



Homepage Journal: <https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS>

Penggunaan Pestisida dalam Pertanian: Resiko Kesehatan dan Alternatif Ramah Lingkungan

Pesticide Use in Agriculture: Health Risks and Environmentally Friendly Alternatives

Fitriah Suryani Jamin^{1*}, Dianta Mustofa Kamal Restu Auliani², Mustar Rusli³, Susatyo Adhi Pramono⁴

¹Universitas Negeri Gorontalo, fitriah.jamin@ung.ac.id

²Politeknik Negeri Jakarta, dianta@pnj.ac.id

³Poltekkes Kemenkes RI Medan, restuauliani02@yahoo.com

³Poltekkes Kemenkes RI Medan,

⁴Universitas Wijayakusuma Purwokerto, susatyoadhipramono@gmail.com

*Corresponding Author: E-mail: fitriah.jamin@ung.ac.id

Artikel Penelitian

Article History:

Received: 28 Oct, 2024

Revised: 13 Nov, 2024

Accepted: 26 Nov, 2024

Kata Kunci:

Kesehatan masyarakat;

Pestisida;

Pertanian

Keywords:

Agriculture;

Pesticides;

Public Health;

DOI: 10.56338/jks.v7i11.6342

ABSTRAK

Penggunaan pestisida dalam pertanian merupakan praktik umum yang meningkatkan hasil panen, namun berpotensi menimbulkan masalah serius terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak penggunaan pestisida, termasuk risiko kesehatan yang dihadapi petani dan masyarakat, serta pencemaran lingkungan yang ditimbulkannya. Penelitian ini menganalisis berbagai sumber data terkait dampak pestisida dengan menggunakan metode studi literatur, seperti gangguan kesehatan akut dan kronis serta penurunan keanekaragaman hayati. Hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun pestisida kimiawi dapat meningkatkan produksi pertanian, penggunaan yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan keracunan, pencemaran air, tanah, dan udara, serta degradasi ekosistem. Penelitian ini menyarankan alternatif penerapan metode pengendalian hama terpadu (PHT) dan penggunaan bio-pestisida yang lebih ramah lingkungan. Hasil studi ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi kebijakan pertanian berkelanjutan dan meningkatkan kesadaran akan risiko kesehatan serta lingkungan dari penggunaan pestisida di Indonesia.

ABSTRACT

The use of pesticides in agriculture is a common practice that increases crop yields but has the potential to pose serious problems for human health and the environment. This research aims to explore the impacts of pesticide use, including the health risks faced by farmers and communities, as well as the environmental pollution it causes. The study analyzes various data sources related to the impacts of pesticides using a literature review methodology, focusing on issues such as acute and chronic health disorders and the decline in biodiversity. The analysis results indicate that although chemical pesticides can enhance agricultural production, poorly managed use can lead to poisoning, pollution of water, soil, and air, as well as ecosystem degradation. This research recommends alternative applications of integrated pest management (IPM) methods and the use of more environmentally friendly bio-pesticides. The findings of this study are expected to provide insights for sustainable agricultural policies and raise awareness of the health and environmental risks associated with pesticide use in Indonesia.

PENDAHULUAN

Penggunaan pestisida dalam sektor pertanian telah menjadi praktik umum di banyak negara, termasuk Indonesia. Pestisida digunakan untuk melindungi tanaman dari serangan hama, penyakit, dan gulma yang dapat mengurangi hasil panen. Namun, penggunaan pestisida yang berlebihan dan tidak terkontrol menimbulkan berbagai permasalahan, terutama terkait dengan kesehatan manusia dan lingkungan. Paparan pestisida berisiko menyebabkan berbagai penyakit, mulai dari gangguan kesehatan ringan hingga penyakit kronis yang serius, seperti kanker. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih mendalam tentang dampak pestisida serta upaya mencari alternatif ramah lingkungan menjadi semakin penting. Pertanian modern yang mengandalkan pestisida kimiawi sering kali meningkatkan efisiensi produksi. Dengan penggunaan pestisida, petani dapat meningkatkan hasil panen dan memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat. Namun, efek samping dari penggunaan pestisida ini adalah pencemaran lingkungan, seperti pencemaran air, tanah, dan udara. Residu pestisida yang tersisa dalam tanah dan air dapat mengancam keanekaragaman hayati dan merusak ekosistem secara keseluruhan.

Salah satu dampak negatif utama dari penggunaan pestisida kimia adalah penurunan keanekaragaman hayati. Suryani et al. mencatat bahwa penggunaan pestisida dapat membunuh organisme non-target, termasuk serangga yang bermanfaat dan predator alami hama, yang pada gilirannya dapat mengganggu keseimbangan ekosistem (Suryani et al., 2020; Suryani, 2020). Hal ini dapat menyebabkan peningkatan populasi hama yang lebih besar, menciptakan ketergantungan yang lebih besar pada pestisida kimia. Selain itu, penggunaan pestisida berbahaya seperti karbofuran dapat menyebabkan degradasi lingkungan yang serius, termasuk pencemaran air dan tanah, serta akumulasi residu berbahaya dalam rantai makanan (Alfiansyah, 2023; Fitriadi & Putri, 2016). Meskipun pestisida memiliki peran penting dalam meningkatkan hasil pertanian, penggunaannya yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan dampak lingkungan yang serius. Oleh karena itu, penting untuk mengadopsi pendekatan yang lebih berkelanjutan dalam pengendalian hama, termasuk penggunaan pestisida ramah lingkungan dan pendidikan bagi petani untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Selain dampak lingkungan, penggunaan pestisida juga memiliki konsekuensi serius terhadap kesehatan masyarakat. Petani dan pekerja pertanian sering terpapar pestisida langsung, baik melalui kulit maupun inhalasi. Hal ini dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, termasuk keracunan akut, iritasi kulit, gangguan pernapasan, dan, dalam kasus yang lebih parah, kerusakan organ. Paparan jangka panjang dapat meningkatkan risiko penyakit kronis, seperti gangguan hormonal dan gangguan. Menurut Ihsan et al., penggunaan pestisida bertujuan untuk menghilangkan tanaman pengganggu dan organisme lain yang dapat merusak hasil pertanian, sehingga dapat meningkatkan produksi (Ihsan et al., 2022). Namun, penggunaan pestisida yang berlebihan dapat menyebabkan keracunan pada petani dan pencemaran lingkungan. Liem menyoroti bahwa pekerja pertanian yang rutin mengaplikasikan pestisida organofosfat berisiko tinggi mengalami dampak kesehatan yang serius akibat pajanan bahan kimia tersebut (Liem, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pestisida dapat meningkatkan hasil pertanian, risiko kesehatan yang ditimbulkan tidak bisa diabaikan.

Kesadaran mengenai risiko penggunaan pestisida terhadap kesehatan dan lingkungan di Indonesia terbilang masih rendah. Banyak petani yang tidak memiliki pengetahuan tentang penggunaan pestisida yang aman dan tidak dilengkapi dengan alat pelindung diri yang memadai. Selain itu, regulasi penggunaan pestisida sering kali kurang efektif dalam mengontrol jenis dan jumlah pestisida yang digunakan di lapangan. Hal ini mengakibatkan dampak buruk bagi masyarakat yang tinggal di sekitar area pertanian. Dari sudut pandang kesehatan, penggunaan pestisida yang tidak tepat dapat menyebabkan keracunan dan gangguan kesehatan lainnya. Mutia dan Oktarlina mencatat bahwa keracunan pestisida kronis menjadi masalah serius di kalangan petani, yang sering kali tidak memiliki pengetahuan yang cukup mengenai penggunaan yang aman (Mutia & Oktarlina, 2020). Selain itu, penelitian oleh Ibrahim dan Senoaji menunjukkan bahwa penggunaan pestisida dapat mengganggu ekosistem, termasuk mengurangi keanekaragaman hayati dengan membunuh musuh alami hama

(Ibrahim & Senoaji, 2022). Hal ini berpotensi menyebabkan peningkatan populasi hama yang lebih besar, menciptakan siklus ketergantungan pada pestisida yang lebih tinggi.

Kebutuhan akan solusi yang lebih ramah lingkungan dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman semakin mendesak. Salah satu pendekatan yang dapat diambil adalah penerapan metode pengendalian hama terpadu (PHT) yang menggabungkan berbagai teknik, termasuk penggunaan pestisida alami, rotasi tanaman, dan pengendalian biologis. Penerapan PHT ini dapat mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia serta mengurangi risiko kesehatan dan kerusakan lingkungan. Erawati mengungkapkan bahwa penggunaan pestisida sintetik yang tidak bijaksana dapat menyebabkan residu pada produk pertanian, pencemaran lingkungan, dan kematian organisme bukan sasaran (Erawati, 2023). Selain itu, Nurjannah et al. menekankan pentingnya deteksi residu pestisida dalam produk pangan, karena residu tersebut dapat berbahaya bagi kesehatan manusia (Nurjannah et al., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan pestisida tidak hanya berdampak pada kesehatan petani, tetapi juga pada konsumen dan ekosistem secara keseluruhan.

Penggunaan pestisida alami atau bio-pestisida juga menjadi alternatif yang menjanjikan. Bio-pestisida biasanya berasal dari tumbuhan atau mikroorganisme yang aman bagi lingkungan dan tidak meninggalkan residu berbahaya. Contohnya, penggunaan ekstrak tanaman tertentu yang memiliki sifat anti-hama dapat menjadi solusi efektif tanpa merusak lingkungan. Namun, tantangan yang dihadapi dalam penggunaan bio-pestisida adalah efektivitas yang mungkin tidak sekuat pestisida kimia, sehingga membutuhkan penelitian lebih lanjut. Salah satu tantangan utama adalah variasi dalam komposisi dan konsentrasi bahan aktif dalam bio-pestisida. Menurut Hanudin et al., efektivitas bio-pestisida sangat bergantung pada jenis mikroba atau bahan alami yang digunakan, yang dapat bervariasi dalam kemampuan mereka untuk mengendalikan hama (Hanudin et al., 2018). Misalnya, bio-pestisida yang berbasis ekstrak tembakau dari limbah puntung rokok menunjukkan potensi, tetapi efektivitasnya mungkin tidak konsisten tergantung pada cara pembuatan dan konsentrasi yang digunakan (Siswoyo et al., 2018). Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan bio-pestisida memerlukan penelitian lebih lanjut untuk memastikan konsistensi dan efektivitasnya.

Perkembangan teknologi juga membuka peluang baru untuk mengembangkan solusi pertanian yang lebih hijau dan berkelanjutan. Inovasi seperti sensor lingkungan, sistem pemantauan tanaman berbasis Internet of Things (IoT), dan analisis data dapat membantu petani mengelola lahan pertanian secara lebih efisien dan ramah lingkungan. Teknologi ini memungkinkan pemantauan yang akurat sehingga pestisida hanya digunakan ketika benar-benar diperlukan. Tingkat pendidikan petani dan ketersediaan informasi tentang penggunaan pestisida yang aman sangat berpengaruh dalam mengurangi risiko kesehatan dan lingkungan. Lindungan diri selama proses penyemprotan pestisida. Kebijakan pemerintah yang mendukung pertanian berkelanjutan juga merupakan faktor penting dalam mengurangi dampak negatif penggunaan pestisida. Pemerintah dapat mendorong penggunaan pestisida ramah lingkungan melalui insentif, subsidi untuk produk organik, atau pembatasan ketat pada penggunaan pestisida berbahaya. Dengan adanya regulasi yang lebih ketat, diharapkan petani dapat mengurangi penggunaan pestisida kimiawi dan beralih ke metode yang lebih aman.

Insentif bagi petani untuk beralih ke praktik pertanian organik dapat meningkatkan penggunaan pestisida ramah lingkungan. Menurut Manalu, insentif dapat berupa dukungan finansial atau pelatihan yang membantu petani memahami manfaat dan cara penggunaan pestisida nabati Manalu (2020). Dengan memberikan insentif, pemerintah atau lembaga terkait dapat mendorong petani untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia yang berbahaya. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Meliansyah, yang menunjukkan bahwa pengetahuan tentang produk ramah lingkungan dapat mempengaruhi minat petani untuk beralih ke pertanian organik (Meliansyah, 2023). Dengan demikian, insentif yang tepat dapat meningkatkan kesadaran dan adopsi pestisida ramah lingkungan.

Peningkatan permintaan konsumen terhadap produk pangan yang aman dan bebas dari residu kimia juga mendorong peralihan ke praktik pertanian yang lebih hijau. Konsumen kini semakin sadar akan

dampak kesehatan yang ditimbulkan oleh pestisida dan cenderung memilih produk organik yang lebih sehat. Hal ini memberi tekanan bagi petani untuk mencari alternatif yang lebih aman dalam memproduksi pangan. pembatasan ketat pada penggunaan pestisida berbahaya dapat mendorong peralihan ke pestisida ramah lingkungan. Alfiansyah menekankan pentingnya regulasi yang lebih ketat untuk mengatur penggunaan pestisida kimia yang berbahaya, sehingga mendorong industri untuk mengembangkan dan memproduksi pestisida yang lebih aman (Alfiansyah, 2023). Dengan demikian, penelitian ini penting dilakukan untuk mengeksplorasi risiko kesehatan dari penggunaan pestisida dalam pertanian dan mencari alternatif yang lebih ramah lingkungan. Upaya ini tidak hanya bermanfaat bagi petani tetapi juga bagi masyarakat luas yang mengonsumsi produk pangan dari hasil pertanian. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam mengurangi dampak negatif pestisida dan mendukung pertanian yang berkelanjutan di masa depan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi literature. Studi literatur untuk penelitian mengenai penggunaan pestisida dalam pertanian, risiko kesehatan, dan alternatif ramah lingkungan dimulai dengan merumuskan tujuan dan pertanyaan penelitian yang jelas. Pertanyaan tersebut diarahkan pada dampak kesehatan dan lingkungan dari penggunaan pestisida, serta alternatif pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan. Langkah ini diikuti dengan mencari sumber data yang relevan, seperti jurnal, artikel penelitian, dan buku yang membahas dampak pestisida, terutama pada manusia dan lingkungan. Setelah literatur terkumpul, langkah selanjutnya adalah memilih dan menyaringnya berdasarkan relevansi, tahun publikasi, serta kredibilitas sumber. Literatur tersebut kemudian dianalisis dan dikelompokkan berdasarkan tema, misalnya dampak kesehatan pestisida, pencemaran lingkungan, dan metode alternatif seperti pengendalian hama biologis. Tahap ini penting untuk mengidentifikasi tren, kesenjangan penelitian, serta pandangan yang saling bertentangan.

Hasil analisis literatur ini kemudian disusun dalam bentuk sintesis, di mana berbagai temuan dari sumber yang berbeda digabungkan untuk menemukan pola umum dan kesenjangan penelitian. Sintesis ini juga berfungsi sebagai dasar untuk mengembangkan kerangka teoretis atau konseptual, yang mencakup konsep utama seperti dampak pestisida terhadap kesehatan dan lingkungan serta pengendalian hama alternatif. Akhirnya, penelitian ini disusun dalam laporan sistematis yang mencakup pendahuluan, metode pencarian literatur, hasil analisis, dan kesimpulan. Kesimpulan dari studi literatur ini mencakup rangkuman temuan utama dan peluang penelitian lebih lanjut yang dapat menjawab kekurangan atau tantangan dalam topik ini, sehingga memberikan arah bagi upaya penelitian atau implementasi praktis di sektor pertanian.

HASIL

Tabel 1. Data Ketergantungan pada Pestisida Kimia

Tahun	Wilayah	Penggunaan (Kg/Ha)
2019	Dunia	2,2
2020	Dunia	2,29
2021	Dunia	2,35
2022	Amerika	5,11
2022	Oceania	1,98
2022	Asia	1,87
2022	Eropa	1,64
2022	Africa	0,69
2023	Global (Perkiraan)	2,37

Sumber: *Food and Agriculture Organization (FAO)*

Tabel ini menunjukkan tren ketergantungan global terhadap pestisida kimia, dengan peningkatan bertahap dari 2,2 Kg/Ha pada 2019 menjadi perkiraan 2,37 Kg/Ha pada 2023. Penggunaan pestisida pada tahun 2022 bervariasi di berbagai wilayah, dengan Amerika mencatat tingkat tertinggi (5,11 Kg/Ha), sementara Afrika terendah (0,69 Kg/Ha). Oceania, Asia, dan Eropa berada di sekitar rata-rata global. Perbedaan ini mungkin dipengaruhi oleh praktik pertanian, regulasi, dan akses terhadap pestisida di masing-masing wilayah.

Tabel 2. Hasil Analisis

Aspek Penelitian	Pestisida Kimiawi	Alternatif Ramah Lingkungan
Dampak Kesehatan	Meningkatkan risiko penyakit kronis seperti kanker (WHO dan FAO, 2020)	Minimal efek samping pada kesehatan manusia (Isman, 2017)
Dampak Lingkungan	Pencemaran air, tanah, dan udara (Rahman et al., 2018)	Ramah lingkungan, tidak meninggalkan residu berbahaya (Desneux et al., 2019)
Efektivitas	Efektif dalam pengendalian hama dengan hasil panen tinggi (WHO dan FAO, 2020)	Efektivitas bergantung pada jenis hama dan kondisi lingkungan (Isman, 2017)
Teknologi Pendukung	Tidak memerlukan teknologi khusus	IoT dan sensor lingkungan untuk pengendalian yang lebih tepat (Sankaran et al., 2019; Almeida et al., 2021)
Kebutuhan Kebijakan dan Dukungan	Perlu regulasi ketat untuk membatasi penggunaan (Mancini et al., 2020)	Mendukung kebijakan pertanian berkelanjutan dan subsidi produk alami (Mancini et al., 2020)

Penggunaan pestisida dalam sektor pertanian memiliki dampak yang signifikan terhadap kesehatan manusia. Organisasi Kesehatan Dunia WHO dan Organisasi Pangan dan Pertanian FAO melaporkan bahwa paparan pestisida yang tinggi dapat meningkatkan risiko penyakit kronis seperti kanker dan gangguan endokrin (WHO & FAO, 2020). Selain itu, residu pestisida di lingkungan menyebabkan pencemaran air dan tanah, yang berpotensi merusak ekosistem lokal (Rahman et al., 2018). Sebagai alternatif yang lebih aman, metode pengendalian hama ramah lingkungan seperti pestisida alami dan pengendalian hama terpadu (PHT) semakin diakui. Menurut penelitian Isman (2017), ekstrak tumbuhan tertentu terbukti efektif sebagai pestisida alami tanpa meninggalkan residu berbahaya. Selain itu, penerapan PHT yang melibatkan rotasi tanaman dan penggunaan musuh alami hama juga dapat mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia (Desneux et al., 2019).

Teknologi modern seperti *Internet of Things* (IoT) dan sensor lingkungan membantu mengurangi penggunaan pestisida dengan memantau kondisi tanaman secara akurat dan hanya menggunakan pestisida saat diperlukan (Almeida et al., 2021). Teknologi ini memungkinkan petani untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia (Sankaran et al., 2019). Hasil studi literatur ini juga menyoroti perlunya kebijakan pemerintah dalam mendukung praktik pertanian berkelanjutan. Pemerintah dapat membantu melalui subsidi produk organik dan peraturan ketat terhadap pestisida kimiawi untuk mendukung transisi ke metode yang lebih aman (Mancini et al., 2020). Program edukasi dan pelatihan kepada petani tentang risiko pestisida serta alternatif ramah

lingkungan juga sangat diperlukan

DISKUSI

Dampak Kesehatan Pestisida Terhadap Manusia

Pestisida kimiawi banyak digunakan dalam sektor pertanian karena efektifitasnya dalam melawan hama dan meningkatkan hasil panen. Namun, dampaknya terhadap kesehatan manusia sangat serius. Teori paparan toksikologi (toxic exposure theory) menjelaskan bahwa paparan langsung atau residu yang tertinggal dari pestisida dapat menyebabkan gangguan pada sistem tubuh manusia, seperti sistem saraf dan sistem endokrin. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dan penelitian dari Rahman et al. (2018) mendukung teori ini dengan menunjukkan bahwa pestisida dapat menyebabkan gangguan kesehatan mulai dari keracunan akut hingga kanker pada paparan jangka panjang. Petani yang sering terpapar pestisida melalui kulit atau pernapasan berisiko tinggi mengalami dampak kesehatan yang buruk. Berdasarkan teori kesehatan kerja, pekerja pertanian yang terpapar pestisida tanpa alat pelindung yang memadai akan terpengaruh secara langsung oleh bahan kimia beracun tersebut. Penggunaan pestisida yang tidak diatur secara ketat juga meningkatkan paparan residu pada konsumen melalui bahan pangan yang terkontaminasi. Hal ini sejalan dengan teori paparan residual, yang menyatakan bahwa residu pestisida yang tertinggal dalam bahan pangan dapat terakumulasi dalam tubuh manusia. Selain itu, efek pestisida terhadap kesehatan tidak hanya terbatas pada pekerja pertanian tetapi juga pada masyarakat sekitar.

Menurut teori epidemiologi lingkungan, paparan zat kimia seperti pestisida di udara dan air dapat berdampak pada populasi yang lebih luas. Bukti dari WHO dan FAO menunjukkan adanya risiko kesehatan di sekitar area pertanian yang intensif menggunakan pestisida, memperkuat argumen bahwa regulasi lebih ketat diperlukan untuk melindungi masyarakat luas dari dampak negatif ini. Penggunaan pestisida dalam pertanian memiliki dampak kesehatan yang signifikan terhadap manusia, terutama bagi petani dan individu yang terpapar secara langsung. Paparan pestisida dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, mulai dari efek jangka pendek hingga jangka panjang, yang dapat mempengaruhi kualitas hidup dan kesehatan masyarakat secara keseluruhan. Salah satu dampak kesehatan yang paling umum dari paparan pestisida adalah keracunan. Menurut penelitian oleh Ihsan et al., pestisida merupakan bahan beracun yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan, dari yang ringan hingga berat, bahkan dapat berakibat fatal (Ihsan et al, 2022). Keracunan dapat terjadi akibat kontak langsung dengan pestisida saat aplikasi, atau melalui konsumsi produk pertanian yang terkontaminasi residu pestisida. Penelitian oleh Fikri menunjukkan bahwa penggunaan pestisida dengan dosis tinggi dapat menyebabkan ketergantungan dan meningkatkan risiko kesehatan bagi petani (Fikri, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman yang kurang tentang penggunaan pestisida yang aman dapat berkontribusi pada insiden keracunan.

Dampak Lingkungan dari Penggunaan Pestisida

Penggunaan pestisida tidak hanya berdampak pada kesehatan manusia, tetapi juga menyebabkan kerusakan lingkungan. Teori siklus bahan kimia di lingkungan (chemical cycle theory) menjelaskan bagaimana pestisida dapat masuk ke dalam tanah, air, dan udara, dan pada akhirnya menyebar ke seluruh ekosistem. Laporan dari European Environment Agency (2019) menunjukkan bahwa pestisida mencemari sumber air, mengganggu kualitas tanah, dan mengancam keanekaragaman hayati dengan mengganggu organisme non-target seperti serangga penyerbuk. Selain mencemari tanah dan air, residu pestisida juga berdampak pada kualitas udara, terutama di daerah pertanian yang intensif. Teori polusi udara menjelaskan bahwa partikel pestisida yang terbawa oleh angin dapat mencemari udara dan terhirup oleh manusia maupun hewan, sehingga berisiko menyebabkan masalah pernapasan dan penyakit lainnya. Efek ini dapat dirasakan dalam jangka panjang, karena pestisida yang terdeposit pada tanah atau tumbuhan dapat terakumulasi di sepanjang rantai makanan, mengancam kelestarian lingkungan.

Berdasarkan teori ekologi toksik (*ecotoxicology*), efek toksik pestisida pada organisme non-target berdampak pada kestabilan ekosistem. Ketika organisme tertentu, seperti serangga atau mikroorganisme tanah, terkena dampak pestisida, rantai makanan dapat terganggu dan berdampak pada seluruh ekosistem. Penelitian dari Desneux et al. (2019) memperkuat pandangan ini, menunjukkan bahwa pestisida kimiawi memiliki dampak jangka panjang pada keanekaragaman hayati dan stabilitas ekosistem, yang semakin memperkuat perlunya pendekatan pertanian berkelanjutan. Teori ekologi toksik adalah pendekatan yang digunakan untuk memahami dampak bahan kimia, termasuk pestisida, terhadap organisme dan ekosistem. Teori ini berfokus pada interaksi antara bahan kimia dan lingkungan, serta bagaimana paparan terhadap bahan kimia tersebut dapat mempengaruhi kesehatan individu dan populasi, serta keseimbangan ekosistem secara keseluruhan. Salah satu aspek penting dari teori ekologi toksik adalah pemahaman tentang bagaimana pestisida dapat mempengaruhi berbagai tingkat organisasi biologis, mulai dari individu hingga komunitas dan ekosistem. Menurut Widyanti et al., penggunaan pestisida yang tidak tepat dapat menyebabkan berbagai keluhan kesehatan pada petani, seperti gangguan pernapasan, gangguan saraf, dan masalah kulit Widyanti et al. (2021). Hal ini menunjukkan bahwa paparan pestisida tidak hanya berdampak pada individu, tetapi juga dapat mempengaruhi kesehatan populasi petani secara keseluruhan.

Pengembangan Alternatif Ramah Lingkungan dalam Pengendalian Hama

Pengendalian hama dengan pendekatan yang lebih ramah lingkungan, seperti penggunaan pestisida alami dan metode pengendalian hama terpadu (PHT), menawarkan solusi yang lebih aman dan berkelanjutan. Berdasarkan teori agroekologi, praktik pertanian seharusnya mempertimbangkan keseimbangan ekosistem dengan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Penggunaan pestisida alami, seperti ekstrak tumbuhan yang memiliki sifat anti-hama, sejalan dengan prinsip agroekologi, yang menekankan penggunaan sumber daya alami untuk mengurangi ketergantungan pada bahan kimia. Metode PHT yang mengintegrasikan teknik biologis, mekanis, dan fisik dalam pengendalian hama juga didukung oleh teori pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture theory*). Metode ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan pestisida kimiawi dan menggantinya dengan pendekatan yang lebih ramah lingkungan, seperti rotasi tanaman, pelepasan musuh alami hama, dan pemantauan hama yang intensif. Penelitian dari Mancini et al. (2020) menunjukkan bahwa PHT mampu mengurangi ketergantungan pada pestisida tanpa mengorbankan hasil panen.

Dalam konteks perkembangan teknologi, teori teknologi hijau (*green technology theory*) mendorong penggunaan teknologi seperti IoT untuk memantau kondisi tanaman secara real-time. Hal ini memungkinkan pestisida digunakan hanya saat benar-benar diperlukan, mengurangi pemborosan dan dampak lingkungan. Menurut Sankaran et al. (2019), penerapan IoT dan sensor lingkungan dalam pertanian berpotensi mengoptimalkan pengelolaan hama dengan cara yang lebih efektif dan ramah lingkungan, mendukung transisi menuju praktik pertanian yang lebih berkelanjutan. Salah satu aplikasi nyata dari teori ini adalah dalam pengembangan sistem pertanian pintar yang memanfaatkan IoT untuk memantau berbagai parameter lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Misalnya, Darmawan et al. menjelaskan bahwa sistem "Smart Garden" yang berbasis teknologi cerdas dapat digunakan untuk memantau pertumbuhan tanaman, mengoptimalkan kegiatan panen, dan mendukung program ekoturisme Darmawan et al. (2022). Dengan menggunakan sensor yang terhubung ke internet, petani dapat mengakses data secara real-time mengenai kondisi tanaman, seperti kelembaban tanah, suhu, dan kebutuhan nutrisi. Lebih lanjut, Rasna dan Alam menunjukkan bahwa sistem smart farming berbasis IoT dapat mengendalikan dan memonitor kelembaban tanah dengan metode fuzzy, yang memungkinkan penyiraman otomatis ketika kelembaban tanah berada di bawah ambang batas tertentu (Rasna & Alam, 2022). Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air, tetapi juga memastikan bahwa tanaman mendapatkan asupan air yang cukup untuk pertumbuhannya.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan penggunaan pestisida kimiawi di sektor pertanian telah terbukti memberikan dampak serius terhadap kesehatan manusia, lingkungan, dan stabilitas ekosistem. Paparan pestisida, baik langsung pada petani maupun tidak langsung melalui residu pada bahan pangan, meningkatkan risiko penyakit kronis, keracunan akut, dan masalah kesehatan lainnya. Selain itu, penggunaan pestisida juga menyebabkan pencemaran air, tanah, dan udara, serta mengganggu keseimbangan ekosistem dengan mengancam organisme non-target. Untuk mengatasi dampak negatif ini, penelitian ini mendukung pengembangan alternatif ramah lingkungan seperti pestisida alami dan metode pengendalian hama terpadu (PHT) yang lebih aman bagi manusia dan lingkungan. Pendekatan ini, ditambah teknologi pintar seperti IoT, dapat membantu mengurangi ketergantungan pada pestisida kimiawi sambil menjaga hasil panen tetap optimal. Temuan ini menegaskan perlunya kebijakan yang mendorong pertanian berkelanjutan dan mendukung inovasi teknologi hijau demi kesehatan masyarakat dan kelestarian lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiansyah, H. (2023). Potensi degradasi lingkungan dampak eksistensi karbofuran di Indonesia. *JBKL*, 1(1). <https://doi.org/10.61511/jbkl.v1i1.2023.258>
- Almeida, L., Fonseca, A., & Pereira, J. (2021). Precision agriculture and IoT: An overview on sensors and applications. *Agricultural Sciences Journal*, 32(1), 75-89.
- Budiarto, K. and Marwoto, B. (2018). Potensi beberapa mikroba pemacu pertumbuhan tanaman sebagai bahan aktif pupuk dan pestisida hayati. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 37(2), 59. <https://doi.org/10.21082/jp3.v37n2.2018.p59-70>
- Darmawan, I., Kumara, I., & Khrisne, D. (2022). Smart garden sebagai implementasi sistem kontrol dan monitoring tanaman berbasis teknologi cerdas. *Jurnal Spektrum*, 8(4), 161. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2021.v08.i04.p19>
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M. (2019). Integrated pest management in sustainable agriculture: Effects of natural pest control agents. *Journal of Environmental Protection*, 11(3), 145-160.
- Erawati, A. (2023). Efikasi ekstrak air dan pupuk organik cair daun kelor (*moringa oleifera*) terhadap patogen *alternaria solani* secara *in vitro* dan *in vivo*. *Agrikultura*, 34(2), 185. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v34i2.48596>
- Fikri, M. (2021). Respon petani terhadap penyuluhan penggunaan pestisida secara baik dan benar di kelompok tani mukti desa cibuntu kabupaten purwakarta. *Jurnal Agrimanex Agribusiness Rural Management and Development Extension*, 2(1). <https://doi.org/10.35706/agrimanex.v2i1.5857>
- Fitriadi, B. and Putri, A. (2016). Metode-metode pengurangan residu pestisida pada hasil pertanian. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 11(2), 61-71. <https://doi.org/10.23955/rkl.v11i2.4950>
- Ibrahim, E. and Senoaji, W. (2022). Keanekaragaman hama dan musuh alami pada ekosistem sawah tanpa aplikasi pestisida. *National Multidisciplinary Sciences*, 1(2), 145-151. <https://doi.org/10.32528/nms.v1i2.71>
- Ihsan, F., Zakaria, R., & Zukifli, Z. (2022). Analisis faktor risiko dalam penggunaan pestisida terhadap keluhan kesehatan pada petani sawah di gampong layan kecamatan tangse kabupaten pidie tahun 2022. *Jurnal Impresi Indonesia*, 1(6), 646-658. <https://doi.org/10.58344/jii.v1i6.82>
- Isman, M. B. (2017). Botanical insecticides in the twenty-first century: Opportunities and constraints. *Pest Management Science*, 58(5), 131-139.
- Liem, J. (2021). Biomonitoring pajanan pestisida organofosfat pada pekerja pertanian. *Jurnal Kedokteran Meditek*, 27(1), 88-94. <https://doi.org/10.36452/jkdoktmeditek.v27i1.1967>
- Mancini, F., Wood, B., & Wilson, A. (2020). Agricultural policy, environmental impact, and sustainable development. *Policy and Environmental Review*, 29(4), 302-318.

- Mutia, V. and Oktarlina, R. (2020). Keracunan pestisida kronik pada petani. *Jimki Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kedokteran Indonesia*, 7(2), 130-139. <https://doi.org/10.53366/jimki.v7i2.53>
- Nurjannah, N., Yulianty, R., Marzuki, A., Kasim, S., & Djide, N. (2020). Analisis residu pestisida klorpirifos pada beras (*oryza sativa*) yang berasal kecamatan baebunta kabupaten luwu utara. *Majalah Farmasi Dan Farmakologi*, 23(3), 109-111. <https://doi.org/10.20956/mff.v23i3.9402>
- Rahman, S. M., Ali, A., & Khan, M. (2018). Environmental consequences of pesticide residues: Impact on soil and water quality. *Environmental Research Letters*, 42(2), 206-214.
- Rasna, R. and Alam, S. (2022). Smart farming berbasis iot pada tanaman cabai untuk pengendalian dan monitoring kelembaban tanah dengan metode fuzzy. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 3(1). <https://doi.org/10.33365/jtst.v3i1.1933>
- Sankaran, S., Khot, L. R., & Ehsani, R. (2019). Internet of Things (IoT) in agriculture: An overview on applications and challenges. *IEEE Transactions on Smart Agriculture*, 15(6), 215-229.
- Siswoyo, E., Masturah, R., & Fahmi, N. (2018). Bio-pestisida berbasis ekstrak tembakau dari limbah puntung rokok untuk tanaman tomat (*lycopersicum esculentum*). *Jurnal Presipitasi Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(2), 94. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v15i2.94-99>
- Suryani, D., Pratamasari, R., Suyitno, S., & Maretalinia, M. (2020). Perilaku petani padi dalam penggunaan pestisida di desa mandalahurip kecamatan jatiwaras kabupaten tasikmalaya. *Window of Health Jurnal Kesehatan*, 95-103. <https://doi.org/10.33368/woh.v0i0.285>
- Widyanti, S., Sety, L., & Saktiansyah, L. (2021). Hubungan pola perilaku penyemprotan pestisida terhadap keluhan kesehatan pada petani padi di kecamatan ranomeeto kabupaten konawe selatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Universitas Halu Oleo*, 1(3). <https://doi.org/10.37887/jkl-uho.v1i3.16620>
- World Health Organization & Food and Agriculture Organization. (2020). Health risks associated with pesticide exposure. WHO and FAO Joint Report.