



JOURNAL OF Qualitative Health Research
& Case Studies Reports

ISSN 28079094 (Print)

ISSN 28078489 (Online)



INFORMASI ARTIKEL

Received: April, 03, 2026

Revised: April, 27, 2026

Available: June, 16, 2026

at : <https://e-jurnal.iphorr.com/index.php/qlt>

Hubungan antara paparan pestisida di rumah tangga dan risiko gangguan perkembangan anak

Hilyana Alifia, Disney Prajnowita*

Universitas Airlangga

Korespondensi penulis: Disney Prajnowita. *Email: disny.prajnowita@fikkia.unair.ac.id

Abstract

Background: Household pesticide exposure is an emerging environmental health concern that may affect child neurodevelopment. Continuous low-dose exposure from indoor air, surfaces, and dust presents unique risks compared with agricultural settings

Purpose: This systematic review aims to synthesize studies published from 2020-2025 that examine the relationship between household pesticide exposure and neurodevelopmental outcomes in children.

Method: A literature search was conducted using the PRISMA 2020 guidelines. The literature search was conducted in PubMed, Scopus, Web of Science, and ScienceDirect databases for articles published in 2020-2025 using keywords related to household pesticide exposure, child neurodevelopment, pregnancy, and environmental health. Articles were selected through identification, deletion of duplicates, screening of titles and abstracts, and assessment of full-text eligibility.

Results: Twelve eligible studies were identified from major databases, covering prenatal and postnatal exposure pathways as well as potential biological mechanisms. Findings consistently show that exposure to organophosphates, carbamates, and pyrethroids is associated with impaired cognition, behavioral problems, reduced motor skills, and poorer socio-emotional development. Suggested mechanisms include cholinergic disruption, oxidative stress, neuroinflammation, and epigenetic changes. Variability across studies was mainly due to differences in exposure measurement and neurodevelopment assessment tools.

Conclusion: Household pesticide exposure is consistently linked with negative neurodevelopmental outcomes in children. Improved household pesticide control, increased public awareness, and further longitudinal research are needed to strengthen evidence and support preventive strategies.

Keywords: Child Health; Environmental Toxicology; Household Pesticide Exposure; Neurodevelopment.

PENDAHULUAN

Paparan pestisida merupakan masalah kesehatan lingkungan global yang tidak hanya terjadi pada konteks pertanian, tetapi juga meluas ke lingkungan rumah tangga. Insektisida di dalam rumah biasanya digunakan untuk mengendalikan hama seperti nyamuk, kecoa, dan rayap. Penggunaan pestisida di rumah dapat menyebabkan paparan kronis melalui inhalasi, penyerapan kulit,

atau tertelan melalui debu dan permukaan yang terkontaminasi. Anak-anak sangat rentan terhadap toksisitas pestisida karena sistem saraf mereka masih berkembang, laju metabolisme yang lebih cepat, dan rasio luas permukaan tubuh yang lebih besar. Bahkan paparan kronis pada tingkat rendah berhubungan dengan risiko neurobehavioral dan perkembangan anak dalam jangka panjang (Buralli, Marques, & Dórea, 2023).

DOI: <https://doi.org/10.56922/quilt.v6i6.2913>

Hubungan antara paparan pestisida di rumah tangga dan risiko gangguan perkembangan anak

Meskipun kesadaran terhadap risiko kesehatan terkait pestisida semakin meningkat, sebagian besar penelitian masih berfokus pada populasi pertanian, sementara perhatian terhadap paparan pestisida rumah tangga di lingkungan perkotaan atau pinggiran kota masih terbatas. Bukti menunjukkan bahwa jalur paparan di lingkungan rumah, seperti kontaminasi udara dalam ruangan, residu debu, dan kontak kulit, dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap beban kumulatif pestisida pada anak-anak. Namun, temuan antartstudi masih tidak konsisten karena perbedaan desain penelitian, penilaian paparan, dan ukuran luaran perkembangan. Kurangnya konsistensi ini membatasi perumusan strategi kesehatan masyarakat yang efektif (Buralli et al., 2023).

Beberapa studi dan meta-analisis telah mengungkapkan hubungan antara paparan pestisida pralahir maupun pascalahir dengan luaran neurodevelopmental pada anak. Sebuah studi kohort prospektif di daerah pedesaan Bangladesh menemukan bahwa kadar biomarker pestisida yang lebih tinggi pada ibu berhubungan dengan penurunan kemampuan motorik dan kognitif pada masa awal kanak-kanak (Bliznashka, Roy, Christiani, Calafat, Ospina, Diao, Mazumdar, & Jaacks, 2023). Demikian pula, penelitian lain menyebutkan adanya hubungan antara paparan pestisida organofosfat, karbamat, dan piretroid banyak di antaranya digunakan secara domestik dengan peningkatan gangguan perilaku seperti ADHD (Coleman, Asad, Heng, Menard, Were, Thomas, Karr, & McHenry, 2025).

Namun, studi-studi tersebut memiliki beberapa keterbatasan penting. Sebagian besar tidak membedakan secara jelas antara konteks pertanian dan rumah tangga, atau tidak secara spesifik menjelaskan jalur paparannya (pralahir vs pascalahir). Selain itu, penilaian perkembangan sangat bervariasi, menggunakan berbagai jenis uji neurokognitif atau laporan orang tua, sehingga menghasilkan temuan yang tidak konsisten (Chilipweli, Ngowi, & Manji, 2021). Akibatnya, kumpulan bukti saat ini masih memberikan kejelasan yang terbatas mengenai sejauh mana paparan pestisida rumah tangga secara spesifik berkontribusi terhadap gangguan perkembangan pada anak. Hal ini menegaskan perlunya sintesis komprehensif

terhadap studi-studi yang ada dengan fokus khusus pada lingkungan domestik.

Studi ini bertujuan untuk melakukan tinjauan literatur sistematis terhadap penelitian global yang dipublikasikan sejak tahun 2020 yang menelaah hubungan antara paparan pestisida rumah tangga dan luaran perkembangan anak. Kebaruan dari ulasan ini terletak pada fokus eksklusifnya terhadap jalur paparan di lingkungan domestik, integrasi bukti biologis dan epidemiologis, serta penilaian sistematis terhadap kualitas studi dan heterogenitas. Temuan yang dihasilkan diharapkan dapat memperjelas hubungan kausal dan memberikan rekomendasi berbasis bukti untuk perlindungan kesehatan lingkungan anak dan regulasi pestisida rumah tangga.

METODE

Proses pencarian dan seleksi artikel pada penelitian ini mengikuti pedoman PRISMA 2020 untuk memastikan transparansi, kelengkapan, dan sistematika dalam *systematic review*. Pencarian literatur dilakukan pada empat database utama, yaitu PubMed, Scopus, Web of Science, dan ScienceDirect, dengan menggunakan kombinasi kata kunci seperti *"household pesticide exposure," "child neurodevelopment," "pregnancy,"* dan *"environmental health."* Pencarian dilakukan untuk artikel yang terbit antara tahun 2020 hingga 2025.

Tahap identifikasi atau pencarian awal menemukan sebanyak 1.482 artikel. Seluruh hasil pencarian kemudian diperiksa untuk menghilangkan artikel duplikat. Setelah itu, proses berlanjut pada tahap screening, yaitu penyaringan berdasarkan judul dan abstrak untuk menilai relevansi awal terhadap topik paparan pestisida rumah tangga dan perkembangan anak. Artikel yang lolos tahap ini kemudian masuk ke tahap eligibility, yaitu pembacaan teks lengkap untuk memastikan bahwa setiap artikel benar-benar memenuhi kriteria inklusi, seperti melibatkan anak atau ibu hamil, mengukur paparan pestisida dalam lingkungan domestik, serta melaporkan luaran perkembangan anak.

Setelah melalui proses seleksi berlapis tersebut, sebanyak 38 artikel dinyatakan memenuhi kriteria untuk dimasukkan dalam sintesis akhir sesuai pedoman PRISMA. Melalui jumlah tersebut, sebanyak 12 artikel dipilih sebagai studi utama

Hilyana Alifia, Disney Prajnowita*

Universitas Airlangga

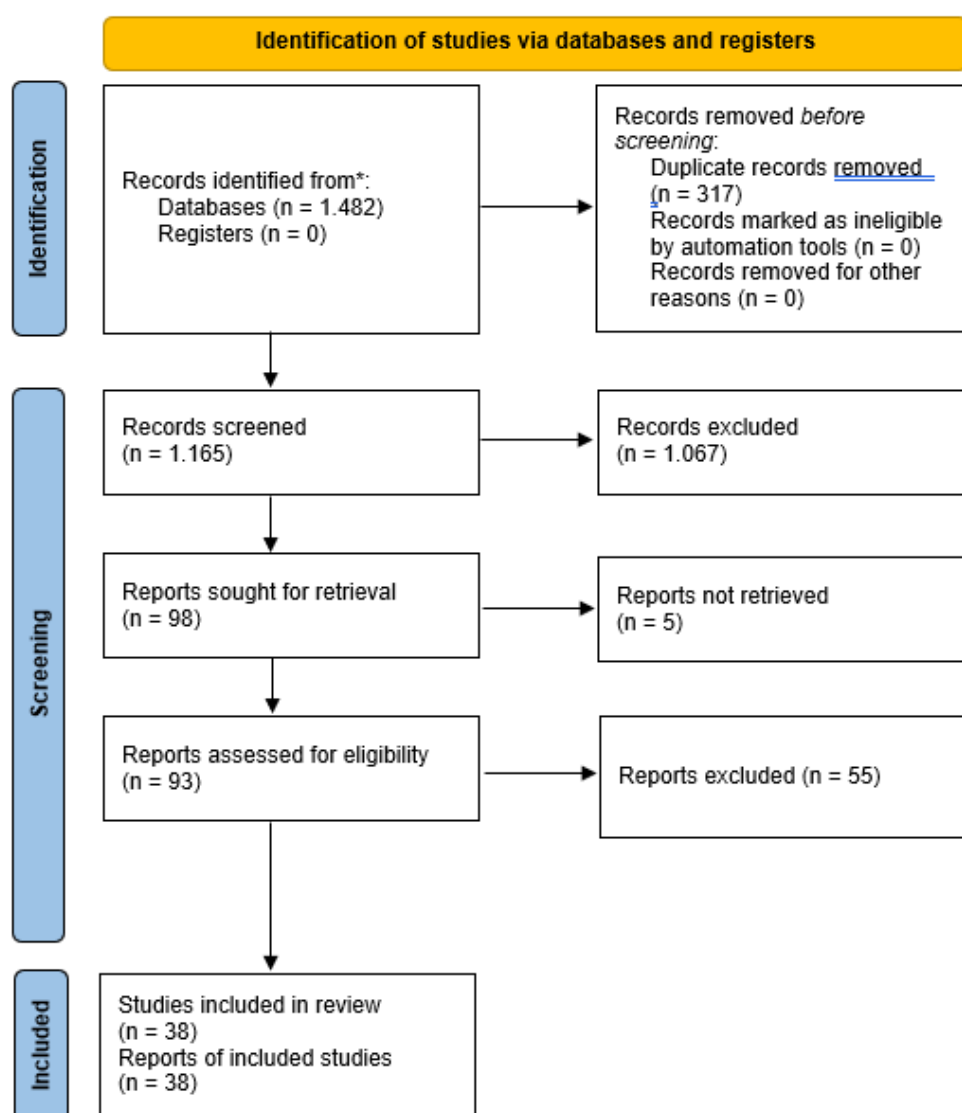
Korespondensi penulis: Disney Prajnowita. *Email: disny.prajnowita@fikkia.unair.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56922/quilt.v6i6.2913>

Hubungan antara paparan pestisida di rumah tangga dan risiko gangguan perkembangan anak

karena memiliki kualitas metodologi yang lebih baik, penilaian paparan yang lebih jelas, serta relevansi yang paling kuat terhadap tujuan penelitian. Studi-studi ini kemudian diringkas dalam diagram alur proses seleksi studi disusun mengikuti struktur PRISMA dan menggambarkan jumlah artikel pada setiap tahap mulai dari identifikasi hingga artikel yang akhirnya disertakan.

Bagian hasil menyajikan temuan utama dari 12 studi yang memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis dalam tinjauan sistematis ini. Studi-studi tersebut mencakup berbagai desain penelitian, termasuk *prospective cohort*, *case-control*, tinjauan sistematis, hingga studi eksperimental, sehingga memberikan gambaran komprehensif mengenai hubungan antara paparan pestisida rumah tangga dan gangguan perkembangan anak. Secara umum, hasil yang dihimpun menunjukkan pola yang konsisten, baik paparan prenatal maupun paparan pada awal kehidupan berhubungan dengan peningkatan risiko gangguan neuroperkembangan, keterlambatan perkembangan motorik, kognitif, dan bahasa, serta peningkatan risiko gangguan perilaku dan kondisi spesifik seperti autism spectrum disorder (ASD) atau leukemia.



Gambar 1. Diagram PRISMA

Hilyana Alifia, Disney Prajnowita*

Universitas Airlangga

Korespondensi penulis: Disney Prajnowita. *Email: disny.prajnowita@fikkia.unair.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56922/quilt.v6i6.2913>

Tabel 1. Hasil Pemetaan Literatur Review

Penulis/Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
(Buralli et al., 2023) (Brazil)	Merangkum bukti terbaru tentang efek paparan pestisida terhadap pertumbuhan dan perkembangan saraf anak.	Literature review, menggunakan 31 artikel dengan metode PRISMA.	Terdapat pengaruh yang kuat antara efek merugikan pestisida terhadap pertumbuhan somatic, diagnosis ASD dan ADHD, serta kinerja perkembangan saraf dan perilaku.
(Bliznashka et al., 2023) (Bangladesh)	Menilai hubungan antara paparan pestisida selama kehamilan dan perkembangan anak di pedesaan Bangladesh dan merangkum literatur yang ada dalam tinjauan sistematis dan meta-analisis.	Prospective cohort, 284 pasangan ibu-anak kelahiran tahun 2008. Indeks paparan pestisida diukur dengan 8 biomarker urin pada awal kehamilan. Perkembangan Bayi diukur dengan skala Bayley pada usia 20-40 bulan.	Paparan pestisida organofosfat tertentu selama kehamilan berhubungan 1346otonic1346 dengan perkembangan anak. Intervensi untuk mengurangi paparan pestisida dalam kandungan di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah dapat membantu melindungi perkembangan anak
(Coleman et al., 2025) (Washington, Amerika Serikat)	Meninjau studi yang menilai penggunaan pestisida dan hubungannya dengan perkembangan saraf anak di LMICs (negara-negara berpenghasilan rendah).	Systematic Review (PRISMA)	Paparan organoklorin, karbamat, klorpirifos, dan fungisida memiliki hubungan kuat dengan perkembangan saraf, khususnya fungsi eksekutif, kognisi, perkembangan motorik, dan perilaku.

Hilyana Alifia, Disny Prajnawita*

Universitas Airlangga

Korespondensi penulis: Disny Prajnawita. *Email: disny.prajnawita@fikkia.unair.ac.idDOI: <https://doi.org/10.56922/quilt.v6i6.2913>

Hubungan antara paparan pestisida di rumah tangga dan risiko gangguan perkembangan anak

(Chilipweli et al., 2021) (Tanzania)	Mengisi kekurangan pengetahuan tentang paparan pestisida beserta efeknya sebelum lahir dan pada masa kanak-kanak awal.	Penelitian kuantitatif dengan desain <i>cross sectional</i> . Sampel sebanyak 286 pasangan ibu-anak, 172 terpapar pestisida dan 114 tidak terpapar. Analisis data dilakukan dengan bivariat dan multivariat.	15% anak tidak mengalami perkembangan yang baik. - Ibu yang bekerja saat hamil berisiko lebih tinggi memiliki anak dengan efek perkembangan saraf OR=5,8(1,29-26,3). - Variabel yang menunjukkan pengaruh adalah jarak dari rumah [AOR=9,4(4,2-20,5)], dan bekerja saat hamil [AOR=5,8(1,29-26,3)].
(von Ehrenstein et al., 2019) (California, Amerika Serikat)	Menganalisis hubungan paparan pestisida di lingkungan sekitar pada masa perkembangan awal dan gangguan spektrum autism.	Desain studi <i>case control</i> . Kelompok kasus sebanyak 445, dengan perbandingan 10:1.	Risiko gangguan spektrum autism pada anak meningkat setelah paparan pestisida ambien sejauh 2000 m dari tempat tinggal ibu selama kehamilan, dibandingkan dengan anak-anak dari wanita di wilayah pertanian yang sama tanpa paparan tersebut. Paparan pada bayi dapat meningkatkan risiko gangguan dengan disabilitas intelektual komrobid.
(López-Merino et al., 2023) (Spanyol)	Menguji hipotesis bahwa paparan pestisida selama perkembangan mengganggu sinyal neuron intraseluler yang berkontribusi pada perubahan sinaptik perilaku yang terkait dengan gangguan perkembangan saraf.	Experimental (Animal Model). Konsentrasi rendah pestisida organoklorin dan organofosfat diberikan secara kronis <i>ex vivo</i> atau <i>in vivo</i> dan dilakukan studi biokimia, elektrofisiologi, perilaku, dan proteomik.	Pestisida mengatur ekspresi protein di hipokampus yang memiliki peran penting dalam perkembangan otak dan pensinyalan sinaptik, beberapa di antaranya terkait dengan NDD.

Hilyana Alifia, Disney Prajnowita*

Universitas Airlangga

Korespondensi penulis: Disney Prajnowita. *Email: disny.prajnowita@fikkia.unair.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56922/quilt.v6i6.2913>

Hubungan antara paparan pestisida di rumah tangga dan risiko gangguan perkembangan anak

(Mérida-Ortega et al., 2019). (Meksiko)	Menilai apakah asupan makanan ibu selama kehamilan memodifikasi hubungan antara paparan DDE dan perkembangan saraf anak dari usia 42–60 bulan.	Prospective Cohort. Sampel sebanyak 142 pasangan ibu-anak di Meksiko. Kadar DDE diukur penangkapan electron. Perkembangan saraf anak dinilai menggunakan Skala McCarthy kromatografi gas.	1. Asupan asam lemak dokosaheksaenoat (DHA) secara signifikan mempengaruhi hubungan antara DDE dan komponen motorik. 2. Peningkatan DDE ibu berhubungan dengan perkembangan motorik yang lebih rendah pada anak-anak yang ibunya memiliki asupan DHA lebih rendah dan sebaliknya. 3. Asupan asam lemak arakidonat (ARA) secara signifikan mempengaruhi hubungan antara DDE dan memori. 4. Peningkatan DDE ibu berhubungan dengan penurunan memori yang lebih rendah pada anak-anak yang ibunya memiliki asupan ARA lebih rendah dan sebaliknya.
(Juntarawijit et al., 2021) (Thailand)	Menganalisis hubungan antara penggunaan pestisida oleh ibu selama kehamilan dan perkembangan anak prasekolah menggunakan studi kasus-kontrol.	Case-Control. Sampel untuk kelompok kasus sebanyak 442 anak, kelompok control sebanyak 413.	Paparan klorpirifos meningkatkan risiko keterlambatan perkembangan dengan rasio odds (OR) sebesar 3,71 (95% CI 1,03-13,36), dan OR sebesar 5,92 (95% CI 1,01-34,68) untuk paparan pascanatal ($p < 0,05$). Beberapa pestisida lain juga memiliki hubungan positif dengan keterlambatan perkembangan, tetapi tidak ada yang signifikan secara statistik ($p < 0,05$). Pestisida tersebut adalah insektisida, fungisida, herbisida, dan moluskisida. Pestisida individual yang memiliki hubungan positif adalah glifosat, paraquat, butaklor, metil parathion (pholidon), savin, metomil, endosulfan, karbosulfan, metamidofos, monoklortofos, mankozeb, dan campuran bordeaux.

Hilyana Alifia, Disney Prajnowita*

Universitas Airlangga

Korespondensi penulis: Disney Prajnowita. *Email: disny.prajnowita@fikkia.unair.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56922/quilt.v6i6.2913>

Hubungan antara paparan pestisida di rumah tangga dan risiko gangguan perkembangan anak

(Goodrich et al., 2025) (Amerika Serikat)	Meneliti hubungan antara penggunaan insektisida rumah tangga dan ASD atau keterlambatan perkembangan.	Case-Control (CHARGE Study, USA), Sampel sebanyak 1526 kelompok kasus dan kontrol 530.	Penggunaan insektisida dalam ruangan secara profesional dikaitkan dengan peningkatan peluang ASD lebih dari dua kali lipat untuk periode waktu sebelum kehamilan, saat kehamilan, tahun 1, dan tahun 2. Peluang juga meningkat untuk aplikasi luar ruangan apa pun selama tahun 1 dan 2 Penggunaan insektisida dalam ruangan juga berhubungan dengan peningkatan kemungkinan terjadinya DD pada trimester ke-3 dan selama kehamilan.
(Schmidt et al., 2017) (California, Amerika Serikat)	Menganalisis paparan gabungan asam lemak ibu dan pestisida dalam kaitannya dengan gangguan spektrum autisme (ASD).	Case-Control. Kelompok kasus sebanyak 296 anak, kelompok control sebanyak 220.	hubungan antara paparan pestisida dan ASD melemah di antara mereka yang memiliki asupan asam lemak tinggi dibandingkan dengan asupan asam lemak rendah selama bulan pertama kehamilan.
(Mwakalasya et al., 2025). (Tanzania)	Menganalisis hubungan antara paparan pestisida yang dilaporkan sendiri oleh ibu selama kehamilan dan hasil perkembangan saraf pada anak-anak mereka, yang berusia 4 hingga 6 tahun.	Desain studi <i>cross sectional</i> , Sampel sebanyak 432 pasangan ibu-anak dari 3 wilayah intensif hortikultura. Perkembangan saraf anak diukur dengan <i>International Development and Early Learning Assessment</i> (IDELA).	Anak dari ibu yang terpapar pestisida selama kehamilan menunjukkan skor perkembangan kognitif dan motorik yang secara signifikan lebih rendah. Temuan ini menunjukkan adanya hubungan antara paparan pestisida pada ibu selama kehamilan dan dampak negatif terhadap perkembangan saraf anak-anak mereka. Namun, karena paparan pestisida didasarkan pada laporan diri, hasilnya harus ditafsirkan dengan hati-hati.

Hilyana Alifia, Disney Prajnowita*

Universitas Airlangga

Korespondensi penulis: Disney Prajnowita. *Email: disny.prajnowita@fikkia.unair.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56922/quilt.v6i6.2913>

Hubungan antara paparan pestisida di rumah tangga dan risiko gangguan perkembangan anak

(Ruth et al., 2023) (Amerika Serikat)	Meneliti apakah estimasi risiko leukemia limfoblastik akut pada anak berubah ketika kelompok perbandingan model dibatasi pada rumah tangga "tanpa paparan pestisida" (NPE10).	<i>Case-Control</i> . Kelompok kasus (n=1810), kelompok control (n=1951).	Rasio odds yang disesuaikan meningkat dari 15% menjadi 49% ketika perbandingan dibatasi pada NPE10. Paparan insektisida rayap pada ibu dikaitkan dengan risiko terbesar (rasio odds yang disesuaikan, 4,21; interval kepercayaan 95%, 2,00-8,88). Terdapat sedikit bukti interaksi berdasarkan jenis kelamin anak atau paparan pestisida di tempat kerja, dan tidak ada pola respons dosis monoton dengan frekuensi penggunaan.
--	---	---	---

Hilyana Alifia, Disny Prajnowita*

Universitas Airlangga

Korespondensi penulis: Disny Prajnowita. *Email: disny.prajnowita@fikkia.unair.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56922/quilt.v6i6.2913>

PEMBAHASAN

Paparan pestisida prenatal semakin diakui sebagai faktor risiko lingkungan utama yang memengaruhi perkembangan neurokognitif anak. Selama masa kehamilan, otak yang sedang berkembang sangat rentan terhadap paparan toksik karena diferensiasi neuron yang berlangsung cepat dan mekanisme detoksifikasi yang belum sempurna. Sebuah studi berbasis populasi di California menunjukkan bahwa paparan prenatal terhadap pestisida ambien seperti klorpirifos, glifosat, dan diazinon berhubungan secara signifikan dengan peningkatan risiko autism spectrum disorder (ASD), khususnya ketika dikombinasikan dengan paparan pascakelahiran (von Ehrenstein, Ling, Cui, Cockburn, Park, Yu, Wu, & Ritz, 2019). Hubungan ini paling kuat ketika paparan terjadi dalam radius 2 km dari tempat tinggal ibu, yang menunjukkan bahwa bahkan pada tingkat ambien sekalipun, paparan dapat berkontribusi pada gangguan neurodevelopmental. Secara keseluruhan, bukti menunjukkan bahwa kerentanan tinggi otak janin terhadap agen neurotoksik memperkuat dampak jangka panjang terhadap fungsi kognitif dan perilaku akibat paparan pestisida.

Paparan pestisida di wilayah pertanian pada fase prenatal semakin diperburuk oleh paparan pekerjaan dan lingkungan. Sebuah studi *cross sectional* di Tanzania menemukan bahwa anak-anak yang lahir dari ibu yang bekerja di ladang tomat yang disemprot pestisida selama kehamilan memiliki kemungkinan hampir enam kali lebih tinggi mengalami keterlambatan perkembangan dibandingkan anak-anak yang tidak terpapar (Chilipweli et al., 2021). Studi tersebut menyoroti bahwa paparan pekerjaan pada ibu dapat menyebabkan kontaminasi di dalam rumah melalui residu pada pakaian, peralatan, atau debu dalam ruangan. Jalur paparan ganda ini membuat batas antara lingkungan kerja dan domestik menjadi kabur, terutama di daerah pertanian berpenghasilan rendah. Faktor sosial ekonomi seperti keterbatasan akses terhadap alat pelindung diri dan ventilasi yang buruk semakin meningkatkan risiko paparan janin (Taiba, Beseler, Kolok, Zahid, Bartelt-Hunt, & Rogan, 2025). Hal ini menekankan perlunya regulasi pestisida yang lebih ketat dan perlindungan maternal di komunitas pertanian.

Studi mekanistik memberikan penjelasan biologis atas temuan epidemiologis tersebut. Penelitian eksperimental menunjukkan bahwa paparan perinatal terhadap pestisida organofosfat dan organoklorin mengubah jalur pensinyalan neuron dengan mengaktifasi secara kronis kaskade MAPK/ERK, mengganggu plastisitas sinaptik, dan menurunkan long-term depression yang penting untuk proses belajar dan memori (López-Merino, Cuartero, Esteban, & Briz, 2023). Perubahan seluler ini dikaitkan dengan hasil perilaku yang menyerupai fenotipe ASD, termasuk defisit sosial dan disfungsi motorik. Temuan tersebut membangun hubungan yang jelas antara neurotoksisitas akibat pestisida dan gangguan perkembangan yang diamati pada populasi manusia. Secara keseluruhan, paparan pestisida prenatal merupakan penyebab gangguan perkembangan neurokognitif yang dapat dijelaskan secara biologis dan dapat dicegah.

Selain dampak selama kehamilan, paparan pestisida pada masa bayi dan awal kanak-kanak juga tetap menjadi ancaman serius bagi perkembangan otak. Masa awal kehidupan ditandai oleh pertumbuhan sinaps yang sangat cepat dan proses mielinisasi yang intens, sehingga bayi menjadi sangat rentan terhadap neurotoksin lingkungan. Sebuah penelitian dari kohort MADRES di Amerika Serikat menemukan bahwa bayi yang terpapar pestisida rumah tangga seperti insektisida dan rodentisida menunjukkan penurunan kemampuan motorik kasar pada usia enam bulan, meskipun analisis telah mengontrol faktor sosial ekonomi (Mérida-Ortega, Rothenberg, Torres-Sánchez, Schnaas, Hernández-Alcaraz, Cebrián, García-Hernández, Ogaz-González, & López-Carrillo, 2019; Ogaz-González, Mérida-Ortega, Torres-Sánchez, Schnaas, Hernández-Alcaraz, Cebrián, Rothenberg, García-Hernández, & López-Carrillo, 2018). Para peneliti menekankan bahwa residu pestisida dapat menetap dalam debu, karpet, dan furnitur berbahan kain dalam waktu lama, sehingga anak terpapar secara terus-menerus meskipun dalam kadar rendah (Klaimala, Khunlert, Chuntib, Pundee, Kallayanatham, Nankongnab, Kongtip, & Woskie, 2022). Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan pestisida di dalam rumah dapat menghambat perkembangan neuromotor pada masa-masa kritis pematangan otak.

Hilyana Alifia, Disney Prajnowita*

Universitas Airlangga

Korespondensi penulis: Disney Prajnowita. *Email: disny.prajnowita@fikkia.unair.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56922/quilt.v6i6.2913>

Hubungan antara paparan pestisida di rumah tangga dan risiko gangguan perkembangan anak

Bukti tambahan dari Asia Tenggara memperkuat temuan tersebut dan menyoroti dampak kumulatif dari paparan pascakelahiran. Sebuah studi kasus-kontrol di Thailand menunjukkan bahwa paparan klorpirifos baik sebelum maupun setelah lahir secara signifikan meningkatkan risiko keterlambatan perkembangan pada anak usia di bawah lima tahun (Juntarawijit, Chaichanawirote, Rakmeesri, Chairattanasakda, Pumyim, & Juntarawijit, 2021). Risiko tersebut hampir enam kali lebih tinggi pada anak yang terpapar pestisida di lingkungan rumah dibandingkan yang tidak terpapar. Paparan pascakelahiran umumnya terjadi melalui permukaan yang terkontaminasi, mainan, atau udara di ruangan dengan ventilasi buruk. Temuan ini mengindikasikan bahwa kerusakan yang mungkin telah dimulai sejak dalam kandungan dapat semakin parah akibat paparan yang berlanjut di awal kehidupan. Karena itu, mengurangi paparan pestisida baik sebelum maupun setelah kelahiran sangat penting untuk mencegah dampak neurodevelopmental yang semakin memburuk.

Studi di negara berpenghasilan tinggi juga menunjukkan pola yang konsisten mengenai hubungan antara penggunaan pestisida dalam ruangan dan gangguan neuroperilaku. Analisis dari studi kasus-kontrol CHARGE melaporkan bahwa penggunaan insektisida dalam ruangan yang diaplikasikan secara profesional dapat lebih dari dua kali lipat meningkatkan risiko ASD pada anak usia dua hingga lima tahun (Goodrich, Tancredi, Ludeña, Bennett, Hertz-Picciotto, & Schmidt, 2025). Hubungan ini bersifat bergantung dosis, semakin sering paparan terjadi, semakin tinggi risikonya. Penggunaan non-profesional oleh penghuni rumah selama kehamilan dan masa bayi juga dikaitkan dengan keterlambatan perkembangan, menunjukkan bahwa baik aplikasi profesional maupun domestik dapat menyumbang risiko. Temuan ini menegaskan bahwa regulasi pestisida rumah tangga dan edukasi orang tua merupakan elemen kunci dalam strategi perlindungan kesehatan anak. Kebijakan yang mendorong pengendalian hama terpadu dapat secara signifikan mengurangi beban gangguan perkembangan yang terkait dengan paparan pestisida di rumah.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa paparan pestisida di dalam rumah memiliki kaitan yang kuat dengan berbagai gangguan perkembangan saraf pada anak. Paparan dosis rendah yang terjadi berulang dapat menimbulkan penurunan halus namun bermakna pada

kemampuan kognitif dan perilaku. Misalnya, sebuah penelitian menemukan bahwa kadar metabolit pestisida piretroid dalam urine anak prasekolah berkaitan dengan penurunan kemampuan berbahasa dan daya ingat kerja. Hasil ini konsisten dengan penelitian di Afrika Selatan yang melaporkan bahwa kegiatan rumah tangga yang melibatkan pestisida berhubungan dengan penurunan kemampuan berpikir dan kecepatan memproses informasi (Chetty-Mhlanga, Fuhrmann, Basera, Eeftens, Röösl, & Dalvie, 2021). Tinjauan pustaka yang lebih luas juga menunjukkan pola serupa di berbagai negara. Studi menyebutkan bahwa semakin tinggi paparan insektisida dalam rumah, semakin besar risiko gangguan fungsi kognitif dan perilaku anak (Reed, Burns, & Pisa, 2023).

Temuan dari studi epidemiologis skala besar juga memperkuat hubungan ini. Analisis terhadap ribuan anak dalam survei kesehatan nasional di Amerika Serikat menunjukkan bahwa anak yang memiliki biomarker pestisida dalam tubuhnya memiliki risiko lebih tinggi mengalami gejala ADHD, gangguan pengendalian diri, dan masalah fungsi eksekutif dibanding anak yang tidak terpapar (Ruth, Rehman, Stewart, Moore, Yucel, & Taylor Wilson, 2023). Perubahan perilaku ini diduga berhubungan dengan gangguan pada sistem dopamin dan fungsi korteks prefrontal, sebuah mekanisme yang juga terlihat pada penelitian hewan (Bennett, Workman, Smith, Griffith, Thompson, & Faustman, 2020). Studi kasus-kontrol dari Kanada dan Korea Selatan pun menemukan hal serupa: anak yang terpapar obat nyamuk semprot atau fumigan di dalam rumah menunjukkan tingkat hiperaktivitas dan impulsivitas yang lebih tinggi (Reed et al., 2023). Temuan-temuan ini menggambarkan bahwa meskipun tidak tinggal di area pertanian, penggunaan pestisida rumah tangga tetap menjadi sumber risiko yang penting namun sering kali diabaikan.

Penelitian dari negara berpenghasilan rendah dan menengah semakin memperlihatkan bahwa masalah ini bersifat global. Studi kohort di pedesaan Bangladesh menunjukkan bahwa kadar metabolit pestisida pada urine ibu hamil berkaitan dengan gangguan koordinasi motorik halus, kemampuan memecahkan masalah, dan pemrosesan visual-spasial pada anak usia 2–5 tahun (Schmidt, Kogan, Shelton, Delwiche, Hansen, Ozonoff, Ma, McCanlies,

Hilyana Alifia, Disney Prajnowita*

Universitas Airlangga

Korespondensi penulis: Disney Prajnowita. *Email: disny.prajnowita@fikkia.unair.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56922/quilt.v6i6.2913>

Hubungan antara paparan pestisida di rumah tangga dan risiko gangguan perkembangan anak

Bennett, Hertz-Picciotto, Tancredi, & Volk, 2017). Penelitian di Tanzania juga menemukan bahwa paparan pestisida selama kehamilan berhubungan dengan penurunan fungsi sosial-emosional dan fungsi eksekutif pada masa kanak-kanak awal (Mwakalasya, Mamuya, Manji, Moen, & Ngowi, 2025). Temuan tersebut menunjukkan bahwa pestisida dapat menembus plasenta dan mempengaruhi perkembangan otak anak dalam jangka panjang. Konsistensi hasil di berbagai populasi mempertegas bahwa risiko ini tidak hanya terjadi di lingkungan pertanian atau populasi tertentu, tetapi merupakan isu kesehatan lingkungan yang bersifat universal.

Selain mempengaruhi kemampuan kognitif dan motorik, paparan pestisida dalam rumah juga dikaitkan dengan perkembangan sosial dan emosional anak. Anak yang tinggal di rumah dengan penggunaan insektisida yang sering dilaporkan memiliki risiko lebih tinggi mengalami kecemasan, agresivitas, dan perilaku menarik diri. Kondisi ini diduga dipengaruhi oleh perubahan pada sistem hormon stres dan aktivitas serotonin (Chetty-Mhlana et al., 2021). Penelitian longitudinal menunjukkan bahwa masalah perilaku ini dapat bertahan hingga usia sekolah, menandakan bahwa paparan pada usia dini dapat mengubah jalur perkembangan sosial-emosional anak (Reed et al., 2023). Walaupun beberapa studi menemukan hubungan yang lebih lemah, biasanya karena perbedaan metode atau cara pengukuran, arah temuan secara keseluruhan konsisten menunjukkan bahwa paparan pestisida rumah tangga merupakan faktor risiko penting bagi perkembangan anak. Sehingga, upaya pencegahan dan edukasi orang tua mengenai penggunaan pestisida yang aman menjadi sangat penting untuk melindungi tumbuh kembang anak.

Dampak neurodevelopmental akibat paparan pestisida rumah tangga terutama terjadi melalui gangguan proses neurokimia dan molekuler pada otak yang sedang berkembang. Pestisida golongan organofosfat yang cukup umum digunakan di lingkungan domestik bekerja dengan menghambat aktivitas enzim asetilkolinesterase (AChE). Hambatan ini menyebabkan penumpukan asetilkolin dan stimulasi berlebihan pada reseptor kolinergik. Kondisi tersebut dapat mengganggu proses

pemangkasan sinaps, diferensiasi neuron, serta pematangan fungsi kognitif pada masa kanak-kanak awal. Paparan organofosfat dalam konsentrasi rendah secara kronis terbukti mengubah ekspresi gen di hippocampus yang berperan dalam pembentukan sinaps dan memori (Mwakalasya et al., 2025). Penelitian lain menunjukkan bahwa penghambatan AChE tingkat ringan selama masa prenatal berkaitan dengan gangguan belajar dan perhatian yang menetap pada model eksperimental, sehingga memperkuat dasar biologis dari temuan epidemiologis yang ada (Song, Kauffman, Hamra, Dickerson, Croen, Hertz-Picciotto, Schmidt, Newschaffer, Fallin, Lyall, & Volk, 2023).

Selain gangguan pada sistem kolinergik, stres oksidatif dan neuroinflamasi juga merupakan mediator utama toksisitas saraf akibat pestisida. Senyawa piretroid, seperti permetrin dan sipermetrin yang dapat memicu pembentukan berlebihan radikal bebas (ROS) sehingga menyebabkan disfungsi mitokondria dan kematian neuron. Penelitian menunjukkan bahwa paparan kronis piretroid meningkatkan kadar sitokin proinflamasi (misalnya IL-6 dan TNF- α) serta mengaktifkan sel mikroglia, yang kemudian mengganggu konektivitas saraf di area kortikal dan subkortikal (Ruth et al., 2023). Proses ini menurunkan efisiensi komunikasi antar neuron dan dapat menjelaskan temuan penurunan kemampuan memori, bahasa, dan fungsi eksekutif pada anak-anak yang terpapar. Selain itu, stres oksidatif dapat berinteraksi dengan faktor kerentanan lain, seperti status gizi atau predisposisi genetik, sehingga memperbesar risiko gangguan perkembangan pada kelompok yang rentan.

Penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa disrupsi endokrin dan modifikasi epigenetik merupakan jalur tambahan yang menjelaskan bagaimana pestisida memengaruhi perkembangan otak. Beberapa jenis pestisida bertindak sebagai pengganggu sistem endokrin (endocrine-disrupting chemicals/EDCs) yang dapat mengubah regulasi hormon tiroid serta sintesis hormon steroid yang sangat penting untuk pertumbuhan dan diferensiasi otak. Paparan pestisida rumah tangga selama kehamilan juga dikaitkan dengan perubahan pola metilasi gen yang berperan dalam neuroplastisitas dan respons stres (Juntarawijit et al., 2021). Temuan ini sejalan dengan bukti yang menunjukkan bahwa

Hilyana Alifia, Disney Prajnowita*

Universitas Airlangga

Korespondensi penulis: Disney Prajnowita. *Email: disny.prajnowita@fikkia.unair.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56922/quilt.v6i6.2913>

Hubungan antara paparan pestisida di rumah tangga dan risiko gangguan perkembangan anak

perubahan epigenetik dapat berdampak lintas generasi, tidak hanya memengaruhi anak yang terpapar secara langsung, tetapi juga berpotensi memengaruhi keturunannya di masa mendatang. Secara keseluruhan, mekanisme-mekanisme ini memberikan penjelasan biologis yang komprehensif mengenai bagaimana paparan pestisida rumah tangga dapat berkontribusi terhadap gangguan neurobehavioral dan perkembangan jangka panjang pada anak (Mardiyana, Darundiati, & Dangiran, 2020).

Meskipun bukti secara keseluruhan menunjukkan hubungan yang konsisten antara paparan pestisida rumah tangga dan gangguan neuroperkembangan pada anak, terdapat heterogenitas yang cukup besar di antara studi-studi yang dianalisis. Perbedaan tersebut terlihat pada metode pengukuran paparan, karakteristik populasi, serta alat penilaian perkembangan yang digunakan. Beberapa penelitian menggunakan biomarker seperti metabolit pestisida dalam urin atau residu pestisida dalam darah yang memberikan ukuran objektif namun memiliki keterbatasan karena waktu paruh biologis yang pendek. Sebaliknya, penelitian lain mengandalkan kuesioner orang tua atau laporan mandiri mengenai penggunaan pestisida dalam rumah, yang dapat menimbulkan bias ingatan serta salah klasifikasi paparan. Variasi desain penelitian *cross sectional*, *cohort*, atau *case-control* juga memengaruhi kekuatan inferensi kausal. Ketidakkonsistenan dalam penilaian paparan ini berpotensi menyebabkan estimasi yang lebih rendah dari hubungan yang sebenarnya, terutama pada paparan kronis tingkat rendah yang umum terjadi di lingkungan rumah tangga (Coleman et al., 2025).

Faktor sosial demografis dan lingkungan dapat bertindak sebagai faktor pengganggu maupun pemodifikasi efek dalam hubungan antara paparan pestisida dan hasil neuroperkembangan. Anak-anak dari keluarga berpenghasilan rendah sering kali mengalami paparan kumulatif yang lebih tinggi akibat infestasi hama yang lebih besar, ventilasi rumah yang kurang memadai, serta praktik perlindungan yang minim saat penggunaan pestisida. Ketimpangan sosial ekonomi ini juga dapat berkaitan dengan kondisi lain seperti kekurangan nutrisi, tingkat pendidikan orang tua, dan kualitas hunian, yang memengaruhi tingkat paparan sekaligus meningkatkan kerentanan anak (Schmidt et al., 2017).

Penelitian menunjukkan bahwa anak yang tinggal di rumah perkotaan yang padat mengalami hubungan yang lebih kuat antara biomarker pestisida dan penurunan skor kognitif dibandingkan anak yang tinggal di hunian dengan ventilasi lebih baik dan status sosial ekonomi lebih tinggi (Bliznashka et al., 2023). Selain itu, paparan bersama terhadap neurotoksikan lingkungan lain seperti timbal atau polutan udara dalam ruangan semakin mempersulit penentuan kontribusi pestisida secara spesifik terhadap gangguan neurobehavioral yang diamati.

Sumber heterogenitas lain berasal dari perbedaan dalam pengukuran luaran perkembangan. Sebagian peneliti menggunakan alat standar seperti *Bayley Scales of Infant Development (BSID)* atau *Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC)*, sementara yang lain menggunakan instrumen yang dimodifikasi secara lokal atau versi singkat yang menurunkan tingkat keterbandingan antar studi. Waktu evaluasi hasil perkembangan juga berperan penting, karena dampak paparan pestisida dapat muncul berbeda pada masa bayi, prasekolah, atau usia sekolah (Coleman et al., 2025). Penilaian pada usia sangat dini dapat gagal mendeteksi defisit yang muncul kemudian, seperti gangguan fungsi eksekutif atau kesulitan belajar. Dengan demikian, keragaman metodologis menimbulkan ketidakpastian dalam memperkirakan besaran dan konsistensi risiko perkembangan. Perbedaan-perbedaan ini menekankan perlunya harmonisasi metode pengukuran paparan serta penggunaan instrumen penilaian perkembangan yang terstandarisasi dalam penelitian mendatang.

SIMPULAN

Tinjauan sistematis ini menunjukkan bukti yang konsisten bahwa paparan pestisida rumah tangga golongan piretroid dan organofosfat berkaitan dengan dampak negatif pada perkembangan neurologis anak. Berbagai desain dan lokasi penelitian, menunjukkan paparan selama masa prenatal dan awal kehidupan secara konsisten dikaitkan dengan penurunan fungsi kognitif, perilaku, dan motorik. Temuan ini diperkuat oleh studi mekanistik yang menunjukkan bahwa stres oksidatif, neuroinflamasi, disrupsi endokrin, serta perubahan epigenetik dapat menjadi jalur biologis yang mendasari gangguan perkembangan tersebut.

Hilyana Alifia, Disney Prajnowita*

Universitas Airlangga

Korespondensi penulis: Disney Prajnowita. *Email: disny.prajnowita@fikkia.unair.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56922/quilt.v6i6.2913>

Hubungan antara paparan pestisida di rumah tangga dan risiko gangguan perkembangan anak

Meskipun sering kali dianggap sebagai masalah kesehatan lingkungan yang kurang diperhatikan, bukti yang ada menegaskan perlunya kebijakan kesehatan masyarakat yang lebih kuat serta edukasi di tingkat rumah tangga untuk meminimalkan paparan. Penelitian longitudinal dan mekanistik lebih lanjut diperlukan untuk memperjelas jalur kausal, hubungan dosis-respons, serta strategi intervensi yang efektif dalam mengurangi risiko neurotoksik ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bennett, B., Workman, T., Smith, M. N., Griffith, W. C., Thompson, B., & Faustman, E. M. (2020). Characterizing the Neurodevelopmental Pesticide Exposome in a Children's Agricultural Cohort. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1479.
- Bliznashka, L., Roy, A., Christiani, D. C., Calafat, A. M., Ospina, M., Diao, N., Mazumdar, M., & Jaacks, L. M. (2023). Pregnancy pesticide exposure and child development in low- and middle-income countries: A prospective analysis of a birth cohort in rural Bangladesh and meta-analysis. *PLOS ONE*, 18(6), e0287089.
- Buralli, R. J., Marques, R. C., & Dórea, J. G. (2023). Pesticide effects on children's growth and neurodevelopment. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 31, 100417.
- Chetty-Mhlana, S., Fuhrmann, S., Basera, W., Eeftens, M., Rösli, M., & Dalvie, M. A. (2021). Association of activities related to pesticide exposure on headache severity and neurodevelopment of school-children in the rural agricultural farmlands of the Western Cape of South Africa. *Environment International*, 146, 106237.
- Chilipweli, P. M., Ngowi, A. V., & Manji, K. (2021). Maternal pesticide exposure and child neurodevelopment among smallholder tomato farmers in the southern corridor of Tanzania. *BMC Public Health*, 21(1), 171.
- Coleman, B., Asad, I., Heng, Y. Y., Menard, L., Were, F. H., Thomas, M. R., Karr, C. J., & McHenry, M. S. (2025). Pesticides and neurodevelopment of children in low and middle-income countries: A systematic review. *PLOS One*, 20(6), e0324375.
- Goodrich, A. J., Tancredi, D. J., Ludeña, Y. J., Bennett, D. H., Hertz-Picciotto, I., & Schmidt, R. J. (2025). Professionally and non-professionally applied household insecticides during pregnancy and early life and their associations with autism spectrum disorder and developmental delay in the CHARGE case-control study. *Environmental Research*, 267, 120651.
- Juntarawijit, Y., Chaichanawirote, U., Rakmeesri, P., Chairattanasakda, P., Pumyim, V., & Juntarawijit, C. (2021). Chlorpyrifos and other pesticide exposure and suspected developmental delay in children aged under 5 years: a case-control study in Phitsanulok, Thailand. *F1000Research*, 9, 1501.
- Klaimala, P., Khunlert, P., Chuntib, P., Pundee, R., Kallayanatham, N., Nankongnab, N., Kongtip, P., & Woskie, S. (2022). Pesticide residues on children's hands, home indoor surfaces, and drinking water among conventional and organic farmers in Thailand. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(6), 427.
- López-Merino, E., Cuartero, M. I., Esteban, J. A., & Briz, V. (2023). Perinatal exposure to pesticides alters synaptic plasticity signaling and induces behavioral deficits associated with neurodevelopmental disorders. *Cell Biology and Toxicology*, 39(5), 2089–2111.
- Mardiyana, R., Darundiati, Y. H., & Dangiran, H. L. (2020). Hubungan Paparan Pestisida dengan Kejadian Stunting pada Anak Usia 2-5 Tahun di Kabupaten Magelang (Studi Kasus di Kecamatan Ngablak). *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 19(1), 77–82.

Hilyana Alifia, Disney Prajnowita*

Universitas Airlangga

Korespondensi penulis: Disney Prajnowita. *Email: disny.prajnowita@fikkia.unair.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56922/quilt.v6i6.2913>

Hubungan antara paparan pestisida di rumah tangga dan risiko gangguan perkembangan anak

- Mérida-Ortega, Á., Rothenberg, S. J., Torres-Sánchez, L., Schnaas, L., Hernández-Alcaraz, C., Cebrián, M. E., García-Hernández, R. M., Ogaz-González, R., & López-Carrillo, L. (2019). Polyunsaturated fatty acids and child neurodevelopment among a population exposed to DDT: a cohort study. *Environmental Health*, 18(1), 17.
- Mwakalasya, W. N., Mamuya, S. H., Manji, K., Moen, B. E., & Ngowi, A. V. (2025). Neurodevelopment in children born to women exposed to pesticides during pregnancy. *Plos one*, 20(12), e0326007.
- Ogaz-González, R., Mérida-Ortega, Á., Torres-Sánchez, L., Schnaas, L., Hernández-Alcaraz, C., Cebrián, M. E., Rothenberg, S. J., García-Hernández, R. M., & López-Carrillo, L. (2018). Maternal dietary intake of polyunsaturated fatty acids modifies association between prenatal DDT exposure and child neurodevelopment: A cohort study. *Environmental Pollution*, 238, 698–705.
- Reed, J. E., Burns, C. J., & Pisa, F. (2023). Literature landscape of neurodevelopment and pesticides: A scoping review of methodologies. *Global Epidemiology*, 6, 100121.
- Ruth, A. L., Rehman, U., Stewart, P., Moore, L. E., Yucel, R., & Taylor Wilson, R. (2023). Maternal and Paternal Household Pesticide Exposure During Pregnancy and Risk of Childhood Acute Lymphoblastic Leukemia. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, 65(7), 595–604.
- Schmidt, R. J., Kogan, V., Shelton, J. F., Delwiche, L., Hansen, R. L., Ozonoff, S., Ma, C. C., McCanlies, E. C., Bennett, D. H., Hertz-Picciotto, I., Tancredi, D. J., & Volk, H. E. (2017). Combined Prenatal Pesticide Exposure and Folic Acid Intake in Relation to Autism Spectrum Disorder. *Environmental Health Perspectives*, 125(9).
- Song, A. Y., Kauffman, E. M., Hamra, G. B., Dickerson, A. S., Croen, L. A., Hertz-Picciotto, I., Schmidt, R. J., Newschaffer, C. J., Fallin, M. D., Lyall, K., & Volk, H. E. (2023). Associations of prenatal exposure to a mixture of persistent organic pollutants with social traits and cognitive and adaptive function in early childhood: Findings from the EARLI study. *Environmental Research*, 229, 115978.
- Taiba, J., Beseler, C., Kolok, A., Zahid, M., Bartelt-Hunt, S., & Rogan, E. (2025). Risk-based mapping of pesticide usage and social vulnerability in the contiguous United States. *BMC Public Health*, 26(1), 225.
- von Ehrenstein, O. S., Ling, C., Cui, X., Cockburn, M., Park, A. S., Yu, F., Wu, J., & Ritz, B. (2019). Prenatal and infant exposure to ambient pesticides and autism spectrum disorder in children: population based case-control study. *BMJ*, 1962.

Hilyana Alifia, Disney Prajnowita*

Universitas Airlangga

Korespondensi penulis: Disney Prajnowita. *Email: disny.prajnowita@fikkia.unair.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56922/quilt.v6i6.2913>