

## **POTENSI PENCEMARAN *PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS* DI DAERAH ALIRAN SUNGAI CILIWUNG**

### ***THE POTENCY OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS POLLUTION IN CILIWUNG WATERSHED***

**Dewi Ratnaningsih<sup>1</sup>, Yunesfi Syofyan<sup>1</sup>, Yuriska A<sup>1</sup>, dan Endah K<sup>1</sup>**

Puslitbang Kualitas dan Laboratorium Lingkungan BLI-KLHK Kawasan Puspipstek Gedung 210,  
Tangerang Selatan, 15314, e-mail: dewierini@yahoo.com

Diterima tanggal 29 Maret 2020, disetujui tanggal 12 April 2020

#### **ABSTRAK**

Indonesia telah meratifikasi Konvensi Stockholm dalam upaya perlindungan terhadap bahaya bahan kimia *Persistent Organic Pollutants* (POPs). Sebagai tindak lanjut ratifikasi, Indonesia telah menyusun National Implementation Plan (NIP) dalam implementasi pengurangan dan penghapusan POPs. Pelaksanaan NIP membutuhkan informasi keberadaan POPs. Tujuan studi ini adalah untuk mengetahui tingkat pencemaran POPs di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung sebagai salah satu sungai prioritas nasional. Pengambilan sampel dilakukan di enam lokasi DAS Ciliwung yang berada di kawasan Bogor dan Jakarta. Jenis sampel yang diambil meliputi air sungai, sedimen sungai, dan tanah di sekitar bantaran sungai dengan parameter uji *organochlorines* (OCs) yang sebagian besar masuk dalam kelompok POPs. POPs diekstraksi dengan pelarut organik dan dianalisis menggunakan instrument GCMS. Hasil analisis menunjukkan bahwa POPs di air sungai hanya terdeteksi untuk kelompok DDTs, kelompok HCHs, dan HCB dengan konsentrasi jauh lebih rendah dibandingkan di sedimen sungai dan tanah. Pada sedimen sungai dan tanah terdeteksi POPs dengan jenis yang lebih bervariasi dan konsentrasi jauh lebih tinggi dibandingkan di air sungai. POPs masih terdeteksi di lingkungan meskipun telah dilarang penggunaannya. Oleh karena itu perlu menjadi evaluasi lebih lanjut apakah residu POPs tersebut merupakan sisa penggunaan waktu lampau yang masih bertahan karena sifat persistensinya atau ada indikasi lepasan baru.

**Kata kunci:** *Persistent organic pollutant*, organochlorines, Konvensi Stockholm, *National Implementation Plan*, GCMS.

#### **ABSTRACT**

Indonesia has ratified the Stockholm Convention as an effort to protect the environment from the negative impact of *Persistent Organic Pollutants* (POPs). Following the ratification, the National Implementation Plan (NIP) has been prepared by the Government to reduce and eliminate POPs. Implementation of NIP requires information on the existence of POPs. The purpose of this study is to determine the level of POPs pollution in the Ciliwung watershed. Sampling was carried out at six locations of Ciliwung Watershed located in Bogor and Jakarta. River water, sediment, and soil were collected for organochlorine analysis, which are mostly as POPs group. The determination of POPs, were carried out by extraction using organic solvents and analyzed by GCMS. The result showed that POPs in river water were only detected for DDTs group, HCHs group, and HCBs in low concentration. River sediment and soil were contaminated with more varied types of POP and a much higher concentration than in river water. POPs were found in the environment even though it has been banned. It needs further evaluation concerning the pollutant source, whether it comes from the residue of past used or new release.

**Keywords:** *Persistent organic pollutant*, organochlorines, konvensi Stockholm, national implementation plan, GCMS.

## I. PENDAHULUAN

Konvensi Stockholm merupakan perjanjian internasional yang menetapkan 12 bahan kimia (*dirty dozen*) sebagai bahan kimia yang masuk dalam kelompok *Persistent Organic Pollutants* (POPs) atau bahan pencemar organik yang persisten [1], [2]. Bahan kimia tersebut berasal dari golongan senyawa organoklorin (OCs). Sifat persisten POPs yang stabil di lingkungan akan mudah ditransportasikan secara global [3], [4]. Konvensi Stockholm bertujuan untuk perlindungan lingkungan dan kesehatan manusia dari bahaya bahan kimia beracun dengan pengaturan untuk eliminasi dari produksi, penggunaan dan emisi bahan kimia POPs [5]. Bahan kimia yang termasuk dalam kelompok POPs bersifat beracun, sulit terurai, dapat terbioakumulasi. Selain itu POPs mudah menyebarkan secara global melintasi batas internasional dan tersimpan jauh dari tempat pelepasannya melalui udara, air atau spesies dan terakumulasi dalam ekosistem darat dan air [6], [7]. *Dirty dozen* yang pertama kali masuk dalam daftar POPs yaitu Aldrin, Dieldrin, Chlordane, Endrin, Heptachlor, Hexachlorobenzene (HCB), Mirex, Toxaphene, Polychlorinated Biphenils (PCBs), Dioxin, dan Furans. Mayoritas bahan kimia tersebut merupakan pestisida kecuali untuk PCBs sebagai bahan untuk transformer serta Dioksin dan Furan merupakan bahan kimia yang dilepas secara tidak sengaja dari proses pembakaran tidak sempurna. Daftar POPs ini telah bertambah dengan semakin berkembangnya pengetahuan dan penelitian tentang berbagai bahan kimia yang mempunyai sifat dan bahaya yang setara dengan POPs [8].

POPs selain bersifat racun dan persisten juga bersifat lipofilik dan hidrofobik [9]. Sifat lipofilik membuat POPs mudah terakumulasi dalam jaringan lemak dan akan terjadi biomagnifikasi melalui rantai makanan [10]–[12]. Sifat tersebut menambah bahaya POPs terhadap makhluk hidup termasuk manusia

karena POPs menyebabkan gangguan syaraf, imunitas maupun reproduksi. POPs yang terlepas ke lingkungan dapat berpindah jauh dari lokasi sumber pencemar melalui air dalam siklus hidrologi maupun melalui udara atau angin [13], [14]. Sifat persisten dan bioakumulasi POPs akan menyebabkan terjadinya akumulasi POPs di manusia melalui rantai makanan [14]. Peningkatan level POPs juga akan membahayakan bagi satwa liar, manusia atau mamalia lainnya [15], [16]. Beberapa POPs telah diidentifikasi menyebabkan gangguan pada hormon endokrin [3].

Indonesia telah ikut meratifikasi Konvensi Stockholm dan telah disahkan dengan UU no 9 tahun 2009 tentang Konvensi Stockholm. Dalam perjanjian tersebut para negara peserta mempunyai kewajiban untuk melakukan tindakan pengurangan atau penghentian dari produksi dan penggunaan secara sengaja maupun tidak sengaja dan tindakan mengurangi atau menghentikan pelepasan dari timbunan bahan kimia dan limbah. Untuk mendukung pelaksanaan Konvensi Stockholm, masing-masing negara peserta telah menyusun *National Implementation Plan* atau NIP dalam pengelolaan POPs. Salah satu evaluasi keberhasilan dari Konvensi Stockholm dapat diidentifikasi melalui informasi keberadaan POPs di lingkungan.

Sungai Ciliwung merupakan salah satu sungai prioritas nasional yang mengalir dari wilayah Bogor sampai ke Teluk Jakarta melewati Provinsi Jawa Barat dan DKI Jakarta [17]. Pemanfaatan Sungai Ciliwung untuk pemenuhan aktifitas manusia dan kebutuhan makhluk hidup lainnya mendorong perlunya identifikasi keberadaan residu bahan berbahaya POPs di DAS Ciliwung. Hal ini juga dikaitkan dengan sifat POPs yang lipofilik dan bioakumulatif sehingga keberadaan POPs dengan konsentrasi rendah akan berpotensi bahaya pada makhluk hidup melalui proses

biomagnifikasi konsentrasi pada rantai makanan[18]. Manusia sebagai puncak tertinggi dalam piramida makanan akan berpeluang sebagai akumulator terbesar. Tujuan studi ini adalah untuk mengetahui potensi pencemaran beberapa senyawa POPs di DAS Ciliwung.

## II. METODOLOGI

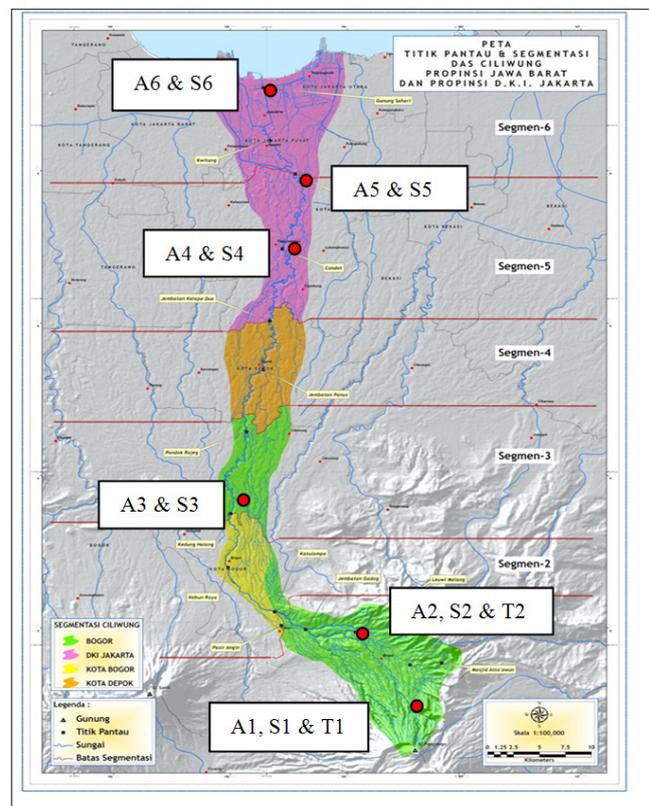
### A. Lokasi Sampling

Pengambilan sampel air sungai, sedimen, dan tanah dilakukan di DAS Ciliwung yang berada di wilayah Bogor dan Jakarta. Pengambilan sampel dilakukan di enam lokasi (Gambar 1). Sampel air Sungai Ciliwung diambil di 5 lokasi, sampel sedimen sungai diambil di 6 lokasi dan sampel tanah pertanian diambil di dua lokasi, yaitu pada lokasi pertama (lokasi 1) dilakukan pengambilan sampel tanah di dua titik sampling. Pengambilan sampel air dan sedimen sungai dilakukan secara *grab*

sedangkan sampel tanah secara komposit. Sampling dilakukan pada bulan Agustus 2018. Metode sampling mengacu pada SNI 8520:2018 dan EPA SOP #2016.

### 2. Analisis Sampel

Analisis sampel dilakukan di laboratorium lingkungan P3KLL dengan target senyawa OCs yang sebagian besar merupakan senyawa POPs dan turunannya. Senyawa yang dianalisis meliputi kelompok hexachlorocyclohexanes /HCHs ( $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH atau lindan,  $\delta$ -HCH), kelompok DDTs (pp-DDT, op-DDT, pp-DDD, op-DDD, opDDE, pp-DDE), hexachlorobenzene (HCB), aldrin, dieldrin, endrin, endrin aldehyde, endrin keton, endosulfan I, endosulfan II, endosulfan sulfat, mirex, cis-chlordane, trans-chlordane, heptachlor, heptachlor epoxide, dan metoksiklor. Analisis untuk POPs atau OCs di tanah dan sedimen mengacu pada metode SNI 06.6991.1-2004 dan SNI 06.6992.1-



Gambar 1. Peta Lokasi Sampling (sumber peta : Profil Ciliwung KLH).

**Tabel 1. Lokasi dan Jenis Sampel.**

Lokasi Sampling DAS Ciliwung	Koordinat	Kode dan Jenis Sampel						Keterangan
		Air		Sedimen		Tanah		
Sungai Cisampai, Ds Tugu, Puncak Kabupaten Bogor	E : 106°58' 16.79" S : 06° 42'47.34"	A1	v	S1	v	T1.1	v	Kebun sayur labu dan kacang panjang
						T1.2	v	
S. Ciliwung Jemb Leuwimalang. Cisarua-Kab Bogor	S : 06° 39'15.09" T : 106° 54'35.47"	A2	v	S2	v	T2	v	Kebun singkong
S. Ciliwung Kedung Halang. Kab Bogor	S : 06° 33'3.63" T : 106° 48'14.68"	A3	-	S3	v	-	-	-
Sungai Condet, Anak Sungai Ciliwung di Condet Jakarta	S : 06° 15'48.09" T : 106° 51'52.75"	A4	v	S4	v	-	-	-
Sungai Ciliwung di pintu air Manggarai , Jakarta	S : 06° 12'27.73" T : 106° 50'57.93"	A5	v	S5	v	-	-	-
Sungai Ciliwung di Gunung Sahari, Jakarta	S : 06° 8'1.70" T : 106° 49'53.01"	A6	v	S6	v	-	-	-

Ket : v = dilakukan pengambilan sampel

- = tidak dilakukan pengambilan sampel

2004 sedangkan untuk air mengacu pada metode SNI 06.6990.1-2004. Sebagai kontrol mutu menggunakan standar isotop p,p-DDE 13C12. Analisis menggunakan GCMS yang dilengkapi dengan kolom kapiler DB-5MS dengan panjang 30 m x 0.25mm id x 0.25  $\mu\text{m}$  thickness.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

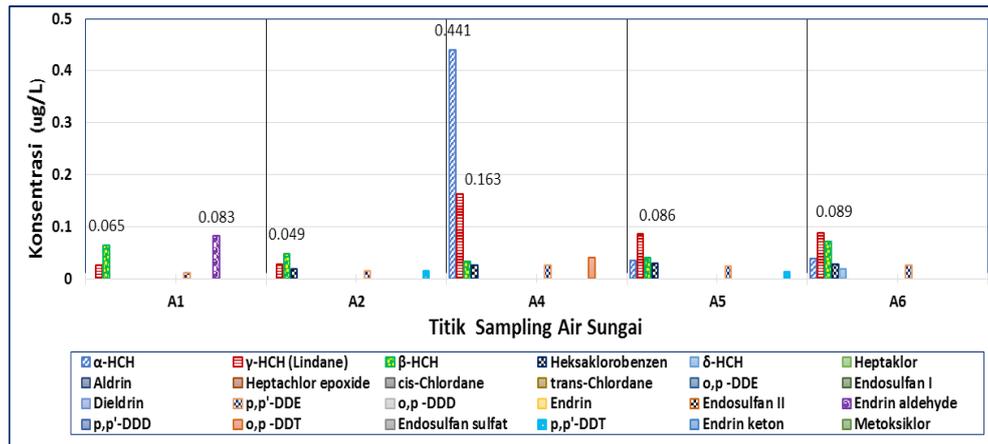
Pemantauan senyawa POPs di DAS Ciliwung telah memberikan indikasi adanya pencemaran POPs dan juga senyawa OCs yang tidak masuk dalam kelompok POPs di lokasi tersebut. Residu beberapa POPs dan OCs terdeteksi di air sungai, sedimen sungai maupun tanah di sekitar DAS Ciliwung. Residu POPs yang terdeteksi di air sungai DAS Ciliwung dapat dilihat di Gambar 2.

Secara umum, senyawa POPs dan turunannya yang dipantau di air Sungai Ciliwung hanya terdeteksi dari kelompok HCHs, dan kelompok DDTs serta senyawa HCB. Hal ini sejalan dengan hasil pemantauan di India yang menyatakan bahwa kelompok DDTs dan HCHs merupakan POPs yang

umum terpantau di air permukaan [10]. Keberadaan POPs di air sungai sangat dipengaruhi oleh aktivitas di sekitar, variasi ruang dan waktu serta karakteristik sungai.

Kelompok HCHs terdiri dari  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH dan  $\delta$ -HCH. Air sungai di DAS Ciliwung terdeteksi  $\alpha$ -HCH pada kisaran <0.011-0.441 ug/L,  $\gamma$ -HCH pada kisaran 0.026-0.163 ug/L,  $\beta$ -HCH pada kisaran 0.033-0.071 ug/L dan  $\delta$ -HCH pada kisaran <0.012-0.018 ug/L.  $\delta$ -HCH merupakan OCs yang tidak termasuk dalam kelompok POPs. Lindan atau  $\gamma$ -HCH yang terdeteksi di DAS Ciliwung mempunyai konsentrasi lebih rendah dibandingkan dengan Kriteria Mutu Air (KMA) Kelas I dalam Lampiran Peraturan Pemerintah no 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air sebesar 56 ug/L. Sedangkan untuk  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH dan  $\delta$ -HCH di air sungai belum diatur dalam PP 82/2001 tersebut.

Sumber input HCH dapat diidentifikasi melalui rasio  $\alpha$ -HCH /  $\gamma$ -HCH [19]. Rasio  $\alpha$ -HCH /  $\gamma$ -HCH pada nilai 3-7 menunjukkan



Gambar 2. Cemarannya POPs dan OCs di DAS Ciliwung

sumber HCH teknis yang merupakan campuran empat isomer  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  dan  $\delta$ -HCH, sedangkan nilai rasio 0 atau mendekati 1 menunjukkan penggunaan baru dari  $\gamma$ -HCH atau lindane [16] [19][20]. Jika HCH teknis masuk ke lingkungan,  $\gamma$ -HCH dimungkinkan berubah menjadi  $\alpha$ -HCH. Apabila dalam suatu periode tidak ada aplikasi HCH teknis, maka rasio  $\alpha$ -HCH/ $\gamma$ -HCH lebih besar dari 7, dan jika ada input baru  $\gamma$ -HCH maka rasio akan dibawah 3 [20]. Rasio  $\alpha$ -HCH /  $\gamma$ -HCH di air Sungai Ciliwung berada pada kisaran nilai 0.4-2.7 atau dibawah nilai 3 yang menyatakan indikasi bahwa sumber HCH di air sungai berasal dari penggunaan baru dari  $\gamma$ -HCH. Di India, sumber HCH selain dari penggunaan baru  $\gamma$ -HCH juga berasal dari HCH teknis, hal tersebut ditunjukkan dengan hasil rasio  $\alpha$ -HCH/ $\gamma$ -HCH yang diperoleh berada pada kisaran nilai 0.58-3.61 [16].

Kelompok DDTs yang terdiri dari senyawa induk DDT dan turunannya (pp-DDT, op-DDT, op-DDE, pp-DDE, op-DDD dan pp-DDD) ditemukan pada kisaran nilai <0.012–0.026 ug/L. Senyawa induk pp-DDT ditemukan di dua titik A2 dan A5 dengan konsentrasi secara berurutan 0.014 ug/L dan 0.013 ug/L sedangkan turunnya pp-DDE ditemukan di semua titik pantau dengan konsentrasi 0.011-0.026 ug/L. Hasil tersebut serupa dengan yang ditemukan

di air sungai di Jakarta dengan kisaran <0.01-0.035 ug/L [21], demikian juga dengan yang terdeteksi di China. Secara keseluruhan, DDTs di beberapa air sungai di China yaitu pada Sungai *Yangtze*, *Yellow* dan *Pearl* ditemukan pada kisaran nilai nd - 0.02 ug/L [19]. Keberadaan total DDT di Sungai Ciliwung ( $\sum$ DDTs = 0.17 ng/mL) terdeteksi lebih rendah dibandingkan dengan keberadaan total HCHs ( $\sum$ HCHs = 1.18 ng/mL).

Senyawa HCB ditemukan pada empat lokasi dengan konsentrasi 0.019–0.029 ng/mL. Pada titik A1 yang merupakan hulu Sungai Ciliwung, HCB tidak ditemukan atau dibawah limit deteksi <0.016 ng/mL. Pada umumnya HCB banyak digunakan untuk pestisida pemberantas jamur dan juga sebagai produk sampingan untuk manufaktur industri tertentu dan juga sebagai *impurity* dalam beberapa formulasi pestisida [13].

Air sungai di lokasi titik A4 terpapar residu POPs yang paling tinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya. Titik A4 merupakan hilir anak Sungai Ciliwung yang di wilayah Condet Jakarta dengan kondisi bantaran sungai yang dipenuhi oleh perumahan penduduk sehingga sungai menerima beban pencemaran yang tinggi dari limbah hasil aktifitas penduduk di sekitarnya. Senyawa op-DDT juga hanya ditemukan di titik pantau A4 dengan nilai 0.041 ng/mL.

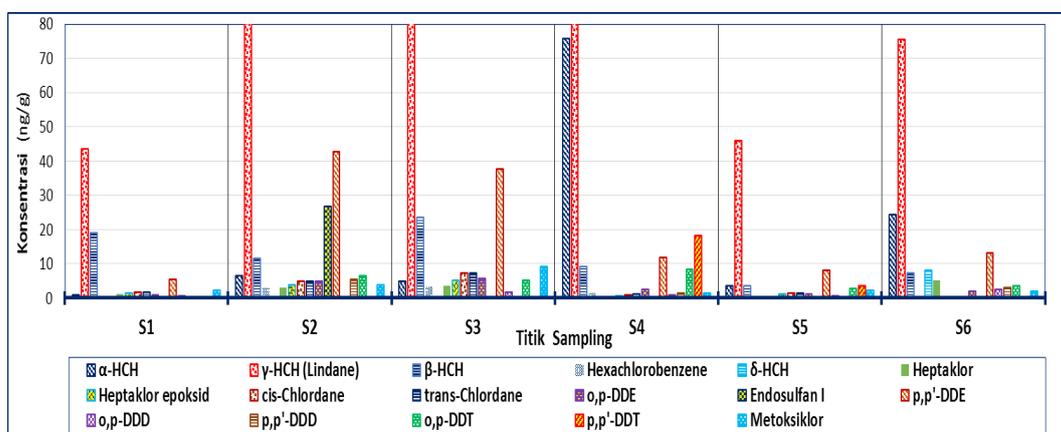
Keberadaan beberapa senyawa POPs di air sungai dengan konsentrasi yang rendah sudah mengindikasikan adanya pencemaran POPs yang dapat membahayakan biota yang ada, mengingat sifat POPs yang hidrofobik dan lipofilik. Sifat hidrofobik dan lipofilik akan mendorong POPs lebih cenderung menempel pada partikel dan terakumulasi dalam lemak [22]. Selain itu air sungai juga merupakan salah satu jalur penting paparan POPs ke manusia, baik sebagai sumber baku air minum atau melalui proses rantai makanan[10].

Hasil pemantauan POPs di sedimen membuktikan bahwa residu POPs terdeteksi dengan jenis yang lebih banyak dan konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan di air sungai (Gambar 3). Hal ini dimungkinkan karena POPs bersifat hidrofobik dan mempunyai afinitas yang kuat terhadap partikulat yang berada di kolom air, sehingga senyawa tersebut akan mudah terdeposisi dan berada di sedimen untuk jangka waktu yang lama[16].

Kelompok HCHs terdeteksi di semua titik pantau dengan konsentrasi 0.80 ng/g – 200 ng/g kecuali untuk  $\delta$ -HCH hanya terdeteksi di satu titik pantau S6 yang merupakan hilir sungai Ciliwung di daerah Mangga Dua dengan konsentrasi 8.17 ng/g. Dalam kelompok HCHs,  $\gamma$ -HCH

dominan terdeteksi di sedimen sungai dengan konsentrasi tertinggi di semua titik pantau dengan kisaran nilai 43.4–200 ng/g.  $\alpha$ -HCH terdeteksi pada kisaran 0.80-75.8 ng/g,  $\beta$ -HCH pada kisaran 3.57-23.63 ng/g. Keberadaan HCHs yang dilaporkan pada sedimen sungai di Mesir terdeteksi pada nilai 21.23 ng/g untuk residu  $\alpha$ -HCH di sedimen El Bagoria Canal,  $\beta$ -HCH sebesar 7.82 ng/g di sedimen di El Embaby Drain,  $\gamma$ -HCH sebesar 57.47 ng/g di sedimen El Menofi Drai, dan  $\delta$ -HCH sebesar 27.08 ng/g di sedimen Miet Rabiha Drain [23]. Di India nilai maksimum  $\Sigma$ HCHs berada pada nilai 731.8 ng/g [16]. Kondisi tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan hasil nilai maksimum  $\Sigma$ HCHs yang diperoleh di Sungai Ciliwung sebesar 228.5 ng/g. Seperti di air sungai, sumber input HCHs di sedimen sungai juga berasal dari  $\gamma$ -HCH, hal ini diidentifikasi dari rasio  $\alpha$ -HCH/ $\gamma$ -HCH di sedimen yang mempunyai nilai mendekati 1 yaitu pada kisaran rasio 0.02 -0.71.

Kelompok DDTs terdeteksi dengan kisaran konsentrasi 7.16- 59.78 ng/g. Untuk residu senyawa induk pp'-DDT terdeteksi pada kisaran nilai <0.64–18.35 ng/g, sedangkan residu metabolit DDT terdeteksi pada kisaran nilai <0.42-42.64 ng/g. Sedimen sungai di S4 yang diambil di anak Sungai Ciliwung yang berada di wilayah



Gambar 3. Cemaran POPs dan OCs di Sedimen DAS Ciliwung.

Condet, Jakarta Timur memberikan hasil rasio DDE/DDT yang berbeda dibandingkan dengan sedimen di lokasi lainnya. Rasio DDE/DDT di lokasi S4 menunjukkan nilai  $< 1$ . Hal ini menunjukkan bahwa pp-DDT sebagai senyawa induk masih terdeteksi lebih tinggi dibandingkan dengan turunannya. Rasio DDE/DDT yang rendah tersebut mengindikasikan adanya masukan baru senyawa DDT sedangkan rasio DDE/DDT yang tinggi lebih dari 1 mengindikasikan masukan DDT dimasa lampau[13]. DDT pada kondisi oksidasi akan membentuk pp-DDE sedangkan pada kondisi anaerobik membentuk pp-DD.

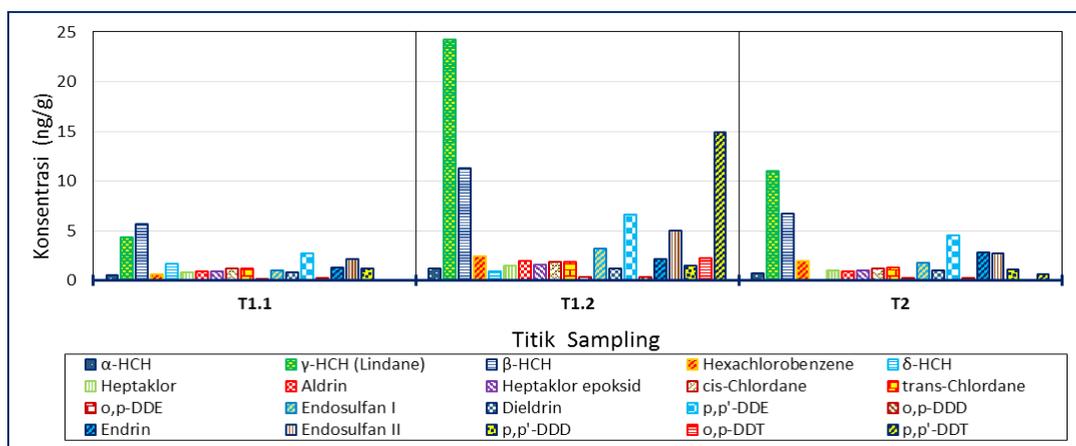
Residu HCB terdeteksi di semua titik pantau dengan kisaran konsentrasi 0.6 - 3.33 ng/g, heptachlor dan heptachlor epoxide terdeteksi di semua titik pantau pada kisaran nilai 0.45 ng/g - 5.25 ng/g. Trans chlordane dan cis chlordane juga terdeteksi di semua titik pantau dengan kisaran konsentrasi 0.41 - 7.24 ng/g. Metoxichlor yang merupakan senyawa organoklorin diluar POPs terdeteksi di semua titik pantau dengan konsentrasi 1.54 - 9.15 ng/g. Keberadaan POPs yang tinggi di sedimen dibandingkan dengan di air menunjukkan kapasitas yang tinggi untuk menyerap dan mengakumulasi pencemar itu.

Identifikasi cemaran POPs di tanah dilakukan di tiga lokasi di sekitar Sungai

Ciliwung dengan peruntukan tanah T1.1 merupakan tanah dibagian hulu yang ditanami secara campuran oleh penduduk dengan tanaman kacang panjang dan labu. Tanah T1.2 merupakan tanah perkebunan teh dan titik T2 merupakan tanah yang ditanami singkong atau padi secara bergantian.

Seperti halnya di sedimen sungai, keberadaan POPs yang dipantau di tanah yang diambil dari tiga lokasi tersebut menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi dan jenis yang lebih banyak dibandingkan dengan di air sungai. Konsentrasi residu POPs tertinggi ditemukan di lokasi T1.2 yang merupakan tanah perkebunan teh dengan konsentrasi 24.2 ng/g untuk senyawa lindan atau  $\gamma$ -HCH. Konsentrasi tertinggi berikutnya juga terdeteksi di tanah perkebunan teh untuk senyawa pp DDT, kemudian  $\beta$ -HCH dengan konsentrasi secara berurutan 14.9 dan 11.3 ng/g.

Dibandingkan dengan disekitar sungai yang ditanami penduduk, tanah sekitar sungai yang digunakan untuk perkebunan teh cenderung terdeteksi POPs atau OCs dengan konsentrasi lebih tinggi yaitu pada kisaran nilai 0.33–24.2 ng/g sedangkan tanah yang ditanami singkong, POPs dan OCs terdeteksi pada kisaran  $<0.73$ –10.9 ng/g dan pada tanah yang ditanami buah dan sayur terdeteksi pada kisaran  $<0.3$ –5.8 ng/g.



Gambar 4. Cemaran POPs dan OCs di Tanah Sekitar DAS Ciliwung.

Di India DDTs yang terdeteksi dari beberapa periode berada pada kisaran 13 - 270 ng/g dan HCHs 27-162 ng/g [10]. Konsentrasi tersebut masih lebih tinggi dibandingkan hasil di DAS Ciliwung.

Hasil rasio  $\alpha$ -HCH/ $\gamma$ -HCH di tanah yang diambil disekitar Sungai Ciliwung pada titik T1.1, T1.2 dan T2 berada pada kisaran 0.05-0.13, yang memberikan indikasi bahwa sumber pencemar HCH di tanah juga berasal dari  $\gamma$ -HCH. Rasio tersebut sejalan dengan hasil yang diperoleh di air dan sedimen sungai yang menunjukkan nilai rasio yang serupa yaitu mendekati 1. Untuk tanah dengan hasil rasio DDE/DDT <1 hanya ditemukan di titik T1.2 yang digunakan sebagai kebun teh dengan nilai 0.4, sedangkan untuk lokasi T1.1 dan T.2 yang digunakan sebagai kebun sayur dan singkong mempunyai rasio DDE/DDT >1 yang mengindikasikan pencemaran DDT berasal dari sisa penggunaan masa lampau yang masih bertahan di lingkungan.

Pencemaran POPs di tanah tersebut dapat bersumber dari aplikasi langsung dari penggunaan di bidang pertanian atau perkebunan untuk pemberantas hama penyakit, aplikasi dari rumah tangga untuk pemberantas vektor penyakit dan sumber tidak langsung dari kontaminasi udara yang terdeposisi jauh dari lokasi sumber pencemar [10]. Tanah yang tercemar POPs dapat mencemari udara maupun badan air jika ada gangguan pada tanah tersebut.

Secara umum diketahui bahwa POPs sudah dilarang penggunaannya namun masih terdeteksi di air sungai dengan konsentrasi jauh lebih kecil dan jenis lebih sedikit dibandingkan di sedimen sungai dan di tanah. Keberadaan POPs yang rendah di air sungai atau tidak terdeteksinya senyawa POPs di air sungai tidak menjamin bahwa tidak terjadi pencemaran POPs di lingkungan perairan tersebut, mengingat sifat hidrofobik dan lipofilik POPs. Hal ini dibuktikan dengan terdeteksinya jenis POPs dengan jenis yang lebih banyak dan konsentrasi yang lebih tinggi di sedimen sungai.

#### IV. SIMPULAN

POPs di air sungai terdeteksi dengan konsentrasi jauh lebih rendah dan jenis lebih sedikit dibandingkan dengan di sedimen sungai dan tanah. Keberadaan POPs di air, sedimen, dan tanah menunjukkan bahwa beberapa residu POPs yang sudah dilarang penggunaannya masih bisa ditemukan di lingkungan. Sumber pencemar HCHs di DAS Ciliwung umumnya berasal dari penggunaan penggunaan baru  $\gamma$ -HCH. Residu DDT yang ditemukan di lingkungan memberikan indikasi adanya lepasan DDT atau bukti sifat persistensi DDT yang masih bertahan lama di lingkungan. Pemantauan POPs secara nasional perlu dilakukan dengan cakupan yang lebih luas dan parameter POPs yang lebih lengkap agar dapat mendukung Konvensi Stockhom melalui pelaksanaan NIP di Indonesia.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. K. Pozo et al., "Atmospheric Pollution Research Survey of persistent organic pollutants ( POPs ) and polycyclic aromatic hydrocarbons ( PAHs ) in the atmosphere of rural , urban and industrial areas of Concepci j n , Chile , using passive air samplers," *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 3, no. 4, pp. 426–434, 2012, doi: 10.5094/APR.2012.049.
2. A. Schecter et al., "Perfluorinated compounds, polychlorinated biphenyls, and organochlorine pesticide contamination in composite food samples from Dallas, Texas, USA," *Environ. Health Perspect.*, vol. 118, no. 6, pp. 796–802, 2010, doi: 10.1289/ehp.0901347.
3. W. Tsai, "Current Status and Regulatory Aspects of Pesticides Considered to be Persistent Organic Pollutants (POPs) in Taiwan," pp. 3615–3627, 2010, doi: 10.3390/ijerph7103615.
4. T. Teran, L. Lamon, and A. Marcomini, "Climate change effects on POPs ' environmental behaviour : a scientific perspective for future regulatory actions,"

- Atmos. Pollut. Res., vol. 3, no. 4, pp. 466–476, 2012, doi: 10.5094/APR.2012.054.
5. L. Nizzetto et al., “Past, Present, and Future Controls on Levels of Persistent Organic Pollutants in the Global Environment,” vol. 44, no. 17, pp. 6526–6531, 2010.
  6. S. M. B. Nash, “Persistent organic pollutants in Antarctica: current and future research priorities,” no. June, 2014, doi: 10.1039/c0em00230e.
  7. E. Science, M. Matthies, and F. Wania, “Assessing Long-Range Transport Potential of Persistent Organic Pollutants Assessing Long-Range Transport Potential of Persistent Organic Pollutants,” no. January, 2000, doi: 10.1021/es990207w.
  8. R. Weber, G. Aliyeva, and J. Vijgen, “The need for an integrated approach to the global challenge of POPs management,” pp. 1901–1906, 2013, doi: 10.1007/s11356-012-1247-8.
  9. D. Haffner and A. Schechter, “Persistent Organic Pollutants (POPs): A Primer for Practicing Clinicians,” *Curr. Environ. Heal. Reports*, vol. 1, no. 2, pp. 123–131, 2014, doi: 10.1007/s40572-014-0009-9.
  10. B. Mohan, G. K. Bharat, S. Tayal, L. Nizzetto, Č. Pavel, and T. Larssen, “Environment and human exposure to persistent organic pollutants ( POPs ) in India : A systematic review of recent and historical data,” vol. 66, pp. 48–64, 2014, doi: 10.1016/j.envint.2014.01.022.
  11. E. Deribe et al., “Science of the Total Environment Bioaccumulation of persistent organic pollutants ( POPs ) in fish species from Lake Koka, Ethiopia : The influence of lipid content and trophic position,” vol. 411, pp. 136–145, 2011, doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.09.008.
  12. K. Jagiello, A. Sosnowska, S. Walker, and M. Haranczyk, “Direct QSPR : the most efficient way of predicting organic carbon / water partition coefficient (log K<sub>OC</sub>) for polyhalogenated POPs,” pp. 997–1004, 2014, doi: 10.1007/s11224-014-0419-1.
  13. C. Turgut, L. Atatanir, and B. Mazmanci, “( POPs ) in Taurus Mountains soils The occurrence and environmental effect of persistent organic pollutants (POPs) in Taurus Mountains soils,” no. July, 2011, doi: 10.1007/s11356-011-0561-x.
  14. F. Rigét, A. Bignert, B. Braune, J. Stow, and S. Wilson, “Science of the Total Environment Temporal trends of legacy POPs in Arctic biota, an update,” vol. 408, pp. 2874–2884, 2010, doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.07.036.
  15. B. C. Balmer et al., “Relationship between persistent organic pollutants ( POPs ) and ranging patterns in common bottlenose dolphins ( *Tursiops truncatus* ) from coastal,” no. November, 2017, doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.01.052.
  - 16] K. Bhupander, M. Meenu, G. Gargi, G. Richa, S. S. Kumar, and P. Dev, “Distribution and Ecotoxicological Risk Assessment of Persistent Organic Pollutants ( POPs ) In River Sediments from,” vol. 2, no. 1, pp. 38–49, 2012.
  17. D. Ratnaningsih, E. L. Nasution, N. T. Wardhani, O. D. Pitalokasari, and R. Fauzi, “Water pollution trends in Ciliwung River based on water quality parameters,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 407, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/407/1/012006.
  18. A. Sudaryanto, T. Isobe, and S. Tanabe, “Trophodynamic Accumulation of Brominated Flame Retardants in Biota of Jakarta Bay,” pp. 313–322.
  19. L. Bao, K. A. Maruya, S. A. Snyder, and E. Y. Zeng, “Author ’ s personal copy China ’ s water pollution by persistent organic pollutants,” doi: 10.1016/j.envpol.2011.12.022.
  20. W. Chen et al., “Organochlorine pesticides in the surface water and sediments from the Peacock River Drainage Basin in Xinjiang, China: A study of an arid zone in Central Asia,” *Environ. Monit. Assess.*, vol. 177, no. 1–4, pp. 1–21, 2011, doi: 10.1007/s10661-010-1613-2.
  21. Y. Syofyan, Y. Andiri, S. E. Kartiningsih, and D. Ratnaningsih, “Measurement of Organochlorines Residue (OCs) in water, sediment and soil from Jakarta and West Java,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 407, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/407/1/012010.

22. M. A. Ashraf, "Persistent organic pollutants ( POPs ): a global issue , a global challenge," pp. 4223–4227, 2017, doi: 10.1007/s11356-015-5225-9.
23. I. Nasr and M. M. H. Arief, "Persistent Organic Pollutants ( POPs ) in Egyptian Aquatic Environment Persistent Organic Pollutants ( POPs ) in Egyptian Aquatic Environment," no. January 2014, 2009.