Jurnal Penelitian Perawat Profesional
Volume 8 Nomor 5, Oktober 2026
e-ISSN 2715-6885; p-ISSN 2714-9757
http://jurnal2.globalhealthsciencegroup.com/index.php/JPPP

PAPARAN ASAP KARHUTLA DAN RISIKO PENYAKIT SALURAN NAPAS ATAS: TINJAUAN SISTEMATIS

Meilina Wardhani[1,2], Ahmad Ghiffari[1], Muhammad Destrian Cossandra[1,3], Wifaqi Oktaria[1,3], Taufik Hidayat[1,2], Melani Jalali[1,2]
[1]Fakultas Kedokteran, Universitas Muhammadiyah Palembang, Jl. Jenderal Ahmad Yani, 13 Ulu, Seberang Ulu II, Palembang, Sumatera Selatan 30263, Indonesia
[2]Divisi Telinga Hidung Tenggorokan Kepala dan Leher, RS BARI Palembang, Jl. Panca Usaha No.1, 5 Ulu, Seberang Ulu I, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30254, Indonesia
[3]Divisi Telinga Hidung Tenggorokan Kepala dan Leher, RS Muhammadiyah Palembang, Jl. Jenderal Ahmad Yani No. 13, Ulu, Seberang Ulu II, Palembang, Sumatera Selatan 30263, Indonesia
*meilina_wardhani@um-palembang.ac.id

ABSTRAK

Tinjauan terdahulu menggabungkan luaran saluran napas atas dan bawah, sehingga bukti yang relevan bagi telinga-hidung-tenggorok (THT) belum terpetakan. Tinjauan ini bertujuan mensintesis asosiasi asap kebakaran lanskap dengan luaran saluran napas atas menurut validitas pengukuran, pada lansia (≥65 tahun), menurut atopi atau penyakit saluran napas kronis, serta translasinya ke praktik THT. PubMed dan Scopus ditelusuri untuk periode 2017 hingga 2025. Luaran rinitis, rinosinusitis, disfungsi olfaktori, dan infeksi saluran pernapasan atas (ISPA atas) diklasifikasikan ke lima tingkat validitas. Sintesis bersifat naratif. Sebanyak 22 studi observasional diikutsertakan. Dua belas studi memakai kode administratif ISPA atas, tiga proksi resep, tiga diagnosis klinis, dan empat gejala yang dilaporkan sendiri; tidak ada yang memakai tes olfaktori psikofisik atau skor gejala sinonasal tervalidasi. Di antara studi kode administratif berinterval kepercayaan, estimasi utama tidak mencakup nilai nol pada lima studi dan mencakupnya pada dua. Dua studi melaporkan estimasi lansia; interval kepercayaan 95% keduanya mencakup nilai nol (risiko relatif kumulatif 0,64; 0,39–1,05; rasio odds 1,004; 0,940–1,072). Pada satu-satunya uji interaksi formal, odds bersin lebih tinggi pada anak dengan rinitis (rasio odds tersesuaikan 7,19; 1,35–38,58; n = 24). Tidak ada uji intervensi THT. Bukti didominasi kode administratif ISPA atas; data penyakit sinonasal terdiagnosis klinis, penghidu, lansia, dan atopi masih minim. Bukti ini belum cukup sebagai dasar rekomendasi tata laksana rinitis atau rinosinusitis selama episode asap.

Kata kunci: gangguan penghidu; infeksi saluran pernapasan; kebakaran hutan; materi partikulat; rinitis; sinusitis

LANDSCAPE FIRE SMOKE EXPOSURE AND UPPER AIRWAY DISEASE: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT

Earlier reviews pooled upper and lower respiratory outcomes, leaving evidence relevant to ear, nose and throat (ENT) practice unmapped. To synthesise associations between landscape fire smoke and upper airway outcomes by measurement validity, in adults aged ≥65 years, by atopy or chronic airway disease, and their translation into ENT practice. PubMed and Scopus were searched from 2017 to 2025. Rhinitis, rhinosinusitis, olfactory dysfunction and upper respiratory tract infection outcomes were classified into five validity levels. Synthesis was narrative. Twenty-two observational studies were included. Twelve studies used administrative upper respiratory tract infection codes, three prescription proxies, three clinical diagnoses and four self-reported symptoms; none used psychophysical olfactory tests or validated sinonasal symptom scores. Among administrative-code studies with confidence intervals, main estimates excluded the null in five and included it in two. Two studies reported estimates for older adults; both 95% confidence intervals included the null (cumulative relative risk 0.64, 0.39–1.05; odds ratio 1.004, 0.940–1.072). In the only formal interaction test, sneezing odds were higher in children with rhinitis (adjusted odds ratio 7.19, 1.35–38.58; n = 24). No study

evaluated an ENT intervention. Evidence rests mainly on administrative infection codes; data on clinically diagnosed sinonasal disease, olfaction, older adults and atopy remain sparse. It cannot yet support recommendations for managing rhinitis or rhinosinusitis during smoke episodes.

Keywords: olfaction disorders; particulate matter; respiratory tract infections; rhinitis; sinusitis; wildfires

PENDAHULUAN

Kebakaran lanskap, yang meliputi kebakaran hutan, lahan gambut, dan semak belukar, menghasilkan asap kompleks yang mengandung partikulat halus (PM2,5), aldehida, dan senyawa organik volatil, dan asap ini terhirup oleh jutaan penduduk setiap tahun (Adetona et al., 2016; Johnston et al., 2012). Saluran napas atas, yang terdiri atas rongga hidung, sinus paranasal, faring, dan laring, merupakan tempat kontak pertama polutan inhalasi dan menjalankan pembersihan mukosilier terhadap partikel serta (Bustamante-Marin & Ostrowski, 2017; Hill, 2025). Berbagai studi observasional melaporkan peningkatan kunjungan instalasi gawat darurat (IGD) atau rawat inap untuk infeksi saluran pernapasan atas (ISPA atas) selama paparan asap kebakaran (Duclos et al., 1990; Stowell et al., 2025; Tinling et al., 2016; Zhang et al., 2025), kenaikan proporsi kunjungan IGD anak untuk patologi saluran napas atas (Kiessling et al., 2025), dan peningkatan gejala nasal pada anak dengan rinitis (Vicedo-Cabrera et al., 2016). Frekuensi dan intensitas kebakaran lanskap meningkat secara global seiring perubahan iklim (Jones et al., 2022), sementara perluasan antarmuka permukiman–hutan menambah jumlah penduduk yang terpapar (Radeloff et al., 2018). Karena itu, dampak spesifik asap terhadap saluran napas atas perlu dipahami oleh klinisi telinga-hidung-tenggorok (THT) dan perawat yang melayani penduduk di wilayah rawan kabut asap.

Beberapa tinjauan telah membahas dampak respirasi asap kebakaran, tetapi belum ada yang mensintesis luaran saluran napas atas secara khusus dari perspektif otorinolaringologi. (Mahendran et al., 2025) melakukan tinjauan sistematis dan meta-analisis penyakit infeksi terkait polusi udara kebakaran; ISPA atas digabungkan dengan bronkitis akut dalam satu kategori luaran, dan rinitis, rinosinusitis, maupun disfungsi penghidu tidak dibahas. (Yu et al., 2023) membahas rinosinusitis dan disfungsi penghidu dalam tinjauan naratif yang mencakup polusi udara ambien dan asap kebakaran sekaligus, tanpa prosedur PRISMA maupun penilaian risiko bias formal. (Hill, 2025) menyatakan bahwa belum ada penelitian primer tentang rinosinusitis kronis dan asap kebakaran, dan bahwa penelitian di bidang ini "*desperately needed*". (Reid et al., 2016) dan (Savich et al., 2026) membahas dampak respirasi asap kebakaran secara umum tanpa memisahkan luaran saluran napas atas dari saluran napas bawah. Belum ada tinjauan yang menerapkan kerangka hierarki luaran THT, menilai kepastian bukti per kelompok luaran saluran napas atas, atau memetakan kesenjangan translasi bukti ke pedoman klinis.

Tinjauan ini menghubungkan dua literatur yang selama ini terpisah, yaitu epidemiologi kebakaran lanskap dan rinologi klinis. Tinjauan ini memperkenalkan hierarki validitas pengukuran lima tingkat untuk mengklasifikasikan luaran saluran napas atas: (T1) diagnosis klinis rinitis atau rinosinusitis, (T2) tes olfaktori psikofisik, (T3) skor gejala sinonasal tervalidasi, (T4) kode administratif ISPA atas, dan (T5) gejala nasal yang dilaporkan sendiri. Kerangka ini memungkinkan penilaian terpisah atas bukti yang selama ini tersembunyi di balik agregasi luaran respirasi dalam tinjauan sebelumnya. Tinjauan ini mengikuti pedoman PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Tinjauan ini juga mendokumentasikan dua kekosongan pelaporan, yaitu minimnya estimasi ISPA atas yang dipisahkan untuk kelompok usia ≥65 tahun dan terbatasnya kemampuan desain studi dominan untuk menguji efek modifikasi oleh status atopik, serta memetakan kesenjangan antara temuan epidemiologis dan pedoman klinis THT sebagai dasar agenda penelitian.

Tinjauan ini merumuskan empat pertanyaan penelitian. RQ1 menanyakan asosiasi antara paparan asap kebakaran lanskap dan luaran saluran napas atas yang diklasifikasikan menurut hierarki

validitas pengukuran lima tingkat (T1–T5). RQ2 (eksploratif) menanyakan sejauh mana studi melaporkan estimasi efek terpisah untuk luaran saluran napas atas pada lansia ≥65 tahun dan apakah arah efek konsisten dengan prediksi biologis tentang kerentanan usia lanjut. RQ3 (eksploratif) menanyakan apakah status atopik atau penyakit saluran napas kronis pra-ada memodifikasi efek paparan asap kebakaran pada luaran saluran napas atas, dan apakah desain studi yang mendominasi literatur mampu menjawab pertanyaan efek modifikasi tersebut. RQ4 menanyakan sejauh mana bukti epidemiologis tentang asap kebakaran lanskap dan saluran napas atas telah tertranslasi ke dalam pedoman klinis THT atau uji intervensi, dan apa dasar bukti untuk merancang uji klinis THT selama episode asap. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis secara sistematis bukti mengenai hubungan paparan asap kebakaran lanskap dengan gangguan saluran napas atas melalui klasifikasi luaran berdasarkan karakteristik pengukuran (T1–T5). Secara khusus, tinjauan ini mengevaluasi hubungan paparan dengan berbagai luaran saluran napas atas, mengidentifikasi bukti pada populasi lansia, menelaah kemungkinan efek modifikasi oleh status atopik dan penyakit saluran napas kronis yang sudah ada sebelumnya, serta memetakan kesenjangan antara temuan epidemiologis dan penerapannya dalam praktik klinis otorinolaringologi. Hasil tinjauan diharapkan memberikan dasar bagi penentuan prioritas penelitian dan pengembangan strategi penanganan gangguan saluran napas atas pada populasi yang terpapar asap kebakaran lanskap.

METODE

Protokol dan registrasi

Tinjauan sistematis ini dilaporkan mengikuti pedoman PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Protokol awal merumuskan lima pertanyaan penelitian (RQ1–RQ5) tentang asosiasi paparan asap kebakaran lanskap dengan rinitis, rinosinusitis, infeksi saluran napas atas (ISPA atas), dan disfungsi olfaktori, perbedaan menurut tipe pembakaran (*smouldering* dan *flaming*), subpopulasi rentan (anak, lansia, atopi atau asma penyerta), serta celah bukti dan kepastiannya. Protokol tidak didaftarkan pada registri seperti PROSPERO atau OSF; awalnya diubah delapan kali (D1–D8) sebagaimana dirangkum pada Suplemen Tabel 1. Enam perubahan pertama (D1–D6) diputuskan setelah ekstraksi data selesai dan peneliti telah melihat hasil ekstraksi, sehingga dilaporkan sebagai deviasi post hoc. Penambahan studi dari 18 menjadi 22 (D7) terjadi selama proses pencarian dan seleksi lanjutan, sebelum sintesis.

Kriteria kelayakan

Kriteria kelayakan disusun dengan kerangka PECO (*Population, Exposure, Comparator, Outcome*). Kriteria inklusi dan eksklusi, termasuk kode eksklusi skrining E1–E6, disajikan pada Suplemen Tabel 1. Hierarki luaran lima tingkat berfungsi sebagai kerangka klasifikasi, bukan filter kelayakan: T1, diagnosis klinis rinitis atau rinosinusitis; T2, tes olfaktori psikofisik; T3, skor gejala sinonasal tervalidasi; T4, kode administratif ISPA atas; dan T5, gejala nasal yang dilaporkan sendiri. Kerangka ini ditambahkan setelah ekstraksi (D5). Studi dikelompokkan untuk sintesis menurut tingkat luaran dan menurut RQ final.

Sumber informasi

Penelusuran dilakukan pada dua basis data bibliografi, PubMed dan Scopus, dan terakhir dijalankan pada 13 Oktober 2026 untuk kedua basis data. Diagram alur seleksi memakai templat PRISMA 2020 untuk tinjauan baru yang hanya menelusuri basis data. Registri, penelusuran sitasi maju dan mundur, penelusuran manual, literatur kelabu, dan konsultasi pakar tidak dipakai.

Strategi pencarian

String pencarian lengkap untuk setiap basis data, versi pencarian (sensitif atau spesifik), tanggal dijalankan, jumlah hasil, dan hasil uji known-item disajikan pada Suplemen Tabel 3. Pencarian dibatasi pada artikel berbahasa Inggris yang terbit pada 1990–2025.

Proses seleksi

Seleksi berlangsung dalam tiga langkah berurutan: penghapusan duplikat, skrining judul dan abstrak terhadap kriteria kelayakan, dan penilaian teks lengkap. Duplikat dihapus dan rekod dikelola selama skrining dengan Mendeley. Lima peninjau menyeleksi rekod secara independen. Pada skrining judul dan abstrak, penilaian hanya didasarkan pada teks judul dan abstrak; rekod yang informasi kuncinya tidak tercantum dalam abstrak diberi label UNSURE dan dilanjutkan ke penilaian teks lengkap, bukan dieksklusi. Perbedaan penilaian antarpeninjau diselesaikan melalui diskusi hingga tercapai konsensus. Alasan eksklusi pada tahap teks lengkap dan laporan yang tidak dapat diperoleh dicatat per laporan beserta alasannya. Jumlah rekod pada setiap langkah dilaporkan pada subbagian Seleksi studi dan Gambar 1.

Proses pengumpulan data

Data diekstraksi dari teks lengkap (PDF) setiap studi ke dalam satu matriks ekstraksi berformat spreadsheet. Ekstraksi dilakukan dalam dua tahap: 18 studi pada tahap awal, lalu empat studi tambahan (S19–S22; D7). Angka disalin sebagaimana tertulis pada sumber; tidak ada perhitungan ulang, inferensi, atau pengisian dari pengetahuan umum. Informasi yang tidak ditemukan pada teks yang diperiksa dicatat sebagai TIDAK DILAPORKAN, tanpa imputasi. Nomor halaman PDF sumber dicatat per kolom. Ketidakkonsistenan antarbagian dalam satu publikasi ditandai pada kolom catatan dan tidak diselesaikan oleh peneliti; kedua nilai dicatat tanpa memilih salah satu. Sampai tahap ini empat studi ditandai: S13, S16, S17, dan S18. Ekstraksi dilakukan oleh lima pengekstraksi. Data setiap studi diekstraksi oleh satu pengekstraksi dan diverifikasi oleh pengekstraksi kedua terhadap PDF sumber; perbedaan diselesaikan melalui kesepakatan kelima pengekstraksi. Claude (Anthropic), sebuah model bahasa berbasis kecerdasan buatan, dipakai untuk membantu menyalin data dari teks lengkap ke matriks ekstraksi, dan setiap nilai yang dihasilkannya diperiksa terhadap halaman PDF sumber yang tercatat pada matriks. Penulis studi tidak dihubungi untuk melengkapi data yang hilang.

Butir data

Matriks ekstraksi memuat 19 kolom: ID studi; penulis dan tahun; negara; desain studi; periode pengambilan data; populasi dan ukuran sampel; definisi paparan; definisi luaran; hasil utama (angka, ukuran efek, interval kepercayaan); jawaban terhadap RQ1 sampai RQ5 protokol (lima kolom); perancu yang disesuaikan; keterbatasan yang diakui penulis; skor kualitas; halaman sumber; dan catatan ketidakkonsistenan. Kolom skor kualitas dikosongkan karena instrumen penilaian belum ditentukan pada saat ekstraksi (D8). Luaran yang dicari (butir 10a) adalah rinitis, rinosinusitis, disfungsi olfaktori, dan ISPA atas; setiap luaran yang dilaporkan studi dikelompokkan ke tingkat T1–T5. Studi yang memakai penanda resep sebagai proksi luaran (S06, S19, S21) dicatat terpisah sebagai subtingkat T4b; subtingkat ini ditetapkan bersamaan dengan hierarki luaran setelah ekstraksi dan dilaporkan sebagai bagian dari deviasi D5. Data tambahan yang dicari (butir 10b) mencakup estimasi efek yang dipisahkan untuk lansia berusia 65 tahun ke atas, uji interaksi atau efek modifikasi status atopik, tipe pembakaran, dan metode penilaian paparan. Bila satu studi melaporkan beberapa estimasi (beberapa lag, kategori paparan, atau subkelompok), estimasi utama adalah estimasi yang dinyatakan penulis studi sebagai analisis utama; bila tidak dinyatakan, dipilih model dengan penyesuaian paling lengkap pada jendela lag yang ditetapkan penulis. Estimasi lain yang relevan dengan RQ, termasuk estimasi per kelompok usia dan per lag, tetap dicatat dan dilaporkan. Informasi yang hilang atau tidak jelas dicatat sebagai TIDAK DILAPORKAN, tanpa asumsi tambahan.

Penilaian risiko bias studi

Risiko bias direncanakan dinilai dengan *Risk of Bias In Non-randomized Studies of Exposures* (ROBINS-E) sebagai instrumen utama (Higgins et al., 2024). Daftar periksa JBI (Stern et al., 2024)) disiapkan sebagai alternatif bagi desain yang tidak memiliki struktur perbandingan paparan yang dapat dinilai dengan ROBINS-E, yaitu laporan deskriptif (S01). Penilaian akan dilakukan oleh lima

penilai secara independen, dengan perbedaan diselesaikan melalui diskusi hingga konsensus. Claude dipakai sebagai alat bantu untuk menyiapkan ringkasan bahan penilaian per studi dari matriks ekstraksi, sedangkan penilaian setiap domain diputuskan oleh penilai.

Ukuran efek

Ukuran efek dicatat sebagaimana dilaporkan setiap studi, yaitu rasio risiko (RR), risiko relatif kumulatif (cRR) dari model distributed lag, rasio odds (OR) dan OR tersesuaikan (aOR), rasio hazard (HR), rasio laju insidensi (IRR), persentase perubahan, dan rasio teramati terhadap diharapkan (O/E), dengan interval kepercayaan (CI) 95% bila tersedia. Tidak ada konversi antarukuran efek. Satuan kenaikan paparan berbeda antarstudi (misalnya per 10 μg/m³ dan per 1 μg/m³ PM2,5) dan tidak diseragamkan.

Metode sintesis

Kelayakan studi untuk sintesis (butir 13a) ditentukan menurut tingkat luaran T1–T5 dan menurut RQ final yang dijawab. Tabulasi dan penyajian hasil (butir 13c) memakai matriks ekstraksi, tabel distribusi studi per tingkat luaran, tabel pelaporan usia untuk ISPA atas (RQ2), klasifikasi desain studi menurut kemampuannya menguji efek modifikasi (RQ3), dan pemetaan terhadap pedoman klinis serta uji intervensi (RQ4). Untuk RQ4, keberadaan uji intervensi dinilai dari desain studi yang diikutsertakan, dan pernyataan tindakan kunci pedoman sinusitis dewasa AAO-HNSF 2025 (Payne et al., 2025) diperiksa untuk penyebutan asap kebakaran, polusi udara, atau paparan lingkungan sebagai konteks diagnosis atau tata laksana. Sintesis dilakukan secara naratif tanpa meta-analisis dan dilaporkan mengikuti pedoman *Synthesis Without Meta-analysis* (SWiM) (Campbell et al., 2020). Meta-analisis tidak dilakukan karena ukuran efek, satuan paparan, jendela lag, dan definisi luaran berbeda antarstudi. Untuk persiapan data (butir 13b), estimasi setiap studi ditabulasi sebagaimana dilaporkan beserta satuan paparan, lag, dan subkelompoknya, tanpa konversi atau imputasi. Sumber heterogenitas (butir 13e) dieksplorasi secara deskriptif menurut subpopulasi (anak, lansia, atopi) tanpa uji statistik. Analisis sensitivitas (butir 13f) tidak dilakukan karena tidak ada estimasi gabungan.

Penilaian bias pelaporan dan kepastian bukti

Risiko bias akibat hasil yang hilang (butir 14) direncanakan dinilai dengan funnel plot dan uji Egger bila tersedia sedikitnya sepuluh studi dengan luaran dan ukuran efek yang sebanding (Sterne et al., 2011). Bila syarat itu tidak terpenuhi, risiko pelaporan selektif dinilai secara kualitatif dengan mencatat studi yang melaporkan luaran saluran napas atas hanya di materi suplemen atau tanpa angka. Kepastian bukti direncanakan dinilai dengan pendekatan GRADE untuk setiap kelompok luaran T1–T5 (Guyatt et al., 2008) oleh tim penilai yang sama dengan penilaian risiko bias, secara independen, dengan perbedaan diselesaikan melalui konsensus.

HASIL

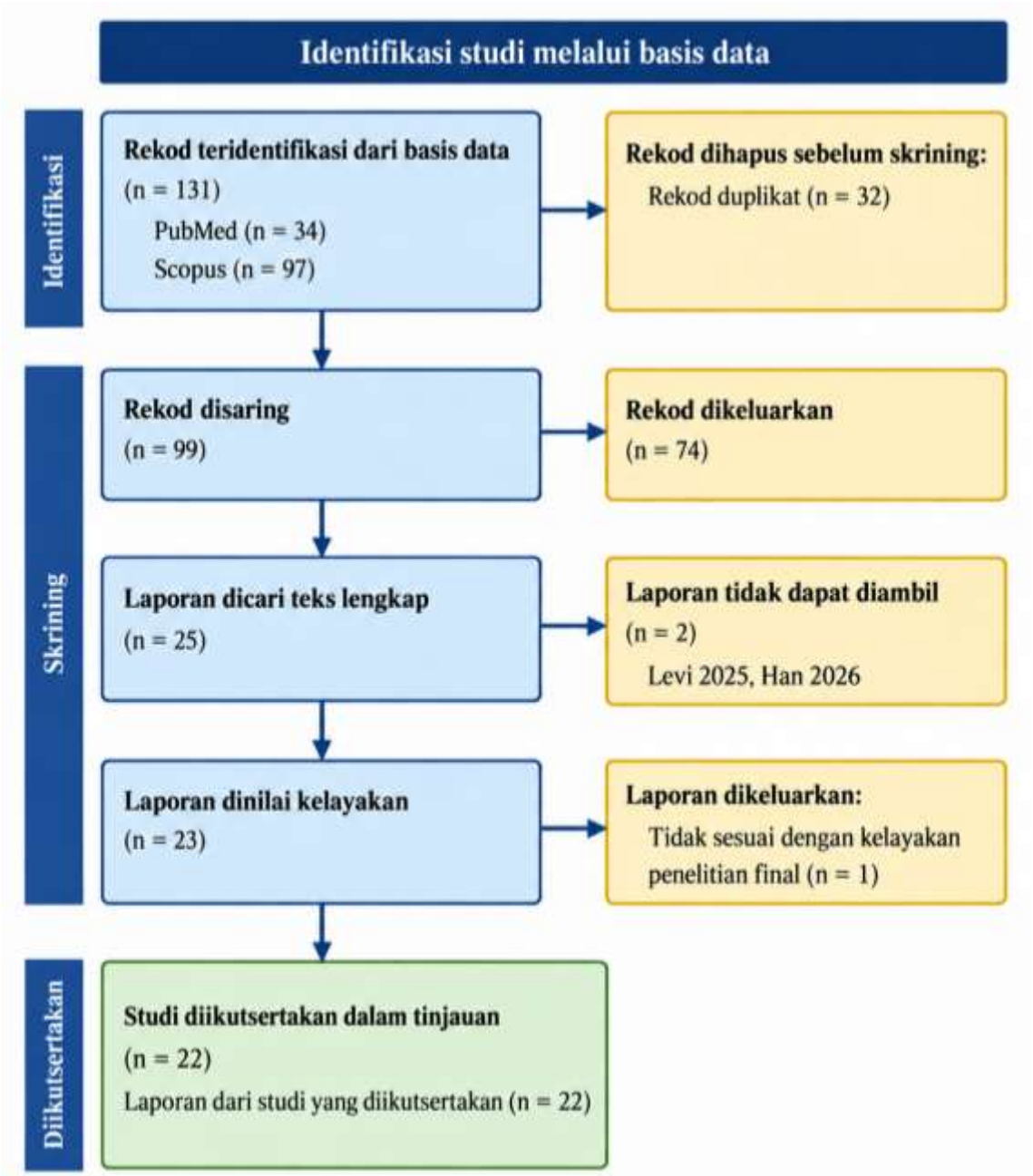
Seleksi studi

Penelusuran PubMed dan Scopus menghasilkan 131 rekod (PubMed 34; Scopus 97). Setelah 32 duplikat dihapus, 99 rekod disaring dan 74 dikeluarkan; 29 laporan dicari teks lengkapnya, 2 tidak dapat diperoleh, 27 dinilai kelayakannya, dan 5 dikeluarkan karena tidak sesuai dengan pertanyaan penelitian final. Sebanyak 22 studi diikutsertakan (S01–S22; Gambar 1).

Karakteristik studi

Karakteristik 22 studi disajikan pada Tabel 1; kode S01–S22 pada bagian Hasil dan Pembahasan merujuk pada tabel tersebut. Tahun publikasi berkisar dari 1990 (S04) sampai 2026 (S17). Sebanyak 14 studi berasal dari Amerika Serikat; studi lain berasal dari Indonesia (S01), Australia (S02, S21), Kanada (S05), Thailand (S12), Spanyol (S16), Singapura (S20), dan delapan negara atau wilayah dalam satu studi multinegara (S18). Seluruh studi berdesain observasional; tidak ada uji klinis acak. Desain yang dipakai meliputi deret waktu (S03, S08, S10, S11, S13, S15, S18, S20),

case-crossover (S09, S14, S17, S22), kohort (S05, S06, S07, S16, S19), potong-lintang atau survei berulang (S02, S12), perbandingan periode dengan rasio teramati terhadap diharapkan (S04), keterkaitan data (S21), dan laporan deskriptif (S01).



Gambar 1. Diagram alir PRISMA 2020 (Page et al., 2021)

Paparan dalam matriks tidak seragam. Empat studi memakai paparan yang ditandai di matriks sebagai bukan asap kebakaran lanskap per se: pembakaran biomassa perkotaan hasil *source apportionment* (S08, S11), pembakaran biomassa domestik dan sekitar rumah (S12), dan *prescribed fire* (S14). Dua studi memakai PM2,5 total, bukan PM2,5 spesifik kebakaran (S09, S10). S21 meneliti kebakaran tambang batu bara. Satuan efek berbeda antarstudi, antara lain per 1 µg/m³ (S09, S11, S17, S18, S22), per 10 µg/m³ (S05, S13, S15), per IQR (S08, S19, S21), per 23,4 µg/m³ (S10), 4,3 vs 0 µg/m³ (S14), dan per 1 SD fire radiative power (S20).

RQ1: Asosiasi menurut hierarki luaran T1–T5.
Jawaban: studi terinklusi melaporkan luaran pada tingkat T1, T4, T4b, dan T5, dan tidak ada studi pada tingkat T2 (tes olfaktori psikofisik) maupun T3 (skor gejala sinonasal tervalidasi). Distribusi

studi per tingkat: T1, tiga studi (S04, S12, S13); T2, nol; T3, nol; T4, dua belas studi (S03, S05, S08, S09, S10, S11, S14, S15, S17, S18, S20, S22); T4b, tiga studi (S06, S19, S21); T5, empat studi (S01, S02, S07, S16). Kolom RQ2 matriks bernilai TIDAK DILAPORKAN untuk seluruh 22 studi. Istilah luaran berikut mengikuti studi asli dan seluruhnya termasuk ISPA atas: URI (upper respiratory infection), AURI (acute upper respiratory infection), dan URTI (upper respiratory tract infection).

Tingkat T1. S04 melaporkan rasio O/E kunjungan IGD untuk sinusitis 1,3 (40 vs 30,2; p = 0,05), laringitis 1,6 (p = 0,02), infeksi saluran napas atas lain 1,5 (97 vs 67,0; p < 0,001), faringitis 1,1 (p = 0,2), dan tonsilitis 0,9 (p = 0,4), tanpa CI. S12 melaporkan gejala rinitis dengan OR 2,36 (1,69–3,30) untuk pembakaran biomassa di sekitar rumah, 1,84 (1,33–2,55) di dalam rumah, dan 2,26 (1,25–4,09) untuk memasak dengan biomassa. S13 melaporkan asosiasi positif ringan sinusitis pada lag 0–4 dan inversi pada lag panjang; angka hanya ada di Tabel S4 dan tidak tercatat di matriks. Matriks mencatat luaran S12 sebagai gejala rinitis dilaporkan sendiri, bukan diagnosis klinis.

Tingkat T4. Studi yang melaporkan estimasi dengan CI: S15, cRR URI dewasa 1,13 (1,05–1,22) dan anak 1,14 (1,04–1,24) per 10 μg/m³, lag 0–2; S18, RR rawat inap AURI 1,0042 (1,0032–1,0050) per 1 μg/m³, lag 0–1 (tabel 1 dalam publikasi S18 memuat 1,0029; 1,0024–1,0035); S09, OR URTI anak 1,37 (1,12–1,65) per 1 μg/m³, kumulatif 0–13 hari; S14, RR URI 1,04 (1,01–1,07) untuk 4,3 vs 0 μg/m³; S17, OR URI 1,001 (1,000–1,001) per 1 μg/m³ (abstrak S17: 1,000–1,011); S22, OR URI 1,008 (0,995–1,021) pada rerata 3 hari dan 1,015 (1,005–1,026) pada lag 0–1; S10, RR AURI 1,16 (1,10–1,21) per 23,4 μg/m³ pada model dasar dan 1,03 (0,97–1,09) setelah penyesuaian tahun dan hari-dalam-bulan; S11, RR URI 1,001 (1,000–1,002) per 1 μg/m³ untuk PM2,5 total. S20 melaporkan kenaikan kunjungan ISPA atas akut 1,8% per 1 SD FRP, tanpa CI di matriks. S03 dan S08 melaporkan asosiasi positif tanpa angka di teks utama; S03 menyatakan asosiasi AURI tidak bermakna. S05 melaporkan kunjungan klinik ISPA atas tidak berubah pada 2014 dibanding 2012–2013, tanpa angka.

Tabel 1.
Karakteristik 22 studi yang diikutsertakan

ID	Studi	Negara	Desain	Populasi/n	Paparan	Luaran saluran napas atas	Tingkat
S01	(Aditama, 2000)	Indonesia (8 provinsi)	Laporan deskriptif	Penduduk berisiko 12.360.000	Kabut asap kebakaran hutan 1997 (TSP/PM10/PSI)	Kasus ISPA, asma, bronkitis dari surveilans	T5
S02	(Beyene et al., 2022)	Australia	Potong-lintang retrospektif	383 perempuan dengan asma	PM2,5 harian; hari kebakaran (Black Summer)	Gejala dilaporkan sendiri	T5
S03	(Chen et al., 2023)	AS (California)	Deret waktu dua tahap	11 air basin; 17.847.917 penduduk	PM2,5 spesifik kebakaran; smoke event ≥ persentil 98	Kunjungan IGD AURI	T4
S04	(Duclos et al., 1990)	AS (California Utara)	Perbandingan periode, O/E	15 IGD di 6 county	Periode kebakaran hutan 1987	Diagnosis IGD (sinusitis, laringitis, URI lain)	T1
S05	(Howard et al., 2021)	Kanada (NWT)	Kohort retrospektif	Yellowknife 20.497 dan 3 komunitas	PM2,5 rerata 2 hari; musim asap 2014	Kunjungan klinik ISPA atas	T4
S06	(Jardel et al., 2024)	AS (6 negara bagian barat)	Kohort klaim asuransi	35.065 anak	Hari asap per minggu (HMS)	Penggunaan obat saluran napas atas	T4b
S07	(Kiessling et al., 2025)	AS (Bay Area)	Kohort retrospektif satu pusat	1.417 vs 1.516 pasien IGD anak	AQI > 100 terkait kebakaran	Diagnosis saluran napas atas non-hidung di IGD	T5

ID	Studi	Negara	Desain	Populasi/n	Paparan	Luaran saluran napas atas	Tingkat
S08	(Krall et al., 2017)	AS (4 kota)	Deret waktu multikota	> 1,8 juta catatan IGD	PM2,5 biomass burning (source apportionment)	Kunjungan IGD URI	T4
S09	(Landguth et al., 2024)	AS (Montana barat)	Case-crossover, DLM	8.392 kunjungan URTI anak	PM2,5 total 1 km	Kunjungan URTI (ICD-10)	T4
S10	(Malig et al., 2021)	AS (Bay Area)	Regresi Poisson county	9 county	PM2,5 total; kebakaran Oktober 2017	Kunjungan IGD AURI	T4
S11	(Pennington et al., 2019)	AS (Atlanta)	Deret waktu	1.598.117 kunjungan IGD	PM2,5 biomass burning (source apportionment)	Kunjungan IGD URI	T4
S12	(Prapamontol et al., 2021)	Thailand utara	Kuesioner berulang, logistik multilevel	1.159 siswa SMP	Pembakaran biomassa domestik/sekitar rumah	Gejala rinitis 3 hari	T1
S13	(Riss et al., 2025)	AS (Reno/Sparks)	Deret waktu, DLM	173.954 kunjungan IGD/UC	PM2,5 asap spesifik kebakaran	Sinusitis, ISPA atas, rinitis (IGD/UC)	T1
S14	(Stowell et al., 2025)	AS (11 negara bagian Tenggara)	Case-crossover	504.496 kunjungan URI	PM2,5 prescribed fire	Kunjungan IGD URI	T4
S15	(Tinling et al., 2016)	AS (North Carolina)	Deret waktu, DLM	57.650 kunjungan IGD	PM2,5 asap kebakaran gambut (model)	Kunjungan IGD URI (ICD-9 460–465)	T4
S16	(Vicedo-Cabrera et al., 2016)	Spanyol (Valencia)	Kohort lahir, sebelum–sesudah	460 anak	Periode kebakaran hutan 2012	Gejala dilaporkan orang tua	T5
S17	(Wang et al., 2026)	AS (5 negara bagian barat)	Case-crossover	3.399.925 kunjungan URI	PM2,5 asap 1 km	Kunjungan IGD URI	T4
S18	(Zhang et al., 2025)	8 negara/ wilayah	Deret waktu multinegara	1.052 komunitas	PM2,5 spesifik kebakaran (GEOS-Chem)	Rawat inap AURI	T4
S19	(Dhingra et al., 2023)	AS (6 negara bagian barat)	Kohort retrospektif, Cox	182.387 bayi	Smoke-day per minggu	Resep pertama obat saluran napas atas	T4b
S20	(Sheldon & Sankaran, 2017)	Singapura	Deret waktu ekologi, IV 2SLS	Kunjungan poliklinik nasional	FRP kebakaran Indonesia sebagai instrumen PSI	Kunjungan poliklinik ISPA atas akut	T4
S21	(Ziou et al., 2023)	Australia (Latrobe)	Keterkaitan data	589 in utero; 1.832 bayi	PM2,5 kebakaran tambang batu bara	Resep antibiotik, kunjungan GP	T4b
S22	(Stowell et al., 2019)	AS (Colorado)	Case-crossover	446.106 kunjungan IGD/rawat inap	PM2,5 asap 1 km	Kunjungan URI (ICD-9 460–465, 466.0)	T4

Keterangan dan singkatan yang digunakan: Kolom Tingkat mengikuti hierarki luaran T1–T5; T4b = proksi resep obat. AS = Amerika Serikat; AURI = *acute upper respiratory infection*; DLM = distributed lag model; FRP = *fire radiative power*; GP = dokter umum; HMS = *Hazard Mapping System*; IGD = instalasi gawat darurat; IV 2SLS = variabel instrumental dua tahap; NWT = *Northwest Territories*; PSI = *Pollutant Standards Index*; TSP = *total suspended particulates*; UC = *urgent care*; URI = *upper respiratory infection*; URTI = *upper respiratory tract infection*.

Tingkat T4b. S19 melaporkan HR resep obat saluran napas atas 1,094 (1,005–1,191) pada periode P1 dan 1,108 (1,016–1,209) pada P2 per IQR smoke-day; estimasi trimester null. S21 melaporkan

IRR resep antibiotik pada bayi 1,05 (1,00–1,09). Model obat saluran napas atas S06 tidak konvergen (379 PU; 76 MPU). Tingkat T5. S07 melaporkan proporsi patologi saluran napas atas di IGD anak 7,97% vs 5,74% (p = 0,016) dan croup 3,03% vs 1,78% (p = 0,026); diagnosis hidung dan sinus dikeluarkan. S16 melaporkan bersin 8,70% vs 7,39% (p = 0,376) dan nyeri tenggorokan aOR 3,02 (1,41–6,44). S02 melaporkan iritasi atau kering tenggorok 53% selama periode kebakaran tanpa ukuran asosiasi. S01 melaporkan 1.446.120 kasus ISPA tanpa ukuran asosiasi. Arah dan konsistensi: dari studi T4 dengan estimasi dan CI, estimasi utama S09, S14, S15, S17, dan S18 tidak mencakup nilai nol efek; S22 (rerata 3 hari) dan S10 (setelah penyesuaian) mencakup nilai nol. S05 melaporkan tidak ada perubahan. Tidak ada estimasi gabungan.

RQ2: Estimasi luaran saluran napas atas pada lansia (≥ 65 tahun)
Jawaban: dua dari 22 studi melaporkan estimasi efek terpisah untuk luaran saluran napas atas pada lansia, dan kedua interval kepercayaannya mencakup nilai nol efek. S15 melaporkan cRR URI lansia 0,64 (0,39–1,05) per 10 μg/m³, dibandingkan 1,13 (1,05–1,22) pada dewasa dan 1,15 (1,07–1,24) pada usia 18–64 tahun; penulis S15 menyatakan lansia tidak dapat dinilai memadai karena jumlah harian rendah. S22 melaporkan OR URI lansia 1,004 (0,940–1,072) per 1 μg/m³, dibandingkan anak 1,010 (0,991–1,029) dan dewasa 1,005 (0,984–1,026). S17 hanya melaporkan bahwa URI bermakna pada dewasa, OR 1,001 (1,000–1,002). S03 dan S18 melaporkan stratifikasi usia untuk URI atau AURI hanya di materi suplemen, tanpa angka di matriks. S14 melaporkan stratifikasi usia tanpa perbedaan bermakna untuk URI. S05 dan S01 melaporkan data lansia untuk luaran saluran napas bawah atau tanpa estimasi. Studi lain tidak melaporkan estimasi URI untuk kelompok usia ≥ 65 tahun.

RQ3: Efek modifikasi oleh status atopik atau penyakit saluran napas kronis
Jawaban: satu dari 22 studi (S16) menguji interaksi status rinitis atau asma secara formal terhadap luaran saluran napas atas. Pada S16, odds bersin selama periode kebakaran dibanding periode kontrol lebih tinggi pada anak dengan rinitis, aOR 7,19 (1,35–38,58; n = 24), dan pada anak dengan asma, aOR 11,40 (2,01–64,52; n = 21); asosiasi tidak bermakna pada anak tanpa rinitis atau asma maupun pada seluruh sampel. Interaksi bermakna dilaporkan untuk rinitis dan asma pada gejala mata dan bersin, dan untuk asma saja pada nyeri tenggorokan. Penulis S16 mencatat kemungkinan *over-reporting* oleh orang tua anak dengan asma atau rinitis, serta CI yang lebar. Matriks mencatat ketidakkonsistenan metode S16 (abstrak: *conditional logistic*; metode: *random-effects logistic*). Studi lain: S12 menyesuaikan alergi terdiagnosis dokter (7,7%) sebagai perancu tanpa uji modifikasi; S04 melaporkan proporsi riwayat penyakit respirasi pada kunjungan asma dan PPOK tanpa uji interaksi. Kolom RQ4 matriks bernilai 'Atopi: TIDAK DILAPORKAN' untuk S01, S02, S03, S05, S14, S15, S17, S18, S21, dan S22.

Menurut kemampuan desainnya menguji efek modifikasi, 22 studi terbagi ke dalam empat kelompok. Delapan studi deret waktu (S03, S08, S10, S11, S13, S15, S18, S20) memakai data populasi agregat, sehingga efek modifikasi hanya dapat dinilai melalui stratifikasi menurut karakteristik yang tercatat di data layanan, seperti usia dan jenis kelamin; status atopik individu tidak tersedia. Empat studi case-crossover (S09, S14, S17, S22) mengendalikan faktor individu yang tetap terhadap waktu sebagai perancu dan dapat menguji efek modifikasi melalui interaksi bila karakteristik itu tercatat; tidak satu pun mencatat status atopik. Delapan studi dengan data tingkat individu dan kelompok pembanding (kohort: S05, S06, S07, S16, S19; potong-lintang: S02, S12; keterkaitan data: S21) secara desain dapat menguji interaksi, tetapi hanya S16 yang melakukannya, sedangkan S12 memperlakukan alergi sebagai perancu. Dua studi (S01, S04) tidak memakai model tingkat individu sehingga tidak dapat menguji efek modifikasi.

RQ4: Translasi bukti ke pedoman klinis THT dan uji intervensi
Jawaban: tidak satu pun dari 22 studi adalah uji intervensi, dan pernyataan tindakan kunci pedoman sinusitis dewasa AAO-HNSF 2025 tidak menyebut asap kebakaran. Seluruh 22 studi berdesain

observasional (Tabel 1). Tidak ada studi yang mengevaluasi intervensi THT. Parameter yang tercatat di matriks dan dapat dipertimbangkan, setelah penilaian risiko bias dan kepastian bukti, untuk perancangan uji klinis meliputi besaran efek pada subbagian RQ1, lag dengan asosiasi terbesar (misalnya lag 2 untuk AURI pada S03 dan URI pada S14; kumulatif 0–13 hari pada S09; lag 0–1 pada S18 dan S22), dan studi pada populasi anak (S06, S07, S09, S16, S19, S21). Pernyataan tindakan kunci pedoman sinusitis dewasa AAO-HNSF 2025 tidak menyebut asap kebakaran, polusi udara, maupun paparan lingkungan lain sebagai konteks diagnosis atau tata laksana (Payne et al., 2025).

Risiko bias

Penilaian risiko bias belum dilaksanakan, sehingga ringkasan per domain ROBINS-E belum dapat disajikan. Kolom skor kualitas pada matriks bernilai TIDAK DILAPORKAN untuk seluruh 22 studi (D8). Sebagai bahan penilaian, Suplemen Tabel 4 merangkum penyesuaian perancu dan keterbatasan yang diakui penulis setiap studi; tabel ini bukan penilaian risiko bias.

PEMBAHASAN

Ringkasan temuan utama

Tinjauan ini menelaah 22 studi observasional tentang asap kebakaran lanskap dan luaran saluran napas atas, dengan luaran yang diklasifikasikan ke dalam hierarki lima tingkat. Bukti terkumpul di tingkat T4. Dua belas studi memakai kode administratif ISPA atas, dan lima di antaranya melaporkan estimasi yang CI-nya tidak mencakup nilai nol, misalnya cRR 1,13 (1,05–1,22) per 10 µg/m³ pada dewasa (Tinling et al., 2016) dan RR rawat inap AURI 1,0042 (1,0032–1,0050) per 1 µg/m³ di delapan negara (Zhang et al., 2025). Tidak ada studi pada tingkat T2 (tes olfaktori psikofisik) dan T3 (skor gejala sinonasal tervalidasi). Bukti T1 berasal dari tiga studi: satu tanpa CI dan tanpa penyesuaian statistik (Duclos et al., 1990), satu dengan paparan pembakaran biomassa domestik dan gejala dilaporkan sendiri (Prapamontol et al., 2021), dan satu yang angkanya hanya ada di suplemen (Riss et al., 2025). Hanya dua studi melaporkan estimasi ISPA atas untuk lansia; (Stowell et al., 2019; Tinling et al., 2016), hanya satu studi menguji interaksi status rinitis atau asma (Vicedo-Cabrera et al., 2016), dan tidak ada uji intervensi THT.

Perbandingan dengan studi primer dan tinjauan terdahulu

Estimasi T4 dengan CI yang tidak mencakup nilai nol berasal dari studi dengan sumber paparan berbeda: asap kebakaran gambut (Tinling et al., 2016), kebakaran hutan multinegara (Zhang et al., 2025), pembakaran terkendali (Stowell et al., 2025), serta PM2,5 total dan PM2,5 asap beresolusi 1 km di Amerika Serikat bagian barat (Landguth et al., 2024; Wang et al., 2026). Studi asap lintas batas dari Indonesia melaporkan kenaikan kunjungan ISPA atas akut 1,8% per 1 SD fire radiative power, tanpa CI (Sheldon & Sankaran, 2017). Dua studi dengan PM2,5 asap beresolusi 1 km melaporkan estimasi per µg/m³ yang mendekati 1, yaitu OR 1,001 (1,000–1,001) (Wang et al., 2026) dan OR 1,008 (0,995–1,021) pada rerata 3 hari (Stowell et al., 2019). Dua studi tidak sejalan: S05 tidak menemukan perubahan kunjungan klinik ISPA atas pada musim asap 2014, dan pada S10 CI asosiasi AURI mencakup nilai nol setelah penyesuaian tahun dan hari-dalam-bulan (RR 1,03; 0,97–1,09).

Tinjauan sistematis terdahulu membahas dampak respirasi asap kebakaran secara umum (Liu et al., 2015; Reid et al., 2016) tanpa memisahkan saluran napas atas dari saluran napas bawah. (Mahendran et al., 2025) memasukkan ISPA atas dalam meta-analisis penyakit infeksi terkait polusi udara kebakaran, tetapi menggabungkannya dengan bronkitis akut dalam satu kategori luaran. (Hill, 2025) meninjau kontribusi lingkungan terhadap rinosinusitis kronis dan menyatakan bahwa belum ada penelitian primer tentang rinosinusitis kronis dan asap kebakaran serta bahwa penelitian di bidang ini masih sangat dibutuhkan. Tidak satu pun dari tinjauan ini memakai kerangka hierarki luaran THT. Tinjauan ini memisahkan luaran per tingkat validitas dan mencatat tingkat yang tidak memiliki studi dalam hasil pencarian dua basis data.

Penafsiran temuan

Konsentrasi bukti pada T4 berarti estimasi yang tersedia mengukur kunjungan layanan berkode ISPA atas agregat, yang mencakup faringitis, tonsilitis, croup, sinusitis akut, dan pada S09 juga influenza dan otitis media. Estimasi ini tidak dapat diterjemahkan langsung menjadi risiko rinitis atau rinosinusitis. Ketiadaan studi T2 dan T3 adalah celah dalam literatur yang tertangkap oleh pencarian ini, bukan bukti bahwa efeknya tidak ada. Empat temuan tidak sesuai dengan yang diharapkan. Untuk masing-masing, beberapa penjelasan dapat berlaku bersamaan, dan data dalam tinjauan ini tidak cukup untuk memilah kontribusi tiap penjelasan.

Estimasi ISPA atas pada lansia lebih rendah daripada estimasi dewasa, dan pada S15 berada di bawah 1 (cRR 0,64; 0,39–1,05 pada S15; OR 1,004; 0,940–1,072 pada S22). Temuan ini lebih mungkin mencerminkan keterbatasan data daripada efek protektif. Pertama, presisi rendah: penulis S15 menyatakan jumlah kunjungan harian lansia terlalu rendah untuk penilaian yang memadai, dan kedua CI mencakup 1. Kedua, paparan personal lansia mungkin lebih rendah daripada paparan area yang dimodelkan, karena penduduk menghabiskan sebagian besar waktunya di dalam ruangan (Klepeis et al., 2001) dan konsentrasi PM2,5 di dalam ruangan selama episode asap lebih rendah daripada di luar ruangan (Liang et al., 2021). Ketiga, keluhan saluran napas atas pada lansia mungkin dikodekan sebagai luaran lain atau ditangani di layanan rawat jalan, yang juga menunjukkan peningkatan kunjungan selama periode asap (Hutchinson et al., 2018), sehingga data IGD dengan kode ICD-9 460–465 kurang menangkapnya. Dengan dua studi saja, temuan ini belum dapat ditafsirkan sebagai tidak adanya kerentanan usia lanjut.

Pada S10, asosiasi AURI lebih kuat pada periode non-kebakaran (RR 1,42; 1,07–1,88) daripada periode kebakaran (1,05; 0,98–1,12). Evakuasi penduduk dan rumah sakit yang dicatat penulis S10 mungkin menurunkan kunjungan untuk keluhan ringan seperti ISPA atas selama kebakaran. S10 juga memakai PM2,5 total, sehingga estimasi non-kebakaran dapat mencerminkan sumber partikel lain. Selain itu, kurva konsentrasi–respons partikulat cenderung lebih curam pada konsentrasi rendah dan melandai pada konsentrasi tinggi (Smith & Peel, 2010), sehingga efek per unit selama periode kebakaran dengan konsentrasi tinggi (median 32,5 μg/m³) dapat tampak lebih kecil daripada efek per unit pada periode non-kebakaran. Ketiga penjelasan ini tidak dapat dibedakan dengan data S10.

S09 melaporkan OR URTI anak 1,37 (1,12–1,65) per 1 μg/m³, yang menurut penulisnya dua sampai tiga kali lipat literatur, sedangkan S17 dan S18 melaporkan estimasi per 1 μg/m³ yang mendekati 1. Perbedaan ini dapat sebagian dijelaskan oleh definisi efek, karena estimasi S09 adalah efek kumulatif lag 0–13 hari, sedangkan S17 dan S18 memakai rerata 3 hari atau lag 0–1. Penulis S09 juga mencatat sampel kecil (rerata 12,8 kejadian/hari) dan galat pemodelan PM2,5 di wilayah perdesaan. Populasi dan luaran pun berbeda: S09 hanya mencakup anak 0–17 tahun, daftar kode URTI-nya mencakup influenza dan otitis media, dan paparannya PM2,5 total termasuk asap kayu bakar musim dingin. Karena itu estimasi S09 tidak sebanding langsung dengan S17 dan S18. Pada S16, proporsi bersin tidak berbeda bermakna pada seluruh sampel (8,70% vs 7,39%; p = 0,376), tetapi odds bersin lebih tinggi pada anak dengan rinitis (aOR 7,19; 1,35–38,58; n = 24). Satu kemungkinan adalah kerentanan mukosa hidung yang sudah meradang terhadap iritan asap; individu dengan rinitis alergi menunjukkan sensitivitas iritan nasal yang lebih tinggi pada sebagian uji provokasi (Shusterman et al., 2003). Kemungkinan lain adalah bias pelaporan diferensial, karena orang tua anak dengan rinitis atau asma mungkin lebih memperhatikan gejala hidung, sebagaimana dicatat penulis S16. Kebetulan statistik juga tidak dapat disingkirkan, mengingat subkelompok yang sangat kecil, banyaknya gejala dan subkelompok yang diuji, serta CI yang sangat lebar. Temuan ini perlu diperlakukan sebagai hipotesis untuk diuji pada kohort dengan luaran terukur, bukan bukti efek modifikasi.

Keterbatasan

Keterbatasan dibagi menjadi keterbatasan bukti (butir PRISMA 23b) dan keterbatasan proses tinjauan (butir 23c). Bias publikasi. Bias publikasi tidak dapat diuji secara formal. Jumlah studi per luaran yang sebanding kurang dari sepuluh, sehingga uji Egger dan funnel plot tidak informatif. Kemungkinan bias tetap ada: beberapa studi melaporkan estimasi ISPA atas hanya di materi suplemen atau tanpa angka (S03, S05, S08, S13), dan studi yang tidak menemukan asosiasi pada saluran napas atas mungkin tidak melaporkan luaran ini sama sekali. Bias pelaporan selektif luaran di dalam studi juga mungkin terjadi. Bias basis data dan bahasa. Pencarian hanya dilakukan di PubMed dan Scopus dan dibatasi pada artikel berbahasa Inggris. Literatur kelabu, laporan lembaga kesehatan nasional, dan jurnal lokal di wilayah dengan kebakaran gambut besar, seperti Indonesia, Malaysia, dan Thailand, mungkin tidak terindeks. Empat belas dari 22 studi berasal dari Amerika Serikat, sedangkan Asia Tenggara hanya terwakili oleh S01, S12, S20, serta sebagian S18. Karena itu, generalisasi ke kebakaran gambut tropis terbatas.

Mutu studi yang disertakan. Penilaian risiko bias ROBINS-E belum dilaksanakan. Dari matriks: seluruh studi observasional; empat studi tidak melakukan penyesuaian statistik (S01, S02, S04, S07); paparan pada sebagian besar studi diukur di level area (county, air basin, kode pos, MSA) sehingga rentan misklasifikasi; beberapa studi tidak mengukur asap kebakaran lanskap per se (S08, S11 biomassa perkotaan; S12 biomassa domestik; S14 prescribed fire; S21 tambang batu bara); dan empat studi memiliki ketidakkonsistenan angka internal (S13, S16, S17, S18). Heterogenitas. Studi berbeda dalam ukuran efek (OR, RR, HR, O/E, persentase), satuan paparan (per 1, per 10, per IQR, per 23,4 $\mu g/m^3$, per 1 SD FRP), model paparan, jendela lag, jenis layanan, dan definisi kode ISPA atas. Karena itu sintesis dilakukan secara naratif.

Keterbatasan proses tinjauan. Pertanyaan penelitian direvisi setelah ekstraksi data (D1–D6), dan hierarki luaran T1–T5 dikembangkan post hoc (D5), sehingga ada risiko pemilihan pertanyaan berdasarkan data yang tersedia. Seleksi dan ekstraksi dilakukan oleh lima peninjau dengan bantuan alat kecerdasan buatan yang hasilnya diverifikasi terhadap sumber, tetapi kesalahan penyalinan tetap mungkin terjadi. Dua laporan teks lengkap tidak dapat diperoleh. Diagram alur memuat selisih empat rekod antara rekod yang lolos skrining (25) dan laporan yang dicari teks lengkapnya (29) yang belum terjelaskan.

Implikasi praktik

Bukti observasional yang tersedia menunjukkan asosiasi antara paparan asap kebakaran dan kunjungan berkode ISPA atas, tetapi kepastiannya belum dinilai dan bukti ini tidak cukup sebagai dasar rekomendasi tata laksana rinitis atau rinosinusitis selama episode asap; pernyataan tindakan kunci pedoman AAO-HNSF 2025 juga tidak menyebut asap kebakaran (Payne et al., 2025). Bagi perawat di layanan primer, IGD, dan komunitas di wilayah rawan kabut asap seperti Sumatera Selatan, temuan ini memiliki tiga implikasi. Pertama, pengkajian keperawatan selama episode asap perlu mencatat keluhan hidung, sinus, tenggorok, dan penghidu secara terpisah, bukan hanya diagnosis ISPA umum, agar data layanan dapat menjawab pertanyaan klinis yang lebih spesifik. Kedua, usia lanjut serta riwayat rinitis alergi atau asma perlu dicatat dalam pengkajian, karena kelompok ini paling sedikit diteliti, meskipun tinjauan ini belum dapat memastikan bahwa mereka lebih rentan. Ketiga, edukasi pengurangan paparan yang diberikan perawat perlu disampaikan sebagai upaya pencegahan umum, bukan sebagai tata laksana yang telah terbukti untuk luaran saluran napas atas.

SIMPULAN

Tinjauan sistematis atas 22 studi observasional ini menunjukkan bahwa bukti tentang asap kebakaran lanskap dan luaran saluran napas atas sebagian besar berasal dari kode administratif ISPA atas. Diagnosis klinis rinitis atau rinosinusitis hanya diwakili tiga studi, dan tidak ada studi yang memakai tes penghidu psikofisik atau skor gejala sinonasal tervalidasi. Estimasi khusus lansia

hanya tersedia pada dua studi dengan interval kepercayaan yang mencakup nilai nol, efek modifikasi oleh atopi hanya diuji pada satu studi dengan subkelompok kecil, dan tidak ada uji intervensi THT. Bukti yang ada menunjukkan asosiasi antara paparan asap dan kunjungan ISPA atas, tetapi belum cukup sebagai dasar tata laksana rinitis atau rinosinusitis selama episode asap.

DAFTAR PUSTAKA

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

Beyene, T., Murphy, V. E., Gibson, P. G., McDonald, V. M., Van Buskirk, J., Holliday, E. G., Vertigan, A. E., Horvat, J. C., Zosky, G. R., Morgan, G. G., Jegasothy, E., Hanigan, I., Mattes, J., Collison, A. M., & Jensen, M. E. (2022). The impact of prolonged landscape fire smoke exposure on women with asthma in Australia. *BMC Pregnancy and Childbirth*, *22*(1). https://doi.org/10.1186/s12884-022-05231-8

Bustamante-Marin, X. M., & Ostrowski, L. E. (2017). Cilia and mucociliary clearance. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, *9*(4), a028241. https://doi.org/10.1101/cshperspect.a028241

Campbell, M., McKenzie, J. E., Sowden, A., Katikireddi, S. V, Brennan, S. E., Ellis, S., Hartmann-Boyce, J., Ryan, R., Shepperd, S., Thomas, J., Welch, V., & Thomson, H. (2020). Synthesis without meta-analysis (SWiM) in systematic reviews: Reporting guideline. *BMJ*, *368*, l6890. https://doi.org/10.1136/bmj.l6890

Chen, A. I., Ebisu, K., Benmarhnia, T., & Basu, R. (2023). Emergency department visits associated with wildfire smoke events in California, 2016–2019. *Environmental Research*, *238*. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117154

Dhingra, R., Keeler, C., Staley, B. S., Jardel, H. V, Ward-Caviness, C., Rebuli, M. E., Xi, Y., Rappazzo, K., Hernandez, M., Chelminski, A. N., Jaspers, I., & Rappold, A. G. (2023). Wildfire smoke exposure and early childhood respiratory health: a study of prescription claims data. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, *22*(1). https://doi.org/10.1186/s12940-023-00998-5

Dodd, W., Scott, P., Howard, C., Scott, C., Rose, C., Hooker, K., Bakhtsiyarava, M., Grigsby-Toussaint, D., & Schwartz, B. (2023). Wildfires and older adults: A scoping review of impacts, risks, and interventions. *The Gerontologist*, *63*(7), 1143–1158. https://doi.org/10.1093/geront/gnac192

Duclos, P., Sanderson, L. M., & Lipsett, M. (1990). The 1987 forest fire disaster in california: Assessment of emergency room visits. *Archives of Environmental Health*, *45*(1), 53–58. https://doi.org/10.1080/00039896.1990.9935925

Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Vist, G. E., Kunz, R., Falck-Ytter, Y., Alonso-Coello, P., & Schünemann, H. J. (2008). GRADE: An emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ*, *336*(7650), 924–926. https://doi.org/10.1136/bmj.39489.470347.AD

Higgins, J. P. T., Morgan, R. L., Rooney, A. A., Taylor, K. W., Thayer, K. A., Silva, R. A., Lemeris, C., Akl, E. A., Bateson, T. F., Berkman, N. D., Glenn, B. S., Hróbjartsson, A., LaKind, J. S., McAleenan, A., Meerpohl, J. J., Nachman, R. M., Obbagy, J. E., O'Connor, A., Radke, E. G., & Sterne, J. A. C. (2024). A tool to assess risk of bias in non-randomized follow-up studies of exposure effects (ROBINS-E). *Environment International*, *186*, 108602. https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108602

Hill, C. J. (2025). Where there is smoke: An updated review of environmental contributions to chronic rhinosinusitis. *Ear, Nose & Throat Journal*. https://doi.org/10.1177/01455613251337885

Howard, C., Rose, C., Dodd, W., Kohle, K., Scott, C., Scott, P., Cunsolo, A., & Orbinski, J. (2021). SOS! Summer of Smoke: A retrospective cohort study examining the cardiorespiratory

impacts of a severe and prolonged wildfire season in Canada's high subarctic. *BMJ Open*, *11*(2). https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-037029

Hutchinson, J. A., Vargo, J., Milet, M., French, N. H. F., Billmire, M., Johnson, J., & Hoshiko, S. (2018). The San Diego 2007 wildfires and Medi-Cal emergency department presentations, inpatient hospitalizations, and outpatient visits: An observational study of smoke exposure periods and a bidirectional case-crossover analysis. *PLoS Medicine*, *15*(7), e1002601. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002601

Jardel, H., Rappazzo, K. M., Luben, T. J., Keeler, C., Staley, B. S., Ward-Caviness, C. K., O'Lenick, C. R., Rebuli, M. E., Xi, Y., Hernandez, M., Chelminski, A., Jaspers, I., Rappold, A. G., & Dhingra, R. (2024). Gestational and postnatal exposure to wildfire smoke and prolonged use of respiratory medications in early life. *Environmental Research: Health*, *2*(4). https://doi.org/10.1088/2752-5309/ad748c

Johnston, F. H., Henderson, S. B., Chen, Y., Randerson, J. T., Marlier, M., DeFries, R. S., Kinney, P., Bowman, D. M. J. S., & Brauer, M. (2012). Estimated global mortality attributable to smoke from landscape fires. *Environmental Health Perspectives*, *120*(5), 695–701. https://doi.org/10.1289/ehp.1104422

Jones, M. W., Abatzoglou, J. T., Veraverbeke, S., Andela, N., Lasslop, G., Forkel, M., Smith, A. J. P., Burton, C., Betts, R. A., van der Werf, G. R., Sitch, S., Canadell, J. G., Santín, C., Kolden, C., Doerr, S. H., & Le Quéré, C. (2022). Global and regional trends and drivers of fire under climate change. *Reviews of Geophysics*, *60*(3), e2020RG000726. https://doi.org/10.1029/2020RG000726

Kiessling, P., Meister, K., Sidell, D., O'Bryan, M., Erickson-DiRenzo, E., & Balakrishnan, K. (2025). Analysis of Pediatric Acute Upper Airway Pathology During Local Wildfires and Increased PM 2.5 Burden. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery (United States)*, *172*(6), 2072–2081. https://doi.org/10.1002/ohn.1191

Klepeis, N. E., Nelson, W. C., Ott, W. R., Robinson, J. P., Tsang, A. M., Switzer, P., Behar, J. V, Hern, S. C., & Engelmann, W. H. (2001). The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A resource for assessing exposure to environmental pollutants. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, *11*(3), 231–252. https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500165

Krall, J. R., Mulholland, J. A., Russell, A. G., Balachandran, S., Winquist, A., Tolbert, P. E., Waller, L. A., & Sarnat, S. E. (2017). Associations between source-specific fine particulate matter and emergency department visits for respiratory disease in four U.S. cities. *Environmental Health Perspectives*, *125*(1), 97–103. https://doi.org/10.1289/EHP271

Landguth, E. L., Knudson, J., Graham, J., Orr, A., Coyle, E. A., Smith, P., Semmens, E. O., & Noonan, C. (2024). Seasonal extreme temperatures and short-term fine particulate matter increases pediatric respiratory healthcare encounters in a sparsely populated region of the intermountain western United States. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, *23*(1). https://doi.org/10.1186/s12940-024-01082-2

Liang, Y., Sengupta, D., Campmier, M. J., Lunderberg, D. M., Apte, J. S., & Goldstein, A. H. (2021). Wildfire smoke impacts on indoor air quality assessed using crowdsourced data in California. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *118*(36), e2106478118. https://doi.org/10.1073/pnas.2106478118

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

Mahendran, R., Ju, K., Yang, Z., Gao, Y., Huang, W., Yu, W., Liu, Y., Hundessa, S., Yu, P., Xu, R., Zhang, L., Li, S., & Guo, Y. (2025). Wildfire-related air pollution and infectious diseases: Systematic review and meta-analysis. *ACS Environmental Au*, *5*(3), 253–266. https://doi.org/10.1021/acsenvironau.4c00087

Malig, B. J., Fairley, D., Pearson, D., Wu, X., Ebisu, K., & Basu, R. (2021). Examining fine particulate matter and cause-specific morbidity during the 2017 North San Francisco Bay

wildfires. *Science of the Total Environment*, *787*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147507

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, *372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Payne, S. C., McKenna, M., Buckley, J., Colandrea, M., Chow, A., Detwiller, K., Donaldson, A., Dubin, M., Finestone, S., Filip, P., Khalid, A., Peters, A. T., Rosenfeld, R., Akrami, Z., & Dhepyasuwan, N. (2025). Clinical practice guideline: Adult sinusitis update. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, *173*(S1), S1–S56. https://doi.org/10.1002/ohn.1344

Pennington, A. F., Strickland, M. J., Gass, K., Klein, M., Sarnat, S. E., Tolbert, P. E., Balachandran, S., Chang, H. H., Russell, A. G., Mulholland, J. A., & Darrow, L. A. (2019). Source-Apportioned PM2.5 and cardiorespiratory emergency department visits: Accounting for source contribution uncertainty. *Epidemiology*, *30*(6), 789–798. https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001089

Prapamontol, T., Norbäck, D., Thongjan, N., Suwannarin, N., Somsunun, K., Ponsawansong, P., Khuanpan, T., Kawichai, S., & Naksen, W. (2021). Associations between indoor environment in residential buildings in wet and dry seasons and health of students in upper northern Thailand. *Indoor Air*, *31*(6), 2252–2265. https://doi.org/10.1111/ina.12873

Radeloff, V. C., Helmers, D. P., Kramer, H. A., Mockrin, M. H., Alexandre, P. M., Bar-Massada, A., Butsic, V., Hawbaker, T. J., Martinuzzi, S., Syphard, A. D., & Stewart, S. I. (2018). Rapid growth of the US wildland-urban interface raises wildfire risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *115*(13), 3314–3319. https://doi.org/10.1073/pnas.1718850115

Reid, C. E., Brauer, M., & Johnston, F. H. (2016). Critical review of health impacts of wildfire smoke exposure. *Environmental Health Perspectives*, *124*(9), 1334–1343. https://doi.org/10.1289/ehp.1409277

Riss, C. S., Faulstich, S. D., Reuther, P. S., Metcalf, W. J., Darrow, L. A., Holmes, H. A., & Strickland, M. J. (2025). Influence of fire characteristics on the associations between smoke PM2.5 exposure and acute cardiorespiratory health events. *Environment International*, *201*. https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109577

Savich, A., Zeng, E., Tsai, L., & Li, J. (2026). Effects of wildfire smoke inhalation on respiratory health. *Respiratory Care*, *71*(2). https://doi.org/10.1177/19433654251377005

Sheldon, T. L., & Sankaran, C. (2017). The Impact of Indonesian Forest Fires on Singaporean Pollution and Health. *American Economic Review*, *107*(5), 526–529. https://doi.org/10.1257/aer.p20171134

Shusterman, D., Murphy, M. A., & Balmes, J. (2003). Differences in nasal irritant sensitivity by age, gender, and allergic rhinitis status. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, *76*(8), 577–583. https://doi.org/10.1007/s00420-003-0459-0

Smith, K. R., & Peel, J. L. (2010). Mind the gap. *Environmental Health Perspectives*, *118*(12), 1643–1645. https://doi.org/10.1289/ehp.1002517

Stern, C., Munn, Z., Barker, T. H., Porritt, K., Stone, J. C., Pap, R., Khalil, H., & Aromataris, E. (2024). Implementing GRADE in systematic reviews that adhere to JBI methodological conduct. *JBI Evidence Synthesis*, *22*(3), 351–358.

Sterne, J. A. C., Sutton, A. J., Ioannidis, J. P. A., Terrin, N., Jones, D. R., Lau, J., Carpenter, J., Rücker, G., Harbord, R. M., Schmid, C. H., Tetzlaff, J., Deeks, J. J., Peters, J., Macaskill, P., Schwarzer, G., Duval, S., Altman, D. G., Moher, D., & Higgins, J. P. T. (2011). Recommendations for examining and interpreting funnel plot asymmetry in meta-analyses of randomised controlled trials. *BMJ*, *343*, d4002. https://doi.org/10.1136/bmj.d4002

Stowell, J. D., Geng, G., Saikawa, E., Chang, H. H., Fu, J., Yang, C.-E., Zhu, Q., Liu, Y., & Strickland, M. J. (2019). Associations of wildfire smoke PM2.5 exposure with

cardiorespiratory events in Colorado 2011–2014. *Environment International*, *133*. https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105151

Stowell, J. D., Maji, K. J., Li, Z., Hu, Y., Vaidyanathan, A., Milando, C., Russell, A. G., Kinney, P. L., Odman, M. T., & Wellenius, G. A. (2025). Associations between PM2.5 from prescribed burning and emergency department visits in 11 Southeastern US states. *Environment International*, *203*. https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109770

Tinling, M. A., West, J. J., Cascio, W. E., Kilaru, V., & Rappold, A. G. (2016). Repeating cardiopulmonary health effects in rural North Carolina population during a second large peat wildfire. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, *15*(1). https://doi.org/10.1186/s12940-016-0093-4

Vicedo-Cabrera, A. M., Esplugues, A., Iñíguez, C., Estarlich, M., & Ballester, F. (2016). Health effects of the 2012 Valencia (Spain) wildfires on children in a cohort study. *Environmental Geochemistry and Health*, *38*(3), 703–712. https://doi.org/10.1007/s10653-015-9753-5

Wang, W., Li, L., Zhu, Q., D'Souza, R. R., Zhang, D., Zhang, H., Ebelt, S., Chang, H. H., Alonso, A., & Liu, Y. (2026). Differential Effects of Wildfire Smoke Fine Particulate Matter Exposure on Respiratory Disease Emergency Department Visits in the Western United States. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *211*(11), 2086–2095. https://doi.org/10.1164/rccm.202502-0350OC

Yu, S. E., Athni, T. S., Mitchell, M. B., Zhou, X., Chiang, S., & Lee, S. E. (2023). The impact of ambient and wildfire air pollution on rhinosinusitis and olfactory dysfunction. *Current Allergy and Asthma Reports*, *23*(12), 665–673. https://doi.org/10.1007/s11882-023-01110-0

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., … Li, S. (2025). Respiratory risks from wildfire-specific PM2.5 across multiple countries and territories. *Nature Sustainability*, *8*(5), 474–484. https://doi.org/10.1038/s41893-025-01533-9

Ziou, M., Gao, C. X., Wheeler, A. J., Zosky, G. R., Stephens, N., Knibbs, L. D., Williamson, G. J., Melody, S. M., Venn, A. J., Dalton, M. F., Dharmage, S. C., & Johnston, F. H. (2023). Primary and pharmaceutical care usage concurrent associations with a severe smoke episode and low ambient air pollution in early life. *Science of the Total Environment*, *883*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163580