

EKSPLORASI KONSEP IPA TENTANG MEKANISME GANGGUAN PERNAPASAN AKIBAT ASAP ROKOK DAN POLUSI

Shofyani Salasa¹, Fauziyah Harahap², Hasruddin²

¹Pendidikan Dasar, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Medan, Medan, Sumatera Utara

²Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan,
Medan, Sumatera Utara

Email Korespondensi: shofyanisalasa08@gmail.com

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi secara mendalam konsep-konsep Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), yang menjelaskan mekanisme gangguan pada sistem pernapasan manusia akibat paparan asap rokok dan polusi udara. Penelitian ini menggunakan Metode Deskriptif Kualitatif dengan fenomenologi seperti studi literatur, di mana data dikumpulkan dari berbagai jurnal ilmiah dan buku teks, kemudian dianalisis menggunakan sintesis naratif untuk mengintegrasikan konsep-konsep terpisah. Hasil eksplorasi mengidentifikasi dua mekanisme utama: 1) gangguan struktur dan fungsi seluler, di mana asap dan polusi merusak silia dan memicu inflamasi kronis yang berujung pada kerusakan jaringan dan fibrosis, seperti yang terjadi pada Paru-Paru Konstruktif Kronis (PPOK). 2) terjadi gangguan pertukaran gas, terutama karena Karbon Monoksida dari asap rokok yang membentuk karboksihemoglobin, secara drastis mengurangi kapasitas darah membawa oksigen. Gangguan pernapasan akibat asap rokok dan polusi merupakan gabungan dari kerusakan fisik, peradangan kimiawi, dan inefisiensi pertukaran gas.

Keywords:

*Asap Rokok,
Mekanisme Gangguan Pernapasan,
Polusi Udara.*

Pendahuluan

Kesehatan pernapasan merupakan isu kesehatan global yang utama, yang secara krusial dipengaruhi oleh kualitas lingkungan dan gaya hidup. Polusi udara merupakan ancaman serius bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya di seluruh dunia. dikutip dari (kemnkes, 2024) Data dari WHO menunjukkan polusi udara sebagai penyebab 7 juta kematian di seluruh dunia setiap tahun. Angka mortalitas yang ekstrem ini menegaskan polusi bukan sekadar masalah lingkungan, melainkan krisis kesehatan publik yang mengancam kehidupan manusia secara langsung. Selain polusi, asap rokok juga menjadi salah satu penyebab tercemarnya udara dan merupakan sumber utama pencemaran udara. Hal ini juga disebutkan oleh (Haris et al., 2012) Bahaya yang ditimbulkan oleh asap rokok sangat serius, di antaranya dapat menimbulkan kelainan pada hampir semua organ tubuh, baik perokok aktif maupun pasif. Di kawasan urban dan berkembang, kasus penyakit pernapasan seperti asma, PPOK (Penyakit Paru Obstruktif Kronis), dan kanker paru-paru meningkat signifikan. Peningkatan ini tidak hanya berdampak pada morbiditas dan mortalitas, tetapi juga pada beban ekonomi dan sosial masyarakat.

Isu kesehatan global ini secara konsisten diidentifikasi memiliki kontributor terbesar, yaitu polusi udara lingkungan dan paparan asap rokok (aktif maupun pasif). Kesehatan pernapasan merupakan isu kesehatan global yang utama yang secara konsisten diidentifikasi sebagai kontributor terbesar adalah polusi udara lingkungan (Johan, 2023) dan paparan asap rokok (aktif maupun pasif).

Penting untuk memahami secara mendalam mekanisme ilmiah di balik interaksi antara zat polutan ini dengan sistem pernapasan manusia. Sangat dipengaruhi oleh kualitas lingkungan dan gaya hidup. Penting untuk memahami secara mendalam mekanisme ilmiah di balik interaksi antara zat polutan ini dengan sistem pernapasan manusia. Naskah ini adalah studi deskriptif kualitatif yang menggunakan studi literatur dan Sintesis Naratif untuk mengintegrasikan konsep-konsep terpisah. Pendekatan ini mengatasi celah dalam literatur yang sering membahas polusi atau asap rokok secara terpisah.

Novelty (kebaruan ilmiah) utama dari artikel ini, yang berjudul "Eksplorasi Konsep Ipa Tentang Mekanisme Gangguan Pernapasan Akibat Asap Rokok Dan Polusi", terletak pada Integrasi Lintas Disiplin IPA untuk menyajikan model konseptual yang koheren. Kontribusi kebaruan spesifik yang dihasilkan dari sintesis ini adalah perbandingan dan penggabungan mekanisme ganda yang menyebabkan kerusakan. Melalui eksplorasi ini, artikel mengidentifikasi dua mekanisme utama yang dihasilkan dari gabungan polutan, yaitu: (1) gangguan struktur dan fungsi seluler (seperti kerusakan silia, inflamasi kronis, kerusakan jaringan, dan fibrosis yang berujung pada PPOK), dan (2) gangguan pertukaran gas yang disebabkan oleh Karbon Monoksida dari asap rokok, yang membentuk karboksihemoglobin dan secara drastis mengurangi kapasitas darah membawa oksigen. Dengan menyajikan sintesis naratif mengenai gabungan kerusakan fisik, peradangan kimiawi, dan inefisiensi pertukaran gas, penelitian ini menawarkan landasan konseptual IPA yang komprehensif bagi pembaca untuk memahami ancaman kesehatan publik yang ganda ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi secara mendalam konsep-konsep Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), yang menjelaskan mekanisme gangguan pada sistem pernapasan manusia akibat paparan asap rokok dan polusi udara.

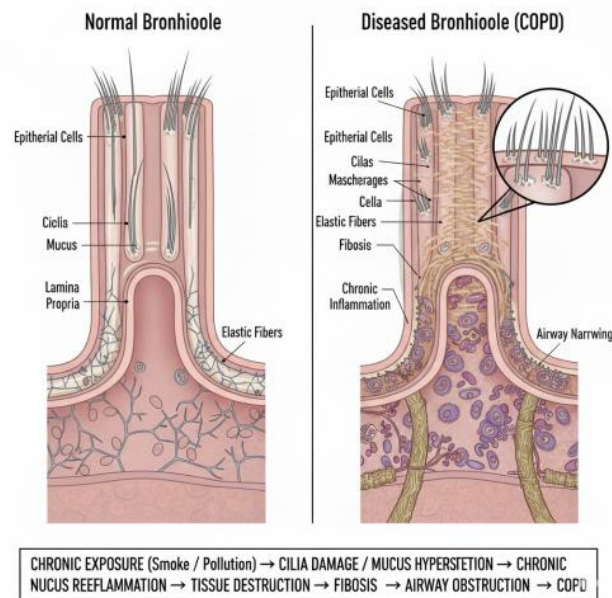
Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Metode Deskriptif Kualitatif dengan pendekatan berbasis Studi Literatur yang menggunakan teknik Sintesis Naratif. Penelitian ini pada dasarnya bertujuan untuk menggambarkan dan menguraikan fenomena secara mendalam, yaitu mekanisme gangguan pernapasan, melalui lensa konsep IPA. Data utamanya dikumpulkan dari sumber sekunder yang kredibel, yaitu berbagai jurnal ilmiah dan buku teks, yang bertindak sebagai "lapangan data". Alih-alih melakukan uji statistik atau eksperimen, data yang telah terkumpul kemudian dianalisis menggunakan Sintesis Naratif. Teknik ini berfungsi untuk mengintegrasikan konsep-konsep terpisah dari berbagai sumber. Hasil akhirnya adalah kerangka konseptual baru yang menyajikan pemahaman yang komprehensif dan logis mengenai bagaimana polusi dan asap rokok secara ilmiah memengaruhi sistem pernapasan, yang merupakan tujuan utama dari eksplorasi ini.

Hasil dan Pembahasan

Asap rokok dan polusi secara sinergis dapat merusak organel sel dan jaringan epitel pernapasan. Kerusakan Struktural dan Fungsional Seluler ini dapat dipicu dari Inflamasi Kronis. Kerusakan ini dimulai dengan *disfungsi silia* dan pemicuan *inflamasi kronis*. Secara progresif, kondisi ini menyebabkan kerusakan jaringan dan *fibrosis*, yang secara klinis bermanifestasi sebagai Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK), dijelaskan oleh (Samudra R, 2018) bahwa gangguan pernapasan terutama pada penderita penyakit paru obstruktif (PPOK) dimulai dari proses inflamasi pada jalan nafas yang disebabkan karena adanya gangguan kerja fungsi silia serta fungsi sel-sel makrofag yang mengakibatkan adanya peningkatan produksi lendir (mukus), destruksi septim alveolar serta fibrosis peribronkial. Hal ini juga didukung oleh (Safira, 2024) yang mengatakan bahwa Asap rokok yang terhirup dapat mengganggu proses kerja silia pada saluran pernapasan (rongga hidung) dan

menghambat mekanisme sistem imun lokal di respirasi lainnya sehingga jika terdapat organisme yang masuk melalui saluran pernapasan maka sistem kekebalan tubuh tidak berjalan secara optimal. Paparan asap rokok akan menyebabkan sebagian besar rambut getar atau silia di sekitar rongga hidung dan trakea menjadi lumpuh sehingga menyebabkan keluarnya lendir atau dahak dan menjadi tempat berkembang biaknya bakteri yang akan mudah terinfeksi.



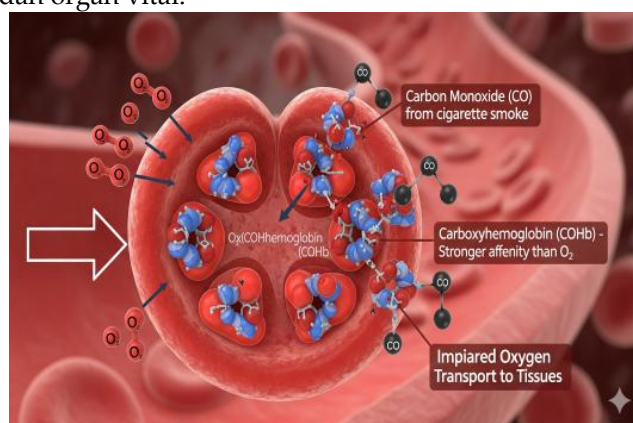
Gambar 1. Proses inflamasi pada jalan napas

Dapat dilihat dari gambar di atas Paparan kronis terhadap polutan (seperti asap rokok dan polusi udara) merusak fungsi pertahanan utama saluran napas, yaitu silia dan sel-sel makrofag. Kerusakan ini menyebabkan kegagalan sistem pembersihan mukosiliar, di mana silia tidak mampu menyapu lendir dan polutan keluar secara efektif. Akibatnya, terjadi peningkatan produksi lendir (mucus), yang menjebak lebih banyak polutan dan memicu respons inflamasi kronis yang tidak normal. Inflamasi kronis ini melibatkan pelepasan berbagai mediator inflamasi dan enzim perusak yang secara progresif menyebabkan kerusakan jaringan. Kerusakan ini mencakup destruksi septum alveolar (dinding kantung udara), yang mengurangi area pertukaran gas dan menyebabkan emfisema. Selain itu (Fikriya, 2020) juga menyebutkan, peradangan terus-menerus memicu proses perbaikan yang salah, menghasilkan fibrosis peribronkial yaitu pembentukan jaringan parut kaku di sekitar saluran napas kecil. Fibrosis ini menyebabkan dinding saluran napas menebal dan kehilangan elastisitasnya, yang secara klinis berujung pada obstruksi (penyempitan) aliran udara yang menetap dan diagnosis PPOK. Secara keseluruhan, PPOK adalah gabungan dari kerusakan struktural (fibrosis dan destruksi alveolar) dan inflamasi yang dipicu oleh kegagalan fungsi seluler awal.

Komposisi utama udara secara umum terdiri dari 78,1% nitrogen, 20,93% oksigen, dan 0,03% karbon dioksida. Selain itu, udara juga mengandung berbagai gas lainnya seperti argon, neon, krypton, xenon, dan helium, serta partikel-partikel seperti uap air, debu, bakteri, spora, dan sisa-sisa tumbuhan. Dikatakan juga oleh (Laude¹ & Tangahu, 2024) bahwa Pencemaran udara terjadi ketika zat asing masuk ke atmosfer, baik melalui aktivitas manusia secara langsung maupun tidak langsung, maupun akibat proses alamiah. Masuknya zat-zat ini menurunkan kualitas udara hingga mencapai tingkat yang dapat mengganggu atau bahkan meniadakan fungsi lingkungan sebagaimana mestinya. Zat-zat yang bukan bagian dari komposisi udara normal disebut sebagai polutan, dan keberadaannya dapat membahayakan kesehatan. Polusi udara kirni menjadi salah satu masalah lingkungan yang paling

mendesak di tingkat global. Meningkatnya kegiatan industri, transportasi, serta penggunaan bahan bakar fosil dan juga asap rokok telah menyebabkan pelepasan gas beracun dan partikel-partikel ke atmosfer yang secara signifikan menurunkan kualitas udara yang dihirup setiap hari.

Sementara itu Dikutip dari (Haris *et al.*, 2012) bahwa asap rokok mengandung senyawa berbahaya, karsinogen, mutagen, dan spesies oksigen reaktif (ROS) dalam bentuk partikel yang dapat menimbulkan kerusakan biologis. Di dalam rokok mengandung berbagai zat, diantaranya seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrogen sianida, amonia, nitrogen oksida (NO), hidrokarbon, tar, nikotin, dan benzopyrene. Dijelaskan juga oleh (Nuryati *et al.*, 2023) bahwa Rokok mengandung lebih dari 4000 bahan zat organik berupa gas maupun partikel yang telah diidentifikasi dari daun tembakau maupun asap rokok. Bahan tersebut umumnya bersifat toksik, karsinogenik di samping beberapa bahan yang bersifat radioaktif dan adiktif. Salah satu komponen dalam rokok ada yang disebut dengan fase gas Fase gas adalah berbagai macam gas berbahaya yang dihasilkan oleh asap rokok; terdiri dari nitrosamin, nitrosopirolidin, hidrasin, vinyl klorida, uretan, formaldehid, hidrogen sianida, akrolein, asetaldehida, nitrogen oksida, amonia piridin, dan karbon monoksida. Hal ini berkaitan dengan penjelasan di atas bahwa gas CO yang berasal dari asap rokok yang dihirup akan berikatan dengan hemoglobin (Hb) untuk membentuk Karboksihemoglobin (HbCO). Peningkatan kadar COHb dalam darah berisiko menyebabkan penurunan suplai Oksigen (O₂) ke jaringan, terutama ke otak dan jantung. (Hilyah *et al.*, 2021) menyebutkan bahwa Hal ini terjadi karena sifat HbCO yang lebih stabil dibandingkan Oksihemoglobin (HbO₂), (Meldacindya, Elsantika *et al.*, 2024) mengatakan bahwa sedangkan rokok mengandung gas beracun Karbon Monoksida. Menghirup gas ini menyebabkan sel-sel darah merah lebih terikat dengan karbon monoksida daripada oksigen. Akibatnya, kemampuan jantung dan otot menurun, menyebabkan kelelahan, dan dalam jumlah besar dapat menyebabkan kegagalan napas bahkan kematian. dapat diketahui bahwa setiap molekul Hb yang telah membentuk COH menjadi tidak berfungsi untuk membawa oksigen. Ini secara langsung mengurangi kapasitas transportasi oksigen darah, yang berujung pada kondisi hipoksia (kekurangan oksigen) pada jaringan dan organ vital.



Gambar 2. Gangguan pertukaran gas yang disebabkan oleh Karbon Monoksida (CO)

Gambar di atas memperjelas bahwa Gas beracun Karbon Monoksida (CO) yang dihirup dari asap rokok memasuki aliran darah dan langsung menyerang molekul Hemoglobin (Hb) yang ada di dalam sel darah merah, yang tugas normalnya adalah membawa Oksigen (O₂) ke seluruh tubuh. Molekul (CO) ini adalah perampas karena memiliki daya ikat ke Hemoglobin yang 200 hingga 300 kali lebih kuat daripada (O₂). Akibatnya, (CO) dengan cepat menggeser atau menghalangi (O₂) untuk berikatan dengan (Hb), membentuk senyawa stabil yang disebut Karboksihemoglobin (COHb). Karena (Hb) yang sudah terikat (CO) menjadi lumpuh dan tidak bisa lagi membawa (O₂), maka kapasitas total

darah untuk menyalurkan oksigen ke seluruh jaringan dan organ vital (seperti otak dan jantung) menurun drastis, yang secara klinis menyebabkan kondisi kekurangan oksigen atau Hipoksia.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksplorasi konsep IPA yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian untuk mengintegrasikan dan menjelaskan mekanisme gangguan pernapasan akibat paparan asap rokok dan polusi telah tercapai secara komprehensif. Temuan ilmiah utama menegaskan bahwa patologi pernapasan yang diinduksi oleh polutan merupakan fenomena ganda yang sinergis, melibatkan: (1) Kerusakan Struktur dan Fungsi Seluler, yang dipicu oleh paparan kronis yang melumpuhkan kerja silia dan fungsi sel makrofag, yang secara berkelanjutan menimbulkan inflamasi kronis, destruksi septum alveolar (seperti yang terlihat pada emfisema), dan fibrosis peribronkial. Proses kerusakan ini pada akhirnya berujung pada kondisi Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK). Sementara itu, mekanisme kedua adalah (2) Gangguan Pertukaran Gas, yang secara spesifik disebabkan oleh Karbon Monoksida (CO) yang terkandung dalam fase gas asap rokok, yang mana CO mengikat hemoglobin hingga membentuk Karboksihemoglobin (COHb). Pembentukan COHb ini secara drastis mengurangi kapasitas darah untuk membawa oksigen, karena afinitas CO terhadap hemoglobin jauh lebih tinggi dibandingkan oksigen. Dengan menyajikan sintesis naratif ini, penelitian telah menyediakan landasan konseptual IPA yang koheren, mengonfirmasi bahwa gangguan pernapasan adalah gabungan dari kerusakan fisik, peradangan kimiawi, dan inefisiensi fisiologis. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji validitas model konseptual ini melalui penelitian kuantitatif pada populasi berisiko, serta mengembangkan materi edukasi berbasis IPA yang terintegrasi untuk meningkatkan pemahaman masyarakat akan ancaman ganda polusi dan asap rokok.

References

- Fikriya, A. (2020). *Pengembangan Alat Peraga Bahaya Rokok Dan Mekanisme Pernapasan Pada Pembelajaran IPA Terpadu Di SMP/MTs*.
- Haris, A., Ikhsan, M., & Rogayah Rita. (2012). Asap rokok sebagai bahan pencemar ruangan. *Departemen Pulmonologi Dan Ilmu Kedokteran Respirasi, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia*, 1(1), 19.
- Hilyah, R. A., Lestari, F., & Mulqie, L. (2021). HUBUNGAN ANTARA KEBIASAAN MEROKOK DENGAN KADAR KARBON MONOKSIDA (CO) PEROKOK. 4(1), 1–5.
- Johan, A. (2023). Asap Rokok Merugikan Bagi Kesehatan Tubuh Manusia. *EJOIN : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(6), 555–558.
- Kemendes. (2024). *Bahaya Polusi Udara Bagi Kesehatan, Dampak, Penyebab Dan Pencegahannya*. Pusatkrisis Kesehatan.
- Laude¹, A. S., & Tangahu, R. (2024). PENGARUH POLUSI UDARA TERHADAP GANGGUAN PERNAPASAN AKUT DAN KRONIK. *Jurnal Ilmu Keperawatan, Universitas Negeri Gorontalo*.
- Meldacindya, Elsantika, N., Heru, Sigit, M., & Nurjani, E. (2024). *Kajian Pencemaran Lingkungan terhadap Kesehatan Masyarakat akibat Gas Buangan CO Kendaraan Bermotor di Kawasan Universitas Gadjah Mada*. 5(1), 16–38.
- Nuryati, N., Sumeru, K., Setyawan, A., Hikmat, Y. P., Sumeru, H. A., & Sukri, M. F. bin. (2023). Pengaruh Asap Rokok pada Peningkatan Konsentrasi PM2.5 dan PM10 di Ruang Tamu Akibat Merokok di Dalam dan di Luar Rumah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(1), 85–92. <https://doi.org/10.14710/jil.22.1.85-92>

- Safira, R. (2024). *Pengaruh paparan asap rokok dan polusi udara terhadap kejadian infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) pada masyarakat di wilayah kerja Puskesmas. umsu.*
- Samudra R, M. (2018). Asuhan Keperawatan pada Tn. S dan Tn. K dengan Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) dengan masalah keperawatan Ketidakefektifan Bersihan Jalan Nafas di Ruang Melati RSUD Dr. Haryoto Lumajang Tahun 2018. *Repository Universitas Jember, September 2019, 2019–2022.*