

Tinjauan Pustaka

Hubungan Kebiasaan Merokok dengan Kapasitas Fungsi Paru: Suatu Tinjauan Literatur

Putri Febi Mersiana¹, Winda Trijyanthi Utama², Ayu Tiara Fitri³, Syazili Mustofa³

¹Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung, Bandar Lampung

²Bagian Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung, Bandar Lampung

, Universitas Lampung, Bandar Lampung

³Bagian Fisiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung, Bandar Lampung

⁴Bagian Biologi Molekuler dan Biokimia, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung, Bandar Lampung

*Korespondensi: ptilameo@gmail.com

Abstrak

Pendahuluan: Merokok merupakan faktor risiko utama gangguan pernapasan yang berkontribusi terhadap penurunan kapasitas fungsi paru melalui mekanisme inflamasi kronis dan kerusakan jaringan paru. Indonesia memiliki prevalensi merokok yang tinggi sehingga dampak merokok terhadap fungsi paru menjadi isu kesehatan masyarakat yang penting. Tinjauan ini bertujuan untuk merangkum bukti ilmiah terkini mengenai hubungan kebiasaan merokok dengan kapasitas fungsi paru.

Metode: Penelitian ini merupakan tinjauan literatur yang disusun berdasarkan penelusuran literatur terstruktur dengan menggunakan PRISMA. Artikel diperoleh dari beberapa basis data ilmiah dengan kriteria inklusi meliputi publikasi berbahasa Inggris, melibatkan subjek manusia tanpa riwayat penyakit paru kronis, serta menilai kapasitas fungsi paru menggunakan parameter spirometri seperti FVC, FEV₁, atau rasio FEV₁/FVC.

Pembahasan: Hasil kajian menunjukkan bahwa kebiasaan merokok berhubungan negatif dengan kapasitas fungsi paru. Peningkatan intensitas dan durasi merokok berkaitan dengan penurunan nilai FVC, FEV₁, dan rasio FEV₁/FVC. Paparan asap rokok kronis memicu inflamasi saluran napas, kerusakan jaringan elastis paru, serta gangguan pembersihan mukosilier yang berkontribusi terhadap penurunan elastisitas dan kapasitas vital paru. Penurunan fungsi paru dapat terjadi sejak usia muda dan bersifat progresif apabila kebiasaan merokok berlanjut.

Simpulan: Seluruh studi yang dianalisis menunjukkan adanya hubungan antara kebiasaan merokok dengan penurunan kapasitas fungsi paru. Oleh karena itu, diperlukan upaya pencegahan dan edukasi kesehatan mengenai bahaya merokok untuk menekan risiko gangguan respirasi pada masyarakat.

Kata kunci: fungsi paru, kapasitas vital paru, merokok, respirasi, spirometri

The Correlation Between Smoking Behavior and Lung Function Capacity: A Literature Review

Abstract

Introduction: Smoking is a major risk factor for respiratory disorders and contributes to a decline in lung function capacity through chronic inflammatory mechanisms and structural damage to lung tissue. Indonesia has a high prevalence of smoking, making the impact of smoking on lung function an important public health issue. This review aims to summarize recent scientific evidence regarding the relationship between smoking habits and lung function capacity.

Methods: This study is a literature review conducted based on a structured literature search using the PRISMA framework. Articles were retrieved from several scientific databases using inclusion criteria that comprised English-language publications, studies involving human subjects without a history of chronic lung disease, and studies assessing lung function capacity using spirometric parameters such as forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV_1), or the FEV_1/FVC ratio.

Discussion: The findings indicate that smoking behavior is negatively associated with lung function capacity. Increased intensity and duration of smoking are associated with reductions in FVC, FEV_1 , and the FEV_1/FVC ratio. Chronic exposure to cigarette smoke induces airway inflammation, damage to elastic lung tissue, and impairment of mucociliary clearance, which collectively contribute to decreased lung elasticity and vital capacity. Declines in lung function may occur from a young age and progress with continued smoking.

Conclusion: All reviewed studies demonstrate an association between smoking habits and reduced lung function capacity. Therefore, preventive measures and health education regarding the harmful effects of smoking are essential to reduce the risk of respiratory disorders in the population.

Keywords: lung function, vital lung capacity, smoking, respiration, spirometry

1. PENDAHULUAN

Rokok merupakan produk tembakau yang menjadi faktor risiko dari berbagai penyakit dan gangguan pernafasan. Setiap tahun, sekitar 225.700 orang di Indonesia meninggal akibat merokok atau penyakit lain yang berkaitan dengan tembakau.

Menurut WHO, Epidemio tembakau merupakan salah satu ancaman kesehatan masyarakat terbesar yang pernah dihadapi dunia, yang bertanggung jawab atas lebih dari 7 juta kematian setiap tahunnya serta kecacatan dan penderitaan jangka panjang akibat penyakit

yang berhubungan dengan tembakau.^{1,24}

The ASEAN Tobacco Sentral Atlas (SEACTA) tahun 2014, menempatkan Indonesia sebagai negara dengan peringkat pertama dengan prevalensi merokok terbanyak di ASEAN, yakni sebesar 50,68%. Menurut WHO (2015), mencatat bahwa jumlah perokok aktif di Indonesia yaitu sebanyak 72.723.300 orang dan diperkirakan mengalami peningkatan pada tahun 2025 menjadi 96.776.800 orang.²⁵

Indonesia saat ini berada dalam situasi darurat terkait konsumsi tembakau. Berdasarkan data terbaru yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2024, prevalensi merokok di Indonesia menunjukkan angka yang mengkhawatirkan dan persisten tinggi. Data Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) Maret 2024 mencatat bahwa persentase penduduk berumur 15 tahun ke atas yang merokok tembakau selama sebulan terakhir secara nasional mencapai angka 28,99%. Angka ini mencerminkan bahwa hampir sepertiga populasi dewasa di Indonesia terpapar secara aktif terhadap toksin rokok, belum termasuk populasi perokok pasif yang terpapar asap sampingan (*secondhand smoke*). Berdasarkan data BPS tahun 2024, Lampung merupakan

provinsi dengan perokok tembakau berusia 15 tahun ke atas tertinggi di Indonesia yaitu dengan persentase 33,84% pada tahun 2024. Jumlah ini meningkat dari tahun-tahun sebelumnya yaitu sebesar 33,08% pada tahun 2023 dan 33,81% pada tahun 2022.²

Menurut Perhimpunan Dokter Paru Indonesia, merokok merupakan faktor risiko dari berbagai penyakit dan gangguan pernafasan seperti Penyakit Paru Obstruksi Kronis (PPOK), kanker paru, emfisema dan gangguan fungsi pernafasan. Merokok telah terbukti menjadi salah satu faktor risiko utama yang menyebabkan penurunan fungsi paru. Paparan asap rokok secara terus-menerus dalam jangka panjang dapat mempercepat penurunan kapasitas paru sehingga meningkatkan risiko terjadinya penyakit pernapasan kronis dan berbagai komplikasi kesehatan serius lainnya.³

Paparan asap rokok yang bersifat kronis dapat memicu inflamasi saluran napas, kerusakan epitel bronkus, serta destruksi alveoli yang pada akhirnya mengakibatkan penurunan fungsi paru. Salah satu indikator penting untuk menilai kondisi kesehatan paru adalah kapasitas fungsi paru, yang dapat diukur melalui pemeriksaan spirometri seperti *Forced Vital Capacity* (FVC),

Forced Expiratory Volume in One Second (FEV₁), dan rasio FEV₁/FVC. Fungsi paru dapat dievaluasi melalui pemeriksaan spirometri, dengan menggunakan alat yang disebut spirometer. Pada perokok aktif, penurunan nilai spirometri sering ditemukan secara progresif sesuai intensitas dan durasi kebiasaan merokok, bahkan dapat terjadi sebelum gejala gangguan pernapasan muncul.^{3,4}

Indonesia sebagai salah satu negara dengan jumlah perokok aktif tertinggi di dunia menghadapi beban penyakit pernapasan yang signifikan akibat rokok. Meskipun hubungan antara kebiasaan merokok dan penurunan fungsi paru telah banyak diteliti, hingga kini belum banyak kajian yang merangkum secara komprehensif bukti ilmiah terkini dengan menitikberatkan pada parameter spirometri serta mekanisme patofisiologis yang mendasari penurunan fungsi paru, khususnya pada populasi dewasa tanpa penyakit paru kronis. Oleh karena itu, *literature review* ini bertujuan untuk mengompilasi dan mensintesis hasil penelitian terkini mengenai hubungan kebiasaan merokok dengan kapasitas fungsi paru, sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah sebagai dasar upaya pencegahan dan pengendalian penyakit pernapasan akibat rokok.^{1,3,25}

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *narrative review* yang disusun mengikuti pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses* (PRISMA) 2020.

Pertanyaan penelitian dalam tinjauan ini disusun menggunakan pendekatan PICO, yaitu: *Population* (P) adalah individu dewasa dan remaja tanpa riwayat penyakit paru kronis; *Intervention/Exposure* (I) adalah kebiasaan merokok aktif; *Comparison* (C) adalah individu non-perokok atau kelompok dengan tingkat paparan rokok yang lebih rendah; dan *Outcome* (O) adalah kapasitas fungsi paru yang dinilai melalui parameter spirometri, meliputi (FVC), (FEV₁), atau rasio (FEV₁/FVC). Intensitas dan kebiasaan merokok dinilai secara kuantitatif, antara lain menggunakan jumlah rokok per hari, durasi merokok, nilai *pack-years*, atau Indeks Brinkman.

Pencarian literatur dilakukan melalui tiga basis data elektronik, yaitu Google Scholar, PubMed dan ResearchGate sampai dengan 15 Desember 2025. Kata kunci (*keywords*) disusun menggunakan logika Boolean yang terdiri dari: "*Smoking status*", "*Cigarette smoking*", "*Smokers vs Non-smokers*", "*Lung function*", "*Spirometry*", "*FEV1*", "*FVC*",

"adults", "adolescents". Dari hasil penelusuran awal, diperoleh masing-masing 242 artikel dari Google Scholar, 361 artikel dari PubMed dan 38 dari ResearchGate sehingga total artikel yang teridentifikasi pada tahap awal sebanyak 641 judul penelitian. Seluruh artikel tersebut kemudian diperiksa untuk memastikan tidak terdapat duplikasi, dan berdasarkan hasil pengecekan ditemukan 2 artikel yang terduplikasi sehingga 639 artikel dilanjutkan ke tahap penyaringan awal.

Tahap *screening* dilakukan melalui peninjauan judul dan abstrak untuk menilai kesesuaian dengan topik penelitian, yaitu hubungan antara kebiasaan merokok dan kapasitas vital paru yang diukur menggunakan parameter spirometri. Pada tahap ini, artikel yang tidak relevan, bukan penelitian primer, tidak melibatkan subjek manusia, atau tidak menilai fungsi paru dikeluarkan dari analisis. Setelah proses penyaringan judul dan abstrak, tersisa 110 artikel yang memenuhi kriteria untuk dilanjutkan ke tahap penilaian kelayakan (*full-text eligibility*).

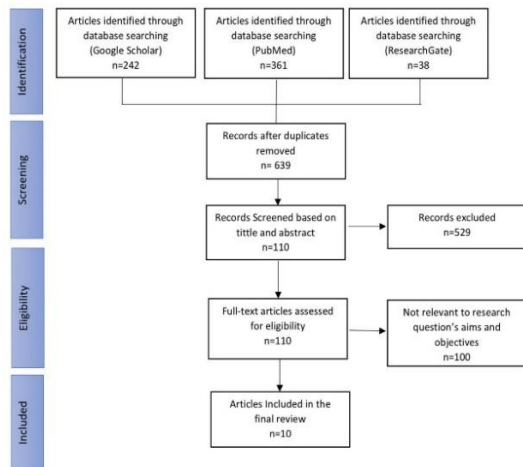
Selanjutnya, seluruh artikel terpilih pada tahap *screening* dievaluasi secara menyeluruh melalui peninjauan teks lengkap. Evaluasi dilakukan berdasarkan beberapa kriteria inklusi, yaitu artikel terbit

dalam rentang waktu 2020-2025, berbahasa inggris, penelitian harus menilai kapasitas fungsi paru menggunakan pemeriksaan spirometri, dengan parameter utama berupa FEV₁, FVC, dan/atau rasio FEV₁/FVC, menggunakan desain studi penelitian observasional, melibatkan subjek manusia tanpa riwayat penyakit paru kronis, serta menyediakan akses teks lengkap. Artikel yang tidak memenuhi kriteria tersebut dieksklusi pada tahap ini. Dari 110 artikel yang dievaluasi, sebanyak 100 artikel tidak memenuhi kriteria kelayakan, baik karena tidak mengukur fungsi paru, tidak relevan dengan topik penelitian, melibatkan subjek dengan penyakit paru tertentu, atau tidak tersedia dalam bentuk teks lengkap.

Pada tahap akhir proses seleksi, sebanyak 10 artikel memenuhi seluruh kriteria inklusi dan dinyatakan layak untuk dianalisis lebih lanjut. Artikel-artikel inilah yang kemudian digunakan dalam sintesis hasil penelitian untuk mengevaluasi hubungan antara kebiasaan merokok dan kapasitas vital paru.

Data dari semua literatur tersebut akan ditinjau untuk dinilai kesamaan, perbedaan, ataupun kekurangan dan kelebihan, kemudian data-data ini juga akan dipadukan dengan dasar teori

yang telah ada untuk disintesis menjadi sebuah studi literatur.

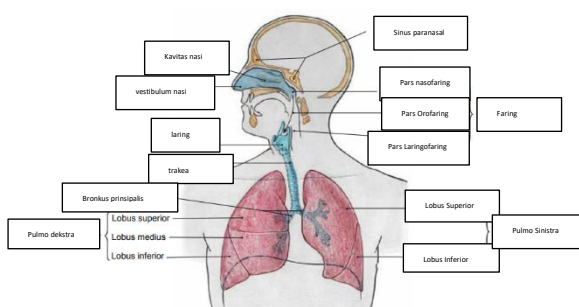


Gambar 1. PRISMA flow diagram²⁴

3. PEMBAHASAN

Studi ini mengulas 10 artikel yang masing-masing dijelaskan pada tabel 1. Sepuluh studi yang dianalisis menunjukkan adanya hubungan antara kebiasaan merokok dengan penurunan kapasitas fungsi paru.

Sistem pernafasan terdiri dari hidung, faring, laring, trakea, bronkus, bronkiolus dan paru-paru.^{4,7}



Gambar 2. Sistem pernafasan (Paulse & Waschke, 2015)

Proses pernafasan meliputi 2 proses, yaitu menghirup udara

(inspirasi) dan mengeluarkan udara (ekspirasi). Udara mengalir dari daerah bertekanan tinggi ke tekanan rendah. Perbedaan tekanan akibat perubahan pada volume paru membuat udara masuk ke paru ketika inspirasi. Inspirasi dapat terjadi ketika paru mengembang dan meningkatkan volumenya.^{4,7}

Volume paru pada manusia terbagi menjadi: *Tidal Volume* (TV), *Inspiratory Reserve Volume* (IRV), *Expiratory Reserve Volume* (ERV), *Residual Volume* (RV), *Forced Expiratory Volume in 1 second* (FEV1). Sedangkan Kapasitas paru adalah jumlah dua atau lebih volume paru. Kapasitas paru pada manusia terbagi menjadi: *Vital Capacity* (VC), *Inspiratory Capacity* (IC), *Total lung Capacity* (TLC), *Functional Residual Capacity* (FRC).⁷

Fungsi paru dapat dievaluasi melalui pemeriksaan spirometri, dengan menggunakan alat yang disebut spirometer. Parameter utama yang digunakan dalam pemeriksaan spirometri yaitu FVC dan FEV₁ dan rasio FEV₁/FVC.⁷

Hubungan antara merokok dan penurunan fungsi paru didasari oleh mekanisme patofisiologis yang kompleks dan multifaktorial. Asap rokok adalah aerosol toksik yang mengandung lebih dari 4.000 bahan kimia, termasuk fase gas dan fase partikulat (tar).

Tabel 1. Hasil Pencarian Komprehensif

No	Penulis, tahun	Desain Penelitian	Sampel	Hasil
1.	Hermanto A, Masroni M, Melana LIT, Yufenanda MM. (2025) ¹¹	<i>Cross-sectional</i> (Survei Analitik)	50 orang dewasa.	Terdapat korelasi negatif yang signifikan antara perilaku merokok (skor kuesioner GN-SBQ) dan fungsi paru dengan pemeriksaan spirometri yang mengukur FEV1, FVC dan FEV1/FVC ($p=0.010$; $r=-0.360$). Semakin tinggi intensitas perilaku merokok, semakin rendah kapasitas paru.
2.	Jain & Songra (2022) ¹²	<i>Cross-sectional</i> (Survei Analitik)	160 orang (80 perokok asimtomatik, 80 non-perokok) di India.	Penurunan signifikan pada FEV1, FEV1%, FEV1/FVC, PEFR, dan MMEF 25-75% pada perokok yang dinilai menggunakan perhitungan <i>smoking total pack-years</i> ($P<0.001$). Semakin tinggi intensitas perilaku merokok, semakin rendah kapasitas paru.
3.	Rehman et al (2021) ¹³	<i>Cross-sectional</i> (Survei Analitik)	161 mahasiswa laki-laki (35 perokok, 112 non-perokok) di Pakistan.	Pemeriksaan dilakukan dengan spirometri yang mengukur FEV1, FVC, dan rasio FEV1/FVC secara signifikan lebih rendah pada perokok yang diukur menggunakan Global Adult Tobacco Survey (GATS) and Lung function Questionnaire (LFQ) dibandingkan non-perokok. Tidak ada perbedaan signifikan pada FVC absolut.
4.	Tian et al (2023) ¹⁴	<i>Cross-sectional</i> (Survei Analitik)	14.273 dan longitudinal pada 3.558 di Cina.	Perokok aktif diukur berdasarkan <i>smoking total pack years</i> dan <i>cigarettes per day</i> , sementara kapasitas paru diukur dengan pemeriksaan spirometri yaitu nilai FEV1, FVC, dan rasio FEV1/FVC lalu didapatkan hasil percepatan penurunan FEV1 tahunan (5.04 mL/tahun lebih cepat dari non-perokok). Intensitas >30 btg/hari memperburuk penurunan hingga 13-14 kali lipat.
5.	Lorensia A, Muntu CM, Suryadinata RV, Septiani R (2021) ¹⁵	<i>Cross-sectional</i> (Survei Analitik)	124 (Mahasiswa: 62 Perokok, 62 Non)	Pengukuran kapasitas fungsi paru dilakukan menggunakan pemeriksaan spirometri dengan menilai parameter FEV1, FVC, dan rasio FEV1/FVC. Intensitas merokok dinilai menggunakan Indeks Brinkman. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada nilai fungsi paru (<70 vs ≥ 70) antara kelompok perokok dan non-perokok ($p = 0,00$). Sebanyak 32,26% perokok mengalami gangguan fungsi paru, sedangkan pada kelompok non-perokok hanya 3,23% yang mengalami gangguan fungsi paru.

No	Penulis, tahun	Desain Penelitian	Sampel	Hasil
6.	Adatia et al (2021) ¹⁶	<i>Retrospektif Cohort</i>	29.441 subjek (7.081 perokok) di Kanada.	Pengukuran kapasitas fungsi paru dilakukan menggunakan pemeriksaan spirometri dengan menilai parameter FEV ₁ , FEF ₅₀ , FEF ₇₅ , dan PEF _R . Intensitas merokok dinilai berdasarkan <i>total smoking pack-years</i> . Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan nilai <i>pack-years</i> berhubungan dengan penurunan FEV ₁ , FEF ₅₀ , FEF ₇₅ , serta kapasitas difusi paru (DLCO), sementara kekuatan otot perifer relatif tetap terjaga.
7.	Sripadrao, Chimkode SM, Patil L (2021) ¹⁷	<i>Observational sectional</i>	<i>Cross-</i> 120 (60 perokok dan non perokok)	Intensitas merokok dinilai berdasarkan <i>smoking total pack-years</i> . Pengukuran kapasitas fungsi paru dilakukan menggunakan pemeriksaan spirometri dengan menilai seluruh parameter <i>pulmonary function test</i> (PFT), meliputi FVC, FEV ₁ , FEV ₁ %, PEF _R , dan FEF ₂₅₋₇₅ %. Seluruh parameter PFT secara signifikan lebih baik pada kelompok non-perokok dibandingkan perokok ($p < 0,05$). Sebanyak 63% perokok menunjukkan hasil PFT abnormal, dan proporsi tersebut meningkat menjadi 79% pada subjek dengan paparan merokok lebih dari 15 <i>pack-years</i> .
8.	Saiphoklang Poachanukoon Soorapan S (2020) ¹⁸	N, O, <i>Cross Sectional</i>	433 (Atlet Universitas)	Pengukuran kapasitas fungsi paru dilakukan menggunakan pemeriksaan spirometri dengan menilai parameter FEV ₁ , FVC, dan rasio FEV ₁ /FVC. Kebiasaan merokok dinilai berdasarkan <i>cigarettes per day</i> . Hasil penelitian menunjukkan bahwa perokok memiliki nilai absolut FVC dan FEV ₁ yang lebih tinggi, yang diduga berkaitan dengan efek latihan atletik. Namun, rasio FEV ₁ /FVC secara signifikan lebih rendah pada perokok (78,21%) dibandingkan non-perokok (79,70%; $p = 0,015$).
9.	Najman et al (2023) ¹⁹	<i>Prospektif Cohort</i>	1713 (Usia 21 dan 30 tahun).	Kapasitas fungsi paru dinilai menggunakan pemeriksaan spirometri dengan parameter FEV ₁ , FVC, dan rasio FEV ₁ /FVC. Kebiasaan merokok dinilai berdasarkan <i>cigarettes per day</i> . Hasil penelitian menunjukkan bahwa merokok tembakau secara konsisten berhubungan dengan penurunan FEV ₁ dan rasio FEV ₁ /FVC, sedangkan penggunaan ganja (<i>cannabis</i>) tidak menunjukkan penurunan fungsi paru dan pada beberapa studi bahkan dikaitkan dengan peningkatan nilai FVC.

No	Penulis, tahun	Desain Penelitian	Sampel	Hasil
10.	Maccarone et al (2024) ²⁰	<i>Cross-sectional</i>	1.836 Veteran AS	Paparan merokok yang dinilai berdasarkan <i>total pack-years</i> berhubungan secara signifikan dengan penurunan fungsi paru yang diukur menggunakan pemeriksaan spirometri, meliputi parameter FEV ₁ , FVC, dan rasio FEV ₁ /FVC. Penurunan paling nyata ditemukan pada FEV ₁ %-predicted dan rasio FEV ₁ /FVC. Setiap peningkatan 4 <i>pack-years</i> dikaitkan dengan penurunan FEV ₁ %-predicted sebesar 0,82% serta penurunan rasio FEV ₁ /FVC sebesar 0,54%.

Keterangan: PEF (Peak Expiratory Flow Rate), FEF_{25–75%} (Forced Expiratory Flow at 25–75% of FVC), FEF₅₀ (Forced Expiratory Flow at 50% of FVC), FEF₇₅ (Forced Expiratory Flow at 75% of FVC), MMEF_{25–75%} (Maximal Mid-Expiratory Flow), DLCO (Diffusing Capacity of the Lung for Carbon Monoxide)

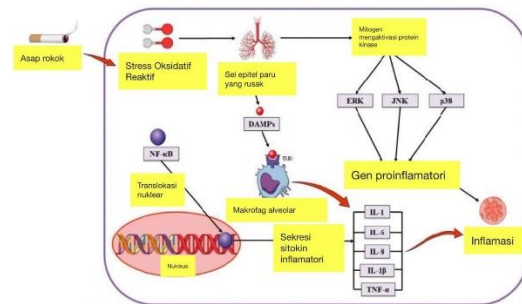
Komponen-komponen ini, seperti akrolein, formaldehida, nitrogen oksida, kadmium, dan berbagai karsinogen, memicu kaskade kerusakan pada epitel saluran napas dan parenkim paru.^{1,5}

Mekanisme utama kerusakan paru dapat dijelaskan melalui tiga jalur utama:

1) Stres Oksidatif dan Inflamasi Kronis

Asap rokok mengandung konsentrasi tinggi *Reactive Oxygen Species* (ROS) dan radikal bebas. Paparan terus-menerus membanjiri kapasitas antioksidan alami paru (seperti glutathione), menyebabkan stres oksidatif yang dapat mengakibatkan kerusakan biokimiawi pada jaringan (nekrosis). Stres oksidatif ini memicu aktivasi faktor transkripsi pro-inflamasi seperti Nuclear Factor-kappa B (NF- κ B), yang kemudian menginduksi ekspresi mediator inflamasi seperti Interleukin-8 (IL-8) dan TNF-alpha. Akibatnya, terjadi rekrutmen sel-sel inflamasi, terutama neutrofil dan makrofag, ke dalam saluran napas dan alveolus. Inflamasi kronis ini menyebabkan kerusakan jaringan secara langsung, inaktivasi antiprotease, hipersekresi mukus, disfungsi sawar pembuluh darah yang

menyebabkan edema pada dinding bronkus, bronkokonstriksi dan peningkatan peradangan paru-paru melalui aktivasi faktor transkripsisensitif redoks dalam leukosit.^{3,8,9,10}

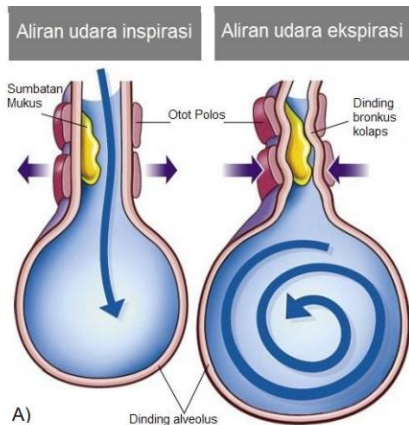


Gambar 3. Proses inflamasi akibat rokok (Addissouky et al, 2015)

2) Ketidakseimbangan Protease-Antiprotease

Sel-sel inflamasi yang teraktivasi melepaskan enzim proteolitik, seperti neutrophil elastase dan *matrix metalloproteinases* (MMPs), yang berfungsi mendegradasi matriks ekstraseluler, khususnya serat elastin dan kolagen pada alveolus. Dalam keadaan sehat, enzim ini dihambat oleh antiprotease seperti alpha-1 antitrypsin. Namun, oksidan dalam asap rokok dapat menginaktivasi antiprotease tersebut secara langsung. Ketidakseimbangan ini menyebabkan destruksi serat elastin dan kolagen pada dinding alveolus, yang merupakan patogenesis utama emfisema. Hilangnya *elastic recoil* paru

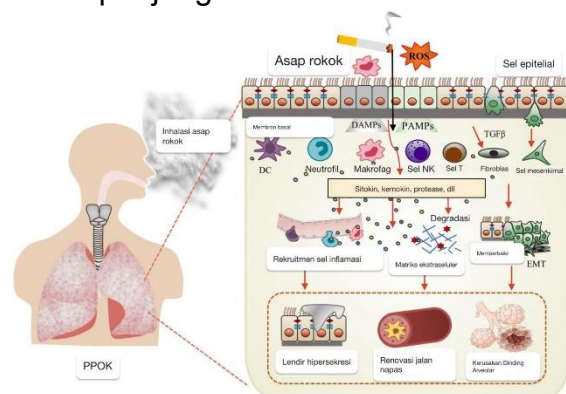
menyebabkan saluran napas kecil kehilangan tahanan (*tethering*) radialnya, sehingga mudah kolaps saat ekspirasi, menjebak udara di dalam paru (*air trapping*), dan menurunkan kapasitas fungsi paru (FEV1/FVC).^{3,8,9}



Gambar 4. Aliran udara inspirasi dan ekspirasi (*air trapping*) (Perhimpunan Dokter Paru Indonesia, 2015)

- 3) Disfungsi Mukosiliar dan Remodeling Saluran Napas
 Disfungsi mukosiliar terjadi ketika komponen toksik asap rokok, seperti formaldehid dan akrolein, merusak serta melumpuhkan gerakan silia dengan pemendekan silia (*siliostasis*) serta kematian sel epitel bersilia. Kerusakan ini menyebabkan penurunan kemampuan *mucociliary clearance*, sehingga mukus yang semakin kental dan lengket akibat peningkatan sekresi oleh sel goblet tidak dapat dikeluarkan secara

efektif. Akumulasi mukus dan partikel asing kemudian memicu inflamasi kronis dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi saluran pernapasan. Proses inflamasi yang berulang dan berkepanjangan selanjutnya berkontribusi pada *remodelling* saluran napas, yaitu perubahan struktural permanen yang mencakup metaplasia epitel, peningkatan jumlah sel goblet, penebalan dinding bronkus akibat fibrosis subepitel, serta hipertrofi dan hiperplasia otot polos menyebabkan penyempitan lumen jalan napas secara permanen (obstruksi ireversibel). Perubahan patologis ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan fungsi paru pada perokok dalam jangka panjang.^{3,8}



Gambar 5. Efek asap rokok dalam perkembangan PPOK (Su et al, 2022)

Merokok secara konsisten terbukti memberikan dampak signifikan terhadap penurunan kapasitas

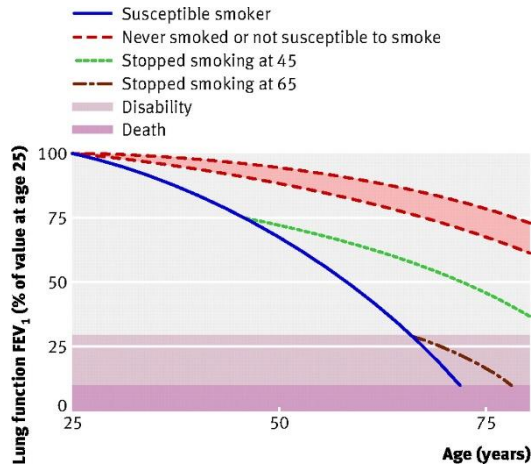
fungsi paru pada berbagai kelompok populasi. Seluruh penelitian yang direview menunjukkan pola yang sama, yaitu perokok memiliki nilai FEV₁, FVC, serta rasio FEV₁/FVC yang lebih rendah dibandingkan non-perokok. Penelitian Hermanto *et al*, menunjukkan adanya korelasi negatif yang signifikan antara intensitas perilaku merokok dan fungsi paru ($r = -0.360$; $p = 0.010$), dimana peningkatan perilaku merokok diikuti penurunan kapasitas ventilasi paru.¹¹ Temuan ini sejalan dengan hasil Jain & Songra, Rehman *et al*, serta Sripadrao *et al*, yang sama-sama melaporkan penurunan signifikan pada berbagai parameter spirometri seperti FEV₁, FEV₁/FVC, PEF, dan FEF_{25-75%} pada kelompok perokok ($p < 0.05$ hingga $p < 0.001$).^{12,13,17}

Selain itu, beberapa studi menunjukkan bahwa tingkat paparan rokok, baik melalui frekuensi merokok harian maupun nilai *pack-years*, berkaitan erat dengan derajat penurunan fungsi paru. Sripadrao *et al*, melaporkan bahwa 63% perokok memiliki hasil *Pulmonary Function Test* (PFT) abnormal, dan angka ini meningkat menjadi 79% pada perokok dengan >15 *pack-years*.¹⁷ Penelitian Tian juga mencatat bahwa perokok aktif mengalami percepatan penurunan FEV₁ sebesar 5.04 mL/tahun, bahkan pada intensitas >30 batang/hari, penurunan dapat terjadi 13–14 kali lebih cepat dibanding non-perokok.¹⁴ Sementara itu, Adatia *et al* serta Maccarone *et al*

menemukan bahwa peningkatan *pack-years* secara signifikan menurunkan FEV₁, FEF₅₀₋₇₅, kapasitas difusi (DLCO), dan rasio FEV₁/FVC.^{16,20}

Penelitian pada remaja dan mahasiswa juga menunjukkan dampak yang sama. Lorensia *et al*, melaporkan bahwa perokok memiliki prevalensi gangguan fungsi paru hingga 32,26%, jauh lebih tinggi dibanding non-perokok (3,23%).¹⁵ Bahkan pada populasi atlet, Saiphoklang *et al*, menemukan bahwa meskipun nilai FEV₁ dan FVC absolut masih tinggi (dipengaruhi latihan fisik), rasio FEV₁/FVC tetap lebih rendah secara signifikan pada kelompok perokok ($p = 0.015$), yang menunjukkan adanya obstruksi dini saluran napas.¹⁸

Studi longitudinal jangka panjang oleh Najman *et al*, juga mengonfirmasi bahwa penggunaan tembakau secara konsisten menurunkan FEV₁ dan rasio FEV₁/FVC, mengindikasikan bahwa efek merokok bersifat progresif dan menetap.¹⁹



Gambar 6. Grafik fungsi paru terhadap usia yang menunjukkan pengaruh rokok dalam penurunan fungsi paru terkait usia (Parkes et al, 2008)

Grafik tersebut menggambarkan perbedaan penurunan fungsi paru (FEV_1) seiring bertambahnya usia berdasarkan kebiasaan merokok. Individu yang tidak pernah merokok mengalami penurunan fungsi paru yang lambat dan bersifat fisiologis, sehingga fungsi paru tetap berada pada kisaran aman hingga usia lanjut. Sebaliknya, perokok yang rentan menunjukkan penurunan fungsi paru paling cepat dan curam, sehingga berisiko mengalami disabilitas bahkan kematian lebih awal akibat penurunan FEV_1 yang sangat rendah. Grafik ini juga menunjukkan bahwa berhenti merokok memberikan manfaat besar: berhenti pada usia 45 mampu memperlambat penurunan fungsi paru secara signifikan, sementara berhenti di usia 65 tetap bermanfaat tetapi tidak dapat mengembalikan kerusakan yang telah terjadi. Merokok mempercepat kerusakan paru, dan semakin cepat seseorang

berhenti merokok, semakin besar peluang mempertahankan fungsi paru yang lebih baik di usia tua.²²

Secara fisiologis, penurunan fungsi paru pada perokok berhubungan dengan mekanisme inflamasi kronis, stres oksidatif, kerusakan sel epitel paru, penurunan elastisitas jaringan, air trapping, serta remodeling saluran napas. Proses ini pada akhirnya menyebabkan penurunan nilai spirometri dan peningkatan risiko PPOK. Temuan dari beragam studi ini secara konsisten memperkuat bukti bahwa merokok merupakan faktor risiko utama penurunan fungsi paru, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.^{3,8,9,10}

Hasil tinjauan ini menunjukkan bahwa kebiasaan merokok berhubungan konsisten dengan penurunan kapasitas fungsi paru, bahkan pada individu tanpa gejala respirasi. Temuan ini menegaskan pentingnya spirometri sebagai alat skrining dini pada perokok aktif untuk mendeteksi penurunan fungsi paru sejak tahap awal. Bagi praktisi kesehatan, penyampaian informasi kuantitatif mengenai penurunan fungsi paru berdasarkan intensitas merokok, seperti nilai pack-years, dapat dimanfaatkan sebagai alat edukasi dan motivasi dalam upaya penghentian merokok.^{4,11,12,13}

Selain itu, bukti penurunan fungsi paru pada usia remaja dan dewasa muda memperkuat urgensi upaya

pengecahan primer, khususnya melalui edukasi kesehatan di sekolah, kampus, dan tempat kerja. Dengan demikian, hasil tinjauan ini mendukung strategi promotif dan preventif dalam pengendalian konsumsi tembakau serta perlindungan kesehatan paru pada kelompok usia produktif.^{2,3}

Keterbatasan tinjauan ini meliputi dominasi desain *cross-sectional*, variasi metode penilaian kebiasaan merokok, serta potensi bias dari data yang dilaporkan sendiri. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain longitudinal dengan pengukuran paparan merokok yang lebih seragam dan mempertimbangkan faktor perancu untuk memperkuat bukti hubungan kausal.^{14,15,16}

4. KESIMPULAN

Merokok memiliki hubungan yang signifikan dengan penurunan kapasitas fungsi paru. Peningkatan intensitas dan durasi merokok, termasuk jumlah rokok yang dikonsumsi per hari maupun *pack-years*, berhubungan dengan penurunan nilai FEV1, FVC dan rasio FEV1/FVC sebagai indikator kapasitas paru. Hal ini terjadi karena paparan asap rokok secara kronis menyebabkan inflamasi saluran napas, kerusakan jaringan elastis paru, serta gangguan fungsi pembersihan mukosilier yang mengakibatkan penurunan elastisitas dan peningkatan hambatan aliran udara saat

ekspirasi. Dampak mekanistik tersebut berkontribusi terhadap menurunnya kapasitas vital paru yang dapat muncul bahkan pada usia produktif dan bersifat progresif apabila kebiasaan merokok berlanjut. Dengan demikian, merokok merupakan faktor risiko penting dalam menurunkan kapasitas vital paru, sehingga diperlukan upaya pencegahan edukasi, dan pemantauan fungsi paru secara berkala pada perokok untuk mencegah gangguan respirasi yang lebih berat..

DAFTAR PUSTAKA

1. Republik Indonesia. Peraturan Pemerintah Nomor 109 Tahun 2012 tentang Pengamanan Bahan yang Mengandung Zat Adiktif Berupa Produk Tembakau bagi Kesehatan. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia; 2012.
2. Badan Pusat Statistik. Persentase penduduk berumur 15 tahun ke atas yang merokok tembakau selama sebulan terakhir menurut provinsi, 2024 [internet]. Jakarta: Badan Pusat Statistik; 2024 [diakses 1 Desember 2025]. Tersedia dari: <https://www.bps.go.id>
3. Jonathan S, Damayanti T, Antariksa B. Patofisiologi Emfisema. *Jurnal Respirologi Indonesia*. 2019;39(1):60–69.
4. Sherwood L. *Introduction to human physiology*. 9th ed. Boston: McGraw-Hill; 2019.

5. Nur YM, Husna N, Rosmanidar. Hubungan Pengetahuan tentang Bahaya Merokok dengan Perilaku Merokok Siswa SMP Negeri 2 Lubuk Alung. [Universitas Sumatera Barat]; 2022.
6. Setyaningsih Y, Wahyuni I, Kurniawan B, Ekawati E. Kadar debu lingkungan kerja dan kapasitas kerja sebagai determinan penurunan kapasitas fungsi paru. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 2023;22(2):214–20.
7. Paulse, J., & Waschke, F. (2015). *Sobotta Atlas Anatomi Manusia*. Jilid 2 Vol 1. Jakarta: EGC; 2015. hlm. 32–40.
8. Yudhawati R, Prasetyo YD. Imunopatogenesis Penyakit Paru Obstruktif Kronik. *Jurnal Respirasi*. 2018;4(1):19–25.
9. Mustofa, S., & Fahmi, Z. Y. Efek Protektif Kardiovaskular Ekstrak *Rhizophora apiculata* Berbagai Pelarut pada Tikus yang Dipaparkan Asap Rokok. *Jurnal Kedokteran Universitas Lampung*. 2021;5(1):7-15.
10. Mustofa, S., Anggraeni, L., Putri, G. T., Kurniawan, B., & Kurnia, A. F. A. A Case Report: Severe Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) Exacerbation Due to Community-Acquired Pneumonia (CAP) Infection in Smokers. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*. 2025;12(1):45-50.
11. Hermanto, A., Masroni, M., Melana, L. I. T., & Yufenanda, M. Association between smoking habits and lung function among adult smokers: A cross-sectional study in public health settings. *The Journal of Palembang Nursing Studies*. 2025; 4(3):135–142. <https://doi.org/10.55048/jpns182>
12. Jain, A., & Songra, A. A cross-sectional study to investigate short duration toxic consequences of smoking to lungs of asymptomatic smokers through spirometry and 6-minute walk test. *Asian Journal of Medical Sciences*. 2022;13(8): 179-185.
13. Rehman, O. U., Amjad, F., & Waqas, M. Effects of smoking on lung function in students at University of Lahore, Pakistan. *Rawal Medical Journal*. 2021; 46(4):803–805.
14. Tian, T., Jiang, X., Qin, R., Ding, Y., Yu, C., Xu, X., & Song, C. Effect of Smoking on Lung Function Decline in a Retrospective Study of a Health Examination Population in Chinese Males. *Frontiers in Medicine*. 2023; 9:843162. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.843162>
15. Lorensia, A., Muntu, C. M., Suryadinata, R. V., & Septiani, R. Effect of lung function disorders and physical activity on smoking and non-smoking students. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*. 2021; 62:E89–E96. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2021.62.1.1763>

16. Adatia, A., Wahab, M., Shahid, I., Moinuddin, A., Killian, K. J., & Satia, I. Effects of cigarette smoke exposure on pulmonary physiology, muscle strength and exercise capacity in a retrospective cohort with 30,000 subjects. *PLOS ONE*. 2021;16(6):e0250957. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250957>
17. Sripadrao, Chimkode SM, Patil I. A cross-sectional study of assessment of lung function tests by spirometry in smoker and non-smoker males. *MedPulse International Journal of Physiology*. 2021;17(1):1-4.
18. Saiphoklang N, Poachanukoon O, Soorapan S. Smoking characteristics and lung functions among university athletes. *Scientific Reports*. 2020;10(20118):1-6.
19. Najman, J. M., Bell, S., Williams, G. M., Clavarino, A. M., Scott, J. G., McGee, T. R., & Mamun, A. A. Do tobacco and cannabis use and co-use predict lung function: A longitudinal study. *Respiratory Medicine*. 2023;208:107124. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2023.107124>
20. Maccarone, J. R., Sterns, O. R., Timmons, A., Korpak, A. M., Smith, N. L., Nakayama, K. S., *et al* Deployment-related cigarette smoking behaviors and pulmonary function among U.S. Veterans. *Military Medicine*. 2024;189(9-10):2030. <https://doi.org/10.1093/milmed/u-sae049>
21. Addissouky, T. A., El Sayed, I. E. T., Ali, M. M. A., Wang, Y., El Baz, A., Elarabany, N., & Khalil, A. A. Oxidative stress and inflammation: elucidating mechanisms of smoking-attributable pathology for therapeutic targeting. *Bulletin of the National Research Centre*. 2024;48:16. <https://doi.org/10.1186/s42269-024-01174-6>
22. Parkes G, Greenhalgh T, Griffin M, Dent R. Effect on smoking quit rate of telling patients their lung age: the Step2quit randomised controlled trial. *BMJ*. 2008;336(7644):598–600.
23. Su X, Wu W, Zhu Z, Lin X, Zeng Y. The effects of epithelial–mesenchymal transitions in COPD induced by cigarette smoke: an update. *Respir Res*. 2022;23:225.
24. Institut Metrik dan Evaluasi Kesehatan. *Beban penyakit global 2023* [internet]. Seattle: IHME; 2025 [diakses 1 Desember 2025]. Tersedia dari: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>
25. Ismayanti SA, Khabibah SA, Haq TA, Salsabilla S, Rahman RA, Hartono TV, Salzabilla T, Wachidah N, Tangnalloi TY, Yuda A. Perilaku dan pengetahuan remaja Indonesia tentang merokok. *J Farm Komunitas*. 2024;11(1):79–85.