

## FAKTOR BIODAKONSENTRASI PESTISIDA ORGANOKLORIN (ALDRIN, DIELDRIN DAN LINDANE) DALAM JARINGAN LUNAK KERANG DARAH (*Anadara granosa* Linn.)

### *Bioconcentration Factors of Organochloride Pesticides (Aldrin, Dieldrin and Lindane) in Blood Clam Soft Tissue (*Anadara granosa* Linn.)*

Haeruddin, Arif Rahman, Diah Ayuningrum  
Departemen Sumberdaya Akuatik  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Diponegoro  
Email: [haeruddindaengmile@gmail.com](mailto:haeruddindaengmile@gmail.com)

*Diserahkan tanggal 11 Maret 2020, Diterima tanggal 16 April 2020*

#### ABSTRAK

Kerang darah merupakan salah satu jenis kekerangan yang bernilai ekonomis penting. Habitat kerang darah yang mengandung pestisida organoklorin dapat menurunkan nilai ekonomis kerang, dikarenakan pestisida organoklorin dapat terakumulasi dalam jaringan lunak kerang, sehingga tidak aman untuk dikonsumsi. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan potensi biodakonsentrasi pestisida organoklorin dalam jaringan lunak kerang darah ditilik dari faktor biodakonsentrasi pestisida tersebut. Penelitian dilakukan dengan memelihara kerang darah dalam sedimen yang mengandung pestisida pada beberapa akuarium. Sedimen diambil dari Muara Sungai Wakak-Plumbon, Jawa Tengah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pestisida organoklorin mampu terakumulasi dalam jaringan lunak dengan faktor biodakonsentrasi yang berbeda untuk masing-masing jenis pestisida organoklorin. Faktor biodakonsentrasi pestisida organoklorin tertinggi pada pestisida lindane. Faktor biodakonsentrasi pestisida terendah adalah aldrin.

**Kata kunci :** biodakonsentrasi; kerang darah; pestisida organoklorin

#### ABSTRACT

*Blood clams are one type of clams which have important economic value. Habitat of blood clams mostly contain organochlorine pesticides which then reduce their economic value. The organochlorine pesticides can accumulate in the blood clams soft tissue, making it unsafe to consume. This research was conducted to determine the accumulation potential of organochlorine pesticides in the soft tissue of blood clams from the bioconcentration factor of these pesticides. The study was conducted by maintaining blood shells in sediments containing pesticides in several aquariums. Sediments were taken from the Wakak-Plumbon River Estuary, Central Java. The results showed that organochlorine pesticides were able to accumulate in soft tissues with different bioconcentration factors for each type of organochlorine pesticide. The highest biochemical concentration of organochlorine pesticides is in lindane pesticides. The lowest bioconcentration factor of pesticides is Aldrin.*

**Keywords:** bioconcentration; blood shells; organochlorine pesticides

#### PENDAHULUAN

Kerang darah merupakan salah satu jenis kerang yang diminati masyarakat dan banyak dijual baik oleh pedagang kaki lima maupun restoran, dikarenakan memiliki rasa daging yang gurih. Kerang darah telah menjadi obyek tangkapan nelayan secara intensif di Indonesia, Malaysia dan Thailand (Khalil, 2016). Kerang memiliki persentase daging sebanyak 22,70% sampai 24,3% dari total bobot tubuhnya. Kerang darah mengandung protein sekitar 9 – 13% dan memiliki 80 kalori dalam 100% daging segar (Budyanto *et al.*, 1990). Sehingga kerang darah dapat dijadikan salah satu sumber alternatif pangan sumber protein dan mineral penduduk Indonesia.

Bivalvia, seperti kerang darah, pada umumnya makan dengan cara menyaring suspensi (*suspension feeder*), namun kurang menyukai suspensi dengan ukuran butiran halus (Broom, 1985). Kerang darah hidup di pantai dengan substrat

pasir berlumpur atau lumpur, seperti pada estuaria, mangrove dan padang lamun (Broom, 1982; Adriyani, 2009). Kerang darah hidup dengan cara membenamkan diri dalam lumpur atau pasir, baik di perairan tawar maupun laut, dimana beberapa spesies hidup merayap, ataupun melekat pada batu, kayu, bakau dan substrat-substrat lainnya (Khalil, 2006).

Substrat pasir berlumpur merupakan substrat yang memiliki potensi akumulasi bahan cemar yang cukup tinggi, termasuk pestisida organoklorin yang persisten. DDT dan PCB tergolong jenis-jenis polutan yang ditemukan dalam sedimen (US-EPA, 2004). Pestisida organoklorin (POK) dikelompokkan menjadi 3 golongan, yaitu: DDT dan analognya (BHC, TDE dan methoxychlor), senyawa siklodien (aldrin, dieldrin, endrin) dan terpana berklor (toksafen). Tidak hanya dalam sedimen, POK tersebar luas di lingkungan, seperti air, tanah dan bahan partikular tersuspensi, sedimen, atmosfer dan makhluk hidup (Cai *et al.*, 2010; Liu *et al.*, 2008).

Kebanyakan bahan tersebut masuk ke dalam lingkungan dari kegiatan pertanian intensif (Cantu-Soto *et al.* 2011; Mugni *et al.* 2011; Panuwet *et al.* 2012).

POK bersifat racun dan dapat terakumulasi (Nakata *et al.*, 2002), dan menimbulkan efek merusak terhadap manusia dan hewan (Jones and de Voogt, 1999). Kerusakan terjadi pada kelenjar endokrin, *hermaphroditic deformities* pada katak, dan *intersex* pada ikan yang hidup di sungai-sungai di Amerika Serikat. Abnormalitas reproduktif pada mamalia, burung, reptilia, ikan, dan moluska pada saat terpapar pada tingkat paparan yang dianggap aman oleh U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (<https://beyondpesticides.org/programs/wildlife>, diunduh 12/04/2019). Pestisida organoklor seperti pestisida klorofenol bersifat racun terhadap ikan dan hewan air, meracuni syaraf (neurotoxic), mengganggu reproduksi dan merusak hormon (<https://beyondpesticides.org/resources/pesticide-gateway?pesticideid=60>).

Toksitas aldrin dan dieldrin lebih tinggi daripada lindane (Yuantari, 2011). Lindane dinyatakan sangat beracun masing-masing terhadap ikan dan invertebrata akuatik dengan konsentrasi efek akut umumnya timbul pada konsentrasi lebih dari  $1 \mu\text{g l}^{-1}$ . Menurut UK Marine SAC (2005), nilai *Interim Marine Sediment Quality* (ISQGs) untuk senyawa-senyawa tersebut masing-masing (dalam bobot kering) adalah:  $0,71 \mu\text{g/kg}$  untuk dieldrin,  $2,673 \mu\text{g/kg}$  untuk endrin,  $1,19 \mu\text{g/kg}$  untuk DDT (jumlah semua isomer),  $2,07 \mu\text{g/kg}$  untuk DDE (jumlah semua isomer) dan  $1,22 \mu\text{g/kg}$  untuk DDD (jumlah semua isomer). Nilai EQS untuk semua isomer hexachlorocyclohexane, termasuk lindane, adalah  $0,02 \mu\text{g/l}$  (rata-rata tahunan) dalam kolom air. Batas ambang pestisida tersebut menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, sebesar  $17 \mu\text{g/l}$  untuk aldrin/dieldrin dan  $56 \mu\text{g/l}$  untuk Lindane. Menurut Surat Keputusan (SK) Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk biota laut, konsentrasi maksimum yang diperbolehkan sebesar  $0,01 \mu\text{g/l}$ . Karena toksitasnya tersebut, POK seperti dieldrin, endrin, aldrin, lindane, dan heptaklor telah dinyatakan dilarang atau dibatasi penggunaannya dan dinyatakan sebagai “*banned substances*” dalam Appendix III Konvensi Rotterdam (UNEP, FAO and Rotterdam Convention, 2004).

Penyebaran pestisida organoklorin lindane dan aldrin di dalam sedimen, terutama dipengaruhi oleh potensial redoks dan konsentrasi karbon organik total di dalam sedimen. Penyebaran pestisida dieldrin dipengaruhi oleh potensial redoks, persentase sedimen halus dan konsentrasi karbon organik total (Haeruddin, 2006). Pestisida organoklorin memiliki biodegradabilitas yang rendah, sulit larut dalam air dan sangat mudah larut dalam lemak. Bahan ini sangat mudah mengalami bioakumulasi (Haeruddin, 2006).

Umumnya, pestisida organoklorin cenderung terakumulasi dalam konsentrasi tinggi dalam tubuh organisme (UK Marine SAC, 2005). Lindane terakumulasi dan persisten dalam sedimen dan dapat membahayakan organisme yang tinggal di sedimen pada konsentrasi lebih dari  $0,32 \mu\text{g/kg}$ . Lindane dapat terakumulasi dalam organisme akuatik (dihitung berdasarkan  $\log K_{ow}$  3,72) dengan faktor biokonsentrasi  $10^2$  pada invertebrata akuatik dan ikan. Haeruddin (2006) mendeteksi keberadaan POK (aldrin, dieldrin dan lindane) dalam jaringan lunak kerang darah yang dielihar dalam sedimen yang terkontaminasi POK. Aksoy *et al.*, (2011)

mendeteksi POK pada 67 sampel ikan dan kerang, terdiri dari 4 jenis (*Alburnus tarichi*, *Capoeta capoeta*, *Cyprinus carpio*, *L.* dan kerang *Unio Stevenanus*, Krynicky, 1837) yang diperoleh dari Van Region, Turki. Reyes-Montiel (2013) mendeteksi keberadaan POK pada ikan belanak (*Mugil cephalus*) dari perairan pesisir di bagian barat daya Teluk Kalifornia. Penelitian tersebut belum disertai data potensi bioakumulasi POK dalam jaringan biota air, termasuk kerang darah, sebagaimana penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan potensi akumulasi pestisida organoklorin dalam jaringan lunak kerang darah dari faktor biokonsentrasi pestisida tersebut.

## METODE PENELITIAN

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerang darah yang diperoleh dari pembudidaya kerang darah di Welahan, Demak. Kerang yang akan digunakan dalam percobaan dibersihkan terlebih dahulu dari lumpur yang melekat di permukaan cangkang, dengan menyikat dan mencuci dengan air mengalir. Setelah kerang bersih dimasukkan dalam bak aklimatisasi yang telah disediakan untuk membiasakan kerang terhadap kondisi lingkungan percobaan, yang akan diaplikasi terhadap biota uji, yaitu salinitas  $29 \pm 1$  ppt, suhu air  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ , pH 7,5 – 8,5, oksigen terlarut 3,5 - 6 mg/L serta dengan kondisi gelap terus menerus. Dilakukan pula adaptasi terhadap ukuran butiran substrat yang akan digunakan dalam percobaan, dengan cara memelihara kerang darah dalam substrat yang diambil dari Pulau Panjang selama 3 hari. Selama aklimatisasi kerang diberi makan berupa fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* sebanyak 500.000 sel/hari.

Selanjutnya dilakukan persiapan wadah penelitian dari akuarium kaca dengan volume 96 liter (dimensi: 60 cm x 40 cm x 40 cm). Akuarium yang telah siap digunakan, diisi dengan sedimen yang telah dibersihkan dari sampah dengan ketebalan 5 cm dan disebar merata pada dasar akuarium. Selanjutnya akuarium diisi air laut hingga ketinggian 20 cm dari dasar akuarium, dan didiamkan hingga air kembali jernih. Setelah itu, kekerangan dimasukkan ke dalam akuarium berisi substrat dengan hati-hati agar air tidak menjadi keruh. Kerang yang digunakan dalam percobaan adalah kerang yang masih hidup dan memiliki bobot  $5,50 \pm 0,9$  gram/ekor.



Gambar 1. Kerang darah dalam akuarium berisi sedimen.

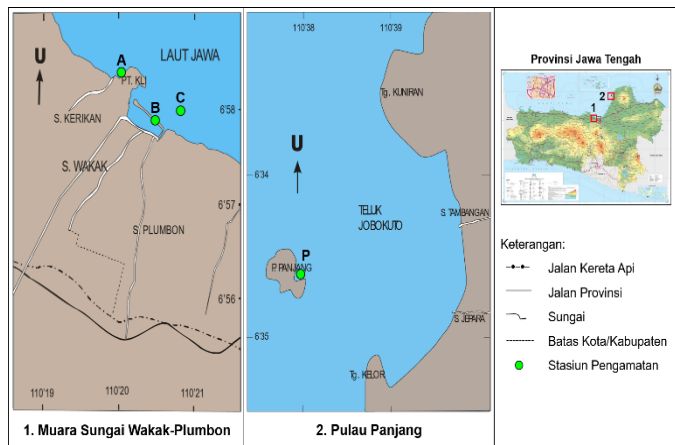
Jumlah kekerangan yang diisi per akuarium masing-masing sebanyak 10 ekor. Jumlah akuarium yang digunakan sebanyak 12 akuarium, sesuai dengan jumlah lokasi

sampling sedimen (4 stasiun) dan ulangan percobaan pada setiap stasiun (3 kali). Kerang dipelihara selama 4 minggu. Selama pemeliharaan, kerang diberi makan *Chaetoceros calcitrans* sebanyak 500,000 sel/hari. Sebelum digunakan dalam percobaan konsentrasi pestisida pada sedimen dan jaringan lunak kerang darah dianalisis dengan menggunakan GC-MS (APHA, AWWA dan WPCF, 1989). Pekerjaan serupa dilakukan pada akhir percobaan. Selama percobaan dilakukan pergantian air 5 – 10%, setiap 3 – 5 hari sekali, tergantung dari kekeruhan dan konsentrasi oksigen terlarut. Aerasi dilakukan terhadap media percobaan secara pelan, agar sedimen tidak mengalami resuspensi akibat aerasi.

Sedimen yang digunakan dalam percobaan dikumpulkan dari 4 lokasi sampling, dengan lokasi sebagai berikut:

- 1) Stasiun A terletak pada 110°20'09" BT, 6°56'31"LS
- 2) Stasiun B terletak pada 110°20'37" BT, 6°57'56"LS
- 3) Stasiun C terletak pada 110°21'12" BT, 6°56'02"LS
- 4) Stasiun P di pulau Panjang, Kabupaten Jepara

Letak titik pengambilan contoh disajikan pada Gambar 2. Sedimen dikumpulkan dengan *van Veen bottom grab* yang memiliki bukaan mulut di bagian atas. Pengambilan contoh sedimen dilakukan pada perairan yang senantiasa terendam, pada kedalaman 1 – 1,5 meter. Sedimen yang terkumpul dipindahkan ke kantong plastik PE 1 kg melalui bukaan mulut bagian atas grab menggunakan sekop kecil. Contoh sedimen yang diambil hanya hingga ketebalan 4-5 cm, kemudian disimpan dalam kotak pendingin volume 35 L yang telah diberi es batu. Di laboratorium sedimen dibekukan dengan freezer, agar kondisi sedimen tidak berubah hingga saat analisis (CEA, 1995).



Gambar1. Letak titik pengambilan sampel sedimen

Faktor biokonsentrasi adalah rasio antara konsentrasi logam dalam jaringan lunak kerang dengan konsentrasi logam dalam sedimen (Rand and Perocelli, 1985; Haeruddin, 2006). Faktor biokonsentrasi (FBK) ditetapkan dengan rumus berikut :

$$FBK = \frac{Kt}{Ks} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan : FBK = Faktor Biokonsentrasi ; Kt = Konsentrasi pestisida dalam jaringan kerang darah setelah percobaan ; Ks = Konsentrasi pestisida dalam sedimen setelah percobaan

Laju biokonsentrasi pestisida dalam jaringan lunak kerang darah (Haeruddin, 2006) dihitung menurut persamaan berikut:

$$AR = \frac{K_{j0} - K_{jt}}{T_t} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan : AR = Laju biokonsentrasi pestisida dalam jaringan lunak kerang darah (mg/hari); K<sub>j0</sub> = Konsentrasi pestisida dalam jaringan lunak kerang darah pada awal percobaan (mg/l); K<sub>jt</sub> = Konsentrasi pestisida dalam jaringan lunak kerang darah pada akhir percobaan (mg/l); T<sub>t</sub> = Lama percobaan (hari)

Analisis konsentrasi POK dalam sedimen dilakukan menurut Metode APHA, AWWA dan WPCF (1989). Analisis konsentrasi POK dalam jaringan lunak kerang pada awal dan akhir percobaan dilakukan ekstraksi dengan QuEChERS, kemudian sampel hasil ekstraksi dianalisis dengan GC-MS ECD.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengambilan contoh sedimen yang dilakukan pada 4 lokasi penarikan contoh menunjukkan hasil analisis konsentrasi pestisida organoklorin sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa konsentrasi ketiga jenis pestisida organoklorin tertinggi di Stasiun A dan terendah di Pulau Panjang. Jenis pestisida Lindane memiliki konsentrasi tertinggi dibanding pestisida lainnya, sedang Aldrin memiliki konsentrasi terendah. Konsentrasi pestisida organoklorin dieldrin (0,0178 ± 0,0004 mg/kg berat kering), kemudian lindane (0,0173 ± 0,0004 mg/kg berat kering) dan aldrin (0,0063 ± 0,0003 mg/kg berat kering).

Tabel 1. Konsentrasi Pestisida Organoklorin Dalam Sedimen Contoh (mg/kg berat kering sedimen)

Stasiun	Parameter	Lindane	Aldrin	Dieldrin
A	Rataan	0,0173	0,0063	0,0178
	SD	0,0004	0,0003	0,0004
B	Rataan	0,0151	0,0036	0,0161
	SD	0,0002	0,0003	0,0002
C	Rataan	0,0092	0,003	0,0099
	SD	0,0003	0,0002	0,0006
P	Rataan	0,0055	0,0001	0,0045
	SD	0,0006	0	0,0004

Keterangan : SD = simpangan baku; B = stasiun B; P = stasiun Pulau Panjang; A = stasiun A ; C = stasiun C.

Pada akhir percobaan dilakukan kembali analisis contoh sedimen untuk mengetahui konsentrasi pestisida organoklorin pasca percobaan dengan hasil disajikan pada Tabel 2. Analisis ini dilakukan untuk menentukan besar faktor biokonsentrasi pestisida dalam jaringan lunak kerang darah. Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi POK (Lindane, Aldrin dan Dieldrin) tertinggi di stasiun A dan terendah di stasiun P.

**Tabel 2.** Konsentrasi Pestisida Organoklorin (mg/kg berat kering) dalam Sedimen Setelah Percobaan Bioakumulasi

Stasiun	Parameter	Lindan	Aldrin	Dieldrin
A	Rataan	<b>0,0128</b>	<b>0,0157</b>	<b>0,0104</b>
	SD	0,0011	0,0005	0,0001
B	Rataan	0,0108	0,0051	0,0101
	SD	0,0013	0,0004	0,0002
C	Rataan	0,0067	0,0020	0,0081
	SD	0,0011	0,0003	0,0004
P	Rataan	0,0032	0,0001	0,0036
	SD	0,0011	0	0,0005

Keterangan : SD = simpangan baku ; B = stasiun B ; P = Stasiun Pulau Panjang ; A = stasiun A ; C = stasiun C

Setelah dilakukan percobaan biokonsentrasi dilakukan analisis konsentrasi pestisida organoklorin dalam jaringan lunak kerang darah, dengan hasil sebagaimana disajikan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa konsentrasi ketiga jenis POK yang dianalisis tertinggi di stasiun C, dan terendah di stasiun P.

**Tabel 3.** Konsentrasi Pestisida Organoklorin (mg/kg berat basah) dalam Jaringan Lunak Kerang Darah Setelah Percobaan Bioakumulasi.

Stasiun	Parameter	Lindan	Aldrin	Dieldrin
A	Rataan	0,0017	0,0010	0,0016
	SD	0,0003	0,0003	0,0002
B	Rataan	0,0053	0,0001	0,0058
	SD	0,0006	0,0002	0,0004
C	Rataan	<b>0,0076</b>	<b>0,0017</b>	<b>0,0078</b>
	SD	0,0004	0,0003	0,0004
P	Rataan	0,0023	0,0001	0,0008
	SD	0,0005	0	0,0004

Keterangan : SD = simpangan baku ; A = stasiun A ; B = stasiun B ; C = stasiun C ; P = stasiun Pulau Panjang

Berdasarkan konsentrasi pestisida organoklorin dalam sedimen dan dalam jaringan lunak kerang, dilakukan penentuan faktor biokonsentrasi pestisida organoklorin dalam jaringan lunak kerang darah dengan hasil sebagaimana disajikan pada Tabel 4. Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa biokonsentrasi pestisida dalam jaringan lunak kerang darah terbesar pada kerang yang dipelihara pada sedimen yang diambil dari stasiun C. Jenis pestisida yang mengalami biokonsentrasi paling besar adalah Lindane. Biokonsentrasi terendah diperoleh pada kerang yang dipelihara pada sedimen dari stasiun A, dan jenis pestisida yang mengalami biokonsentrasi paling kecil adalah Aldrin.

Hasil analisis laju konsentrasi bioakumulasi pestisida organoklorin disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan analisis terhadap laju biokonsentrasi masing-masing pestisida organoklorin, diperoleh bahwa Lindane yang terdapat pada sedimen dari stasiun C merupakan pestisida dengan laju biokonsentrasi tertinggi ( $0,2327 \pm 0,0263 \mu\text{g/hari}$ ) dalam jaringan lunak kerang darah. Laju biokonsentrasi terendah

ditemukan pada pestisida Aldrin pada stasiun B ( $0,0042 \pm 0,0058 \mu\text{g/hari}$ ).

### Pembahasan

Meskipun pestisida organoklorin yang diteliti merupakan jenis pestisida yang telah dilarang digunakan dalam aktivitas pertanian, namun residunya masih ditemukan dalam sedimen. Konsentrasi pestisida dalam sedimen yang diteliti jauh melampaui nilai ISQGs Kanada untuk senyawa-senyawa tersebut masing-masing adalah:  $0,71 \mu\text{g/kg}$  (bobot kering) untuk dieldrin,  $2,673 \mu\text{g/kg}$  (bobot kering) untuk endrin,  $1,19 \mu\text{g/kg}$  (bobot kering) untuk DDT (jumlah semua isomer),  $2,07 \mu\text{g/kg}$  (bobot kering) untuk DDE (jumlah semua isomer) dan  $1,22 \mu\text{g/kg}$  (bobot kering) untuk DDD (jumlah semua isomer). Lindane terakumulasi dan persisten dalam sedimen dan dapat membahayakan organisme yang tinggal di sedimen pada konsentrasi lebih dari  $0,32 \mu\text{g/kg}$  (UK Marine SACP, 2005). Konsentrasi pestisida aldrin dan dieldrin yang terukur dalam sedimen dalam penelitian ini jauh lebih besar dari yang terukur pada beberapa tempat di Vietnam: di Ha long ( $1,05 \text{ ng/g}$ ) dan Hai Phong Bay ( $0,21 \text{ ng/g}$ ) serta Ba Lat Estuary ( $1,05 \text{ ng/g}$ ) (Hong *et al.* 2008). Lebih tinggi pula dari konsentrasi yang terukur dalam sedimen Sungai Gomti, India (Malik *et al.*, 2009). Malik *et al.* (200) mendeteksi aldrin pada kisaran  $0,98 \pm 2,30 \mu\text{g/g}$  dan dieldrin pada kisaran  $0,19 \pm 0,37 \mu\text{g/g}$ . Diduga hal ini terjadi karena intensifnya penggunaan pestisida tersebut di masa lampau (ketika belum dilarang) untuk membasmi hama pertanian, perkebunan dan perikanan dibanding pada berbagai tempat di Vietnam dan India.

Hulu estuari Wakak-Plumbon sangat intensif dan ekstensif digunakan sebagai lahan pertanian dan perkebunan di masa lampau, meskipun saat ini sebagian telah beralih fungsi sebagai pemukiman. Sementara di sekitar muara Sungai Plumbon-Wakak di masa lampau sangat intensif digunakan sebagai lahan tambak untuk budidaya ikan dan udang, walaupun saat ini telah berubah fungsi menjadi laut, akibat erosi. Dugaan ini diperkuat oleh fakta dalam penelitian ini yang menunjukkan bahwa ketiga jenis pestisida organoklorin tersebut, konsentrasinya paling rendah di Pulau Panjang, yang jauh/terpisah dari lahan pertanian, perkebunan dan tambak.

Pada dasarnya kerang darah hidup sebagai *filter feeder*, dengan komponen utama pakannya di alam tergantung jenis serasah organik di habitatnya (98%), fitoplankton, dan diatom (Afiati, 2010). Lambung kerang darah saat diteliti selalu ditemukan diatom bentik dan foraminifera (Broom, 1982). Meskipun demikian, dikarenakan kerang hidup di sedimen, maka jika dalam sedimen terakumulasi logam berat ataupun pestisida organoklorin, akan terakumulasi juga dalam tubuh kerang darah. Proses ini disebut dengan bioakumulasi, yakni proses menyerap dan melakukan metabolisme terhadap sesuatu zat (umumnya pencemar), hingga mencapai konsentrasi yang cukup tinggi, tanpa menyebabkan suatu kerusakan atau kerugian berarti pada organisme tersebut.

Afiati (2005) melaporkan kerang darah di sekitar pelabuhan Tanjung Emas, Semarang, mampu mengakumulasi logam berat dengan variasi faktor biokonsentrasi yang berbeda. Variasi biokonsentrasi jaringan dan cangkang *A. granosa* terhadap beberapa logam berat adalah puluhan kali untuk Hg, ratusan kali untuk Cr, Cu, Pb, dan Zn, sampai ribuan kali untuk Cd (Afiati, 2005). Selain logam berat, kerang darah juga dapat mengakumulasi pestisida organoklorin dalam jaringan lunaknya. Residu organoklorin pada *A. granosa* dari Phuket, Thailand adalah dieldrin, derivat DDT, PCBs (polychlorinated

biphenyl compounds) dan lindan masing-masing sebesar 9 µg/kg, 35 µg/kg, 31 µg/kg dan 4 µg/kg berat basah (Huschenbeth dan Harms, 1975 dalam Afiati, 2010). Jothy *et al.* (1983) dalam Afiati 2010 mencatat terdapatnya 3 µg/kg, 35,5 µg/kg, dan 33,3 µg/kg berat basah dieldrin, derivat DDT, dan PCB pada *A. granosa* dari Penang dan Perak di Malaysia. Ang *et al.*, (2009) dalam Afiati 2010 menguatkan bahwa *A. granosa* mengakumulasi pestisida POP/Pencemar Organik Persisten ( $\alpha$ -BHC [HCH], lindan,  $\alpha$ -endosulfan, 4,4-DDE, dieldrin, 2,4- D,  $\beta$ -endosulfan, 4,4-DDD [TDE] dan DDT.

Lindane merupakan jenis pestisida organoklorin yang paling cepat tereliminasi dalam jaringan/tubuh makhluk hidup, sehingga kemungkinan biokonsentrasinya lebih kecil. Namun dalam penelitian ini, biokonsentrasi tertinggi justru terjadi pada lindane, dikarenakan konsentrasinya di dalam sedimen tertinggi, sehingga akumulasinya dalam jaringan kerang darah juga paling besar. Yoga *et al.* (2014) menemukan bahwa konsentrasi logam merkuri dalam biota perairan sungai berkorelasi dengan konsentrasi logam tersebut dalam air sungai. Peake *et al.* (2016), menyatakan bahwa biokonsentrasi adalah kemampuan organisme mengakumulasi bahan kimia dari lingkungan ambien. Akumulasi melalui lingkungan terjadi dengan cara penyerapan bahan kimia ke dalam jaringan setelah melalui membran sel. Penyerapan tersebut terjadi secara difusi, yang sangat berkaitan dengan gradien konsentrasi bahan kimia yang ada di lingkungan. Jika konsentrasi bahan kimia tinggi di dalam lingkungan, akan terjadi aliran bahan kimia dari lingkungan ke dalam jaringan. Bahan yang masuk ke dalam jaringan, akan mengalami akumulasi, jika bahan tersebut tidak dapat diekresikan ke luar tubuh. Pestisida organoklorin merupakan jenis pestisida yang persisten, dan sulit dimetabolisme oleh sistem metabolisme racun dalam tubuh kerang darah, sehingga sulit diekresikan ke luar tubuh. Dengan demikian pestisida tersebut akan mengalami akumulasi di dalam jaringan kerang darah.

Konsentrasi lindane dan pestisida lainnya tertinggi di stasiun A, diduga ada kaitannya dengan letak dan bentuk morfologi pantai di Stasiun A yang cenderung terlindung dan perairannya tenang, sehingga proses sedimentasi lebih mudah terjadi, dikarenakan perairan yang tenang lebih mudah mengalami sedimentasi, oleh karena gaya gravitasi, yang mendorong terjadinya pengendapan sedimen, lebih kuat dari daya dorong arus yang mengangkut sedimen.

## KESIMPULAN

Pestisida organoklorin mampu terakumulasi dalam jaringan lunak dengan faktor biokonsentrasi yang berbeda untuk masing-masing jenis pestisida organoklorin. Faktor biokonsentrasi pestisida organoklorin tertinggi pada semua stasiun adalah pestisida Lindane. Faktor biokonsentrasi pestisida terendah pada semua stasiun adalah Aldrin.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penelitian ini, terutama kepada Dewan Riset Nasional (DRN) yang mendanai pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adriyani, R. 2009. Kadar Logam Berat Cadmium, Protein dan Organoleptik pada Daging Bivalvia dan Efektivitas Perendaman Larutan Asam Cuka. *Jurnal Penelitian Med. Eksakta*, Vol.8 No.2 hal: 152-161.
- Afiati, N. 2010. Kerang Darah *Anadara granosa* (L.) (Bivalvia: Arcidae) sebagai Bioindikator Lingkungan Akuatik dan Upaya Konservasinya. UPT Percetakan dan Penerbitan UNNES Press ISBN: 978.602.8467.29.2.
- Afiati, N. 2005. Bioaccumulation of Trace Metals in the Blood Clam *Anadara granosa* and Their Implications for Indicator Studies, Seminar Internasional INSECT, Yogyakarta 28 April 2005.
- Aksoy, A., Das, Y. K., Yavuz, O., Guvenc, D., Atmaca, E. and Agaoglu, S. 2011. Organochlorine Pesticide and Polychlorinated Biphenyls Levels in Fish and Mussel in Van Region, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol.87, pages: 65–69.
- APHA (American Public Health Association). 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17th. APHA, AWWA (American Water Works Association) and WPCF (Water Pollution Control Federation). Washington DC 3464 p.
- Barrie, B.M., Braund, R., Tong, A.Y.C., Tremblay, L.A. 2016. The Life-Cycle of Pharmaceuticals in The Environment: Bioconcentration Factor of Phamaceuticals (Sub.Bab 5.3.2.1). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-18158-5>.
- Beyondpesticides. 2020. Impacts of Pesticides on Wildlife. Diakses pada April, 2020. <https://beyondpesticides.org/programs/wildlife>.
- Beyondpesticides. 2020. Gateway on Pesticide Hazards and Safe Pest Management. Diakses pada April, 2020. <https://beyondpesticides.org/resources/pesticide-gateway?pesticideid=60>.
- Broom MJ. 1985. The biology and culture of marine bivalve mollusca of the genus *Anadara*. International Centre for Living Aquatic Resources Management. Manila. 37p.
- Broom, M. J. 1982. Analysis of the Growth of *Anadara granosa* (Bivalvia: Arcidae) in Natural, Artificially Seeded and Experimental Populations. *Marine Ecology - Progress Series* (9): 69-79.
- Budiyanto D., Ismanadji, I., Aji, U.S., dan Sugiri. 1990. Laporan Uji Coba Depurasi Kerang-kerangan dan Kaitannya dengan Pengalengan. BBPMHP. Jakarta.
- Cai, M.G., Qiu, C.R., Shen, Y., Cai, M.H., Huang, S.Y., Qian, B.H., Sun, J.H., Liu, X.Y. 2010. Concentration and distribution of 17 organochlorine pesticides (OCPs) in seawater from the Japan Sea northward to the Arctic Ocean. *Chemistry* (53), 1033–1047.
- Cantu-Soto, E., Meza-Montenegro, M., Valenzuela-Quintanar, A., Felix-Fuentes, A., Grajeda-Coña, P., Balderas-Cortes, J., Osorio-Rosas, C., Acuña-García, G. and Aguilar-Apodaca, M. 2011. Residues of organochlorine pesticides in soils from the Southern Sonora, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* (87): 556-560.
- [CEA] Canadian Executing Agency. 1995. Draft protocol for sublethal toxicity tests using tropical marine organisms.

- ASEAN-Canada Cooperative Programmes on Marine Sciences-Phase II (CPMS-II), Canadian International Development Agency.
- Haeruddin. 2006. Pemanfaatan Analisis Sedimen Terpadu dalam Penetapan Status Pencemaran Estuari Wakap-Plumbon, Semarang. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Hong, S.H., Yima, U.H., Shima, W.J., Oha, J.R., Vietb, P.H., Parka, P.S. 2008. Persistent organochlorine residues in estuarine and marine sediments from Ha Long Bay, Hai Phong Bay, and Ba Lat Estuary, Vietnam. *Chemosphere* (72): 1193–1202, doi:10.1016/j.chemosphere.2008.02.051.
- Jones, K.C., de Voogt, P. 1999. Persistent organic pollutants (POPs): State of the science. *Environ. Pollut.* 100, 209–221.
- [KLH] Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Khalil, M. 2016. *Bioekologi Kerang Genus Anadara (Bivalvia: Archidae)*. Sefa Bumi Persada. Medan.
- Liu, M., Cheng, S.B., Ou, D.N., Yang, Y., Liu, H.L., Hou, L.J., Gao, L., Xu, S.Y. 2008. Organochlorine pesticides in surface sediments and suspended particulate matter from the Yangtze estuary, China. *Environ. Pollut.* 156, 168–173.
- Malik, A., Ojha, P., Singh, K.P. 2009. Levels and distribution of persistent organochlorine pesticide residues in water and sediments of Gomti River (India)—a tributary of the Ganges River. *Environ Monit Assess* 148:421–435 DOI 10.1007/s10661-008-0172-2.
- Mugni, H., Ronco, A., Bonetto, C. 2011. In-secticide toxicity to *Hyalella curvispina* in runoff and stream water within a soybean farm (Buenos Aires, Argentina). *Ecotoxicology and Environmental Safety* (74): 350-354.
- Nakata, H., Kawazoe, M., Arizono, K., Abe, S., Kitano, T., Shimada, H., Li, W., Ding, X. 2002. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyl residues in foodstuffs and human tissues from China: status of contamination, historical trend, and human dietary exposure. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* (43): 473–480.
- Panuwet, P., Siriwong, W., Prapamontol, T., Ryan, P.B., Fiedler, N., Robson, M.G., Barr, D.B. 2012. Agricultural pesticide management in Thailand: status and population health risk. *Environmental Science and Policy*. 17: 72 - 81.
- [SETNEG] Sekretariat Negara. 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Peake, B.M., Alfred, R.B., Tong, Y.C., Tremblay, L.A. 2016. Impact of pharmaceuticals on the Environment (Chapter 5) in [The Life-Cycle of Pharmaceuticals in the Environment](#). Pages 109-152. <https://doi.org/10.1016/B978-1-907568-25-1.00009-8>
- Reyes-Montiel, N.J., Miranda, A.S., Durga, G., Meza, R., Galindo-Reyes, J.G., Gonza'lez-Ocampo, H.A. 2013. Concentrations of Organochlorine Pesticides in Fish (*Mugil cephalus*) from a Coastal Ecosystem in the Southwestern Gulf of California. *Biology & Environment Proceedings of the Royal Irish Academy*. September 2013. DOI: [10.3318/BIOE.2013.25](https://doi.org/10.3318/BIOE.2013.25).
- Rand, G.M and Petroceili, S.R. (eds). 1985. *Fundamentals of aquatic toxicology: Methods and Application*. Hemisphere Publ. Corp, Washington – ok
- [UNEP] United Nations Environment Program, [FAO] Food and Agriculture Organization, Rotterdam Convention. 2004. Rotterdam Convention Text, Rotterdam Convention On The Prior Informed Consent Procedure For Certain Hazardous Chemicals And Pesticides In International Trade. Diakses pada April, 2020. [http://www.pic.int/LaConvention/Aper%c3%a7u/Texte%20de%20laConvention/RotterdamConventionText\(frCH\)/tabid/1849/language/fr-CH/Default.aspx](http://www.pic.int/LaConvention/Aper%c3%a7u/Texte%20de%20laConvention/RotterdamConventionText(frCH)/tabid/1849/language/fr-CH/Default.aspx)
- [US-EPA] United States-Environmental Agency. 2004. Contaminated sediments: major contaminated of sediments. [www.epa.gov/water/science/cs](http://www.epa.gov/water/science/cs).
- [UK Marine SACP] United Kingdom Marine Sanctuary and Conservation Projects. 2005. Water quality. [www.ukmarinesac.org.uk/activities/waterquality/wq](http://www.ukmarinesac.org.uk/activities/waterquality/wq).
- Yuantari, MGC. 2011. Dampak Pestisida Organoklorin terhadap Kesehatan Manusia dan Lingkungan serta Penanggulangannya. Prosiding Seminar Nasional “Peran Kesehatan Masyarakat dalam Pencapaian MDG’s di Indonesia”.
- Yoga, G., P., D. Lumbanbatu, E. Riani, Y. Wardiatno. 2014. Pengaruh Pencemaran Merkuri di Sungai Cikaniki Terhadap Biota Trichoptera (Insekta). *Limnotek*: 21 (1) : 11.