

5. SIFAT DAN DAMPAK SENYAWA *HEAVY METAL* DAN *ORGANOCHLORINE* PADA KESEHATAN MANUSIA

5.1. *Heavy Metal*

Logam berat merupakan salah satu jenis polutan yang berasal dari limbah industri seperti industri cat, keramik, baterai dan amunisi. Senyawa logam berat yang dihasilkan ini termasuk dalam logam berat yang bersifat bukan *biodegradable* dan *presistance* pada perairan, sehingga dapat terakumulasi pada organisme hidup dan dapat menyebabkan masalah dalam kesehatan manusia (Argun *et al*, 2008). Senyawa logam berat biasanya terakumulasi pada produk pertanian, biota perairan dan mikroorganisme (Argun *et al*, 2008; Axtell *et al*, 2003). Pada umumnya senyawa logam berat akan terakumulasi pada manusia melalui *food chain* yang berawal dari akumulasi logam berat pada tanah dan perairan kemudian akumulasi logam berat pada tanah dan perairan juga akan mengkontaminsi bahan makanan seperti produk pertanian dan biota perairan, dari bahan pangan inilah kemudian senyawa logam berat akan terakumulasi pada tubuh manusia (Khan *et al*, 2007; Muchuweti *et al*, 2006). *Lead (Pb)*, *cadmium (Cd)*, *mercury (Hg)* dan *arsenic (Ar)* merupakan jenis *heavy metal* yang tidak diketahui manfaatnya dalam tubuh dan bersifat toksik. *Lead (Pb)*, *cadmium (Cd)*, *mercury (Hg)* dan *arsenic (Ar)* akan berdampak negatif bagi kesehatan manusia walaupun dalam konsentrasi yang rendah. *Lead (Pb)*, *cadmium (Cd)*, *mercury (Hg)* dan *arsenic (Ar)* bersifat *neurotoxin* dan *carcinogenic* bagi manusia (Jomova & Valko, 2011; Tokar *et al*, 2011; Kim *et al*, 2014; Cho *et al*, 2012).

5.1.1. Merkuri

Merkuri (Hg) merupakan senyawa logam berat yang tersebar di lingkungan, bersifat *non essential*, *presistance* dan beracun jika terakumulasi dalam tubuh manusia. Senyawa ini tergolong dalam senyawa polutan yang berasal dari industri, pertanian dan limbah rumah sakit (Park *et al*, 2012; Bjorkman *et al*, 2007). Pada umumnya senyawa merkuri memiliki karakteristik sebagai cairan yang berwarna putih-perak, tidak berbau, ketika dipanaskan akan berubah menjadi gas yang tidak berwarna dan tidak berbau serta diklasifikasikan menjadi 3 jenis yaitu *elemental mercury*, *inorganic mercury*, dan *organic mercury* (Jaishankar *et al*, 2014;

Ekino *et al*, 2007). Pada umumnya senyawa merkuri yang terakumulasi dalam *food chain* dalam bentuk inorganik merkuri (Kim *et al*, 2012). Paparan senyawa merkuri pada manusia dapat melalui jalur pencernaan, kulit dan saluran pernapasan (Park *et al*, 2012; Kim *et al*, 2006). Berdasarkan peraturan WHO dalam JECFA (2004) *provisional tolerable weekly intake* (PTWI) yang direkomendasikan adalah 1.6 µg/kg berat badan/minggu. Konsumsi senyawa merkuri yang melebihi PTWI dapat menimbulkan masalah pada kesehatan (Zahir *et al*, 2005; Malongi, 2014; Kim *et al*, 2012).

Zhang *et al* (2009) melaporkan bahwa terpapar senyawa merkuri dengan konsentrasi yang melebihi batas dan dalam waktu yang lama dapat mempengaruhi sistem saraf pusat, selain itu senyawa merkuri pada anak-anak dapat menyebabkan kerusakan pada sistem motorik, sistem koordinasi serta gangguan pada psikologi dan bersifat *cardiotoxicity*. Senyawa merkuri yang terpapar pada manusia dapat menyebabkan peningkatan senyawa radikal bebas serta dapat menginaktifkan enzim paraoksinase yang berfungsi untuk memperlambat proses oksidasi LDL (Halbach, 1990). Paparan senyawa merkuri yang berlebihan dapat meningkatkan hipertensi, penurunan imun tubuh, serta berpengaruh pada sistem reproduksi (Zahir *et al*, 2005).

5.1.2. Timbal

Timbal (Pb) merupakan salah satu senyawa logam berat dengan karakteristik memiliki *melting poin* yang rendah, berwarna abu-abu kebiruan dan pada umumnya terdapat secara alami di lingkungan dalam konsentrasi yang sangat rendah (Patil *et al*, 2006; Tiwari *et al*, 2013; Jaishankar *et al*, 2014). Tiwari *et al* (2013) dan Jaishankar *et al* (2014) menyatakan bahwa peningkatan senyawa timbal dapat berasal dari pembakaran fosil dan sampah, pertambangan dan industri dan aktivitas perkotaan seperti debu kendaraan. Berdasarkan peraturan WHO dalam JECFA (2004) *provisional tolerable weekly intake* (PTWI) yang direkomendasikan adalah 0.025 mg/kg berat badan/minggu. Konsumsi senyawa timbal yang melebihi PTWI dapat menimbulkan masalah pada kesehatan (Naria, 2005; Chaudhary *et al*, 2018; Ahmad *et al*, 2015).

Terpapar oleh senyawa timbal dalam konsentrasi yang tinggi dalam waktu hanya satu jam maka senyawa timbal akan terakumulasi pada beberapa organ seperti otot, ginjal dan hati (Maldonado-Vega *et al*, 1996). Akumulasi timbal yang berlebihan dalam tubuh dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis. Keracunan akut ditandai dengan gejala adanya rasa terbakar pada

mulut, adanya rangsangan pada sistem gastrointestinal yang disertai dengan diare. Keracunan kronis ditandai dengan gejala mual, anemia, sakit di sekitar mulut, dan dapat menyebabkan kelumpuhan (Naria, 2005). Akumulasi senyawa timbal dalam tubuh juga dapat menyebabkan dekomposisi pada tulang, gangguan pada sistem motorik, kerusakan ginjal serta gangguan pada sistem reproduksi (Ahmad *et al*, 2015; Chaudhary *et al*, 2018; Kim *et al*, 1993; Maldonado-Vega *et al*, 1996; Bhattacharya *at al*, 2006).

5.1.3. Kadmium

Kadmium (Cd) merupakan salah satu senyawa logam berat yang memiliki berat jenis 8,65 kali lebih besar dari air, bersifat presisten (Terdegradasi hingga 10-30 tahun), memiliki titik leleh yang rendah, berwarna putih perak dan beracun jika terakumulasi dalam tubuh dalam jumlah yang sangat tinggi (Nawrot *et al*, 2010; Sharma *et al*, 2015). Akumulasi senyawa kadmium dalam tubuh pada umumnya berada di hati, ginjal, paru-paru, tulang dan sistem saraf pusat (Gozalez *et al*. 2008; Godt *et al*, 2006). Berdasarkan peraturan WHO dalam JECFA (2004) *provisional tolerable weekly intake* (PTWI) yang direkomendasikan adalah 0.007 mg/kg berat badan/minggu.

Nawrot *et al* (2010) dalam penelitiannya menyatakan bahwa senyawa kadmium bersifat osteotoksik dengan meningkatkan kalsium *axcretion*, menurunkan densitas tulang dan meningkatkan resiko klinis osteoporosis pada laki-laki berusia muda (Honda *et al*, 2003; Alven *et al*, 2000; Wang *et al*, 2003) menyatakan bahwa senyawa kadmium dapat menginduksi kerusakan pada tubular renal sehingga pembentukan vitamin D pada sel tubular renal dan penyerapan kalsium akan berkurang akibatnya pembentukan tulang akan terhambat dan akan mempercepat resorpsi tulang. Keracunan senyawa kadmium akan menimbulkan gejala sakit perut, mual, muntah, kram otot, vertigo, syok, kehilangan kesadaran dan kejang yang biasanya muncul dalam 15 hingga 30 menit (Tchounwou *et al*, 2012).

5.1.4. Arsen

Arsen merupakan senyawa logam yang dapat ditemukan pada lingkungan dalam konsentrasi yang rendah. Arsenik memiliki sifat semi logam yang *presistence* dan dapat mengkontaminasi air, udara tanah dan bahan makanan serta dapat menyebabkan gangguan pada kesehatan (Jack *et al*, 2003; Mandal *et al*, 2003; Morais *et al*. 2014; Jaishankar *et al*. 2014; Tchounwou *et al*, 2012). Senyawa arsenik pada lingkungan dapat ditemukan dalam 2 bentuk yaitu organik dan inorganik. Arsenik inorganik merupakan senyawa arsenik dengan kombinasi dengan senyawa oksigen, sulfur dan klorin, sedangkan arsenik organik merupakan senyawa arsenik dengan kombinasi dengan senyawa hidrogen dan karbon (Jomova *et al*, 2011). Senyawa arsenik inorganik pada umumnya akan lebih beracun dibandingkan senyawa arsenik organik (Shi *et al.*, 2004; Jomova *et al*, 2011). Meningkatnya senyawa arsenik pada lingkungan berasal dari aktivitas pertambangan, pembakaran batu bara dan aktivitas pertanian seperti penggunaan pestisida (Morais *et al*. 2014; Jaishankar *et al*. 2014; Tchounwou *et al*, 2012; Orloff *et al*, 2009). Terpapar oleh senyawa arsenik dalam waktu yang lama dan dalam konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan gangguan pada kesehatan. Berdasarkan peraturan WHO dalam JECFA (2004) *provisional tolerable weekly intake* (PTWI) yang direkomendasikan adalah 0.015 mg/kg berat badan/minggu.

Senyawa arsenik dalam tubuh pada umumnya terakumulasi pada paru-paru, kulit, ginjal dan kandungan kemih (Jack *et al*, 2003). Senyawa arsenik merupakan senyawa logam berat yang bersifat karsinogenik (Chiou *et al*, 2001). Akumulasi senyawa arsenik dalam tubuh dalam konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan kanker pada kulit, paru-paru, hati, kandungan kemih dan kerusakan ginjal (Rossman, 2003; Liu *et al*, 2002), *cardiovaskular effect* (States *et al*, 2009), kerusakan hati (Liu *et al*, 2002; Mazumder *et al*, 2005) dan *neurological disorders* (Calderon *et al*, 2001).

5.2. *Organochlorine*

Organoklorin merupakan senyawa klorin yang banyak digunakan pada pestisida. Senyawa ini bersifat *persistence organic pollutants* (POPs) yang artinya senyawa ini tahan terhadap degradasi biotik dan abiotik karena senyawa ini memiliki sifat kelarutan terhadap air yang rendah (Valera *et al*, 2013) namun mudah larut dalam jaringan lemak sehingga dapat terakumulasi dalam bahan pangan dan jaringan makhluk hidup terutama manusia (Monrith *et al*, 2007; Rajendran *et al*,

2005). *Dichlorodiphenyltrichloroethane* (DDT), *hexachlorobenzene* (HCB), *lindane*, *Endosulfan*, *dieldrin*, *aldrin* dan *heptachlore* merupakan jenis senyawa organoklorin yang sangat beracun jika terpapar pada manusia walaupun dalam konsentrasi yang rendah namun dalam waktu yang lama (Akan *et al*, 2014; Bradman *et al*, 2007). Akumulasi senyawa *organoclorine* dalam tubuh dapat menyebabkan kanker, *neurotoxin*, penurunan imun dalam tubuh, gangguan sistem reproduksi, gangguan tiroid dan masih banyak lagi (Jayaraj *et al*. 2016). Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa sebenarnya penggunaan senyawa seperti DDT, HBC, lindane, Endosulfan, dieldrin, aldrin dan *heptachlore* pada pestisida sudah dilarang oleh pemerintah Indonesia dengan di keluarkannya Peraturan Menteri Pertanian Noor: 01/Permentan/OT. 140/1/2007 tentang bahan aktif pestisida yang dilarang dan pestisida terbatas. Namun mengingat bahwa senyawa organoklorin memiliki sifat *presistance*, maka beberapa cemaran senyawa organoklorin di lingkungan masih banyak ditemukan hingga saat ini. Sifat-sifat beberapa senyawa organoklorin serta dampaknya bagi kesehatan manusia dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Table 6. Sifat, Kegunaan dan Dampak Beberapa Senyawa Organoklorin pada Manusia

Senyawa	Kegunaan	Sifat	ADI	Dampak	Referensi
<i>Dichlorodiphenyl trichloroethane</i> (DDT)	Insektisida	Sangat Presisten, waktu degradasi 2-15 tahun, termasuk hazard sedang	1,0 µg/kg berat badan/hari	Anoreksia, anemia, kanker hati, kelemahan pada otot dan ketegangan pada otot-otot safat.	EFSA 2013 dalam Miclean <i>et al</i> , 2018; Klaassen <i>et al</i> , 1996 dalam Jayaraj <i>et al</i> , 2016; Agarwal <i>et al</i> , 1976; William <i>et al</i> , 1977.

Aldrin	Insektisida	Waktu degradasi 4-7 tahun, termasuk hazard yang sangat berbahaya	0.1 µg/kg berat badan/hari	Kerusakan pada saraf pusat, penurunan imun, anemia, tumor dan kejang pada otot.	EFSA 2013 dalam Miclean <i>et al</i> , 2018; USEPA, 2003 dalam Jayaraj <i>et al</i> , 2016
Endrin	Insektisida	Waktu degradasi 12 tahun, termasuk dalam hazard yang sangat berbahaya	0.1 µg/kg berat badan/hari	Kardiovaskular, gangguan pernafasan dan kematian	EFSA 2013 dalam Miclean <i>et al</i> , 2018
Heptachlore	Insektisida	Sangat presisten, waktu degradasi 2 tahun, termasuk hazard yang sangat berbahaya	0.1 µg/kg berat badan/hari	Kanker payudara, gangguan pada reproduksi, neurological effect	EFSA 2013 dalam Miclean <i>et al</i> , 2018; WHO, 2006.
<i>Benzene hexachloride (BHC)</i>	Insektisida, rodentisida	Sangat presisten, waktu degradasi 3-6 tahun	-	Kista pada tangan, <i>psoriasis</i> , <i>leucoderma</i> dan ruam pada kulit	EFSA 2013 dalam Miclean <i>et al</i> , 2018; Subramaniam <i>et al</i> , 2006.