MIRACLE JOURNAL

MIRACLE JOURNAL
e-ISSN 2774 – 4663
Vol 6, No 2, Juli 2026

FAKTOR-FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN KELUHAN KESEHATAN SUBJEKTIF PADA PETANI PENGGUNA PESTISIDA DI KOTA KOTAMOBAGU

Hairil Akbar[1], Besse Rismayani[2], Muh Zul Azhri Rustam[3], Novia Fitriatus Syariah[4], Riantina Luxiarti[5]
[1,2,4] Program Studi Kesehatan Masyarakat, Institut Teknologi dan Kesehatan Graha Medika
[3]Universitas Graha Edukasi Makassar
[5]Universitas Insan Mahardika

e-mail : hairil.akbarepid@gmail.com

ABSTRAK

Pajanan pestisida merupakan salah satu masalah kesehatan kerja pada sektor pertanian yang dapat menimbulkan berbagai keluhan kesehatan subjektif pada petani. Perilaku penggunaan pestisida diduga berperan penting terhadap munculnya keluhan tersebut, namun bukti mengenai determinan perilaku penggunaan pestisida masih belum konsisten. Tujuan penelitian ini bertujuan menganalisis determinan perilaku penggunaan pestisida terhadap keluhan kesehatan subjektif pada petani di Kota Kotamobagu. Metode penelitian ini menggunakan desain *cross-sectional* dilakukan pada 100 petani yang dipilih menggunakan teknik *cluster sampling*. Variabel independen meliputi penentuan dosis pestisida, lama penyemprotan, frekuensi penyemprotan, masa kerja, dan jumlah jenis pestisida yang digunakan, sedangkan variabel dependen adalah keluhan kesehatan subjektif. Data dikumpulkan melalui wawancara menggunakan kuesioner terstruktur dan dianalisis menggunakan uji Chi-square dengan tingkat signifikansi 95%. Hasil penelitian ini menunjukkan penentuan dosis pestisida (p=0,030), lama penyemprotan (p=0,010), frekuensi penyemprotan (p=0,006), dan masa kerja (p=0,015) berhubungan signifikan dengan keluhan kesehatan subjektif. Sebaliknya, jumlah jenis pestisida yang digunakan tidak menunjukkan hubungan yang signifikan (p=0,709). Perilaku penggunaan pestisida, khususnya ketepatan dosis, lama penyemprotan, frekuensi penyemprotan, dan masa kerja, merupakan determinan penting keluhan kesehatan subjektif pada petani. Penguatan edukasi dan praktik penggunaan pestisida yang aman diperlukan untuk menurunkan risiko gangguan kesehatan.
Kata Kunci : Pestisida, Petani, Keluhan kesehatan subjektif

ABSTRACT

Pesticide exposure is one of the major occupational health problems in the agricultural sector and may lead to various subjective health complaints among farmers. Pesticide-use behavior is considered an important determinant of these health complaints; however, evidence regarding the behavioral determinants of pesticide use remains inconsistent. This study aimed to analyze the determinants of pesticide-use behavior associated with subjective health complaints among farmers in Kotamobagu City, Indonesia. This analytical observational study employed a cross-sectional design involving 100 farmers selected using cluster sampling. The independent variables included pesticide dosage, spraying duration, spraying frequency, years of work, and the number of pesticide types used, while the dependent variable was subjective health complaints. Data were collected through structured interviews using a questionnaire and analyzed using the Chi-square test with a 95% confidence level. The results showed that pesticide dosage (p = 0.030), spraying duration (p = 0.010), spraying frequency (p = 0.006), and years of work (p = 0.015) were significantly associated with subjective health complaints. In contrast, the number of pesticide types used was not significantly associated with subjective health complaints (p = 0.709). Pesticide-use behaviors, particularly appropriate pesticide dosage, spraying duration, spraying frequency, and years of work, are important determinants of subjective health complaints among farmers. Strengthening education and promoting safe pesticide-use practices are essential to reduce the risk of occupational health problems.
Keywords: Farmers; Pesticides; Subjective health complaints

PENDAHULUAN

Pertanian memegang peranan penting dalam menjamin ketahanan pangan global dan menjadi sumber mata pencaharian utama bagi jutaan penduduk, khususnya di negara berkembang (Christyanto & Mayulu, 2021). Seiring meningkatnya kebutuhan produksi pertanian, penggunaan pestisida terus meningkat sebagai upaya mengendalikan hama dan mempertahankan produktivitas tanaman. Kondisi tersebut meningkatkan risiko pajanan pestisida pada petani melalui inhalasi, kontak kulit, maupun tertelan secara tidak sengaja selama proses pencampuran dan penyemprotan (Ibrahim et al., 2025). Pajanan pestisida dapat menimbulkan berbagai dampak kesehatan, mulai dari gangguan akut hingga kronis, sehingga menjadi salah satu masalah kesehatan kerja yang masih mendapat perhatian global, terutama di negara berkembang (Faraj, 2026; Zhou et al., 2025). Di antara berbagai dampak tersebut, keluhan kesehatan subjektif merupakan salah satu manifestasi awal yang sering dialami oleh petani akibat pajanan pestisida (Kuncoro & Pertiwi, 2026a).

Secara global, pajanan pestisida masih menjadi masalah kesehatan kerja yang signifikan di sektor pertanian. Hasil *systematic review* memperkirakan sekitar 385 juta kasus keracunan pestisida akut yang tidak disengaja terjadi setiap tahun di seluruh dunia, dengan sekitar 10.881 kematian, sehingga diperkirakan 44% dari sekitar 860 juta petani dan pekerja pertanian didunia mengalami keracunan pestisida akut setiap tahunnya (Boedeker et al., 2020, 2026). Beban kejadian tersebut paling tinggi ditemukan di negara-negara berpendapatan rendah dan menengah, termasuk kawasan Asia Tenggara, yang penggunaan pestisidanya terus meningkat namun penerapan keselamatan kerja masih terbatas (Grace, 2023). Di Indonesia, sektor pertanian masih menjadi salah satu penyerap tenaga kerja terbesar dengan sekitar 28,18 juta orang atau 19,18% dari total tenaga kerja nasional bekerja di sektor ini pada tahun 2024 (Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Tentang Rencana Strategis Kementerian Ketenagakerjaan Tahun 2025-2029, 2025). Besarnya jumlah tenaga kerja pertanian tersebut menunjukkan bahwa jutaan petani di Indonesia memiliki potensi tinggi mengalami pajanan pestisida selama aktivitas pertanian, terutama apabila penggunaan pestisida tidak disertai penerapan praktik kerja yang aman (Bagheri et al., 2021).

Tingginya kejadian keluhan kesehatan subjektif pada petani tidak terlepas dari berbagai faktor yang berkaitan dengan perilaku penggunaan pestisida selama kegiatan pertanian. Beberapa faktor yang diketahui berkontribusi terhadap peningkatan risiko pajanan meliputi penentuan dosis pestisida, lama penyemprotan, frekuensi penyemprotan, masa kerja sebagai penyemprot pestisida, serta jumlah jenis pestisida yang digunakan (Miftah Farid et al., 2026; Sapatullah et al., 2026). Penggunaan dosis yang tidak sesuai anjuran, durasi dan frekuensi penyemprotan yang tinggi, masa kerja yang lebih lama, serta penggunaan beberapa jenis pestisida secara bersamaan dapat meningkatkan intensitas pajanan dan risiko terjadinya keluhan kesehatan pada petani (Sapatullah et al., 2026). Oleh karena itu, identifikasi faktor-faktor tersebut menjadi penting sebagai dasar dalam upaya pencegahan dan pengendalian dampak kesehatan akibat pajanan pestisida pada petani.

Keluhan kesehatan subjektif pada petani dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berkaitan dengan perilaku penggunaan pestisida selama kegiatan pertanian. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan dosis pestisida yang melebihi anjuran dapat meningkatkan konsentrasi bahan aktif yang terpapar kepada petani sehingga memperbesar risiko timbulnya gangguan kesehatan (Kapeleka, 2024). Selain itu, lama penyemprotan dan frekuensi penyemprotan yang tinggi juga dilaporkan berhubungan dengan meningkatnya akumulasi pajanan pestisida karena memperpanjang durasi kontak antara tubuh petani dengan bahan kimia berbahaya (Tudi et al., 2022). Masa kerja yang lebih lama sebagai penyemprot pestisida turut meningkatkan pajanan kumulatif, sedangkan penggunaan lebih dari satu jenis pestisida secara bersamaan (*pesticide mixing*) berpotensi menimbulkan efek toksik yang lebih besar akibat interaksi antar senyawa kimia (Felkers et al., 2026; Tudi et al., 2022). Beberapa penelitian di Indonesia melaporkan bahwa dosis pestisida yang tidak sesuai anjuran, durasi penyemprotan yang panjang, frekuensi penyemprotan yang tinggi, serta penggunaan campuran beberapa jenis pestisida berhubungan secara signifikan dengan meningkatnya keluhan kesehatan subjektif pada petani, seperti

MIRACLE JOURNAL
e-ISSN 2774 – 4663
Vol 6, No 2, Juli 2026

sakit kepala, pusing, mual, kelelahan, iritasi kulit, dan gangguan pernapasan (Azzahra, 2026). Meskipun demikian, hasil penelitian tersebut masih menunjukkan variasi antarwilayah dan umumnya hanya mengevaluasi satu atau dua faktor risiko, sehingga diperlukan penelitian yang menganalisis berbagai determinan perilaku penggunaan pestisida secara komprehensif terhadap keluhan kesehatan subjektif pada petani.

Meskipun berbagai penelitian telah melaporkan hubungan antara pajanan pestisida dengan keluhan kesehatan pada petani, bukti yang tersedia masih belum memberikan gambaran yang konsisten mengenai hubungan berbagai karakteristik pajanan secara bersamaan. Penelitian sebelumnya umumnya menilai faktor pajanan secara terpisah, seperti lama penyemprotan, frekuensi penyemprotan, penggunaan alat pelindung diri, atau indikator biologis pajanan, sehingga belum diketahui bagaimana beberapa karakteristik pajanan yang saling berkaitan berhubungan secara simultan dengan keluhan kesehatan subjektif dalam satu populasi petani. Secara khusus, bukti mengenai hubungan antara ketepatan penentuan dosis, lama penyemprotan, frekuensi penyemprotan, masa kerja sebagai penyemprot pestisida, dan jumlah jenis pestisida yang digunakan dalam satu kali pencampuran terhadap keluhan kesehatan subjektif masih terbatas, terutama pada petani di Kota Kotamobagu. Selain itu, belum jelas apakah kelima karakteristik tersebut menunjukkan pola hubungan yang sama terhadap keluhan kesehatan atau terdapat karakteristik pajanan tertentu yang lebih konsisten berhubungan dengan keluhan kesehatan dibandingkan karakteristik lainnya. Kesenjangan tersebut penting karena karakteristik pajanan tidak berdiri sendiri; dosis, durasi, frekuensi, lamanya masa kerja, dan penggunaan beberapa jenis pestisida dapat secara bersama-sama membentuk intensitas dan akumulasi pajanan yang diterima petani. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memberikan gambaran yang lebih spesifik mengenai hubungan kelima karakteristik pajanan tersebut dengan keluhan kesehatan subjektif pada petani di Kota Kotamobagu.

Sebagai upaya untuk mengisi kesenjangan penelitian tersebut, dilakukan survei awal pada petani di Kota Kotamobagu. Berdasarkan hasil survei terhadap 25 petani, sebanyak 18 orang (72%) melaporkan mengalami keluhan kesehatan subjektif selama melakukan penyemprotan pestisida, sedangkan 7 orang (28%) tidak mengalami keluhan. Selain itu, sebanyak 24% petani menggunakan dosis pestisida yang tidak sesuai anjuran, 44% melakukan penyemprotan selama ≥3 jam per hari, 52% telah bekerja sebagai penyemprot pestisida selama ≥17 tahun, dan 36% menggunakan lebih dari satu jenis pestisida. Temuan awal tersebut menunjukkan adanya karakteristik pajanan pestisida yang beragam pada petani di Kota Kotamobagu, terutama terkait ketepatan dosis, lama penyemprotan, masa kerja, dan jumlah jenis pestisida yang digunakan. Temuan tersebut menjadi dasar untuk selanjutnya menilai secara lebih sistematis hubungan berbagai karakteristik pajanan, termasuk frekuensi penyemprotan, dengan keluhan kesehatan subjektif pada populasi petani yang lebih besar. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara penentuan dosis pestisida, lama penyemprotan, frekuensi penyemprotan, masa kerja sebagai penyemprot pestisida, dan jumlah jenis pestisida yang digunakan dengan keluhan kesehatan subjektif pada petani di Kota Kotamobagu.

Metode

Desain penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan menggunakan desain cross-sectional untuk menganalisis korelasi antara perilaku penggunaan pestisida dengan keluhan kesehatan subjektif pada petani (Alwi et al., 2023). Penelitian dilaksanakan di wilayah Kota Kotamobagu, Provinsi Sulawesi Utara, yang meliputi Kecamatan Kotamobagu Utara, Kecamatan Kotamobagu Barat, Kecamatan Kotamobagu Timur, dan Kecamatan Kotamobagu Selatan. Pengumpulan data dilaksanakan pada bulan Mei sampai Juli 2026.

Partisipasi Penelitian, jumlah sampel dan Prosedur Pengambilan Sampel

Populasi penelitian adalah petani yang melakukan kegiatan penyemprotan pestisida di wilayah

Kota Kotamobagu. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan pendekatan cluster sampling, dengan kecamatan sebagai unit klaster. Seluruh empat kecamatan di Kota Kotamobagu, yaitu Kecamatan Kotamobagu Barat, Kotamobagu Selatan, Kotamobagu Timur, dan Kotamobagu Utara, ditetapkan sebagai klaster penelitian.

Besar sampel penelitian ditetapkan sebanyak 100 petani. Alokasi sampel pada masing-masing klaster dilakukan secara proporsional berdasarkan distribusi jumlah penduduk pada masing-masing kecamatan. Berdasarkan data kependudukan tahun 2025, jumlah penduduk Kota Kotamobagu sebanyak 121.756 jiwa, yang terdiri atas 40.289 jiwa di Kecamatan Kotamobagu Barat, 33.594 jiwa di Kecamatan Kotamobagu Selatan, 30.523 jiwa di Kecamatan Kotamobagu Timur, dan 17.350 jiwa di Kecamatan Kotamobagu Utara (Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil, 2025). Alokasi sampel pada masing-masing klaster dilakukan secara proporsional berdasarkan jumlah penduduk setiap kecamatan. Pendekatan ini digunakan untuk menjaga keterwakilan geografis sampel sesuai dengan distribusi penduduk di Kota Kotamobagu, sehingga kecamatan dengan jumlah penduduk lebih besar memperoleh alokasi sampel yang lebih besar dibandingkan kecamatan dengan jumlah penduduk lebih kecil. Berdasarkan proporsi tersebut, sebanyak 33 responden dialokasikan untuk Kotamobagu Barat, 28 responden untuk Kotamobagu Selatan, 25 responden untuk Kotamobagu Timur, dan 14 responden untuk Kotamobagu Utara, sehingga total sampel berjumlah 100 petani.

Setelah alokasi sampel ditentukan, responden pada masing-masing kecamatan dipilih menggunakan simple random sampling dari daftar petani yang memenuhi kriteria inklusi. Kriteria inklusi meliputi petani yang aktif melakukan penyemprotan pestisida dan bersedia menjadi responden melalui pemberian informed consent. Petani yang tidak hadir selama proses pengumpulan data atau tidak menyelesaikan wawancara dikeluarkan dari penelitian.

Variabel yang diukur

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah keluhan kesehatan subjektif pada petani. Variabel independen meliputi penentuan dosis pestisida, lama penyemprotan, frekuensi penyemprotan, masa kerja sebagai penyemprot pestisida, dan jumlah jenis pestisida yang digunakan dalam satu kali pencampuran.

Sumber data dan Instrument Penelitian

Data penelitian merupakan data primer yang diperoleh melalui wawancara menggunakan kuesioner terstruktur dan observasi langsung menggunakan lembar checklist. Penentuan dosis pestisida diukur berdasarkan kesesuaian penggunaan dosis dengan petunjuk pada label kemasan dan dikategorikan menjadi sesuai aturan pakai dan tidak sesuai aturan pakai. Lama penyemprotan dikategorikan menjadi <3 jam/hari dan ≥3 jam/hari, frekuensi penyemprotan menjadi ≤1 kali/minggu dan >1 kali/minggu, masa kerja menjadi <17 tahun dan ≥17 tahun, sedangkan jumlah jenis pestisida dikategorikan menjadi <3 jenis dan ≥3 jenis. Keluhan kesehatan subjektif diukur berdasarkan adanya gejala mudah lelah, gelisah, sakit kepala, penglihatan kabur, peningkatan produksi air liur, mual, kelemahan otot, gatal pada kulit, sesak napas, dan batuk setelah melakukan penyemprotan pestisida (FAO of the United Nation & WHO, 2023; Kementerian Kesehatan RI, 2016). Responden dikategorikan mengalami keluhan kesehatan subjektif apabila melaporkan sedikitnya satu gejala, sedangkan responden yang tidak melaporkan seluruh gejala dikategorikan tidak mengalami keluhan.

Sebelum digunakan dalam pengumpulan data, kuesioner telah melalui proses validasi dan uji coba instrumen untuk memastikan bahwa setiap pertanyaan sesuai dengan tujuan pengukuran dan dapat dipahami oleh responden. Uji validitas dilakukan menggunakan *Pearson Product-Moment* dengan membandingkan nilai r hitung diatas nilai r tabel sebesar 0.197 pada tingkat signifikansi 5%, yang berarti kuesioner bahwa seluruh butir instrumen memenuhi kriteria validitas, sedangkan uji reliabilitas dilakukan menggunakan *Cronbach's alpha* dengan nilai yang diperoleh sebesar 0.72 yang artinya kuesioner dapat diterima. Hasil pengujian menunjukkan bahwa item pertanyaan yang digunakan dalam penelitian memenuhi kriteria validitas dan instrumen memiliki konsistensi internal yang memadai,

MIRACLE JOURNAL
e-ISSN 2774 – 4663
Vol 6, No 2, Juli 2026

sehingga kuesioner dinyatakan valid dan reliabel untuk digunakan dalam penelitian.

Analisis Statistik

Analisis univariat dilakukan untuk mendeskripsikan karakteristik responden serta distribusi frekuensi masing-masing variabel penelitian. Analisis bivariat dilakukan menggunakan uji *Chi-square* untuk mengetahui hubungan antara variabel independen dengan keluhan kesehatan subjektif sebagai variabel dependen. Korelasi tersebut dinyatakan bermakna secara statistik apabila diperoleh nilai $p < 0,05$.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Tabel 1. Distribusi frekuensi karakterstik responden, determinan perilaku penggunaan pestisida, dan keluhan kesehatan subjektif pada petani

Variabel	frekuensi (n)	persentase (%)
Umur		
40-45 Tahun	28	28,0
46-50 Tahun	17	17,0
51-55 Tahun	24	24,0
56-60 Tahun	15	15,0
61-65 Tahun	16	16,0
Pendidikan Terakhir		
Perguruan Tinggi	2	2,0
SD	42	42,0
SMA	21	21,0
SMP	33	33,0
Tidak Sekolah	2	2,0
Penentuan Dosis Pestisida		
Sesuai Aturan Pakai	84	84,0
Tidak Sesuai Aturan Pakai	16	16,0
Lama Penyemprotan		
< 3 Jam/ hari	53	53,0
≥ 3 Jam/ hari	47	47,0
Frekuensi Penyemprotan		
≤ 1 Kali/ minggu	77	77,0
> 1 Kali/ minggu	23	23,0
Lama Bekerja		
< 17 Tahun	44	44,0
≥ 17 Tahun	56	56,0
Jumlah Jenis Pestisida		
< 3 Jenis	59	59,0
≥ 3 Jenis	41	41,0
Keluhan Kesehatan Subjektif		
Tidak Ada Keluhan	40	40,0
Ada Keluhan	60	60,0

Berdasarkan karakteristik paparan pestisida, mayoritas responden telah menentukan dosis pestisida sesuai aturan pakai sebanyak 84 orang (84,0%), melakukan penyemprotan selama <3 jam/hari sebanyak 53 orang (53,0%), dan memiliki frekuensi penyemprotan ≤1 kali/minggu sebanyak 77 orang (77,0%). Selain itu, sebagian besar responden telah bekerja sebagai petani selama ≥17 tahun sebanyak 56 orang (56,0%) dan menggunakan <3 jenis pestisida sebanyak 59 orang (59,0%). Sementara itu, berdasarkan kondisi kesehatan, 60 responden (60,0%) mengalami keluhan kesehatan subjektif,

MIRACLE JOURNAL
e-ISSN 2774 – 4663
Vol 6, No 2, Juli 2026

sedangkan 40 responden (40,0%) tidak mengalami keluhan kesehatan subjektif

Tabel 2. Korelasi determinan perilaku penggunaan pestisida terhadap kesehatan subjektif pada petani di Kota Kotamubago

Variabel	Keluhan Kesehatan Subjektif				Total		P-value
	Tidak Ada Keluhan		Ada Keluhan				
	n	%	n	%	n	%	
Penentuan Dosis Pestisida							0,030*
Sesuai Aturan Pakai	38	45,2	46	54,8	84	100	
Tidak Sesuai Aturan Pakai	2	12,5	14	87,5	16	100	
Lama Penyemprotan							0,010*
< 3 Jam/hari	28	52,8	25	47,2	53	100	
≥ 3 Jam/hari	12	25,5	35	74,5	47	100	
Frekuensi Penyemprotan							0,006*
≤ 1 Kali/minggu	37	48,1	40	51,9	77	100	
> 1 Kali/minggu	3	13,0	20	87,0	23	100	
Lama Bekerja							0,015*
< 17 Tahun	24	54,5	20	45,5	44	100	
≥ 17 Tahun	16	28,6	40	71,4	56	100	
Jumlah Jenis Pestisida							0,709
< 3 Jenis	25	42,4	34	57,6	59	100	
≥ 3 Jenis	15	36,6	26	63,4	41	100	

Berdasarkan hasil analisis bivariat menggunakan uji Chi-square, penentuan dosis pestisida (p = 0,030), lama penyemprotan (p = 0,010), frekuensi penyemprotan (p = 0,006), dan lama bekerja (p = 0,015) memiliki hubungan yang signifikan dengan keluhan kesehatan subjektif pada petani. Proporsi keluhan kesehatan subjektif lebih tinggi pada petani yang menggunakan dosis pestisida tidak sesuai aturan pakai, melakukan penyemprotan ≥3 jam per hari, melakukan penyemprotan >1 kali per minggu, dan memiliki masa kerja ≥17 tahun. Sementara itu, jumlah jenis pestisida yang digunakan tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan keluhan kesehatan subjektif (p = 0,709).

Pembahasan

Korelasi penentuan dosis pestisida dengan keluhan kesehatan subjektif pada petani

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara penentuan dosis pestisida dengan keluhan kesehatan subjektif pada petani (p = 0,030). Petani yang menggunakan dosis pestisida tidak sesuai aturan pakai memiliki proporsi keluhan kesehatan subjektif yang lebih tinggi (87,5%) dibandingkan petani yang menggunakan dosis sesuai aturan pakai (54,8%). Hasil tersebut menunjukkan bahwa ketidaksesuaian dosis pestisida berpotensi meningkatkan pajanan terhadap bahan aktif pestisida sehingga meningkatkan kemungkinan munculnya keluhan kesehatan subjektif.

Hasil penelitian ini juga konsisten dengan penelitian internasional yang menunjukkan bahwa penggunaan pestisida yang tidak sesuai rekomendasi, termasuk penggunaan dosis yang berlebihan, dapat meningkatkan pajanan terhadap senyawa toksik sehingga memperbesar risiko terjadinya gangguan kesehatan pada pekerja pertanian. (Boedeker et al., 2020) dalam *systematic review* melaporkan bahwa tingginya angka keracunan pestisida pada petani di berbagai negara berkaitan dengan praktik penggunaan pestisida yang tidak aman, termasuk ketidaksesuaian dosis aplikasi. Kesamaan temuan tersebut memperkuat bahwa kepatuhan terhadap dosis yang direkomendasikan merupakan salah satu upaya penting untuk mengurangi risiko keluhan kesehatan subjektif pada petani. Penelitian ini sejalan dengan penelitian (Hamka et al., 2021), yang melaporkan bahwa praktik penggunaan pestisida berhubungan dengan meningkatnya keluhan kesehatan pada petani, di mana penggunaan pestisida yang tidak sesuai rekomendasi berkontribusi terhadap munculnya berbagai gejala seperti sakit kepala, pusing, mual, dan gangguan pernapasan. Temuan ini juga didukung oleh (Nuraeni

MIRACLE JOURNAL
e-ISSN 2774 – 4663
Vol 6, No 2, Juli 2026

et al., 2026), yang menjelaskan bahwa penggunaan pestisida yang tidak sesuai dengan aturan, termasuk ketidaktepatan dalam penentuan dosis, dapat meningkatkan peluang pajanan melalui kulit, saluran pernapasan, dan saluran pencernaan sehingga berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan pada petani. Kesamaan hasil tersebut memperkuat bahwa kepatuhan terhadap dosis pestisida sesuai aturan pakai merupakan salah satu upaya penting untuk mengurangi pajanan pestisida dan mencegah munculnya keluhan kesehatan subjektif pada petani.

Secara biologis, penggunaan dosis pestisida yang melebihi rekomendasi dapat meningkatkan konsentrasi bahan aktif yang masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi, absorpsi kulit, maupun saluran pencernaan selama proses pencampuran dan penyemprotan (Muzaqi et al., 2025). Peningkatan pajanan tersebut menyebabkan akumulasi senyawa toksik yang dapat menghambat aktivitas enzim asetilkolinesterase, terutama pada pestisida golongan organofosfat dan karbamat, sehingga terjadi penumpukan asetilkolin pada sinaps saraf. Kondisi ini mengakibatkan stimulasi berlebihan pada sistem saraf yang memunculkan berbagai keluhan kesehatan subjektif, seperti sakit kepala, pusing, mual, kelemahan otot, peningkatan produksi air liur, gangguan penglihatan, dan sesak napas (Mdeni et al., 2022; Wicaksono et al., 2023). Selain itu, penggunaan dosis pestisida yang tidak sesuai juga meningkatkan paparan radikal bebas dan stres oksidatif yang dapat memicu respons inflamasi serta memperburuk gangguan fungsi organ, sehingga meningkatkan risiko munculnya keluhan kesehatan pada petani.

Lama penyemprotan pestisida dengan keluhan kesehatan subjektif pada petani

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proporsi keluhan kesehatan subjektif lebih tinggi pada petani yang melakukan penyemprotan pestisida selama ≥3 jam per hari (74,5%) dibandingkan petani yang melakukan penyemprotan <3 jam per hari (47,2%). Temuan ini menunjukkan bahwa semakin lama durasi penyemprotan pestisida, semakin besar peluang petani mengalami keluhan kesehatan subjektif. Hal tersebut mengindikasikan bahwa lamanya waktu kontak dengan pestisida berpotensi meningkatkan tingkat pajanan terhadap bahan kimia sehingga memperbesar risiko timbulnya gangguan kesehatan pada petani.

Temuan penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa lama penyemprotan pestisida merupakan faktor penting yang berhubungan dengan meningkatnya keluhan kesehatan pada petani. (Rumaf et al., 2026) melaporkan bahwa semakin lama petani melakukan penyemprotan pestisida, semakin tinggi risiko munculnya keluhan kesehatan akibat meningkatnya intensitas pajanan pestisida. Selain itu, (Purba & Kusnoputranto, 2025) menemukan bahwa petani yang memiliki intensitas pajanan pestisida lebih tinggi, termasuk durasi penyemprotan yang lebih lama, cenderung lebih sering melaporkan keluhan kesehatan subjektif dibandingkan petani dengan pajanan yang lebih rendah. Hasil systematic review oleh (Oltramare et al., 2023) juga menegaskan bahwa durasi dan frekuensi penyemprotan merupakan determinan utama yang memengaruhi besarnya pajanan pestisida pada pekerja pertanian, sehingga perlu dipertimbangkan dalam penilaian risiko kesehatan. Temuan tersebut diperkuat oleh systematic review terbaru yang menunjukkan bahwa pajanan pestisida secara berulang dan dalam durasi yang lebih lama berhubungan dengan meningkatnya berbagai gangguan kesehatan pada pekerja pertanian, termasuk gangguan neurologis, pernapasan, dan keluhan kesehatan subjektif (Kumar et al., 2025; Kuncoro & Pertiwi, 2026b).

Durasi penyemprotan yang lebih lama meningkatkan intensitas pajanan pestisida karena memperpanjang waktu kontak antara petani dengan bahan aktif pestisida melalui inhalasi, absorpsi kulit, dan membran mukosa (Mdeni et al., 2022; Moreira & da Silva, 2023). Peningkatan pajanan tersebut memungkinkan lebih banyak senyawa toksik memasuki sirkulasi tubuh, menghambat aktivitas enzim asetilkolinesterase, terutama pada pestisida golongan organofosfat dan karbamat, serta memicu stres oksidatif dan respons inflamasi (Issa et al., 2023; Shaji et al., 2024). Perubahan fisiologis tersebut berkontribusi terhadap munculnya berbagai keluhan kesehatan subjektif, seperti sakit kepala, pusing, mual, kelelahan, gangguan penglihatan, kelemahan otot, dan sesak napas, yang lebih sering dilaporkan pada pekerja pertanian dengan durasi pajanan pestisida yang lebih lama (Azzahra, 2026).

Frekuensi penggunaan pestisida dengan keluhan kesehatan subjektif pada petani

Hasil penelitian menunjukkan bahwa petani yang melakukan penyemprotan pestisida lebih dari satu kali per minggu memiliki proporsi keluhan kesehatan subjektif yang lebih tinggi (87,0%) dibandingkan petani yang melakukan penyemprotan satu kali atau kurang per minggu (51,9%). Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan frekuensi penyemprotan berkaitan dengan meningkatnya peluang terjadinya keluhan kesehatan subjektif. Semakin sering petani terpapar pestisida, semakin besar akumulasi pajanan yang diterima tubuh, sehingga risiko munculnya keluhan kesehatan subjektif juga cenderung meningkat.

Temuan penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa frekuensi penyemprotan pestisida merupakan faktor yang berhubungan dengan meningkatnya keluhan kesehatan pada petani. (Hamka et al., 2021; Mouvanal Haridas et al., 2023) melaporkan bahwa frekuensi penyemprotan yang lebih tinggi memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap munculnya keluhan kesehatan dibandingkan beberapa faktor penggunaan pestisida lainnya. Hasil penelitian mengenai praktik penanganan pestisida juga menunjukkan bahwa petani dengan praktik penggunaan pestisida yang kurang aman, termasuk frekuensi aplikasi yang tinggi, lebih sering melaporkan gejala gangguan kesehatan dibandingkan petani dengan praktik penggunaan yang lebih baik (Hernawan & Artikel, 2026). Selain itu, laporan dari (Lari et al., 2021) menegaskan bahwa semakin sering petani terpapar pestisida, semakin besar risiko terjadinya dampak kesehatan, sehingga diperlukan upaya pengendalian untuk mengurangi intensitas pajanan selama kegiatan pertanian. Temuan tersebut juga didukung oleh *systematic review* mengenai determinan pajanan pestisida yang menyatakan bahwa intensitas dan frekuensi pajanan merupakan komponen penting dalam menentukan besarnya paparan pestisida yang diterima pekerja pertanian serta risiko gangguan kesehatan yang ditimbulkannya (Kangavari et al., 2024).

Frekuensi penyemprotan pestisida yang lebih tinggi mencerminkan meningkatnya frekuensi pajanan pestisida yang diterima petani selama aktivitas pertanian. Pajanan yang terjadi secara berulang dengan interval waktu yang relatif singkat dapat mengurangi kesempatan tubuh untuk melakukan proses detoksifikasi dan eliminasi senyawa toksik secara optimal, sehingga meningkatkan akumulasi residu pestisida di dalam tubuh (Muñoz-Quezada et al., 2025; Tudi et al., 2022). Akumulasi tersebut dapat mengganggu fungsi sistem saraf melalui inhibisi aktivitas enzim asetilkolinesterase, meningkatkan pembentukan radikal bebas, serta memicu stres oksidatif dan respons inflamasi yang pada akhirnya berkontribusi terhadap munculnya berbagai keluhan kesehatan subjektif, seperti sakit kepala, pusing, mual, kelelahan, gangguan penglihatan, kelemahan otot, dan sesak napas (FAO of the United Nation & WHO, 2023; Oltramare et al., 2023).

Lama berkerja dengan keluhan kesehatan subjektif pada petani

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proporsi keluhan kesehatan subjektif lebih tinggi pada petani yang memiliki masa kerja ≥17 tahun (71,4%) dibandingkan petani dengan masa kerja <17 tahun (45,5%). Temuan ini mengindikasikan bahwa semakin lama seseorang bekerja sebagai penyemprot pestisida, semakin besar peluang mengalami keluhan kesehatan subjektif. Masa kerja yang lebih lama mencerminkan meningkatnya pajanan kumulatif terhadap pestisida sehingga berpotensi memperbesar risiko terjadinya gangguan kesehatan pada petani.

Temuan penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa masa kerja merupakan faktor yang berhubungan dengan meningkatnya keluhan kesehatan pada petani. Hasil literatur review, melaporkan bahwa pekerja pertanian dengan riwayat pajanan pestisida dalam jangka waktu yang lebih lama memiliki risiko lebih tinggi mengalami gangguan neurologis dan berbagai keluhan kesehatan dibandingkan pekerja dengan masa pajanan yang lebih singkat (Nindya Azfarina Jamhur et al., 2026). Hasil *systematic review* yang dilakukan menunjukkan bahwa lama bekerja di sektor pertanian berkontribusi terhadap meningkatnya dampak kesehatan akibat akumulasi pajanan pestisida dari waktu ke waktu (M. B. Ahmad et al., 2026). Selain itu, penelitian yang dilakukan di Kalimantan barat, menemukan bahwa petani dengan masa kerja yang lebih panjang cenderung lebih

MIRACLE JOURNAL
e-ISSN 2774 – 4663
Vol 6, No 2, Juli 2026

sering mengalami keluhan kesehatan subjektif karena paparan pestisida yang berlangsung secara berulang selama bertahun-tahun (Ipmawati et al., 2025) . Kesamaan temuan tersebut menunjukkan bahwa masa kerja merupakan salah satu indikator penting dalam menilai besarnya pajanan kumulatif pestisida pada pekerja pertanian.

Masa kerja yang lebih lama mencerminkan semakin panjang periode seseorang terpapar pestisida selama menjalankan aktivitas pertanian. Pajanan yang berlangsung secara berulang selama bertahun-tahun memungkinkan terjadinya akumulasi residu pestisida di dalam tubuh, sehingga meningkatkan beban toksik (*cumulative body burden*) yang dapat memengaruhi fungsi sistem saraf, sistem pernapasan, serta organ-organ lain yang rentan terhadap senyawa kimia berbahaya (M. F. Ahmad et al., 2024). Seiring meningkatnya pajanan kumulatif tersebut, kemampuan tubuh dalam melakukan detoksifikasi dan pemulihan jaringan dapat menurun, sehingga petani dengan masa kerja yang lebih panjang lebih rentan mengalami keluhan kesehatan subjektif seperti sakit kepala, pusing, kelelahan, mual, gangguan penglihatan, dan gangguan pernapasan (Venugopal et al., 2025).

Jumlah jenis pestisida dengan keluhan kesehatan subjektif pada petani

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proporsi keluhan kesehatan subjektif sedikit lebih tinggi pada petani yang menggunakan ≥3 jenis pestisida dalam satu kali pencampuran (63,4%) dibandingkan petani yang menggunakan <3 jenis pestisida (57,6%). Namun, perbedaan proporsi tersebut belum menunjukkan hubungan yang bermakna antara jumlah jenis pestisida yang digunakan dengan keluhan kesehatan subjektif pada petani. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah jenis pestisida yang digunakan dalam satu kali pencampuran belum tentu diikuti oleh peningkatan kejadian keluhan kesehatan subjektif..

Hasil penelitian ini berbeda dengan beberapa penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa penggunaan lebih dari satu jenis pestisida dalam satu kali aplikasi dapat meningkatkan risiko gangguan kesehatan akibat interaksi antarbahan aktif (Moreira & da Silva, 2023). Hasil *Systematic review* oleh Moreira dan Vieira da Silva (2024), studi kohort AGRICAN oleh Olry et al. (2024), serta systematic review oleh Desye et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan campuran beberapa jenis pestisida dapat meningkatkan risiko gejala kesehatan akut pada pekerja pertanian. Namun, besarnya dampak kesehatan tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah jenis pestisida yang digunakan, tetapi juga oleh karakteristik dan konsentrasi bahan aktif, frekuensi serta durasi pajanan, penggunaan alat pelindung diri, dan karakteristik individu yang memengaruhi respons terhadap pajanan pestisida (Desye et al., 2024; Hippert et al., 2024). Faktor-faktor tersebut dapat menjelaskan mengapa pada penelitian ini jumlah jenis pestisida yang digunakan belum menunjukkan hubungan yang bermakna dengan keluhan kesehatan subjektif pada petani meskipun proporsi keluhan lebih tinggi pada kelompok yang menggunakan lebih banyak jenis pestisida (Purba et al., 2023).

Jumlah jenis pestisida yang digunakan dalam satu kali pencampuran tidak selalu berkaitan dengan peningkatan keluhan kesehatan subjektif karena besarnya pajanan yang diterima petani lebih dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing bahan aktif, konsentrasi pestisida, serta cara dan kondisi aplikasi di lapangan (Nagy et al., 2020). Systematic review terbaru juga menunjukkan bahwa campuran beberapa jenis pestisida dapat menghasilkan efek aditif, sinergis, maupun antagonis, sehingga respons biologis yang ditimbulkan tidak selalu sebanding dengan banyaknya jenis pestisida yang digunakan (Taenzler et al., 2023). Oleh karena itu, peningkatan jumlah jenis pestisida tidak selalu diikuti dengan peningkatan toksisitas atau munculnya keluhan kesehatan apabila komposisi campuran dan tingkat pajanan berbeda-beda antarpetani (Martin et al., 2021; Martin, 2023). Selain itu, besarnya dampak kesehatan juga dipengaruhi oleh faktor lain, seperti dosis pestisida, lama dan frekuensi penyemprotan, penggunaan alat pelindung diri, serta praktik penggunaan pestisida yang aman, sehingga faktor-faktor tersebut dapat berperan lebih dominan dibandingkan jumlah jenis pestisida yang digunakan (Sapbamrer & Thammachai, 2020). Kondisi tersebut dapat menjelaskan mengapa jumlah jenis pestisida yang digunakan pada penelitian ini belum menunjukkan hubungan yang bermakna dengan keluhan kesehatan subjektif pada petani.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penentuan dosis pestisida, lama penyemprotan, frekuensi penyemprotan, dan masa kerja berhubungan secara signifikan dengan keluhan kesehatan subjektif pada petani di Kota Kotamobagu. Petani yang menggunakan dosis pestisida tidak sesuai aturan pakai, melakukan penyemprotan dengan durasi lebih lama, memiliki frekuensi penyemprotan yang lebih tinggi, serta telah bekerja lebih lama sebagai penyemprot pestisida cenderung mengalami keluhan kesehatan subjektif lebih banyak dibandingkan kelompok pembanding. Sebaliknya, jumlah jenis pestisida yang digunakan dalam satu kali pencampuran tidak menunjukkan korelasi yang signifikan dengan keluhan kesehatan subjektif. Temuan ini menunjukkan bahwa faktor faktor yang berhubungan dengan penggunaan pestisida merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan dalam upaya pencegahan keluhan kesehatan pada petani melalui penerapan penggunaan pestisida yang aman dan sesuai rekomendasi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Kota Kotamobagu khususnya Dinas Pertanian dan Perikanan Kota Kotamobagu, pemerintah kecamatan di wilayah penelitian atas izin, dukungan, dan fasilitasi selama pelaksanaan penelitian. Penghargaan yang sebesar-besarnya juga disampaikan kepada seluruh petani/responden yang telah berpartisipasi sebagai responden dan bersedia meluangkan waktu untuk memberikan informasi yang diperlukan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Referensi

Ahmad, M. B., Islam, A. U., Hassan, S., Tarfeen, N., Nisa, K. U., Nisar, K., Hassan, T., Ganiee, S. A., Bhat, A. R., & Ganai, B. A. (2026). Unraveling the toxic link between pesticides and brain cancer: a review on molecular mechanisms, signaling pathways and future research trends. *The Nucleus*, *69*(1), 189–204. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13237-024-00529-8

Ahmad, M. F., Ahmad, F. A., Alsayegh, A. A., Zeyaullah, Md., AlShahrani, A. M., Muzammil, K., Saati, A. A., Wahab, S., Elbendary, E. Y., Kambal, N., Abdelrahman, M. H., & Hussain, S. (2024). Pesticides impacts on human health and the environment with their mechanisms of action and possible countermeasures. *Heliyon*, *10*(7), e29128. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29128

Alwi, J., Sari, M. P., Adnyana, I. M. D. M., Rustam, M. Z. A., & et all. (2023). *Metode Penelitian Epidemiologi* (Pertama). Media Sains Indonesia.

Azzahra, L. (2026). *Faktor yang Berhubungan Terhadap Keluhan Keracunan Pestisida pada Petani di Kelurahan Kalosi Kecamatan Alla Kabupaten Enrekang*. http://repository.unhas.ac.id:443/id/eprint/40646

Bagheri, A., Emami, N., & Damalas, C. A. (2021). Farmers' behavior towards safe pesticide handling: An analysis with the theory of planned behavior. *Science of The Total Environment*, *751*, 141709. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141709

Boedeker, W., Watts, M., Clausing, P., & Marquez, E. (2020). The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: estimations based on a systematic review. *BMC Public Health*, *20*(1), 1–22. https://doi.org/10.1186/s12889-020-09939-0

Boedeker, W., Watts, M., Clausing, P., & Marquez, E. (2026). Worldwide unintentional acute pesticide poisonings: reassessing the occupational and non-occupational burden. *Frontier Public Health Sec. Occupational Health and Safety*, (7), 1–2. https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2026.1825899/abstract

Christyanto, M., & Mayulu, H. (2021). Pentingnya pembangunan pertanian dan pemberdayaan petani wilayah perbatasan dalam upaya mendukung ketahanan pangan nasional: Studi kasus di wilayah perbatasan Kalimantan. *Journal of Tropical AgriFood*, *3*(1), 1. https://doi.org/10.35941/jtaf.3.1.2021.5041.1-14

Desye, B., Tesfaye, A. H., Daba, C., Alemseged, E. A., Angaw, Y., Ebrahim, A. M., Natnael, T., Hassen, S., & Woretaw, L. (2024). Pesticide safe use practice and acute health symptoms, and associated factors among farmers in developing countries: a systematic review and meta-analysis of an epidemiological evidence. *BMC Public Health*, *24*(1), 3313. https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12889-024-20817-x

Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil. (2025, July 19). *Jumlah Penduduk Kota Kotamobagu per Kecamatan Menurut Jenis Kelamin*. Dinas Kependudukan Dan Pencatatan Sipil. https://satudata.kotamobagu.go.id/index.php/node/45

FAO of the United Nation, & WHO. (2023). *International Code of Conduct on Pesticide Management Guidance on Use Pesticida Regulation to Prevent Suicide* (FAO of the United Nation & WHO, Eds.; First Edition). WHO and FAO.

Faraj, T. Kh. (2026). Community Health Impacts of Pesticide Exposure: Pathways, Vulnerable Populations, and Public Health Responses. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *23*(7), 889. https://doi.org/10.3390/ijerph23070889

Felkers, E., Kuster, C. J., Hamacher, G., Anft, T., & Kohler, M. (2026). Pesticide exposure of operators during mixing and loading a drone: towards a stratified exposure assessment. *Pest Management Science*, *82*(8), 7218–7224. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.8574

Grace, D. (2023). Burden of foodborne disease in low-income and middle-income countries and opportunities for scaling food safety interventions. *Food Security*, *15*(6), 1475–1488. https://doi.org/10.1007/s12571-023-01391-3

Hamka, Utami, T. N., Sillehu, S., Pelu, A. D., Djarami, J., Tukiman, S., Tunny, I. S., Tuharea, A., & Cahyawati, S. (2021). Analyzing the use of pesticides on health complaints of farmers in Waihatu Village, Indonesia. *Gaceta Sanitaria*, *35*(S1), S23–S26. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.12.007

Hernawan, D., & Artikel, S. (2026). Perilaku Petani dalam Menggunakan Pestisida secara Bijaksana Sebelum dan Sesudah Program Penyuluhan. *AgroSainTa: Widyaiswara Mandiri Membangun Bangsa*, *10*(1), 37–47. https://doi.org/https://doi.org/10.51589/2d5wyf57

Hippert, J., Talibov, M., Morlais, F., Brugioni, M., Perrier, S., Baldi, I., Crépet, A., & Lebailly, P. (2024). Identification of pesticide mixtures to which French agricultural workers and farm-owners are exposed: Results from the Agriculture and Cancer (AGRICAN) cohort study. *Science of The Total Environment*, *955*, 176607. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176607

Ibrahim, I., Lating, Z., Makayaino, H., Rumaolat, W., Sely, M. D., & Sillehu, S. (2025). Paparan Pestisida Sebagai Faktor Risiko Gangguan Kesehatan pada Petani Hortikultura di Desa Waimital Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, *24*(3), 398–405. https://doi.org/10.14710/jkli.77473

Ipmawati, P. A., Rusmiati, R., Suharno, S., Irianto, T. D., Sidiq, A. V., Estim, A., & Wardoyo, S. (2025). The Effect of Pesticide Exposure on Metabolic Syndrome: An Epidemiological Analysis in an Agricultural Population. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, *21*(3), 286–297. https://doi.org/https://doi.org/10.30597/mkmi.v21i3.46352

Issa, S. T., Takshe, A. A., Alwan, N. H., & ElBarazi, I. (2023). Editorial: Pesticides exposure and public health. *Frontiers in Public Health*, *11*. https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1211115

Kangavari, M., Sarvi, M., Afshari, M., & Maleki, S. (2024). Understanding determinants related to farmers' protective measures towards pesticide exposure: A systematic review. *PLOS ONE*, *19*(2), e0298450. https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298450

Kapeleka, J. A. (2024). Quantification of pesticide dosage and determinants of excessive pesticide use in smallholder vegetable production systems in Tanzania. *Heliyon*, *10*(24). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41070

Kementerian Kesehatan RI. (2016). *Pedoman Penggunaan Pestisida Secara Aman dan Sehat di Tempat Kerja Sektor Pertanian (Bagi Petugas Kesehatan)* (Kementerian Kesehatan RI, Ed.; Edisi Pertama). Kementerian Kesehatan RI.

Kumar, S. N., Khan, N. H., Reda, Y., Beigh, H. H., Bastia, B., Vaibhav, K., Jain, A. K., & Raisuddin, S. (2025). Pesticide Exposure in Agricultural Workplaces and Resultant Health Effects in Women. *Birth Defects Research*, *117*(4). https://doi.org/https://doi.org/10.1002/bdr2.2460

Kuncoro, B. A., & Pertiwi, K. D. (2026a). Hubungan Paparan Pestisida dan Risiko Pencemaran Lingkungan Kerja dengan Keluhan Kesehatan pada Teknisi Pengendalian Vektor Sektor Komersial. *Pro Health Jurnal Ilmiah Kesehatan*, *8*(1), 34–43. https://jurnal.unw.ac.id/index.php/PJ/article/view/5008/3009

Kuncoro, B. A., & Pertiwi, K. D. (2026b). Hubungan Paparan Pestisida dan Risiko Pencemaran Lingkungan Kerja dengan Keluhan Kesehatan pada Teknisi Pengendalian Vektor Sektor Komersial. *Pro Health Jurnal Ilmiah Kesehatan*, *8*(1), 23–34. https://jurnal.unw.ac.id/index.php/PJ/article/view/5008

Lari, S., Medithi, S., Kasa, Y. D., Pandiyan, A., & Jonnalagadda, P. (2021). Pesticide handling practices and self-reported morbidity symptoms among farmers. *Archives of Environmental & Occupational Health*, *76*(8), 471–481. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/19338244.2020.1828245

Martin, O., Scholze, M., Ermler, S., McPhie, J., Bopp, S. K., Kienzler, A., Parissis, N., & Kortenkamp, A. (2021). Ten years of research on synergisms and antagonisms in chemical mixtures: A systematic review and quantitative

reappraisal of mixture studies. *Environment International*, *146*, 106206. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106206

Martin, O. V. (2023). Synergistic effects of chemical mixtures: How frequent is rare? *Current Opinion in Toxicology*, *36*, 100424. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cotox.2023.100424

Mdeni, N. L., Adeniji, A. O., Okoh, A. I., & Okoh, O. O. (2022). Analytical Evaluation of Carbamate and Organophosphate Pesticides in Human and Environmental Matrices: A Review. *Molecules*, *27*(3), 618. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules27030618

Miftah Farid, M., Purnamawati, D., Ahmad Dahlan, J. K., & Selatan, T. (2026). Determinan Gangguan Kesehatan Kronis Akibat Paparan Pestisida pada Petani Indonesia: Systematic Literature Review. *Jurnal Kesehatan Tropis Indonesia*, *4*(4), 122–128. https://doi.org/https://doi.org/10.56211/pubhealth.v5i1.1739

Moreira, A., & da Silva, M. V. (2023). Pesticide Application as a Risk Factor/Behaviour for Workers' Health: A Systematic Review. *Environments*, *10*(9), 160. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/environments10090160

Mouvanal Haridas, V., Kannan, K., Venugopal, D., Arumugam, V., & Arumugam, M. (2023). Geospatial assessment of variations in the heavy metals and pesticides concentration in the agricultural environment of Kasaragod District, Kerala, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, *195*(2), 296. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10661-022-10859-2

Muñoz-Quezada, M. T., Iglesias, V., Zúñiga-Venegas, L., Pancetti, F., Foerster, C., Landeros, N., Lucero, B., Schwantes, D., & Cortés, S. (2025). Exposure to pesticides in Chile and its relationship with carcinogenic potential: a review. *Frontiers in Public Health*, *13*. https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1531751

Muzaqi, L., Nur Qolby, Q., Kurniawan, I., Sakti, P., Maritsal Chakim, B., Devi Ardianingsih, A., Putri Perdana, M., Elya, I., & Dian Pertiwi, K. (2025). Analisis Risiko Pajanan Dermal Pestisida Cair pada Petani Tradisional Dengan Pendekatan DREAM (Dermal Risk Exposure Assessment Method). *Pro Health Jurnal Ilmiah Kesehatan*, *7*(2), 1–8. https://jurnal.unw.ac.id/index.php/PJ/article/view/4008

Nagy, K., Duca, R. C., Lovas, S., Creta, M., Scheepers, P. T. J., Godderis, L., & Ádám, B. (2020). Systematic review of comparative studies assessing the toxicity of pesticide active ingredients and their product formulations. *Environmental Research*, *181*, 108926. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108926

Nindya Azfarina Jamhur, Fitria Saftarina, Hesti Yuningrum, & Retno Ariza Soeprihatini Soemarwoto. (2026). Studi Literatur Pengaruh Paparan Pestisida terhadap Fungsi Paru. *Populer: Jurnal Penelitian Mahasiswa*, *5*(2), 355–372. https://doi.org/https://doi.org/10.58192/populer.v5i2.4996

Nuraeni, N., Herdiansyah, H., Fatmah, F., Agustina, H., & Yusuf, R. (2026). Preventing Pesticide Toxicity Risk Through Self-Reported Practices in Children of Farming Communities: A Social Practice Theory Perspective. *Journal of Xenobiotics*, *16*(3), 117. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/jox16030117

Oltramare, C., Mediouni, Z., Shoman, Y., Hopf, N. B., Graczyk, H., & Berthet, A. (2023). Determinants of Pesticide Exposure in Occupational Studies: A Meta-Analysis. *Toxics*, *11*(7), 623. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/toxics11070623

Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Tentang Rencana Strategis Kementerian Ketenagakerjaan Tahun 2025-2029, Pub. L. Nomor 9 Tahun 2025, Kementerian Ketenagakerjaan RI 1 (2025). https://ppid.kemnaker.go.id/uploads/informasi_publik/551882144.pdf

Purba, I. G., & Kusnoputranto, H. (2025). Subjective Health Complaints in Women Famers Exposed to Pesticides in Agricultural Area. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *23*(1), 104–112. https://doi.org/10.14710/jil.23.1.104-112

Purba, I. G., Trisnaini, I., & Razak, R. (2023). Keluhan Kesehatan Subjektif Akibat Pajanan Pestisida pada Petani Palawijaya di Kecamatan Dempo Utara Pagar Alam. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, *22*(3), 282–293. https://doi.org/10.14710/jkli.22.3.282-293

Rumaf, F., Akbar, H., Fauzan, M. R., Rismayani, B., Tungkagi, M. Z., & Mamonto, C. (2026). Determinant of Contact Dermatitis Complaints in Rice Farmers in East Kotamobagu District. *Afiasi: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, *11*(1), 2442–5885. https://doi.org/https://doi.org/10.31943/afiasi.v11i1.576

Sapatullah, A. I., Hidayati, F., Azhary, M. R., & Aswin, B. (2026). Faktor Keluhan Gangguan Kesehatan pada Petani Padi Pengguna Pestisida Desa Pudak Kecamatan Muara Kumpeh Kabupaten Muara Jambi Tahun 2026. *PubHealth Jurnal Kesehatan Masyarakat*, *5*(1), 122–128. https://doi.org/10.56211/pubhealth.v5i1.1739

Sapbamrer, R., & Thammachai, A. (2020). Factors affecting use of personal protective equipment and pesticide safety practices: A systematic review. *Environmental Research*, *185*, 109444. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109444

Shaji, S., Gowda, B., Gurusiddappa, L. H., Veeresh, S. J., Kalikeri, S., Bellari, K., & Tewari, J. (2024). Navigating the Hazards: A Review of Pesticides and Their Effects on Human Well-Being. *World Journal of Environmental Biosciences*, *13*(2), 21–30. https://doi.org/10.51847/yl4o018DzR

Taenzler, V., Weyers, A., Maus, C., Ebeling, M., Levine, S., Cabrera, A., Schmehl, D., Gao, Z., & Rodea-Palomares, I. (2023). Acute toxicity of pesticide mixtures to honey bees is generally additive, and well predicted by Concentration Addition. *Science of The Total Environment*, *857*, 159518. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159518

Tudi, M., Li, H., Li, H., Wang, L., Lyu, J., Yang, L., Tong, S., Yu, Q. J., Ruan, H. D., Atabila, A., Phung, D. T., Sadler, R., & Connell, D. (2022). Exposure Routes and Health Risks Associated with Pesticide Application. *Toxics*, *10*(6), 335. https://doi.org/10.3390/toxics10060335

Venugopal, D., Beerappa, R., Chauhan, D., Karunamoorthy, P., Ambikapathy, M., Mohankumar, T., Gaikwad, A., & Kondhalkar, S. (2025). Occupational health complaints and demographic features of farmers exposed to agrochemicals during agricultural activity. *BMC Public Health*, *25*(1), 2416. https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12889-025-23174-5

Wicaksono, R. I., Manunel, E. S., Pawitra, A. S., Diyanah, K. C., Keman, S., Azizah, R., & Yudhastuti, R. (2023). Literature Review: Impact of Organophosphate Pesticide Exposure on Cholinesterase Enzyme Activity and Associated Risk Factors for Poisoning, 2017-2020. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, *15*(4), 247–256. https://doi.org/https://doi.org/10.20473/jkl.v15i4.2023.247-256

Zhou, W., Li, M., & Achal, V. (2025). A comprehensive review on environmental and human health impacts of chemical pesticide usage. *Emerging Contaminants*, *11*(1), 1–13. https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100410