

**BIOAKUMULASI SENYAWA PESTISIDA ORGANOCHLORIN (POC) DALAM KERANG HIJAU (*Perna viridis*) DI TELUK JAKARTA**

**BIOACCUMULATION OF ORGANOCHLORINES PESTICIDES (OCP) COMPOUND IN GREEN MUSSELLS (*Perna viridis*) IN JAKARTA BAY**

**Edward**

Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta

E-mail: ekewe07@gmail.com

**ABSTRACT**

*The green mussel, Perna viridis can be used to determine bioaccumulation levels of organochlorine pesticides in a marine environment. Measurements on pesticide organochlorine concentration in green mussels (Perna viridis) were conducted in March and May 2013. The purpose of this research was to determine the bioaccumulation level of organochlorine pesticides in green mussels which were cultivated in Jakarta Bay. The samples were collected in Jakarta Bay in March and May 2013. The organochlorine pesticides concentration were measured by gas chromatography HP 5890 series II. The results showed that the average concentration of organochlorine pesticides in the small size of green mussells was 12.842 ppb, in the medium size was 27.065 ppb, and in the big size was 108.646 ppb. These concentrations were still lower than safety threshold limit value for seafood stated by EPA (Environment Protection Agency) i.e., 1,500 ppb. The comparation between organochlorine pesticide concentration in seawater and organochlorine pesticide in green mussels (bioaccumulation factor) were 2,140 for small green mussel, 4,510 for medium green mussel, and 18,107 for big green mussels, respectively.*

**Keywords:** bioaccumulation, green musselss, organochlorine pesticide, Jakarta Bay

**ABSTRAK**

Kerang hijau, *Perna viridis* dapat digunakan untuk mengukur tingkat bioakumulasi pestisida organochlorin di lingkungan laut. Pengukuran kadar pestisida organochlorin dalam kerang hijau (*Perna viridis*) dilakukan pada bulan Maret dan Mei 2013. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat bioakumulasi pestisida organochlorin dalam kerang hijau (*Perna viridis*) yang dibudidaya di Teluk Jakarta. Contoh kerang hijau diambil dari Teluk Jakarta pada bulan Maret dan Mei 2013. Kadar pestisida organochlorin diukur dengan alat kromatografi gas HP 5890 series II. Hasil pengukuran menunjukkan kadar rerata pestisida organochlorin dalam kerang hijau ukuran kecil adalah 12,842 ppb, dalam kerang ukuran sedang adalah 27,065 ppb, dan dalam kerang ukuran besar adalah 108,646 ppb. Kadar ini lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai ambang batas aman untuk makanan hasil laut yang ditetapkan oleh EPA yakni 1500 ppb. Perbandingan antara kadar pestisida organochlorin dalam kerang hijau dengan pestisida organochlorin dalam air laut (faktor bioakumulasi) berturut adalah 2.140 untuk kerang ukuran kecil, 4.510 untuk kerang ukuran sedang, dan 18.107 untuk kerang ukuran besar.

**Kata kunci:** bioakumulasi, kerang hijau, pestisida organochlorin, Teluk Jakarta

**I. PENDAHULUAN**

Teluk Jakarta merupakan teluk yang banyak menerima masukan bahan pencemar hasil kegiatan manusia, bahan pencemar tersebut berupa limbah domestik, organik, industri, logam berat, dan tumpahan minyak

yang cenderung meningkat dari waktu ke waktu, yang masuk melalui 13 aliran sungai yang ada di Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi (Jabodetabek). Bappedal DKI Jakarta (2004 dalam Sachoemar *et al.*, 2007) melaporkan kualitas perairan Teluk Jakarta mengalami pencemaran cukup parah

akibat masuknya bahan pencemar yang berasal dari aktivitas manusia di daratan, pantai dan laut. Salah satu dari limbah tersebut adalah pestisida organochlorin.

Pestisida organochlorin adalah bahan kimia yang mengandung atom karbon dan klorin, bersifat racun, persisten, akumulatif, dan tinggal di lingkungan dan tubuh organisme hidup untuk waktu yang lama, serta dapat terkonsentrasi dalam rantai makanan yang paling dasar hingga ke hewan-hewan di bagian atas rantai makanan (Alonso *et al.*, 2012). Ada 12 organochlorin terdaftar sebagai *Persistence Organic Pollutant* (POP) (Hansen, 2006) Beberapa pestisida organochlorin yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari antara lain adalah; aldrin, dieldrin, dicofol, endosulfan, endrin, khlordane, diklorodifenil-trikloroetana (DDT), heptaklor, lindane, dan benzena hexachloride (BHC). Pestisida organochlorin yang ada dalam air laut maupun sedimen, dapat terakumulasi dalam biota laut melalui rantai makanan, dan selanjutnya pada manusia, sehingga dapat menimbulkan penyakit. Senyawa organochlorin mempunyai sifat-sifat estrogenik dan dapat mengganggu atau mencegah kinerja hormon estrogen alami pada manusia dan dicurigai sebagai senyawa yang bersifat karsinogenik (Cabaravdic, 2010). Di beberapa Negara maju produksi dan penggunaan pestisida organochlorin telah dilarang (UNEP, 2010), akan tetapi di beberapa negara berkembang masih banyak digunakan untuk keperluan pertanian dan kesehatan publik. Hasil studi di beberapa negara Asia berkembang, termasuk Indonesia menunjukkan kehadiran yang signifikan dari senyawa-senyawa ini di berbagai kompartemen lingkungan, seperti udara, air, tanah, sedimen, biota laut dan manusia.

Penelitian mengenai kadar pestisida organochlorin dalam air laut dan sedimen di Teluk Jakarta sudah banyak dilakukan, antara lain Edward (2011, 2013) dan Prartono (2009) dalam sedimen. Penelitian yang sama juga pernah dilaporkan oleh Munawir (2007, 2010) di Perairan Bangka Belitung dan di Teluk Klabat Pulau Bangka. Namun peneli-

tian mengenai kadar pestisida organochlorin dalam kerang hijau di Teluk Jakarta jarang dilakukan, sehingga tidak ada data yang dapat diacu untuk membandingkan penelitian ini. Gunawan (2003) pernah melaporkan hasil penelitiannya tentang kadar pestisida organochlorin dalam kerang di Teluk Jakarta, namunnya jenis kerangnya berbeda yakni kerang bulu (*Meretrix meretrix*) di Teluk Jakarta.

Hewan bivalva, seperti kerang sering digunakan sebagai bioindikator untuk memonitor pencemaran oleh senyawa-senyawa organik di kawasan pantai (Lobo *et al.*, 2010; Cardoso *et al.*, 2012; dan Cardoso *et al.*, 2013). Hal ini disebabkan oleh distribusi penyebarannya yang luas, mempunyai sifat hidup menetap, mudah untuk dilakukan pengambilan contoh, di samping, mempunyai toleransi yang luas terhadap salinitas, tahan terhadap tekanan dan tingginya akumulasi berbagai bahan kimia (Andral *et al.*, 2011).

Penelitian ini bertujuan mengetahui tingkat bioakumulasi senyawa pestisida organochlorin dalam tubuh kerang hijau (*Perna viridis*) yang hidup di Teluk Jakarta dalam kaitannya dengan kesehatan pangan laut.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan di lokasi budidaya kerang hijau di Teluk Jakarta pada bulan Maret dan Mei 2013 (Gambar 1). Stasiun 1-5 adalah Stasiun pengambilan contoh air. Lokasi pengambilan contoh kerang hijau berada di Stasiun 2.

### 2.2. Bahan dan Data

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: sampel kerang hijau yang diambil dari Teluk Jakarta, bahan kimia yakni; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> p.a (*pro analysis*), Dichlorometana (DCM) p.a, glassswoll, bubuk Alumina WB 5 Basic, *n*-Heksana p.a, dan Dietil ether p.a.

Data yang digunakan dalam penulisan makalah ini adalah data pestisida organo-



Gambar 1. Stasiun penelitian di Teluk Jakarta (St 1,2, 3, 4, 5: air dan sedimen, St 2: Kerang Hijau).

chlorin dalam kerang hijau yang dianalisis di laboratorium kimia organik Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI Jakarta tahun 2013 (Edward, 2013).

### 2.3. Analisis Sampel

Analisis pestisida organochlorin dalam contoh kerang hijau dilakukan berdasarkan *Standard Operation Prosedure* (SOP, 2013) Laboratorium Kimia Organik Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, dan kadar lemak ditentukan secara gravimetri dengan metode soxhlet (AOAC, 2005).

Contoh kerang hijau diambil di Teluk Jakarta, disimpan dalam ice box dan dibawa ke laboratorium, dan selanjutnya dipisahkan berdasarkan ukuran menjadi 3 kelompok yakni kecil: 20-60 mm, sedang: 30-70 mm, dan besar: 34-90 mm. Masing-masing kelompok ukuran yang terdiri dari 3 ekor kerang diambil dagingnya, ditimbang, dan disimpan dalam lemari pendingin. Sebanyak 10 gram contoh setiap kelompoknya dihomogenisasi dengan menambahkan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  p.a (*pro analysis*) secukupnya untuk mengisap

air sampai contoh tidak lengket, dan diekstraksi dengan dichloromethana (DCM) p.a sebanyak 120 ml selama 8 jam pada suhu 60 °C. Ekstrak dipekatkan dengan alat evaporator Kuderna Danish sampai volume 1 ml. Selanjutnya dilakukan *clean up* dengan menggunakan kolom kromatografi yang telah diisi dengan bubuk alumina WB 5 basic (Sigma Aldrich USA) sebanyak 4 gram dan dialirkan n-heksana sebanyak 15 ml. Sampel hasil *clean Up* di uapkan sampai volume 1 ml dan di fraksinasi dengan kolom kromatografi yang diisi dengan bubuk silika 60 (Merck USA) sebanyak 4 gram menjadi fraksi non polar (F1) dan fraksi polar (F2). Hasil fraksinasi lalu diuapkan sampai 1 ml dan disimpan dalam botol vial.

### 2.4. Kondisi Pengukuran

Kadar pestisida organochlorin dalam kerang hijau (fraksi F1) dianalisis dengan menggunakan kromatografi gas Hewlett Packard (HP) 5890 Series II yang dilengkapi dengan detector *Electron Capture Detection* (ECD). Kolom kapiler yang digunakan ada-

lah tipe CP-SIL 8 CB, panjang kolom 50 mm, diameter dalam 0,25 mm, diameter luar 0,39 mm dan tebal film 0,12  $\mu\text{m}$ . Temperatur awal diprogram 60-180°C dengan aliran 25°C per menit dan didiamkan selama 12 menit. Kemudian temperatur dinaikkan sampai 220°C dengan aliran 4°C/menit dan didiamkan selama 5 menit. Selanjutnya temperatur di-naikkan kembali sampai 270°C dengan aliran 4°C per menit dan didiamkan selama 15 menit. Temperatur detektor 325°C dan suhu injeksi 250°C. Gas pembawa yang digunakan adalah nitrogen. Kadar pestisida organochlorin dihitung dengan cara membandingkannya dengan kadar larutan standar dan dinyatakan dalam ng/g (ppb).

### 2.5. Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif dengan membandingkannya dengan data hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu di beberapa perairan dan dengan kriteria yang ditetapkan untuk kesehatan makanan yang berasal dari laut. Ulangan dilakukan sebanyak dua kali yakni pada bulan Maret dan Mei 2013. Data yang dianalisis adalah kadar rerata yang diperoleh pada bulan Maret dan Mei 2013.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hexachlorobenzene (BHC)

Hexachlorobenzene adalah fungisida yang banyak digunakan sebagai pelindung benih. Penggunaan hexachlorobenzene sudah dilarang dibanyak negara, hal ini disebabkan banyaknya dijumpai residu hexachlorobenzene dalam makanan. Lindane adalah campuran homolog dari hexachlorocyclohexane (HCH) yang komponen utamanya (99%) adalah isomer  $\gamma$ -BHC. HCH dan BHC meskipun isomer tetapi merupakan zat yang berbeda. Lindane digunakan terutama dalam perawatan benih, tanah untuk transplantasi tembakau, daun-daunan pada pohon buah-buahan, kacang, sayuran dan kayu (I.S. Vanguard (2008 dalam Akan *et al.*, 2014). WHO dan FAO (Akan *et al.*, 2014) mene-

tapkan batas maksimum residu (MRL) untuk  $\alpha$ -BHC and  $\gamma$ -BHC masing-masing adalah dari 0,01 ppb untuk makanan dari laut (ikan dan sebagainya).

Dari Tabel 1 dapat dilihat kadar total  $\Sigma$ BHC dalam kerang hijau ukuran kecil, sedang, dan besar berturut-turut adalah 1,605 ppb, 3,173 ppb, dan 13,961 ppb. Total kadar  $\Sigma$ BHC ini masih lebih rendah dari nilai ambang batas aman untuk makanan hasil laut yakni 300 ppb untuk total BHC (Zynudheen *et al.*, 2004). Dengan demikian berdasarkan kadar BHC kerang hijau ini masih aman untuk dikonsumsi.

### 3.2. Heptachlor

Heptachlor adalah insektisida yang sangat persisten di alam, banyak digunakan sekitar tahun 1953-1974 untuk perawatan tanah, benih, dan mengendalikan rayap dan serangga. Karena sifatnya yang bioavailability dan persisten pemakaiannya dilarang di sebagian besar negara termasuk Uni Eropa dan Amerika Serikat. Heptachlor berubah menjadi heptachlor epoksida dan fotoheptachlor di alam. Keduanya lebih toksik dibandingkan heptachlor. Heptachlor berpotensi menimbulkan kanker terhadap manusia. WHO (EFSA, 2007) menetapkan kadar heptachlor yang diperkenankan dikonsumsi dalam makanan hasil laut adalah 0,1 ppb per kg berat badan. Bila berat badan seseorang adalah 70 kg, maka kadar heptachlor yang diperkenankan dikonsumsi adalah 7 ppb, kecuali dinyatakan lain, total heptachlor mengacu pada jumlah heptachlor dan epoksida heptachlor. Kadar heptachlor dalam kerang ukuran kecil, sedang, dan besar berturut-turut adalah 0,089 ppb, 0,912 ppb, dan 1,012 ppb, dan hepok adalah 9,511 ppb, 19,004 ppb, 84,828 ppb. Kadar ini masih lebih rendah dari nilai ambang batas heptachlor yang diperkenankan dalam makanan hasil laut yakni 300 ppb untuk total heptachlor (Zynudheen *et al.*, 2004). Dengan demikian berdasarkan kadar heptachlor, kerang hijau ini masih aman untuk dikonsumsi.

Tabel 1. Kandungan rerata (ppb) dan jenis pestisida organochlorin dalam daging kerang hijau (*Perna viridis*) di Teluk Jakarta (Maret dan Mei 2013).

POC	Kerang Hijau			Nilai Ambang Batas, ppb
	Kecil	Sedang	Besar	
$\alpha$ -BHC	0,191	0,659	2,997	-
$\beta$ -BHC	0,281	0,660	5,607	-
$\gamma$ -BHC	0,084	0,291	0,547	-
$\delta$ -BHC	1,049	1,563	4,810	-
$\Sigma$ BHC	1,605	3,173	13,961	300 (Zynudheen et al., 2004)
Heptachlor	0,089	0,912	1,012	300 (Ahmed, 1991)
Hepox	9,511	19,004	84,828	300 (Ahmed, 1991)
$\Sigma$ Hepta+Hepox	9,600	19,916	85,84	
Aldrin	0,075	0,240	0,521	300 (FDA, 2011)
Dieldrin	0,091	0,181	0,339	300 (FDA, 2011)
Endrin	0,345	0,671	1,416	300 (Zynudheen et al., 2004)
Endosulfan I	0,268	0,323	1,766	-
Endosulfat	0,136	0,547	0,721	-
$\Sigma$ EndosulfanI+Endosulfat	0,404	0,870	2,487	5 (EFSA, 2011)
pp'-DDE	0,054	0,144	0,193	-
pp'-DDD	0,445	0,783	1,732	-
pp'-DDT	0,077	0,607	0,677	-
$\Sigma$ DDT	0,576	1,534	2,602	1000 (FSANZ, 2006)
Metoxychlor	0,146	0,480	1,480	-
Jmh Jenis	15	15	15	-
Total POC	12,842	27,065	108,646	1500 (EPA, 1972)
Kadar lemak rerata, %	1,550	1,575	1,590	
Faktor Bioakumulasi (BAF)	2.140	4.510	18.107	

### 3.3. Aldrin dan Dieldrin

Aldrin dan dieldrin digunakan sebagai insektisida. Kedua insektisida ini telah dilarang oleh EPA pada tahun 1975, karena merusak lingkungan dan berpotensi menimbulkan kanker pada manusia (ASTDR, 2002). FDA (ASTDR, 2002) menetapkan kadar aldrin dan dieldrin dalam bahan dasar makanan berkisar 0-0,1 ppm tergantung jenis makanannya. WHO and FAO (Akan *et al.*, 2014) menetapkan nilai ambang batas residu maksimum (MRL) untuk aldrin dan dieldrin adalah 0.2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  dan kadar yang diperbolehkan dikonsumsi per hari (ADIs) adalah 0,0001  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Kadar aldrin dalam kerang hijau ukuran kecil, sedang, dan besar berturut-turut adalah 0,075 ppb, 0,240 ppb, 0,521 ppb, dan dieldrin adalah 0,091 ppb, 0,181 ppb, dan 0,339 ppb. Kadar ini lebih rendah dari nilai ambang batas aman untuk pangan hasil laut yakni 300 ppb (Zynudheen *et al.*,

2004). Dengan demikian berdasarkan kadar aldrin dan dieldrin, kerang hijau ini masih aman untuk dikonsumsi.

### 3.4. Endrin

Endrin digunakan sebagai pestisida untuk membasmi serangga, tikus, dan burung. Penggunaannya sudah dilarang di USA sejak tahun 1986. Endrin tidak berpotensi menimbulkan kanker pada manusia. Saat ini, penggunaan endrin dilarang di banyak Negara. Seperti pestisida organochlorin lainnya, endrin cenderung mudah terakumulasi dalam jaringan lemak, terutama yang hewan yang hidup di air. Waktu paruh endrin dalam tanah diperkirakan sekitar 14 tahun. Endrin kurang persisten dibandingkan dieldrin. Endrin akan bersifat racun jika tertelan dengan kadar mencapai 7,5 ppm dalam makanan. Keracunan akut endrin pada manusia terutama mengganggu system syaraf (USDHHS,

1997). Kadar endrin dalam kerang hijau ukuran kecil, sedang, dan besar berturut-turut adalah 0,345 ppb, 0,671 ppb, dan 1,416 ppb. Kadar ini lebih rendah dari nilai ambang batas aman untuk pangan hasil laut yakni 300 ppb (Zynudheen *et al.*, 2004). TDI (*Tolerable Daily Intake*) untuk endrin adalah 0,0002 ppm per kg berat badan (AGDH, 2015). Dengan demikian berdasarkan kadar endrin, kerang hijau ini masih aman untuk dikonsumsi.

### 3.5. Endosulfan

Endosulfan merupakan pestisida yang digunakan untuk membunuh serangga, bersifat persisten, bioakumulasi, dan racun. Karena sifatnya yang berbahaya bagi kesehatan, penggunaannya telah dilarang sejak tahun 2000. Endosulfan sulfat merupakan metabolit dari endosulfan yang paling persisten (Jayashree, 2006). Kadar endosulfan I dalam kerang hijau ukuran kecil, sedang, dan besar berturut-turut adalah 0,268 ppb; 0,323 ppb; dan 1,766 ppb, endosulfat 0,136 ppb; 0,547 ppb; dan 0,721 ppb, dengan total kadar (endosulfan I + endosulfat) berturut-turut adalah 0,404 ppb; 0,870 ppb; dan 2,487 ppb. Total kadar endosulfan I dan endosulfat ini masih dibawah nilai ambang batas aman untuk pangan hasil laut yakni 5 ppb (EFSA, 2011), kecuali untuk kerang hijau ukuran besar lebih tinggi dari nilai ambang batas tersebut. WHO dan FAO (2009 dalam Akan *et al.*, 2014) menetapkan batas residu maksimum endosulfan dalam ikan adalah 0,1 ppb, sedangkan ADI (*Acceptable Daily Intake*) nya adalah 0,006 ppb. Dengan demikian berdasarkan total kadar endosulfan, kerang hijau ukuran kecil dan sedang masih aman untuk dikonsumsi.

### 3.6. DDT, DDD, DDE

DDT (Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane) adalah salah satu dari pestisida organochlorin sintetis. DDT komersial merupakan campuran dari p, p isomer DDD (77%) dan o,p' isomer DDD (15%). DDD dan DDE juga merupakan metabolit dari DDT di

lingkungan. Total DDT merupakan jumlah dari p,p'-DDT, p,p'-DDD, dan p,p'-DDE. Daya larutnya sangat tinggi dalam lemak dan sebagian besar pelarut organik, tak larut dalam air, tahan terhadap asam keras dan tahan oksidasi terhadap asam permanganat. DDT adalah insektisida paling ampuh yang pernah ditemukan dan digunakan manusia dalam membunuh serangga tetapi juga paling berbahaya bagi umat manusia manusia sehingga dijuluki "*The Most Famous and Infamous Insecticide*". DDT banyak digunakan di bidang pertanian untuk membasmi hama serangga, dan di bidang kesehatan untuk membasmi nyamuk malaria, lalat, kutu dan penyakit tifus. DDT bersifat semi volatil, dapat menjadi bagian dari atmosfer jika terjadi proses penguapan, banyak ditemukan di lingkungan, dan bahkan residunya ditemukan sampai di kutub utara, bersifat lipofilik, mengalami proses biokonsentrasi dan biomagnifikasi dalam tubuh organisme akuatik. Penggunaan DDT telah dilarang semenjak tahun 1970an, namun sampai saat ini residunya masih ditemukan dalam kompartemen lingkungan, hal ini disebabkan DDT merupakan jenis insektisida organochlorin yang dahulu paling banyak digunakan. Meskipun setelah dilarang, masih banyak petani yang menggunakan DDT, karena dikenal sebagai pestisida yang dapat menangani seluruh hama serangga. DDT dapat hilang dari tanah akibat proses run off, fotolisis, volatilisasi, dan degradasi. DDT dapat terdegradasi dengan cepat secara biotik dan abiotik menjadi DDE atau DDD (Yao *et al.*, 2004). EPA DDT memasukkan DDT kedalam kategori bahan racun PBT (*persistent, bioaccumulative, and toxic*) (Abrar, 2008).

Kadar pp'-DDE dalam kerang ukuran kecil, sedang, dan besar berturut-turut adalah 0,054 ppb; 0,144 ppb; dan 0,193 ppb, pp'-DDD sebesar 0,445 ppb; 0,783 ppb; dan 1,732 ppb, pp'-DDT sebesar 0,077 ppb; 0,607 ppb; dan 0,677, dengan total kadar (pp'-DDE+pp'-DDD+pp'-DDT) berturut-turut adalah 0,576 ppb; 1,534 ppb; dan 2,602 ppb. Kadar ini masih lebih rendah dari nilai

ambang batas yang ditetapkan oleh FSANZ (2006) yakni 1000 ppb. Dengan demikian berdasarkan total kadar endosulfan, kerang ini masih aman untuk dikonsumsi. Kadar  $DDD > DDT > DDE$ , ini terjadi akibat proses perombakan dari DDT menjadi metabolit DDD dan DDE berlangsung dalam suasana anaerobik (Saadati *et al.*, 2012). Nilai  $DDT / (DDE + DDD)$  untuk kerang ukuran kecil, sedang, dan besar berturut-turut adalah 0,154; 0,655; dan 0,352. Nilai ini  $< 1$ , yang berarti DDT berasal dari sumber yang sudah lama (Liu *et al.*, 2010). Dari Tabel 3 di atas dapat dilihat kadar total DDT ( $SDDT = p,p'-DDT + p,p'-DDD + p,p'-DDE$ ) berkisar 0,576-2,602 ppb dengan rerata 1,570 ppb. Kadar ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan kadar total DDT dalam kerang hijau di beberapa perairan di Indonesia (Tabel 2).

Data ini menunjukkan bahwa kerang hijau hasil penelitian ini relatif lebih banyak menerima masukan kontaminan DDT. Sudaryanto *et al.* (2007) melaporkan kadar total DDT dalam kerang yang berbeda yakni kerang *Meretrix meretrix* pada tahun 2004

diperairan Teluk Jakarta berkisar 0,176-2,254 ng/g (ppb), kadar ini lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian ini.

Munawir (2010) melaporkan adanya kontaminasi pestisida organochlorin dalam daging ikan dan siput gonggong di perairan Teluk Klabat dan di pantai timur Surabaya dan Rongkang Kwanyar, Madura (Hidayati *et al.*, 2008). Hal ini juga terjadi pada kerang hijau di Teluk Jakarta. Data tersebut menunjukkan bahwa pestisida jenis DDT masih digunakan di Indonesia, walaupun sudah dilarang semenjak tahun 1993. Penggunaan DDT di Indonesia dimulai tahun 1952 untuk mengendalikan penyakit malaria, namun karena bersifat karsinogenik, tidak digunakan lagi sejak tahun 1984. Sejak akhir 1990, pestisida organochlorin sudah dilarang penggunaannya di Indonesia, namun karena harganya murah, mudah digunakan, dan efektif membasmi hama, maka beberapa jenis organochlorin seperti DDT masih digunakan di Indonesia, selain karena kurangnya ketegasan peraturan dan hukum yang berlaku (Sudaryanto *et al.*,

Tabel 2. Perbandingan kadar pestisida organochlorin dalam kerang hijau di Teluk Jakarta dengan beberapa daerah lainnya di Indonesia dan dunia.

Lokasi	FAT%	$\sum DDT$ , ppb	$\sum HCB$ , ppb
Teluk Jakarta (Penelitian ini)	1,55-1,59 (Rerata 1,571)	0,576-2,602 (Rerata 1.570)	1,605-13,961 (Rerata 6.246)
Belawan*	1,4	0,30	<0,01
Teluk Hurun, Lampung*	1,1	0,70	<0,01
Teluk Lada, Pandegelang*	1,1	1,2	<0,01
Kamal, Teluk Jakarta*	1,3	0,60	<0,01
Ancol, Teluk Jakarta*	1,9	0,90	<0,01
Cilincing, Teluk Jakarta*	1,7	1,0	<0,01
Bondet Cirebon*	2,0	3,1	0,03
Genjeran*	1,2	1,5	<0,01
Maros*	1,8	0,10	<0,01
Singapore **	-	2,6-54	
Hong Kong **	-	13-36	5,3
Philippines **	-	0,2-4,2	-
India **	-	0,9-40	0,38
Thailand **	-	1,2-3,8	0,1
Cienfuegos, Cuba **	-	3,5-4,4	0,119

\*Sudaryanto *et al.*, (2005), \*\* Alonso *et al.* (2012).

2007). Selain Indonesia, residu DDT juga ditemukan dalam kerang hijau di banyak negara, antara lain China (Liu *et al.*, 2010), Thailand (Wattayakorn *et al.*, 2010); Hongkong (Kwong *et al.*, 2009), Swedia (Widenfalk *et al.*, 2008), Jepang (Imo *et al.*, 2007), Kuba (Hernandez *et al.*, 2012), Filipina (Carvalho *et al.*, 2009).

Kontaminasi kerang oleh senyawa organochlorin, khususnya DDT mungkin memberikan kontribusi akumulasinya ke manusia melalui konsumsi. Kerang juga merupakan salah satu sumber protein hewani utama selain ikan. Kadar rerata  $\Sigma$ DDT adalah 1,570 ppb atau 3,711  $\mu\text{g}/\text{kg}$  atau 0,0037  $\mu\text{g}/\text{gr}$ , dengan kata lain di dalam 1 gr daging kerang hijau terdapat 0,0037  $\mu\text{g}$  total DDT. Estimasi konsumsi ikan rerata orang Indonesia adalah 37g/orang/hari (FAO 1997 dalam Sudaryanto *et al.*, 2005). Bila estimasi ini dianggap berlaku juga untuk kekerangan, maka asupan DDT ke dalam tubuh per orang per hari adalah  $37 \times 0,0037 \mu\text{g}/\text{orang}/\text{hari} = 0,137 \mu\text{g}/\text{orang}/\text{hari}$  untuk DDT. Hasil estimasi ini lebih rendah dari nilai asupan harian yang masih di perbolehkan (ADI= *Acceptable Daily Intake*) berdasarkan rekomendasi FAO/WHO (FAO/WHO 1986 dalam Sudaryanto *et al.*, 2005), yakni sebesar 1.200.000 ng/orang/hari untuk DDT atau 1.200  $\mu\text{g}/\text{orang}/\text{hari}$ . Oleh karena itu, residu organochlorin di kerang saat ini masih belum menunjukkan perhatian yang serius terhadap kemungkinan akumulasinya terhadap manusia di Indonesia. Meskipun demikian, alur akumulasinya ke manusia tidak hanya melalui produk kerang, tetapi juga melalui ikan. Kannan *et al.* (1995) melaporkan asupan harian DDT melalui konsumsi ikan di Indonesia adalah 370 ng/ orang/hari. Penentuan besarnya asupan harian DDT ini didasarkan atas konsumsi ikan rata-rata per hari dari seluruh populasi di Indonesia, karena itu suatu sub populasi tertentu, misalnya nelayan, atau masyarakat yang secara tradisional lebih banyak mengkonsumsi kerang hijau akan menerima DDT lebih besar dibanding nilai estimasi berdasar-

kan populasi seluruh negara. China menetapkan estimasi konsumsi harian (EDI) DDT sebesar 30,5 g/orang/hari untuk ikan dan makan hasil laut tahun 1997 (Yatawara *et al.*, 2009).

Dari tabel di atas juga dapat dilihat kadar BHC dalam daging kerang hijau pada penelitian ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan daerah lainnya di Indonesia. Data ini menunjukkan tingkat pencemaran BHC di Teluk Jakarta relatif lebih tinggi dibandingkan dengan daerah lainnya.

Kadar rerata pestisida organochlorin tertinggi dijumpai dalam kerang dengan ukuran besar yakni 108,646 ppb, selanjutnya diikuti oleh kerang dengan ukuran sedang 27,065 ppb, dan kecil 12,842 ppb. Demikian juga halnya dengan kadar lemak, kadar lemak tertinggi dijumpai pada kerang hijau ukuran besar yakni 1,590 ppb, selanjutnya diikuti oleh kerang hijau ukuran sedang 1,575 ppb, dan kerang ukuran kecil 1,550 ppb. Dalam air laut kadar POC berkisar 0,002-0,010 ppb dengan rerata 0,006 ppb. Kadar ini masih lebih rendah dibandingkan dengan kriteria yang ditetapkan oleh KMNLIH (2004) untuk kehidupan biota laut yakni 0,01 ppb, hal yang sama juga dijumpai untuk sedimen.

Dari Tabel 1 juga dapat dilihat kadar POC meningkat dengan bertambahnya ukuran kerang, demikian juga hal dengan kadar lemak. Meningkatnya kadar POC ini wajar mengingat POC larut dalam lemak (lipofilik), sehingga dengan meningkatnya kadar lemak akan diikuti pula dengan peningkatan kadar POC. Tingkat akumulasi POC ini bila ditinjau dari kesehatan pangan, masih lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai ambang batas aman yang diperkenankan oleh EPA (1972) untuk dikonsumsi yakni 1500 ppb. Dengan demikian belum berbahaya bagi kesehatan manusia. Negara-negara Eropa (*European Union*) menetapkan kadar residu pestisida organochlorin maksimum dalam ikan laut segar hasil laut adalah 50 ppb (Alonso *et al.*, 2012). Bila mengacu kepada ketentuan negara-negara Eropa tersebut untuk ikan, maka tingkat akumulasi pestisida



dalam kerang hijau ukuran besar di Teluk Jakarta ini tidak aman untuk dikonsumsi, karena lebih tinggi dari nilai ambang batas aman yang ditetapkan oleh negara-negara uni Eropa tersebut.

Keberadaan pestisida organochlorin dalam daging kerang hijau menunjukkan adanya kontaminasi. Kontaminasi ini dapat berasal dari air laut dan sedimen yang mengandung pestisida. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan pestisida organochlorin hampir terdeteksi di semua contoh kerang di perairan pantai Indonesia, selain itu pestisida organochlorin juga terdeteksi di kompartemen lain, seperti air dan sedimen (Sudaryanto *et al.*, 2007, Prariono *et al.*, 2009). Dari Tabel 3 dapat dilihat kadar pestisida organochlorin dalam air laut berkisar 0,002-0,009 ppb dengan rerata 0,006 ppb. Kadar ini lebih rendah dibandingkan dengan kadar pestisida organochlorin dalam kerang hijau. Total kadar pestisida organochlorin dalam kerang hijau ukuran kecil, sedang, dan besar berturut-turut adalah 12,842, 27,065, dan 108,646 ppb dengan rerata 49,517 ppb. Demikian juga halnya dengan sedimen, kadar total POC dalam kerang hijau lebih tinggi dari sedimen.

Perbandingan total kadar rerata pestisida organochlorin dalam kerang hijau ukuran kecil dengan pestisida organochlorin dalam air laut (*Biological Accumulation Factor*, BAF) adalah 12,842: 0,006 atau 2.140:1, artinya kadar pestisida organochlorin dalam kerang hijau ukuran kecil 2.140

kali lebih tinggi dibandingkan air laut. Dengan cara yang sama didapat nilai BAF untuk kerang ukuran sedang dan besar yakni 27,065/0,006 atau 4.510 dan 108,646/0,006 atau 18.107.

Nilai faktor bioakumulasi ini menunjukkan adanya akumulasi pestisida organochlorin dalam kerang hijau di Teluk Jakarta. Keadaan ini memberi petunjuk adanya penyebaran, penggunaan, dan kontaminasi pestisida organochlorin serta akumulasinya telah mencapai biota laut.

Perbandingan kadar POC dalam kerang hijau dengan POC dalam sedimen adalah 12,842:2,434 atau 5,276:1 untuk kerang ukuran kecil, dengan kata lain kadar POC dalam kerang hijau lima kali lebih tinggi dibandingkan sedimen, dengan cara yang sama diperoleh nilai perbandingan untuk kerang ukuran sedang dan besar, yakni 27,065:2,434 atau 11,119:1 untuk kerang ukuran sedang, dan 108,646:2,434 atau 44,638:1 untuk kerang ukuran besar. Data ini menunjukkan kerang hijau lebih banyak mengakumulasi POC dibandingkan dengan sedimen.

### 3.7. Methoxychlor

Merupakan turunan DDT dengan toksisitas dan sifat persisten yang lebih lemah dibandingkan DDT. Umumnya, methoxychlor digunakan sebagai insektisida untuk pembasmi larva nyamuk, lalat rumah, dan serangga yang ada di daerah pertanian (WHO, 2004). Methoxychlor lebih aman dari DDT karena lebih mudah terurai oleh cahaya.

Tabel 3. Kadar pestisida organochlorin (ppb) rerata di Teluk Jakarta (Edward, 2013).

Stasiun	Air Laut	Sedimen
	Maret dan Mei 2013	Maret dan Mei 2013
1	0,008	1,584
2	0,004	1,759
3	0,009	2,797
4	0,002	3,856
5	0,006	2,165
Total	0,029	12,170
Rerata	0,006	2,434
NAB (KMNLH, 2004)	0,010	0,9-4,5

Keracunan pestisida ini dapat menyebabkan toksisitas akut lokal, alergi, dan akut sistemik, disebabkan toksisitasnya yang rendah terhadap hewan dan manusia, methoxychlor dipertimbangkan sebagai pengganti DDT (Rezael, 2013), namun sangat toksik terhadap hewan air, karena methoxychlor termasuk limbah B3 (Ryanto, 2002). Methoxychlor juga dilaporkan terakumulasi dalam fitoplankton dan ikan (El-Gawad and Salwa, 2014). Methoxychlor termasuk ke dalam daftar pestisida yang bersifat persisten, bioakumulatif dan toksik, penggunaannya sebagai pestisida telah dilarang di USA pada tahun 2003 (US EPA, 2004) dan di Eropa tahun 2002 (Parekattil *et al.*, 2012). Dari Tabel 1 dapat dilihat kadar methoxychlor berkisar 0,146-1,480 ppb dengan rerata 2,142 ppb. Kadar ini masih lebih rendah dari nilai ambang batas yang ditetapkan oleh EPA untuk berbagai produk makanan seperti tanaman, buah-buahan, sayuran, biji-bijian, daging, susu, dan makanan ternak yakni 1-100 ppm (1000-100.000 ppb), namun ASTDR tidak memberikan nilai ambang batas methoxychlor untuk makanan hasil laut. Hal ini mungkin disebabkan karena methoxychlor tidak bersifat karsinogen terhadap manusia (ASTDR, 2002). TDI (*Tolerable Daily Intake*) nya adalah 0,1 ppm per kg berat badan (AGDH, 2015).

#### IV. KESIMPULAN

Kandungan pestisida organochlorin dalam kerang hijau di Teluk Jakarta relatif tinggi, namun masih aman untuk dikonsumsi. Kandungan POC dalam kerang ukuran kecil, sedang, dan besar berturut-turut adalah 12, 842, 27,065, dan 108,646 ppb. Kandungan ini masih dibawah nilai ambang batas aman untuk dikonsumsi yang ditetapkan oleh EPA yakni 1.500 ppb.

Perbandingan kandungan POC dalam kerang hijau ukuran kecil, sedang dan besar dengan kandungan POC dalam air laut (BAF) berturut-turut adalah 2.140:1, 4.510:

1, dan 18.107: 1 (BAF: 2.140, 4.510, 18.-107).

Perbandingan kandungan POC dalam kerang hijau dengan POC dalam sedimen berturut-turut adalah 5,276:1 untuk kerang ukuran kecil, 11,119: 1 untuk kerang ukuran sedang, dan 44,635: 1 untuk kerang ukuran besar.

Meskipun pelarangan produksi dan penggunaan organochlorin telah diterapkan, namun pengamatan saat ini menunjukkan masih adanya penggunaan pestisida organochlorin. Secara umum bila dibandingkan dengan data dari berbagai daerah di Indonesia, tingkat kontaminasi organochlorin dalam kerang hijau yang berasal dari Teluk Jakarta ini relatif tinggi, namun bila dibandingkan dengan beberapa negara di dunia relatif masih rendah.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada para reviewer yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan makalah ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alonzo, M.C., M.G. Hernandez, C.C. Batista, J.P. Villeneuve, and J. Oh. 2012. Organochlorine pesticides in Green Mussel, *Perna viridis*, from the Cienfuegos Bay, Cuba. *Bull Environ. Contam. Toxicol.*, 89:995-999.
- Andral, B., F. Galgani, C. Tomasino, M. Bouchoucha, C. Blottiere, A. Scarpato, J. Benedicto, S. Deudero, M. Calvo, A. Cento, S. Benbrahim, M. Boulahdid, and C. Sammari. 2011. Chemical contamination baseline in the western basin of the Mediterranean Sea based on transplanted mussels. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 61(2):261-271.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2002. Toxicological profile for aldrin and dieldrin.

- U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Atlanta, GA. 20p.
- Akan, J.C., F.I. Abdulrahman, and Z. M. Chellube. 2014. Organochlorine and organophosphorus pesticide residues in fish samples from Lake Chad, Baga, North. Eastern Nigeria. *International J. of Innovation, Management and Technology*, 5(2):87-92.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2005. Official method of analysis of the association of official analytical of chemist. Association of Official Analytical Chemist, Inc. Arlington, Virginia, USA. 970p.
- AGDH (Australian Government Department of Health). 2015. ADI. Acceptable daily intakes for agriculture and veterinary chemicals. Commonwealth of Australia 2015. 119p.
- Abrar. 2008. Pengertian dan dampak DDT dalam kehidupan. (<https://abrar4lesson4tutorial4ever.wordpress.com/2010/02/20/pengertian-dan-dampak-ddt-dichloro-diphenyl-trichloroethane-dalam-kehidupan/>). [Diakses Rabu, 3 Februari 2015].
- Ahmed, F.E. (ed.). 1991a. Seafood safety. Committee on the evaluation of the safety of fishery products, food and nutrition board. Institute of Medicine. National Academy Press. Washington. 474p.
- El-Gawad, H.A.A. and S.M.A. El-Ella. 2014. Ecological monitoring of pesticide residues and algae tolerating organic pollution. *Nature and Science*, 12(7): 1-12.
- Cabaravdic, M. 2010. The xenoestrogen effects of polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorines compounds: historical perspective and update. *Mater. Sociomed.*, 22(2):105-110.
- Cardoso, P.G., E. Pereira, T.F. Grilo, A.C. Duarte, M.A. Pardal. 2012. Kinetics of mercury bioaccumulation in the polychaete *Hediste diversicolor* and in the bivalve *Scrobicularia plana*, through a dietary exposure pathway. *Water Air Soil Pollut.*, 223:421-428.
- Cardoso, P.G., T.F. Grilo, E. Pereira, A.C. Duarte, M.A. Pardal. 2013. Mercury bioaccumulation and contamination kinetics in the edible cockle *Cerastoderma edule*. *Chemosphere*, 90 (2013):1854-1859.
- Carvalho, P.F., J.P. Villeneuve, C. Cattini, I. Tolosa, C.M. Bajet, M.N. Calingacion. 2009. Organic contaminants in the marine environment of Manila Bay, Philippines. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 57(2):348-358.
- Edward. 2011. Kaji baku mutu senyawa organik. Laporan akhir penelitian P2O-LIPI. Jakarta. 79hlm.
- Edward. 2013. Kajian kriteria kualitas air laut melalui monitoring tingkat pencemaran dan bioassay senyawa polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) di Teluk Jakarta. Laporan Akhir Penelitian. P2O-LIPI. Jakarta. 160hlm.
- Environment Protection Agency (EPA). 1972. Water quality criteria. A report of the committee on water quality criteria environmental studies board, Washington, DC. USA. 594p.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2011. Scientific opinion statement on oral toxicity of endosulfan in fish. EFSA panel on contaminants in the food chain. *EFSA J.*, 9(4):2131.
- EFSA (European Food Safety Authority). 2007. Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the European commission related to heptachlor. As an underdesirable substance in animal feed. 48p.
- FSANZ (Food Standards Australia New Zealand), 2006. A guide to the Australian primary production and processing standard for seafood, safe food Australia, 2nd edition April 2006.

- ([http://www.foodstandards.gov.au/\\_srcfiles/Safe%20Seafood%20edn-webwc%20.pdf](http://www.foodstandards.gov.au/_srcfiles/Safe%20Seafood%20edn-webwc%20.pdf)). [Diakses tanggal 25 September 2015].
- FDA (Food and Drugs Administrations). 2011. Fish and fishery product hazards and control guides. Department of Health Human Services. Center for Food Savety and Applied Nutrtrion. 468p.
- Gunawan, Indra. 2003. Kandungan pestisida organochlorin dalam sedimen dan Kerang Tahu (*Meretrix meretrix*) di muara Sungai Citarum, Jawa Barat. Skripsi. Program Studi Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Kelautan IPB, Bogor. 78hlm.
- Hidayati, D., Anurohim, dan F.D. Hasnitha. 2008. Studi kandungan DDT (Dichloro Diphenyl Trichloroethane) pada Kerang Hijau (*Perna viridis* L.) di perairan pantai Timur Surabaya dan pantai Rongkang Kwanyar Madura. Laporan Penelitian ITS. Surabaya. 39hlm.
- Hansen, Susanne., Marin Strøm., Sjurdur F. Olsen.,Ekaterina Maslova.,Panu anta kokko., Hannu Kiviranta., Dorte Rytter.,Bodil H. Bech., Linda V. Hansen., and Thorhallur I. Halldorsson. 2014. Maternal concentrations of persistent organo chlorine pollutants and the risk of asthma in offspring: results from a prospective cohort with 20 years of follow-up. *Environmental Health Perspectives*, 122(1):93-99.
- Hernandez, C.A.M., M.G. Batista, C. Cattini, J.P. Villeneuve, and J. Oh. 2012. Organochlorine pesticides in Green Mussel, *Perna viridis*, from the Cienfuegos Bay, Cuba. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 89:995-999.
- Imo, S.T., M.A. Sheikh, E. Hirosawa, T. Oomori, and F. Tamaki. 2007. Contamination by organochlorine pesticides from rivers. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4(1):1-9.
- Jayashree, R. and Vassudevan, R. 2006. Persistence and distribution of endosulfan under field condition. *Environ. Monit. Assess.*, 131:475-487.
- Kannan, K., S. Tanabe, and R. Tatsukawa. 1995. Geographical distribution and accumulation features of organo chlorine residues in fish in tropical Asia and Oceania. *Env. Sci. Technol.*, 29: 2673-2683.
- Kwong, R.W.M., P.K.N. Yu, P.K.S. Lam, Wen-Xiong Wang. 2009. Biokinetics and bio transformation of DDTs in the marine green mussels *Perna viridis*. *Aq. Toxicol.*, 93:196-204.
- Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2014. Penelahaan dan pemutakhiran rencana penerapan nasional untuk konvensi Stockholm tentang bahan pencemar organik yang persistent (*Persistent Organic Pollutant*, POPs) di Indonesia. Jakarta. 168 hlm.
- Lobo, J., P.M. Costa, S. Caeiro, M. Martins, A.M. Ferreira, and M. Caetano, R. Cesa, R.C.Vale, and M.H. Costa. 2010. Evaluation of the potential of the common cockle (*Cerastoderma edule* L.) for the ecological risk assessment of estuarine sediments: bioaccumulation and biomarkers. *Ecotoxicology*, 19:1496-1512.
- Liu, Zheng., Hongmei Zhang, Minhui Tao, Shaobin Yang, Liwei Wang, Ying Liu, Dandan Ma, and Zhiming He. 2010. Organochlorine pesticides in consumer fish and mollusks of Liaoning Province, China: distribution and human exposure implications. *Arch Environ Contam Toxicol.*, 59 (3):444-453.
- Munawir, K. 2007. Kadar pestisida organoklorin dalam air laut dan sedimen di perairan Bangka Belitung. *J. Lingkungan Tropis*, 1(1):13-24.
- Munawir, K. 2010. Pestisida organochlorin di perairan Teluk Klabat Pulau Bangka. *OLDI*, 36(1):1-19.
- Parekattil, J.S. and A.A. Garwal. 2012. Male infertility. Contemporarely clinical

- approaches, andrology, ART & anti-oxidants. New York. 507p.
- Prartono, T., H. Razak, dan I. Gunawan. 2009. Pestisida organochlorin di sedimen pesisir muara Citarum, Teluk Jakarta: peran penting fraksi halus sedimen sebagai penstransport DDT dan proses diagenesanya. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 1(2):11-21.
- Ryanto. 2002. Limbah bahan beracun dan berbahaya (B3). Edisi I, Cetakan I, Deepublisher-Publisher, Yogyakarta. 228hlm.
- Sudaryanto, A., Muswerry. M, H. Razak, dan S. Tanabe. 2005. Kontaminasi organoklorin persisten dalam kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Indonesia. *OLDI.*, 37:1-14.
- Sudaryanto, A., Monirith. I, Kajiwaru. N, Takahashi. S, Hartono. P, Muawanah, S. Tanabe. 2007. Levels and distribution of organochlorine in fish from Indonesia. *Env. Int.*, 33(6):750-758.
- Saadati, N., M.P. Abdullah, Z. Zakaria, M. Rezayi, and N. Hosseinizare. 2012. Distribution and fate of HCH isomers and DDT metabolites in a tropical environment-case study Cameron Highlands-Malaysia. *Chem. Cent. J.*, 6(1):130. doi: 10.1186/1752-153X-6-130.
- Standard Operation Prosedure (SOP). 2013. Prosedur instruksi kerja. Laboratorium Kimia Organik. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. 17hlm.
- Sachoemar, I.S. dan H.D. Wahyono. 2007. Kondisi pencemaran lingkungan perairan Teluk Jakarta. *J. Air Indonesia*, 3(1):1-14.
- Rezael, S.Z., S.A. Imani, H. Mehrjerdi, B. Hamidi, A.M. Zand, and G.R. Olad. 2013. Effect of insecticide poisoning of methoxychlor on the production of gonadotropin hormones in adults male rats. *Shahrekord University of Medical Sciences J.*, 14(6):10-19.
- United Nation Environment Protection (UNEP). 2010. The 9 new POPs. An introduction to the nine chemicals added to the Stockholm Convention by the Conference of the Parties at its fourth meeting. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs). 15p.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2004. "Methoxychlor reregistration eligibility decision (RED). EPA Publication No. EPA 738-R-04-010". [https://archive.epa.gov/pesticides/reregistration/web/html/methoxychlor\\_red.html](https://archive.epa.gov/pesticides/reregistration/web/html/methoxychlor_red.html). [Diakses: 12 Mei 2015].
- USDHHS (United State of Department Health and Human Services). 1997. ASTDR. Edrin. Cash # 72-20-8. 2p
- Widenfalk, A., S. Bertilsson, I. Sundh, and W. Goedkoop. 2008. Effects of pesticides on community composition and activity of sediment microbes-responses at various levels of microbial community organization. *Environ. Poll.*, 152:576-584.
- Wattayakorn, G. and S. Rungsuka. 2010. Ambient concentration of polychlorida biphenyl and organochlorine pesticides in selected Thai estuarine sediments and mussels. *Coast. Mar. Sci.*, 34(1):181-85.
- Yutawara, M., N.L. Devi, and Q. Shihua. 2009. Persistent organic pollutants (POPs) in sea food of China: a review. *J. of Americ. Sci.*, 5(5):164-174.
- Yao, F., Y. Guifen, B. Yongrong, Y. Xinglun, W. Fang, and J. Xin. 2006. Bioavailability to grains of rice of aged and fresh DDD and DDE in soils. *Chemosphere*, 68:78-84.
- Zynudheen, A.A. and A.G. Radhakrishman. 2004. Pesticide residu in fresh water fishes of Saurashtra Region. *Fish. Tech.*, 41(2):133-138.
- Diterima* : 6 Oktober 2015  
*Direview* : 16 Desember 2015  
*Disetujui* : 16 Mei 2016

