yang digunakan adalah analitik deskriptif dengan pendekatan cross-sectional. Sampel penelitian berjumlah 20 responden yang terdiri atas 10 perokok aktif dan 10 non-perokok. Pemeriksaan COHb dilakukan secara kualitatif menggunakan ammonium hidroksida (NH₄OH). Analisis hubungan antarvariabel dilakukan dengan menggunakan uji Chi-square dan Fisher's Exact yang diolah melalui aplikasi jamovi. Hasil pemeriksaan menunjukkan seluruh responden perokok aktif (100%) positif mengandung COHb, sedangkan pada kelompok non-perokok terdapat 4 responden (40%) dengan hasil positif dan 6 responden (60%) dengan hasil negatif. Hasil analisis menunjukkan bahwa status merokok memiliki hubungan yang signifikan dengan keberadaan COHb, ditunjukkan oleh nilai signifikansi uji Chi-square ($p = 0,003$) dan Fisher's Exact ($p = 0,011$). Dengan demikian, terdapat hubungan yang signifikan antara kebiasaan merokok dan keberadaan karbon monoksida dalam darah.

Kata Kunci: karbon monoksida, karboksihemoglobin, perokok aktif, non-perokok, ammonium hidroksida

PENDAHULUAN

Merokok masih menjadi kebiasaan yang banyak ditemukan di masyarakat dan merupakan faktor risiko berbagai gangguan kesehatan. Asap rokok mengandung berbagai senyawa toksik seperti nikotin, tar, karbon monoksida (CO), logam berat, dan

mikroplastik yang berbahaya bagi tubuh manusia (Ntarisa, 2024); (Adeleye et al., 2026). Tingginya perilaku merokok dipengaruhi oleh faktor sosial, lingkungan, dan ekonomi (Effendi et al., 2024); (Rachmani et al., 2024); (Hardesty et al., 2019); (Nugraheni et al., 2025). Tingginya

prevalensi perilaku merokok di Indonesia, terutama pada kelompok usia produktif, meningkatkan risiko paparan karbon monoksida secara terus-menerus (Effendi et al., 2024).

CO merupakan gas hasil pembakaran tidak sempurna yang memiliki afinitas sangat tinggi terhadap hemoglobin sehingga membentuk karboksihemoglobin (COHb) (Hampson, 2018). Pembentukan COHb dapat menghambat transport oksigen ke jaringan tubuh dan menyebabkan hipoksia. Paparan CO pada perokok diketahui berhubungan dengan gangguan kardiovaskular dan respirasi (Dillinger et al., 2024; Eromosele et al., 2024; Vámos et al., 2024). Selain itu, paparan CO juga dapat memicu stres oksidatif dan gangguan fungsi seluler (Mazaki et al., 2025; Rankin et al., 2026).

Pemeriksaan COHb dapat dilakukan menggunakan metode spektrofotometri, analisis optik, maupun pendekatan biomolekuler (Kozlova et al., 2020; Samuel et al., 2021; Luna et al., 2019). Namun, metode tersebut memerlukan instrumen khusus dan biaya relatif tinggi sehingga kurang praktis untuk skrining sederhana. Salah satu metode alternatif yang lebih sederhana adalah penggunaan ammonium hidroksida (NH₄OH) untuk mengidentifikasi keberadaan CO melalui interaksi dengan eritrosit dan hemoglobin (Sudnitsyna et al., 2024).

Meskipun berbagai metode deteksi COHb telah berkembang, penelitian mengenai hubungan status merokok dengan keberadaan COHb menggunakan metode sederhana berbasis NH₄OH masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis hubungan antara status merokok dengan keberadaan COHb darah

menggunakan metode ammonium hidroksida.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif analitik dengan pendekatan cross-sectional. Penelitian dilakukan di Laboratorium Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri. Responden penelitian terdiri atas kelompok perokok aktif dan non-perokok. Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dengan Nomor: 256/FTMK/EP/VI/2022 dan seluruh responden telah memberikan *informed consent* sebelum pengambilan sampel dilakukan.

Pengambilan sampel menggunakan teknik purposive sampling dengan jumlah sampel sebanyak 20 responden yang terdiri atas 10 perokok aktif dan 10 non-perokok. Kelompok perokok aktif merupakan responden yang memiliki kebiasaan merokok setiap hari dengan rata-rata konsumsi ≥ 5 batang rokok per hari selama minimal 1 tahun. Pemeriksaan dilakukan secara kualitatif menggunakan metode ammonium hidroksida (NH₄OH).

Prosedur pemeriksaan dilakukan dengan mengambil sampel darah responden kemudian menambahkan larutan NH₄OH. Hasil dinyatakan positif apabila terjadi perubahan warna darah menjadi merah ceri dan negatif apabila tidak terjadi perubahan warna. Metode NH₄OH digunakan berdasarkan prinsip interaksi COHb dengan hemoglobin yang menghasilkan perubahan karakteristik warna darah dan telah digunakan sebagai metode skrining sederhana untuk deteksi COHb (Sudnitsyna et al., 2024).

Data hasil pemeriksaan disajikan dalam bentuk tabel distribusi frekuensi dan dianalisis menggunakan uji *Chi-square* serta *Fisher's Exact* menggunakan aplikasi Jamovi dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan terhadap 20 responden yang terdiri atas 10 perokok aktif dan 10 non-perokok. Pemeriksaan karboksihemoglobin (COHb) dalam darah dilakukan secara kualitatif menggunakan metode ammonium hidroksida (NH₄OH) berdasarkan perubahan warna darah menjadi merah ceri.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan COHb Responden Dengan Menggunakan NH₄OH

Status Responden	Positif	Negatif	Total
Non-perokok	4	6	10
Perokok aktif	10	0	10
Total	14	6	20

Berdasarkan Tabel 1., seluruh responden perokok aktif (100%) menunjukkan hasil positif terhadap keberadaan COHb dalam darah. Pada kelompok non-perokok ditemukan 4 responden (40%) menunjukkan hasil positif dan 6 responden (60%) menunjukkan hasil negatif.

Berdasarkan Tabel 2, hasil uji statistik menunjukkan nilai $p = 0,003$ pada uji *Chi-square* dan $p = 0,011$ pada uji *Fisher's Exact* ($p < 0,05$). Nilai tersebut menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara status merokok dengan keberadaan COHb dalam darah. Secara klinis, hasil ini menunjukkan bahwa paparan asap rokok berkontribusi terhadap peningkatan paparan karbon monoksida dalam tubuh.

Tabel 2. Uji *Chi-square* dan *Fisher's Exact* Dengan Aplikasi Jamovi

Uji	Nilai	df	p
<i>Chi-square</i>	8,57	1	0,003
<i>Fisher's Exact</i>	-	-	0,011

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh responden perokok aktif memberikan hasil positif terhadap keberadaan COHb dalam darah. Hal ini menunjukkan bahwa paparan asap rokok berhubungan dengan pembentukan COHb dalam sirkulasi darah. Karbon monoksida merupakan gas hasil pembakaran tidak sempurna yang memiliki afinitas sekitar 200–250 kali lebih kuat terhadap hemoglobin dibandingkan oksigen (Hampson, 2018). Ikatan antara CO dan hemoglobin membentuk COHb yang dapat menurunkan kemampuan darah dalam mengangkut oksigen ke jaringan tubuh sehingga meningkatkan risiko hipoksia.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Ozgunay et al. (2018) yang menunjukkan bahwa perokok memiliki kadar CO lebih tinggi dibandingkan non-perokok. Penelitian Dillinger et al. (2024) juga melaporkan bahwa peningkatan CO pada perokok berkaitan dengan prognosis buruk pada pasien dengan gangguan jantung akut. Selain itu, penelitian Eromosele et al. (2024) menunjukkan adanya hubungan antara peningkatan paparan CO dengan gangguan irama jantung dan perubahan ukuran atrium kiri.

Pada penelitian ini ditemukan 4 responden non-perokok yang menunjukkan hasil positif terhadap keberadaan COHb dalam darah. Kondisi tersebut diduga disebabkan oleh paparan asap rokok lingkungan atau sebagai perokok pasif. Asap rokok lingkungan mengandung karbon monoksida yang dapat terhirup oleh individu non-perokok sehingga tetap memungkinkan

terbentuknya COHb dalam darah. Lingkungan sosial dan kebiasaan merokok di sekitar individu menjadi faktor penting terhadap paparan asap rokok pada masyarakat (Hardesty et al., 2019; Rachmani et al., 2024).

Selain paparan asap rokok lingkungan, hasil positif pada kelompok non-perokok juga dapat dipengaruhi oleh faktor lain seperti polusi udara, asap kendaraan bermotor, dan paparan emisi hasil pembakaran di lingkungan sehari-hari. Karbon monoksida dari kendaraan bermotor diketahui dapat meningkatkan paparan CO pada masyarakat perkotaan sehingga memungkinkan terbentuknya COHb meskipun individu tidak memiliki kebiasaan merokok (Hardesty et al., 2019; Rachmani et al., 2024).

Paparan CO dalam jangka panjang dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan akibat terjadinya hipoksia jaringan. Kondisi tersebut dapat memengaruhi fungsi organ vital seperti jantung, paru-paru, dan otak (Hampson, 2018). Penelitian Vámos et al. (2024) menunjukkan bahwa paparan rokok dapat memengaruhi aliran darah jaringan, sedangkan Mazaki et al. (2025) melaporkan bahwa komponen asap rokok dapat mengganggu fungsi neutrofil dan meningkatkan stres oksidatif.

Selain karbon monoksida, asap rokok juga mengandung berbagai zat toksik lain seperti logam berat, tar, nikotin, dan mikroplastik yang dapat memperburuk efek toksisitas pada tubuh (Adeleye et al., 2026; Ntarisa, 2024). Penelitian Rankin et al. (2026) menunjukkan bahwa produk rokok memiliki efek sitotoksik terhadap sel paru manusia. Hal tersebut menunjukkan bahwa dampak rokok terhadap kesehatan bersifat

multifaktorial dan tidak hanya disebabkan oleh karbon monoksida.

Metode ammonium hidroksida pada penelitian ini digunakan sebagai metode kualitatif sederhana untuk mendeteksi keberadaan COHb dalam darah melalui perubahan warna darah menjadi merah ceri. Metode ini memiliki kelebihan berupa prosedur yang sederhana, cepat, dan biaya relatif murah sehingga berpotensi digunakan sebagai pemeriksaan skrining awal, terutama pada fasilitas laboratorium dengan keterbatasan instrumen analitik.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain jumlah sampel yang relatif kecil sehingga generalisasi hasil masih terbatas. Selain itu, metode ammonium hidroksida yang digunakan hanya bersifat kualitatif dan belum dapat menentukan kadar COHb secara kuantitatif. Faktor lain seperti tingkat paparan polusi udara dan aktivitas lingkungan responden juga belum dianalisis secara mendalam. Oleh karena itu, penelitian lanjutan menggunakan metode kuantitatif dengan jumlah sampel lebih besar diperlukan untuk memperoleh hasil yang lebih akurat.

KESIMPULAN

Terdapat hubungan yang signifikan antara status merokok dengan keberadaan karboksihemoglobin (COHb) dalam darah berdasarkan uji *Chi-square* dan *Fisher's Exact*. Seluruh responden perokok aktif menunjukkan hasil positif COHb, sedangkan sebagian non-perokok juga menunjukkan hasil positif yang diduga dipengaruhi oleh paparan asap rokok lingkungan dan polusi udara. Metode ammonium hidroksida (NH₄OH) berpotensi digunakan sebagai metode skrining kualitatif sederhana untuk deteksi awal COHb karena memiliki

prosedur yang cepat dan relatif murah. Namun, penelitian lanjutan dengan jumlah sampel lebih besar dan metode kuantitatif diperlukan untuk memperoleh hasil yang lebih akurat mengenai kadar COHb dalam darah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeleye, A. T., Bahar, M. M., Megharaj, M., Fang, C., & Rahman, M. M. (2026). Microplastic fibers and leachates from cigarette butts: Environmental impacts, toxicological concerns, and circular economy-driven solutions. *Environmental Research*, 297, 124160. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2026.124160>
- Delvau, N., Elens, L., Penaloza, A., Liistro, G., Thys, F., Roy, P. M., Gianello, P., & Hantson, P. (2024). Carboxyhemoglobin half-life toxicokinetic profiles during and after normobaric oxygen therapy: On a swine model. *Toxicology Reports*, 12, 271–279. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2024.02.005>
- Dillinger, J.-G., Pezel, T., Delmas, C., Schurtz, G., Trimaille, A., Piliero, N., Bouleti, C., Lattuca, B., Andrieu, S., Fabre, J., Rossanaly Vasram, R., Dib, J.-C., Aboyans, V., Fauvel, C., Roubille, F., Gerbaud, E., Boccara, A., Puymirat, E., Toupin, S., Vicaut, E., Henry, P. (2024). Carbon monoxide and prognosis in smokers hospitalised with acute cardiac events: A multicentre, prospective cohort study. *eClinicalMedicine*, 67, 102401. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2023.102401>
- Effendi, D. E., Ardani, I., Handayani, S., Agustiya, R. I., Nugroho, A. P., Oktriyanto, O., Paramita, A., Febriyanty, D., Novita, R., & Yulianto, A. (2024). Factors associated with quitting smoking among males: Findings from Indonesian national health survey. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 28, 101672. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2024.101672>
- Eromosele, O. B., Shapira-Daniels, A., Yuan, A., Lukan, A., Akinrimisi, O., Chukwurah, M., Naylor, M., Benjamin, E. J., & Lin, H. (2024). The association of exhaled carbon monoxide with atrial fibrillation and left atrial size in the Framingham Heart Study. *American Heart Journal Plus: Cardiology Research and Practice*, 45, 100439. <https://doi.org/10.1016/j.ahjo.2024.100439>
- Hampson, N. B. (2018). Carboxyhemoglobin: A primer for clinicians. *Undersea and Hyperbaric Medicine*, 45(2), 165–171. <https://doi.org/10.22462/03.04.2018.3>
- Hardesty, J. J., Kaplan, B., Martini, S., Megatsari, H., Kennedy, R. D., & Cohen, J. E. (2019). Smoking among female daily smokers in Surabaya, Indonesia. *Public Health*, 172, 40–42. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2019.03.007>
- Jafari, B., Hsia, W. J., & Eusebio, E. (2026). Beyond hypoxemia: Endogenous carboxyhemoglobin as a prognostic window into acute respiratory distress syndrome. *Respiratory Medicine*, 254, 108714. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2026.108714>
- Kozlova, E., Chernysh, A., Kozlov, A., Sergunova, V., & Sherstyukova, E. (2020). Assessment of carboxyhemoglobin content in the blood with high accuracy: Wavelength range optimization for nonlinear curve fitting of optical spectra. *Heliyon*, 6(8), e04622. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04622>
- Luna, R.-S., James, G.-P., Esteban, M.-M., & Francisco, I. (2019). In-silico design of peptide receptor for carboxyhemoglobin recognition. *Informatics in Medicine Unlocked*, 14, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2019.01.003>
- Mazaki, Y., Miwa, S., Shinkai, R., & Horinouchi, T. (2025). Effects of

- nicotine- and tar-free smoke extracts from combustible cigarettes and heated tobacco products on the function of neutrophil-like HL-60 cells. *Journal of Pharmacological Sciences*, 159(4), 322–326.
<https://doi.org/10.1016/j.jphs.2025.10.004>
- Ntarisa, A. V. (2024). Heavy metals concentration and human health risk assessment in tobacco cigarette products from Tanzania. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 52(8), 100428.
<https://doi.org/10.1016/j.cjac.2024.100428>
- Nugraheni, W. P., Paramashanti, B. A., Lestyoningrum, S. D., Kurniasih, D. A. A., & Idris, H. (2025). Decomposition of socioeconomic inequalities in smoking status in Indonesia: A decade of widening gaps. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 35, 102147.
<https://doi.org/10.1016/j.cegh.2025.102147>
- Ozgunay, S. E., Karasu, D., Dulger, S., Yilmaz, C., & Tabur, Z. (2018). Relationship between cigarette smoking and the carbon monoxide concentration in the exhaled breath with perioperative respiratory complications. *Brazilian Journal of Anesthesiology (English Edition)*, 68(5), 462–471.
<https://doi.org/10.1016/j.bjane.2018.02.003>
- Rachmani, E., Handayani, S., Saptorini, K. K., Nurjanah, Kusuma, D., Ahsan, A., Kusuma, E. J., Atique, S., & Jumanto, J. (2024). Why do youths initiate to smoke? A data mining analysis on tobacco advertising, peer, and family factors for Indonesian youths. *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update*, 6, 100168.
<https://doi.org/10.1016/j.cmpbup.2024.100168>
- Rankin, G., Wingfors, H., Öberg, L., Blomberg, A., Hedman, L., Bosson, J. A., & Lundbäck, M. (2026). Chemical characterisation and cytotoxic analysis of an electronic cigarette and heated tobacco product compared to a conventional cigarette in human lung cell lines. *Toxicology in Vitro*, 112, 106199.
<https://doi.org/10.1016/j.tiv.2026.106199>
- Samuel, J. M., Kahl, J. H., Zaney, M. E., Hime, G. W., & Boland, D. M. (2021). Comparison of Spectrophotometric Methods for the Determination of Carboxyhemoglobin in Postmortem Blood. *Journal of Analytical Toxicology*, 45(8), 885–891.
<https://doi.org/10.1093/jat/bkab065>
- Sudnitsyna, J., Ruzhnikova, T. O., Pantelev, M. A., Kharazova, A., Gambaryan, S., & Mindukshev, I. V. (2024). Chloride Gradient Is Involved in Ammonium Influx in Human Erythrocytes. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(13), 7390.
<https://doi.org/10.3390/ijms25137390>
- Vámos, O., Kulcsár, N., Mikecs, B., Kelemen, K., Kaán, R., Abafalvi, L., Dinya, E., Vág, J., Hermann, P., & Kispélyi, B. (2024). Acute effects of traditional and electronic cigarettes on palatal blood flow in smokers: A cross-over pilot study. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 14(2), 152–157.
<https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2024.01.012>
- Watabe, Y., Giam Chuang, V. T., Sakai, H., Ito, C., Enoki, Y., Kohno, M., Otagiri, M., Matsumoto, K., & Taguchi, K. (2025). Carbon monoxide alleviates endotoxin-induced acute lung injury via NADPH oxidase inhibition in macrophages and neutrophils. *Biochemical Pharmacology*, 233, 116782.
<https://doi.org/10.1016/j.bcp.2025.116782>