
LITERATURE REVIEW: KONTAMINASI PESTISIDA DI PERAIRAN INDONESIA

**Badratun Nafis¹, Nadya Tirta², Uswah Zilhaya³, Nakita Chairunnisa⁴, Firdus⁵, Alia Rizki⁶,
and Muhammad Nasir⁷**

^{1,2,3,4} *Program Studi Magister Departemen Biology, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.*

^{5,6,7} *Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala, Banda
Aceh.*

Received : 30 April 2024

Accepted : 05 Mei 2024

Published : 14 Mei 2024

ABSTRACT

Water pollution is a serious problem that affects aquatic ecosystems. Pesticides are used widely in agriculture to control pests and increase crop yields. However, the use of this pesticide causes negative impacts, including water pollution. Pesticides enter the aquatic environment through surface runoff, river flows, and leaching from contaminated soil. Accumulation of ecosystems in aquatic ecosystems can disrupt ecological balance, reduce biodiversity, and potentially poison aquatic organisms. Organophosphates are the most common type of pesticide found in Indonesian waters. Research related to pollution in Indonesian waters amounted to 25 journals with the highest frequency found in 2019. Over the last ten years, research related to pesticide contamination found in waters has been reported by researchers in various regions including West Java, Jakarta, Central Java, East Java, Yogyakarta, Bali, West Sumatra, South Sumatra, North Sumatra, Lampung and Manado.

Keywords: Pesticide; Water pollution; Organochlorin; Contamination

ABSTRAK

Pencemaran pestisida di lingkungan perairan menjadi masalah serius yang mempengaruhi ekosistem akuatik. Pestisida digunakan secara luas dalam pertanian untuk mengendalikan hama dan meningkatkan hasil tanaman. Namun, penggunaan pestisida ini menyebabkan dampak negatif, termasuk pencemaran perairan. Pestisida masuk ke dalam lingkungan perairan melalui limpasan permukaan, aliran sungai, dan leaching dari tanah yang terkontaminasi. Akumulasi pestisida dalam ekosistem perairan dapat mengganggu keseimbangan ekologi, mengurangi keanekaragaman hayati, dan berpotensi meracuni organisme akuatik. Organofosfat merupakan jenis pestisida yang paling umum ditemukan di perairan Indonesia. penelitian terkait pencemaran pestisida di perairan Indonesia berjumlah 25 jurnal dengan frekuensi tertinggi ditemukan pada tahun 2019. Selama sepuluh tahun terakhir, penelitian terkait pencemaran pestisida yang ditemukan di perairan telah dilaporkan oleh peneliti di berbagai daerah diantaranya Jawa Barat, Jakarta, Jawa Tengah, Jawa Timur, Yogyakarta, Bali, Sumatra Barat, Sumatra Selatan, Sumatra Utara, Lampung, dan Manado.

Kata kunci: Pestisida; Pencemaran perairan; Organoklorin; Kontaminasi

Corresponding Author:

Firdus

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala,
Banda Aceh, Indonesia.

Email: firdus@usk.ac.id

PENDAHULUAN

Perkembangan revolusi hijau saat ini, populasi manusia meningkat dengan pesat. Hutan telah dimanfaatkan untuk pembangunan tempat tinggal, sehingga di satu sisi memperburuk keseimbangan lingkungan (Ullah et al., 2014), di sisi lain alam dihadapkan pada masalah polutan yang semakin meningkat. Polutan ini adalah limbah rumah tangga, limbah industri yang tidak diolah atau tidak melewati pengolahan yang maksimal, serta berbagai bahan kimia seperti pestisida yang digunakan di sektor pertanian (Ullah & Zorriehzahra, 2015).

Pestisida merupakan suatu hasil teknologi modern yang digunakan untuk membunuh, mencegah, dan mengusir hama serta mengendalikan keberadaan hama (Jamin & Erlangga, 2016). Pestisida ini mengubah kualitas air yang merupakan rumah bagi banyak organisme akuatik. Perubahan kualitas air berdampak buruk pada organisme-organisme ini bahkan berpotensi menyebabkan kematian pada tingkat paparan yang parah (Ullah & Zorriehzahra, 2015). Beberapa jenis bahan pencemar telah tercemar ke lingkungan perairan akibat ulah dari manusia. Bahan pencemar yang sering ditemui di daerah aliran perairan seperti sungai adalah pestisida. Hal ini berkaitan dengan aktivitas masyarakat sebagai petani dan menggunakan pestisida dalam mengendalikan hama pada lahannya (Khoirunisa & Kurniawati, 2019). Penggunaan bahan kimia di bidang pertanian, seperti pestisida sangat diperlukan dalam jumlah yang besar untuk meningkatkan produksi bahan pangan. Hal tersebut berdampak besar bagi perairan laut, semakin besar jumlah penggunaan pestisida maka semakin banyak pula bahan-bahan bersifat racun yang dibuang ke laut.

Bahan pestisida masuk ke perairan Indonesia melalui banyak jalur seperti aliran pertanian, aliran persawahan, limbah domestik, dan limbah perkotaan atau industri. Perairan yang tercemar oleh residu pestisida apabila telah konsentrasi tertentu akan sangat berpengaruh terhadap lingkungan dan organisme akuatik yang hidup di dalamnya terutama terhadap ikan (Atifah et al., 2019).

Beberapa jenis dari pestisida yang banyak dipakai seperti organoklorin, karbamat, organofosfat, triazin, piretroid, kloroseatmid, triazol, triazin, asam fenoksikarboksilat, dan klorosetamid (Aryani & Wahyuningsih, 2021). Kebanyakan dari pestisida yang dilepaskan ke lingkungan mempunyai cakupan yang luas sebagai zat toksik dan bersifat tidak selektif, yang mengakibatkan timbulnya pencemaran bagi sumberdaya perairan (Aryani & Wahyuningsih, 2021; Musa et al., 2019). Beberapa penelitian menyebutkan bahwa residu dari pestisida terkandung pada bahan-bahan makanan yang biasa dikonsumsi oleh manusia seperti ikan, beras, buah-buahan, sayuran, dan daging. Efek negatif yang ditimbulkan ketika pestisida ini masuk ke bahan makanan yang dikonsumsi manusia adalah terjadinya penurunan tingkat kecerdasan, kesuburan, memicu kanker, bahkan kematian (Aryani & Wahyuningsih, 2021; Wesselink et al., 2020).

Penggunaan pestisida yang tidak baik dapat menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan dan manusia. Semakin meningkatnya penggunaan pestisida di Indonesia memungkinkan terjadi peningkatan pencemarannya pada biota perairan, khususnya ikan. Oleh sebab itu, tulisan ini memuat informasi mengenai tingkat pencemaran pestisida pada ikan di perairan Indonesia sebagai referensi kontaminasi pestisida pada ikan di perairan.

BAHAN DAN METODE

Penulisan artikel ini berdasarkan kajian literatur. Kajian literatur atau disebut juga kajian pustaka merupakan uraian atau deskripsi tentang literatur yang relevan dengan bidang atau topik tertentu. Kriteria jurnal yang dipilih merupakan publikasi tahun 2008-2024. Artikel yang dipilih sebagai rujukan bersumber dari jurnal ilmiah yaitu science direct, proquest, springerlink, dan google scholar. Analisis data dilakukan secara deskriptif untuk mengorganisir dan mendeskripsikan data yang memiliki kaitan terkait pencemaran pestisida pada ikan di perairan Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pestisida

Bahan kimia yang difungsikan untuk membunuh dan mengendalikan hama disebut dengan pestisida. Dewasa ini pestisida semakin berkembang semakin banyak untuk tercapainya keinginan pengguna. Berbagai kelompok pestisida dapat kita jumpai di pasaran. Pengelompokan pestisida menurut penggunaannya meliputi, Insektisida (pembunuh insektas), Fungisida (pembunuh jamur), dan Herbisida (pembunuh tanaman pengganggu). Efek toksik pestisida terhadap lingkungan dan makhluk hidup dapat dipelajari melalui komponen bahan aktifnya (Insani, 2017). Berdasarkan studi literatur, organoklorin merupakan jenis pestisida yang paling umum ditemukan di perairan Indonesia (Tabel 1).

a. Organoklorin

Pestisida Organoclorin termasuk ke dalam bahan kimia Persisten Organic Poluutants (POPs) yang berbahaya bagi kesehatan. Pestisida Organoclorin dapat digolongkan kedalam tiga kelompok, yaitu : DDT dan analogya (BCH, dicofol, klorobenzilat, TDE Metoxychlor); senyawa siklodien (aldrin, dieldrin, endosulfan dan heptaklor); dan Terpena (Toksefen). Organochlorin secara kimia termasuk jenis toksisitas relatif rendah namun dapat bertahan lama dalam lingkungan dan disimpan dalam bentuk lemak pada tubuh (Yuantari, 2011).

b. Organofosfat

Jenis pestisida organofosfat adalah jenis pestisida yang tergolong dalam insektisida yang paling berbahaya terhadap manusia diantara jenis lainnya.

Contoh pestisida yang termasuk ke dalam organofosfat adalah azinophosmethyl, chloryfos, demetonmethyl, dichlorovos, dimethoate, disulfoton, ethion, palathion, malathion, parathion, diazinon, dan chlorpyrifos (Insani, 2017). Syawal et al. (2023) menyebutkan, pada teknologi pertanian seperti agrokimia yang menggunakan bahan kimia sintetis seperti organofosfat seringkali disemprot pada tanaman sementara hama tidak ada pada tanaman (*over blanked system*). Pestisida organofostat ini akan meninggalkan residu pada tanaman, tanah lingkungan sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan dan masalah kesehatan. Adharini et al. (2016) menyebutkan bahwa insektisida organofosfat ini dapat bertindak sebagai inhibitor kompetitif yang mampu menghambat kerja dari enzim kolinesterase yang terakumulasi pada sistem saraf tepi dan saraf pusat.

c. Karbamat

Bahan pencemar karbamat dapat menyebabkan kerusakan sistem nervosa, karena ia adalah bahan beracun yang dapat mempercepat proses akhirnya. Semakin banyak penggunaan bahan pencemar karbamat, semakin tinggi risiko kerusakan lingkungan dan kesehatan. Penggunaan bahan pencemar karbamat harus dilakukan dengan pemantauan dan penanganan yang tepat untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan. Karbamat adalah insektisida sistemik yang berspektrum luas dan berfungsi sebagai nematosida dan akarisida. Karbamat biasanya digunakan untuk menghancurkan hama pada tanaman pangan dan buah-buahan seperti padi, jagung, jeruk, alfalfa, ubi jalar, kacang-kacangan, dan tembakau (Indraningsih, 2008).

Penggunaan pestisida karbamat agak baru di Indonesia setelah sebagian besar pestisida Organoclorin dilarang digunakan. Kelemahan penggunaan pestisida karbamat ini karena memberikan efek toksik, atau keracunan, terhadap manusia dan ternak, serta keracunan lingkungan. Karbamat dan organofosfat sangat berbahaya bagi hewan. Kedua jenis pestisida ini mudah terurai di alam dan dalam mata rantai makanan. Racun karbamat akut dapat muncul melalui inhalasi, mulut dan kulit. Efek neurotoksik karbamat disebabkan oleh hambatan enzim asetilkolinesterase (AChE) pada sinapsis syaraf dan jaringan myoneural yang tidak dapat diperbaiki (Indraningsih, 2008).

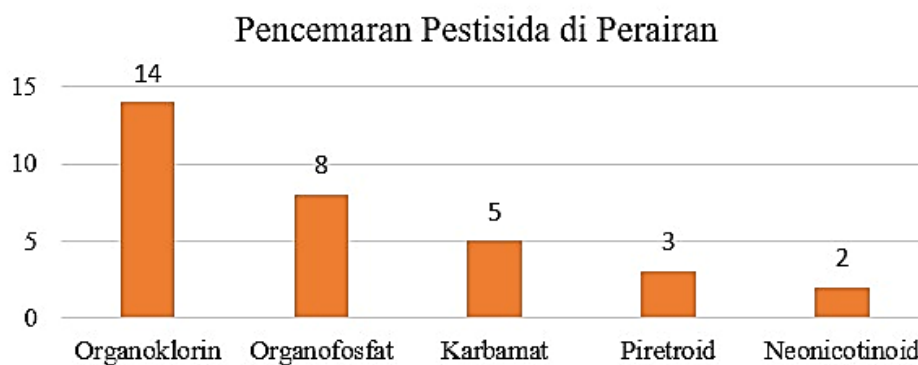
d. Piretroid

Piretroid adalah pestisida sistemik yang banyak digunakan di bidang pertanian dan kedokteran hewan. Mereka sering ditemukan pada permukaan buah-buahan dan sayuran berdaun atau disimpan pada lapisan ganda lipid pada produk hewani (Pizzolato & Dallegrove, 2020). Piretroid merupakan bahan pencemar yang dapat menghalangi enzim acetylcholinesterase, yang berfungsi untuk membantu dalam proses pengeluaran acetilkolin. Penggunaan bahan pencemar piretroid diperlukan untuk mencegah gigitan nyamuk, tetapi dapat mengakibatkan

kerusakan lingkungan dan kesehatan jika tidak dilakukan dengan pemantauan dan penanganan yang tepat. Penggunaan bahan pencemar piretroid harus dilakukan dengan perhatian khusus terhadap ketentuan dan persyaratan yang ditetapkan oleh pemerintah, seperti pengaturan dan pengendalian penggunaan pestisida yang ada di Indonesia (Kusuma et al., 2021).

e. Neonicotinoid

Bahan pencemar neonicotinoid adalah jenis pestisida yang berfungsi sebagai insektisida. Neonicotinoid merupakan jenis pestisida yang menggunakan bahan dasar berasal dari karbamat, yang berfungsi sebagai inhibitor enzim acetylcholinesterase. Penggunaan bahan pencemar neonicotinoid dalam pertanian dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan dan kesehatan, terutama jika tidak dilakukan dengan pemantauan dan penanganan yang tepat (Andriani, 2006). Berdasarkan studi literatur, organofosfat merupakan jenis pestisida yang paling umum ditemukan di perairan Indonesia (Gambar 1).

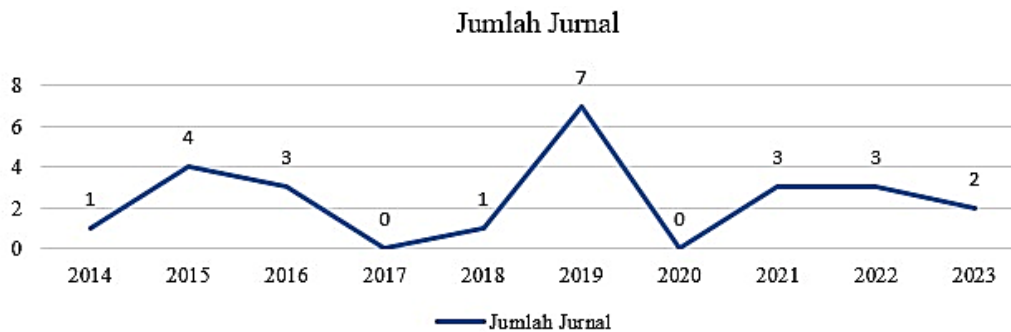


Gambar 1. Jenis pestisida yang ditemukan di perairan Indonesia

Penelitian Cemaran Pestisida di Perairan Indonesia

Residu pestisida yang berada di sekitar sungai terbawa oleh aliran air hujan maupun air tanah, dan mengakibatkan penurunan kualitas air, akumulasi di dalam tubuh biota akuatik dan sedimen. Keberadaan pestisida di sungai tergantung pada faktor-faktor seperti frekuensi penggunaan, aktivitas pertanian, dan sifat fisikokimia pestisida. Konsentrasi pestisida di sungai juga dipengaruhi oleh musim. Selama musim hujan konsentrasi residu pestisida cenderung berkurang akibat pengenceran air sungai oleh air hujan (Aryani & Wahyuningsih, 2021). Pencemaran yang terjadi akibat residu pestisida akan mencapai konsentrasi tertentu dan akan berdampak terhadap lingkungan dan organisme pada perairan yang tercemar. Ikan sebagai salah satu hewan yang hidup pada perairan tercemar akan menyerap bahan aktif pestisida dan akan tersimpan dalam tubuhnya. Ikan merupakan akumulator yang mampu menyimpan berbagai jenis pestisida terutama yang bersifat mudah tersimpan dalam jaringan lemak (lipofilik) (Taufik, 2011).

Berdasarkan studi literatur, penelitian terkait pencemaran pestisida di perairan Indonesia berjumlah 25 jurnal dengan frekuensi tertinggi ditemukan pada tahun 2019 dimana terdapat 7 jurnal yang membahas terkait dengan pencemaran pestisida di perairan Indonesia (Gambar 2).



Gambar 2. Jumlah penelitian pestisida di perairan Indonesia (2014-2023) berdasarkan penelitian yang dipublikasikan

Penumpukan pestisida dalam jaringan tubuh, bersifat racun dapat mempengaruhi sistem saraf pusat. Bahan aktifnya selain bisa membunuh organisme perairan juga dapat menghambat perkembangan telur ikan dan moluska. Moluska lebih toleran terhadap racun pestisida dibandingkan dengan crustacea dan teleostei (ikan bertulang sejati). Menurut Taufik (2011), proses penyerapan toksik pestisida oleh hewan dapat terjadi secara langsung dari lingkungan dan penyerapan melalui gastrointestinal. Bgai organisme yang hidup pada kawasan perairan, senyawa kontaminasi pestisida masuk bersama makanan yang terkontaminasi, masuk melalui membran insang, difusi kultikular, dan dapat masuk melalui sedimen perairan.

Berdasarkan studi literatur, sejumlah perairan wilayah Indonesia telah terkontaminasi pestisida diantaranya Jawa Barat, Jakarta, Jawa Tengah, Jawa Timur, Yogyakarta, Bali, Sumatra Barat, Sumatra Selatan, Sumatra Utara, Lampung, dan Manado. Sementara jenis perairan yang terkontaminasi meliputi bendungan, sungai, laut, danau, dan muara. Jenis pestisida yang ditinjau berupa organoklorin, organofosfat, karbamat, piretroid, dan neonicotinoid. Beberapa penelitian terkait pencemaran pestisida di perairan Indonesia ditampilkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kontaminasi pestisida di perairan Indonesia

Daerah	Jenis Perairan	Jenis Pestisida	Sub Jenis Pestisida	Referensi
Jawa Barat	Bendungan	organoklorin	Lindan, heptaklor, aldrin, dieldrin, DDT, Endrin, Endosulfat	Oginawati et al (2021)

Daerah	Jenis Perairan	Jenis Pestisida	Sub Jenis Pestisida	Referensi
	Sungai	organofosfat	methidathion, Fenitrothion, diazinon, chlorpyrifos, parathion, Profenofos	Oginawati et al (2022)
		organoklorin karbamat	Aldrin MIPC,BPMC, karbofuran	Taufik (2011)
		piretroid	β -cyfluthrin, cypermethrin, deltamethrin	Ariyani et al (2023)
	Laut	organoklorin	pp-DDD, pp-DDT, pp-DDE, DDTs, alpha-HCH, beta-HCH, gamma-HCH,delta-HCH, HCHs, Heptachlor, Heptachlore Epoxide, Methoxydhlor, CHLs, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin ketone, endrin aldehyde, DRNs, alfa-endosulfan, beta-endosulfan, endosulfans	Khozanah et al (2022)
		neonicotinoid	Dinotefuran, acetamiprid, clothianidin, thiacloprid, imidacloprid, nitenpyram,	Putri et al (2022)
	Muara	neonicotinoid	thiamethoxam imidacloprid, thiamethoxam, thiacloprid, dinotefuran, acetamiprid	Putri et al. (2022)
Jakarta	Sungai	organoklorin	alpha-HCH, gamma-HCH(lindan), b-HCH, d-HCH, endosulfan I, endosulfan II, endosulfan sulfate, endrin aldehyde, pp-DDD, op-DDT , pp-DDT	Syofyan et al (2019)
	Laut	organofosfat karbamat	chlorpyrifos karbofuran, isoprocarb	Dsikowitzky et al (2016)
Jawa Tengah	Laut	organofosfat	chlorpyrifos	Suryono et al (2021)
		organoklorin	heptaklor, aldrin, endosulfat, endrin, pp DDT	Suryono et al (2016)
		organoklorin	alpha-BHC, beta-BHC,	Suryono et al

Daerah	Jenis Perairan	Jenis Pestisida	Sub Jenis Pestisida	Referensi
			pp-DDT	(2015)
		organofosfat	chlorpyrifos	Nugroho et al (2015)
		organoklorin	Heptaklor, aldrin	Suryono et al (2019)
		organoklorin	heptaklor, endosulfan, endrin, DDT	Suryono et al (2018)
		karbamat	karbofuran, metomil	Prasetyo et al (2015)
Jawa Timur	Laut	organofosfat	Fenitrothion, chlorpyrifos, Profenofos	Suryono et al (2019)
	Sungai	piretroid	beta siflutrin, propoksur, karbofuran, karbaril	Buwono et al (2019)
		karbamat		
		organofosfat	profenofos	Kadim et al (2013)
		karbamat	Cyfluthrin, Propoksur, Carbofuran, Carbaril	Musa et al (2019)
Yogyakarta	Sungai	organoklorin	DDT	Sari & Hadisusanto, (2014)
Bali	Danau	organofosfat	dimetoat, klorpirofos, dan profenofos	Manuaba (2008)
Sumatera Barat	Danau	organofosfat	methidathion, malathion, chlorpyrifos, parathion	Syawal et al (2023)
		piretroid	permethrin, cypermethrin, alpha-cypermethrin	Ibrahim et al (2023)
		organoklorin	DDT, dieldrin	Zeswita et al (2016)
		organoklorin	aldrin, lindan	Ibrahim et al (2022)
Sumatera selatan	Sungai	organofosfat	glifosat, paraquat	Jubaedah et al (2015)
		organoklorin	edrin	Ariana et al (2019)
Sumatera Utara	Sungai	organofosfat	diazinon, malathion, chlorpyrifos	Atifah et al (2019)
		organoklorin	aldrin, dieldrin, endosulfan	
Lampung	Sungai	organofosfat	Asefat, diazinon, chlorpyrifos, glifosat	Saputra (2023)
Manado	Laut	organoklorin	aldrin	Tumembouw et al (2021)

Efek Senyawa Pestisida terhadap Fisiologi Ikan

Polutan lingkungan seperti pestisida dapat mempengaruhi fisiologis ikan (Edwin et al., 2019). Senyawa pestisida akan menyerang sistem saraf ikan karena berkompetisi dengan asetilkolin (neurotransmitter) untuk berikatan dengan enzim asetilkolinesterase. Hidrolisis asetilkolin oleh pengikatan enzim asetilkolinesterase merupakan mekanisme yang penting untuk menghentikan pengaruh asetilkolin. Adanya pengikatan enzim asetilkolinesterase oleh senyawa organofosfat (inhibitor kompetitif), maka hidrolisis asetilkolin akan terhambat (Setyawati et al., 2011). Dalam penelitian yang dilakukan Edwin et al. (2019), efek dari terserapnya pestisida jenis chlorpyrifos melalui insang ikan mengalami nekrosis pada jaringan insang, sehingga menghambat fungsi insang sebagai alat pernafasan dan berujung pada kematian ikan. Kehadiran zat beracun di lingkungan perairan mengakibatkan terganggunya fungsi penting organ-organ tubuh ikan dan mempengaruhi pertumbuhan ikan (Dewata & Danhas, 2023).

Jika ditinjau dari segi kualitatif dan kuantitatif, residu dari bahan pestisida ini memiliki nilai residu lebih tinggi pada daging ikan jika dibandingkan dengan residu pada air dan tanah. Hal ini dapat terjadi karena ikan adalah akumulator yang mudah mengikat zat toksik pada jaringan lemaknya. Rata-rata dari kenaikan residu pestisida pada organisme akuatik memiliki hubungan dengan berat badan, luas permukaan tubuh, proses metabolisme, dan rantai makanan yang terjadi pada ikan. Selain itu, penyerapan sisa pestisida oleh ikan tergantung dengan besarnya sisa pestisida tersebut, fisat fisika-kimianya, sifat bioakumulatifnya, dan toksisitas dari senyawa pestisida. Keracunan pestisida pada ikan ini dapat bersifat letal maupun subletal. Meskipun pada beberapa penelitian yang telah dilakukan zat toksik yang terdapat pada ikan masih di bawah BMR, namun ikan yang terkontaminasi subletal dari berbagai zat kontaminasi pestisida akan memperlihatkan perubahan secara fisiologis pada ikan seperti kegagalan dalam perkembangbiakan, ketahanan dan kerentanan ikan, morfologi, biokimia, dan laju pertumbuhan ikan (Taufik, 2011).

Penelitian Kontaminasi Pestisida pada Ikan di Indonesia

Di perairan Indonesia ditemukan beberapa wilayah yang tercemar oleh residu pestisida yang terkontaminasi pada ikan. Aryani dan Wahyuningsih, (2021) menyebutkan bahwa di perairan tawar Sukabumi, Jawa Barat, terdapat residu Organoklorin (Aldrin 0,0001 mg/l) dan di pinggiran sungai Batang Gadis, Sumatera Utara ditemukan residu Organoklorin (endosulfat 0,004 mg/L). Ikan Bilih (*Mystacoleucus padangensis*) endemik di perairan danau Singkarak Sumatera Barat ditemukan tercemar oleh pestisida jenis organofosfat. Konsentrasi

residu organofosfat pada ikan bilih berkisar antara 2 sampai 70 ppb (Syawal et al., 2023). Sejauh ini, jenis ikan yang tercemar pestisida dari lingkungan perairan telah dilaporkan pada ikan bilih (*Mystacoleucus padangensis*)

KESIMPULAN

Berdasarkan studi literatur, diindikasikan bahwa penelitian kontaminasi pestisida di perairan Indonesia masih terbatas dan belum banyak dilakukan, dimana hanya terdapat 11 wilayah (Sumatera utara, Sumatera selatan, Sumatera barat, Lampung, Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Yogyakarta, Bali, dan Manado) yang sudah pernah dilakukan penelitian kontaminasi pestisida di perairan. Jenis perairan yang telah diteliti meliputi Sungai, danau, bendungan, laut dan muara. Kesebelas wilayah tersebut ditemukan sebanyak lima jenis pestisida yang telah terkontaminasi di perairan Indonesia yaitu organoklorin, organofosfat, karbamat, piretroid, dan Neonocotinoid. Pestisida organoklorin adalah jenis pestisida yang paling dominan diteliti yaitu di 8 wilayah sementara jenis pestisida yang paling sedikit diteliti yaitu jenis neonicotinoid. Lokasi penelitian yang paling dominan adalah di Jawa Barat (Bendungan, sungai, laut, dan muara) sementara itu masih banyak wilayah Indonesia bagian lain seperti Nusa Tenggara, Papua, Maluku, Aceh, Bengkulu, Kalimantan dan wilayah lainnya yang belum diteliti. Penelitian tentang kontaminasi pestisida di perairan Indonesia perlu ditingkatkan agar kita dapat mengetahui perairan yang sudah tercemar dengan pestisida sehingga langkah preventif pencegahan dapat kita lakukan agar lingkungan dan ekosistem perairan dapat terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Adharini, R. I., Suharno, Hartiko, H. (2016). Contamination Effect of Profenofos Insecticide on Physiology of Red Nila (*Oreochromis* sp.). *J. Manusia dan Lingkungan*, 22 (2), 365-373. [DOI: 10.22146/jml.18808](https://doi.org/10.22146/jml.18808).
- Andriani, R. (2006). Control of Environmental Pollution caused by Pesticide in Agricultural Process. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 3(1), 95–106.
- Ariana, R., Diansyah, G., & Putri, W. A. E. (2019). Pestisida Organoklorin dalam Sedimen di Muara Sungai Upang, Provinsi Sumatera Selatan. *Buletin Oseanografi Marina*, 8(1), 33. <https://doi.org/10.14710/buloma.v8i1.21024>
- Ariyani, M., Yusiasih, R., Endah, E. S., Koesmawati, T. A., Ridwan, Y. S., Rohman, O., Wulan, D. R., Amran, M. B., & Pitoi, M. M. (2023). Pyrethroid residues in Indonesian river Citarum: A simple analytical method applied for an ecological and human health risk assessment. *Chemosphere*, 335(139067). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139067>
- Aryani, D., & Wahyuningsih, S. (2021). Pollution of Pesticide Residues in Rivers : Literatur Review. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya. Jurnal Ilmu Perikanan Dan Sumberdaya*, 10(1), 979–993. [DOI: 10.23960/AQS.V10I1.P%P](https://doi.org/10.23960/AQS.V10I1.P%P)
- Atifah, Y., Lubis, M., Lubis, L. T., & Maulana, A. (2019). Pencemaran Pestisida pada Sungai Batang Gadis, Mandailing Natal, Sumatera Utara.

BIOEDUSCIENCE: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains, 3(2), 100–105.
<https://doi.org/10.29405/j.bes/32100-1053729>

- Buwono, N. R., Gultom, T., Ayuning, S. W., & Supriatna, S. (2019). Bioakumulasi Residu Pestisida pada Komunitas Gastropoda di Perairan Sungai Kalisat, Kabupaten Malang. *Depik*, 8(3), 167–175.
<https://doi.org/10.13170/depik.8.3.14368>
- Dewata, I., & Danhas, Y. H. (2023). *Toksikologi Lingkungan*. PT. Raja Grafindo Persada.
https://books.google.co.id/books?id=VvLfEAAAQBAJ&dq=dewata+Toksikologi+Lingkungan&lr=&hl=id&source=gbs_navlinks_s
- Dsikowitzky, L., Sträter, M., Dwiwitno, Ariyani, F., Irianto, H. E., & Schwarzbauer, J. (2016). First comprehensive screening of lipophilic organic contaminants in surface waters of the megacity Jakarta, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 110(2), 654–664.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.02.019>
- Edwin, T., Ihsan, T., Rahmatika, A., & Darlis, N. (2019). Impact of chlorpyrifos toxicity on gill damage of two species of freshwater fish in Lake Diatas. *Environmental Health Engineering and Management*, 6(4), 241–246.
<https://doi.org/10.15171/EHEM.2019.27>
- Ibrahim, A., Syawal, M. S., Ardiwinata, A. N., Sugiarti, Adam, M. A., Fitriada, W., & Kurniawan, R. (2023). Organochlorine and pyrethroid residue in fish and sediment of Lake Singkarak, a tropical deep lake. *Journal Limnology and Water Resources*, 2(2), 1–10. <https://doi.org/10.55981/limnotek.2023.2084>
- Ibrahim, A., Syawal, M. S., Ardiwinata, A. N., Supriyono, E., Taufik, I., & Yoga, G. P. (2022). Occurrence of organochlorine residues in surface water and mussel *Corbicula sumatrana* from Lake Singkarak, West Sumatera. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1118(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1118/1/012054>
- Indraningsih. (2008). Pengaruh penggunaan insektisida karbamat terhadap kesehatan ternak dan produknya. *Wartazoa*, 18 (2), 101-114.
- Insani, A. Y. (2017). *Perbedaan Efek Paparan Pestisida Kimia dan Organik terhadap Kadar Glutation (GSH) Plasma pada Petani Padi*. Universitas Jember.
- Iriani setyaWatI, Wiratmini, ngurah intan, & Wiryatno, J. (2011). Pertumbuhan, Histopatologi Ovarium Dan Fekunditas Ikan Nila Merah (*Oreochromis niloticus*) Setelah Paparan Pestisida Organofosfat. *Jurnal Biologi*, 15(2), 44–48.

- Jamin, & Erlangga. (2016). The Effects of organophosphate insecticide on tilapia (*Oreochromis niloticus*, Bleeker): histology analysis of liver and gills. *Acta Aquatica*, 8(8), 98–102. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:83689925>
- Jubaedah, D., Kamal, M. M., Muchsin, I., & Hariyadi, S. (2015). Karakteristik Kualitas Air Dan Estimasi Resiko Ekobiologi Herbisida Di Perairan Rawa Banjiran Lubuk Lampam, Sumatera Selatan (Water Quality Characteristics and Estimation of Ecobiological Risk of Herbicide in Lubuk Lampam Floodplain, South Sumatera). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 22(1), 12. <https://doi.org/10.22146/jml.18720>
- Kadim, M. K., Sudaryanti, S. & Endang, Y. H. (2013). Pencemaran Residu di Sungai Umbulrejo Kecamatan Dampit Kabupaten Malang. *J. Manusia dan Lingkungan* 20(3), 262–268. [DOI: 10.22146/jml.18493](https://doi.org/10.22146/jml.18493)
- Khoirunisa, H., & Kurniawati, F. (2019). Penggunaan Drone dalam Mengaplikasikan Pestisida di Daerah Sungai Besar, Malaysia. *Jurnal Pusat Informasi Masyarakat*, 1(1), 87–91. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:214030039>
- Khozanah, Edward, Yogaswara, D., Wulandari, I., Hindarti, D., & Falahudin, D. (2022). Organochlorine pesticides in marine sediments and seawater from Cirebon coastal water, West Java, Indonesia: Concentration, spatial distribution, potential sources, and ecological risk assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 180 (October 2021). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113758>
- Musa, M., Buwono, N. R., Iman, M. N., Ayuning, S. W., & Lusiana, E. D. (2019). Pesticides in Kalisat river: Water and sediment assessment. *AACL Bioflux*, 12(5), 1806–1813.
- Nugroho, B. Y. H., Wulandari, S. Y., & Ridlo, A. (2015). Analysis of Organophosphate Pesticide Residue in Mlonggo Waters, Jepara. *Jurnal Oseanografi*, 4(3), 541–544. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jose>
- Oginawati, K., Kahfa, A. N., & Susetyo, S. H. (2022). The effects of the use of organochlorine and organophosphate pesticides in agriculture and households on water and sediment pollution in the Cikeruh River, Indonesia. *International Journal of River Basin Management*, 21(4), 651–657. <https://doi.org/10.1080/15715124.2022.2079654>
- Oginawati, K., Susetyo, S. H., Rahmawati, S. I., Kurniawan, S. B., & Abdullah, S. R. S. (2021). Distribution of organochlorine pesticide pollution in water, sediment, mollusk, and fish at Saguling Dam, West Java, Indonesia. *Toxicological Research*, 38(2), 149–157. <https://doi.org/10.1007/s43188-021-00094-1>

- Permata Kusuma, A., Martini, & Setiani, O. (2021). Penggunaan Insektisida Rumah Tangga Golongan Piretroid di Kota Magelang. *Ilmiah Ilmu Kesehatan*, 9(1), 88–96.
- Pizzolato, T. M., & Dallegrave, A. (2020). Risk Assessment of Human Exposure to Pyrethroids Through Food. In *Pyrethroid Insecticides* (pp. 245–258). Springer.
- Prasetyo, D. E., Wulandari, S. Y., & Ismunarti, D. H. (2015). Kajian Konsentrasi Pestisida Karbamat (Karbofuran dan Metomil) di Perairan Mlonggo, Kabupaten Jepara. *Journal of Oceanography*, 4(2), 451–456.
- Putra Manuaba, I. (2008). Cemaran Pestisida Fosfat-Organik di Air Danau Buyan Buleleng Bali. *Jurnal Kimia*, 2(1), 7–14.
- Putri, Z. S., Aslan, Yusmur, A., & Yamamuro, M. (2022). Neonicotinoid contamination in tropical estuarine waters of Indonesia. *Heliyon*, 8(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10330>
- Saputra, R. G. W. (2023). *Pencemaran Pestisida dan Risikonya Bagi Kesehatan Masyarakat di Sungai Way Seputih, Lampung Tengah, Lampung*. Universitas Gadjah Mada.
- Sari, D. P., & Hadisusanto, S. (2014). Residu DDT (*Dichloro Diphenyl Trichloroethane*) pada burung cerek jawa (*Charadrius javanicus* Chasen 1938) di kawasan pantai trisik kulon progo Yogyakarta. Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS, Surakarta.
- Suryono, C. A., Irwani, I., Rochaddi, B., Setyati, W. A., & Indardjo, A. (2021). Kontaminasi Kerang Filter Feeder *Perna viridis* Linnaeus, 1758 (Bivalvia: Mytilidae) oleh Pestisida Organofosfat di Perairan Laut Brebes Jawa Tengah Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(2), 205–210. <https://doi.org/10.14710/jkt.v24i2.11013>
- Suryono, C. A., Rochaddi, B., & Irwani, I. (2016). Kajian Awal Kontaminasi Pestisida Organoklorin dalam Air Laut di Wilayah Perairan Paling Barat Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 5(2), 101. <https://doi.org/10.14710/buloma.v5i2.15728>
- Suryono, C. A., Sabdono, A., & Subagiyo, S. (2019). Kontaminasi Residu Pestisida Organoposfat: Klorpirifos, Fenitrotion dan Profenofos dalam Bivalvia yang Ditangkap di Pesisir Utara Pulau Jawa. *Jurnal Kelautan Tropis*, 22(2), 103. <https://doi.org/10.14710/jkt.v22i2.6274>
- Suryono, C. A., Subagiyo, Setyati, W. A., Susilo, E. S., Rochaddi, B., & Mahendrajaya, R. T. (2018). The Preliminary Study of Organochlorine Pesticide Residues on Sediments of Bivalvia Fishing Ground at Eastern Part

- of Coastal Semarang. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 116(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/116/1/012093>
- Suryono, C. A., Suwartimah, K., Rochaddi, B., & Sarjito, S. (2015). Kontaminasi Pestisida Organoklorin pada Sedimen dan Air Laut dan Pengaruhnya Terhadap Kelimpahan Makrozoobenthos di Pesisir Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(3), 139. <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i3.526>
- Syawal, M. S., Ibrahim, A., Yustiawati, Nasution, S. H., Taufik, I., Saraswati, M., & Ardiwinata, A. N. (2023). Organophosphate pesticide residues in surface water and bilih fish (*Mystacoleucus padangensis* Blkr.) in Lake Singkarak, West Sumatra. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1221(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1221/1/012080>
- Syofyan, Y., Andiri, Y., Kartiningsih, S. E., & Ratnaningsih, D. (2019). Measurement of Organochlorines Residue (OCs) in water, sediment and soil from Jakarta and West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 407(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/407/1/012010>
- Taufik, I. (2011). Pencemaran Pestisida Pada Perairan Perikanan di Sukabumi-Jawa Barat. *Media Akuakultur*, 6 (1), 69. <https://doi.org/10.15578/ma.6.1.2011.69-75>
- Tumembouw, S. S., Tarore, M. L. A., & Tumbol, R. A. (2021). Detection of organochlorine pesticide residues in seawater and sediments of Manado Bay. *Advances in Environmental Sciences*, 13(1), 1–7.
- Ullah, S., Waqas Javed, M., Shafique, M., & Khan, S. F. (2014). An integrated approach for quality assessment of drinking water using GIS: A case study of Lower Dir. *Journal of Himalayan Earth Sciences*, 47(2), 163–174.
- Ullah, S., & Zorriehzakra, M. J. (2015). Ecotoxicology: A Review of Pesticides Induced Toxicity in Fish. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 3(1), 40–57. <https://doi.org/10.14737/journal.aavs/2015/3.1.40.57>
- Wesselink, A. K., Hatch, E. E., Rothman, K. J., Willis, S. K., Orta, O. R., & Wise, L. A. (2020). Pesticide residue intake from fruits and vegetables and fecundability in a North American preconception cohort study. *Environment International*, 139(105693). <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105693>
- Yuantari, M. C. (2011). Dampak Pestisida Organoklorin Terhadap Kesehatan Manusia dan Lingkungan Serta Penanggulangannya. *Prosiding Seminar Nasional Peran Kesehatan Masyarakat dalam Pencapaian MDG'S Di Indonesia*, April, 187–199.

Zeswita, A. L., Fitriani, V., & Nursyahra, N. (2016). Bioaccumulated pesticides on shellfishes meat *Corbicula sumatrana* and *Conradens conradens*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8 (2), 839–843. <https://doi.org/10.5555/20163118720>