

## Health Impacts of Air Pollution from Forest Fires: A Bibliometric Study of Respiratory Diseases

Elisa Suryani<sup>1</sup> & Elsa Yuniarti<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

### Article History

Received : December 30<sup>th</sup>, 2025

Revised : January 20<sup>th</sup>, 2026

Accepted : January 27<sup>th</sup>, 2026

\*Corresponding Author:

Elsa Yuniarti, Fakultas  
Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam, Universitas  
Negeri Padang, Padang,  
Indonesia;  
Email: [dr\\_elsa@fmipa.unp.ac.id](mailto:dr_elsa@fmipa.unp.ac.id)

**Abstract:** Wildfires are a major source of air pollutants, particularly PM2.5, that pose serious risks to respiratory health. This study aimed to map research trends and thematic developments related to wildfire-related air pollution and respiratory diseases using a bibliometric approach. A total of 188 Scopus-indexed articles published between 2015 and 2025 were analyzed using VOSviewer to examine co-authorship networks, keyword co-occurrence, and citation patterns. The results show a steady increase in publications over the past decade, with dominant research themes focusing on PM2.5 exposure and respiratory outcomes such as asthma and chronic obstructive pulmonary disease. However, existing studies are largely concentrated in high-income countries, with limited attention to long-term health effects and developing regions. These findings highlight critical research gaps and provide a scientific basis for strengthening future research directions and public health policies to mitigate respiratory risks associated with wildfire smoke.

**Keywords:** Air pollution, Bibliometric analysis, PM2.5, VOSviewer, Wildfires.

### Pendahuluan

Kebakaran hutan merupakan permasalahan lingkungan global yang berdampak signifikan terhadap kualitas udara dan kesehatan manusia, khususnya sistem pernapasan. Proses pembakaran biomassa selama peristiwa kebakaran menghasilkan berbagai polutan berbahaya, termasuk partikel halus berukuran  $\leq 2,5 \mu\text{m}$  (PM2.5), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ), serta senyawa organik volatil yang bersifat iritatif dan toksik bagi saluran pernapasan (Chen *et al.*, 2017; Jaffe *et al.*, 2020). Polutan tersebut dapat menyebar ke wilayah yang jauh melalui pergerakan massa udara sehingga menurunkan kualitas udara pada skala regional hingga lintas negara. Besarnya dampak kesehatan yang ditimbulkan dipengaruhi oleh karakteristik bahan bakar, intensitas dan durasi kebakaran, serta kondisi meteorologis yang berlaku (Adetona *et al.*,

2016).

Berbagai penelitian epidemiologis menunjukkan hubungan yang konsisten antara paparan asap kebakaran hutan dan peningkatan kejadian gangguan pernapasan, seperti asma, infeksi saluran pernapasan akut, serta penyakit paru obstruktif kronis (Liu *et al.*, 2015). Risiko gangguan kesehatan tersebut lebih tinggi pada kelompok rentan, termasuk anak-anak, lanjut usia, dan individu dengan riwayat penyakit pernapasan maupun kardiovaskular. Perubahan iklim berkontribusi terhadap peningkatan frekuensi dan intensitas kebakaran hutan sehingga memperbesar potensi paparan polutan udara dalam jangka panjang (D'Amato *et al.*, 2015). Kondisi tersebut menempatkan kebakaran hutan sebagai ancaman kesehatan masyarakat yang bersifat kompleks dan berkelanjutan.

Karakteristik partikel hasil kebakaran hutan juga menjadi perhatian penting dalam kajian kesehatan lingkungan. Partikel halus

dari pembakaran biomassa dilaporkan memiliki tingkat toksitas yang lebih tinggi dibandingkan partikel dari sumber perkotaan atau industri karena mengandung senyawa berbahaya seperti *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs) yang berpotensi menimbulkan dampak kesehatan jangka pendek maupun jangka panjang (Mallah *et al.*, 2022). Praktik kebakaran musiman yang berkaitan dengan deforestasi dan pembukaan lahan di wilayah seperti Asia Tenggara dan Amerika Selatan telah memicu krisis kesehatan masyarakat yang berulang (Marlier *et al.*, 2015; Bowman *et al.*, 2019). Distribusi penelitian mengenai topik ini masih tersebar pada berbagai disiplin ilmu sehingga integrasi pengetahuan secara sistematis masih terbatas.

Pendekatan bibliometrik diperlukan untuk memetakan perkembangan penelitian, mengidentifikasi tema dominan, serta menyoroti kesenjangan kajian terkait dampak kebakaran hutan terhadap kesehatan pernapasan (Donthu *et al.*, 2021). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara bibliometrik 188 artikel ilmiah yang terindeks dalam basis data Scopus dan diterbitkan pada periode 2015–2025 guna mengevaluasi tren publikasi, jeiring kolaborasi penulis dan negara, perkembangan kata kunci penelitian, serta pola sitasi. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai struktur penelitian global dan menjadi dasar ilmiah bagi pengembangan agenda riset serta perumusan kebijakan kesehatan masyarakat yang berbasis bukti.

## Metode

Penelitian ini menggunakan desain penelitian bibliometrik kuantitatif deskriptif dengan tujuan memetakan perkembangan publikasi ilmiah, struktur kolaborasi, serta tema penelitian yang berkaitan dengan dampak polusi udara akibat kebakaran hutan terhadap kesehatan pernapasan. Pendekatan bibliometrik dipilih karena mampu menganalisis literatur ilmiah secara sistematis melalui indikator kuantitatif dan visualisasi jaringan pengetahuan, sehingga sesuai untuk mengidentifikasi pola penelitian dan kesenjangan kajian dalam suatu bidang ilmu.

Penelitian dilaksanakan pada periode Oktober–November 2025 dengan lokasi

penelitian bersifat non-fisik, yaitu berbasis pada penelusuran dan analisis literatur ilmiah yang bersumber dari pangkalan data Scopus. Populasi penelitian mencakup seluruh publikasi ilmiah yang membahas kebakaran hutan, polusi udara, dan dampaknya terhadap kesehatan manusia. Teknik pengambilan sampel dilakukan menggunakan purposive sampling dengan kriteria seleksi yang ditetapkan secara metodologis untuk memastikan relevansi dan kualitas data.

Kriteria inklusi meliputi artikel penelitian dan artikel ulasan yang telah melalui proses penelaahan sejawat, diterbitkan dalam jurnal ilmiah berbahasa Inggris, terindeks dalam Scopus, serta dipublikasikan pada rentang tahun 2015–2025. Artikel yang dianalisis harus secara eksplisit membahas kebakaran hutan atau asap kebakaran, polusi udara, serta dampak kesehatan, khususnya pada sistem pernapasan. Kriteria eksklusi mencakup prosiding konferensi, editorial, surat kepada editor, serta dokumen non-ilmiah. Berdasarkan proses penyaringan judul, abstrak, dan kata kunci, diperoleh sebanyak 188 artikel yang memenuhi kriteria penelitian.

Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran literatur menggunakan kombinasi istilah kunci wildfire, wildfire smoke, air pollution, respiratory diseases, dan public health pada kolom judul, abstrak, dan kata kunci dalam basis data Scopus. Data bibliografis yang diperoleh diekspor dalam format CSV untuk memastikan kompatibilitas dengan perangkat lunak analisis. Variabel bibliometrik yang dianalisis meliputi jumlah publikasi per tahun, distribusi artikel berdasarkan sumber jurnal, afiliasi institusi dan negara penulis, jaringan kolaborasi penulis (co-authorship), keterkaitan kemunculan istilah kunci (keyword co-occurrence), serta pola sitasi antar publikasi ilmiah.

Analisis bibliometrik dilakukan menggunakan perangkat lunak VOSviewer versi 1.6.20, yang dikembangkan khusus untuk memetakan dan menyajikan jaringan bibliografis secara visual dan terstruktur (Shah *et al.*, 2019). VOSviewer memiliki keunggulan dalam menerapkan teknik penambangan teks untuk mengidentifikasi frasa kata benda yang relevan serta sistem klasterisasi internal untuk mengevaluasi keterkaitan ko-situsi dan ko-

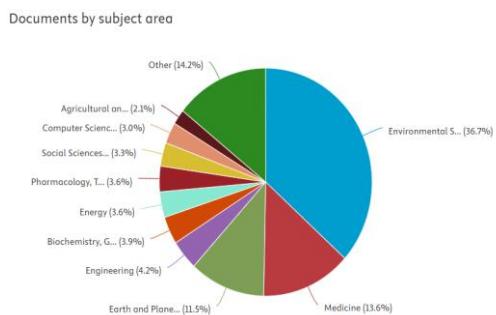
kemunculan antar dokumen ilmiah (Wong, 2018). Analisis co-authorship digunakan untuk memetakan pola kolaborasi antar penulis dan institusi dengan ambang batas minimum dua dokumen per penulis, sedangkan analisis keyword co-occurrence dilakukan dengan menetapkan ambang batas kemunculan minimal lima kali untuk mengidentifikasi tema penelitian dominan.

Interpretasi hasil dilakukan dengan menganalisis klaster yang terbentuk berdasarkan kekuatan hubungan (total link strength), frekuensi kemunculan istilah, serta struktur jejaring kolaborasi ilmiah. Seluruh tahapan penelitian dirancang secara sistematis dan transparan untuk menjamin keterulangan penelitian (*reproducibility*), sehingga hasil analisis dapat dimanfaatkan sebagai dasar bagi penelitian lanjutan maupun analisis perbandingan pada bidang kajian yang relevan.

## Hasil dan Pembahasan

### Tren Publikasi berdasarkan Bidang Keilmuan

Analisis tren publikasi berdasarkan kategori bidang keilmuan ditampilkan pada gambar 1. Berdasarkan gambar 1, Distribusi dokumen menurut bidang keilmuan menunjukkan dominasi *Environmental Science* (36,7%), diikuti oleh *Medicine* (13,6%) dan *Earth and Planetary Sciences* (11,5%). Kontribusi menengah terlihat pada *Engineering* (4,2%), *Biochemistry, Genetics and Molecular Biology* (3,9%), *Energy* (3,6%), dan *Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics* (3,6%). Bidang *Social Sciences* (3,3%), *Computer Science* (3,0%), dan *Agricultural and Biological Sciences* (2,1%) menyumbang proporsi lebih kecil, sedangkan kategori Other sebesar 14,2% dari keseluruhan publikasi.



Gambar 1. Persentase publikasi berdasarkan bidang keilmuan. Sumber: Analisis Scopus.

Dominasi bidang *Environmental Science* dalam distribusi publikasi menunjukkan bahwa kajian mengenai dampak kesehatan polusi udara akibat kebakaran hutan masih berfokus kuat pada pendekatan lingkungan, terutama dalam analisis emisi, dispersi asap, serta degradasi kualitas udara. Pola ini konsisten dengan temuan bibliometrik sebelumnya yang menyatakan bahwa penelitian kebakaran hutan pada tahap awal berkembang dalam kerangka ilmu lingkungan sebelum mengalami perluasan ke ranah kesehatan manusia (Reid *et al.*, 2016; Johnston *et al.*, 2020). Penekanan pada aspek atmosferik juga mencerminkan peran utama PM2.5 dan polutan udara lainnya sebagai penghubung antara kejadian kebakaran hutan dan dampak kesehatan pernapasan, yang menjadi dasar bagi kajian lintas disiplin antara lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Kontribusi bidang *Medicine* yang menempati urutan kedua mengindikasikan meningkatnya perhatian terhadap dampak klinis dan epidemiologis paparan asap kebakaran hutan, khususnya yang berkaitan dengan penyakit pernapasan seperti asma, penyakit paru obstruktif kronis, dan infeksi saluran pernapasan. Sejumlah studi melaporkan adanya peningkatan kejadian gangguan pernapasan dan kunjungan layanan kesehatan akibat paparan polusi udara dari kebakaran hutan, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang (Cascio, 2018). Meskipun kategori "Other" memiliki proporsi yang lebih besar dibandingkan bidang *Medicine*, kategori ini tidak merepresentasikan satu bidang keilmuan yang utuh, melainkan merupakan kumpulan studi lintas disiplin yang tidak terklasifikasi secara dominan dalam satu subject area Scopus. Sebaliknya, bidang *Medicine* menempati posisi kedua karena mencerminkan fokus keilmuan yang jelas dan konsisten dalam mengkaji dampak klinis dan epidemiologis polusi udara akibat kebakaran hutan, khususnya yang berkaitan dengan penyakit pernapasan.

Keterlibatan bidang *Earth and Planetary Sciences* menegaskan pentingnya faktor iklim, dinamika atmosfer, dan perubahan penggunaan lahan dalam membentuk pola kebakaran hutan dan sebaran asap. Studi-studi pada bidang ini memberikan landasan ilmiah dalam memahami kebakaran hutan sebagai bagian dari sistem lingkungan global yang dipengaruhi oleh

perubahan iklim (Liu *et al.*, 2016). Namun, keterkaitan langsung antara temuan geofisik dan implikasi kesehatan manusia masih relatif terbatas, sehingga diperlukan pendekatan terpadu yang menghubungkan model iklim, kualitas udara, dan risiko kesehatan secara simultan.

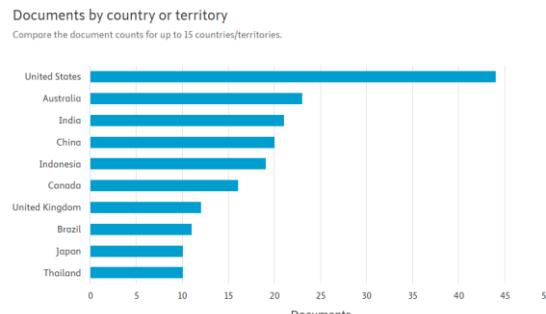
Proporsi publikasi yang relatif rendah pada bidang *Social Sciences*, *Engineering*, dan *Computer Science* menunjukkan bahwa aspek kebijakan publik, mitigasi teknis, serta pemodelan prediktif berbasis komputasi masih kurang mendapat perhatian dibandingkan kajian lingkungan dan medis. Padahal, penelitian sebelumnya menegaskan bahwa strategi mitigasi risiko kesehatan akibat kebakaran hutan membutuhkan dukungan kebijakan berbasis bukti, sistem peringatan dini, serta pendekatan keadilan lingkungan yang kuat (Joshi *et al.*, 2024). Ketimpangan distribusi bidang keilmuan ini menunjukkan bahwa penelitian mengenai kebakaran hutan dan dampak kesehatan pernapasan masih bersifat sektoral dan belum sepenuhnya terintegrasi secara interdisipliner.

Distribusi bidang keilmuan tersebut menunjukkan bahwa penelitian mengenai dampak kesehatan polusi udara akibat kebakaran hutan masih didominasi oleh pendekatan lingkungan, sementara kajian medis, sosial, dan kebijakan publik berkembang secara tidak seimbang. Temuan ini menegaskan perlunya penguatan pendekatan interdisipliner yang mengintegrasikan ilmu lingkungan, epidemiologi kesehatan, ilmu iklim, serta analisis kebijakan, sehingga hasil penelitian tidak hanya memperkaya pemahaman ilmiah, tetapi juga mendukung perumusan kebijakan kesehatan publik berbasis bukti untuk mitigasi risiko kesehatan akibat kebakaran hutan.

### Tren Publikasi berdasarkan Negara

Pemetaan sebaran publikasi penelitian yang membahas dampak kesehatan dari polusi udara akibat kebakaran hutan berdasarkan negara ditunjukkan pada gambar 2. Analisis bibliometrik pada gambar 2 menunjukkan dominasi negara-negara tertentu dalam produksi riset terkait dampak kesehatan asap kebakaran hutan. Amerika Serikat masih memimpin secara signifikan dalam jumlah publikasi, diikuti oleh Australia, China, dan beberapa negara lain seperti Kanada dan Thailand. Intensitas penelitian yang tinggi di Amerika Serikat dan Australia berkaitan dengan meningkatnya kejadian kebakaran hutan berskala luas dalam

kurun dua decade terakhir, yang berdampak signifikan terhadap beban kesehatan masyarakat.



Gambar 2. Persentase publikasi berdasarkan Negara.  
Sumber: Analisis Scopus.

Kajian epidemiologis di kedua negara tersebut umumnya menitikberatkan pada analisis hubungan antara paparan asap kebakaran hutan dan peningkatan angka kesakitan penyakit pernapasan, terutama yang dipicu oleh partikel halus PM2,5 (Liu *et al.*, 2016; Borchers Arriagada *et al.*, 2020). Temuan dari *state of wildfire and health research* memetakan lebih dari setengah literatur dunia berasal dari Amerika Utara, dengan kurangnya kontribusi relatif dari Afrika dan kawasan Latin Amerika, meskipun wilayah tersebut juga berisiko tinggi terhadap kebakaran hutan (Nunes *et al.*, 2025). Data ini sesuai dengan visualisasi yang menunjukkan negara tingkat tinggi seperti AS dan Australia mendominasi jumlah dokumen; distribusi ini menggambarkan bagaimana kapasitas riset, ketersediaan pendanaan, serta kapasitas kolaborasi internasional memengaruhi intensitas publikasi ilmiah dalam domain ini.

Analisis lebih mendalam menunjukkan keniscayaan perbedaan fokus penelitian antarnegara yang memengaruhi tren publikasi. Misalnya, studi multicountry terbaru di jurnal *Nature Sustainability* meneliti risiko hospitalisasi pernapasan akibat PM2.5 spesifik kebakaran di komunitas dari Australia, Brasil, Kanada, Selandia Baru, Thailand, dan Taiwan; temuan ini memperluas cakupan geografis kajian kesehatan yang melampaui negara-negara berbahasa Inggris dominan dan menunjukkan keterlibatan lebih banyak wilayah Asia-Pasifik dalam masalah kesehatan asap kebakaran (Zhang *et al.*, 2025). Analisis seperti ini mengindikasikan bahwa meskipun jumlah dokumen dari negara berkembang masih kalah jumlah, studi empiris

yang melibatkan daerah-daerah seperti Brasil dan Thailand semakin muncul di literatur utama, menandakan diversifikasi tren penelitian dalam dekade terakhir.

Peningkatkan kontribusi publikasi dari negara-negara Asia, termasuk India, China, dan Indonesia, menunjukkan semakin besarnya perhatian terhadap dampak kesehatan kebakaran hutan di wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi serta tingkat paparan polusi udara yang relatif besar. Kajian yang dilakukan di kawasan ini umumnya menekankan peran faktor antropogenik, seperti konversi lahan dan aktivitas industry, yang berinteraksi dengan kondisi meteorologis ekstrem sehingga memperburuk kualitas udara ambien. Berbagai penelitian melaporkan bahwa paparan asap kebakaran hutan di Asia berkorelasi dengan peningkatan angka rawat inap akibat gangguan pernapasan dan kardiopulmoner, terutama pada kelompok populasi yang rentan (Crippa *et al.*, 2016; Kopitz *et al.*, 2017). Temuan tersebut berkontribusi pada meningkatnya jumlah publikasi dari negara-negara Asia dalam basis data ilmiah internasional.

Trend publikasi ini menunjukkan bahwa output riset tidak hanya didorong oleh frekuensi kejadian kebakaran hutan, tetapi juga oleh kapasitas institusional dan jaringan ilmiah; contoh negara berkembang yang kini mulai muncul di daftar publikasi besar seperti Thailand dan Vietnam menunjukkan peningkatan keterlibatan mereka dalam studi efek asap kebakaran terhadap kesehatan pernapasan, walaupun jumlah publikasi masih jauh di bawah negara maju yang memiliki akses lebih luas ke jurnal terindeks internasional. Ketimpangan jumlah publikasi antara negara maju dan berkembang juga merefleksikan tantangan metodologis dan struktural dalam riset global tentang asap kebakaran. Negara-negara yang memiliki basis data kualitas udara yang kuat, jaringan kesehatan masyarakat, serta dana riset yang memadai cenderung memproduksi output ilmiah lebih dominan, sedangkan kekurangan data atau dukungan kelembagaan di negara lain memengaruhi representasi risetnya. Literatur bibliometrik secara eksplisit mencatat under-representation Afrika dan Amerika Latin dalam pool publikasi meskipun paparan kebakaran juga konsisten terjadi di kawasan tersebut, menunjukkan bahwa tren publikasi tidak selalu sejalan dengan kebutuhan kesehatan global secara merata.

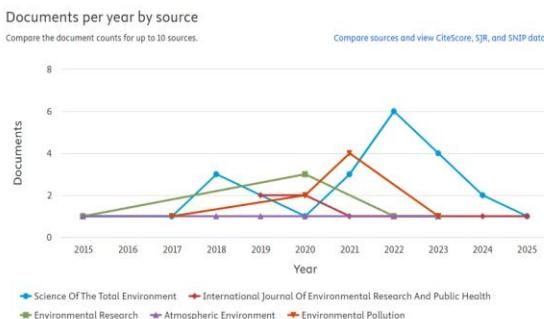
Keterbatasan basis data juga memengaruhi interpretasi tren penelitian menurut negara. Basis data seperti Scopus cenderung memiliki lebih banyak indeksasi jurnal internasional berbahasa Inggris, sehingga penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal regional atau berbahasa lain mungkin kurang terhitung dalam analisis tren nasional. Hal ini menjadi batasan signifikan dalam studi bibliometrik karena distribusi negara dalam dataset tidak hanya mencerminkan output riset tetapi juga keterbatasan cakupan indeksasi Scopus untuk beberapa wilayah tertentu. Studi lebih lanjut direkomendasikan untuk melibatkan multi-basis data seperti Scopus dan *Web of Science* secara bersamaan guna memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang kontribusi nasional dalam riset dampak kesehatan asap kebakaran. Penguatan kolaborasi internasional serta peningkatan kapasitas riset di negara-negara berkembang menjadi langkah penting untuk menghasilkan bukti ilmiah yang lebih merata dan mendukung perumusan kebijakan kesehatan masyarakat yang adaptif dan berbasis bukti.

Analisis ini menunjukkan bahwa pola publikasi berdasarkan negara tidak semata-mata memperlihatkan dominasi negara maju seperti Amerika Serikat dan Australia dalam jumlah artikel ilmiah, tetapi juga menegaskan semakin terlihatnya kontribusi riset dari negara lain termasuk Thailand dan Brazil. Kehadiran studi-studi tersebut memberikan bukti empiris yang semakin kuat mengenai dampak PM2.5 akibat kebakaran hutan terhadap kesehatan masyarakat. Temuan ini menegaskan kebutuhan untuk memperkuat kapasitas riset di wilayah yang rentan namun masih kurang terwakili melalui peningkatan investasi pada sistem pemantauan kualitas udara, pengembangan kerja sama penelitian lintas negara, serta dukungan pendanaan yang mendorong publikasi di jurnal internasional terindeks. Upaya tersebut berpotensi menghasilkan literatur ilmiah yang lebih seimbang dan mencerminkan kondisi global secara lebih akurat terkait dampak asap kebakaran hutan.

### Tren Publikasi berdasarkan Sumber

Dinamika publikasi dari lima sumber utama penelitian tentang dampak kesehatan akibat polusi udara dari kebakaran hutan pada periode 2015-2025 ditunjukkan pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan perkembangan jumlah publikasi ilmiah per tahun berdasarkan lima sumber jurnal

utama yang membahas topik polusi udara dan dampaknya terhadap kesehatan, khususnya dalam konteks kebakaran hutan. Rentang waktu publikasi yang dianalisis mencakup periode 2015 hingga 2025, sehingga mampu menggambarkan dinamika perhatian ilmiah terhadap isu ini dalam satu dekade terakhir.



**Gambar 3.** Grafik Publikasi berdasarkan Sumber.  
Sumber: Analisis Scopus

Pola publikasi berdasarkan sumber jurnal menunjukkan bahwa *Science of the Total Environment* menjadi kanal utama diseminasi riset terkait dampak kesehatan asap kebakaran hutan, dengan peningkatan jumlah publikasi yang jelas setelah tahun 2019 dan puncak sekitar 2022 sebagaimana terlihat pada grafik. Dominasi jurnal ini mengindikasikan bahwa isu kebakaran hutan dan PM2.5 semakin diposisikan sebagai persoalan lingkungan-kesehatan yang terintegrasi, bukan sekadar isu kualitas udara atau epidemiologi semata, sejalan dengan karakter jurnal yang berfokus pada pendekatan lintas disiplin antara lingkungan, paparan, dan dampak kesehatan manusia (Xu *et al.*, 2020).

Distribusi publikasi juga menunjukkan peran signifikan *International Journal of Environmental Research and Public Health* yang mengalami peningkatan pada periode 2020–2021 sebelum menurun kembali. Pola ini mencerminkan respons cepat komunitas masyarakat terhadap kejadian kebakaran besar dan krisis asap ekstrem, khususnya dalam konteks dampak jangka pendek seperti rawat inap dan mortalitas, namun juga mengindikasikan bahwa sebagian besar studi bersifat responsif terhadap peristiwa besar dan belum sepenuhnya berkembang menjadi agenda riset jangka panjang yang berkelanjutan.

Kontribusi *Environmental Research* dan *Environmental Pollution* memperlihatkan kecenderungan yang lebih fluktuatif dan volume

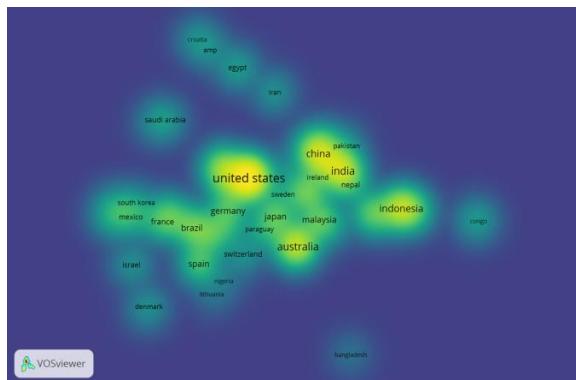
publikasi yang lebih rendah, tetapi tetap penting dalam membangun bukti mekanistik terkait komposisi PM2.5 kebakaran, toksitas, dan jalur paparan. Kehadiran jurnal-jurnal ini menegaskan bahwa riset kebakaran hutan tidak hanya berkembang pada ranah kesehatan populasi, tetapi juga pada kajian proses lingkungan dan karakteristik polutan, yang menjadi fondasi penting bagi interpretasi dampak kesehatan dalam studi epidemiologi (O'Dell *et al.*, 2019). Sementara itu, rendahnya dan relatif stagnannya jumlah publikasi pada jurnal khusus seperti *Atmospheric Environment* menunjukkan bahwa riset kebakaran hutan mulai bergeser dari fokus atmosfer murni menuju pendekatan yang lebih terapan dan berorientasi kebijakan. Pergeseran ini mengindikasikan transformasi lanskap publikasi ilmiah, di mana isu kebakaran hutan semakin dipahami sebagai masalah kesehatan masyarakat global yang menuntut integrasi antara sains atmosfer, kesehatan lingkungan, dan pengambilan keputusan berbasis bukti (Johnston *et al.*, 2020).

Analisis kritis terhadap tren sumber publikasi ini juga mengungkap potensi bias bibliometrik yang perlu diperhatikan. Ketergantungan pada basis data Scopus cenderung menguntungkan jurnal internasional bereputasi tinggi dan berbahasa Inggris, sehingga riset lokal atau regional yang dipublikasikan di jurnal nasional berpotensi tidak terwakili. Keterbatasan kata kunci dan variasi terminologi kebakaran hutan serta asap lintas batas juga dapat memengaruhi distribusi sumber yang teridentifikasi, sehingga interpretasi dominasi jurnal tertentu perlu dilakukan secara hati-hati (Mongeon & Paul-Hus, 2016). Pembahasan ini juga menunjukkan bahwa tren publikasi berdasarkan sumber tidak hanya mencerminkan intensitas penelitian, tetapi juga arah perkembangan keilmuan dan prioritas global dalam riset kebakaran hutan dan kesehatan. Implikasi ilmiah dari temuan ini menegaskan pentingnya diversifikasi outlet publikasi, penguanan jurnal lintas disiplin, serta dorongan bagi peneliti dari negara berkembang untuk menembus jurnal bereputasi agar perspektif global terkait dampak asap kebakaran hutan dapat terwakili secara lebih seimbang.

### Analisis hubungan antar Negara

Pola jaringan kolaborasi penelitian Dampak Kesehatan Akibat Polusi Udara dari Kebakaran Hutan antar negara digambarkan pada Gambar 4,

yang menunjukkan interaksi dan kekuatan hubungan antar negara dalam penelitian ini.



Gambar 4. Kolaborasi antar negara. Sumber: Analisis Scopus

Gambaran kolaborasi global dalam penelitian terkait dampak kesehatan dari polusi udara akibat kebakaran hutan menunjukkan partisipasi internasional yang luas, dengan berbagai tingkat keterlibatan. Negara-negara yang digambarkan dengan warna lebih terang seperti kuning dan hijau muda mewakili negara-negara yang memiliki peran lebih substansial baik dalam publikasi maupun kemitraan internasional. Di antara mereka, Amerika Serikat menonjol sebagai pusat kolaborasi utama, yang ditunjukkan oleh posisinya yang menonjol dan intensitas tinggi pada peta. Demikian pula, negara-negara seperti Tiongkok, India, Indonesia, dan Australia juga muncul sebagai pemain kunci, tidak hanya dalam hal volume publikasi tetapi juga dalam membina hubungan kolaboratif yang kuat dengan negara lain. Pola ini menunjukkan pengakuan luas terhadap polusi udara akibat kebakaran hutan sebagai masalah kesehatan yang mendesak, terutama di wilayah yang sering mengalami kebakaran hutan dan menderita tingkat polusi yang tinggi. Jaringan kolaborasi internasional ini juga menegaskan pentingnya kerja sama lintas negara dalam menangani permasalahan.

Visualisasi pada gambar 4 menunjukkan bahwa Amerika Serikat menempati posisi dominan sebagai pusat jaringan kolaborasi global dengan tingkat keterhubungan tertinggi dibandingkan negara lain. Dominasi Amerika Serikat dalam peta bibliometrik tersebut mencerminkan perannya yang strategis sebagai simpul utama dalam pertukaran pengetahuan internasional, sebagaimana juga diidentifikasi dalam kajian sebelumnya. Kapasitas ini didukung oleh

infrastruktur riset yang mapan serta pendanaan penelitian yang besar, sehingga memungkinkan negara tersebut menarik mitra kolaborasi dari berbagai kawasan, termasuk Eropa dan Asia. Analisis lebih lanjut memperlihatkan bahwa China dan India mulai muncul sebagai kekuatan baru di kawasan Asia, yang ditandai oleh intensitas kepadatan warna yang tinggi dan menunjukkan peningkatan signifikan dalam volume publikasi serta kerja sama internasional dalam beberapa dekade terakhir (Gui *et al.*, 2019). Pergeseran pusat gravitasi riset dari kawasan Barat menuju Timur ini sejalan dengan temuan bahwa negara-negara berkembang secara progresif memperkecil kesenjangan teknologi melalui investasi berkelanjutan di sektor penelitian dan pengembangan

Indonesia menunjukkan posisi yang relatif strategis dalam peta kolaborasi internasional dengan membentuk klaster yang mulai bergeser dari pusat utama, namun tetap memiliki tingkat kepadatan yang cukup kuat. Kedekatan posisi Indonesia dengan Malaysia dan Australia mengindikasikan pengaruh faktor geografis serta kesamaan agenda riset di tingkat regional. Kolaborasi internasional yang dilakukan oleh peneliti Indonesia umumnya didorong oleh kebutuhan untuk meningkatkan visibilitas global serta memperoleh akses terhadap fasilitas riset dan sumber daya laboratorium yang lebih maju di negara mitra. Namun demikian, ketergantungan yang tinggi pada sejumlah mitra utama berpotensi menimbulkan risiko terhadap keberlanjutan kolaborasi ilmiah, terutama apabila terjadi perubahan kebijakan pendanaan atau dinamika politik di negara mitra tersebut. Kondisi ini menunjukkan pentingnya diversifikasi jejaring kolaborasi, termasuk dengan negara-negara di kawasan Skandinavia atau Timur Tengah, yang dalam peta bibliometrik masih tampak berada pada jarak koordinat yang relatif jauh.

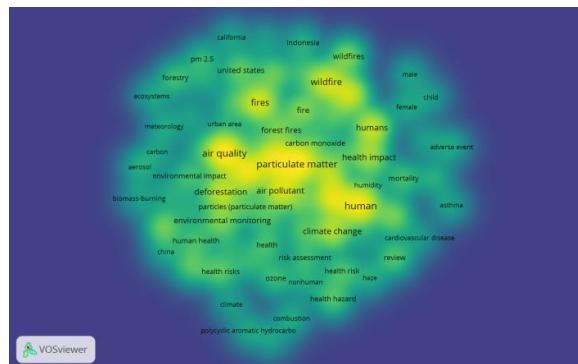
Kesenjangan kolaborasi internasional masih terlihat jelas pada sejumlah negara di Afrika dan Amerika Latin yang berada di posisi periferal dalam jaringan publikasi global. Pola ini mencerminkan ketimpangan distribusi produksi pengetahuan ilmiah, di mana negara-negara di belahan bumi selatan cenderung kurang terintegrasi dalam jaringan inti publikasi internasional. Keterbatasan akses terhadap basis data ilmiah global, kapasitas pendanaan yang rendah, serta kendala bahasa sering kali diidentifikasi sebagai

faktor utama yang menghambat partisipasi aktif peneliti dari wilayah tersebut, Implikasi dari temuan ini menegaskan pentingnya kebijakan riset global yang lebih inklusif agar inovasi dan produksi pengetahuan tidak terkonsentrasi pada negara-negara maju semata. Perbandingan dengan studi bibliometrik terdahulu menunjukkan bahwa meskipun tingkat koneksi global terus meningkat, struktur hierarkis dalam jaringan pengetahuan internasional masih relatif bertahan.

Keterbatasan utama dari analisis ini berkaitan dengan penggunaan basis data Scopus sebagai satu-satunya sumber metadata, sehingga publikasi berkualitas yang diterbitkan dalam bahasa lokal atau terindeks pada basis data lain berpotensi tidak terakomodasi. Bias basis data semacam ini cenderung menguntungkan negara-negara dengan tradisi publikasi berbahasa Inggris yang kuat. Selain itu, visualisasi yang dihasilkan melalui VOSviewer hanya merepresentasikan hubungan ko-kepengarangan (co-authorship), tanpa menangkap dimensi kualitas kolaborasi maupun dampak sosial dari kerja sama tersebut. Penelitian selanjutnya perlu mengombinasikan pendekatan bibliometrik dengan analisis kualitatif, seperti wawancara atau studi kasus kolaborasi internasional, guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dinamika dan motivasi pembentukan jaringan ilmu pengetahuan global.

### Analisis Kemunculan Bersama

Visualisasi jaringan kata kunci dalam penelitian Dampak Kesehatan dari Polusi Udara Akibat Kebakaran Hutan melalui analisis ko-korensi disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kemunculan bersama dokumen.  
Sumber: Analisis Scopus.

Peta kata kunci yang dihasilkan gambar

merepresentasikan kerangka konseptual utama dalam literatur ilmiah yang membahas dampak kesehatan akibat polusi udara yang bersumber dari kebakaran hutan. Visualisasi VOSviewer ini menampilkan frekuensi kemunculan kata kunci sekaligus tingkat keterkaitan antaristilah dalam publikasi yang dianalisis, di mana ukuran dan intensitas warna mencerminkan dominasi dan kekuatan hubungan konseptual. Kata kunci berukuran besar dengan warna lebih terang menunjukkan tema yang paling sering dibahas dan menjadi pusat perhatian penelitian, sedangkan istilah berukuran lebih kecil dan berwarna gelap menggambarkan topik yang masih terbatas eksplorasinya.

Kata kunci yang paling dominan meliputi *particulate matter*, *air quality*, *wildfire*, *fires*, *human*, dan *health impact*, yang menegaskan bahwa fokus utama penelitian berada pada hubungan antara kebakaran hutan, polusi udara, dan dampaknya terhadap kesehatan manusia. Menonjolnya *wildfire* *particulate matter* menunjukkan bahwa sebagian besar kajian menitikberatkan pada partikel halus, khususnya PM2.5 dan PM10, yang diketahui memiliki kemampuan menembus sistem pernapasan hingga ke aliran darah. Paparan partikel ini secara luas dikaitkan dengan peningkatan risiko gangguan pernapasan, penyakit kardiovaskular, serta mortalitas, sehingga sering muncul beriringan dengan istilah seperti *air pollutant*, *health risk*, dan *mortality* dalam jaringan kata kunci.

Kemunculan kata kunci *air quality* berperan sebagai penghubung penting antara sumber polusi dan dampak kesehatan, karena kualitas udara digunakan sebagai indikator utama dalam menilai tingkat paparan akibat kebakaran hutan. Istilah *wildfire* dan *fires* berfungsi sebagai faktor pemicu utama dalam jaringan konseptual tersebut dan secara konsisten dianalisis bersamaan dengan partikulat serta berbagai indikator kesehatan. Fokus penelitian yang berorientasi pada manusia semakin diperkuat oleh kemunculan istilah seperti *asthma*, *cardiovascular disease*, dan *respiratory health*, yang menunjukkan perhatian khusus terhadap kelompok rentan dan spektrum gangguan kesehatan yang luas akibat paparan asap kebakaran.

Keberadaan kata kunci seperti *climate change*, *deforestation*, dan *biomass burning* menunjukkan bahwa kebakaran hutan dipahami dalam konteks permasalahan lingkungan global

yang saling terkait. Perubahan iklim tidak hanya diposisikan sebagai faktor yang meningkatkan frekuensi dan intensitas kebakaran, tetapi juga sebagai konsekuensi lanjutan dari emisi karbon yang dilepaskan selama proses pembakaran. Kerangka ini menempatkan kebakaran hutan sebagai isu lintas skala yang menghubungkan dinamika ekosistem, atmosfer, dan kesehatan manusia.

Kata kunci dengan tingkat kemunculan lebih rendah, seperti *polycyclic aromatic hydrocarbons*, *nonhuman*, *urban area*, dan *humidity*, mencerminkan area kajian yang masih berkembang dan relatif kurang mendapat perhatian. Istilah tersebut mengindikasikan peluang riset lanjutan, khususnya terkait karakteristik kimia polutan berbahaya, dampak terhadap organisme non-manusia, serta peran faktor spasial dan meteorologis dalam memengaruhi distribusi dan risiko paparan polusi udara. Secara keseluruhan, peta kata kunci ini menegaskan sifat interdisipliner penelitian dampak kesehatan akibat kebakaran hutan, sekaligus menunjukkan bahwa meskipun fokus pada kesehatan manusia telah mapan, ruang pengembangan kajian yang lebih beragam masih terbuka luas.

Keterbatasan analisis kemunculan bersama ini berkaitan dengan ketergantungan pada metadata kata kunci yang disediakan penulis dan basis data Scopus, yang tidak selalu merepresentasikan keseluruhan isi artikel secara utuh. Dominasi publikasi berbahasa Inggris juga berpotensi mengaburkan isu-isu lokal yang signifikan secara kontekstual. Selain itu, sifat visualisasi yang statis tidak sepenuhnya menangkap dinamika temporal perkembangan topik, sehingga tema-tema baru yang muncul pada periode akhir analisis mungkin belum terlihat dominan. Kondisi ini menunjukkan perlunya pendekatan bibliometrik yang dikombinasikan dengan analisis tematik mendalam untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif terhadap evolusi riset di bidang ini.

## Kesimpulan

Studi bibliometrik berjudul “Health Impacts of Air Pollution from Forest Fires” menunjukkan peningkatan perhatian akademik terhadap topik ini, khususnya dalam kurun sepuluh tahun terakhir, dengan lonjakan jumlah publikasi yang semakin jelas setelah tahun 2020. Hasil analisis memperlihatkan bahwa

sebagian besar publikasi ilmiah berasal dari bidang Ilmu Lingkungan dan Kedokteran, yang mencerminkan pendekatan lintas disiplin dengan menggabungkan aspek ekologi dan kesehatan dalam mengkaji polusi udara akibat kebakaran hutan. Distribusi geografis penelitian menempatkan Amerika Serikat, Australia, India, dan Indonesia sebagai kontributor utama, baik dari sisi produktivitas ilmiah maupun sebagai wilayah yang sering terdampak kejadian kebakaran hutan. Kondisi tersebut sejalan dengan tingginya frekuensi dan luasnya peristiwa kebakaran hutan di kawasan-kawasan tersebut. Analisis ko-kepengarangan juga memperlihatkan pola kolaborasi internasional yang kuat, dengan Amerika Serikat berperan sebagai pusat utama dalam jejaring penelitian global.

Artikel ini menegaskan bahwa polusi udara yang dihasilkan oleh kebakaran hutan merupakan permasalahan kompleks dan mendesak yang memerlukan upaya riset terpadu serta bersifat multidisipliner. Kumpulan penelitian yang ada tidak hanya memperkaya pemahaman mengenai dampak kesehatan masyarakat, tetapi juga memberikan dasar ilmiah yang penting untuk merumuskan strategi mitigasi dan adaptasi yang lebih efektif, terutama dalam menghadapi peningkatan risiko kebakaran hutan yang dipicu oleh perubahan iklim.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan artikel ini. Artikel ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah yang bermanfaat bagi pengembangan penelitian di bidang kesehatan lingkungan dan dampak kebakaran hutan terhadap kesehatan masyarakat.

## Referensi

- Adetona, O., Reinhardt, T. E., Domitrovich, J., Broyles, G., Adetona, A. M., Kleinman, M. T., Ottmar, R. D., & Naeher, L. P. (2016). Review of the health effects of wildland fire smoke on wildland firefighters and the public. *Inhalation Toxicology*, 28(3), 95–139.

- <https://doi.org/10.3109/08958378.2016.1145771>
- Borchers Arriagada, N., Palmer, A. J., Bowman, D. M. J. S., Morgan, G. G., Jalaludin, B. B., & Johnston, F. H. (2020). Unprecedented smoke-related health burden associated with the 2019–20 bushfires in eastern Australia. *Medical Journal of Australia*, 213(6), 282–283. <https://doi.org/10.5694/mja2.50545>
- Bowman, D. M. J. S., Moreira-Muñoz, A., Kolden, C. A., Chávez, R. O., Muñoz, A. A., Salinas, F., González-Reyes, Á., Rocco, R., de la Barrera, F., Williamson, G. J., Borchers, N., Cifuentes, L. A., Abatzoglou, J. T., & Johnston, F. H. (2019). Human-environmental drivers and impacts of the globally extreme 2017 Chilean fires. *Ambio*, 48(4), 350–362. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1084-1>
- Cascio, W. E. (2018). Wildland fire smoke and human health. *Science of the Total Environment*, 624, 586–595. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.086>
- Chen, G., Zhang, W., Li, S., Zhang, Y., Williams, G., Huxley, R., Ren, H., Cao, W., Guo, Y., & Barnett, A. G. (2017). A review of biomass burning: Emissions and impacts on air quality, health and climate. *Science of the Total Environment*, 579, 913–929. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.025>
- Crippa, P., Castruccio, S., Archer-Nicholls, S., Lebron, G. B., Kuwata, M., Thota, A., & Spracklen, D. V. (2016). Population exposure to hazardous air quality due to the 2015 fires in Equatorial Asia. *Scientific Reports*, <https://doi.org/10.1038/srep37074>
- D'Amato, G., Holgate, S. T., Pawankar, R., Ledford, D. K., Cecchi, L., Al-Ahmad, M., Al-Enezi, F., Al-Muhsen, S., Ansotegui, I., Baena-Cagnani, C. E., Baker, D. J., Bayram, H., Bergmann, K. C., Boulet, L.-P., Buters, J. T. M., D'Amato, M., Dorsano, S., Douwes, J., Finlay, S. E., Annesi-Maesano, I. (2015). Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders: A statement of the World Allergy Organization. *World Allergy Organization Journal*, 8(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s40413-015-0073-0>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Gui, Q., Liu, C., & Du, D. (2019). The structure and dynamic of scientific collaboration network among countries along the Belt and Road. *Sustainability*, 11(19), 5187. <https://doi.org/10.3390/su11195187>
- Jaffe, D. A., O'Neill, S. M., Larkin, N. K., Holder, A. L., Peterson, D. L., Halofsky, J. E., & Rappold, A. G. (2020). Wildfire and prescribed burning impacts on air quality in the United States. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 70(6), 583–615. <https://doi.org/10.1080/10962247.2020.1749731>
- Johnston, F. H., Borchers-Arriagada, N., Morgan, G. G., Jalaludin, B., Palmer, A. J., Williamson, G. J., & Bowman, D. M. J. S. (2020). Unprecedented health costs of smoke-related PM<sub>2.5</sub> from the 2019–20 Australian megafires. *Nature Sustainability*, 4(1), 42–47. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00610-5>
- Joshi, M., Joshi, A., & Bartter, T. (2024). The impact of climate change on respiratory health: Current understanding and knowledge gaps. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, 31(2). <https://doi.org/10.1097/MCP.0000000000001145>
- Kondo, M. C., De Roos, A. J., White, L. S., Heilman, W. E., Mockrin, M. H., Gross-Davis, C. A., & Burstyn, I. (2019). Meta-analysis of heterogeneity in the effects of wildfire smoke exposure on respiratory health in North America. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6), 960. <https://doi.org/10.3390/ijerph16060960>

- Koplitz, S. N., Mickley, L. J., Marlier, M. E., Buonocore, J. J., Kim, P. S., Liu, T., & Myers, S. S. (2017). Public health impacts of the severe haze in Equatorial Asia in September-October 2015: Demonstration of a new framework for informing fire management strategies to reduce downwind smoke exposure. *Environmental Research Letters*, 11(9), 094023.  
<https://doi.org/10.1088/17489326/11/9/094023>
- Liu, J. C., Mickley, L. J., Sulprizio, M. P., Dominici, F., Yue, X., Ebisu, K., Anderson, G. B., Khan, R. F. A., Bravo, M. A., & Bell, M. L. (2016). Particulate air pollution from wildfires in the Western US under climate change. *Climatic Change*, 138(3), 655–666.  
<https://doi.org/10.1007/s10584-016-1762-6>
- Liu, J. C., Pereira, G., Uhl, S. A., Bravo, M. A., & Bell, M. L. (2015). A systematic review of the physical health impacts from non-occupational exposure to wildfire smoke. *Environmental Research*, 136, 120–132.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.10.015>
- Mallah, M. A., Changxing, L., Mallah, M. A., Noreen, S., Liu, Y., Saeed, M., Xi, H., Ahmed, B., Feng, F., Mirjat, A. A., Wang, W., Jabar, A., Naveed, M., Li, J.-H., & Zhang, Q. (2022). Polycyclic aromatic hydrocarbon and its effects on human health: An overview. *Chemosphere*, 296, 133948.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133948>
- Marlier, M. E., DeFries, R. S., Kim, P. S., Koplitz, S. N., Jacob, D. J., Mickley, L. J., & Myers, S. S. (2015). Fire emissions and regional air quality impacts from fires in oil palm, timber, and logging concessions in Indonesia. *Environmental Research Letters*, 10(8), 085005.  
<https://doi.org/10.1088/17489326/10/8/085005>
- Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: A comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213–228.  
<https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>
- Nunes, A. R. (2025). The state of wildfire and health research: Emerging trends, challenges and gaps. *International Health*, 17(6), 922–933.  
<https://doi.org/10.1093/inthealth/ihaf032>
- O'Dell, K., Ford, B., Fischer, E. V., & Pierce, J. R. (2019). Contribution of wildland-fire smoke to US PM<sub>2.5</sub> and its influence on recent trends. *Environmental Science & Technology*, 53(4), 1797–1804.  
<https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05430>
- Reid, C. E., & Maestas, M. M. (2019). Wildfire smoke exposure under climate change: Impact on respiratory health of affected communities. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, 25(2), 179–187.  
<https://doi.org/10.1097/MCP.00000000000000552>
- Shah, S. H. H., Lei, S., Ali, M., Doronin, D., & Hussain, S. T. (2019). Prosumption: bibliometric analysis using HistCite and VOSviewer. *Kybernetes*.  
<https://doi.org/10.1108/K-12-2018-0696>
- Wong, D. (2018). VOSviewer. *Technical Services Quarterly*, 35(2), 219–220.  
<https://doi.org/10.1080/07317131.2018.1425352>
- Xu, R., Yu, P., Abramson, M. J., Johnston, F. H., Samet, J. M., Bell, M. L., Haines, A., Ebi, K. L., Li, S., & Guo, Y. (2020). Wildfires, global climate change, and human health. *New England Journal of Medicine*, 383(22), 2173–2181.  
<https://doi.org/10.1056/NEJMsr2028985>
- Zhang, Y., Xu, R., Huang, W., Ye, T., Yu, P., Yu, W., Wu, Y., Liu, Y., Yang, Z., Wen, B., Ju, K., Song, J., Abramson, M. J., Johnson, A., Capon, A., Jalaludin, B., Green, D., Lavigne, E., Johnston, F. H., Morgan, G. G., Knibbs, L. D., Zhang, Y., Marks, G., Heyworth, J., Arblaster, J., Guo, Y. L., Morawska, L., Coelho, M. S. Z. S., Saldiva, P. H. N., Matus, P., Bi, P., Hales, S., Hu, W., Phung, D., Guo, Y.-M., & Li, S. (2025). Respiratory risks from wildfire-specific PM<sub>2.5</sub> across multiple countries and territories. *Nature Sustainability*, 8(5), 474–484.  
<https://doi.org/10.1038/s41893-025-01533-9>