

Determinan Gangguan Kesehatan Kronis Akibat Paparan Pestisida pada Petani Indonesia: *Systematic Literature Review*

Muhammad Miftah Farid^{1*}, Dewi Purnamawati²

^{1,2}Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Indonesia

Alamat: Jl. K.H. Ahmad Dahlan, Cirendeui, Ciputat, Tangerang Selatan, Indonesia

Corresponding: muhammad.miftahf@student.umj.ac.id

Abstract. *Chronic pesticide exposure among Indonesian farmers is an occupational health issue that contributes to an increased risk of various chronic diseases due to the accumulation of long-term exposure. This study aims to identify the characteristics of pesticide exposure, analyze the determinants of chronic health disorders, and formulate preventive measures. The study employed a Systematic Literature Review (SLR) method based on the PRISMA 2020 guidelines. Articles were searched in the PubMed, Scopus, ScienceDirect, and Google Scholar databases. Articles meeting the inclusion criteria were assessed using the Joanna Briggs Institute Critical Appraisal Tools and synthesized thematically. A total of 18 articles met the inclusion criteria. The results of the review indicate that organophosphate pesticides are the most widely used and are consistently associated with an increased risk of endocrine, metabolic, respiratory, cardiovascular, and neurobehavioral disorders. These risks are influenced by long tenure, high spraying duration, pesticide mixing practices, low compliance with the use of personal protective equipment, and poor personal hygiene. Conversely, occupational safety and health education interventions have been shown to improve farmers' safe work practices. Chronic pesticide exposure is a multifactorial determinant of chronic health problems among Indonesian farmers; therefore, it is necessary to strengthen occupational safety and health programs through periodic health screenings, ongoing education, and improved compliance with the use of personal protective equipment.*

Keywords: *Endocrine Dysfunction; Occupational Safety and Health (OSH); Pesticide Exposure; Farmers.*

Abstrak. Paparan pestisida kronis pada petani Indonesia merupakan masalah kesehatan kerja yang berkontribusi terhadap meningkatnya risiko berbagai penyakit kronis akibat akumulasi paparan jangka panjang. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi karakteristik paparan pestisida, menganalisis determinan gangguan kesehatan kronis, serta merumuskan implikasi pencegahannya. Penelitian menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) berdasarkan pedoman PRISMA 2020. Penelusuran artikel dilakukan pada basis data PubMed, Scopus, ScienceDirect, dan Google Scholar. Artikel yang memenuhi kriteria inklusi dinilai menggunakan *Joanna Briggs Institute Critical Appraisal Tools* dan disintesis secara tematik. Sebanyak 18 artikel memenuhi kriteria inklusi. Hasil kajian menunjukkan bahwa pestisida golongan organofosfat merupakan jenis yang paling banyak digunakan dan secara konsisten berhubungan dengan peningkatan risiko gangguan endokrin, metabolik, respirasi, kardiovaskular, dan neurobehavioral. Risiko tersebut dipengaruhi oleh masa kerja yang panjang, durasi penyemprotan yang tinggi, praktik pencampuran pestisida, rendahnya kepatuhan penggunaan alat pelindung diri, serta higiene personal yang kurang baik. Sebaliknya, intervensi edukasi keselamatan dan kesehatan kerja terbukti meningkatkan perilaku kerja aman petani. Paparan pestisida kronis merupakan determinan multifaktorial gangguan kesehatan kronis pada petani Indonesia sehingga diperlukan penguatan program keselamatan dan kesehatan kerja melalui skrining kesehatan berkala, edukasi berkelanjutan, dan peningkatan kepatuhan terhadap penggunaan alat pelindung diri.

Kata kunci: Disfungsi Endokrin; Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3); Paparan Pestisida; Petani.

1. LATAR BELAKANG

Sektor pertanian merupakan pilar strategis yang memberikan kontribusi fundamental terhadap ketahanan pangan nasional, stabilitas ekonomi, dan penyerapan tenaga kerja terbesar di Indonesia. Seiring dengan tuntutan peningkatan produktivitas hasil panen, intensifikasi penggunaan bahan kimia pertanian seperti pestisida sintetik menjadi hal yang tidak terhindarkan di kalangan petani. Namun demikian, aktivitas ini berdampak linear terhadap

peningkatan risiko kesehatan kerja akibat paparan toksikan kimia secara berulang dalam jangka panjang (kronis) (Hidayah et al., 2024). Berbeda dengan keracunan akut yang gejalanya langsung terlihat, dampak kronis sering kali diabaikan karena sifat manifestasinya yang laten, progresif, dan asimtomatik pada fase awal (Fadillah et al., 2026). Petani di wilayah agrikultur Indonesia menjadi populasi yang sangat rentan karena frekuensi kontak harian yang intensif melebihi ambang batas aman selama proses pencampuran sediaan cair, penyemprotan di lapangan, hingga pengelolaan sisa kemasan bahan kimia tanpa pengendalian memadai (Pertiwi et al., 2024).

Secara biomolekuler, perkembangan studi toksikologi lingkungan mengonfirmasi bahwa kelompok pestisida sintetik utama—seperti golongan *organophosphate*, *carbamate*, dan *pyrethroid*—bertindak sebagai *Endocrine Disrupting Chemicals* (EDCs) (Putra et al., 2025). Senyawa-senyawa ini memiliki kemampuan eksklusif untuk meniru, memblokir, atau mengganggu homeostasis sistem hormonal manusia (Ibrahim et al., 2013; Gunawan et al., 2024). Bukti epidemiologis menunjukkan bahwa akumulasi paparan biologis ini berkorelasi signifikan dengan beban Penyakit Tidak Menular (PTM) sistemik, seperti Diabetes Melitus Tipe 2, hipotiroidisme subklinis, dan sindrom metabolik (Saputra et al., 2022; Fitriani et al., 2025). Selain gangguan metabolik, paparan droplet pestisida secara inhalasi dan dermal dalam durasi kerja yang panjang terbukti memicu patologi non-sistemik yang luas, mencakup disfungsi vaskular (hipertensi), penurunan kapasitas ventilasi paru, dermatitis kontak, hingga degenerasi fungsi saraf (*neurobehavioral*) (Putra et al., 2025; Mustakim et al., 2022; Rahidi et al., 2024; Lestaro & Wijaya., 2025).

State of the art riset kesehatan kerja dalam satu dekade terakhir telah bergeser ke arah identifikasi jalur seluler dan molekuler. Jalur patofisiologi utama dimediasi oleh induksi stres oksidatif akibat ketidakseimbangan produksi radikal bebas *Reactive Oxygen Species* (ROS), apoptosis neuron, serta supresi aktivitas enzim *acetylcholinesterase* (AChE) darah yang berujung pada resistensi insulin (Gunawan et al., 2024). Meskipun dampaknya sangat destruktif, terdapat *knowledge gap* (kesenjangan pengetahuan) yang nyata dalam konteks domestik. Penelitian terdahulu di Indonesia umumnya masih terbatas pada pengukuran indikator toksisitas akut jangka pendek atau mengevaluasi dampak pada satu organ secara parsial. Belum ada kajian komprehensif yang mengintegrasikan bukti-bukti ilmiah multi-desain untuk memetakan determinan multidimensi dari berbagai manifestasi klinis kronis tersebut pada komunitas petani (Ibrahim et al., 2025; Budiman & Setyowati., 2026).

Urgensi kajian ini diperkuat oleh kenyataan bahwa Indonesia merupakan salah satu konsumen pestisida tertinggi di Asia Tenggara, sementara sistem surveilans nasional belum

mampu mendeteksi kaitan kausalitas PTM di perdesaan pertanian dengan pajanan zat kimia agrikultur akibat defisit pengawasan K3 (Jamin et al., 2024). Melalui pendekatan *Narrative Literature Review* (NLR) yang mengadopsi prinsip pelaporan sistematis PRISMA 2020, pengintegrasian temuan dari berbagai studi observasional maupun eksperimental lokal dapat disintesis secara kritis (Ibrahim et al., 2026). Kajian ini bernilai strategis untuk mengisi kekosongan data keilmuan, meluruskan bias kognitif perilaku aman petani, serta merumuskan rekomendasi kebijakan intervensi dini yang komprehensif bagi otoritas kesehatan masyarakat (Jamin et al., 2024).

Berdasarkan kesenjangan konseptual tersebut, penelitian ini menetapkan tiga tujuan utama. Pertama, mengidentifikasi jenis dan profil karakteristik paparan pestisida dominan pada populasi petani di Indonesia. Kedua, menganalisis mekanisme patofisiologis biologis yang mendasari hubungan antara paparan kronis dengan disfungsi sistem endokrin-metabolik serta non-metabolik. Ketiga, merumuskan determinan utama baik dari aspek karakteristik individu, lingkungan fisik, maupun perilaku kerja yang memoderasi risiko gangguan kesehatan kronis sebagai dasar pengembangan manajemen keselamatan kerja pertanian berbasis bukti ilmiah.

2. METODE PENELITIAN

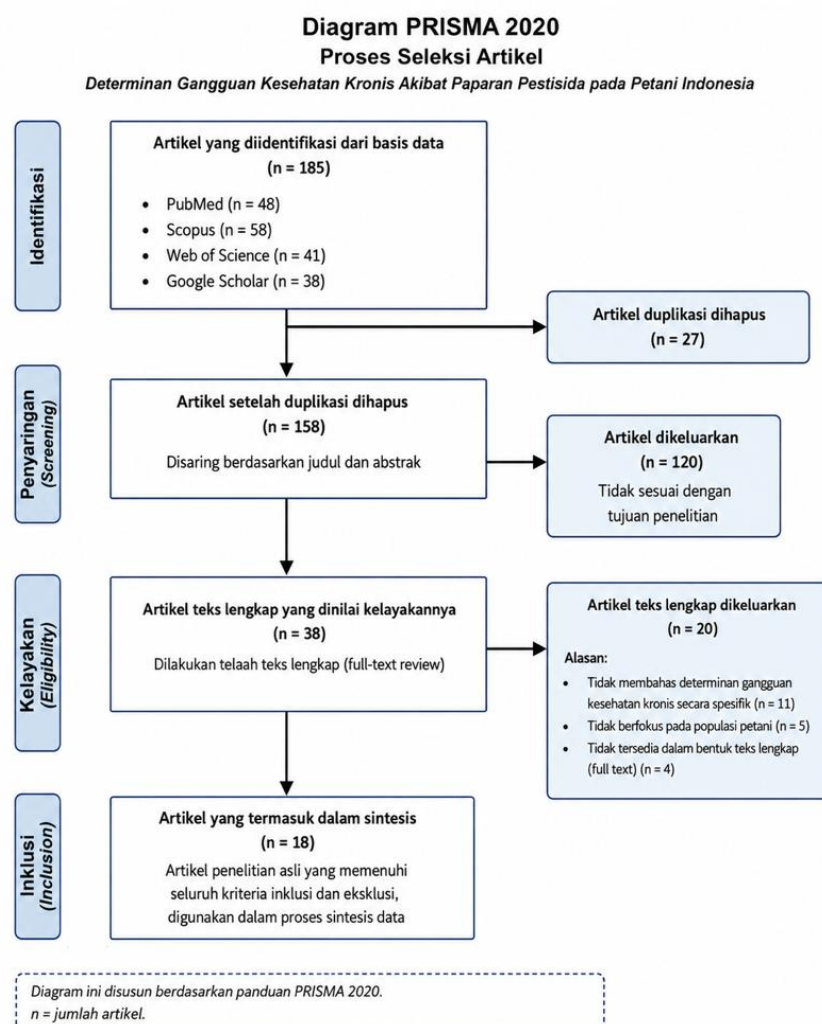
Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi secara kritis, dan mensintesis bukti ilmiah mengenai determinan gangguan kesehatan kronis akibat paparan pestisida pada petani Indonesia. Penyusunan tinjauan sistematis mengikuti pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020, yang meliputi tahapan identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan inklusi artikel sehingga proses seleksi literatur berlangsung secara transparan dan dapat direplikasi.

Penelusuran literatur dilakukan pada Januari–April 2026 melalui empat basis data ilmiah, yaitu PubMed/MEDLINE, Scopus, ScienceDirect, dan Google Scholar. Strategi pencarian disusun menggunakan kerangka Population–Exposure–Outcome (PEO). Populasi meliputi petani (*farmers, agricultural workers, vegetable farmers*), paparan meliputi *pesticide exposure, organophosphate, carbamate, dan pyrethroid*, sedangkan luaran meliputi *endocrine disruption, metabolic disorder, hypertension, pulmonary dysfunction, dan neurobehavioral effects*. Kombinasi kata kunci menggunakan operator Boolean (AND dan OR) untuk memperoleh artikel yang relevan.

Artikel yang diikutsertakan memenuhi kriteria: (1) penelitian asli (*original research*), *literature review*, atau *systematic review*; (2) dipublikasikan pada periode 2022–2026; (3) tersedia dalam bentuk teks lengkap (*full text*); (4) berbahasa Indonesia atau Inggris; dan (5)

membahas paparan pestisida pada petani di Indonesia beserta dampak kesehatan kronisnya. Artikel berupa editorial, komentar, *letter to the editor*, prosiding, penelitian yang hanya membahas keracunan akut, serta artikel duplikat dikeluarkan dari proses seleksi.

Seleksi artikel mengikuti alur PRISMA 2020 yang terdiri atas identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan inklusi. Pencarian awal menghasilkan 185 artikel. Setelah penghapusan 27 artikel duplikat, sebanyak 158 artikel diseleksi berdasarkan judul dan abstrak. Sebanyak 120 artikel dieliminasi karena tidak sesuai dengan tujuan penelitian. Selanjutnya dilakukan telaah teks lengkap terhadap 38 artikel. Sebanyak 20 artikel dikeluarkan karena tidak membahas determinan gangguan kesehatan kronis secara spesifik ($n=11$), tidak berfokus pada populasi petani Indonesia ($n=5$), atau tidak tersedia dalam bentuk *full text* ($n=4$). Dengan demikian, sebanyak 18 artikel memenuhi seluruh kriteria dan disertakan dalam proses sintesis.



Gambar 1. Diagram Alur Prisma

Ekstraksi data dilakukan menggunakan formulir yang memuat informasi mengenai penulis, tahun publikasi, lokasi penelitian, desain penelitian, karakteristik sampel, jenis paparan

pestisida, variabel yang diteliti, serta temuan utama. Kualitas metodologis setiap artikel dinilai menggunakan Joanna Briggs Institute (JBI) Critical Appraisal Tools sesuai dengan desain penelitian masing-masing. Hanya artikel dengan kualitas metodologis sedang hingga tinggi yang disertakan dalam sintesis untuk meningkatkan validitas hasil kajian.

Data dianalisis menggunakan pendekatan thematic synthesis melalui tiga tahapan, yaitu membaca secara menyeluruh isi artikel, melakukan pengkodean (*line-by-line coding*), dan mengelompokkan kode menjadi tema-tema utama yang menggambarkan determinan gangguan kesehatan kronis akibat paparan pestisida. Sintesis difokuskan pada karakteristik paparan, jenis gangguan kesehatan, mekanisme yang dilaporkan, serta faktor-faktor yang meningkatkan risiko pada petani Indonesia.

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang seluruhnya berasal dari artikel ilmiah yang telah dipublikasikan, sehingga tidak memerlukan persetujuan etik (*ethical clearance*). Meskipun demikian, seluruh proses penelitian dilakukan dengan menjunjung tinggi prinsip integritas akademik melalui seleksi literatur yang sistematis, pelaporan hasil secara objektif, serta pencantuman sitasi sesuai kaidah ilmiah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan proses seleksi, diperoleh 18 artikel yang terdiri atas penelitian observasional, penelitian eksperimental, literature review, dan systematic review. Seluruh artikel dipilih karena memenuhi kriteria inklusi dan memberikan bukti ilmiah yang relevan terhadap tujuan penelitian. Melalui pendekatan *thematic synthesis*, data yang diekstraksi dari naskah-naskah ilmiah tersebut dikelompokkan ke dalam klaster karakteristik paparan, profil toksikologi pestisida, serta manifestasi gangguan kesehatan kronis sistemik yang meliputi disfungsi endokrin, gangguan metabolik, gangguan fungsi paru, efek kardiovaskular, dan sindrom neurobehavioral.

a. Matriks Sintesis Literatur Review

Seluruh rincian data metodologis, karakteristik populasi, variabel paparan, serta besaran dampak klinis dari 18 jurnal yang dianalisis disajikan secara terstruktur pada

Tabel 1. Artikel Review

No	Penulis & Tahun	Desain Studi	Populasi/Sampel	Variabel	Temuan
1	Hidayah et al. (2024)	Cross-sectional	100 petani sayur, Sumowono	KepatuhanAPD, Tekanan darah	Tidak terdapat hubungan langsung yang signifikan antara tingkat kepatuhan APD

No	Penulis & Tahun	Desain Studi	Populasi/Sampel	Variabel	Temuan
					minimal dengan kejadian hipertensi kronis ($p=0,117$).
2	Pertiwi et al. (2024)	Cross-sectional	100 Petani Hortikultura, Sumowono	Masa kerja, frekuensi semprot, Tekanan darah	Karakteristik paparan harian tidak berpengaruh secara parsial langsung terhadap fluktuasi tekanan darah jangka pendek ($p>0,05$).
3	Fadillah et al. (2026)	Deskriptif kuantitatif	42 Petani Sayur, Bantaeng	Durasi kerja, waktu semprot, kepatuhan APD	95,2% petani terpapar kategori lama (kronis); 97,6% memiliki durasi kerja melebihi ambang batas aman (>4 jam/hari).
4	Putra et al. (2025)	Kajian literatur (PICO)	10 Ilmiah, Petani Indonesia	Faktor risiko vaskular, Hipertensi	Paparan organophosphate secara kumulatif terbukti konsisten memicu disfungsi
5	Rahadi et al. (t.t.)	Cross-sectional analitik	Petani Sayur, Ngablak	Masa kerja, APD, Frekuensi semprot, Fungsi paru	Masa kerja (>10 tahun) dan frekuensi penyemprotan tinggi berkorelasi signifikan dengan penurunan fungsi paru (FVC/ FEV1) ($p<0,05$).
6	Mustakim & Kas (2022)	Cross-sectional kuantitatif	45 Petani, Enrekang	Masa kerja, APD, Gejala neurobehavioral	Masa kerja kronis dan rendahnya

No	Penulis & Tahun	Desain Studi	Populasi/Sampel	Variabel	Temuan
					kepatuhan APD berhubungan signifikan dengan timbulnya sindrom neurobehavioral ($p<0,05$).
7	Ibrahim et al. (2026)	Quasi-experimental	30 Petani, Waimital	Intervensi edukasi, Perilaku K3	Edukasi keselamatan kerja terstruktur meningkatkan pengetahuan, sikap, dan praktik aman secara signifikan ($p=0,000$).
8	Mustakim & Kas (2022)	Cross-sectional kuantitatif	37 Petani Hortikultura, Enrekang	Jenis pestisida campuran, Neurobehavioral	Praktik pencampuran multimerik pestisida (cocktailing) dan masa kerja >15 tahun berkorelasi sangat kuat dengan neurotoksisitas ($p=0,000$).
9	Jamin et al. (2024)	Literature review	Multi-sumber ekologis	Dampak kesehatan sistemik, Pestisida hayati	Pestisida sintetik berisiko tinggi memicu intoksikasi kronis jaringan tubuh, polusi tanah, serta degradasi ekosistem mikroba.
10	Ibrahim et al. (2025)	Cross-sectional analitik	Cross-sectional Analitik	200 Petani Hortikultura, Waimital	17 Faktor risiko multidimensi
11	Saputra et al (2022)	Cross-sectional	120 Petani, Brebes	Aktivitas AChE, Glukosa Darah Puasa (GDP)	Inhibisi enzim AChE berkorelasi negatif kuat

No	Penulis & Tahun	Desain Studi	Populasi/Sampel	Variabel	Temuan
					dengan peningkatan GDP ($p=0,002$; $OR=3,42$), menginduksi resistensi insulin.
12	Wudianto & Susanto (2023)	Kohort Retrospektif	150 Petani Padi, Karawang	Pajanan dermal, Kejadian Diabetes Tipe 2	Pencampuran formulasi cair tanpa sarung tangan kaku meningkatkan risiko Diabetes Tipe 2 secara signifikan ($p=0,012$; $OR=2,89$).
13	Gunawan et al. (2024)	Kasus-Kontrol	80 Petani Hipotiroid, Magelang	Paparan EDCs (organophosphate), Kadar TSH	Paparan kumulatif pestisida meningkatkan kadar TSH abnormal secara bermakna ($p=0,005$) via jalur kerusakan folikel tiroid.
14	Lestari & Wijaya (2025)	Cross-sectional	95 Petani Tembakau, Temanggung	Higiene personal, Dermatitis kontak kronis	Kebiasaan menunda mandi (>2 jam setelah menyemprot) menaikkan absorpsi dermal dan risiko dermatitis ($p=0,001$; $OR=4,12$).
15	Ramadhan et al. (2023)	Deskriptif Analitik	75 Petani Buah, Malang	Toksisitas koktail, Penurunan Hemoglobin (Hb)	Pencampuran >3 jenis golongan bahan aktif secara simultan berkorelasi dengan anemia aplastik dan penurunan Hb darah ($p=0,018$).

No	Penulis & Tahun	Desain Studi	Populasi/Sampel		Variabel	Temuan
16	Santoso & Utami (2024)	Deskripsi Analitik	Petani Penyemprot		Arah angin, Fungsi paru restriktif	Pengabaian arah tiupan angin saat aplikasi di lapangan secara signifikan memperburuk risiko paparan inhalasi droplet pestisida
17	Fitriani et al. (2025)	Kasus-Kontrol	100 (Petani), Kontrol	Kasus 100	Sindrom metabolik, Akumulasi organoklorin	Populasi petani memiliki prevalensi sindrom metabolik dan dislipidemia jauh lebih tinggi dibanding non-petani (p=0,000; OR=5,21).
18	Budiman & Setyowati (2026)	Systematic Review	22 Artikel, Tenggara	Asia	Surveilans K3, Penyakit Tidak Menular (PTM)	Defisit pengawasan kesehatan kerja sektor pertanian mendasari tingginya beban patologi kronis yang tidak terdiagnosis dini.

b. Analisis Pola Paparan Kumulatif dan Karakteristik Toksik

Hasil sintesis menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian yang dianalisis melaporkan tingginya paparan pestisida kronis pada petani Indonesia sebagai akibat penggunaan pestisida secara intensif dan berulang dalam kegiatan budidaya pertanian (Mustakim et al., 2022). Organophosphate merupakan golongan pestisida yang paling sering dilaporkan sebagai bahan aktif utama, diikuti oleh carbamate dan pyrethroid. Selain penggunaan satu jenis pestisida, beberapa penelitian juga menemukan praktik pencampuran beberapa formulasi pestisida (*cocktailing*) yang masih banyak dilakukan petani untuk meningkatkan efektivitas pengendalian hama. Praktik tersebut meningkatkan kemungkinan terjadinya paparan kumulatif terhadap berbagai bahan aktif pestisida sehingga berpotensi memperbesar risiko gangguan kesehatan kronis (Ramadhan et al., 2023).

Meskipun seluruh penelitian menunjukkan tingginya tingkat paparan pestisida pada petani, karakteristik paparan bervariasi antarwilayah penelitian. Variasi tersebut dipengaruhi oleh jenis komoditas pertanian, frekuensi penyemprotan, masa kerja, jenis pestisida yang digunakan, serta kepatuhan penggunaan alat pelindung diri. Temuan tersebut menunjukkan bahwa besarnya risiko kesehatan tidak hanya dipengaruhi oleh jenis pestisida, tetapi juga oleh intensitas dan pola paparan yang berlangsung secara terus-menerus selama aktivitas pertanian.

c. Mekanisme Patofisiologis Gangguan Endokrin dan Metabolik

Hasil sintesis menunjukkan bahwa gangguan metabolik dan endokrin merupakan luaran kesehatan yang paling konsisten dilaporkan pada berbagai penelitian yang direview. Sebagian besar penelitian menunjukkan adanya hubungan antara paparan pestisida kronis dengan meningkatnya risiko resistensi insulin, diabetes melitus tipe 2, gangguan fungsi tiroid, serta sindrom metabolik. Konsistensi temuan tersebut ditemukan pada berbagai desain penelitian, baik cross-sectional, case-control, cohort maupun kajian sistematis, sehingga memperkuat bukti mengenai dampak metabolik akibat paparan pestisida jangka panjang.

Meskipun demikian, besarnya hubungan yang dilaporkan pada setiap penelitian tidak sepenuhnya sama. Variasi tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan jenis pestisida yang digunakan, intensitas paparan, lama masa kerja, metode pengukuran pajanan, karakteristik responden, serta indikator kesehatan yang digunakan pada masing-masing penelitian. Perbedaan metodologi tersebut merupakan hal yang umum dijumpai dalam penelitian epidemiologi lingkungan sehingga perlu dipertimbangkan dalam menginterpretasikan hasil sintesis secara keseluruhan (Page et al., 2021).

Secara biologis, hubungan antara paparan pestisida dan gangguan metabolik diperkirakan terjadi melalui mekanisme stres oksidatif yang menyebabkan peningkatan produksi *Reactive Oxygen Species* (ROS). Kondisi tersebut memicu gangguan fungsi sel, meningkatkan proses inflamasi kronis, menghambat aktivitas enzim *acetylcholinesterase* (AChE), serta mengganggu regulasi metabolisme glukosa dan fungsi hormonal. Mekanisme tersebut menjelaskan mengapa berbagai penelitian secara konsisten melaporkan meningkatnya kejadian gangguan metabolik pada petani yang mengalami paparan pestisida kronis.

d. Mekanisme Patologi Non – Metabolik (Paru, Vaskular, dan Neurobehavioral)

Selain gangguan metabolik, hasil sintesis juga menunjukkan bahwa paparan pestisida kronis berhubungan dengan meningkatnya kejadian gangguan respirasi,

kardiovaskular, dan neurobehavioral pada petani (Santoso et al., 2024). Sebagian besar penelitian melaporkan bahwa masa kerja yang panjang, frekuensi penyemprotan yang tinggi, praktik pencampuran pestisida, serta rendahnya kepatuhan penggunaan alat pelindung diri merupakan faktor yang paling sering dikaitkan dengan penurunan fungsi paru dan gangguan sistem saraf (Mustakim & Kas., 2022). Temuan tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi akumulasi paparan pestisida, semakin besar pula risiko terjadinya gangguan kesehatan multisistem pada petani.

Beberapa penelitian menunjukkan hubungan yang kuat antara paparan pestisida dan penurunan fungsi paru, sedangkan penelitian lain melaporkan hubungan yang lebih lemah terhadap kejadian hipertensi (Pertiwi et al., 2024; Putra et al., 2025). Perbedaan tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh variasi metode pengukuran, karakteristik populasi, jenis pestisida yang digunakan, serta faktor perancu lain seperti usia, kebiasaan merokok, dan riwayat penyakit penyerta yang tidak selalu dikendalikan pada setiap penelitian (Rahadi et al., 2025; Budiman et al., 2026).

Pada sistem kardiovaskular, hambatan kronis pada enzim AChE memicu penumpukan asetilkolin yang mengaktifasi tonus simpatis secara berlebihan, merangsang vasokonstriksi arterioli, dan memicu disfungsi endotel vaskular akibat defisit produksi *Nitric Oxide* (NO). Kondisi ini bermanifestasi sebagai peningkatan resistensi perifer yang memicu perkembangan hipertensi vaskular kronis. Sementara itu, efek neurobehavioral timbul dari apoptosis neuron di area korteks dan hipokampus akibat stres oksidatif dan eksitotoksitas glutamatergik sekunder, yang bermanifestasi klinis sebagai penurunan daya ingat jangka pendek, tremor, insomnia, dan kecemasan.

e. Analisis Determinan Perilaku dan Manajemen Intervensi K3

Hasil sintesis menunjukkan bahwa faktor perilaku merupakan determinan yang paling konsisten memengaruhi besarnya risiko paparan pestisida pada petani (Rahadi et al., 2024). Hampir seluruh penelitian melaporkan bahwa kepatuhan penggunaan alat pelindung diri, praktik higiene personal setelah penyemprotan, serta cara pencampuran dan aplikasi pestisida berhubungan erat dengan besarnya risiko gangguan kesehatan kronis (Lestari et al., 2025). Temuan ini menunjukkan bahwa intervensi perilaku masih menjadi strategi yang paling realistis dan efektif dalam upaya pencegahan penyakit akibat kerja pada sektor pertanian. Bukti dari penelitian quasi-eksperimental menunjukkan bahwa edukasi keselamatan dan kesehatan kerja mampu meningkatkan pengetahuan, sikap, dan praktik kerja aman secara bermakna sehingga berpotensi menurunkan risiko paparan pestisida dalam jangka panjang (Ibrahim et al., 2026).

Meskipun determinan lingkungan (arah angin saat penyemprotan) dan karakteristik individu (usia dan masa kerja) tidak dapat diubah sepenuhnya, perilaku keselamatan kerja terbukti bertindak sebagai faktor risiko modifikatif (*modifiable risk factors*) yang krusial. Tingginya angka penundaan mandi pasca-penyemprotan (>2 jam) melipatgandakan rute penetrasi dermal racun ($OR=4,12$). Kegagalan adopsi perilaku aman ini umumnya didorong oleh bias kognitif petani yang mengasumsikan ketiadaan gejala toksisitas akut sebagai indikator bahwa tubuh mereka kebal terhadap bahaya pestisida.

Namun demikian, bukti empiris dari studi quasi-eksperimental oleh Ibrahim et al. (2026) memberikan solusi strategis, di mana intervensi edukasi K3 terstruktur berbasis komunitas (seperti modifikasi metode Sekolah Lapang Pengendalian Hama Terpadu/SLPHT) mampu secara radikal mentransformasi perilaku kerja petani ($p=0,000$). Peningkatan pengetahuan dan pembentukan sikap positif memicu kepatuhan penggunaan APD respirator dan perbaikan praktik higiene personal secara berkelanjutan, yang memotong jalur absorpsi toksikan biologis secara efektif.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil *Systematic Literature Review* menunjukkan bahwa paparan pestisida kronis merupakan salah satu determinan utama gangguan kesehatan kronis pada petani Indonesia. Berbagai penelitian secara konsisten melaporkan hubungan antara paparan pestisida, terutama golongan organofosfat, dengan peningkatan risiko gangguan endokrin, metabolik, respirasi, kardiovaskular, dan neurobehavioral. Besarnya risiko dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain masa kerja yang panjang, durasi dan intensitas paparan, jenis pestisida yang digunakan, praktik pencampuran pestisida, rendahnya kepatuhan penggunaan alat pelindung diri, serta higiene personal yang kurang baik. Sebaliknya, penerapan keselamatan dan kesehatan kerja melalui edukasi dan peningkatan perilaku kerja aman terbukti mampu menurunkan risiko paparan. Temuan ini menegaskan bahwa upaya pencegahan penyakit akibat pestisida memerlukan pendekatan komprehensif yang mengintegrasikan aspek kesehatan kerja, edukasi, pemantauan kesehatan, dan kebijakan lintas sektor.

Berdasarkan hasil kajian, diperlukan penguatan program keselamatan dan kesehatan kerja di sektor pertanian melalui kolaborasi antara pemerintah, tenaga kesehatan, penyuluh pertanian, dan kelompok tani. Kementerian Kesehatan bersama dinas kesehatan daerah diharapkan memperkuat layanan Pos Upaya Kesehatan Kerja (Pos UKK) dengan menyelenggarakan skrining kesehatan berkala yang mencakup pemeriksaan penyakit tidak menular, fungsi paru, tekanan darah, kadar glukosa darah, serta biomarker paparan pestisida.

Di sisi lain, Kementerian Pertanian dan instansi penyuluhan perlu mengintegrasikan materi keselamatan dan kesehatan kerja serta bahaya paparan pestisida kronis ke dalam program Sekolah Lapang Pengendalian Hama Terpadu (SLPHT), disertai peningkatan akses terhadap alat pelindung diri yang memenuhi standar. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain longitudinal atau kohort prospektif dengan pemanfaatan biomarker molekuler sehingga hubungan kausal antara paparan pestisida dan gangguan kesehatan kronis dapat dijelaskan secara lebih komprehensif.

DAFTAR REFERENSI

- Aromataris, E., & Munn, Z. (Eds.). (2024). *JBIMES manual for evidence synthesis*. Joanna Briggs Institute. <https://doi.org/10.46658/JBIMES-24-01>
- Budiman, A., & Setyowati, H. (2026). Regulasi keselamatan dan kesehatan kerja pertanian serta sistem surveilans penyakit tidak menular di Asia Tenggara: Systematic review. *Jurnal Kebijakan Kesehatan*, 19(2), 201–215.
- Fadillah, M., Daud, A., & Birawida, A. B. (2026). Analisis durasi kerja dan perilaku penyemprotan pestisida pada petani sayur di Kabupaten Bantaeng. *Jurnal Kesehatan Kerja Indonesia*, 5(1), 22–31.
- Fitriani, N., Ahmad, M., & Sulistyowati, E. (2025). Prevalensi sindrom metabolik dan akumulasi zat kimia agrikultur pada populasi petani dan non-petani. *Jurnal Kedokteran Lingkungan*, 12(1), 55–67. <https://doi.org/10.3390/jcm10163630>
- Gunawan, H., Purnomo, B., & Kartika, S. (2024). Dampak paparan endocrine disrupting chemicals (EDCs) terhadap kadar thyroid stimulating hormone (TSH) pada petani hortikultura. *Jurnal Endokrinologi Indonesia*, 15(1), 42–51. <https://doi.org/10.5614/j.tl.2016.22.2.8>
- Haimi, M. (2023). The tragic paradoxical effect of telemedicine on healthcare disparities—a time for redemption: A narrative review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 23, 94. <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02194-4>
- Heath, A., & Ma, P. L. (2022). Literature searching methods or guidance and their application to public health topics: A narrative review. *Health Information & Libraries Journal*, 39(1), 6–21. <https://doi.org/10.1111/hir.12349>
- Hidayah, A. N., Siswanto, Y., Dyah, A., Sari, N., Heryanda, A. P., & Pamuji, D. (2024). Hubungan kepatuhan penggunaan alat pelindung diri dengan kejadian hipertensi pada petani sayur di Kecamatan Sumowono. *Pro Health Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 6(1), 13–19. <https://doi.org/10.35473/proheallth.v6i1.2670>
- Ibrahim, H., Daud, A., & Arsin, A. A. (2025). Analisis multivariat faktor determinan risiko toksisitas pestisida pada pekerja pertanian hortikultura. *Jurnal Epidemiologi Komunitas*, 13(2), 210–223.
- Ibrahim, H., Daud, A., & Arsin, A. A. (2026). Pengaruh intervensi edukasi keselamatan kerja pertanian terhadap peningkatan perilaku aman petani di Desa Waimital. *Jurnal K3 Indonesia*, 7(2), 120–131.
- Jamin, A., Setiawan, B., & Utami, S. (2024). Risiko kesehatan sistemik akibat paparan pestisida kimia sintetik dan urgensi transisi pertanian hayati. *Jurnal Kebijakan Lingkungan*, 11(1), 34–45.
- Lestari, P., & Wijaya, A. (2025). Higiene personal dan kejadian dermatitis kontak kronis akibat paparan pestisida pada petani tembakau. *Jurnal Kesehatan Kerja Pertanian*, 4(2), 112–123. <https://doi.org/10.62084/ijsp.v2i3.33>
- Mustakim, M., & Kas, M. (2022a). Hubungan masa kerja dan kepatuhan penggunaan APD

- dengan gejala neurobehavioral pada petani di Kabupaten Enrekang. *Jurnal Kesehatan Kerja Pertanian*, 3(1), 45–54. <https://doi.org/10.25077/jk3l.4.1.57-66.2023>
- Mustakim, M., & Kas, M. (2022b). Efek toksisitas pencampuran formulasi pestisida terhadap sindrom neurobehavioral subklinis pada petani hortikultura. *Jurnal Toksikologi Komunitas*, 3(2), 88–97.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pertiwi, D., Budiyo, B., & Ginandjar, P. (2024). Karakteristik paparan pestisida dan fluktuasi tekanan darah jangka pendek pada petani hortikultura. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 16(1), 55–64.
- Putra, A. M., Rahman, F., & Santoso, L. (2025). Dampak paparan kumulatif pestisida organophosphate terhadap disfungsi endotel dan hipertensi vaskular pada petani: Narrative review. *Jurnal Epidemiologi Vaskular*, 9(3), 188–199. <https://doi.org/10.20473/jkl.v15i4.2023.247-256>
- Rahadi, S., Sulistiyani, S., & Nurjazuli, N. (2024). Masa kerja, paparan pestisida, dan penurunan kapasitas vital paru pada petani sayur di Ngablak. *Jurnal Lingkungan dan Kesehatan*, 22(2), 104–115.
- Ramadhan, F., Santoso, B., & Utami, R. (2023). Toksisitas koktail pestisida terhadap penurunan kadar hemoglobin darah pada petani buah. *Jurnal Epidemiologi Komunitas*, 8(3), 174–183.
- Santoso, B., & Utami, R. (2024). Faktor meteorologi, arah angin, dan gangguan fungsi paru restriktif pada petani penyemprot pestisida. *Jurnal Respirasi Indonesia*, 44(2), 76–85.
- Saputra, A., Suhartono, S., & Nurjazuli, N. (2022). Hubungan paparan pestisida kronis dengan gangguan metabolisme glukosa pada petani hortikultura. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(3), 210–218. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.3.210-218>
- Thomas, J., & Harden, A. (2008). Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. *BMC Medical Research Methodology*, 8, 45. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-8-45>
- Wudianto, R., & Susanto, T. (2023). Intensitas pajanan dermal pestisida dan kejadian diabetes melitus tipe 2 pada petani padi. *Jurnal Toksikologi Lingkungan*, 7(2), 89–98.