



Pengaruh Kompleks *Linier Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) dan Kadmium (Cd) terhadap Peningkatan Akumulasi, Absorpsi, dan Toksisitas Kadmium (Cd) pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L).

Moch. Irfan Hadi¹, Eva Agustina², Funsu Andiarna³, Nadlir⁴, Misbakhul Munir⁵

^{1,2,3,4,5} Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia

¹m_i_h@uinsby.ac.id

Abstract

Detergent is one of the products of technology using Alkylbenzene Sulfonate (ABS) as a foam producer. ABS has a destructive (bad) effect on the environment which is difficult to decipher by microorganisms, so it is replaced with an active ingredient that has a more environmentally friendly nature, namely Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS). The aim of the study was to analyze the effect of the Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) and metal cadmium (Cd) complexes with various concentrations on the absorption, accumulation and toxicity of metal cadmium (Cd) in carp (*Cyprinus carpio* L). The sample used was fish *Cyprinus carpio* L. with an age of approximately 3 months assuming that the fish had developed sexually (mature). *Cyprinus carpio* L which is used male sex with ± 15 cm long and ± 100 gram weight. This study uses 6 variations of treatment groups and 1 control group, then with the above formula obtained r (replication) of at least 4 times, then with the number of groups of 7 found a sample size of 28 tails. The results of this study are that more accumulation was found in the Cd and LAS treatment groups. The conclusion from the results of this study is to obtain differences in the accumulation of treatment variations between the control group, Cd and the combination of LAS-Cd. The occurrence of accumulation of heavy metals in various organisms can cause damage to the environment and health in humans.

Keywords: Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS), Cadmium (Cd), *Cyprinus carpio* L.

Abstrak

Deterjen merupakan salah satu hasil produk teknologi dengan menggunakan bahan kimia pengaktif permukaan (surfaktan) *Alkyl Benzene Sulfonat* (ABS) sebagai penghasil busa. ABS memiliki efek destruktif (buruk) terhadap lingkungan yakni sulit diuraikan oleh mikroorganisme, sehingga diganti dengan bahan aktif yang memiliki sifat lebih ramah lingkungan yaitu *Linier Alkylbenzene Sulfonate* (LAS). Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh kompleks *Linier Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) dan logam kadmium (Cd) dengan berbagai variasi konsentrasi terhadap absorpsi, akumulasi dan toksisitas logam kadmium (Cd) pada ikan mas (*Cyprinus Carpio* L). Sampel yang digunakan adalah ikan *Cyprinus carpio* L. dengan usia kurang lebih 3 bulan dengan asumsi bahwa ikan sudah berkembang secara seksual (mature). *Cyprinus carpio* L yang digunakan berkelamin jantan dengan panjang ± 15 cm dan berat badan ± 100 gram. Penelitian ini menggunakan 6 variasi kelompok perlakuan dan 1 kelompok kontrol, maka dengan rumus diatas didapatkan r (ulangan) minimal 4 kali, maka dengan jumlah kelompokan 7 didapatkan besar sampel 28 ekor. Hasil penelitian ini adalah akumulasi lebih banyak ditemukan pada kelompok perlakuan Cd dan LAS. Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah didapatkan perbedaan akumulasi variasi perlakuan antara kelompok kontrol, Cd dan kombinasi LAS-Cd (BCF 0.0005 ± 0.0035 ; 0.025 ± 0.0050 ; 0.15 ± 0.0070 ; *Liver Somatic Index* (LSI): 0.05 ± 0.0040 ; 0.020 ± 0.050 ; 0.15 ± 0.075 ; *Gonade Somatic Index* (GSI) : 0.03 ± 0.0020 ; 0.020 ± 0.0070 ; 0.25 ± 0.0085). Terjadinya akumulasi logam berat pada berbagai organisme dapat menimbulkan kerusakan pada lingkungan dan kesehatan pada manusia.

Kata kunci: Linier Alkyl Benzene Sulfonate (LAS), Kadmium (Cd), *Cyprinus Carpio* L.

1. PENDAHULUAN

Pertambahan dan peningkatan jumlah penduduk di Indonesia beberapa tahun belakangan ini semakin pesat, jika tingkat

pertumbuhan penduduk tidak dapat dikontrol maka diprediksi jumlah penduduk pada tahun 2025 mencapai 284 juta jiwa dan pada tahun 2035 diprediksi mencapai 305 juta jiwa

(Kementerian PPN/BAPPENAS, Badan Pusat Statistik, & United Nations Population Fund, 2013). Efek samping dari pertumbuhan penduduk yang semakin pesat adalah adanya penggunaan barang dan jasa yang kualitas maupun kuantitasnya juga ikut meningkat. Pemakaian produk barang dan jasa yang semakin meningkat akan meningkatkan pula sisa atau residu dari barang dan jasa yang digunakan. Bahan sisa atau residu yang diakibatkan oleh adanya aktivitas dan konsumsi oleh masyarakat yang disebut sebagai limbah domestik dan menjadi masalah lingkungan yang perlu ditangani oleh pemerintah bersama masyarakat (Mitchell & Ambrose, 2007).

Deterjen merupakan salah satu hasil produk teknologi yang strategis yang sudah menjadi bagian dalam kehidupan sehari-hari pada masyarakat modern mulai rumah tangga sampai industri. Deterjen pertama kali muncul dan mulai diperkenalkan ke masyarakat sekitar tahun 1960-an dengan menggunakan bahan kimia pengaktif permukaan (surfaktan) Alkyl Benzene Sulfonat (ABS) sebagai penghasil busa (Morrow & Piwoni, 1993). Setelah dilakukan penelitian lebih lanjut diketahui bahwa ABS memiliki efek destruktif (buruk) terhadap lingkungan yakni sulit diuraikan oleh mikroorganisme. Oleh karena itu, bahan aktif pada deterjen diganti dengan bahan aktif yang memiliki sifat lebih ramah lingkungan yaitu *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS). Asosiasi Pengusaha Deterjen Indonesia (APEDI, 2006) menyebutkan bahwa bahan aktif/surfaktan anionik yang banyak dipakai di Indonesia yaitu ABS sebesar 40% dan LAS sebesar 60%.

LAS memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan surfaktan jenis lain, meskipun belum bisa dikatakan 100% ramah lingkungan. Proses degradasi LAS dapat dilakukan dengan cara pemecahan ikatan omega yang berada di bagian ujung rantai. Berdasarkan penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa alam membutuhkan waktu selama sembilan hari dalam mengurai LAS hanya sampai 50%. Fakta yang ada pada saat ini dapat dilihat dengan ditemukannya banyak rumah tangga yang membuang sisa sabun cucian begitu saja/sembarangan dan tanpa melakukan pengolahan limbah sebelumnya, sehingga dikhawatirkan kemampuan alam untuk mendegradasi LAS akan terjadi penurunan, mengingat dari sisi kuantitas penggunaan

bahan yang juga cukup besar (Sherman & Sherman, 1989).

Limbah cucian yang mengandung LAS membutuhkan proses penguraian yang rumit sebelum dibuang dan bercampur dengan bahan baku air bersih. Senyawa yang terkandung dalam deterjen yang mengandung sisa LAS dapat terurai dengan sempurna perlu pengolahan limbah dengan mendapat sinar ultraviolet yang cukup dan dilakukan proses pengendapan selama tiga pekan. Oleh sebab itu, negara yang memberikan izin dalam pemakaian LAS yang rata-rata sudah mempunyai sistem pengolahan air limbah yang memadai (HERA, 2005). Pada proses penguraian deterjen akan menghasilkan sisa benzena yang jika bereaksi dengan klor akan membentuk senyawa klorobenzena yang sangat berbahaya. Dalam proses pengolahan air minum yang saat ini masih menggunakan kaporit, sudah tentu di dalam kaporit tersebut mengandung klor, sehingga terjadinya kontak antara benzena dan klor akan sangat terjadi. Kaporit digunakan dalam proses klorinasi instalasi pengolahan air minum di Indonesia karena sebagai pembunuh kuman kemudian air minum layak untuk dikonsumsi.

LAS lebih berbahaya pada stadium awal dari pada stadium lainnya pada ikan rainbow trout. Telur maupun larva ikan yang dapat menghasilkan minyak seperti ikan cod akan lebih sensitive terhadap deterjen daripada stadium dewasa (Abel, 1974). LAS berpotensi bahaya dan berpengaruh terhadap daya tetas, mortalitas dan abnormalitas pada larva ikan patin (Supriyono, Lisnawati, & Djokosetiyanto, 2007). Hasil dari penelitiannya menyebutkan bahwa pada kadar LAS 18 mg/l didapatkan mortalitas pada telur dan abnormalitas pada larva ikan patin secara total. Konsentrasi LAS sebesar 9 mg/l mengakibatkan matinya telur hingga 98% dan hanya menghasilkan daya tetas sebanyak 2% saja. Selain itu abnormalitas yang terjadi pada larva ikan patin yang terpapar LAS menunjukkan adanya pembengkokan pada tubuh dan ekor.

Disamping bahan organik seperti LAS berpotensi mencemari lingkungan perairan, bahan anorganik yang tidak kalah berbahaya apabila masuk ke badan perairan adalah komponen logam berat. Komponen logam berat seperti cadmium (Cd), timbal (Pb), merkuri (Hg), arsen (As), nikel (Ni) dan kromium (Cr). Logam berat ini sangat berbahaya apabila masuk dan mencemari

perairan karena bersifat toksik, bioakumulatif, biomagnifikasi dan karsinogenik (Palar, 2008). Diantara berbagai logam yaitu merkuri (Hg), cadmium (Cd) dan timbal (Pb) merupakan logam berat yang paling berbahaya di lingkungan.

Salah satu logam berat berbahaya yang berpotensi mencemari lingkungan perairan adalah logam berat Kadmium (Cd). Kadmium yang masuk ke dalam lingkungan perairan memiliki potensi bioakumulasi, biomagnifikasi, bersifat toksik serta karsinogenik bagi organisme yang hidup di dalamnya (Kosnett, 2007). Sumber kadmium antara lain berasal dari makanan, limbah industri baterai dan electroplating. Sumber utama dari toksisitas kadmium pada manusia adalah berasal dari makanan seperti beras dan gandum yang mana ditanam pada tanah yang terkontaminasi oleh limbah pupuk dengan kandungan fosfat yang berlebih serta air irigasi yang mengandung kadmium.

Logam berat kadmium memberikan efek yang berbahaya bagi kesehatan melalui rantai makanan. Hewan dapat dengan mudah mengabsorpsi kadmium dan akan terjadi akumulasi kadmium pada jaringan tubuh seperti hati, ginjal dan organ reproduksi (Brennan, Carr, & Cousins, 2007). Pada lingkungan akuatik, suatu polutan masuk ke dalam jaringan tubuh organisme produsen/autotrof dengan cara absorpsi langsung. Sementara itu pada hewan air seperti ikan bahan polutan dapat masuk melintasi barrier biologi yang memisahkan medium internal organisme dari lingkungan sekitarnya dengan cara absorpsi langsung tergantung pada tempat persentuhannya. Di dalam tubuh ikan persentuhan terutama terjadi melalui insang. Sementara itu yang masuk secara tidak langsung melalui sistem rantai makanan (Palar, 2008).

Metode yang dipakai untuk menilai kualitas lingkungan adalah biomonitoring. Menurut (Zhou, Zhang, Fu, Shi, & Jiang, 2008), biomonitoring adalah teknik evaluasi lingkungan berdasarkan analisis pada jaringan dan molekul organisme yang terpapar oleh suatu bahan polutan dengan biomarker. Monitoring lingkungan perairan dengan biomarker dapat dilakukan menggunakan berbagai kelompok mikroorganisme, tetapi yang paling umum adalah remis dan ikan (Tugiyono, Nurcahyani, Supriyanto, & Kurniati, 2012). Ikan mas atau *Cyprinus Carpio* L dapat digunakan sebagai indikator biologis karena

memiliki kepekaan yang cukup tinggi terhadap perubahan lingkungan, mudah didapatkan dan mudah diaplikasikan sebagai sampel di laboratorium. Ikan ini merupakan ikan standart internasional untuk uji toksisitas (Filipic, Fatur, & Vudrag, 2006).

Penelitian Morrow D, & Piwoni M.D (1993) LAS: Aquatic Toxicity and Biodegradation. University Of Illinois menunjukkan bahwa kombinasi antara LAS, Chromium (Cr) dan Nikel (Ni) memiliki efek terhadap peningkatan aktifitas aspartate amino transferase, alanine amino transferase, acid phosphatase, dan gamma glutamyl transpeptidase, serta adanya penurunan aktifitas superoxide dismutase. Dari penelitian dapat diketahui bahwa LAS bersifat lebih toksik apabila bereaksi dan membentuk kompleks dengan polutan lain. Fakta yang ada di lapangan menunjukkan bahwa sedikit sekali kemungkinan suatu bahan pencemar mencemari lingkungan secara tunggal. Di badan air terkumpul dan menjadi satu berbagai jenis bahan pencemar yang ada. Berangkat dari hal ini maka peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian terhadap gabungan dari paparan bahan polutan organik dan anorganik. Bahan polutan organik diwakili oleh LAS sedangkan bahan polutan anorganik diwakili oleh logam berat kadmium (Cd). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efek yang ditimbulkan oleh gabungan kedua bahan polutan ini, apakah bersifat antagonis ataukah justru memiliki sifat sinergistik, yaitu meningkatkan daya toksisitas dari salah satu bahan polutan diatas terhadap organisme air, yang dalam penelitian ini akan menggunakan ikan mas atau yang lebih dikenal dengan *Cyprinus carpio* L. Tujuan dari penelitian ini adalah Menganalisis pengaruh kompleks Linier Alkyl Benzene Sulfonate (LAS) dan logam kadmium (Cd) dengan berbagai variasi konsentrasi terhadap absorpsi, akumulasi dan toksisitas logam kadmium (Cd) pada ikan mas (*Cyprinus Carpio* L).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Terintegrasi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan *Cyprinus carpio* L. Ikan mas yang diperoleh dari balai benih ikan (BBI) di punten, Batu Jawa Timur yang memiliki usia kurang lebih 3 bulan dengan asumsi bahwa ikan sudah berkembang secara seksual (mature) dan perubahan berat

badan selama penelitian relative kecil. *Cyprinus carpio* L yang digunakan sebagai sampel penelitian berkelamin jantan dengan panjang \pm 15 cm dan berat badan \pm 100 gram. Besarnya sampel yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan rumus dari Hanafiah yang mana telah dianggap memenuhi bila mencapai ulangan yang baik dengan rumus:

$$(k - 1)(r - 1) \geq 15 \quad (1)$$

k : jumlah kelompok subyek

r : jumlah ulangan

(Hanafiah, 2005).

Penelitian ini menggunakan 6 variasi kelompok perlakuan dan 1 kelompok kontrol, maka dengan rumus diatas didapatkan r (ulangan) minimal 4 kali, maka dengan jumlah kelompokan 7 didapatkan besar sampel 28 ekor. Sebagai cadangan jumlah sampel setiap perlakuan akan ditambahkan 2 ekor, sehingga total sampel penelitian secara keseluruhan adalah 42 ekor ikan mas. Ikan mas yang berkelamin jantan dengan panjang \pm 15 cm dan berat badan \pm 100 gram di tempatkan dalam aquarium yang sudah dikontrol makanan dan kondisi lingkungannya. Ikan mas yang kondisinya sudah stabil diberi perlakuan sesuai dengan dosis kompleks LAS-Cd dan larutan CdSO₄ selama 30 hari. Setelah itu ikan mas dipanen dan siap untuk dipreparasi.

Preparasi cuplikan ikan

Hati dan gonade ikan mas dikeringkan dan ditumbuk menggunakan lumpang dan alu. Setelah lembut diayak sampai lolos 100 mesh dan dihomogenkan. Cuplikan ikan yang telah homogen ditimbang 0,5 gram. Kemudian dibasahi sedikit aquades dan ditambahkan 1 ml asam nitrat pekat dan asam klorida. Setelah itu, ditempatkan dalam krus porselen dan dipanaskan pada suhu 200°C selama 4 jam. Hasil pelarutan setelah dingin dituang kedalam gelas beker dipanaskan di atas pemanas listrik dengan penambahan aquades secara berulang-ulang. Hasil pelarutan setelah dingin dimasukkan labu ukur 10 ml dan ditepatkan sampai batas tanda dengan penambahan aquades, cuplikan siap untuk dilakukan analisis unsur dengan AAS menggunakan larutan standar kadmium.

Biococentration factor (BCF)

Penghitungan nilai BCF yaitu perbandingan antara konsentrasi/kadar Cd pada organ hati dengan konsentrasi Cd pada perairan dengan rumus:

$$BCF = \frac{\text{KonsentrasiCdhati}}{\text{KonsentrasiCdiair}}$$

Liver Somatic Index (LSI)

Langkah yang dilakukan dalam pengukuran LSI adalah sebagai berikut. Pertama kali sampel ikan ditimbang berat tubuhnya, maupun berat liver/ hati. Kemudian dilakukan penghitungan LSI, dengan rumus sebagai berikut:

$$LSI = \frac{\text{Berathatiikan}}{\text{Berattubuhikan}} \times 100$$

Gonade Somatic Index (GSI)

Langkah yang dilakukan dalam pengukuran GSI adalah sebagai berikut. Pertama kali sampel ikan ditimbang berat tubuh, maupun berat gonade. Kemudian dilakukan penghitungan nilai GSI, dengan rumus sebagai berikut:

$$GSI = \frac{\text{Beratganadeikan}}{\text{Berattubuhikan}} \times 100$$

Analisa Data

Data yang terkumpul selanjutnya akan ditabulasi dan dilakukan analisis. Pengujian data menggunakan uji *One Way Anova* adalah membandingkan variansi tiga kelompok sampel atau lebih. Lebih dari sekedar membandingkan nilai mean (rata-rata), uji anova juga mempertimbangkan keragaman data yang dimanifestasikan dalam nilai varians. Pada penelitian ini uji *One Way Anova* untuk mengetahui pengaruh dosis kompleks LAS-Cd terhadap kandungan logam kadmium (Cd) pada ikan mas yang diukur dari parameter BCF, LSI dan GSI.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelitian yang dilakukan didapatkan tiga parameter hasil pengujian dengan menggunakan AAS. Tabel 1 menunjukkan enam perlakuan terhadap *Cyprinus carpio* L. Ikan mas dengan pengujian menggunakan parameter BCF (Biococentration factor) bahwa terjadi peningkatan kadar Cd, LAS maupun pada kombinasi LAS-Cd.

Tabel 1 BCF (*Biococentration factor*)

Kelompok Perlakuan	Nilai BCF
P0 : Kontrol (0 mg/l Cd, 0 mg/l LAS)	0.0002 ± 0.0015
P1 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,05 mg/l	0.0012 ± 0.0017
P2 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,1 mg/l	0.0020 ± 0.0019
P3 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,5 mg/l	0.0035 ± 0.0017
P4 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,05 mg/l ditambah dosis LAS 0,05 mg/l	0.015 ± 0.0021
P5 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,1 mg/l ditambah dosis LAS 0,1 mg/l	0,25 ± 0.0025
P6 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,5 mg/l ditambah dosis LAS 0,5 mg/l	0.20 ± 0.0017

(Sumber: Data Primer, 2018)

Dari hasil pengujian dengan menggunakan parameter *Liver Somatic Index* (LSI) didapatkan terjadinya akumulasi Cd, LAS maupun kombinasi antara LAS-Cd. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2 *Liver Somatic Index* (LSI)

Kelompok Perlakuan	Nilai LSI
P0 : Kontrol (0 mg/l Cd, 0 mg/l LAS)	0.0005 ± 0.00031
P1 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan Cd 0,05 mg/l	1.005 ± 0.025
P2 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,1 mg/l	1.055 ± 0.046
P3 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,5 mg/l	1.2 ± 0.055
P4 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,05 mg/l ditambah dosis LAS 0,05 mg/l	2.567 ± 0.067
P5 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,1 mg/l ditambah dosis LAS 0,1 mg/l	2.758 ± 0.098
P6 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,5 mg/l ditambah dosis LAS 0,5 mg/l	2.9876 ± 0.054

(Sumber: Data Primer, 2018)

Dari hasil pengujian dengan menggunakan parameter *Gonade Somatic Index* (GSI) didapatkan terjadinya akumulasi Cd, LAS maupun kombinasi antara LAS-Cd. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3 *Gonade Somatic Index* (GSI)

Kelompok Perlakuan	Nilai GSI
P0 : Kontrol (0 mg/l Cd, 0 mg/l LAS)	0.00005 ± 0.0001
P1 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,05 mg/l	0.150 ± 0.0015
P2 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,1 mg/l	0.230 ± 0.0067
P3 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,5 mg/l	0.340 ± 0.0045
P4 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,05 mg/l ditambah dosis LAS 0,05 mg/l	0.650 ± 0.0024
P5 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,1 mg/l ditambah dosis LAS 0,1 mg/l	0.750 ± 0.0023
P6 : Kelompok <i>Cyprinus carpio</i> L yang dipapar dengan dosis Cd 0,5 mg/l ditambah dosis LAS 0,5 mg/l	0.850 ± 0.0033

(Sumber: Data Primer, 2018)

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah ditunjukkan pada tabel 1, 2 dan 3, akumulasi lebih banyak ditemukan pada kelompok perlakuan LAS-Cd. Hasil penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Dewi dan Rosi, yakni perlakuan atau pemberian logam berat Cd, Pb dan Hg pada (*Cyprinus carpio*) and Nile tilapia (*Perca fluviatilis*). Jika dibandingkan antara perlakuan kontrol, Cd dan LAS maka didapatkan hasil bahwa kombinasi antara LAS-Cd lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan Cd dengan berbagai variasi konsentrasi (Dewi & Rosi, 2017). Hasil penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Dewi N.K & Rosi P yang mengemukakan bahwa ketika dilakukan kombinasi antara LAS-Cu, dimana LAS-Cu memiliki rasio yang sama (1:1) atau konsentrasi LAS lebih besar (2:1), maka tingkat toksisitas yang timbul adalah sama dengan apabila terpajan oleh LAS saja dalam hal ini memiliki efek additive. Namun ketika konsentrasi Cu yang diperbesar (1:2) maka efek toksik yang terjadi memiliki sifat sinergis. Efek yang sama diamati pada kompleks LAS-Cu-Chloramine, dimana semakin besar konsentrasi Cu dan Chloramine maka toksisitas yang timbul oleh kompleks LAS-Cu-Chloramine pada goldfish juga semakin besar (Dewi & Rosi, 2017). Keberadaan logam berat di perairan menimbulkan terjadinya proses akumulasi di dalam tubuh organisme air. Akumulasi logam berat yang ada di dalam air dapat terjadi

melalui absorpsi secara langsung dan dapat pula melalui rantai makanan. Menurut Tillitt dkk (1992) dalam Van der Oost (2003) menyebutkan bahwa logam berat yang memiliki bersifat hidrofobik terjadi akumulasi pada organisme air melalui beberapa mekanisme yaitu secara langsung dari air melalui insang atau kulit (biokonsentrasi), melalui penyerapan dari partikel tersuspensi (pencernaan) dan melalui makanan yang terkontaminasi (biomagnifikasi) (Van der Oost, Beyer, & Vermeulen, 2003). Biokonsentrasi adalah akumulasi logam berat yang diambil secara langsung dari air oleh organisme seperti ikan atau tumbuhan air, sedangkan bioakumulasi adalah pengambilan logam berat melalui air dan makanan, sedangkan biomagnifikasi yaitu terjadinya proses peningkatan pada kandungan logam berat dalam jaringan organisme berdasarkan rantai makanan. Bioakumulasi logam berat oleh organisme air merupakan dampak negatif dari masuknya bahan pencemar dalam suatu ekosistem. Bioakumulasi oleh organisme air secara umum dipengaruhi oleh kandungan logam berat dalam air seperti pakan ikan, jenis ikan, ekskresi dan metabolisme. Logam Cd termasuk golongan logam non esensial yang dalam tubuh makhluk hidup keberadaannya dapat dikatakan tidak diharapkan. Akumulasi logam berat dalam tubuh organisme dipengaruhi oleh konsentrasi logam berat dalam air yaitu suhu, pH, dan oksigen terlarut (Zainuri, Sudrajat, & Siboro, 2011). Pada umumnya, dalam bidang pertanian menggunakan pupuk fosfat dengan kandungan Cd yang tinggi (Darmono, 2005). Pada penelitian terdahulu juga menyebutkan bahwa semakin lama jangka waktu penggunaan pupuk fosfat, maka akan semakin naik konsentrasi Cd dalam permukaan tanah. Kandungan Cd dalam pupuk fosfat yang biasa digunakan mengandung tidak kurang dari 20mg/kg (Widowati, Astiana, & Raymond, 2008). Kemampuan organisme dalam mengakumulasi logam berat ditentukan oleh nilai indeks faktor konsentrasi (IFK) atau nilai biokonsentrasi faktor (BFC). Semakin tinggi nilai BCF suatu organisme, semakin tinggi organisme tersebut dalam mengakumulasi logam berat. Berdasarkan kategori nilai BCF menurut Van Esch dalam Suprpti yaitu sifat polutan dibagi dalam tiga kategori yaitu sebagai berikut: (1) sifat akumulatif tinggi dengan nilai BFC > 1000, (2) sifat akumulatif

sedang dengan nilai BCF 100-1000, dan (3) sifat akumulatif rendah dengan nilai BCF < 100 (Suprpti, 2008). Peningkatan respirasi ikan melalui insang dipengaruhi oleh rendahnya tingkat oksigen yang terlarut dalam kolom air, di mana aliran air yang mengandung tembaga akan semakin meningkat sehingga akan terjadi peningkatan pula pada kandungan tembaga dalam tubuh ikan. Pada ikan, distribusi penyerapan logam Cu secara maksimal dapat ditemukan pada hati, ginjal, insang dan otot ikan. Pada hati, konsentrasi logam Cu ditemukan sekitar sepuluh kali dari konsentrasi Cu yang terdapat dalam jaringan otot (Salami, Suphia, Anastasia, & Ayda, 2008). Beberapa penelitian tentang bioakumulasi logam berat dalam jaringan ikan menjelaskan bahwa proses akumulasi logam berat secara berturut-turut dari yang besar ke yang kecil adalah sebagai berikut: hati > ginjal > insang > otot. Sedangkan untuk kekuatan penetrasi logam ke dalam jaringan secara berturut-turut adalah Cd > Hg > Pb > Cu > Zn > Ni (Darmono, 2005). Penelitian yang dilakukan oleh Noegrohati menjelaskan bahwa bioakumulasi pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) mengemukakan bahwa secara dinamis, setiap logam berat memiliki nilai bioakumulasi yang tergantung dengan jenis logam dan kondisi lingkungannya. Nilai BCF pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan berat ikan 0.017kg setelah 28 hari terpapar oleh logam berat Cu adalah antara 38-56, dan logam berat Cd antara 21-24 (Noegrohati, 2006).

Dari berbagai penelitian yang dilakukan menyimpulkan bahwa pencemaran logam berat memiliki sifat yang sangat berbahaya, baik bagi tubuh ataupun lingkungan. Sebagai perhatian terutama bagi pelaku-pelaku industri dan pertambangan yang limbahnya berupa logam berat yang tidak dikelola dengan baik. Selain sebagian besar berasal dari proses industri dan pertambangan, ternyata pencemaran logam berat dapat berasal dari alam. Misalnya logam yang dibebaskan dari proses kimiawi dan aktivitas gunung berapi, logam yang ditransportasi oleh ikan dari atmosfer berupa partikel debu, serta dari abrasi pantai. Namun kehadiran logam berat yang tidak wajar sepenuhnya disebabkan oleh aktivitas manusia seperti industri dan pertambangan. Aktivitas yang kompleks dalam masyarakat yang menghasilkan berbagai jenis limbah serta kegiatan industri lainnya menjadi faktor utama dalam sumbangsih pencemaran

logam berat pada lingkungan yang akhirnya mengganggu tatanan ekosistem. Sebagaimana firman Allah dalam QS:Ar-Rum 41 yang artinya: "Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan Karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)".

Surah Ar-Rum ayat 41 menjelaskan tentang kerusakan dan pencemaran lingkungan telah mencakupi darat, laut, bahkan manusia, tumbuhan dan hewan. Manusia bertanggung jawab atas kerusakan dan pencemaran ini karena polutan berbahaya yang diproduksinya. Masih ada kemungkinan untuk kembali ke ambang batas normal yaitu dengan mengambil tindakan yang tepat dan berhenti mencemari.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah didapatkan perbedaan akumulasi variasi perlakuan antara kelompok kontrol, Cd dan kombinasi LAS-Cd ((BCF 0.0005 ± 0.0035 ; 0.025 ± 0.0050 ; $0,15 \pm 0.0070$; Liver Somatic Index (LSI): 0.05 ± 0.0040 ; 0.020 ± 0.050 ; $0,15 \pm 0.075$; Gonade Somatic Index (GSI) : 0.03 ± 0.0020 ; 0.020 ± 0.0070 ; $0,25 \pm 0.0085$). Terjadinya akumulasi logam berat pada berbagai organisme dapat menimbulkan kerusakan pada lingkungan dan juga kesehatan pada manusia, sehingga disarankan untuk menerapkan regulasi terhadap terjadinya pencemaran logam berat dan deterjen, perlunya kerjasama antar instansi dalam mencegah terjadinya pencemaran pada lingkungan secara terus-menerus.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abel, P. D. (1974). Toxicity of synthetic detergents to fish and aquatic invertebrates. *Journal of Fish Biology*, 6(3), 279-298. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1974.tb04545.x>
- APEDI. (2006). *Menggagas Detergen Ramah Lingkungan*. Bogor: Lembaga Penelitian IPB.
- Brennan, F., Carr, D. B., & Cousins, M. (2007). Pain management: a fundamental human right. *Anesthesia and Analgesia*, 105(1), 205-221. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000268145.52345.55>
- Darmono. (2005). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan*

- Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Dewi, N. K., & Rosi, P. (2017). Determination of Liver Somatic Index (LSI) and Gonadosomatic Index (GSI) Value of Crap (*Cyprinus carpio*) and Nile tilapia (*Perca fluviatilis*). *International Journal of Scientific and Research Publication*, 7(6). Retrieved from <http://www.ijr.org/research-paper-0617.php?rp=P666482>
- Filipic, M., Fatur, T., & Vudrag, M. (2006). Molecular mechanisms of cadmium induced mutagenicity. *Human & Experimental Toxicology*, 25(2), 67-77. <https://doi.org/10.1191/0960327106ht590oa>
- Hanafiah, K. (2005). *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- HERA. (2005). *Human & Environmental Risk Assessment on Ingredients of Household Cleaning Products*.
- Kementerian PPN/BAPPENAS, Badan Pusat Statistik, & United Nations Population Fund. (2013). *Proyeksi Penduduk Indonesia (Indonesia Population Projection) 2010-2035*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Kosnett, M. J. (2007). *Heavy metal intoxication and chelators*. In Katzung B.G. (ed): *Basic and Clinical Pharmacology* (10th Ed (International Ed)). Boston, New York, NY: Mc Graw Hill.
- Mitchell, M. S., & Ambrose, M. L. (2007). Abusive supervision and workplace deviance and the moderating effects of negative reciprocity beliefs. *Journal of Applied Psychology*, 92(4), 1159-1168. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.92.4.1159>
- Morrow, D., & Piwoni, M. D. (1993). *LAS: Aquatic Toxicity and Biodegradation*. University of Illinois.
- Noegrohati, S. (2006). Bioaccumulation Dynamics of Heavy Metals In *Oreochromis Niloticus*: Predicted Through a Bioaccumulation Model Constructed Based on Biotic Ligand Model (BLM). *Indonesian Journal of Chemistry*, 6(1), 61-69. <https://doi.org/10.22146/ijc.21775>
- Palar, H. (2008). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.

- Salami, I. R. ., Suphia, R., Anastasia, P. ., & Ayda, T. . (2008). Pengaruh Logam Berat Tembaga Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Potensi Depurasinya. *Jurnal Penelitian Perikanan*, 11(1), 49–58.
- Sherman, A., & Sherman, S. J. (1989). *Chemistry and Our Changing World* (Second Edition). New Jersey: Middlesex Country College Edison.
- Suprapti, N. H. (2008). Kandungan Chromium pada Perairan, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sungai Sayung Desa Morosari Kabupaten Demak, Jawa Tengah. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 10(2), 36–40. <https://doi.org/10.14710/bioma.10.2.36-40>
- Supriyono, E., Lisnawati, L., & Djokosetiyanto, D. (2007). Effect of Linear Alkylbenzene Sulfonate on Mortality, Hatching Rate of Eggs and Abnormality of Catfish (*Pangasius hypophthalmus* Sauvage) Larvae. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 4(1), 69–78. <https://doi.org/10.19027/jai.4.69-78>
- Tugiyono, T., Nurcahyani, N., Supriyanto, R., & Kurniati, M. (2012). Biomonitoring Pengolahan Air Limbah Pabrik Gula PT Gunung Madu Plantation Lampung Dengan Analisis Biomarker: Indeks Fisiologi dan Perubahan Histologi Hati Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linn). *Jurnal Sains MIPA Universitas Lampung*, 7(1). Retrieved from <http://jurnal.fmipa.unila.ac.id/index.php/sains/article/view/214>
- Van der Oost, R., Beyer, J., & Vermeulen, N. P. E. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13(2), 57–149.
- Widowati, W., Astiana, S., & Raymond, J. . (2008). *Efek Toksik Logam, Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: ANDI.
- Zainuri, M., Sudrajat, S., & Siboro, E. S. (2011). Kadar Logam Berat Pb Pada Ikan Beronang (*Siganus* sp), Lamun, Sedimen dan Air di Wilayah Pesisir Kota Bontang Kalimantan Timur. *Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 4(2), 102–118.
- Zhou, Q., Zhang, J., Fu, J., Shi, J., & Jiang, G. (2008). Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. *Analytica Chimica Acta*, 606(2), 135–150. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2007.11.018>