

**PERAN INTENSITAS MEROKOK DALAM PENURUNAN FUNGSI
PARU PETANI: ANALISIS INDEKS BRINKMAN
DAN PEMERIKSAAN SPIROMETRI**

***THE ROLE OF SMOKING INTENSITY IN DECREASING FARMERS'
LUNG FUNCTION: BRINKMAN INDEX ANALYSIS
AND SPIROMETRY EXAMINATION***

Muhammad Raihan Laide¹, Sri Manovita Pateda², Sri Andriani Ibrahim³,

Muhammad Isman Jusuf⁴, Mohammad Zukri Antuke⁵

Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran,

Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

email: raihanlaide_kedokteran@mahasiswa.ung.ac.id

Abstrak

Merokok merupakan faktor risiko utama penurunan fungsi paru dan masih banyak ditemukan pada petani yang juga terpapar debu serta bahan kimia pertanian. Namun, bukti empiris hubungan derajat merokok dengan fungsi paru pada petani masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan derajat merokok dengan fungsi paru pada petani. Penelitian ini memiliki kebaruan dalam penggunaan Indeks Brinkman untuk mengukur paparan merokok kumulatif serta menghubungkannya dengan fungsi paru berbasis spirometri pada populasi petani dengan paparan risiko ganda. Penelitian ini merupakan studi analitik kuantitatif dengan desain cross-sectional pada 33 petani di Kelurahan Dembe Jaya, Kota Gorontalo yang dipilih secara purposive sampling. Derajat merokok diklasifikasikan menjadi ringan, sedang, dan berat, sedangkan fungsi paru dinilai menggunakan parameter FEV₁, FVC, dan rasio FEV₁/FVC. Analisis dilakukan dengan uji *Chi-square*. Hasil menunjukkan fungsi paru tidak normal pada 19 responden dengan dominasi pola obstruktif (15 responden). Perokok berat lebih banyak pada kelompok fungsi paru tidak normal (10 orang), sedangkan fungsi paru normal didominasi perokok ringan (7 orang). Semakin tinggi derajat merokok, semakin besar risiko gangguan fungsi paru, terutama pola obstruktif.

Kata kunci: Derajat merokok; Fungsi paru; Indeks Brinkman; Petani; Spirometri

Abstract

Smoking is a major risk factor for decreased lung function and is still prevalent among farmers who are also exposed to dust and agricultural chemicals. However, empirical evidence on the relationship between smoking levels and lung function in farmers is still limited. This study aims to analyze the relationship between smoking levels and lung function in farmers. This study is novel in using the Brinkman Index to measure cumulative smoking exposure and link it to spirometry-based lung function in a farming population with multiple risk exposures. This is a quantitative analytical study with a cross-sectional design in 33 farmers in Dembe Jaya Village, Gorontalo City, selected by purposive sampling. Smoking levels were classified as light, moderate, and heavy, while lung function was assessed using FEV₁, FVC, and the FEV₁/FVC ratio. Analysis was performed using the *Chi-square* test. The results showed abnormal lung function in 19 respondents, with a predominance of obstructive patterns (15 respondents). Heavy smokers were more numerous in the abnormal lung function group (10 people), while normal lung function was dominated by light smokers (7 people). The higher the degree of smoking, the greater the risk of impaired lung function, especially obstructive patterns.

Keywords: Smoking degree; Pulmonary function; Brinkman index; Farmer; Spirometry

PENDAHULUAN

Paru-paru merupakan organ vital yang berperan dalam pertukaran gas oksigen dan karbondioksida, sehingga gangguan fungsi paru akan berdampak langsung pada kapasitas kerja dan kualitas hidup seseorang (1). Gangguan fungsi paru secara garis besar dibagi menjadi pola obstruktif, restriktif, dan campuran, yang masing-masing ditandai oleh penyempitan jalan napas, penurunan distensibilitas parenkim paru, atau kombinasi keduanya (2). Berbagai faktor risiko telah diidentifikasi, baik yang tidak dapat dimodifikasi maupun yang dapat dimodifikasi seperti merokok, status gizi, dan paparan faktor lingkungan di tempat kerja (3).

Secara global, merokok merupakan salah satu faktor risiko utama penyakit paru kronik. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) memperkirakan lebih dari 8 juta kematian setiap tahun terkait dengan konsumsi tembakau, terutama melalui penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), kanker paru, dan infeksi saluran napas (4). Di Indonesia, survei kesehatan menunjukkan prevalensi perokok dewasa yang masih tinggi dan cenderung meningkat, dengan proporsi tertinggi pada kelompok pekerjaan buruh, nelayan, dan petani (5). Beberapa penelitian di Indonesia melaporkan bahwa kebiasaan merokok

berhubungan dengan penurunan kapasitas vital dan fungsi paru, di mana perokok memiliki nilai kapasitas vital paru lebih rendah dibandingkan bukan perokok(6).

Petani merupakan kelompok kerja yang menghadapi paparan ganda terhadap faktor risiko gangguan paru. Selain merokok, mereka terpapar debu organik, fragmen serangga, dan endotoksin yang terbukti menurunkan FEV dan memicu penyakit paru (7). Di banyak daerah pedesaan Indonesia, petani juga menggunakan pestisida secara rutin; beberapa di antaranya (misalnya organofosfat) dapat menimbulkan bronkospasme dan gangguan ventilasi melalui inhibisi *asetilkolinesterase* (8). Studi pada petani padi di Jawa Barat menunjukkan tingginya prevalensi perokok aktif di kelompok tersebut, dan penelitian lain pada petani sawah menemukan bahwa merokok telah menjadi bagian dari budaya kerja sebagai cara mengatasi kelelahan dan stress (9). Paparan debu dan pestisida tersebut dapat berinteraksi secara sinergis dengan kebiasaan merokok dalam memengaruhi fungsi paru melalui beberapa mekanisme, yaitu peningkatan respons inflamasi saluran napas, stres oksidatif, serta gangguan sistem pertahanan paru (*mucociliary clearance*) (10,11). Asap rokok dan partikel debu sama-sama memicu aktivasi sel

inflamasi dan produksi radikal bebas yang berlebihan, sehingga mempercepat kerusakan jaringan paru dan penurunan elastisitas alveoli (12,13). Selain itu, paparan organofosfat dapat menyebabkan bronkokonstriksi, yang jika dikombinasikan dengan kerusakan saluran napas akibat merokok akan memperberat gangguan ventilasi (14,15). Interaksi paparan ini secara kumulatif meningkatkan risiko terjadinya gangguan fungsi paru, terutama dengan pola obstruktif (16).

Sejumlah penelitian telah mengevaluasi hubungan merokok dengan fungsi paru pada populasi berbeda, seperti sopir angkutan umum, siswa sekolah menengah, maupun populasi umum perokok dan bukan perokok (17). Penelitian lokal pada pengemudi bentor di Gorontalo juga menunjukkan tingginya prevalensi gangguan fungsi paru pada individu dengan kebiasaan merokok dan paparan polutan jalan raya (18). Namun, bukti mengenai hubungan derajat merokok yang diukur secara kuantitatif dengan Indeks Brinkman dan fungsi paru pada populasi petani masih sangat terbatas (19). Indeks Brinkman banyak digunakan untuk menggambarkan paparan merokok kumulatif dan telah terbukti berhubungan dengan beratnya gangguan fungsi paru pada pasien PPOK (20,21).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan derajat merokok berdasarkan Indeks Brinkman dengan fungsi paru pada petani di Kelurahan Dembe Jaya, Gorontalo menggunakan pemeriksaan spirometri. Hipotesis kerja yang diajukan adalah bahwa derajat merokok yang lebih berat berhubungan dengan proporsi gangguan fungsi paru yang lebih tinggi pada petani.

METODE

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif analitik dengan desain *cross-sectional* untuk menganalisis hubungan derajat merokok dan fungsi paru pada 33 petani di Kelurahan Dembe Jaya, Kota Gorontalo (Juni 2025) yang dipilih secara *purposive sampling*. Derajat merokok diukur menggunakan Indeks Brinkman dan dikategorikan menjadi ringan, sedang, dan berat, sedangkan fungsi paru dinilai dengan spirometri berdasarkan parameter FEV₁, FVC, dan rasio FEV₁/FVC sesuai standar GOLD. Analisis data dilakukan menggunakan SPSS melalui uji univariat dan bivariat (Chi-square, $\alpha=0,05$). Penelitian ini telah memenuhi prinsip etik dan memperoleh persetujuan dari Komite Etik Fakultas Kedokteran Universitas Negeri Gorontalo (No. 066/UN47.B7/KE/2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tabel 1. Karakteristik responden berdasarkan usia, jenis kelamin, indeks massa tubuh, derajat meokok, fungsi paru, dan distribusi fungsi paru tidak normal petani di Kelurahan Dembe Jaya Gorontalo

Variabel	Total	
	n	%
Usia (Tahun)		
16–25	12	36,37
26–35	7	21,21
36–45	7	21,21
>45	7	21,21
Jenis Kelamin		
Laki-laki	33	100
Perempuan	0	0
Indeks Massa Tubuh (Kg/m²)		
<18,5 (kurus)	1	3,0
18,5–25,0 (normal)	20	60,6
25,1–27,0 (gemuk ringan)	4	12,1
>27,0 (gemuk berat)	8	24,2
Durasi Bekerja		
0 - 9 Tahun	13	39,4
10 - 19 Tahun	10	30,3
≥ 20 Tahun	10	30,3
Derajat Merokok		
Ringan	9	27,3
Sedang	12	36,4
Berat	12	36,4
Fungsi Paru		
Normal	14	42,4
Tidak normal	19	57,6
Distribusi Fungsi Paru Tidak Normal		
Obstruksi	15	78,9
Restriksi	2	15,8
Campuran	1	5,3
Total		

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan Tabel 1, jumlah sampel yang dianalisis adalah 33 petani. Kelompok usia terbanyak berada pada rentang 16–25 tahun yaitu 12 orang (36,4%), sedangkan kelompok usia 26–35 tahun, 36–45 tahun, dan >45 tahun masing-masing berjumlah 7 orang (21,2%). Seluruh responden berjenis kelamin laki-laki (33 orang; 100%) dan tidak terdapat responden perempuan. Berdasarkan indeks massa tubuh, terdapat 1 orang (3,0%) dengan status gizi kurus, 20 orang (60,6%) dengan indeks massa tubuh normal, 4

orang (12,1%) gemuk ringan, dan 8 orang (24,2%) gemuk berat. Berdasarkan durasi bekerja sebagai petani, terdapat 13 responden (39,4%) dengan masa kerja 0–9 tahun, 10 responden (30,3%) dengan masa kerja 10–19 tahun, dan 10 responden (30,3%) dengan masa kerja ≥20 tahun.

Derajat merokok menunjukkan bahwa 9 responden (27,3%) termasuk kategori perokok ringan, sedangkan perokok sedang dan berat masing-masing berjumlah 12 responden (36,4%). Penilaian fungsi paru dengan spirometri

memperlihatkan bahwa 14 responden (42,4%) memiliki fungsi paru normal, sementara 19 responden (57,6%) memiliki fungsi paru tidak normal. Di antara 19 responden dengan fungsi

paru tidak normal tersebut, 15 orang (78,9%) menunjukkan pola obstruktif, 2 orang (15,8%) pola restriktif, dan 1 orang (5,3%) pola campuran.

Tabel 2. Tabulasi silang antara karakteristik responden dengan fungsi paru petani di kelurahan Dembe Jaya Gorontalo.

Variabel	Fungsi paru		Total
	Normal	Tidak Normal	
Usia			
16 – 25	9	3	12
26 – 35	3	4	7
36 – 45	1	6	7
> 45	1	6	7
Indeks Massa Tubuh			
<18,5 (Kurus)	1	0	1
18,5–25,0 (Normal)	7	13	20
25,1–27,0 (Gemuk Ringan)	1	3	4
>27,0 (Gemuk Berat)	5	3	8
Durasi Bekerja			
0 - 9 Tahun	10	3	13
10 - 19 Tahun	4	6	10
≥ 20 Tahun	0	10	10

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan Tabel 2, dari 33 responden terdapat 14 orang dengan fungsi paru normal dan 19 orang dengan fungsi paru tidak normal. Pada kelompok usia 16–25 tahun, 9 responden memiliki fungsi paru normal dan 3 tidak normal; usia 26–35 tahun terdiri atas 3 responden dengan fungsi paru normal dan 4 tidak normal; usia 36–45 tahun terdiri atas 1 responden dengan fungsi paru normal dan 6 tidak normal; sedangkan pada usia >45 tahun juga terdapat 1 responden dengan fungsi paru normal dan 6 tidak normal. Berdasarkan indeks massa tubuh (IMT), terdapat 1 responden kurus (<18,5 kg/m²) dengan fungsi paru normal dan tidak ada yang tidak normal (total 1); pada kelompok IMT normal (18,5–25,0

kg/m²) terdapat 7 responden dengan fungsi paru normal dan 13 tidak normal (total 20); kelompok gemuk ringan (25,1–27,0 kg/m²) terdiri atas 1 responden dengan fungsi paru normal dan 3 tidak normal (total 4); sedangkan kelompok gemuk berat (>27,0 kg/m²) terdiri atas 5 responden dengan fungsi paru normal dan 3 tidak normal. Berdasarkan durasi bekerja, kelompok 0–9 tahun terdiri atas 10 responden dengan fungsi paru normal dan 3 tidak normal; kelompok 10–19 tahun terdiri atas 4 responden dengan fungsi paru normal dan 6 tidak normal; sedangkan pada kelompok dengan durasi kerja ≥20 tahun seluruh responden (10 orang) semua tidak normal

Tabel 3. Analisis hubungan derajat merokok dengan fungsi paru petani di kelurahan Dembe Jaya Gorontalo.

Derajat merokok ringan	Fungsi paru		Total	P-value
	Normal	Tidak Normal		
Ringan	7	2	9	0,020
Sedang	5	7	12	
Berat	2	10	12	

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh hasil tabulasi silang antara derajat merokok dengan fungsi paru responden, dari total 33 petani yang diteliti, kelompok perokok ringan berjumlah 9 orang, dengan 7 orang memiliki fungsi paru normal dan 2 orang fungsi parunya tidak normal. Pada kelompok perokok sedang yang berjumlah 12 orang, terdapat 5 orang dengan fungsi paru normal dan 7 orang dengan fungsi paru tidak normal. Sementara itu, pada kelompok perokok berat yang juga berjumlah 12 orang, hanya 2 orang yang masih memiliki fungsi paru normal, sedangkan 10 orang sudah mengalami fungsi paru tidak normal. Secara keseluruhan, dari 14 responden dengan fungsi paru normal, sebagian besar berasal dari kelompok perokok ringan, sedangkan dari 19 responden yang fungsi parunya tidak normal, proporsi terbanyak berasal dari kelompok perokok berat. Uji statistik *Chi-square* menghasilkan nilai *p-value* = 0,020, yang menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang bermakna secara signifikan antara derajat merokok dan fungsi paru pada petani di Kelurahan Dembe Jaya Gorontalo.

Pembahasan

Penelitian ini menunjukkan bahwa pola merokok pada petani di Dembe Jaya didominasi oleh kelompok dengan paparan rokok yang sudah cukup berat bila dilihat dari perhitungan Indeks

Brinkman. Artinya, bagi sebagian besar responden, merokok bukan lagi perilaku eksperimental, melainkan kebiasaan kronis yang telah berlangsung lama dan menjadi bagian dari ritme kerja sehari-hari. Dominasi perokok sedang dan berat pada populasi petani ini konsisten dengan gambaran nasional, di mana petani/buruh tani dilaporkan sebagai kelompok pekerjaan dengan prevalensi perokok tertinggi di Indonesia. Penelitian ini juga sejalan dengan Studi lain pada petani padi di Jawa Barat juga menunjukkan proporsi perokok aktif yang sangat besar dan kebiasaan merokok yang sudah mengakar sebagai bagian dari budaya kerja di sawah, tingginya derajat merokok sedang–berat pada responden dapat dipahami sebagai kombinasi faktor sosial (konformitas dengan teman kerja), beban kerja fisik yang berat, dan kurangnya edukasi kesehatan tentang bahaya rokok.

Selain derajat merokok, karakteristik durasi kerja sebagai petani juga menunjukkan pola pajanan kronis yang cukup jelas. Sebagian besar responden telah bekerja selama ≥ 10 tahun, dan sepertiga di antaranya sudah mencapai masa kerja ≥ 20 tahun. Kondisi ini menggambarkan bahwa mayoritas petani berada pada fase paparan jangka panjang terhadap lingkungan kerja dan kebiasaan merokoknya. Lama bekerja yang cukup panjang ini penting secara klinis karena

durasi paparan merupakan salah satu penentu utama penurunan fungsi paru pada pekerja, sebagaimana disorot dalam tinjauan risiko gangguan paru pada pekerja dan studi pada pekerja konveksi yang menemukan bahwa masa kerja yang lebih lama berkaitan dengan penurunan FEV₁ yang bermakna (22).

Fungsi paru yang didapatkan pada petani dalam penelitian ini juga memperlihatkan pola yang sejalan dengan teori dan penelitian terdahulu. Lebih dari separuh responden mengalami ketidaknormalan fungsi paru, dan sebagian besar berupa hambatan aliran udara. Pola ini sesuai dengan pemahaman bahwa asap rokok, debu organik pertanian, paparan pestisida dan lama bekerja akan menyebabkan inflamasi kronis pada saluran napas kecil, penebalan dinding bronkiolus, peningkatan produksi mukus, dan akhirnya penurunan rasio FEV₁/FVC. Pada petani, paparan grain dust dan bioaerosol diketahui berhubungan dengan penurunan FEV₁ dan peningkatan gejala respirasi (7). Selain itu, paparan organofosfat dapat menimbulkan bronkospasme dan bronkorea melalui inhibisi *asetilkolinesterase* (23). Temuan bahwa sebagian responden dengan IMT gemuk berat juga mengalami gangguan fungsi paru memperkuat kontribusi faktor mekanik: obesitas meningkatkan tekanan pada diafragma sehingga ekspansi paru berkurang dan kapasitas vital menurun. Secara fisiologis, rangsangan iritatif yang berulang akan memicu inflamasi kronis, penebalan dinding bronkiolus, hiperproduksi mukus, dan pada sebagian individu diikuti

perubahan elastisitas paru yang menyebabkan pola obstruktif maupun restriktif (24,25).

Ketika fungsi paru tersebut dikaitkan dengan karakteristik usia, IMT dan durasi kerja pada Tabel 2, tampak pola yang lebih tajam. Pada kelompok usia termuda dan masa kerja tersingkat, proporsi fungsi paru normal masih lebih besar dibanding yang terganggu, sedangkan pada kelompok usia lebih tua dengan durasi kerja 10–19 tahun mulai terlihat pergeseran ke arah dominasi gangguan fungsi paru. Pada kelompok dengan masa kerja ≥ 20 tahun, seluruh responden telah menunjukkan fungsi paru yang tidak normal. Pola ini menguatkan bahwa penurunan fungsi paru pada petani bukan fenomena akut, melainkan akibat akumulasi paparan jangka panjang terhadap asap rokok, debu dan pestisida di lahan, sejalan dengan temuan bahwa lama paparan kerja dan penggunaan pestisida berkorelasi dengan penurunan FEV₁ pada pekerja pertanian (26).

Tabulasi silang antara indeks massa tubuh dan fungsi paru menunjukkan bahwa gangguan ventilasi banyak dijumpai pada petani dengan IMT normal maupun gemuk, bukan hanya pada kelompok dengan obesitas. Hal ini menunjukkan bahwa pada populasi ini faktor utama yang berkontribusi terhadap gangguan fungsi paru kemungkinan besar adalah paparan inhalasi kronis rokok, debu organik, dan pestisida sementara kelebihan berat badan berperan sebagai faktor tambahan yang memperburuk ventilasi melalui peningkatan beban mekanik pada dinding dada dan diafragma. Temuan ini

konsisten dengan kajian yang melaporkan bahwa IMT tinggi dan Indeks Brinkman yang besar berkaitan dengan penurunan hasil spirometri pada pasien PPOK, serta dengan konsep fisiologis bahwa obesitas dapat menurunkan kapasitas vital dan memperberat gejala sesak napas pada individu dengan gangguan obstruktif yang sudah ada (21). Keberadaan sejumlah petani dengan fungsi paru yang masih normal di tengah paparan tersebut mengingatkan bahwa respons tiap individu terhadap iritan sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh usia, kapasitas fisik, dan faktor biologis lain. Studi populasi besar menunjukkan bahwa sebagian perokok tetap dapat mempertahankan fungsi paru normal, sementara sebagian lainnya mengalami penurunan cepat, meskipun tingkat paparan mirip (27).

Secara statistik, penelitian ini menemukan bahwa peningkatan derajat merokok berdasarkan Indeks Brinkman berkaitan dengan memburuknya fungsi paru. Pola ini selaras dengan konsep hubungan, di mana paparan kumulatif yang lebih tinggi diharapkan menghasilkan dampak yang lebih besar terhadap struktur dan fungsi saluran napas. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Ridwan pada sopir angkutan umum, yang menunjukkan bahwa kelompok dengan derajat merokok sedang dan berat memiliki risiko lebih besar mengalami kelainan fungsi paru dibandingkan perokok ringan (28). Di tingkat Masyarakat secara general, studi Vildania, (2025) menunjukkan perbedaan parameter spirometri yang jelas antara perokok dan bukan perokok, di mana derajat

penurunan fungsi paru tampak berkaitan dengan lamanya merokok (29). begitu juga Kajian Simangunsung, dkk (2026) d juga melaporkan kapasitas paru dan kemampuan aktivitas fisik yang lebih rendah pada kelompok perokok (30). Jika temuan-temuan tersebut diatas diletakkan bersama dengan hasil penelitian ini, terlihat pola yang konsisten bahwa Indeks Brinkman bukan hanya angka kuantitatif, tetapi juga cerminan risiko klinis terhadap gangguan fungsi paru pada kelompok pekerja seperti petani.

Dari sudut pandang mekanisme biologis, hubungan antara derajat merokok dan fungsi paru yang ditemukan dalam penelitian ini memiliki dasar yang kuat. Asap rokok mengandung ribuan senyawa kimia, termasuk radikal bebas dan oksidan kuat, yang mengganggu keseimbangan *protease-antiprotease* di jaringan paru (31). Paparan kronis akan menginaktivasi *alpha-1 antitrypsin* dan memungkinkan enzim proteolitik merusak septa *alveolar*, sehingga mengurangi luas permukaan pertukaran gas dan menghasilkan gambaran emfisema. Pada tingkat saluran napas, asap rokok memicu stres oksidatif, inflamasi kronis, penebalan dinding bronkiolus, dan hipertrofi kelenjar mukus, yang secara kumulatif menyebabkan hambatan aliran udara yang terukur sebagai penurunan rasio FEV₁/FVC. Penelitian eksperimental terbaru juga menunjukkan bahwa paparan asap rokok berkaitan dengan aktivasi jalur molekuler seperti *TGF-β1/Smad* dan perubahan ekspresi gen yang berperan dalam fibrosis dan remodeling jalan napas (32). Studi longitudinal lintasan fungsi

paru menggambarkan adanya kelompok “*rapid decliners*”, yang didominasi perokok berat dengan penurunan FEV₁ yang lebih cepat dibanding perokok ringan; pola ini sangat konsisten dengan fakta bahwa pada kelompok dengan paparan rokok tertinggi di penelitian ini juga ditemukan frekuensi gangguan fungsi paru yang lebih besar (27).

Meski demikian, temuan bahwa masih ada sebagian kecil perokok dengan derajat paparan tinggi yang mempertahankan fungsi paru normal menunjukkan bahwa efek rokok tidak seragam pada semua orang. Studi populasi dan biomarker sebelumnya telah mengidentifikasi adanya kelompok individu yang relatif “tahan” terhadap kerusakan paru akibat rokok, diduga karena perbedaan genetik, pola respons inflamasi, maupun faktor protektif lain seperti kebugaran fisik.

KESIMPULAN

Derajat merokok petani di Kelurahan Dembe Jaya didominasi kategori sedang dan berat, dengan lebih dari separuh responden mengalami gangguan fungsi paru, terutama pola obstruktif. Terdapat hubungan bermakna antara derajat merokok berdasarkan Indeks Brinkman dan fungsi paru, di mana perokok berat memiliki proporsi gangguan tertinggi. Gangguan fungsi paru juga lebih sering ditemukan pada usia lebih tua dan masa kerja ≥ 20 tahun, menunjukkan efek kumulatif paparan rokok dan lingkungan kerja pertanian. Disarankan petani mengurangi atau berhenti merokok serta menggunakan alat pelindung diri secara konsisten. Fasilitas

kesehatan perlu melakukan skrining fungsi paru secara rutin dan edukasi kesehatan, sementara penelitian selanjutnya diharapkan melibatkan sampel lebih besar dan pengukuran paparan lingkungan yang lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para petani di Kelurahan Dembe Jaya, Kota Gorontalo, atas partisipasinya dalam penelitian ini. Apresiasi juga disampaikan kepada Universitas Negeri Gorontalo, khususnya Fakultas Kedokteran, atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan. Terima kasih kepada Komite Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Negeri Gorontalo atas persetujuan etik, serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ernawati E, Adjie EKK, Firmansyah Y, Yogie GS, Setyanegara WG, Kurniawan J. Pengaruh Kadar Profil Lipid, Asam Urat, Indeks Massa Tubuh, Tekanan Darah, dan Kadar Gula Darah Terhadap Penurunan Kapasitas Vital Paru pada Pekerja Usia Produktif. *Malahayati Nursing Journal*. 2023 Aug 1;5(8):2679–92. doi:10.33024/mnj.v5i8.10414
2. Martinez-Pitre PJ, Sabbula BR, Cascella M. Penyakit Paru-paru Restriktif. *statpearls*. 2023.
3. Joyo N BD, Ahsanti H, Mahardika AP, Ariyanto J. Faktor Risiko Perilaku Merokok Pada Pekerja Konstruksi dan Pekerja Fisik:

- Suatu Tinjauan Literatur. *Jurnal Keperawatan dan Kesehatan Masyarakat*. 2025;14(3):265–79.
4. Reyza MF, Nursiswati. Muhammad Fakhrul Reyza: Respon Masyarakat terhadap Social Media Campaign Respon Masyarakat terhadap Social Media Campaign tentang Bahaya Merokok dan Pencegahan Penyakit Paru Obstruktif Kronis. *Media Karya Kesehatan*. 2025;8(2):191–206.
 5. Listyorini PI. Perilaku Merokok Masyarakat Indonesia Berdasarkan Global Adult Tobacco Survey Tahun 2021. *Prosiding Seminar Informasi Kesehatan Nasional (SIKESNAS)*. 2023;417–25.
 6. Faradila L, Ismawardani A, Utami ANF. Pengaruh Kebiasaan Merokok Terhadap Kapasitas Paru- Paru dan Aktivitas Fisik Masyarakat Indonesia. *Seminar Nasional Potensi dan Kemandirian Daerah*. 2022;1–5.
 7. Imanta RHD, Windarti I, Azka L, Infianto A. Strategi Agromedicine untuk Pencegahan Fibrosis Paru pada Petani: Tinjauan Sistematis Modifikasi Alat Penyimpanan Gabah, Ventilasi Gudang, dan Efektivitas APD Respirator. *Journal of Medical Practice and Research*. 2025;1(2):20–8.
 8. Hanak AS, Fémy F, Berriche A, Reymond C, Rotiel T, Madi M, et al. Characterization and comparison of respiratory toxicity induced by sublethal poisoning to two organophosphorus compounds: A pesticide and a sarin structural analog in mice. *Toxicology*. 2025 Dec;518:154276. doi:10.1016/j.tox.2025.154276
 9. Liem JF, Suryandari DA, Malik SG, Mansyur M, Soemarmo DS, Kekalih A, et al. The Role of CYP2B6*6 Gene Polymorphisms in 3,5,6-Trichloro-2-pyridinol Levels as a Biomarker of Chlorpyrifos Toxicity Among Indonesian Farmers. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*. 2022 May 31;55(3):280–8. doi:10.3961/jpmph.21.641
 10. Cha SR, Jang J, Park SM, Ryu SM, Cho SJ, Yang SR. Cigarette Smoke-Induced Respiratory Response: Insights into Cellular Processes and Biomarkers. *Antioxidants*. 2023 Jun 3;12(6):1210. doi:10.3390/antiox12061210
 11. Dabo AJ, Raghavan S, Ezegbunam W, Thankachen J, Evgrafov O, Majka S, et al. Cigarette smoke alters calcium flux to induce PP2A membrane trafficking and endothelial cell permeability. *Sci Rep*. 2024 Nov 14;14(1):28012. doi:10.1038/s41598-024-77776-x
 12. Traboulsi H, Heimbach NS, Wilson ET, Eidelman DH, Baglolle CJ. The aryl hydrocarbon receptor promotes the resolution of pulmonary neutrophilia via regulation of macrophage efferocytosis. *The Journal of Immunology*. 2026 Feb 9;215(2). doi:10.1093/jimmun/vkaf280

13. Boraldi F, Lofaro FD, Cossarizza A, Quaglino D. The “Elastic Perspective” of SARS-CoV-2 Infection and the Role of Intrinsic and Extrinsic Factors. *Int J Mol Sci.* 2022 Jan 29;23(3):1559. doi:10.3390/ijms23031559
14. Wigenstam E, Artursson E, Bucht A, Thors L. Supplemental treatment to atropine improves the efficacy to reverse nerve agent induced bronchoconstriction. *Chem Biol Interact.* 2022 Sep;364:110061. doi:10.1016/j.cbi.2022.110061
15. Trancart M, Botta A, Le Coz C, Guatto N, Calas AG, Hanak AS. How does organophosphorus chemical warfare agent exposure affect respiratory physiology in mice? *Toxicology.* 2024 Sep;507:153890. doi:10.1016/j.tox.2024.153890
16. Lin L, Li J, Song Q, Cheng W, Chen P. The role of HMGB1/RAGE/TLR4 signaling pathways in cigarette smoke-induced inflammation in chronic obstructive pulmonary disease. *Immun Inflamm Dis.* 2022 Nov 11;10(11). doi:10.1002/iid3.711
17. Ridwan R, Nurcanda F, Simanjorang C, Utari D, Bahasoan BH. Hubungan Berat Derajat Merokok Terhadap Kelainan Fungsi Paru Pada Sopir Angkutan Umum di Terminal Kampung Melayu. *Jurnal Biostatistik, Kependudukan, dan Informatika Kesehatan.* 2024 Mar 11;4(2):136–45. doi:10.7454/bikfokes.v4i2.1059
18. Darise MF. Gambaran Faktor Risiko Gangguan Fungsi Paru Pada Pengemudi Bentor Di Kota Gorontalo Tahun 2023. *UNG REPOSITORY.* Universitas Negeri Gorontalo; 2023.
19. Najib N, Aktalina L. Hubungan Indeks Brinkman Dengan Saturasi Oksigen Pada Perokok Pekerja Buruh Sawit Di Kecamatan Tiumang. *Jurnal Kedokteran STM (Sains dan Teknologi Medik).* 2025 Jan 1;8(1):25–32. doi:10.30743/stm.v8i1.757
20. Muzlifa R, Mulyadi M, Husnah H. The Relation of Brinkman Index and Body Mass Index with Spirometry Result of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) Outpatients in the Pulmonology and Respiratory Medicine Department of Zainoel Abidin General Hospital. *World Nutrition Journal.* 2022;5(2):1–7. doi:10.25220/wnj.v05.i2.0002
21. Subroto G, Arifianto, Retnaningsih D. Hubungan Derajat Berat Merokok (Indeks Brinkman) Dengan Derajat Obstruksi Pada Pasien Ppok Stabil Di Rspaw Salatiga. *Jurnal Ners Widya Husada.* 2022;9(3).
22. Deddi RBUD, Setyawan Y. Kualitas Napas Di Tengah Serbuk Kain: Korelasi Lama Paparan Debu Dan Fungsi Paru Pada Pekerja Konveksi. *An-Nadaa Jurnal Kesehatan Masyarakat.* 2025 Dec 27;12(2):289. doi:10.31602/ann.v12i2.20247

23. Adeyinka A, Muco E, Regina AC, Pierre L. Organophosphates. *Statpearls*. 2023 Jan. PubMed PMID: 29763035.
24. Zhang Y, Cao R, Wang D, Yue Q, Su L, Li K, et al. Inhalation of patchouli essential oil alleviates airway inflammation in cigarette smoke-induced COPD mice. *Sci Rep*. 2024 Dec 30;14(1):32108. doi:10.1038/s41598-024-83852-z
25. Mori A, Matsumoto R, Ichikawa S, Ishimori K, Ito S. Enhancement of cigarette smoke extract-induced goblet cell metaplasia and hyperplasia exerted through IL-13 receptor $\alpha 1$ expression. *Toxicol Lett*. 2025 Jul;410:177–87. doi:10.1016/j.toxlet.2025.06.010
26. Smit LAM. Respiratory Diseases in Farmers. In: *Encyclopedia of Respiratory Medicine*. Elsevier; 2022. p. 531–42. doi:10.1016/B978-0-12-801238-3.11500-4
27. Bertels X, Ross JC, Faner R, Cho MH, Ikram MA, Brusselle GG, et al. Clinical relevance of lung function trajectory clusters in middle-aged and older adults. *ERJ Open Research*. 2024 Jan;10(1):793–2023. doi:10.1183/23120541.00793-2023
28. Ridwan R, Nurcandra F, Simanjorang C, Utari D. Hubungan Berat Derajat Merokok Terhadap Kelainan Fungsi Paru Pada Sopir Angkutan Umum di Terminal Kampung Melayu Hubungan Berat Derajat Merokok Terhadap Kelainan Fungsi Paru Pada Sopir Angkutan Umum di Terminal Kampung Melayu The Relationship between the. *Jurnal Biostatistik, Kependudukan, dan Informatika Kesehatan*. 2024;4. doi:10.7454/bikfokes.v4i2.1059
29. Vildania N, Sabri YS, Ermayanti S. Hubungan Derajat Merokok Terhadap Penurunan Fungsi Paru : Sebuah Kajian Literatur. *Jurnal Riset Ilmiah*. 2025;2(2):676–90.
30. Simangunsong DMT, Manalu AP. Pengaruh Intensitas Merokok Terhadap Kebugaran Kardiovaskular Dan Kapasitas Paru Pada Dewasa Muda. *Jurnal Kelitbangan*. 2026;14(1):1–11.
31. Cha SR, Jang J, Park SM, Ryu SM, Cho SJ, Yang SR. Cigarette Smoke-Induced Respiratory Response: Insights into Cellular Processes and Biomarkers. *Antioxidants*. 2023 Jun 3;12(6):1210. doi:10.3390/antiox12061210
32. Brake SJ, Lu W, Chia C, Haug G, Larby J, Hardikar A, et al. Transforming growth factor- $\beta 1$ and SMAD signalling pathway in the small airways of smokers and patients with COPD: potential role in driving fibrotic type-2 epithelial mesenchymal transition. *Front Immunol*. 2023 Jun 26;14. doi:10.3389/fimmu.2023.1216506