



Bioakumulasi Residu Pestisida pada Komunitas Gastropoda di Perairan Sungai Kalisat, Kabupaten Malang

Bioaccumulation of Pesticide Residues in Gastropod Communities at Kalisat River, Malang Regency

Nanik Retno Buwono*, Trinita Gultom, Setya Widi Ayuning, Supriatna Supriatna

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, *Email korespondensi: buwonoretno@ub.ac.id

Received: 22 August 2019

Accepted: 31 December 2019

Abstr act. *Gastropods can respond to pesticide pollution in the environment because their life is relatively sedentary and their movements are very limited. The character of pesticides are not selective and persistent can result in bioaccumulation of pesticide content in gastropod. Hence, the aim of the study was to determine the levels of pesticide residues that accumulate in the gastropod body at Kalisat River, Malang Regency. The pesticide residues in gastropods was measured using High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Data were analyzed descriptively comparative or compared with the quality standards which exceeded the maximum residual limit set by the EU Pesticide Database. The results showed that pyrethroid pesticides were found with the active ingredient beta-cyfluthrin (mean 0.05 mg/g) and carbamate group with three highest active ingredients namely propoxur (average value of 0.15 mg/g), carbofuran (average value of 0.16 mg/g) and carbaryl (average value of 0.11 mg/g). Bioaccumulation factor values at all stations are greater than 1 (BAF>1) that indicates the gastropods can accumulate pesticide residues.*

Keywords: *bioaccumulation, gastropod, pesticide residues, Kalisat River*

Abstrak. Gastropoda dapat memberikan respon terhadap pencemaran pestisida di lingkungan karena hidupnya relatif menetap dan pergerakannya sangat terbatas. Sifat pestisida yang tidak selektif dan persisten dapat mengakibatkan terjadinya bioakumulasi atau penumpukan kandungan pestisida dalam tubuh gastropoda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar residu pestisida yang terakumulasi dalam tubuh gastropoda di Sungai Kalisat, Kabupaten Malang. Pengukuran residu pestisida pada gastropoda menggunakan alat *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa ditemukan pestisida golongan piretroid dengan bahan aktif jenis beta siflutrin (rerata 0,05 mg/g) dan golongan karbamat dengan tiga jenis bahan aktif tertinggi, yaitu propoksur (rerata 0,15 mg/g), karbofuran (rerata 0,16 mg/g) dan karbaril (rerata 0,11 mg/g). Data dianalisis secara deskriptif komparatif atau dibandingkan dengan baku mutu EU *Pesticide Database* tahun 2019 telah melebihi batas maksimum residu yang ditetapkan oleh EU *Pesticide Database*. Nilai faktor bioakumulasi pada seluruh stasiun lebih besar dari 1 (BAF>1) yang menunjukkan bahwa gastropoda mampu mengakumulasi residu pestisida. Pestisida dapat ditemukan pada gastropoda dengan melalui difusi langsung dari lingkungan dan juga melalui proses pencernaan gastropoda.

Kata kunci: bioakumulasi, gastropoda, residu pestisida, Sungai Kalisat

Pendahuluan

Sungai Kalisat merupakan sungai yang mengalir di Desa Selorejo, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. Sungai ini dimanfaatkan oleh penduduk Desa Selorejo untuk aktivitas sehari-hari sehingga menerima banyak masukan bahan pencemar. Bahan pencemar yang masuk di sepanjang Sungai Kalisat sebagian besar berasal dari limbah aktivitas pertanian, selanjutnya, yaitu limbah rumah tangga, peternakan dan juga limbah industri warga. Hampir semua aktivitas pertanian yang dilakukan di desa ini menggunakan pestisida untuk menghilangkan hama tanaman berdasarkan informasi yang diperoleh dari petani setempat.



Penggunaan pestisida yang dilakukan hampir setiap hari oleh petani setempat dapat mengakibatkan terjadinya akumulasi residu pestisida di lingkungan perairan.

Pestisida adalah zat kimia yang digunakan untuk mematikan atau memberantas berbagai hama (Yuantari, 2011). Pestisida digolongkan menjadi insektisida, herbisida, fungisida, rodentisida dan fumigan. Jenis pestisida yang paling banyak digunakan berdasarkan informasi petani di Desa Solerejo adalah golongan insektisida. Tidak semua pemberian pestisida akan berefek langsung mengenai sasaran dalam penerapannya pada kegiatan pertanian. Sebagian besar akan jatuh ke tanah, kemudian terbawa aliran air hujan dan masuk ke dalam perairan sungai. Penggunaan pestisida yang berlebih pada akhirnya juga akan menjadi limbah yang mengkontaminasi lingkungan dan organisme hidup di lingkungan tersebut.

Beberapa pestisida yang bersifat persisten (sulit terurai) dapat bertahan pada lingkungan hingga bertahun-tahun. Salah satu dampak penggunaan pestisida terhadap lingkungan adalah terjadinya bioakumulasi. Bioakumulasi adalah proses penumpukan kandungan pestisida yang terjadi pada organisme dan dapat menyebabkan terjadinya toksisitas (Arkianti *et al.*, 2019). Sifat pestisida yang tidak selektif serta persisten tersebut sangat memungkinkan terjadinya bioakumulasi dalam rantai makanan sehingga berdampak pada kehidupan organisme perairan.

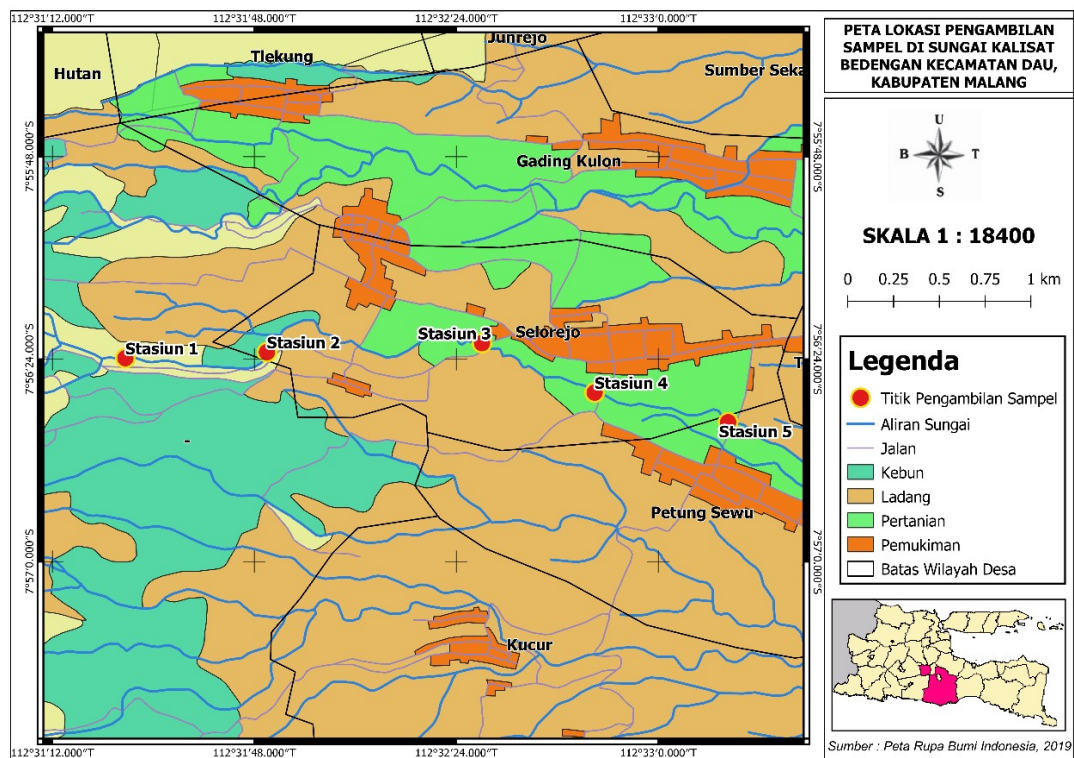
Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi bioakumulasi pestisida terhadap organisme perairan, antara lain; suhu, umur, dan lama organisme terpapar, serta konsentrasi zat kimia pestisida yang terlarut dalam air (Setiarso *et al.*, 2011). Organisme yang dijadikan bioindikator dalam penelitian ini adalah gastropoda. Gastropoda merupakan hewan air dari grup benthik makroinvertebrata yang sifatnya cenderung menetap pada suatu lingkungan, tingkat mobilitasnya relatif rendah, mudah diidentifikasi dan diamati secara mikroskopis serta keberadaannya di lingkungan terpengaruh langsung oleh masukan bahan-bahan atau zat-zat ke dalam habitatnya (Fadhilah *et al.*, 2013; Tjokrokusumo, 2006).

Beberapa penelitian yang terkait dengan gastropoda banyak digunakan sebagai bioindikator bahan pencemar berupa logam berat dan bahan organik pada perairan (Ayu *et al.*, 2015; Wicaksono *et al.*, 2016). Penelitian dengan bahan pencemar pestisida pernah dilakukan yang teridentifikasi pada kerang hijau di Teluk Jakarta (Edward, 2016). Penelitian yang pernah dilakukan di Sungai Kalisat, yaitu mengenai keanekaragaman makrozoobentos di Sungai Kalisat untuk menentukan kondisi perairan (Halim, 2011). Analisis residu pestisida pada gastropoda sebagai bioindikator bahan pencemar di lingkungan perairan Sungai Kalisat masih belum pernah dilakukan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dari tujuan yang dirumuskan yaitu untuk mengetahui kadar residu pestisida yang terakumulasi dalam tubuh gastropoda di Sungai Kalisat.

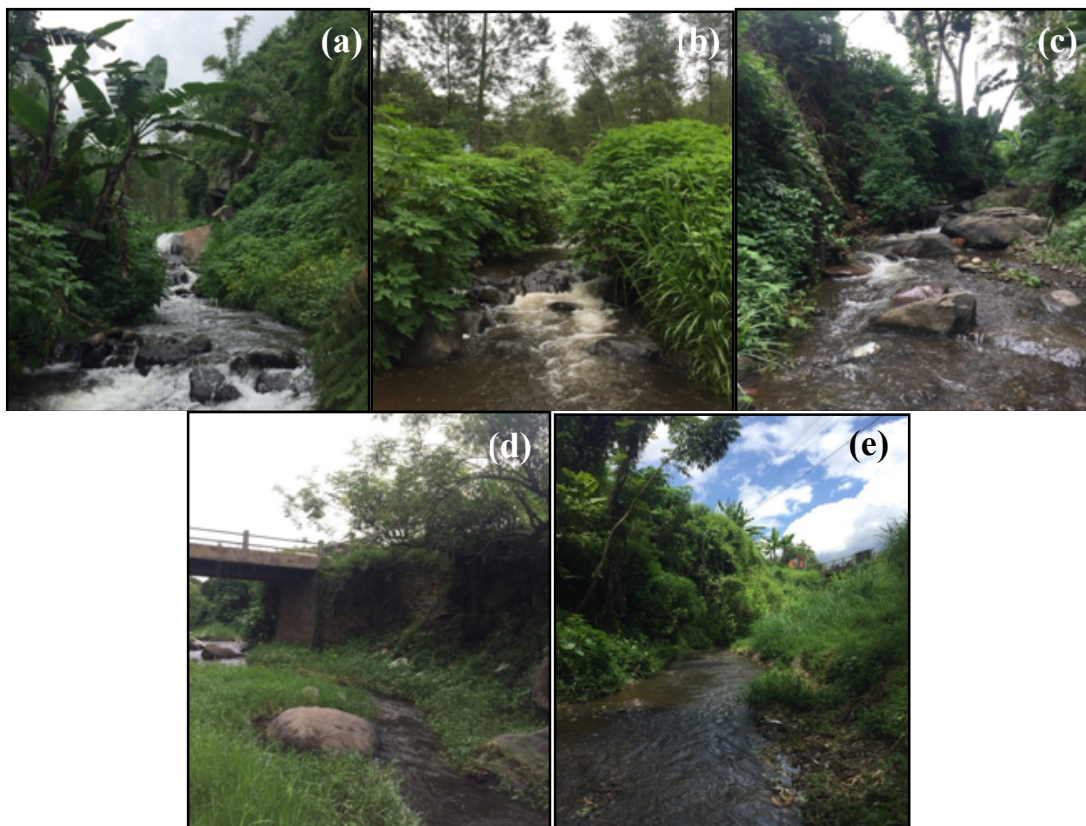
Bahan dan Metode

Waktu dan tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Juni–Agustus 2019 pada musim kemarau yang berlokasi di Daerah Aliran Sungai Kalisat, Kelurahan Selorejo, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. Lokasi pengambilan sampel di Sungai Kalisat telah dideskripsikan pada Gambar 1. Titik pengambilan sampel gastropoda dibagi menjadi 5 (lima) stasiun di sepanjang Sungai Kalisat (Gambar 2). Stasiun 1 adalah lokasi sungai yang masih jarang terpengaruh kegiatan warga, Stasiun 2 berada di sekitar kawasan wisata Perkemahan Bedengan, Stasiun 3 berada di kawasan lahan pertanian, Stasiun 4 berada di lahan pertanian dan pemukiman warga, serta Stasiun 5 berada di area pemukiman warga.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel di Sungai Kalisat, Kabupaten Malang



Gambar 2. Stasiun pengambilan sampel gastropoda di Sungai Kalisat: (a) Stasiun 1; (b) Stasiun 2; (c) Stasiun 3; (d) Stasiun 4 dan (e) Stasiun 5.

Pengambilan sampel

Penelitian ini menggunakan bahan berupa sampel air dan sampel gastropoda yang diambil dari Sungai Kalisat. Sampel gastropoda diambil dengan menggunakan teknik *kicking* yang dapat digunakan untuk mengumpulkan gastropoda dari dasar sungai (Rahmawati, 2014). Jaring *kicking* yang digunakan dengan ukuran mata jaring 500 μm berbentuk segi lima dengan panjang pegangan 120 m (Gambar 3). Gastropoda yang diperoleh dari teknik tersebut langsung dibungkus dengan plastik dan diberi label, kemudian diidentifikasi menggunakan buku Invertebrata Zoology (Hegner and Engemann, 1968); Management of Freshwater Fisheries (Arrignon, 1999) dan referensi lain yang terkait.



Gambar 3. Jaring *kicking* untuk pengambilan sampel gastropoda

Analisis residu pestisida

Analisis pestisida dalam sampel air dan sampel gastropoda dilakukan berdasarkan prosedur operasional baku Laboratorium Kimia, Universitas Muhammadiyah, Malang. Untuk analisis residu pestisida pada gastropoda dibutuhkan sampel daging gastropoda dengan berat basah minimal 20 gram per stasiun, selanjutnya residu dianalisis di Laboratorium Kimia, Universitas Muhammadiyah Malang menggunakan alat *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) dengan merk dagang Shimadzu.

Kadar residu pestisida pada sampel gastropoda dianalisis menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Pengukuran residu pestisida golongan piretroid menggunakan detektor *Photo Diode Array Detector SPD M20-A*, tipe kolom *Shim-pack VP ODS 5 μm 150 $\times$ 4,6 mm*, temperatur kolom 25°C, fase gerak *Hexane: Dichloromethane (80:20 v/v)*, metode fase gerak *Isocratic method*, kecepatan aliran 1,2 ml/min, volum injeksi 20 μl , panjang gelombang detektor 265 nm dan didiamkan selama 10 menit. Pengukuran residu pestisida golongan karbamat menggunakan detektor *SPD 20 A UV – Vis Detector*, tipe kolom *Shim-pack VP ODS 5 μm 150 $\times$ 4,6 mm*, temperatur kolom 40°C, terdiri dari 2 fase gerak yaitu *fase gerak A (0,1 % H_3PO_4 in water)* dan *fase gerak B (0,1 % H_3PO_4 in acetonitrile)* dengan perbandingan (A : B = 95% : 5%), metode fase gerak *Isocratic method*, kecepatan aliran 1 ml/min, volum injeksi 20 μl , panjang gelombang detektor 210 nm dan didiamkan selama 10 menit.

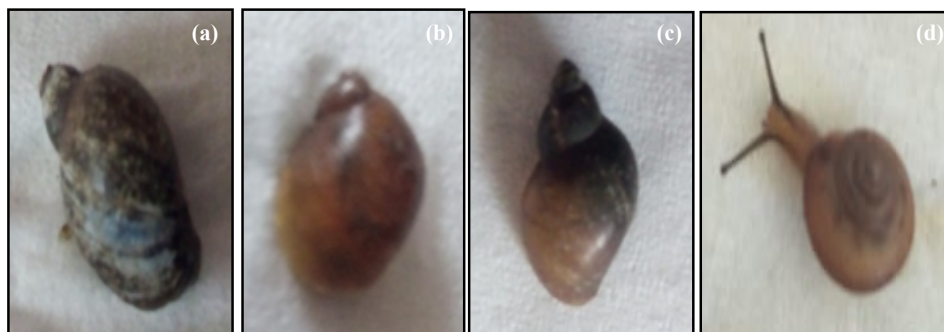
Analisis data

Data yang diperoleh ditabulasi secara keseluruhan kemudian dianalisa secara deskriptif komparatif (perbandingan). Data komunitas gastropoda yang terdapat di Sungai Kalisat, dihitung menggunakan rumus kelimpahan jenis gastropoda menurut Odum (1992), indeks keanekaragaman (H') Shannon-Wiener menurut Odum (1971) dan indeks dominasi (C) menurut (Odum, 1993). Data hasil residu pestisida pada sampel air dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416 Tahun 1990 sedangkan pada sampel

gastropoda dibandingkan dengan baku mutu residu pestisida EU Pesticide Database tahun 2019. Faktor bioakumulasi atau *Bioaccumulation Factor* (BAF) residu pestisida diperoleh dengan membandingkan konsentrasi residu pestisida pada organisme gastropoda dengan konsentrasi residu pestisida pada air sungai. Nilai $BAF > 1$ menunjukkan bahwa organisme mampu mengakumulasi kandungan bahan pencemar yang tinggi, sebaliknya apabila nilai $BAF < 1$ menunjukkan bahwa organisme mampu mengakumulasi kandungan bahan pencemar yang rendah (Gobas, 1993; Filipus *et al.*, 2018).

Hasil

Empat spesies gastropoda telah ditemukan selama penelitian, yaitu *Fossaria humilis*, *Radix cumingii*, *Radix labiata* dan *Biomphalaria glabrata* yang diperoleh dari Stasiun 2, 3, 4 dan 5 di Sungai Kalisat yang dapat dilihat pada Gambar 4. Stasiun 1 tidak ditemukan gastropoda karena kondisi lingkungan Stasiun 1 kurang sesuai untuk kehidupan gastropoda. Stasiun 1 memiliki tipe substrat dominan berpasir, arus yang deras, suhu perairan yang rendah dan sedikit bahan organik. Spesies dengan nilai kelimpahan tertinggi, yaitu *Fossaria humilis* (Stasiun 4) sebesar 12 ind/m², sedangkan spesies yang nilai kelimpahannya terendah adalah *Radix cumingii* (Stasiun 2 dan 5), *Radix labiata* (Stasiun 3 dan 5) dan *Biomphalaria glabrata* (Stasiun 3 dan 4) sebesar 1 ind/m². Hasil kelimpahan gastropoda yang ditemukan di Sungai Kalisat yaitu berkisar antara 1–12 ind/m². Nilai indeks keanekaragaman gastropoda yang ditemukan di Sungai Kalisat yaitu berkisar antara 0,59–1,03. Nilai indeks dominasi gastropoda yang ditemukan di Sungai Kalisat tergolong rendah atau dengan kata lain jumlah spesies antar stasiun relatif seimbang. Indeks dominasi tertinggi sebesar 0,59 (Stasiun 2), sedangkan nilai indeks dominasi yang paling rendah sebesar 0,42 (Stasiun 4).



Gambar 4. Jenis gastropoda yang ditemukan di Sungai Kalisat: (a) *Fossaria humilis*, (b) *Radix cumingii*, (c) *Radix labiata*, (d) *Biomphalaria glabrata*

Tabel 1. Konsentrasi residu pestisida pada air di Sungai Kalisat

Bahan Aktif	Batas Maksimum Residu (mg/L)*	Konsentrasi Residu Pestisida (mg/L)				
		Sts 1	Sts 2	Sts 3	Sts 4	Sts 5
Beta Siflutrin	0,1	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03
Propoksur		0,02	0,05	0,03	0,03	0,06
Karbofuran		0,02	0,05	0,04	0,03	0,07
Karbaril		0,01	0,04	0,03	0,02	0,05

*Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416 Tahun 1990

Sts: Stasiun; data adalah nilai rata-rata pada kurun waktu pengambilan sampel



Pengukuran konsentrasi residu pestisida dilakukan pada air dan gastropoda di Sungai Kalisat. Hasil pengukuran konsentrasi residu pestisida pada air di Sungai Kalisat dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan hasil pengukuran konsentrasi residu pestisida pada gastropoda di Sungai Kalisat dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan data bahwa hasil penelitian residu pestisida yang ditemukan di Sungai Kalisat adalah berbahan aktif beta siflutrin (golongan piretroid) serta tiga bahan aktif tertinggi dari golongan karbamat, yaitu propoksur, karbofuran dan karbaril. Nilai faktor bioakumulasi (BAF) gastropoda yang ada di Sungai Kalisat berkisar antara 3,43–3,33 (Gambar 5). Nilai BAF digunakan untuk mengetahui besarnya kemampuan gastropoda untuk mengakumulasi bahan pencemar yaitu residu pestisida.

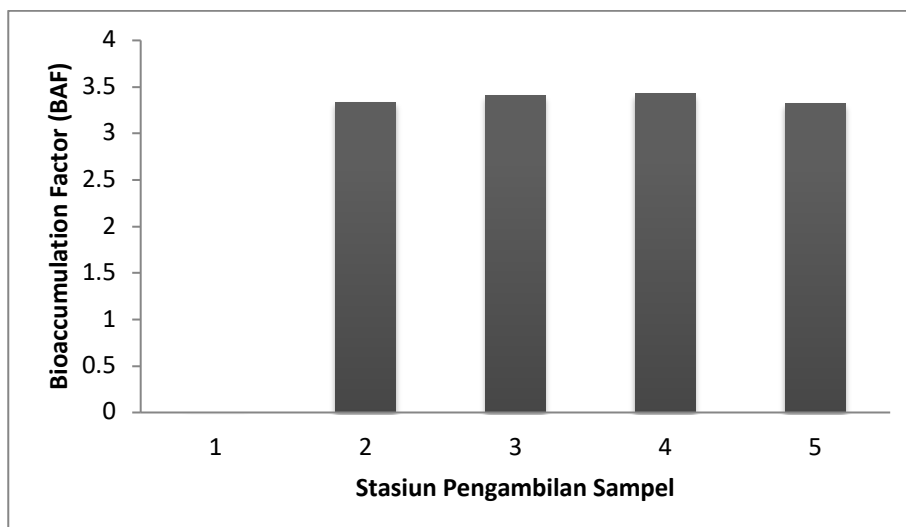
Tabel 2. Konsentrasi residu pestisida pada gastropoda di Sungai Kalisat

Bahan Aktif	Batas Maksimum Residu (mg/L)*	Konsentrasi Residu Pestisida (mg/L)				
		Sts 1	Sts 2	Sts 3	Sts 4	Sts 5
Beta Siflutrin	0,02	(-)	0,06	0,04	0,04	0,08
Propoksur	0,05	(-)	0,16	0,12	0,10	0,22
Karbofuran	0,01	(-)	0,18	0,13	0,11	0,25
Karbaril	0,05	(-)	0,12	0,09	0,08	0,17

*Sumber: EU *Pesticide Database* Tahun 2019

Sts: Stasiun; Data adalah nilai rata-rata pada kurun waktu pengambilan sampel

Tanda (-): Tidak Ditemukan Gastropoda



Gambar 5. Nilai BAF (*Bioaccumulation Factor*) Residu Pestisida pada Gastropoda di Sungai Kalisat

Pembahasan

Tingginya kelimpahan gastropoda di stasiun 4 didukung oleh arus perairan yang tidak terlalu deras, bahan organik tinggi, tipe substrat dominan pasir dan lumpur. Selain itu, konsentrasi pestisida pada stasiun 4 adalah yang terendah dibandingkan dengan stasiun lainnya sehingga disukai oleh gastropoda. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Hellawel (1986), bahwa konsentrasi pencemaran pestisida yang tinggi berpotensi menurunkan populasi



gastropoda, karena dalam jangka waktu yang pendek dapat membunuh berbagai organisme yang sensitif.

Keanekaragaman terendah terdapat pada stasiun 2 terdiri dari spesies *Fossaria humilis* dan *Radix cumingii* sedangkan keanekaragaman tertinggi terdapat pada stasiun 4 terdiri dari spesies *Fossaria humilis*, *Radix cumingii*, *Radix labiata* dan *Biomphalaria glabrata*. Tingginya nilai indeks keanekaragaman pada stasiun 4 menunjukkan kondisi lingkungan perairan stasiun 4 yang sangat mendukung bagi kelangsungan kehidupan gastropoda. Selain itu, stasiun 4 memiliki konsentrasi pestisida yang paling rendah (rata-rata 0,2 mg/L) dibandingkan dengan stasiun lainnya seperti stasiun 2 dengan nilai konsentrasi pestisida rata-rata 0,04 mg/L sehingga gastropoda dapat hidup pada lingkungan yang optimal. Nilai indeks keanekaragaman dapat mewakili kondisi dari perairan, dimana nilai keanekaragaman tinggi maka perairan dalam kondisi tidak tercemar, nilai sedang apabila perairan dalam kondisi mendekati tercemar dan nilai keanekaragaman rendah untuk perairan telah tercemar (Fachrul, 2007); Buwono dan Fitri, 2017). Nilai indeks dominasi gastropoda yang ditemukan di Sungai Kalisat tergolong rendah. Maturbongs dan Sisca (2016) mengatakan nilai indeks dominasi yang tinggi pada suatu lingkungan mengindikasikan suatu lingkungan sudah tercemar, sementara jika indeks keragaman yang lebih rendah menunjukkan suatu lingkungan dalam keadaan stabil. Apabila suatu komunitas memiliki nilai keanekaragaman tinggi maka komunitas tersebut tersusun oleh banyak spesies dan tidak terjadi dominansi begitupun sebaliknya apabila nilai keanekaragaman suatu komunitas rendah maka komunitas tersusun oleh sedikit spesies dan terjadi dominansi (Nento *et al.*, 2013)

Nilai residu pestisida yang terdeteksi dalam sampel air berada di bawah batas maksimum residu yang ditetapkan oleh Permenkes RI No. 416 Tahun 1990 yaitu sebesar 0,1 mg/L sedangkan nilai residu pestisida yang terkandung dalam tubuh gastropoda di setiap stasiun sudah melebihi Batas Maksimum Residu (BMR) yang ditetapkan oleh EU Pesticide Database (2019) yaitu batas maksimum karbofuran sebesar 0,01 mg/g, propoksur dan karbaril sebesar 0,05 mg/g serta batas maksimum beta siflutrin sebesar 0,02 mg/g. Tingginya konsentrasi pestisida pada sampel gastropoda di Sungai Kalisat disebabkan adanya paparan pestisida terus menerus terhadap organisme yang memiliki tingkat mobilitas rendah seperti gastropoda. Gastropoda memanfaatkan bahan organik sebagai makanannya dan juga hidup di permukaan tanah maupun substrat sehingga senyawa pestisida yang terjebak di tanah dapat termakan kemudian masuk ke tubuh gastropoda secara langsung. Hal tersebut menyebabkan terjadi akumulasi pestisida dalam tubuh gastropoda sehingga konsentrasi residu pestisida semakin tinggi. Organisme yang terpapar pestisida berulang kali dalam kurun waktu yang panjang, lama kelamaan dapat menjadi keracunan kronik (Raini, 2007).

Nilai BAF tidak didapatkan pada Stasiun 1 karena tidak ditemukan gastropoda saat penelitian. Hal ini dikarenakan tipe substrat pada stasiun tersebut dominan berpasir, dimana tipe substrat ini kurang sesuai untuk kehidupan gastropoda. Gastropoda pada umumnya lebih menyukai substrat yang berlumpur daripada berpasir karena substrat yang berpasir tidak menyediakan tempat yang stabil bagi gastropoda. Hal ini didukung penelitian yang dilakukan oleh Riniatsih dan Edi (2009), pada salah satu stasiun tidak ditemukan adanya gastropoda berkaitan dengan kondisi substrat. Nilai BAF terendah diperoleh pada Stasiun 5, yaitu 3,33 sedangkan tertinggi berada pada stasiun 4 yaitu 3,43. Secara keseluruhan nilai BAF pada semua stasiun memiliki nilai yang lebih besar dari satu (>1). Edward (2016) telah melakukan penelitian BAF senyawa pestisida organochlorin pada kerang hijau kecil dan besar dengan nilai 2,14 dan 4,51. Apabila nilai faktor bioakumulasi BAF >1, maka organisme memiliki kemampuan yang tinggi dalam mengakumulasi bahan pencemar (Gobas, 1993; Kadir *et al.*, 2013). Keterpaparan pestisida terhadap organisme dapat dideteksi melalui pengukuran residu pestisida pada daging organisme tersebut. Masuknya pestisida ke dalam jaringan tubuh organisme air melalui penyerapan gastrointestinal secara langsung dari perairan atau dapat



diklasifikasikan sebagai berikut: (1) melalui transpor air pada insang, (2) difusi secara kutikular, (3) melalui makanan yang masuk dan telah terkontaminasi, dan (4) penyerapan dari sedimen secara langsung (Livingstone, 1977). Banyaknya jumlah residu pestisida yang terakumulasi dalam tubuh organisme akan meningkat sebanding dengan peningkatan konsentrasi dan waktu pemaparan dari pestisida sampai mencapai kondisi stabil yang terjadi pada perairan subletal. Untuk mengetahui banyaknya residu pestisida yang terakumulasi dalam tubuh organisme perairan, maka perlu dilakukan pengujian residu pestisida pada bentos sebagai bioindikator perairan.

Kesimpulan

Gastropoda yang ditemukan di Sungai Kalisat adalah spesies *Fossaria humilis*, *Radix cumingii*, *Radix labiata* dan *Biomphalaria glabrata* dengan kisaran kelimpahan 1-12 ind/m², kisaran indeks keanekaragaman yaitu 0,59–1,03 dan kisaran indeks dominasi yaitu 0,42-0,59. Pestisida yang ditemukan dalam tubuh gastropoda (karbofuran 0,11-0,24 mg/g, propoksur 0,10-0,22 mg/g, karbaril 0,07-0,17 mg/g dan beta siflutrin 0,03-0,07 mg/g telah melebihi batas baku mutu yang ditetapkan untuk gastropoda yaitu EU Pesticide Database, dimana batas maksimum karbofuran sebesar 0,01 mg/g, propoksur dan karbaril sebesar 0,05 mg/g serta batas maksimum beta siflutrin sebesar 0,02 mg/g. Faktor bioakumulasi (BAF) gastropoda di Sungai Kalisat dinyatakan tinggi karena nilai BAF >1.

Daftar Pustaka

- Arkianti, N., K.D. Nur, K.T.M Nana. 2019. Kandungan logam berat timbal (Pb) pada ikan di Sungai Lamat Kabupaten Magelang. *Life Science*, 8(1): 54-63.
- Arrignon, J. 1999. *Management of freshwater fisheries*. New Hampshire Science Publishers: USA.
- Ayu, D.M., S.N. Ary, C.R. Rivanna. 2015. Keanekaragaman gastropoda sebagai bioindikator pencemaran lindi TPA Jatibarang di Sungai Kreo Kota Semarang. Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS, Solo.
- Buwono, N.R., N. L. Fitri. 2017. Diversity of echinoderms in Balekambang Beach, Malang District, East Java. *El-Hayah*, 6(2): 35-41.
- Edward. 2016. Bioakumulasi senyawa Pestisida Organochlorin (Poc) dalam kerang hijau (*Perna viridis*) di Teluk Jakarta. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 8(1): 85-97.
- European Comission Pesticide Database. 2019. Pesticide residues and maximum residue levels. (<http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eupesticidesdatabase/public/?event=pesticide.residue.CurrentMRL&language=EN>).
- Fachrul, M.F. 2007. *Metode sampling bioekologi*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Fadhilah, N., Hj. Masriani, Hj. Sutrisnawati. 2013. Keanekaragaman gastropoda air tawar di berbagai macam habitat di Kecamatan Tanambulava Kabupaten Sigi. *E-Jipbiol*, 2: 13-19.
- Filipus, R.A., A.I.S. Purwiyanto, F. Agustriani. 2018. Bioakumulasi logam berat tembaga (Cu) pada kerang darah (*Anadara granosa*) di perairan Muara Sungai Lumpur Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 10(2): 131-140.
- Gobas, F.A.P.C. 2001. Assessing Bioaccumulation Factors of Persistent Organic Pollutants in Aquatic Food-Chains. *Persistent Organic Pollutants: Environmental Behaviour and Pathways of Human Exposure*. Harrad, S. (Ed.). Springer, Boston, MA. pp 145-165.
- Hegner, R.W., J.G. Engeman. 1968. *Invertebrate zoology*. Mac Milan, NewYork. pp 616.
- Halim, A. 2011. Keanekaragaman makrozoobentos di Sungai Kalisat Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Skripsi Universitas Negeri Malang, Malang.



- Hellawel, J.M. 1986. Biological indicator of freshwater pollution and environmental management. Elsevier Applied Science Publishing, London.
- Livingstone, R.J. 1977. Review of current literature concerning the acute and chronic effect of pesticides on aquatic organism. *CRC Critical Reviews in Environmental Control*, 7(4): 325-351.
- Kadir, H., M.F. Samawi., A. Haris. 2013. Akumulasi logam berat Pb pada rangka dan polip karang lunak *Simularia polydactyla*. *Torani*, 23(1): 1-7.
- Maturbongs, M.R., E. Sisca. 2016. Komposisi, kepadatan dan keanekaragaman jenis gastropoda di kawasan mangrove pesisir Pantai Kambapi pada musim peralihan I. *Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan*, 9(2): 19-23.
- Nento, R., F. Sahami., S. Nursinar. 2013. Kelimpahan, keanekaragaman dan kemerataan gastropoda di ekosistem mangrove Pulau Dudepo, Kecamatan Anggrek, Kabupaten Gorontalo Utara. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 1(1): 41-47.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of ecology*. Saunders Company, Philadelphia and London. 574 hlm.
- Odum, E.P. 1993. *Dasar-dasar ekologi (Edisi Ketiga)*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 697 hlm.
- Odum, T.H. 1992. *Ekologi sistem: suatu pengantar*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 657 hlm.
- Rahmawati, R. 2014. Analisis tingkat pencemaran berdasarkan indeks keragaman populasi gastropoda di bagian tengah Sungai Gajahwong dan Kali Kuning Yogyakarta. *Skripsi UIN Sunan Kalijaga*. 58 hlm.
- Raini, M. 2007. Toksikologi pestisida dan penanganan akibat keracunan pestisida. *Media Litbang Kesehatan*, 17(3):10-18.
- Riniatsih, I., Edi W.K. 2009. Substrat dasar dan parameter oseanografi sebagai penentu keberadaan gastropoda dan bivalvia di Pantai Sluke Kabupaten Rembang. *Ilmu Kelautan*, 14(1): 50-59.
- Setiarso, P., Buchari, I. Noviandri, D. Mujahidin. 2011. Analisis diazinon secara diferensial pulsa voltametri dibandingkan dengan kromatografi. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 18(2): 105-113.
- Tjokrokusumo, S.W. 2006. Bentik makroinvertebrata sebagai bioindikator polusi lahan perairan. *Jurnal Hidrosfir*, 1(1): 8-20.
- Yuantari, M.G.C. 2011. Dampak pestisida organoklorin terhadap kesehatan manusia dan lingkungan serta penanggulangannya. *Prosiding Seminar Nasional. Universitas Dian Nuswantoro*. Hlm. 187-199.
- Wicaksono, E.A., Sriati, L. Walim. 2016. Sebaran logam berat timbal (Pb) pada makrozoobenthos di perairan Waduk Cirata, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 7(1): 103-114.

How to cite this paper:

- Buwono, N.R., T. Gultom., S.W. Ayuning, Supriatna. 2019. Bioakumulasi residu pestisida pada gastropoda di perairan Sungai Kalisat. *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 8(3): 167-175.