

## POLLUTION OF PESTICIDE RESIDUES IN RIVERS : LITERATURE REVIEW

Desy Aryani <sup>1</sup>· Sri Wahyuningsih<sup>2</sup>

**Ringkasan** *Pesticides has been widely used in pest eradication in agriculture sector. The types of pesticides are used to kill grass (herbicides), fungi and bacteria (fungicides), and insects (insecticides). In general, those pesticides are contain toxic compounds, such as dichlorodiphenyl trichlorethane (DDT), dieldrin, and polychlorobiphenyls (PCB) which are lipophilic, persistent, and difficult to degrade. In general, fresh waters such as rivers are more at risk of pollution due to pesticide residues that enter through runoff. The pesticides residues of the nearby rivers can easily affect the water quality, sediment as well as causing toxic effects on non-target organisms through the food chain. The method in this paper refers to several research results that have been carried out, by providing an overview of pesticide residue pollution in rivers. The results showed that pesticide residues mostly contaminated rivers in China, with*

*DDT and hexachloro cyclohexane (HCH) being the most commonly found and studied species. Several rivers in China have concentrations of DDT and HCH beyond the highest concentration levels in both water, sediments and aquatic organisms.*

**Keywords :** *Pesticide, Pollution, River*

### PENDAHULUAN

Sungai merupakan perairan mengalir (lotik) dari hulu ke hilir yang memiliki banyak fungsi bagi kehidupan, budaya, dan ekonomi. Kegiatan antropogenik di sekitar daerah aliran sungai yang tidak memerhatikan lingkungan, dapat menyebabkan fungsi tersebut menjadi terganggu.

---

<sup>1</sup> Jurusan Ilmu Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa <sup>2</sup> Program Studi Nautika, Akademi Maritim Cirebon  
Email: desy.aryani@untirta.ac.id

Saat ini kondisi sungai di Indonesia bahkan hampir di seluruh dunia banyak mengalami pencemaran. Salah satu bahan pencemar yang kerap ditemui di sekitar daerah aliran sungai adalah pestisida. Hal ini berkaitan erat dengan kegiatan masyarakat sekitar khususnya petani yang menggunakan pestisida sebagai bahan untuk mengendalikan hama pada lahan pertanian dan perkebunannya (Khoirunisa & Fitrianingrum, 2019; Curchod et al. 2020; Qin & Lu, 2020).

Jenis pestisida polutan yang banyak digunakan diantaranya golongan organoklorin, organofosfat, karbamat (Taufik et al. 2003), piretroid, triazin, asam fenoksikarboksilat, kloroasetamid, dan triazol (Székács et al. 2015). Hampir semua jenis pestisida yang dilepaskan ke lingkungan tidak bersifat selektif dan memiliki spektrum yang luas sebagai zat beracun, sehingga berpotensi menjadi sumber pencemaran bagi sumberdaya air dan lingkungan termasuk sungai (Taufik, 2011; Musa et al. 2019). 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 (Aryani et al. 2013). Di dalam air, pestisida cenderung terikat sangat cepat ke bahan organik dalam lumpur dan sedimen. Sementara pada organisme akuatik, pestisida masuk melalui insang dan kulit selama respirasi, dan secara oral saat makan (Kanazawa, 1981).

Peningkatan pencemaran pestisida berbanding lurus dengan pertumbuhan populasi penduduk. Banyak penelitian yang

menyebutkan bahwa residu pestisida terkandung dalam bahan makanan yang dikonsumsi oleh manusia seperti beras, buah-buahan, sayuran, susu, daging, dan ikan (Kotinagu & Nelapati, 2015; Wesselink et al. 2020). Dampak langsung terjadi pada petani yang memakai pestisida dalam pengendalian hama seperti mual, muntah, pusing dan gatal kulit (Amilia et al. 2016). Sedangkan dampak tidak langsung ketika pestisida masuk ke dalam bahan makanan dan dikonsumsi oleh manusia diantaranya menurunkan tingkat kesuburan, menurunkan tingkat kecerdasan, kanker dan bahkan kematian (Wesselink et al. 2020).

Toksisitas pestisida dan keberadaannya di lingkungan mendorong sejumlah pihak membuat langkah-langkah untuk memastikan tidak ada resiko pencemaran terhadap lingkungan atau kesehatan manusia (Vryzas et al. 2020). Perairan tawar khususnya sungai merupakan wilayah yang menjadi prioritas dalam program pemantauan lingkungan untuk menilai pencemaran pestisida. Hal ini dikarenakan sungai merupakan badan air tawar yang secara umum lebih dekat ke sumber residu pestisida yang berasal dari pertanian intensif, sehingga memiliki konsentrasi lebih tinggi dibandingkan badan air yang jauh dari pertanian seperti estuari dan laut (Brodie & Landos, 2019).

Selama dekade terakhir banyak program pemantauan telah dilakukan untuk menilai polusi pestisida di lingkungan perairan. Namun penilaian dan pengelolaan masalah yang berkaitan dengan residu pestisida, seperti kondisi lingkungan, pemantauan dan toksisitas adalah kompleks, dan dalam banyak kasus

memerlukan studi yang mahal (Vryzas et al. 2020). Analisis residu pestisida dalam sedimen dan air telah terbukti menjadi pendekatan penting dalam menilai keberadaan kontaminan ini di lingkungan perairan dan sejarah kontaminasi suatu daerah. Selain itu informasi yang lebih banyak dan lebih baik tentang intensitas penggunaan pestisida pada praktik pertanian dapat membantu mengembangkan strategi untuk meminimalkan dampaknya, sehingga diketahui penggunaan pestisida berkelanjutan yang menggabungkan lebih sedikit kontaminasi tanpa biaya ekonomi, sosial dan lingkungan yang berlebihan (Hellar & Kihampa, 2011). Dalam tulisan ini penulis mencoba memberikan ulasan mengenai pencemaran residu pestisida di sungai berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di beberapa negara.

## MATERI DAN METODE

Metode yang digunakan dalam penulisan paper ini yaitu pendekatan kepustakaan berdasarkan kajian literatur dan penelitian yang ada sebelumnya. Hal ini untuk menggambarkan pencemaran

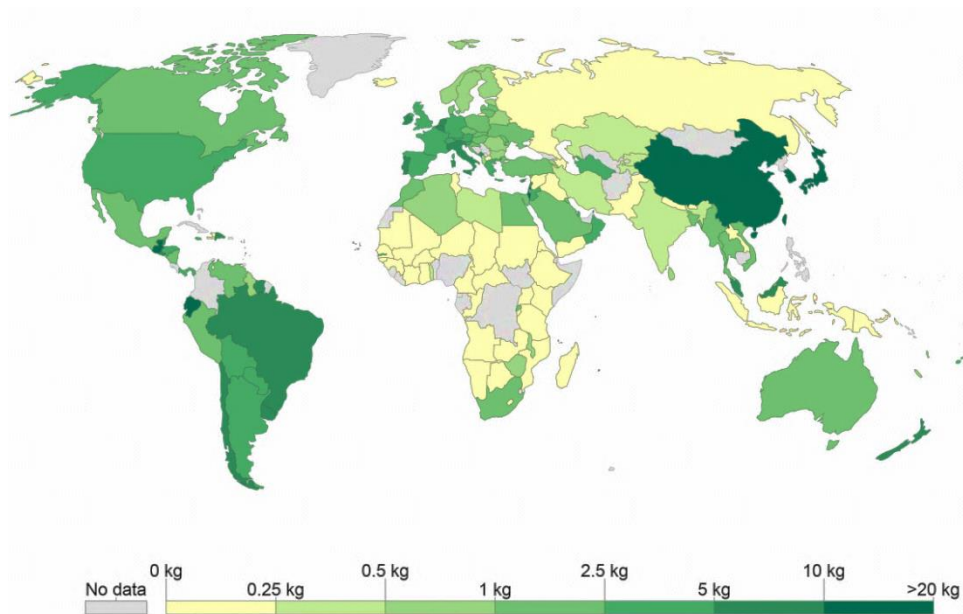
residu pestisida di perairan, khususnya di sungai.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Penggunaan Pestisida*

Pestisida telah digunakan secara luas untuk melindungi tanaman pertanian sejak tahun 1940-an, dan sejak itu penggunaannya terus meningkat (Grung et al. 2015). Pestisida awal seperti organoklorin banyak digunakan, padahal jenis pestisida tersebut terbukti persisten dan terakumulasi dalam rantai makanan. Kemudian pada tahun 1970-an muncul larangan terhadap jenis pestisida tersebut, namun penggunaannya terus berlanjut di beberapa bagian dunia (FAO, 2011).

Cina menjadi salah satu produsen dan konsumen pestisida terbesar di dunia saat ini. Produksi dan penggunaan pestisida di Cina telah meningkat dengan pesat dalam 30 tahun terakhir, dan jenis yang paling sering dipelajari adalah *dichlorodiphenyl trichlorethane* (DDT) dan *hexachloro cyclohexane* (HCH) (Grung et al. 2015). Tingkat penggunaan pestisida di dunia disajikan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Penggunaan pestisida per hektar dari tahun 1990 sampai 2017 (FAO, 2017)

Lebih dari 11.000 produk pestisida terdaftar dan digunakan di Oregon Amerika Serikat (Carpenter *et al.* 2008). Jenis pestisida seperti cyanazine, alachlor, atrazine, metolachlor, dan karbofuran banyak digunakan pada pertanian di Amerika Serikat (Ryberg & Giliom, 2015), fungisida seperti cadusafos, butakhlor dan pendimethalin banyak digunakan dalam industri pisang dan beras di Ekuador (Deknock *et al.* 2019). Sementara di Indonesia penggunaan pestisida pada pertanian dan perkebunan dimulai dari pengolahan tanah, penyiapan lahan, pemeliharaan tanaman, pemanenan, sampai pasca panen (Fitriadi & Putri, 2016).

#### ***Pencemaran Residu Pestisida di Sungai***

Setelah dilepaskan ke lingkungan, pestisida dapat berpindah melalui sistem

hidrologi ke sungai dan air tanah, di mana pestisida dapat menimbulkan efek yang tidak diinginkan pada manusia dan lingkungan akuatik (Ryberg & Giliom, 2015). Sebagian besar pestisida yang dilepaskan ke lingkungan dianggap sebagai zat beracun, dan interaksi toksikologis yang muncul juga telah diidentifikasi seperti mutagenisitas, karsinogenisitas, efek modulasi hormon dari bahan kimia pengganggu endokrin lingkungan (EDC), dan efek imunomodulan (Székács *et al.* 2015).

Keberadaan pestisida di sungai tergantung pada faktor-faktor seperti frekuensi penggunaan, aktivitas pertanian, dan sifat fisikokimia pestisida (Aguilar *et al.* 2017). Konsentrasi pestisida di sungai juga dipengaruhi oleh musim. Konsentrasi residu pestisida organoklorin lebih tinggi selama musim

kemarau, dibandingkan musim hujan. Selama musim hujan konsentrasi residu pestisida cenderung berkurang akibat pengenceran air sungai oleh air hujan (Hellar & Kihampa, 2011). Keberadaan pestisida di suatu perairan dapat diukur dengan metode elektrokimia menggunakan *chronopotentiometry* pada film tipis merkuri dan elektroda karbon kaca (Durovic *et al.* 2016). Analisis residu pestisida dalam air memberikan informasi penting tentang kualitas air dan deteksi segala risiko potensial, sementara analisis sedimen memungkinkan deteksi polutan yang tidak dapat dikuantifikasi oleh analisis air (Hellar & Kihampa, 2011). Dalam badan air, pestisida dapat mempengaruhi kualitas air, sedimen, dan pada akhirnya mengancam organisme non target yang terhubung dalam rantai makanan (Kaushik *et al.* 2010).

#### **a. Residu di air**

Pestisida masuk ke ekosistem perairan melalui pembuangan langsung dari aktivitas penyemprotan, deposisi atmosfer, erosi tanah, limpasan dari area pertanian, pembuangan industri dan limbah domestik (Kaushik *et al.* 2010). Pestisida yang ditemukan secara sporadis terdiri dari dua jenis yaitu pestisida yang larut dalam air tetapi tidak stabil, dan tidak larut tetapi stabil yang dapat terakumulasi dalam tanah (Aguilar *et al.* 2017).

Di Indonesia ditemukan beberapa jenis residu pestisida, seperti di perairan tawar daerah Sukabumi, Jawa Barat, terdapat residu pestisida dari golongan organoklorin (aldrin 0,0001 mg/L), dan karbamat (0,0002-0,0013 mg/L) di bawah Batas Maksimal Residu (BMR)

berdasarkan kriteria air golongan C menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) (Taufik, 2011). Atifah *et al* (2019) menemukan residu pestisida dari golongan organoklorin (endosulfan 0,004 mg/L) dan organofosfat (malation 0,020 mg/L) di sepanjang pinggiran sungai Batang Gadis, Sumatera Utara.

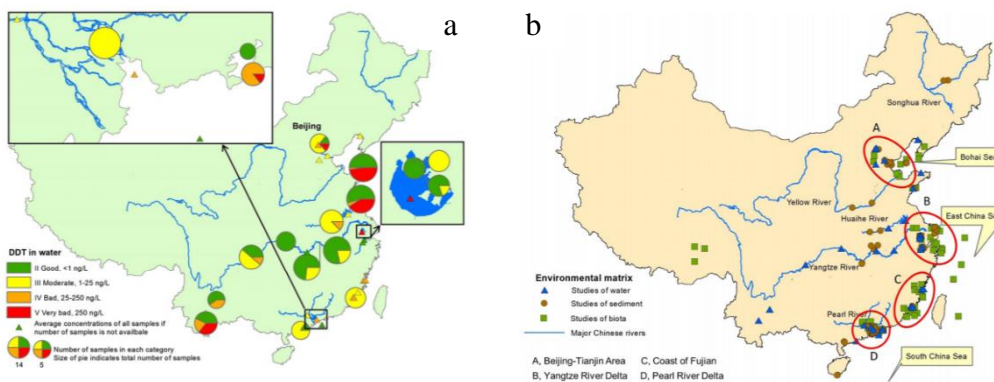
Di daerah tanjung barat di Afrika Selatan, Curchod *et al* (2020) menemukan 96 jenis pestisida (47 fungisida, 31 insektisida dan 18 herbisida) di daerah aliran sungai (DAS) Krom, Sungai Berg dan DAS Hex dalam sistem pertanian skala besar. Penelitian ini juga menyelidiki terjadinya campuran pestisida di tiga daerah aliran sungai selama kemarau panjang. Afrika Selatan termasuk ke dalam pengguna pestisida terbesar di Afrika. Namun, sedikit yang mengetahui terjadinya campuran pestisida di permukaan air dan dampaknya terhadap lingkungan di Afrika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 1.9 juta ha lahan pertanian dengan penggunaan pestisida dari tinggi ke rendah, yaitu jenis herbisida (50%), fungisida (41%) dan insektisida (8%).

Sungai-sungai besar di Cina seperti Sungai Haihe, Sungai Huaihe, Sungai Taihu, dan Sungai *Pearl* dalam kondisi tercemar berat oleh residu pestisida DDT, dengan konsentrasi melampaui tingkat konsentrasi tertinggi yakni > 250 ng/L (kelas V, sangat buruk berdasarkan sistem klasifikasi Norwegia untuk DDT) (Gambar 2) (Grung *et al.* 2015).

Sungai-sungai lain di Cina juga terkontaminasi oleh residu pestisida. Setidaknya 13 pestisida organoklorin terdeteksi di permukaan air sungai

Qiantang dengan konsentrasi antara 7,68 hingga 269,4 ng/L. Konsentrasi HCH dan organoklorin lain di lokasi ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan DDT (Zhou *et al.* 2006). Sebagai perbandingan, tingkat residu HCH di Sungai Qiantang lebih rendah dibandingkan di Sungai Minjiang, Cina (52.1–515.0 ng/L) (Zhang

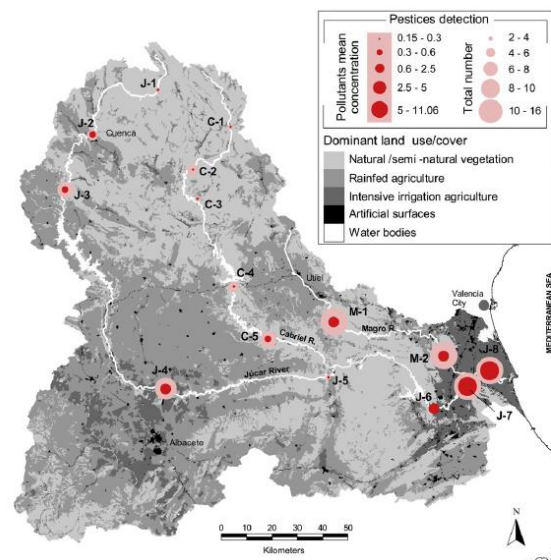
*et al.* 2003), dan Sungai Yamuna, India yakni 310,25 ng/L (Kaushik *et al.* 2008), lebih besar dibandingkan di Sungai Ghaggar, India (119,74 ng/L) (Kaushik *et al.* 2010), dan di Sungai Huaihe dan Sungai Taihu, Cina yakni < 25 ng/L (Grung *et al.* 2015).



**Gambar 2.** Peta Sungai besar di Cina (a), Sebaran residu DDT di air Sungai besar Cina (b) (Grung *et al.* 2015).

Distribusi spasial residu pestisida di perairan Sungai Júcar, Spanyol direpresentasikan dalam model kartografi (Gambar 3). Dari 20 jenis pestisida yang teridentifikasi, 18 terdapat dalam konsentrasi lebih tinggi dari batas kuantifikasi di permukaan air, dengan konsentrasi antara 0,05 ng/L (terbuthylazine-2 hydroxy) hingga 222,45 ng/L (imazalil). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa distribusi spasial pestisida di perairan Sungai Júcar, Spanyol disebabkan oleh zonasi penggunaan lahan atau dominasi penutupan permukaan (Aguilar *et al.* 2017).

Pencemaran pestisida pada lingkungan air tawar juga banyak terdapat di DAS Guayas, Ekuador, dengan deteksi di 108 lokasi pengambilan sampel (60%). Sebanyak 26 produk pestisida berhasil diidentifikasi. Pestisida yang paling sering terdeteksi termasuk cadusafos (0,081 µg/L), butaklor (2,006 µg/L) dan pendimethalin (0,557 µg/L). Residu pestisida yang terdeteksi dalam penelitian ini tidak secara signifikan mempengaruhi kualitas biologi air ( $p = 0,69$ ), tetapi berkorelasi positif dengan konsentrasi amonium. Hal ini mendukung asumsi penggunaan gabungan pupuk kimia dan pestisida di bidang pertanian (Deknock *et al.* 2019).



**Gambar 3.** Representasi kartografi pestisida di sepanjang Sungai Júcar, Cabriel dan Magro, Spanyol. Sampel J-6, J-7, J-8 dan M-2 menunjukkan jumlah pencemar pestisida terbesar dan tertinggi (Aguilar *et al.* 2017).

#### **b. Residu di sedimen**

Sedimen memainkan peran penting dalam distribusi pestisida di lingkungan perairan. Sebagian besar molekul pestisida mengikat partikel tersuspensi dan terakumulasi dalam sedimen (Lalah *et al.* 2003). Hal ini dikarenakan beberapa pestisida terutama yang memiliki sifat hidrofobik dan kelarutan rendah dapat terendap pada kondisi anaerob di dalam sedimen sungai (Zhou *et al.* 2006). Dengan demikian senyawa pestisida akan lebih lama tersimpan dalam sedimen dengan konsentrasi lebih tinggi dibandingkan perairan di atasnya (Taufik, 2011; Abbasi *et al.* 2019).

Residu pestisida dari jenis DDT ditemukan dalam konsentrasi tinggi dalam sedimen di Sungai Huaihe, Sungai Pearl dan Hainan, Cina (kelas III–IV berdasarkan sistem klasifikasi Norwegia

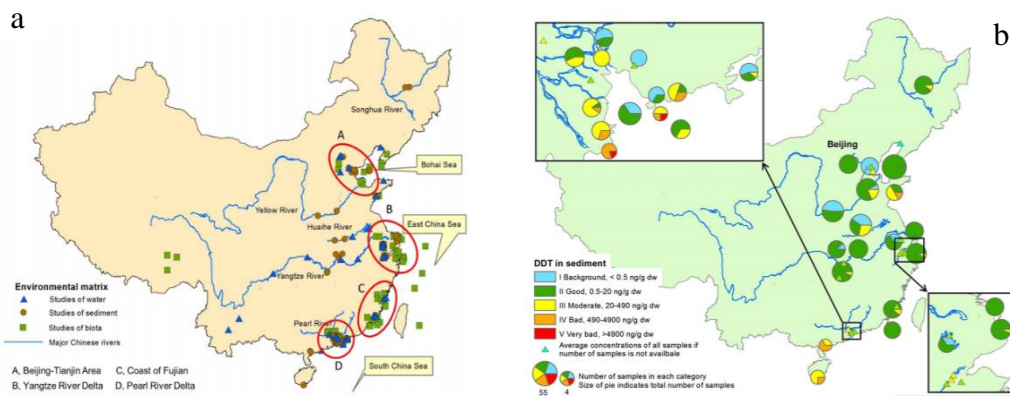
untuk DDT) (Gambar 4). DDT yang digunakan dalam cat *antifouling* oleh sejumlah besar kapal adalah sumber utama input DDT (Grung *et al.* 2015). Hal ini juga dikonfirmasi oleh penelitian lain di pelabuhan perikanan di Cina (Lin *et al.* 2009), yang menunjukkan bahwa tingkat risiko DDT telah mencapai kelas III-IV. Konsentrasi DDT berkisar antara 9-7350 ng/g berat kering, dimana Pelabuhan Macao dan Hong Kong berada pada level "sangat buruk" (4900 ng/g).

Konsentrasi organoklorin dalam sedimen di Sungai Qiantang, Cina pada tiga musim bervariasi antara 23,11-316,5 ng/g berat kering (8,22-152,1 ng/g untuk HCH, 1,14-100,2 ng/g untuk DDT). Tingginya konsentrasi metabolit biologis dari organoklorin terutama DDT dan HCH, menggambarkan bahwa masukan utama residu pestisida berasal dari tanah



pertanian yang sudah tua dan lapuk, kemudian terakumulasi dalam sedimen pada kondisi anaerob (Zhou *et al.* 2006). Tingkat pencemaran HCH dan DDT dalam sedimen di Sungai Qiantang, Cina jauh lebih tinggi dibandingkan di Sungai Haihe, Cina (1,88-18,76 ng/g untuk

HCH, dan 0,32–80,18 ng/g untuk DDT) (Yang *et al.* 2005), dan Sungai Minjiang, Cina (2,99–16,21 ng/g untuk HCH, dan 1,57–13,06 untuk DDT) (Zhang *et al.* 2003), serta daerah Sungai Daling, Cina (2.1-18 ng/g untuk HCH dan 9.1-53 untuk DDT) (Wang *et al.* 2013).



**Gambar 4.** Peta Sungai besar di Cina (a), Sebaran residu DDT di sedimen Sungai besar Cina (b) (Grung *et al.* 2015).

Cemaran residu pestisida organoklorin juga ditemukan di empat Sungai Kilimanjaro, Tanzania. Konsentrasi residu pestisida dari total organoklorin berturut-turut yaitu DDT (mencapai 132 ng/), HCH (9,7-57,1 ng/g), diikuti heptaklor epoksida (23.6-32.7 ng/g). Konsentrasi yang terdeteksi dalam sampel sedimen tidak melebihi tingkat maksimum dari kriteria kualitas sedimen Kanada untuk pestisida organoklorin di sedimen dasar (Hellar & Kihampa, 2011). Sementara di Sungai Kalisat, Indonesia, konsentrasi karbofuran tertinggi di antara residu pestisida ( $0,778 \pm 0,367$  mg/L), diikuti oleh propoksur ( $0,668 \pm 0,315$  mg/L), karbaril ( $0,4 \pm 0,367$  mg/L) dan terendah adalah sifutrin ( $0,314 \pm 0,146$

mg/L). Konsentrasi residu pestisida yang terdeteksi ini telah melebihi *maximum residue limit* yang ditetapkan oleh EU *Pesticide Database* (2019), sehingga sedimen di Sungai Kalisat telah terkontaminasi pestisida (Musa *et al.* 2019).

### c. *Residu dalam organisme akuatik*

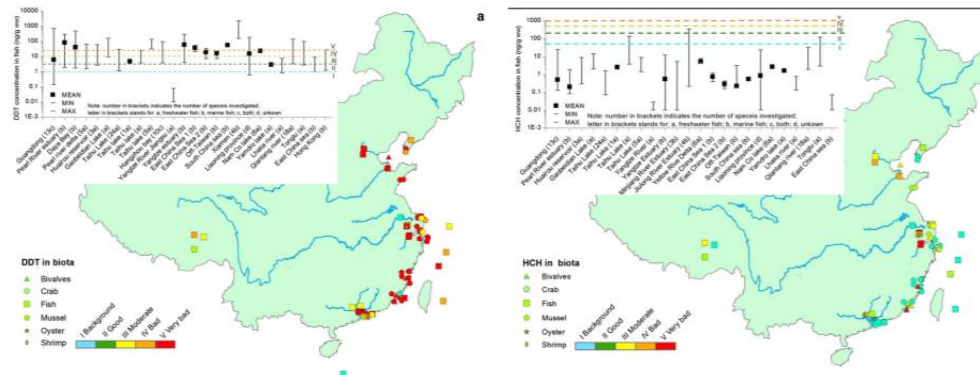
Pada organisme akuatik, pestisida masuk melalui makanan atau penyerapan langsung dari air melalui difusi di insang dan kulit. Pestisida kemudian didistribusikan melalui berbagai organ tubuh, dimetabolisme, dan akhirnya dikeluarkan dari tubuh kembali ke air. Namun senyawa lipofilik dan persisten tertentu seperti DDT, dieldrin, dan (PCB)



*polychlorobiphenyls* dimetabolisme dan diekskresikan oleh organisme hanya dalam tingkat yang sangat kecil (Kanazawa, 1981). Senyawa DDT tidak dapat diekskresikan oleh ikan, dan 50% nya disimpan dalam tubuh selama 30 hari (Kalyoncu *et al.* 2009). Senyawa tersebut terkonsentrasi dalam jaringan organisme dengan konsentrasi lebih besar dibandingkan dengan air di sekitarnya. Fenomena ini disebut konsentrasi biologis (biokonsentrasi) atau akumulasi biologis (Kanazawa, 1981).

Studi di lingkungan perairan di Cina menemukan hampir setengah dari

organisme akuatik yang dapat dimakan memiliki kadar lebih tinggi daripada yang direkomendasikan untuk konsumsi manusia oleh US EPA. 13 jenis organoklorin ditentukan dalam biota yang berbeda (kepiting, kerang, udang dan ikan). *Bio concentration factor* (log BCF) dihitung di lokasi pengambilan sampel yang berbeda, dengan nilai berkisar antara 2,9–6,3 untuk ikan, 3,8–6,2 untuk udang, dan 3,1–5,4 untuk kerang. Secara umum, risiko lingkungan DDT jauh lebih tinggi dibandingkan dengan HCH dalam biota (Gambar 5), dan sebagian besar sampel biota menunjukkan tingkat risiko pada level V untuk DDT (Grung *et al.* 2015).



**Gambar 5.** Tingkat risiko biota dari DDT (tertinggi) (a), Tingkat resiko biota dari semua isomer HCH (HCHs) (lebih rendah) (b) (Grung *et al.* 2015)

Studi tentang konsentrasi dan distribusi pestisida organoklorin juga dilakukan di Danau Poyang, danau dangkal terbesar di Cina. Konsentrasi organoklorin terdeteksi pada jaringan ikan air tawar, yaitu ikan mas perak (*Hypophthalmichthys molitrix*) berkisar antara 67,28 hingga 930,06 ng/g berat basah, dan 280,67–1.006,58 ng/g berat basah untuk ikan mas kepala besar (*Aristichthys nobilis*) (Zhao *et al.* 2014).

Konsentrasi pestisida yang tinggi pada Ch. *riojai* terjadi karena proses biomagnifikasi yang memungkinkan perpindahan pestisida melalui rantai trofik. Ch. *riojai* berperan sebagai pemakan zooplankton, sehingga konsentrasi organofosfat yang tinggi pada fitoplankton dan zooplankton menyebabkan biokonsentrasi lebih tinggi pada ikan ini (Favari *et al.* 2002).

### ***Manajemen Residu Pestisida***

Manajemen residu pestisida telah banyak diusulkan oleh beberapa negara. Seperti di Australia pengelolaan pestisida adalah tanggung jawab bersama pemerintah Australia dan negara bagian. Manajemen di tingkat pemerintah Queensland dalam mengurangi polusi pestisida di saluran air, diantaranya dengan penelitian, pemantauan, penilaian risiko dan penerapan metode aplikasi pestisida yang lebih baik (Brodie & Landos 2019). Sementara di permukaan DAS Pinios, Yunani, pada tahun 2011 dan 2012, penilaian dan manajemen pestisida polutan menggunakan *Aquatic Quality Index of Short term Toxicity of Pesticides* (AQI ShToxP) dan *Aquatic Quality Index of Long term Toxicity of Pesticides* (AQI LToxP). Indeks AQI ShToxP dan AQI LToxP yang dikembangkan, serta sistem klasifikasi kualitas yang diusulkan dapat menjadi alat komunikasi dan interpretasi yang berharga untuk rencana pengelolaan wilayah sungai yang dapat berkontribusi dalam pemulihan kesehatan lingkungan (Tsaboula *et al.* 2019).

Di Uni Eropa, polusi dan perlindungan air telah diatur oleh *Water Framework Directive* (WFD). EU Directive 2000/60/EC memasang kerangka kerja untuk perlindungan lingkungan akuatik dan menetapkan strategi mencegah polusi bahan kimia di perairan. Arahannya merupakan pendekatan yang sama sekali baru untuk perlindungan ekosistem perairan, termasuk semua kategori air dan semua undang-undang sebelumnya kini telah dimasukkan dalam satu kesatuan. Selain itu, arahan ini mengatur penggunaan air, mencegah polusi,

melindungi saluran air dan memungkinkan pemenuhan komitmen internasional terkait dengan keberadaan zat beracun dalam air (Šunjka & Sanja, 2017).

Pendekatan lain yang dapat digunakan dalam manajemen residu pestisida adalah *post-registration Risk Assessment* (RA) dengan membentuk daftar prioritas pestisida yang seharusnya dipantau, dan diserahkan ke kebijakan penggunaan terbatas. Data pemantauan adalah komponen penting dari setiap latihan penentuan prioritas. RA yang sama dapat digunakan untuk mengidentifikasi langkah-langkah mitigasi yang dapat digunakan untuk mengurangi risiko. RA pestisida lingkungan biasanya dilakukan dengan menerapkan metodologi pra-registrasi (tes toksisitas dan penilaian nasib menggunakan model prediktif), dan metodologi pasca-registrasi (tes toksisitas dan konsentrasi yang diukur dari studi pemantauan). Namun, status risiko tergantung pada metodologi yang digunakan, pengetahuan saat ini, pilihan organisme paling sensitif yang representatif, standar kualitas lingkungan dan kebijakan masing-masing otoritas (Vryzas *et al.* 2020).

Sebuah manajemen resistensi pestisida telah diusulkan dengan peluang masuk akal untuk berhasil dan bebas risiko dalam berbagai kondisi yang berbeda. Yang paling utama diantaranya adalah: pemantauan populasi hama di lapangan sebelum aplikasi pestisida, perubahan pestisida dengan mode tindakan yang berbeda, membatasi jumlah aplikasi dari waktu ke waktu dan ruang, membuat atau mengeksplorasi tempat perlindungan

organisme, menghindari pestisida yang bersifat persisten, menargetkan aplikasi pestisida terhadap tahap siklus hidup hama yang paling rentan, menggunakan

sinergis yang dapat meningkatkan toksisitas pestisida yang diberikan dengan menghambat mekanisme detoksifikasi (Gill & Garg, 2014).

**Tabel 1.** Faktor-faktor penting yang dipertimbangkan dalam latihan penentuan prioritas pestisida di badan air permukaan (Vryzas *et al.* 2020).

Cara Pengambilan Sampel	Toksikologi	Sifat Pestisida	Penerapan di Pertanian
Data sebelumnya, sampel, pengambilan sampel secara langsung dan tidak langsung, pengiriman sampel kondisi penyimpanan, matrik (air, sedimen, biota), senyawa yang menjadi sasaran dan non-sasaran, metabolit, biaya	Toksitas (akut dan kronis), daerah hulu atau hilir yang dilindungi, spesies langka, spesies utama, dinamika populasi, ekologi komunitas, dan komponen lainnya	Penyerapan, degradasi, penguapan, kelarutan, biomagnifikasi, biokonsentrasi, stabilitas dalam sampel, diserap tanaman	Jumlah penggunaan pestisida, alat penyemprot, alat pencampuran/penampung /pembersih, pengelolaan kontainer, distribusi hasil panen, strategi irigasi, struktur tanah, cara penanaman
Kemampuan Analisis	Keberadaan di Alam	Karakteristik Badan Air	Manajemen
Peralatan, jumlah sampel yang dianalisis, sampel yang diketahui, cara skrining, LOD, pengulangan, akurasi, ketelitian, biaya	Distribusi pada tanaman, presipitasi, topografi, jenis tanah, siklus/ alur hidrologi	Kedalaman, bentuk, aliran, waktu tinggal, jenis dan kedalaman sedimen, vegetasi	Prioritas, kemometrik, statistik, perkiraan/pembobotan, resiko komunikasi, interaksi dengan stakeholder.

Alternatif lain yang bisa diadopsi dalam manajemen pestisida adalah pendekatan *Integrated Pest Management* (IPM) untuk mengendalikan hama, karena praktik ini dirancang untuk meminimalkan gangguan lingkungan. Tujuan IPM tidak hanya untuk mengurangi penggunaan pestisida sembarangan, tetapi juga untuk mengganti bahan kimia berbahaya dengan yang aman. Pendekatan canggih seperti bioteknologi dan nanoteknologi dapat memfasilitasi pengembangan genotipe atau pestisida yang resisten dengan efek samping lebih sedikit. Pengembangan masyarakat dan berbagai program penyuluhan dapat mendidik dan mendorong petani untuk mengadopsi strategi IPM inovatif sebagai kunci untuk

mengurangi dampak buruk pestisida terhadap lingkungan (Gill & Garg, 2014).

## SIMPULAN

Residu pestisida dari kegiatan pertanian intensif dapat mempengaruhi kualitas ekosistem sungai melalui berbagai jalur. Senyawa pestisida banyak terdistribusi dalam air, kemudian terakumulasi dalam sedimen, dan organisme akuatik melalui proses biokonsetrasi rantai makanan. DDT dan HCH merupakan jenis pestisida yang banyak ditemukan dan dipelajari, terutama sungai-sungai di China. Beberapa diantaranya berada dalam kondisi tercemar berat baik di air, sedimen, dan organisme akuatik.

## Pustaka

- Abbasi Y, Chris MM, William M. 2019. Modeling Pesticide and Sediment Transport in the Malewa River Basin (Kenya) Using SWAT. *Journal Water* 11:1-20.
- Aguilar JAP, Andreu V, Campo J, Pico Y, Masia A. 2017. Pesticide Occurrence in The Waters of Júcar River, Spain from Different Farming Landscapes. *Science of the Total Environment* 607-608:752-760.
- Amilia E, Benny J, Sunardi. 2016. Residu Pestisida pada Tanaman Hortikultura (Studi Kasus di Desa Cihanjuang Rahayu Kecamatan Parongpong Kabupaten Bandung Barat). *Jurnal Agrikultura* 27(1):23-29.
- Aryani D, Sunardi, Melanie. 2013. Uji Toksisitas Sedimen Sungai Citarum Terhadap Mortalitas Larva *Hydropsyche* Sp. (Trichoptera : Hydropsychidae). *Jurnal Biotika* 11(2):140-146.
- Atifah Y. 2019. Pencemaran Pestisida Pada Sungai Batang Gadis Mandailing Natal Sumatera Utara. *BIOEDUSCIENCE: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 3(2):100-105.
- Brodie J, Landos M. 2019. Pesticides in Queensland and Great Barrier Reef Waterways-Potential Impacts on Aquatic Ecosystems and The Failure of National Management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 230(106447):1-17.
- Carpenter KD, Sobieszczyk S, Arnsberg AJ, Rinella FA. 2008. Pesticide Occurrence and Distribution in the Lower Clackamas River Basin, Oregon, 2000–2005. Scientific Investigations Report 2008–5027. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia.
- Curchod L, Christelle O, Marion J, Christian S, Mohamed AD, Martin R, Samuel F. 2020. Temporal Variation of Pesticide Mixtures in Rivers of Three Agricultural Watersheds During a Major Drought in The Western Cape, South Africa. *Water Research* 10(6):1-12.
- Deknock A, Troyer ND, Houbraken M, Granda LD, Nolivos I et al. 2019. Distribution of Agricultural Pesticides in The Freshwater Environment of The Guayas River Basin (Ecuador). *Science of The Total Environment* 646:996-1008.
- Durovic A, Zorica S, Snedana K, Nada G, Vojislava B, Gorica V, Zvonimir S. 2016. Development and Validation of Chronopotentiometric Method for Imidacloprid Determination in Pesticide Formulations and River Water Samples. *International Journal of Analytical Chemistry* 1-11.  
<http://dx.doi.org/10.1155/2016/5138491>.
- FAO. 2011. The State of The World's Land and Water Resource. Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.

- FAO. 2017. Pesticides Use. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>
- Favari L, Lopez E, Martinez-Tabche L, Diaz-Pardo E. 2002. Effect of Insecticides on Plankton and Fish of Ignacio Ramirez reservoir (Mexico): a Biochemical and Biomagnification Study. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 51:177-186.
- Fitriadi BR, Putri AC. 2016. Metode-metode Pengurangan Residu Pestisida pada Hasil Pertanian. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* 11(2):61-71.
- Gill HK, Garg H. 2014. Pesticides: Environmental Impacts and Management Strategies Chapter 8. <http://dx.doi.org/10.5772/57399>.
- Grung M, Lin Y, Zhang H, Steen AO, Huang J, Zhang G, Larssen T. 2015. Pesticide Level and Environmental Risk in Aquatic Environments in China - Review. *Environment International* 81:87-97.
- Hellar, Kihampa H. 2011. Pesticide residues in four rivers running through an intensive agricultural area, Kilimanjaro, Tanzania. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* 15 (2) : 307-316.
- Kalyoncu L, Agca I, Aktumsek A. 2009. Some Organochlorine Pesticide Residues in Fish Species in Konya, Turkey. *Chemosphere* 74:885-889.
- Kaushik CP, Sharma HR, Jain S, Dawra J, Kaushik A. 2008. Pesticide Residues in River Yamuna and Its Canals in Haryana and Delhi, India. *Environmental Monitoring and Assessment* 144:329-340.
- Kaushik A, Sharma HR, Jain S, Dawra J, Kaushik CP. 2010. Pesticide Pollution of River Ghaggar in Haryana, India. *Environmental Monitoring and Assessment* 160(1-4):61-69.
- Khoirunisa H, Fitrianingrum K. 2019. Penggunaan Drone dalam Mengaplikasikan Pestisida di Daerah Sungai Besar, Malaysia. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat* 1(1):87-91.
- Kotinagu, Nelapati K. 2015. Organochlorine and Organophosphorus Pesticide Residues in Todder and Milk Samples Along Musi River Belt, India. *Vet World* 8(4):545-550.
- Lalah JO, Yugi PO, Jumba IO, Wandiga SO. 2003. Organochlorine Pesticide Residues in Tana and Sabaki Rivers in Kenya. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 71:298-307.
- Lin T, Hu Z, Zhang G, Li X, Xu W, Tang J, Li J. 2009. Levels and Mass Burden of DDTs in Sediments from Fishing Harbors: The Importance of DDT-Containing Antifouling Paint to The Coastal Environment of China. *Environmental Science & Technology* 43(21):8033-8038.
- Musa M, Buwono NR, Iman MN, Ayuning SW, Lusiana ED. 2019. Pesticides in Kalisat River: Water and Sediment Assessment. *AACL Bioflux* 15(Issue 5):1806-1813.

- Ryberg KR, Gilliom RJ. 2015. Trends in Pesticide Concentrations and Use for Major Rivers of The United States. *Science of The Total Environment* 538:431-444.
- Šunjka D, Sanja L. 2017. Water Sampling Techniques for Continuous Monitoring of Pesticides in Water. *Pestic. Phytomed* 32(2):85–93.
- Székács A, Mörtl M, Darvas B. 2015. Monitoring Pesticide Residues in Surface and Ground Water in Hungary: Surveys in 1990–2015. *Journal of Chemistry* 1:1-15.
- Qin SL, Lu XY. 2020. Do Large-Scale Farmers Use More Pesticides? Empirical Evidence From Rice Farmers in Five Chinese Provinces. *Journal of Integrative Agriculture* 19(2):590–599.
- Taufik I, Koesoemadinata S, Sutrisno, Nugraha A. 2003. Tingkat Akumulasi Residu Pestisida Pertanian di Perairan Tambak. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 9(4):53-62.
- Tsaboula A, Papadakis E, Vryzas Z, Kotopoulou A, Kintzikoglou K, Papadopoulou-Mourkidou E. 2019. Assessment and Management of Pesticide Pollution at a River Basin Level Part II: Optimization of Pesticide Monitoring Networks on Surface Aquatic Ecosystems by Data Analysis Methods. [\*Science of The Total Environment\*](#) 653:1597-1611.
- Vryzas Z, Ramwell C, Sans C. 2020. Pesticide Prioritization Approaches and Limitations in Environmental Monitoring Studies: from Europe to Latin America and the Caribbean. *Environmental International* 143(105917):1-7.
- Wang L, Jia H, Liu X, Sun Y, Yang M, Hong W, Qi H, Li YF. 2013. Historical Contamination and Ecological Risk of Organochlorine Pesticides in Sediment Core in Northeastern Chinese River. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 93:112–120.
- Yang RQ, Lv Ai-hua, Shi JB, Jiang GB. 2005. The Levels and Distribution of Organochlorine Pesticides (OCPs) in Sediments from The Haihe River, China. *Chemosphere* 61:347–354.
- Zhang ZL, Hong HS, Zhou JL, Huang J, Yu G. 2003. Fate and Assessment of Persistent Organic Pollutants in Water and Sediment from Mingjiang River Estuary, Southeast Chin. *Chemosphere* 52:1423–1430.
- Zhao Z, Wang Y, Zhang L, Cai Y, Chen Y. 2014. Bioaccumulation and Tissue Distribution of Organochlorine Pesticides (OCPs) in Freshwater Fishes: a Case Study Performed in Poyang Lake, China's Largest Lake. *Environ Sci Pollut Res Int* 21(14):8740-9.
- Zhou R, Zhu L, Yang K, Chen Y. 2006. Distribution of Organochlorine Pesticides in Surface Water and Sediments from Qiantang River, East China. *Journal of Hazardous Materials* A137:68-75.
- Wesselink A K, Elizabeth E H, Kenneth J R, Sydney K W, Olivia R O, Lauren A W. 2020. Pesticide residue intake

---

from fruits and vegetables and fecundability in a North American preconception Cohort Study. *Journal environment international* 139 (105693) : 1-8



