

Laporan Kasus Berbasis Bukti

Efektivitas Penggunaan *High-Efficiency Particulate Air* (HEPA) Filter terhadap Asma pada Pasien Anak

Muhammad Sidiq,^{1*} Astagina Naurah,¹ Ifti K. Ilmi,¹ Chintia D. Maharani,² Bayu I. Nugraha¹

¹Departemen Ilmu Kesehatan Anak, Rumah Sakit Medina, Garut, Indonesia

²Fakultas Kedokteran, Universitas Padjajaran, Bandung, Indonesia

*Penulis korespondensi: sdqmhmd19@gmail.com
Diterima 20 April 2025; Disetujui 18 Juli 2025
<https://doi.org/10.23886/ejki.13.1122.1>

Abstrak

Asma termasuk salah satu penyakit kronis yang paling sering dijumpai pada anak-anak, dan kemunculannya dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti kualitas udara dalam ruangan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko timbulnya asma pada anak adalah dengan menggunakan penyaring udara *high-efficiency particulate air* (HEPA), yang berfungsi menyaring partikel PM_{2.5} guna meningkatkan kualitas udara dalam ruangan. Studi ini membahas sebuah kasus anak dengan riwayat eksaserbasi asma akut yang berulang setelah dimulainya proyek pembangunan di sekitar tempat tinggalnya. Tujuan dari studi ini adalah untuk menilai efektivitas penggunaan filter HEPA dalam mengurangi gejala dan morbiditas asma pada anak-anak. Penelusuran literatur dilakukan melalui database PubMed dan ScienceDirect, kemudian artikel yang ditemukan diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, lalu dievaluasi menggunakan panduan dari Oxford Centre for Evidence-Based Medicine dan alat penilaian kritis. Tiga artikel *randomized-controlled trial* terpilih menunjukkan bahwa penggunaan filter HEPA dapat mengurangi gejala asma, memperbaiki kontrol asma, dan menurunkan jumlah kunjungan medis yang tidak terencana. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa filter HEPA berpotensi menjadi strategi tambahan yang efektif untuk meningkatkan kualitas udara serta menekan gejala dan morbiditas asma pada anak, terutama yang tinggal di daerah dengan tingkat polusi udara tinggi.

Kata kunci: asma, anak, HEPA filter, kualitas udara, morbiditas.

The Effectiveness of Using High-Efficiency Particulate Air (HEPA) Filters on Asthma in Pediatric Patients

Abstract

Asthma is one of the most common chronic diseases in children, and can be influenced by environmental factors such as indoor air quality. High-efficiency particulate air (HEPA) filters are one strategy to reduce asthma, which work by filtering PM_{2.5} particles to improve indoor air quality. This study presents a case of a child with a history of recurrent acute asthma exacerbations following the start of a construction project near their home. This study aims to evaluate the effectiveness of HEPA filter use in reducing asthma symptoms and morbidity in children. A literature search was conducted through the PubMed and ScienceDirect databases, and articles were selected based on inclusion and exclusion criteria and assessed using the Oxford Centre for Evidence-Based Medicine guidelines and critical appraisal tools. Three selected RCT articles demonstrated that using HEPA filters can reduce asthma symptoms, improve asthma control scores, and decrease unplanned medical visits. Based on these findings, it is concluded that HEPA filters have the potential to serve as an effective additional strategy to enhance air quality and reduce asthma symptoms and morbidity in children, particularly those living in areas with high levels of air pollution.

Keywords: asthma, children, HEPA filter, air quality, morbidity.

Pendahuluan

Asma merupakan salah satu isu kesehatan global yang signifikan, dengan jumlah penderita mencapai sekitar 300 juta orang di seluruh dunia dan menyebabkan sekitar 1.000 kematian per hari, terutama di negara dengan pendapatan rendah hingga menengah. Di Indonesia, Riskesdas 2018 menunjukkan bahwa prevalensi asma pada anak-anak usia di bawah satu tahun mencapai 0,4%, usia 1–4 tahun 1,6%, usia 5–14 tahun 1,9%, dan 15–24 tahun 2,2%. Pada tahun 2019, angka kekambuhan asma tercatat tinggi, yaitu 66,8% pada anak usia di bawah 1 tahun, 68,2% pada usia 1–4 tahun, dan 53,9% pada usia 5–14 tahun. Angka ini meningkat dipengaruhi oleh perubahan gaya hidup serta menurunnya kualitas udara. Asma menjadi tantangan besar dalam kesehatan masyarakat karena berdampak pada penurunan kualitas hidup penderitanya. Kondisi ini ditandai oleh berbagai gejala seperti napas berbunyi (mengi), sesak napas, dan batuk. Gejala-gejala tersebut serta hambatan aliran udara umumnya bersifat fluktuatif, baik dari segi waktu maupun tingkat keparahan nya, dan sering kali dipicu oleh faktor-faktor seperti aktivitas fisik, paparan alergen atau zat iritan, perubahan cuaca, maupun infeksi saluran pernapasan.^{1,2}

Asma dapat dipicu oleh berbagai faktor yang berasal dari aspek lingkungan, biologis, maupun sosial. Hasil dari sejumlah penelitian mengenai faktor risiko lingkungan dalam perkembangan asma menunjukkan perlunya pengembangan strategi pencegahan yang mencakup aspek nutrisi, paparan alergen (baik yang dihirup maupun melalui makanan), polusi udara (khususnya asap rokok pasif), mikroorganisme, serta faktor psikososial. Salah satu penyebab utama kambuhnya gejala asma pada anak-anak adalah buruknya kualitas udara. Paparan terhadap alergen yang terbawa udara, seperti tungau debu rumah, serbuk sari tumbuhan, bulu hewan, serta polutan partikel halus (PM_{2.5}) dan senyawa organik volatil (VOC) menjadi pemicu yang signifikan. Oleh karena itu, selain pengobatan, edukasi kepada pasien serta pendekatan non-farmakologis untuk mengendalikan faktor pencetus penting dalam manajemen penyakit asma.^{2,3}

Salah satu upaya untuk menurunkan risiko timbulnya asma pada anak adalah dengan memanfaatkan penyaring udara berjenis *high-efficiency particulate air* (HEPA). Cara kerja dari HEPA filter adalah menyaring partikel udara yang berukuran 0,3 mikron dengan efisiensi lebih dari 99,97%. Mekanisme kerja filter HEPA adalah dengan intersepsi partikel yang mengikuti aliran udara yang akan menempel pada serat filter, selanjutnya partikel yang lebih besar tidak dapat mengikuti aliran udara sehingga tertahan tidak bisa melewati filter. Filter HEPA terbukti mampu secara efektif memperbaiki kualitas udara di dalam ruangan serta menurunkan tingkat paparan terhadap partikel dan alergen yang dapat memicu asma, sehingga berkontribusi dalam mengurangi frekuensi serta tingkat keparahan serangan asma pada anak-anak.^{4-6,10} Dengan meningkatnya polusi udara dan perubahan iklim, intervensi berbasis bukti seperti penggunaan Filter HEPA dapat menjadi pertimbangan strategi pengelolaan asma yang komprehensif. Oleh karena itu studi ini membahas efektivitas Filter HEPA dalam menurunkan gejala asma pada anak.

Ilustrasi Kasus

Seorang anak usia 15 tahun diantar oleh orang tuanya dengan keluhan sesak selama satu hari disertai dengan batuk tanpa demam. Pasien merasa bahwa dalam satu bulan terakhir sesak setiap minggunya, terutama saat berada di rumah. Diketahui bahwa dalam dua bulan terakhir, di sekitar rumahnya terdapat pembangunan sehingga keadaan rumah terasa gersang dan berdebu. Keluhan sesak membaik saat diberikan nebulisasi salbutamol. Pasien memiliki riwayat penyakit asma dan alergi makanan laut. Terdapat riwayat asma dalam keluarga, yaitu dari pihak ayah. Pasien rutin meminum vitamin dalam satu bulan terakhir, terutama vitamin D, tapi sesak kerap terjadi tiba-tiba. Pada pemeriksaan fisik menunjukkan tanda vital yang normal, suara paru terdengar *wheezing*, dan pemeriksaan lain dalam batas normal. Dokter merekomendasikan untuk menggunakan HEPA filter untuk menurunkan gejala dan meningkatkan kualitas hidup pasien.

Pertanyaan Klinis

Berdasarkan kasus tersebut didapatkan pertanyaan klinis untuk mengetahui efektivitas penggunaan HEPA filter sebagai upaya meningkatkan kualitas hidup pasien asma. Pernyataan klinis berupa “Apakah Penggunaan filter HEPA efektif dalam menurunkan gejala asma pada pasien anak?”. Pertanyaan tersebut dijabarkan berdasarkan komponen *population*, *intervention*, *comparison*, dan *outcome* (PICO):

Population: Pasien anak dengan asma

Intervention: Penggunaan filter HEPA

Comparison: Plasebo/ tanpa penggunaan filter HEPA

Outcome: Morbiditas asma (kuesioner asma (ACT, ALQ, AQLQ), frekuensi kekambuhan, fungsi paru).

Metode

Pencarian literatur ditelusuri menggunakan tiga basis data pencarian, yaitu PubMed dan Science Direct pada tanggal 29 Maret 2025. Kata kunci yang digunakan di PubMed meliputi (((((((Asthma[MeSH Terms]) OR (Asthma)) OR (Asthmas)) OR (Asthma, Bronchial)) OR (Bronchial Asthma)) AND (((((((Child[MeSH Terms]) OR (Child)) OR (Pediatric)) OR (Infant)) OR (Adolescent)) OR (Adolescents)) OR (Adolescence)) OR (Youth)) OR (Youths)) OR (Teens)) OR (Teen)) OR (Teenagers)) OR (Teenager))) AND (((((((Air Filter[MeSH Terms]) OR (Filter, Air)) OR (Air Purifiers)) OR (Purifier, Air)) OR (Air Purifier)) OR (HEPA))) AND (((morbidity[MeSH Terms]) OR (Questionnaires)) OR (Questionnaire)), dan pada Science Direct ("Asthma") AND ("Child" AND ("Air Filter" OR "HEPA") AND ("morbidity" OR "Questionnaire" OR "Spirometry"). Artikel yang diperoleh dari pencarian tersebut kemudian disaring berdasarkan kriteria inklusi, yaitu publikasi dalam 10 tahun terakhir, subjek anak usia 0-18 tahun, berbahasa inggris, berupa uji acak terkontrol/*randomized-controlled trial* (RCT), kohort, atau tinjauan sistematis, serta memiliki akses *full-text*. Selanjutnya, artikel yang telah memenuhi kriteria inklusi diseleksi lebih lanjut menggunakan kriteria eksklusi, yakni studi yang

bukan RCT atau tinjauan sistematis serta artikel yang tidak tersedia dalam format *full-text*. Dilakukan skrining duplikasi dan juga judul beserta abstrak. Selanjutnya studi yang terpilih dilakukan telaah kritis berdasarkan petunjuk dari Center of Evidence Based Medicine, University of Oxford.

Telaah Kritis

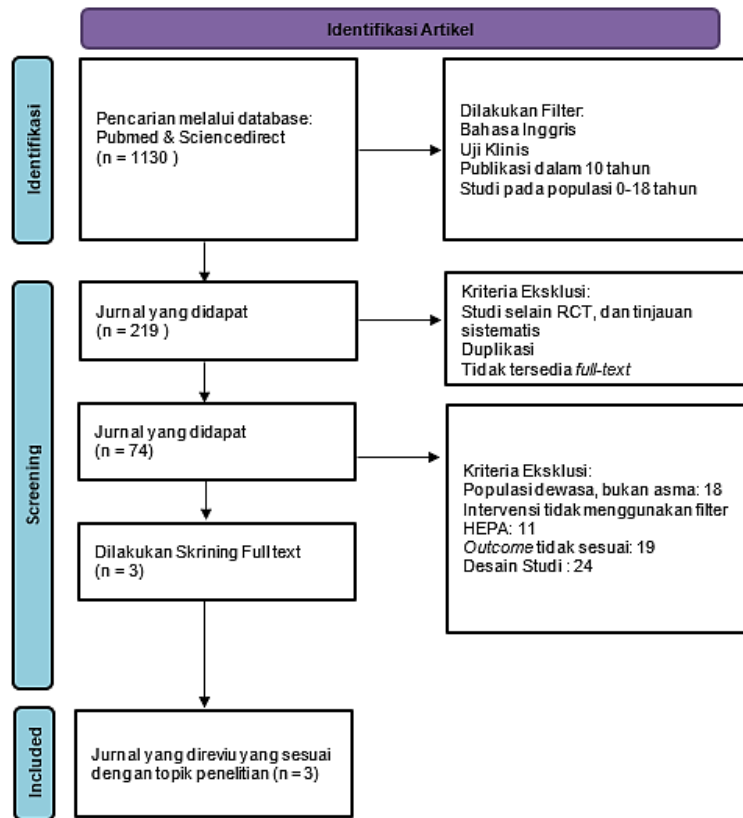
Berdasarkan hasil seleksi yang telah dilakukan, didapatkan 3 artikel RCT yang selanjutnya dilakukan telaah kritis. Hasil telaah kritis dapat dilihat pada Tabel 1. Penentuan *level of evidence* dilakukan dengan menggunakan Center of Evidence Base Medicine, University of Oxford.

Hasil

Tiga literatur yang dianalisis menggunakan desain studi RCT, dengan salah satu di antaranya studi yang dilakukan oleh Drielling et al⁷ tidak menerapkan *blinding*. Sementara itu, studi oleh James et al⁹ dan Lee et al⁸ menerapkan desain RCT *crossover* dengan prosedur *blinding*.

Karakteristik populasi ketiga penelitian tersebut berbeda-beda: Drielling et al⁷ meneliti anak-anak yang tinggal di wilayah pertanian; James et al⁹ memfokuskan penelitiannya pada anak-anak yang tinggal di area dengan paparan polutan lalu lintas yang tinggi; sedangkan Lee et al⁸ mengevaluasi anak-anak sekolah dasar yang tinggal di daerah perkotaan dengan konsentrasi PM2.5 yang tinggi.

Ketiga studi tersebut menggunakan instrumen kuesioner untuk menilai morbiditas dan kekambuhan asma pasca penggunaan filter HEPA, meskipun jenis kuesioner yang digunakan bervariasi. Pemeriksaan spirometri dilakukan dalam semua studi untuk mengevaluasi fungsi paru-paru, namun ketiga studi tersebut tidak menunjukkan hasil yang signifikan. Selain itu, studi oleh Drielling et al⁷ dan Lee et al⁸ juga mengukur tingkat inflamasi saluran pernapasan melalui penilaian FeNO, serta menilai biomarker lainnya.



Gambar 1. Alur Pencarian Literatur

Tabel 1. Telaah Kritis dari *Randomized Controlled Trial* Berdasarkan Kriteria oleh Centre of Evidence-Based Medicine University of Oxford

Penulis	Validitas								
	Randomisasi	Similaritas Kelompok Studi	Terapi Serupa	Inklusi Pasien	Blinding	Efek Intervensi	Confidence Interval	Aplikabilitas	Level of Evidence
Drieling et al., 2022 ⁷	+	+	+	+	-	+	+	+	1B
Lee et al., 2020 ⁸	+	+	?	+	+	+	-	+	1B
James et al., 2020 ⁹	+	+	+	+	+	+	-	+	1B

+ Dinyatakan jelas dalam artikel

- Tidak dilakukan

? Tidak dinyatakan jelas dalam artikel

*Level of Evidence berdasarkan The Oxford Centre of Evidence Based Medicine

Tabel 2. Ringkasasan Hasil Studi

Penulis	Desain	Jumlah Sampel	Karakteristik Responden	Intervensi	Outcome	Hasil
Lee et al., 2020 ⁸	<i>Randomized clinical trial crossover, studi single-blind</i>	30 siswa sekolah dasar dengan asma dibagi ke dua kelompok (n=15 setiap kelompok), dimana setiap kelompok mengalami kondisi "filter-on" dan "filter-off" dalam desain crossover. Jadi, 30 subjek berfungsi sebagai intervensi dan kontrol.	Usia rata-rata: 9.2 ± 1.98 tahun (rentang: 6.08–12.41 tahun). Jenis kelamin: 25 laki-laki, 5 perempuan. FeNO: 23.0 ± 13.3 ppb. FEV1: 94.6 ± 13.5%. Imunoglobulin E: 348.0 ± 329.6 IU/mL. Asma atopik: non-atopik: 24:6.	30 rumah memasang filter pembersih udara selama 6 minggu dan dinyalakan setiap hari, setiap kelompok bergantian selama 3 minggu untuk filter-on dan filter-off	<ul style="list-style-type: none"> • Kualitas udara dalam ruangan. • Tingkat keparahan asma. • Fungsi paru • Inflamasi • saluran napas • Mikrobioma urin • Konsentrasi ftalat urin. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kualitas udara PM2.5 menurun signifikan dengan nilai rata-rata adalah 17 µg/m³ filter off, dan 9,26 µg/m³ filter on (p<0.001). Konsentrasi CO2, kelembaban, dan suhu tidak menunjukkan perbedaan bermakna • Tingkat keparahan asma Tidak ada perbedaan bermakna dalam skor gejala (14,03 filter-off vs 13,97 filter-on; p=0.428), tetapi penggunaan obat asma menurun bermakna, skor 6,90 filter-off vs 7,12 filter-on (p<0.001) • Fungsi Paru Tidak ada perbedaan bermakna: nilai PEFR (326,24 L/min filter-off vs 321,33 L/min filter-on; p=0.620) • Inflamasi Saluran Napas Tidak ada perbedaan signifikan, nilai FeNO (27,76 ppb filter-off vs 28,5 ppb filter-on; p=0.874) • Mikrobioma Urin Menurun secara signifikan (p=0.040) • Ftalat Urin Konsentrasi metabolit ftalat tidak menunjukkan perbedaan signifikan
Drieling et al., 2022 ⁷	<i>Randomized Controlled Trial - RCT, studi tidak tersamar (unblinded). Nama studi: Home Air in Agriculture Pediatric Intervention (HAPI) Trial.</i>	Total sampel: 75. Kelompok intervensi: 38 Kelompok kontrol: 37	Usia rata-rata: 9.2 tahun (Intervensi), 8.6 tahun (kontrol) Penggunaan obat: controller 86% (intervensi), 91.9% (kontrol) Lokasi rumah: Semua partisipan tinggal di dekat pertanian yang menanam tanaman, dan kurang dari 50% tinggal di dekat peternakan Jenis Kelamin: Wanita 27, Laki-laki 48 Atopik: 60% baik kontrol dan juga intervensi	Kelompok intervensi memasang Filter HEPA di ruang keluarga dan juga kamar tidur anak Kelompok kontrol: Tidak dipasang HEPA filter Kedua kelompok: diberikan edukasi tentang asma Intervensi dilakukan selama satu tahun dan diukur saat awal studi, enam bulan dan 12 bulan	Primer: <ul style="list-style-type: none"> • Skor <i>Asthma Control Test</i> (ACT) • Gejala asma dalam 2 minggu terakhir • Kunjungan ke fasilitas kesehatan yang tidak terencana • konsentrasi <i>leukotriene</i> E4 urin yang disesuaikan kreatinin (uLTE4 [ng/mg]). Sekunder: <ul style="list-style-type: none"> • Preskripsi steroid • Fungsi paru-paru (FEV1/FVC, FEV1 	<ul style="list-style-type: none"> • Studi ini menunjukkan hasil yang umumnya membaik pada anak-anak di kelompok pembersih udara HEPA • Skor ACT Secara analisis primer tidak berbeda bermakna, namun, dalam analisis sekunder, anak-anak yang menggunakan HEPA lebih jarang memiliki skor ACT yang buruk (<19): IRR: 0,43 (CI 95%: 0,21–0,89) secara bermakna • uLTE4 secara analisis primer tidak berbeda bermakna • Bergejala dalam 2 minggu terakhir: Risiko berkurang secara bermakna pada kelompok intervensi (IRR: 0.71, CI: 0.52–0.98) • Kunjungan klinis tidak terencana: Risiko berkurang secara bermakna pada kelompok intervensi (IRR: 0.35, CI: 0.13–0.94)

Tabel 2. Ringkasasan Hasil Studi (Lanjutan)

Penulis	Desain	Jumlah Sampel	Karakteristik Responden	Intervensi	Outcome	Hasil
James et al., 2020 ⁹	<i>Randomized clinical trial crossover, double-blind.</i>	Total sampel: 43 anak-anak dengan asma. Dibagi dua kelompok, dimana setiap kelompok saling bergantian mendapatkan intervensi	Rentang usia: 10-16 tahun. Usia rata-rata: 12,9 ± 1,9 tahun. Jenis Kelamin: Laki-laki 30, perempuan 13. Etnis: Kaukasia (49%, 21 dari 43), Afrika-Amerika (35%, 15 dari 43) atau birasial (16%, 7 dari 43). Sebanyak 21% (9 dari 43) rumah melaporkan adanya perokok. 63% (27 dari 43) rumah memiliki hewan peliharaan Skor median ACQ di awal penelitian adalah 0,8. Partisipan dengan asma yang tidak terkontrol dengan baik didefinisikan memiliki skor ACQ > 1,25. Skor median AQLQ di awal penelitian adalah 5,9. Partisipan dengan kualitas hidup terganggu didefinisikan memiliki skor AQLQ < 5,40"	Setiap partisipan menerima salah satu dari dua perlakuan: Pembersih udara HEPA. Pembersih udara "dummy" plasebo (tanpa filter). Pembersih udara ditempatkan di kamar tidur setiap partisipan. Orang tua dan anak-anak tidak mengetahui perangkat mana yang aktif Durasi total 3 bulan, 1 bulan tiap perlakuan, dan washout selama 1 bulan"	persentase prediksi, FEF 25–75) <ul style="list-style-type: none"> • Fraksi oksida nitrat (FeNO), PM2.5. • Konsentrasi Polutan: PM2.5. <i>Black Carbon</i> (BC), <i>Ultraviolet absorbing particulate material</i> (UVP), Spora jamur • Kesehatan Pernapasan: <i>Asthma Control Questionnaire</i> (ACQ): Menilai seberapa baik asma pasien terkontrol. Skor < 0,75 menunjukkan asma terkontrol baik; skor > 1,25 menunjukkan asma tidak terkontrol baik. • <i>Asthma Quality of Life Questionnaire</i> (AQLQ): Mengukur kualitas hidup penderita asma. Skor < 5,40 menunjukkan kualitas hidup terganggu • Spirometri (FEV₁, FEV₁/FVC, FEF 25-75) 	<ul style="list-style-type: none"> • FeNO, preskripsi steroid, dan fungsi paru-paru: Tidak ada perbedaan bermakna • PM2.5: Menurun bermakna • Lingkungan Konsentrasi PM2.5, BC, dan UVP dalam ruangan menurun secara signifikan setelah perlakuan filter HEPA p<0.0125. sedangkan untuk spora jamur tidak menurun secara bermakna. • Kesehatan Pada peserta dengan asma 'tidak terkontrol dengan baik' pada <i>baseline</i>: Skor ACQ meningkat secara signifikan setelah perlakuan HEPA (dari 1.33 menjadi 0.92; p = 0.0025). Meskipun signifikan secara statistik, perubahan ini tidak dianggap bermakna secara klinis (kurang dari ambang batas 0.5). Pada peserta dengan 'kualitas hidup terganggu': Skor AQLQ meningkat secara signifikan dan bermakna secara klinis setelah perlakuan HEPA (dari 4.93 menjadi 5.47; p<0.01). Tidak ada perubahan bermakna secara klinis pada skor ACQ atau AQLQ untuk seluruh kelompok peserta. • Fungsi paru-paru (FEV₁) tetap dalam kisaran nilai normal dan tidak terdapat perubahan bermakna

Diskusi

Pada skenario pasien ini, diagnosis asma eksaserbasi akut diduga dipicu oleh pajanan polutan. Oleh karena itu, salah satu tatalaksana non-farmakologis yang dianjurkan adalah penggunaan filter HEPA yang bertujuan untuk menurunkan pajanan polutan yang dapat memicu kekambuhan asma.

Pencarian menghasilkan tiga artikel yang menunjukkan penggunaan filter HEPA secara konsisten dapat meningkatkan kualitas udara dalam ruangan dengan menurunkan konsentrasi partikel halus (PM_{2.5}) yang menjadi pemicu utama kekambuhan asma pada anak. PM_{2.5} memiliki kemampuan menembus ke dalam paru-paru dan menetap di saluran pernapasan, yang kemudian menyebabkan gangguan aliran udara serta memicu peradangan melalui peningkatan stres oksidatif. Pada penelitian oleh James et al,⁹ tidak hanya terjadi penurunan kadar PM_{2.5}, tetapi juga penurunan bermakna pada *black carbon* dan UPVM, yaitu polutan terkait lalu lintas. Sementara itu, studi oleh Drieling et al⁷ dan Lee et al⁸ tidak hanya menilai kadar PM_{2.5}, tetapi juga mengevaluasi pengaruh filter HEPA terhadap biomarker inflamasi saluran napas, seperti uLTE4 dan FeNO. Meskipun terjadi perubahan pada biomarker dan fungsi paru, hasilnya tidak bermakna. Hal ini menunjukkan bahwa pengurangan polutan seperti PM_{2.5} belum tentu secara substansial memengaruhi jalur inflamasi pada setiap individu dengan asma, atau efeknya mungkin terlalu kecil untuk memicu perubahan pada biomarker tersebut.

Penggunaan filter HEPA menunjukkan manfaat klinis pada anak dengan asma, sebagaimana ditunjukkan oleh tiga studi yang dilakukan di berbagai latar geografis dan pajanan lingkungan. Penelitian oleh Drieling et al⁷ secara khusus mengevaluasi efektivitas filter HEPA pada populasi anak di komunitas pertanian. Hasil studi ini menunjukkan penurunan bermakna terhadap risiko asma yang tidak terkontrol (ACT ≤ 19), berkurangnya gejala klinis dalam dua minggu terakhir, serta penurunan frekuensi kunjungan ke fasilitas layanan kesehatan. Namun, studi ini tidak menerapkan *blinding*, sehingga terdapat potensi bias karena partisipan mengetahui intervensi

yang mereka terima. Selain itu, adanya intervensi tambahan berupa edukasi terkait asma dapat membatasi efek yang dihasilkan dari filter HEPA sehingga menyebabkan efek *underestimation*.

Pada penelitian oleh Lee et al,⁸ terdapat penurunan bermakna dalam frekuensi penggunaan obat asma ($p < 0,001$), tapi tidak pada penurunan gejala asma. Penggunaan desain studi *single-blind* pada penelitian ini membuat partisipan atau peneliti dapat mengetahui intervensi yang diberikan sehingga berpotensi menimbulkan bias. Selain itu, durasi intervensi yang relatif singkat dapat membatasi kemampuan studi dalam menangkap dampak klinis asma yang bersifat substansial dan berkelanjutan.

Penelitian oleh James et al⁹ menunjukkan hasil perbaikan klinis yang bermakna terutama pada partisipan dengan kualitas hidup yang terganggu, ditandai dengan peningkatan skor AQLQ ($p < 0,001$). Selain itu, partisipan dengan asma yang tidak terkontrol mengalami perbaikan skor ACQ ($p < 0,001$). Namun, pada analisis seluruh partisipan tidak menunjukkan perbedaan bermakna. Studi ini melibatkan anak-anak berusia 10-16 tahun dengan asma yang tinggal di sekitar jalan raya sehingga terpajan polusi terkait lalu lintas. Penggunaan desain *blinding* dan *crossover* dalam studi ini dapat mengurangi bias dan variabilitas. Meski demikian, ukuran sampel yang kecil dan durasi intervensi yang terbatas dapat membatasi kekuatan statistik dari data.

Kondisi di mana terjadi perubahan nilai biomarker tanpa disertai perubahan klinis yang bermakna dapat disebabkan oleh sensitivitas dari biomarker tersebut terhadap perubahan kecil, yang belum cukup besar untuk menimbulkan manifestasi gejala secara klinis. Tubuh dapat mengompensasi perubahan kecil tersebut, sehingga tidak selalu tercermin dalam perbaikan gejala yang terukur. Asma merupakan penyakit kompleks yang dipengaruhi oleh banyak faktor selain polusi partikel, meskipun fungsi dari filter HEPA ini dapat mengurangi polutan seperti PM_{2.5}, faktor pencetus lainnya masih dapat memengaruhi eksaserbasi gejala asma pada individu yang terpajan.⁷⁻⁹

Secara keseluruhan, meskipun penggunaan filter HEPA secara konsisten terbukti mampu

mengurangi paparan polutan, dampak klinisnya terhadap asma pada anak menunjukkan variasi antar studi. Efek yang lebih menonjol umumnya terlihat pada subpopulasi dengan kondisi asma yang lebih berat atau dalam studi dengan kontrol yang ketat terhadap variabel lingkungan. Hal ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut dengan ukuran sampel yang lebih besar, durasi intervensi yang lebih panjang, dan desain yang mampu mengendalikan potensi bias untuk memastikan manfaat klinis secara luas.

Kesimpulan

Penggunaan filter HEPA memberikan manfaat dalam meningkatkan kualitas udara dalam ruangan sehingga memberikan dampak positif terhadap pengendalian asma pada anak. Filter HEPA terbukti mampu menurunkan konsentrasi polutan, termasuk PM_{2.5}, yang menjadi salah satu faktor pencetus asma. Meskipun tidak semua studi menunjukkan perubahan bermakna pada parameter objektif seperti fungsi paru atau biomarker inflamasi, keseluruhan temuan mendukung potensi filter HEPA sebagai intervensi adjuvan dalam mengurangi gejala asma, terutama bagi mereka yang tinggal di lingkungan dengan pajanan polutan udara tinggi. Studi ini menegaskan pentingnya perbaikan kualitas udara dalam ruangan sebagai bagian penting dalam pendekatan pengendalian asma yang komprehensif.

Konflik Kepentingan

Penulis tidak memiliki konflik kepentingan terkait dengan publikasi ini.

Daftar Pustaka

1. Fadila A, Patria A, Haryanti RP. Faktor-faktor yang berhubungan dengan kejadian asma pada anak di ruang anak RSUD Bob Bazar Kalianda. *Jurnal Medika Malahayati*. 2024;8:337–45. doi: 10.33024/jmm.v8i2.15008
2. Global Initiative for Asthma (GINA). Global strategy for asthma management and prevention. 2024. Diunduh dari <https://ginasthma.org>.
3. Katushabe C, Kumaran S, Masabo E. Internet of things based visualisation of effect of air pollution on the lungs using HEPA filters air cleaner. *Heliyon*. 2023;9:e17799. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e17799
4. Han S, Kim J, Ko SH. Advances in air filtration technologies: structure-based and interaction-based approaches. *Mater Today Adv*. 2021;9:100134. doi: 10.1016/j.mtadv.2021.100134
5. Mansoor J, Haq MZU, Ahsan Z, Bilal M, Fatima SS. Effect of high-efficiency particulate air filter on children with asthma: a systematic review protocol of RCTs. *BMJ Open*. 2024;14:e087493. doi: 10.1136/bmjopen-2024-087493
6. Lowther SD, Deng W, Fang Z, Booker D, Whyatt DJ, Wild O, et al. How efficiently can HEPA purifiers remove priority fine and ultrafine particles from indoor air? *Environ Int*. 2020;144:106001. doi: 10.1016/j.envint.2020.106001
7. Drieling RL, Sampson PD, Krenz JE, French MIT, Jansen KL, Massey AE, et al. Randomized trial of a portable HEPA air cleaner intervention to reduce asthma morbidity among Latino children in an agricultural community. *Environ Health*. 2022;3;21:1. doi: 10.1186/s12940-021-00816-w
8. Lee GH, Kim JH, Kim S, Lee S, Lim DH. Effects of indoor air purifiers on children with asthma. *Yonsei Med J*. 2020;61:310–6. doi: 10.3349/ymj.2020.61.4.310
9. James C, Bernstein DI, Cox J, Ryan P, Wolfe C, Jandarov R, et al. HEPA filtration improves asthma control in children exposed to traffic-related airborne particles. *Indoor Air*. 2020;30:235–43. doi: 10.1111/ina.12625
10. Cui X, Li Z, Teng Y, Barkjohn KK, Norris CL, Fang L, et al. Association between bedroom particulate matter filtration and changes in airway pathophysiology in children with asthma. *JAMA Pediatr*. 2020;174:533–42. doi: 10.1001/jamapediatrics.2020.0140