

# Paparan Pestisida melalui ASI: Implikasi terhadap Kesehatan Bayi dan Risiko Stunting

Imelda Iskandar<sup>1\*</sup>, Azniah Syam<sup>1</sup>, Mardiana Ahmad<sup>2</sup>, Jumrah Sudirman<sup>2</sup>, Armiyati Nur<sup>3</sup>, Dinah Inrawati Agustin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Mega Buana Palopo

<sup>2</sup>Sekolah Pascasarjana, Universitas Hasanuddin

<sup>3</sup>Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIK) Makassar

\*Corresponding author: [imel.midwife@gmail.com](mailto:imel.midwife@gmail.com)

Info Artikel: Diterima bulan Mei 2025 ; Disetujui bulan Juni 2025 ; Publikasi bulan Juni 2025

## ABSTRACT

Modern agriculture's widespread use of chemical fertilizers and pesticides has significantly increased crop yields. However, growing concerns about the potential health implications of these agricultural chemicals have prompted extensive research. This systematic review aims to investigate the extent to which exposure to these substances during pregnancy and breastfeeding can contaminate breast milk. We aim to assess the potential adverse effects of pesticide and fertilizer exposure in breast milk on infant health and development, focusing on contaminant prevalence, potential health risks, and the effectiveness of interventions to reduce exposure. This systematic review was conducted using the online databases PubMed, Scopus, and Google Scholar, covering the period from 2017 to 2024. Medical Subject Headings (MESH) and target keywords such as "Pesticides," "Chemical Fertilizers," "Breast Milk," "Contamination," "Maternal Health," "Infant Health," and "Stunting" were used in the search. All English-language publications were reviewed and included. This review included intervention studies such as randomized clinical trials and quasi-experimental studies. The search yielded 130 studies, and after screening, 10 studies were included in this review. The studies consistently showed pesticide exposure in breast milk, particularly in areas of intensive agriculture. A study in Latin America found that 100% of breast milk samples contained residues of dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT). Research in Mexico reported that 76% of breast milk samples contained pesticide derivatives. A study in Saudi Arabia detected 16 types of organochlorine pesticides (OCPs). In Indonesia, all breast milk samples from female farmers contained p,p'-DDE residues above 0.001 mg/kg. All articles included in this review were observational studies, specifically cross-sectional and case-control studies, which investigated the presence of pesticides and persistent organic pollutants (POPs) in breast milk. Various studies consistently show pesticide contamination in breast milk, raising serious concerns about its impact on infant health from an early age. Pesticide exposure through breast milk can have negative effects on growth and development, particularly on the nervous, endocrine, and reproductive systems. In Indonesia, pesticide exposure in agricultural environments has been identified as a significant risk factor for stunting in children.

**Keywords:** Chemical Fertilizers; Pesticides; Breast Milk; Stunting

## ABSTRAK

Penggunaan pupuk kimia dan pestisida yang meluas dalam pertanian modern telah meningkatkan hasil panen secara signifikan. Namun, peningkatan kekhawatiran tentang potensi implikasi kesehatan dari bahan kimia pertanian ini telah mendorong penelitian ekstensif. Tinjauan sistematis ini bertujuan untuk meneliti sejauh mana paparan zat-zat ini selama kehamilan dan menyusui dapat mencemari Air Susu Ibu (ASI). Kami bertujuan untuk menilai potensi efek buruk paparan pestisida dan pupuk dalam ASI terhadap kesehatan dan perkembangan bayi, dengan fokus pada prevalensi kontaminasi, potensi risiko kesehatan, dan efektivitas intervensi untuk mengurangi paparan. Tinjauan sistematis ini dilakukan menggunakan basis data daring PubMed, Scopus, dan Google Scholar, mencakup periode 2017 hingga 2024. Medical Subject Headings (MESH) dan kata kunci target seperti "Pestisida," "Pupuk Kimia," "Air Susu Ibu," "Kontaminasi," "Kesehatan Ibu," "Kesehatan Bayi," dan "Stunting" digunakan dalam pencarian. Semua publikasi berbahasa Inggris ditinjau dan disertakan. Tinjauan ini mencakup investigasi intervensi seperti uji klinis acak dan studi kuasi-eksperimental. Pencarian menghasilkan 130 studi, dan setelah penyaringan, 10 studi disertakan dalam tinjauan ini. Penelitian secara konsisten menunjukkan adanya paparan pestisida dalam ASI, terutama di daerah pertanian intensif. Sebuah studi di Amerika Latin menemukan bahwa 100% sampel ASI mengandung residu diklorodifeniltrikloroetana (DDT). Penelitian di Meksiko melaporkan 76% sampel ASI mengandung turunan pestisida. Studi di Arab Saudi mendeteksi 16 jenis pestisida organoklorin (OCP). Di Indonesia, semua sampel ASI dari petani wanita mengandung residu p,p'-DDE di atas 0,001 mg/kg. Semua artikel yang disertakan dalam tinjauan ini adalah studi observasional, khususnya studi cross-sectional dan case-control, yang menyelidiki keberadaan pestisida dan polutan organik persisten (POPs) dalam ASI. Berbagai penelitian secara konsisten menunjukkan kontaminasi pestisida dalam ASI, menimbulkan keprihatinan serius mengenai dampaknya pada kesehatan bayi sejak dini. Paparan pestisida melalui ASI dapat berdampak negatif pada pertumbuhan dan perkembangan, khususnya pada sistem saraf, endokrin, dan reproduksi. Di Indonesia, paparan pestisida di lingkungan pertanian telah diidentifikasi sebagai faktor risiko signifikan terhadap kejadian stunting pada anak.

**Kata Kunci :** Pupuk Kimia; Pestisida; ASI; Stunting

## PENDAHULUAN

Penggunaan pupuk kimia dan pestisida dalam pertanian telah menjadi praktik umum untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Namun, penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia, termasuk pada produksi Air Susu Ibu (ASI) (1–3). Penelitian saat ini berkembang dalam mengkaji pengaruh pupuk kimia dan pestisida terhadap ASI serta kesehatan ibu dan anak.

Penelitian secara konsisten menunjukkan adanya residu pestisida dalam ASI manusia, terutama di daerah dengan praktik pertanian intensif. Berbagai penelitian telah mengungkapkan tingkat kontaminasi yang sangat

tinggi. Sebagai contoh, sebuah penelitian yang dilakukan di Amerika Latin menemukan bahwa 100% sampel ASI yang dikumpulkan dari wanita yang bekerja di bidang pertanian mengandung residu *diklorodifeniltrikloroetana* (DDT), yang menyoroti risiko signifikan yang terkait dengan kontak langsung dengan pertanian. Demikian pula, sebuah penelitian di Meksiko melaporkan bahwa 76% sampel ASI yang dianalisis mengandung turunan pestisida yang dapat dideteksi (2). Kontaminasi pestisida pada ASI dapat terjadi melalui berbagai jalur. Paparan langsung selama kegiatan pertanian, seperti penyemprotan atau pemanenan, merupakan jalur utama. Paparan tidak langsung juga dapat terjadi melalui kontaminasi lingkungan melalui udara, air, dan sumber makanan yang terkontaminasi. Sifat lipofilik dari banyak pestisida memungkinkan pestisida terakumulasi dalam jaringan lemak, termasuk jaringan lemak pada manusia dan hewan (4). Proses bioakumulasi ini dapat menyebabkan konsentrasi racun-racun ini dalam ASI, yang berpotensi menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan bagi bayi (5,6).

Keberadaan residu pestisida dalam ASI memiliki implikasi kesehatan yang serius bagi bayi. Penelitian telah mengaitkan paparan kontaminan ini dengan berbagai hasil kesehatan yang merugikan, termasuk gangguan hormonal, masalah reproduksi, dan keterlambatan perkembangan (7). Sebagai contoh, paparan pestisida organoklorin telah dikaitkan dengan gangguan endokrin, yang dapat menyebabkan pubertas dini dan peningkatan risiko kanker tertentu (8). Selain itu, sebuah penelitian terbaru di India melaporkan adanya hubungan yang mengkhawatirkan antara kontaminasi pestisida pada air susu ibu (ASI) dengan kematian lebih dari 100 bayi baru lahir dalam kurun waktu sepuluh bulan, yang menekankan parahnya konsekuensi kesehatan yang terkait dengan paparan ini (2).

Meskipun sebagian besar penelitian tentang kontaminasi ASI berfokus pada pestisida, potensi dampak pupuk kimia tidak boleh diabaikan. Pupuk-pupuk ini dapat mencemari sumber makanan yang dikonsumsi oleh ibu menyusui, sehingga berpotensi memindahkan residu berbahaya ke dalam ASI (9). Namun, dibandingkan dengan pestisida, penelitian yang dilakukan secara khusus menyelidiki efek langsung dari pupuk kimia terhadap kualitas ASI dan kesehatan bayi masih sangat terbatas. Penelitian lebih lanjut sangat penting untuk memahami sepenuhnya sejauh mana potensi risiko ini.

Penggunaan pupuk dan pestisida kimia yang meluas di pertanian modern telah meningkatkan hasil panen secara signifikan, tetapi juga menimbulkan kekhawatiran serius tentang potensi dampak kesehatan bagi populasi manusia (10). Meskipun banyak penelitian telah mengeksplorasi keberadaan residu pestisida dalam air susu ibu, sintesis komprehensif dari bukti ini sangat penting untuk sepenuhnya memahami sejauh mana kontaminasi dan implikasinya. Selain itu, efek spesifik pupuk kimia pada komposisi air susu ibu dan kesehatan bayi masih kurang dipahami dibandingkan dengan pestisida, yang merupakan kesenjangan signifikan dalam literatur saat ini. Tinjauan sistematis ini mengatasi kesenjangan ini dengan: 1) memberikan tinjauan yang diperbarui dan komprehensif tentang prevalensi dan kadar kontaminan pestisida dan pupuk kimia dalam air susu ibu; 2) secara kritis mengevaluasi potensi risiko gabungan dari kontaminan ini terhadap kesehatan dan perkembangan bayi, yang seringkali diteliti secara terpisah oleh penelitian sebelumnya; dan 3) menilai efektivitas intervensi yang ada yang bertujuan untuk mengurangi paparan. Dengan mengintegrasikan temuan dari berbagai penelitian, tinjauan ini bertujuan untuk menawarkan pemahaman yang lebih holistik tentang dampak bahan kimia pertanian pada air susu ibu dan untuk menginformasikan strategi berbasis bukti untuk meminimalkan risiko terhadap kesehatan bayi.

## MATERI DAN METODE

### Strategi Pencarian dan Kriteria Inklusi

Dalam melakukan tinjauan sistematis ini, kami mengikuti pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) untuk memastikan pelaporan yang transparan dan komprehensif (referensi PRISMA disertakan). Kerangka kerja PRISMA membantu kami dalam menyusun metodologi pencarian, seleksi studi, dan sintesis data.

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis dalam basis data PubMed, Scopus, dan Google Scholar untuk mengidentifikasi studi yang relevan yang diterbitkan antara Januari 2017 dan April 2024. Strategi pencarian dikembangkan dengan menggabungkan Medical Subject Headings (MeSH) (untuk PubMed) dan kata kunci bebas. Kombinasi operator Boolean (AND, OR, NOT) digunakan untuk memperluas atau mempersempit hasil pencarian.

Pencarian menggunakan judul/abstrak atau Judul Subjek Medis (istilah MeSH), termasuk "Pupuk kimia," "Pestisida," "ASI," "Laktasi," "Kontaminasi," "Kesehatan Manusia," "Kesehatan bayi," dan "Residu." Kami melakukan evaluasi komprehensif dan menggabungkan semua literatur yang ditulis dalam bahasa Inggris.

### Kriteria Inklusi dan Eksklusi

- **Kriteria Inklusi:**
  - Studi yang meneliti paparan pupuk kimia dan/atau pestisida pada ibu selama kehamilan atau menyusui.
  - Studi yang melaporkan adanya residu pupuk kimia dan/atau pestisida dalam air susu ibu.

- Studi yang meneliti dampak paparan pupuk kimia dan/atau pestisida melalui ASI terhadap kesehatan bayi.
- Studi observasional (kohort, kasus-kontrol, cross-sectional) dan intervensi (uji klinis acak, uji klinis, kuasi-eksperimental).
- Publikasi dalam bahasa Inggris.
- **Kriteria Eksklusi:**
  - Studi in vitro atau studi pada hewan.
  - Artikel ulasan, editorial, surat, atau opini.
  - Studi yang tidak menyediakan data primer tentang kadar pupuk kimia atau pestisida dalam ASI atau dampak kesehatannya pada bayi.
  - Studi yang tidak tersedia teks lengkapnya.

### **Desain Studi**

Tinjauan ini mencakup semua investigasi intervensional, seperti uji klinis acak, uji klinis, dan studi kuasi-eksperimental yang bertujuan untuk memeriksa secara komprehensif sejauh mana paparan bahan kimia pertanian ini selama kehamilan dan menyusui dapat mencemari air susu ibu dan berdampak pada kesehatan bayi. Secara spesifik, tinjauan sistematis ini bertujuan untuk (1) mengidentifikasi prevalensi dan tingkat kontaminasi pupuk kimia dan pestisida dalam ASI, (2) menganalisis potensi risiko kesehatan terkait paparan kontaminan tersebut terhadap bayi, dan (3) mengevaluasi efektivitas intervensi yang ada untuk mengurangi paparan.

### **Seleksi Studi**

Hasil pencarian dari database dipindahkan ke perangkat lunak Mendeley untuk menghilangkan duplikasi. Judul dan abstrak dari artikel yang teridentifikasi dinilai oleh dua peninjau independen berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Teks lengkap dari artikel yang berpotensi relevan diperoleh dan dievaluasi lebih lanjut untuk kelayakan. Perbedaan pendapat antara peninjau diselesaikan melalui diskusi untuk mencapai konsensus.

### **Ekstraksi Data**

Data berikut diekstraksi dari setiap studi yang memenuhi syarat:

- Informasi penulis dan tahun publikasi
- Desain penelitian
- Karakteristik populasi studi (misalnya, lokasi, ukuran sampel)
- Jenis pupuk kimia dan/atau pestisida yang diteliti
- Metode pengukuran kadar pupuk kimia dan/atau pestisida dalam ASI
- Temuan utama mengenai dampak paparan terhadap kesehatan bayi
- Variabel pengganggu yang dipertimbangkan dalam analisis studi
- Keterbatasan studi yang dilaporkan oleh penulis

### **Metode Analisis**

Karena sifat heterogen dari studi yang disertakan (misalnya, variasi dalam desain penelitian, populasi, dan metode pengukuran), meta-analisis kuantitatif tidak dianggap tepat. Oleh karena itu, tinjauan ini menggunakan sintesis naratif untuk meringkas dan mensintesis temuan dari studi yang disertakan. Sintesis naratif melibatkan pengaturan temuan dalam bentuk naratif, menggunakan tabulasi dan pengelompokan studi berdasarkan karakteristik dan temuan utama.

### **Penanganan Heterogenitas**

Heterogenitas diidentifikasi dalam hal desain penelitian, karakteristik populasi, metode pengukuran paparan, dan hasil yang dilaporkan. Heterogenitas ini ditangani melalui:

- Stratifikasi analisis: Studi dikelompokkan berdasarkan desain penelitian, populasi, dan jenis paparan untuk mengidentifikasi potensi sumber variasi dalam temuan.
- Sintesis naratif: Sintesis naratif memungkinkan untuk menggabungkan temuan dari studi yang beragam sambil memberikan perhatian pada perbedaan metodologis.
- Diskusi kualitatif: Heterogenitas dibahas secara kualitatif ketika menafsirkan temuan dan menarik kesimpulan dari tinjauan.

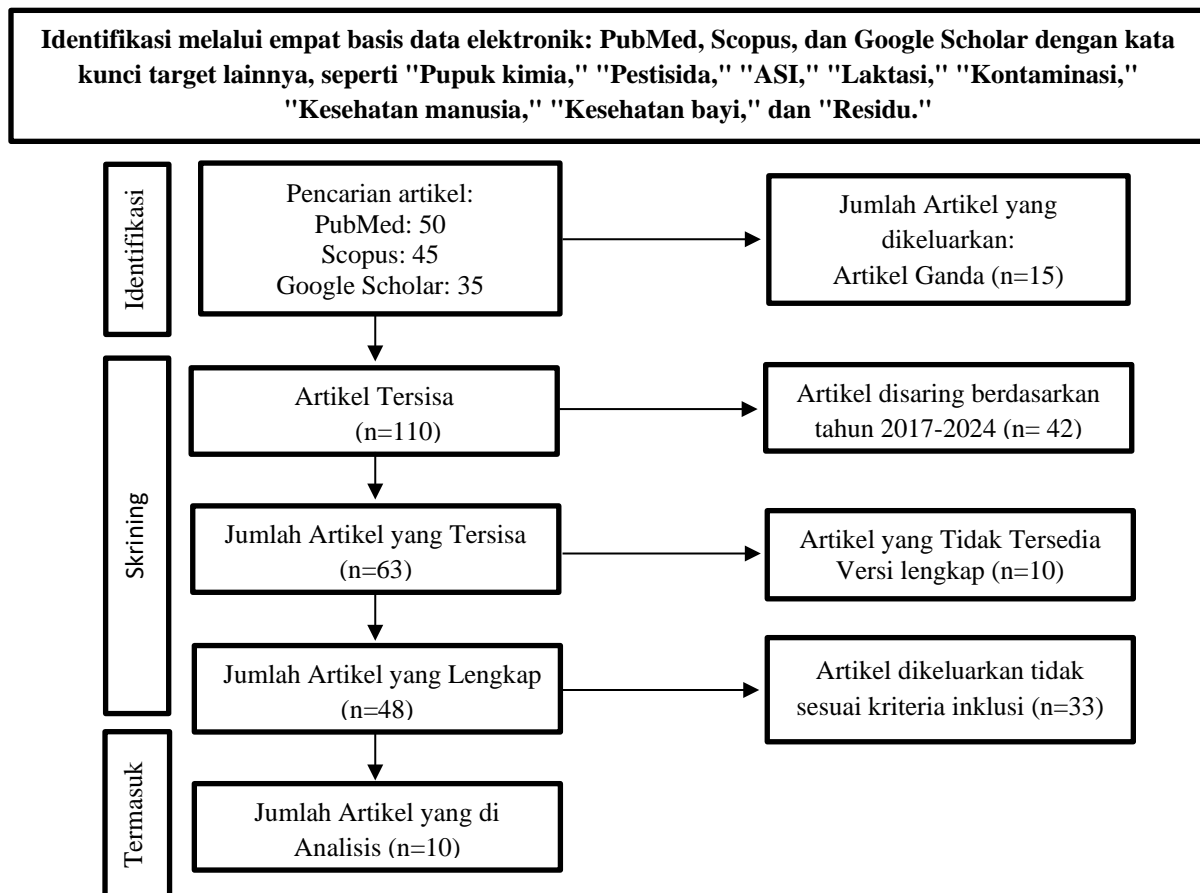
### **Penilaian Risiko Bias**

Risiko bias dalam studi yang termasuk dinilai menggunakan pendekatan analisis sederhana, dengan mempertimbangkan aspek-aspek kunci yang relevan dengan desain penelitian masing-masing. Dua peninjau independen menilai risiko bias untuk setiap studi, dan perbedaan pendapat diselesaikan melalui diskusi. Hasil

penilaian risiko bias disajikan dalam bentuk naratif dan tabel ringkasan untuk memberikan gambaran tentang kualitas bukti yang disertakan dalam tinjauan.

### Pemilihan Studi

Hasil pencarian ditransfer ke perangkat lunak Mendeley, menghilangkan catatan duplikat. Teks dari makalah yang mungkin relevan diperiksa untuk menentukan telah memenuhi kriteria inklusi. Prosedur ini dilaksanakan dengan melibatkan dua peninjau independen. Gambar 1 menampilkan prosedur untuk memilih studi.



**Gambar 1.** Artikel yang disaring dari basis data diuraikan dalam diagram alur PRISMA

## HASIL

Hasil studi penelitian di Indonesia telah mengungkap hubungan antara paparan pestisida dan stunting pada anak, terutama di daerah pertanian. Kajian literature pada tahun 2018 hingga 2021 diperoleh hasil yang cukup menarik terkait hal tersebut. Penelitian Kusuma Yati Alim dkk. (2018) di Indonesia menunjukkan bahwa panjang badan lahir, tinggi badan ibu, dan paparan pestisida merupakan faktor risiko stunting pada anak usia 2-5 tahun di daerah pertanian. Penelitian ini menggunakan desain kasus-kontrol dengan membandingkan 47 anak stunting dengan 47 anak yang tidak stunting. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa kondisi ibu selama kehamilan dan lingkungan tempat tinggal yang terpapar pestisida dapat berdampak pada pertumbuhan anak. Hasil penelitian tersebut sejalan dengan Penelitian Apoina Kartini dkk. (2019) di Indonesia telah berhasil mengidentifikasi paparan pestisida sebagai salah satu faktor risiko ganda untuk stunting pada anak. Studi ini menggunakan desain kasus-kontrol dengan membandingkan anak-anak yang mengalami stunting dengan anak-anak yang tumbuh normal di daerah pertanian.

Lebih lanjut penelitian Dwi Cahyani, Hanifa, dkk. (2018) menemukan adanya kontaminasi pestisida organoklorin, khususnya DDE dan dieldrin, pada ASI ibu menyusui di daerah pertanian bawang merah. Meskipun penelitian ini memberikan bukti awal tentang masalah ini, namun terdapat beberapa keterbatasan, seperti desain penelitian yang tidak memungkinkan untuk membuktikan hubungan sebab akibat secara pasti dan ukuran sampel yang kecil. Penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa faktor yang mempengaruhi kadar pestisida dalam ASI, seperti jumlah kehamilan, pengetahuan tentang pestisida, dan konsumsi ikan. Hasil penelitian serupa oleh Intan

Rachmawati dkk. (2021) menemukan bahwa petani wanita di Indonesia memiliki tingkat kontaminasi pestisida jenis p,p'-DDE yang cukup tinggi dalam ASI mereka. Studi ini menunjukkan korelasi antara berat badan ibu dan kadar p,p'-DDE dalam ASI, di mana semakin tinggi berat badan, semakin tinggi pula kontaminasi pestisidanya.

Penelitian terkait hubungan antara paparan pestisida dan stunting pada anak berkembang juga di beberapa negara seperti Arab Saudi, India, Kolombia, Ethiopia, Polandia, dan Rusia yang menunjukkan adanya kontaminasi pestisida dan polutan organik persisten (POPs) dalam ASI ibu menyusui. Misalnya, penelitian Mohamed H. El-Saeid dkk. (2021) di Arab Saudi menemukan residu pestisida organoklorin, sementara penelitian Seblework Melone dkk. (2021) di Ethiopia menemukan tingkat DDT yang mengkhawatirkan dalam ASI. Hal ini mengindikasikan bahwa paparan pestisida pada bayi melalui ASI merupakan masalah global. Selain itu, penelitian-penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa kontaminasi ini dapat berdampak pada kesehatan jangka panjang bayi, seperti gangguan pertumbuhan dan perkembangan neurologis."

Faktor-faktor yang mempengaruhi kontaminasi pestisida dalam ASI sangat kompleks. Selain penggunaan pestisida dalam pertanian, seperti yang ditemukan dalam penelitian di Indonesia dan India, pola makan ibu juga berperan penting. Seperti yang ditunjukkan oleh penelitian Agata Witczak dkk. (2021) di Polandia, konsumsi daging, telur, dan produk susu yang terkontaminasi dapat meningkatkan kadar pestisida dalam ASI. Di sisi lain, penelitian Moreno dkk. (2023) di Kolombia menunjukkan adanya korelasi antara kadar POPs dalam ASI dengan berbagai faktor lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa kontaminasi pestisida merupakan masalah multifaktorial yang memerlukan pendekatan yang komprehensif."

**Tabel 1.** Matriks Ulasan Literatur yang Relevan

No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Sampel	Temuan Utama	Keterbatasan Penelitian	Reference
1	Kusuma Yati Alim, Ali Rosidi, Suhartono	2018, Indonesia	Birth length, maternal height, and pesticide exposure were predictors of child stunting in an agricultural area	Case-control	47 kasus (stunting) dan 47 kontrol (tidak stunting)	Panjang badan lahir, tinggi badan ibu dan paparan pestisida merupakan faktor risiko stunting pada anak usia 2-5 tahun.	Desain penelitian yang digunakan juga dapat mempengaruhi hasil penelitian. <b>Penelitian dengan desain yang lebih kuat</b> , seperti studi kohort prospektif atau uji coba terkontrol secara acak, dapat memberikan bukti yang lebih kuat mengenai hubungan sebab-akibat.	(11)
2	Mohamed H. EL-Saeid, Ashraf S. Hassanin, Abdulqader Y. Bazeyad	2021, Saudi Arabia	Levels of pesticide residues in breast milk and the associated risk assessment	metode penelitian yang digunakan dalam analisis OCP pada sampel ini adalah <b>kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS/MS)</b> .	Milk samples were collected from 50 donors	Penelitian menemukan <b>16 jenis pestisida organoklorin (OCP) dalam sampel ASI</b> dari beberapa kota. Hasil analisis menunjukkan bahwa <b>sebagian besar sampel terkontaminasi oleh satu atau lebih jenis OCP</b> , meskipun dalam kadar rendah. Ini mengindikasikan <b>kontaminasi OCP yang meluas di antara populasi yang diteliti</b> .	Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan signifikan. <b>Ketiadaan data historis penggunaan OCP yang komprehensif di Arab Saudi</b> menghambat analisis tren kontaminasi dan proyeksi dampak masa depan. Selain itu, penelitian ini <b>hanya berfokus pada OCP</b> , mengabaikan potensi interaksi dengan polutan organik persisten (POPs) lain yang dapat memengaruhi risiko kesehatan. Terakhir, <b>ukuran sampel yang terbatas dan cakupan geografis hanya di Arab Saudi</b> membatasi kemampuan untuk menggeneralisasi temuan ke populasi atau wilayah lain dengan karakteristik lingkungan dan pertanian yang berbeda.	(12)

No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Sampel	Temuan Utama	Keterbatasan Penelitian	Reference
3	Rukshan V. Mehta, M. A. Sreenivasa, Mathen Mathew, Amy Webb Girard, Sunita Taneja, Samriddhi Ranjan, Usha Ramakrishnan, Reynaldo Martorell, P. Barry Ryan and Melissa F. Young	2020, India	A mixed-methods study of pesticide exposures in Breastmilk and Community & Lactating Women's Perspectives from Haryana, India	a mixed methods approach	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Breastmilk samples:</b> 75 samples were collected for pesticide analysis.</li> <li>• <b>Qualitative interviews:</b> 30 in-depth interviews were conducted with mothers.</li> <li>• <b>Focus group discussions:</b> 9 were conducted with community members.</li> </ul>	Keberadaan DDT dan DDE dalam air susu ibu mengindikasikan adanya paparan pestisida pada ibu menyusui, meskipun dalam konsentrasi rendah. Hal ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor, seperti perubahan dalam penggunaan pestisida atau praktik pertanian yang lebih baik. Temuan bahwa ibu menyusui dalam penelitian ini umumnya tidak terlibat langsung dalam kegiatan pertanian yang melibatkan penggunaan pestisida menunjukkan bahwa jalur paparan utama bagi ibu menyusui mungkin berasal dari konsumsi makanan yang terkontaminasi.	Sifat persisten dari banyak polutan organik dan penggunaan pestisida yang luas, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami lebih baik mengenai kontaminasi pestisida dalam rantai makanan dan dampaknya terhadap kesehatan ibu dan anak.	(13)

No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Sampel	Temuan Utama	Keterbatasan Penelitian	Reference
4	Intan Rachmawati, Sri Hernawati, Erma Sulistyarningsih, Aldi Cahya Muhammad	2021, Indonesia	Risk Factors for Contamination of Pesticide Residues in Women's Breast Milk Farmers in Agricultural Areas	<b>10 orang petani wanita</b> yang tinggal di daerah pertanian	penelitian kuantitatif dengan pendekatan cross-sectional.	Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh sampel air susu ibu yang diambil dari 10 petani wanita mengandung residu pestisida p,p'-DDE dengan konsentrasi di atas 0,001 mg/kg. Ini mengindikasikan paparan pestisida yang cukup signifikan pada kelompok populasi ini. Penelitian ini juga menemukan <b>hubungan yang signifikan antara indeks massa tubuh (BMI) dengan kadar p,p'-DDE dalam air susu ibu</b> . Artinya, semakin tinggi berat badan seorang wanita, semakin tinggi pula kadar p,p'-DDE yang ditemukan dalam air susunya.	Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti ukuran sampel yang kecil dan desain penelitian <b>cross-sectional</b> . Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memahami mekanisme di balik hubungan antara BMI dan kontaminasi pestisida, serta untuk mengembangkan strategi pencegahan dan mitigasi yang efektif.	(6)



No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Sampel	Temuan Utama	Keterbatasan Penelitian	Reference
5	Apoina Kartini, Hertanto W Subagio, Suharyo Hadisaputro, Martha I Kartasurya, Suhartono Suhartono, Budiyono Budiyono	2019, Indonesia	Pesticide Exposure and Stunting among Children in Agricultural Areas	<p><b>Sampel dalam penelitian tersebut adalah 160 anak berusia 8-12 tahun yang tinggal di daerah pertanian.</b></p> <p>Sampel ini terbagi menjadi dua kelompok:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Kasus:</b> 48 anak yang mengalami stunting (pertumbuhan terhambat).</li> <li>• <b>Kontrol:</b> 112 anak yang tidak mengalami stunting.</li> </ul>	desain <i>case-control study</i>	Penelitian telah mengidentifikasi paparan pestisida sebagai faktor risiko ganda untuk stunting pada anak. Selain secara langsung memengaruhi pertumbuhan, pestisida juga dapat menurunkan kadar IGF-1, hormon pertumbuhan yang penting.	Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Desain studi kasus-kontrol rentan terhadap bias seleksi dan sulit membuktikan hubungan sebab-akibat. Pengukuran paparan pestisida mengandalkan data historis yang rentan bias ingatan dan tidak memiliki pengukuran langsung. Variabel konfounder yang tidak terukur dapat memengaruhi hasil. Ukuran sampel yang terbatas membatasi generalisasi	(14)

6	Dwi Cahyaningrum, Hanifa Maher Denny, M.Sakundarno Adi	2018, Indonesia	Kandungan Pestisida Organoklorin dalam Air Susu Ibu di Daerah Pertanian Bawang Merah Kabupaten Brebes	Keterlibatan wanita fase menyusui di pertanian, dan keterkaitan beberapa faktor dengan konsentrasi organoklorin dengan responden berjumlah 14 orang.	Penelitian ini menggunakan <b>desain deskriptif kualitatif dengan pendekatan cross-sectional</b>	<p>Penelitian ini menemukan adanya <b>residu pestisida organoklorin, terutama p'DDE dan dieldrin, dalam ASI ibu menyusui di daerah pertanian bawang merah</b>. Ini menunjukkan bahwa ibu-ibu di daerah tersebut masih terpapar pestisida, yang dapat berdampak pada kesehatan bayi mereka.</p> <p><b>Faktor Pengaruh:</b></p> <p>Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat paparan pestisida pada ibu menyusui adalah:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Jumlah kehamilan:</b> Ibu yang memiliki banyak anak cenderung memiliki kadar p'DDE yang lebih rendah.</li> <li>• <b>Pengetahuan dan praktik penggunaan pestisida:</b> Ibu yang memiliki pengetahuan dan praktik yang baik tentang penggunaan pestisida cenderung memiliki kadar</li> </ul>	<p>Desain <i>cross-sectional</i> hanya memberikan gambaran pada satu waktu, sehingga sulit untuk menentukan hubungan sebab-akibat. Ukuran sampel yang kecil membatasi generalisasi hasil ke populasi yang lebih luas. Selain itu, penelitian ini hanya mengukur beberapa jenis organoklorin dan tidak memperhitungkan semua faktor yang mungkin mempengaruhi paparan. Akurasi metode pengukuran juga perlu dipertimbangkan. Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif, diperlukan penelitian lanjutan dengan desain longitudinal, sampel yang lebih besar, dan pengukuran yang lebih lengkap.</p> <p>(15)</p>
---	--	-----------------	---	--	--	---	---

---

No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Sampel	Temuan Utama	Keterbatasan Penelitian	Reference
						p'DDE yang lebih rendah.  • <b>Konsumsi ikan:</b> Konsumsi ikan yang terkontaminasi pestisida merupakan salah satu sumber utama paparan.		

---

No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Sampel	Temuan Utama	Keterbatasan Penelitian	Reference
7	Adriana C. Torres-Moreno, Karen Mejia-Grau, Laura Puente-DelaCruz, Garry Codling, Aída Luz Villa, Oscar Ríos-Marquez, Laura Patequiva-Chauta, Martha Cobo, Boris Johnson-Restrepo	2023, Colombia	Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), polychlorinated biphenyls (PCBs), organochlorine pesticides (OCPs) in human breast milk from Colombia: A probabilistic risk assessment approach		60 sampel air susu ibu dikumpulkan selama periode 2014-2015.	<p>Penelitian ini menemukan bahwa semua sampel ASI yang dianalisis mengandung berbagai jenis polutan organik persisten (POPs), seperti DDTs, PCBs, dan PBDEs. Tingkat DDTs ditemukan paling tinggi dan sebanding dengan penelitian serupa di negara lain. Hal ini menunjukkan paparan POPs yang meluas di populasi yang diteliti. Adanya korelasi yang kuat antara berbagai jenis POPs mengindikasikan sumber paparan yang sama, kemungkinan besar berasal dari makanan. Model penilaian risiko menunjukkan bahwa bayi yang menyusui terpapar konsentrasi POPs yang signifikan, bahkan melebihi ambang batas keamanan dalam beberapa kasus.</p> <p><b>Metode penelitian kuantitatif</b> dengan pendekatan <b>studi observasional</b> khususnya <b>studi cross-sectional</b></p>	<p>Penelitian mengenai kontaminasi polutan organik persisten (POPs) dalam ASI di Kolombia memiliki beberapa keterbatasan. Meskipun memberikan temuan awal yang penting, penelitian ini hanya melibatkan sampel yang terbatas dan fokus pada beberapa jenis POPs tertentu. Desain <i>cross-sectional</i> yang digunakan juga menyulitkan untuk menentukan hubungan sebab akibat antara paparan polutan dan kadarnya dalam ASI. Selain itu, penelitian ini belum mempertimbangkan secara mendalam faktor-faktor lain yang mungkin mempengaruhi tingkat kontaminasi. Untuk mengatasi keterbatasan ini, penelitian selanjutnya perlu melibatkan sampel yang lebih besar dan beragam, menganalisis lebih banyak jenis polutan, menggunakan desain longitudinal, serta mempertimbangkan faktor-faktor risiko lainnya. Selain itu, biomonitoring dan penelitian eksperimental juga diperlukan untuk memahami lebih lanjut dampak paparan POPs terhadap kesehatan manusia</p>	(16)

No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Sampel	Temuan Utama	Keterbatasan Penelitian	Reference
8	Seblework Mekonen, Argaw Ambelu, Mekitie Wondafrash, Patrick Kolsteren & Pieter Spanoghe	2021, southwestern Ethiopia	Exposure of infants to organochlorine pesticides from breast milk consumption in southwestern Ethiopia	168 ibu menyusui di tiga distrik di Ethiopia Selatan (Asendabo, Deneba, dan Serbo).	<b>studi kohort prospektif dengan pendekatan longitudinal</b>	Penelitian ini menemukan bahwa semua sampel ASI yang dianalisis mengandung DDT dan metabolitnya, menunjukkan paparan pestisida yang meluas pada ibu menyusui. Tingkat DDT yang terdeteksi melebihi batas aman yang ditetapkan oleh FAO/WHO, mengindikasikan potensi risiko kesehatan bagi bayi. Bayi yang menyusui di daerah penelitian diperkirakan menerima paparan DDT dalam jumlah yang signifikan sejak awal kehidupan.	Penelitian ini memberikan gambaran awal mengenai paparan pestisida organoklorin pada bayi melalui ASI di Ethiopia, namun memiliki beberapa keterbatasan. Jenis pestisida yang dianalisis masih terbatas, frekuensi pengambilan sampel mungkin tidak cukup untuk menangkap fluktuasi paparan, dan faktor pengganggu lainnya belum sepenuhnya dipertimbangkan. Selain itu, representativitas sampel dan analisis risiko yang dilakukan juga terbatas. Meskipun demikian, penelitian ini memberikan dasar untuk penelitian lebih lanjut. Penelitian di masa depan perlu memperluas jenis pestisida yang dianalisis, meningkatkan frekuensi pengambilan sampel, mempertimbangkan faktor pengganggu, dan melakukan analisis risiko yang lebih komprehensif untuk memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai dampak paparan pestisida pada kesehatan bayi.	(17)

No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Sampel	Temuan Utama	Keterbatasan Penelitian	Reference
9	Agata Witczak, Anna Pohoryło and Hassan Abdel-Gawad	2021, northwestern Poland	Endocrine-Disrupting Organochlorine Pesticides in Human Breast Milk: Changes during Lactation	Penelitian ini melibatkan 96 ibu menyusui di Polandia periode tahun 2013-2015	<b>Penelitian observasional analitik dengan desain cross-sectional</b>	Penelitian ini menganalisis sampel ASI dari ibu menyusui dan menemukan adanya kontaminasi pestisida organoklorin. Kandungan pestisida tertinggi ditemukan pada awal masa menyusui, kemudian menurun seiring waktu. Pola makan ibu, terutama konsumsi daging, telur, susu, ikan, dan unggas, berkontribusi signifikan terhadap tingginya kadar pestisida dalam ASI. Hal ini menunjukkan bahwa apa yang dikonsumsi ibu hamil dapat berpindah ke bayi melalui ASI. Dengan demikian, dengan memperbaiki pola makan, seperti menghindari makanan yang berpotensi terkontaminasi pestisida, diharapkan dapat mengurangi paparan bayi terhadap zat berbahaya tersebut.	Penelitian ini, meskipun memberikan temuan yang berharga, memiliki beberapa keterbatasan, seperti terbatasnya jenis pestisida yang dianalisis, representativitas populasi yang terbatas, dan kurangnya pertimbangan terhadap faktor pengganggu lainnya. Selain itu, penelitian ini lebih fokus pada korelasi daripada kausalitas. Untuk mengatasi keterbatasan ini, penelitian selanjutnya perlu menganalisis lebih banyak jenis pestisida, memperluas populasi studi, mempertimbangkan faktor pengganggu yang lebih komprehensif, dan melakukan analisis risiko yang lebih mendalam	(18)

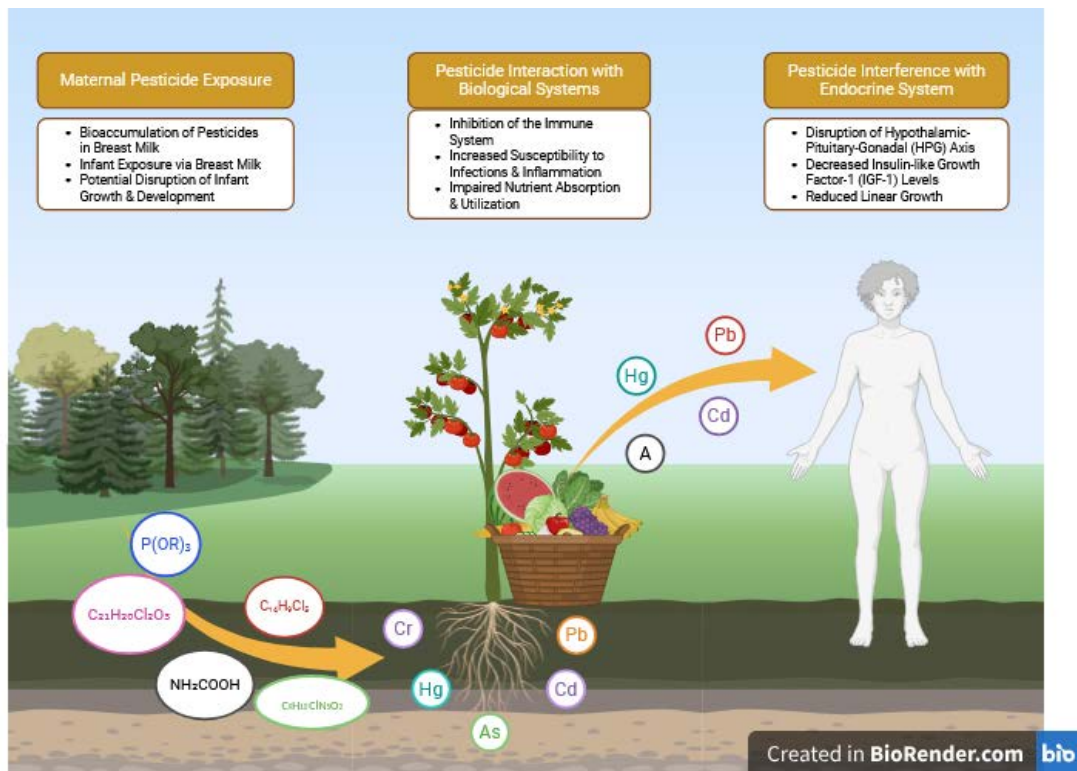
No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Sampel	Temuan Utama	Keterbatasan Penelitian	Reference
10	Elena A. Mamontova, Eugenia N. Tarasova, Alexander A. Mamontov	2017, Russia	PCBs and OCPs in human milk in Eastern Siberia, Russia: Levels, temporal trends and infant exposure assessment	Sampel dalam penelitian tersebut adalah 155 sampel ASI dari ibu-ibu yang tinggal di wilayah Siberia Timur, Rusia.	Cross-Sectional Study	Penelitian ini mengungkapkan adanya perbedaan yang signifikan dalam tingkat kontaminasi POPs dalam ASI di berbagai wilayah di Siberia Timur. Tingkat PCB yang sangat tinggi di desa Onguren menunjukkan adanya sumber paparan lokal yang signifikan, seperti konsumsi makanan laut yang terkontaminasi dan lingkungan yang tercemar. Paparan POPs pada tingkat yang tinggi dapat menimbulkan berbagai risiko kesehatan bagi bayi, termasuk gangguan perkembangan saraf dan sistem imun. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya upaya untuk mengidentifikasi dan mengatasi sumber-sumber pencemaran POPs serta memberikan informasi yang tepat kepada masyarakat mengenai risiko kesehatan yang terkait dengan paparan bahan kimia berbahaya.	Studi ini hanya berfokus pada wilayah tertentu dan jumlah sampel yang terbatas, sehingga sulit untuk generalisasi. Selain itu, penelitian ini hanya menganalisis beberapa jenis POPs dan faktor pengaruh, serta hanya menunjukkan korelasi, bukan hubungan sebab akibat antara faktor-faktor tersebut dengan tingkat POPs dalam ASI. Terakhir, penelitian ini memiliki jangka waktu yang relatif pendek, sehingga tidak dapat memberikan gambaran yang lengkap tentang tren jangka panjang perubahan tingkat kontaminasi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan dengan cakupan yang lebih luas, jumlah sampel yang lebih besar, dan desain penelitian yang lebih komprehensif untuk memahami secara lebih mendalam mengenai masalah kontaminasi POPs dalam ASI.	(19)

## PEMBAHASAN

Beberapa penelitian di Indonesia telah mengungkap hubungan antara paparan pestisida dan stunting pada anak, terutama di daerah pertanian. Paparan pestisida tidak hanya memengaruhi pertumbuhan secara langsung, tetapi juga dapat menurunkan kadar IGF-1, hormon pertumbuhan yang penting. Hasil studi telah menunjukkan bahwa anak-anak dengan paparan pestisida tinggi memiliki tingkat IGF-1 yang jauh lebih rendah dan sekitar 3,9 kali lebih mungkin untuk menjadi stunting dibandingkan dengan anak-anak yang tidak terpapar. IGF-1 rendah itu sendiri merupakan faktor risiko independen untuk stunting, meningkatkan risiko lebih dari delapan kali lipat. Gangguan IGF-1 oleh pestisida, termasuk kelas organoklorin dan mungkin organofosfat, mengganggu fungsi hormon pertumbuhan normal, yang menyebabkan gangguan pertumbuhan pada anak-anak (14,20–22)

Zat beracun dalam pestisida, dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan dan perkembangan dengan mengganggu fungsi hormon pertumbuhan, termasuk IGF-1. Kehadiran timbal dapat menekan sekresi IGF-1, menunda proses pertumbuhan.

Paparan pestisida mengganggu sistem IGF-1 terutama dengan bertindak sebagai bahan kimia yang mengganggu endokrin (EDC) yang mengganggu sintesis hormon, sekresi, transportasi, dan fungsi reseptor. Pestisida jenis organoklorin dan jenis organofosfat dapat mengurangi kadar IGF-1 yang bersirkulasi dengan merusak produksinya terutama di hati dan mengubah fungsi normalnya. Gangguan ini mempengaruhi peran IGF-1 dalam mempromosikan pertumbuhan sel, metabolisme, dan diferensiasi penting untuk pertumbuhan janin dan masa kanak-kanak. Selain itu, paparan pestisida dapat menyebabkan disfungsi hormon tiroid, yang selanjutnya berdampak pada regulasi dan proses pertumbuhan IGF-1. Gangguan hormonal gabungan menyebabkan gangguan sinyal hormon pertumbuhan dan peningkatan risiko stunting dan retardasi pertumbuhan pada anak-anak yang terpapar pestisida dalam rahim dan secara postnatal (23).



Gambar 2. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap hambatan stunting

Pestisida organoklorin dan organofosfat mengganggu produksi IGF-1 di hati melalui mekanisme kompleks yang melibatkan disrupsi jalur metabolisme dan enzim yang krusial untuk sintesis protein dan regulasi hormon (24). Paparan terhadap pestisida ini menginduksi stres oksidatif dan disfungsi mitokondria dalam hepatosit, yang mengakibatkan gangguan metabolisme energi yang diperlukan untuk sintesis IGF-1 (25). Lebih lanjut, interaksi pestisida dengan reseptor PPAR memodifikasi fungsi peroksisom, yang berperan dalam metabolisme lipid dan protein, sehingga semakin mengganggu produksi IGF-1. Selain itu, organofosfat menghambat aktivitas paraoksonase (PON1), sebuah enzim dengan fungsi detoksifikasi pestisida dan pertahanan antioksidan, yang memperparah kerusakan oksidatif di hati. Kombinasi gangguan metabolik dan oksidatif ini secara signifikan menurunkan kapasitas hati dalam memproduksi IGF-1 secara efektif (23,26).



Paparan pestisida prenatal menimbulkan ancaman signifikan terhadap perkembangan janin melalui kemampuannya menembus sawar plasenta dan mengganggu jalur hormonal dan perkembangan krusial. Gangguan endokrin merupakan konsekuensi utama, di mana pestisida seperti organoklorin dan organofosfat menginterferensi sintesis hormon esensial seperti IGF-1 dan hormon tiroid, yang memegang peranan vital dalam pertumbuhan sel, metabolisme, dan diferensiasi janin. Imbas dari ketidakseimbangan hormonal ini adalah terganggunya pertumbuhan dan perkembangan janin yang normal (27).

Studi epidemiologis di China, Mexico, dan Bangladesh secara konsisten mengaitkan paparan pestisida prenatal dengan rendahnya berat badan lahir, bayi kecil untuk usia kehamilan, dan kejadian stunting pada awal masa kanak-kanak. Fenomena ini sebagian besar disebabkan oleh terhambatnya transfer nutrisi melalui plasenta dan perubahan dalam sinyal pertumbuhan janin. Lebih lanjut, paparan pestisida pada periode perikonsepsional dan trimester pertama kehamilan meningkatkan risiko anomali kongenital, terutama defek kardiovaskular dan defek tabung saraf (28–30).

Selain dampak fisik, paparan pestisida prenatal juga memiliki konsekuensi serius terhadap perkembangan saraf, yang termanifestasi sebagai keterlambatan perkembangan saraf, defisit kognitif, dan gangguan perilaku pada anak-anak. Sensitivitas terhadap dosis dan waktu paparan menjadi faktor kritis, dengan periode awal kehamilan diidentifikasi sebagai jendela yang sangat rentan di mana paparan pestisida menimbulkan risiko terbesar terhadap organogenesis dan pertumbuhan janin. Secara keseluruhan, bukti ilmiah yang ada menegaskan bahwa paparan pestisida maternal secara substansial mengganggu pertumbuhan janin melalui disrupsi fungsi endokrin, peningkatan risiko cacat lahir, dan induksi keterlambatan perkembangan, sehingga menggarisbawahi urgensi untuk meminimalkan paparan selama kehamilan (31).

**Tabel 2.** Dampak Jangka Panjang Paparan Pestisida Pada Anak

<b>DAMPAK KESEHATAN</b>	<b>PAPARAN PESTISIDA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN ANAK-ANAK</b>
Keterlambatan Perkembangan Saraf	Gangguan perkembangan sistem saraf pusat akibat paparan pestisida, terutama organofosfat dan piretroid, yang mengganggu neurotransmisi, mielinisasi, dan sinaptogenesis. Manifestasinya meliputi gangguan motorik halus dan kasar, penurunan kemampuan verbal dan memori, serta peningkatan risiko ADHD dan ASD akibat gangguan keseimbangan eksitatori-inhibitori dan perkembangan neuronal yang abnormal (32).
Gangguan Kognitif dan Perilaku	Defisit dalam kecepatan motorik, koordinasi, memori visual, dan kinerja visuospasial akibat kerusakan neuron atau gangguan jalur saraf terkait fungsi kognitif dan motorik. Mekanisme yang mendasarinya dapat berupa stres oksidatif, peradangan neurogenik, atau gangguan metabolisme energi di otak. Keterlambatan perkembangan hingga dua tahun menunjukkan dampak signifikan pada lintasan perkembangan anak (33).
Gangguan Endokrin & Keterbelakangan Pertumbuhan	Pestisida bersifat endocrine-disrupting chemicals (EDCs) yang mengganggu sistem hormon, terutama aksis hormon pertumbuhan (GH-IGF-1) dan fungsi tiroid. Gangguan ini dapat mempengaruhi sintesis, sekresi, transportasi, metabolisme, atau aksi hormon, yang berujung pada stunting dan gangguan pertumbuhan fisik lainnya (34).
Meningkatnya Risiko Kanker pada Anak	Paparan kronis pestisida dapat menyebabkan kerusakan DNA, mengganggu mekanisme perbaikan DNA, dan memicu proliferasi sel yang tidak terkontrol. Beberapa pestisida bersifat karsinogenik. Leukemia dan tumor otak sering dikaitkan dengan paparan lingkungan seperti pestisida pada masa kanak-kanak karena sel yang aktif membelah lebih rentan terhadap mutasi genetic (35).
Dampak Kesehatan Lainnya	Masalah Pernapasan (Asma): Iritasi saluran pernapasan dan peradangan akibat paparan pestisida dapat memperburuk asma atau meningkatkan risiko perkembangannya. Cacat Lahir, Bayi Lahir Mati, dan Berat Badan Lahir Rendah: Paparan pestisida selama kehamilan dapat mengganggu perkembangan embrio dan janin, menyebabkan cacat lahir, mempengaruhi fungsi plasenta, dan menghambat pertumbuhan intrauterin, yang berujung pada berat badan lahir rendah dan peningkatan risiko bayi lahir mati (36).

Paparan pestisida pada ibu hamil memiliki dampak serius terhadap pertumbuhan dan perkembangan janin. Pestisida dapat berkontribusi pada restriksi pertumbuhan intrauterin (IUGR), yaitu kondisi terhambatnya pertumbuhan janin di dalam kandungan, yang merupakan salah satu faktor risiko utama terjadinya stunting pada

anak. Bayi yang lahir dengan berat badan lahir rendah (BBLR) akibat IUGR memiliki risiko yang jauh lebih tinggi untuk mengalami stunting di kemudian hari. Hal ini terjadi karena pestisida dapat mengganggu berbagai mekanisme penting dalam perkembangan janin, termasuk suplai nutrisi dan oksigen yang adekuat melalui plasenta, serta perkembangan organ-organ vital seperti sistem saraf.

Tidak hanya selama kehamilan, paparan pestisida juga menjadi perhatian serius pada masa menyusui. Pestisida dapat terakumulasi dalam tubuh ibu dan berpotensi mencemari Air Susu Ibu (ASI). Meskipun ASI diakui sebagai sumber nutrisi terbaik dan memiliki manfaat imunologis yang tak tergantikan bagi bayi, keberadaan residu pestisida di dalamnya dapat menjadi sumber paparan tambahan yang berbahaya bagi bayi yang masih rentan. Bayi yang terpapar pestisida melalui ASI dapat mengalami dampak negatif yang memperburuk efek yang mungkin sudah dimulai sejak dalam kandungan.

Paparan pestisida, baik selama kehamilan maupun melalui ASI, dapat memperburuk dampak neurodevelopmental, endokrin, dan imunologis pada bayi. Gangguan neurodevelopmental meliputi keterlambatan perkembangan saraf, gangguan motorik, dan penurunan kemampuan kognitif. Sementara itu, gangguan endokrin dapat memengaruhi keseimbangan hormon pertumbuhan, yang pada akhirnya dapat mengganggu pertumbuhan fisik bayi dan meningkatkan risiko stunting. Sistem imun bayi yang belum sempurna juga dapat terganggu, menjadikan mereka lebih rentan terhadap berbagai penyakit.

Oleh karena itu, sangatlah penting untuk meminimalkan paparan pestisida pada ibu hamil dan menyusui. Langkah-langkah pencegahan harus mencakup edukasi tentang bahaya pestisida, penggunaan alat pelindung diri bagi mereka yang berisiko terpapar langsung, dan promosi praktik pertanian yang lebih aman atau organik. Selain itu, memastikan kebersihan lingkungan dan makanan yang dikonsumsi oleh ibu hamil dan menyusui sangat krusial guna melindungi kesehatan bayi dari efek jangka panjang yang merugikan, termasuk risiko *stunting*.

## SIMPULAN

Berbagai penelitian secara konsisten menunjukkan adanya kontaminasi pestisida dalam ASI, terutama organoklorin, menimbulkan kekhawatiran serius mengenai dampaknya pada kesehatan bayi sejak dini. Paparan ini dapat berdampak negatif pada pertumbuhan dan perkembangan, khususnya pada sistem saraf, endokrin, dan reproduksi. Kami juga menekankan bahwa di Indonesia, paparan pestisida di lingkungan pertanian telah diidentifikasi sebagai faktor risiko signifikan terhadap kejadian stunting pada anak. Implikasinya adalah gangguan pertumbuhan linear pada anak melalui mekanisme seperti gangguan pada sumbu HPG dan penurunan kadar IGF-14. Bioakumulasi pestisida dalam ASI dari ibu di daerah pertanian menjadi jalur paparan tambahan bagi bayi, meningkatkan risiko gangguan pertumbuhan dan perkembangan neurologis.

Khusus di Indonesia paparan pestisida di lingkungan pertanian Indonesia telah diidentifikasi sebagai faktor risiko signifikan terhadap kejadian stunting pada anak. Penelitian epidemiologi menunjukkan korelasi positif antara paparan pestisida dengan gangguan pertumbuhan linear pada anak. Mekanisme yang mungkin terlibat meliputi gangguan pada sumbu hipotalamus-pituitari-gonad (HPG) dan penurunan kadar insulin-like growth factor-1 (IGF-1), yang keduanya esensial untuk pertumbuhan. Selain itu, bioakumulasi pestisida dalam ASI ibu menyusui dari daerah pertanian menjadi jalur paparan tambahan bagi bayi, meningkatkan risiko gangguan pertumbuhan dan perkembangan neurologis. Beberapa faktor telah diidentifikasi sebagai penyebab meningkatnya risiko kontaminasi pestisida dalam ASI. Pola makan ibu yang kaya akan produk hewani seperti daging, telur, dan susu merupakan salah satu faktor utama. Hal ini dikarenakan hewan ternak seringkali terpapar pestisida melalui pakan atau lingkungan, dan kontaminan ini kemudian terakumulasi dalam jaringan tubuh hewan dan akhirnya berpindah ke ASI melalui rantai makanan. Selain itu, tinggal di daerah pertanian atau daerah dengan tingkat pencemaran lingkungan yang tinggi juga meningkatkan risiko paparan pestisida (11,37,38).

## KETERBATASAN PENELITIAN

Keterbatasan penelitian yang kami tinjau telah kami integrasikan ke dalam pembahasan dan ringkasan di bagian kesimpulan. Kami secara eksplisit mencantumkan keterbatasan yang ditemukan pada studi-studi individual, seperti desain penelitian cross-sectional yang membatasi penentuan hubungan sebab-akibat, ukuran sampel yang kecil yang membatasi generalisasi, serta fokus yang terbatas pada jenis pestisida tertentu atau kurangnya pertimbangan terhadap faktor pengganggu lainnya. Kami menyatakan bahwa sifat heterogen dari studi yang disertakan membuat meta-analisis kuantitatif tidak tepat, sehingga tinjauan ini menggunakan sintesis naratif. Heterogenitas ini telah dibahas secara kualitatif dalam menafsirkan temuan dan menarik kesimpulan dari tinjauan. Keterbatasan ini berdampak pada generalisasi hasil, menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut dengan desain yang lebih kuat dan cakupan yang lebih luas.

## SARAN

Berdasarkan temuan konsisten mengenai kontaminasi pestisida dalam ASI dan dampaknya yang merugikan terhadap pertumbuhan serta perkembangan bayi, termasuk risiko stunting, kami merekomendasikan intervensi berbasis bukti yang lebih terarah. Temuan penelitian menunjukkan bahwa faktor seperti pengetahuan dan praktik penggunaan pestisida mempengaruhi tingkat paparan, sehingga secara analitis mengindikasikan urgensi program edukasi komprehensif bagi petani dan masyarakat di daerah pertanian intensif. Program ini harus mencakup praktik penggunaan pestisida yang aman, alternatif pertanian berkelanjutan, dan pemahaman tentang jalur paparan tidak langsung. Selain itu, adanya residu pestisida yang konsisten terdeteksi dalam sampel ASI secara jelas mendukung perlunya inisiatif pemantauan. Oleh karena itu, kami menyarankan pengembangan program uji laboratorium rutin pada ibu hamil dan menyusui di daerah berisiko tinggi. Pemantauan ini tidak hanya berfungsi untuk mengidentifikasi tingkat paparan individu, tetapi juga sebagai dasar data untuk analisis tren, evaluasi efektivitas intervensi, dan pengembangan kebijakan kesehatan masyarakat yang lebih tepat sasaran guna meminimalkan risiko jangka panjang terhadap kesehatan bayi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Qi S yu, Xu X ling, Ma W zhi, Deng S long, Lian Z xing. Effects of Organochlorine Pesticide Residues in Maternal Body on Infants. 2022;13(June).
2. Figueiredo TM, Pereira M, Henrique F, Granzotto B, Neto DG. Pesticide contamination of lactating mothers ' milk in Latin America : a systematic review. 2024;1–16.
3. Mehta R V, Sreenivasa MA, Mathew M, Girard AW, Taneja S, Ranjan S, et al. A mixed-methods study of pesticide exposures in Breastmilk and Community & Lactating Women ' s perspectives from. 2020;1–15.
4. Tudi M, Ruan HD, Wang L, Lyu J, Sadler R, Connell D, et al. Agriculture Development , Pesticide Application and Its Impact on the Environment. 2021;1–23.
5. Pirsahab M, Limoe M, Namdari F, Khamutian R. Organochlorine pesticides residue in breast milk : a systematic review. 2015;
6. Rachmawati I, Hernawati S, Sulistyarningsih E. Risk Factors for Contamination of Pesticide Residues in Women ' s Breast Milk Farmers in Agricultural Areas. 2021;10(1):596–604.
7. Du J, Gridneva Z, Gay MCL, Lai CT, Trengove RD, Hartmann PE, et al. Longitudinal study of pesticide residue levels in human milk from Western Australia during 12 months of lactation : Exposure assessment for infants. Nat Publ Gr. 2016;(November):1–11.
8. Kuang L, Hou Y, Huang F, Hong H, Sun H, Deng W, et al. Science of the Total Environment Pesticide residues in breast milk and the associated risk assessment : A review focused on China. Sci Total Environ [Internet]. 2020;727:138412. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138412>
9. Serreau R, Terbeche Y, Rigourd V. Pollutants in Breast Milk : A Scoping Review of the Most Recent Data in 2024. 2024;
10. Metals H, Implications HH. Plants : Ecological Risks and Human Health Implications. 2021;
11. Alim KY, Rosidi A. Birth length , maternal height and pesticide exposure were predictors of child stunting in agricultural area. 2018;
12. El-saeid MH, Hassanin AS, Bazeyad AY. Levels of Pesticide residues in breast milk and the associated risk assessment Saudi Journal of Biological Sciences Levels of pesticide residues in breast milk and the associated risk assessment. Saudi J Biol Sci [Internet]. 2021;28(7):3741–4. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.04.062>
13. Mehta R V, Sreenivasa MA, Mathew M, Girard AW, Taneja S, Ranjan S, et al. A mixed-methods study of pesticide exposures in Breastmilk and Community & Lactating Women ' s perspectives from. 2020;1–14.
14. Kartini A, Subagio HW, Hadisaputro S, Kartasurya MI, Suhartono S, Budiyo B. Pesticide Exposure and Stunting among Children in Agricultural Areas. 2019;10:17–29.
15. Cahyaningrum D, Denny HM, Adi MS. Kandungan Pestisida Organoklorin dalam Air Susu Ibu di Daerah Pertanian Bawang Merah Kabupaten Brebes. 2018;13(1).
16. Torres-moreno AC, Mejia-grau K, Puente-delacruz L, Codling G, Luz A, Ríos-marquez O, et al. Chemosphere Polybrominated diphenyl ethers ( PBDEs ), polychlorinated biphenyls ( PCBs ), organochlorine pesticides ( OCPs ) in human breast milk from Colombia : A probabilistic risk assessment approach. Chemosphere [Internet]. 2023;339(May):139597. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139597>
17. Mekonen S, Ambelu A, Wondafrash M, Kolsteren P. Exposure of infants to organochlorine pesticides

- from breast milk consumption in southwestern Ethiopia. *Sci Rep* [Internet]. 2021;(0123456789):1–10. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01656-x>
18. Witczak A, Pohoryło A, Abdel-gawad H. Endocrine-Disrupting Organochlorine Pesticides in Human Breast Milk : Changes during Lactation. 2021;1–19.
  19. Mamontova EA, Tarasova EN, Mamontov AA. Chemosphere PCBs and OCPs in human milk in Eastern Siberia , Russia : Levels , temporal trends and infant exposure assessment. *Chemosphere* [Internet]. 2017;178:239–48. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.058>
  20. Widyawati SA, Suhartono S. Original Article. 2020;11:15–23.
  21. Soleman SR, Jeem YA, Fathi M, Al B. Effect of pesticide exposure on stunting incidence : a systematic review and meta-analysis. 2024;67(10):510–8.
  22. Areas A. *Journal of Environmental Health*. 2025;17(1):45–53.
  23. Friedrich D, Zwirner NW. What immunology has to say about pesticide safety. 2024;(December):1–6.
  24. Affairs C. Requested by the PETI committee Endocrine Disruptors : f rom Scientific Evidence to Human Health Protection. 2019;(March).
  25. Acela L, Guevara-lara A, Dom MA, Andraca-adame JA, Torres-huerta AM. Concentrations of Organochlorine , Organophosphorus , and Pyrethroid Pesticides in Rivers Worldwide ( 2014 – 2024 ): A Review. 2024;
  26. Sule RO, Condon L, Gomes A V. Review Article A Common Feature of Pesticides : Oxidative Stress — The Role of Oxidative Stress in Pesticide-Induced Toxicity. 2022;2022.
  27. Kwon HK, Choi GB, Huh JR. Maternal inflammation and its ramifications on fetal neurodevelopment. *Trends Immunol* [Internet]. 2022;43(3):230–44. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1471490622000072>
  28. Cresto N, Forner-Piquer I, Baig A, Chatterjee M, Perroy J, Goracci J, et al. Pesticides at brain borders: Impact on the blood-brain barrier, neuroinflammation, and neurological risk trajectories. *Chemosphere* [Internet]. 2023;324:138251. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653523005180>
  29. Vinnars MT, Bixo M, Damdimopoulou P. Pregnancy-related maternal physiological adaptations and fetal chemical exposure. *Mol Cell Endocrinol* [Internet]. 2023;578:112064. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303720723002150>
  30. Punamäki RL, Diab SY, Vänskä M, AlBarqouni N, Quota SR. Maternal and foetal exposure to potentially toxic metals of modern weaponry and infant cognitive, sensorimotor, and socioemotional development: The role of breastfeeding. *Infant Behav Dev* [Internet]. 2025;79:102040. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0163638325000141>
  31. Meyyazhagan A, Kuchi Bhotla H, Tsibizova V, Pappuswamy M, Chaudhary A, Arumugam VA, et al. Nutrition paves the way to environmental toxicants and influences fetal development during pregnancy. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol* [Internet]. 2023;89:102351. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1521693423000512>
  32. Wu M, Shu Y, Song L, Wang Y. Prenatal thallium exposure and child neurodevelopment at 2 years: a birth cohort study in China. *Ecotoxicol Environ Saf* [Internet]. 2025;297:118232. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651325005688>
  33. Buralli RJ, Marques RC, Dórea JG. Pesticide effects on children’s growth and neurodevelopment. *Curr Opin Environ Sci Heal* [Internet]. 2023;31:100417. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468584422000927>
  34. Oskar S, Balalian AA, Stingone JA. Identifying critical windows of prenatal phenol, paraben, and pesticide exposure and child neurodevelopment: Findings from a prospective cohort study. *Sci Total Environ* [Internet]. 2024;920:170754. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969724008933>
  35. Qi Z, Song X, Xiao X, Loo KK, Wang MC, Xu Q, et al. Effects of prenatal exposure to pyrethroid pesticides on neurodevelopment of 1-year- old children: A birth cohort study in China. *Ecotoxicol Environ Saf* [Internet]. 2022;234:113384. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014765132200224X>
  36. Li J, Song X, Luo T, Loo KK, Chen S, Gui T, et al. Effects of daily exposure to pyrethroid pesticides during infancy on children neurodevelopment at age four: A prospective study in rural Yunnan, China. *Neurotoxicology* [Internet]. 2025;108:105–12. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0161813X25000312>
  37. Effect of *Nigella Sativa* on Growth and IGF-1 Levels in Rats Prenatally Exposed to Pesticides. 2025;57(1):22–8.
  38. Predieri B, Iughetti L, Bernasconi S, Street ME. Endocrine Disrupting Chemicals ’ Effects in Children : What We Know and What We Need to Learn ? 2022;