

Pengujian Toksisitas Lindi Instalasi Pengolahan Lindi TPA Piyungan pada *Daphnia* sp. dengan *Whole Effluent Toxicity*

Ika Bayu Kartikasari¹, Dr. M. Widyastuti, M.T.², dan Dr. Suwarno Hadisusanto, M.S.³

¹ Ilmu Lingkungan, Universitas Gadjah Mada; e-mail: ikabayu.kartika06@gmail.com

² Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

³ Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada

ABSTRAK

Lindi adalah rembesan yang melalui tumpukan sampah hasil endapan yang berada di bawah landfill yang terakumulasi yang terdiri dari bahan organik dan anorganik. Lindi hasil pengolahan IPL TPA Piyungan masih memiliki potensi pencemaran lindi menjadi permasalahan yang masih memiliki nilai toksisitas yang tinggi. Perlu adanya pengukuran toksisitas untuk mengetahui pengaruh pencemaran lindi terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) melakukan analisis efektivitas hasil pengolahan lindi di IPL TPA Piyungan, dan (2) melakukan pengujian toksisitas akut dengan WET (*Whole Effluent Toxicity*) menggunakan *Daphnia* sp. pada pengolahan lindi. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yakni melakukan uji laboratorium pada parameter pengolahan lindi yang disesuaikan dengan permen LHK No. 59 tahun 2016 untuk pengukuran efektivitas pengolahan lindi, uji LC50 untuk mengetahui tingkat toksisitas akut pada influen dan efluen pengolahan lindi. proses pengolahan lindi TPA Piyungan terdiri dari Kolam Sedimentasi, Aerasi, dan Desinfeksi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa (1) Efektivitas pengolahan lindi TPA Piyungan pada parameter berturut-turut TSS 56 %; BOD 82 %; COD 0 %; TN 41,67%; dan Hg 14 %. Hasil efektivitas pengolahan lindi tersebut tidak mempengaruhi peningkatan perbaikan kualitas lindi yang disesuaikan Peraturan Menteri LHK No 59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 masih melebihi baku mutu yang telah ditetapkan kecuali parameter BOD, (2) Toksisitas lindi TPA Piyungan dikategorikan Very High Acute Toxicity pada influen dan High Acute Toxicity efluen IPL Piyungan. Kematian 50% populasi daphnia untuk contoh uji influen IPL Piyungan sebesar 0,482% dengan Toxic Unit acute (TUa) sebesar 203,33. Contoh uji efluen IPL Piyungan sebesar 2,752% dengan Toxic Unit acute (TUa) sebesar 36,33.

Kata kunci: Pengolahan lindi, Toksisitas akut, Persepsi masyarakat, Pencemaran lingkungan

ABSTRACT

Leachate is seepage through the pile of sediment waste under the accumulated landfill consisting of organic and inorganic materials. Leachate treatment Piyungan Landfill still has the potential for leachate pollution and still has a high toxicity value. Toxicity measurement is needed to determine the effect of leachate pollution on the environment. This study aims to: (1) analyze the effectiveness of leachate treatment results in the Piyungan TPA IPL (2) test acute toxicity with WET (Whole Effluent Toxicity) using *Daphnia* sp. in leachate processing. The method used in this study used laboratory tests on leachate processing parameters adjusted to LHK No. 59/2016 for measuring the effectiveness of leachate treatment, LC50 test to determine the level of acute toxicity in influent and effluent leachate treatment, conducting interviews with key informants and distributing questionnaires to obtain social data. The results indicate that (1) Effectiveness of Piyungan landfill leachate treatment parameters were TSS 56%; BOD 82%; COD 0%; TN 41,67%; and Hg 14%. The results showed that the leachate treatment did not improve the leachate quality as of adjusted in LHK Ministerial Regulation No. 59 / Menlhk / Setjen / Kum.1 / 7 / 2016 which still exceeded the established quality standards except for BOD, (2) Toxicity of Piyungan landfill leachate was categorized Very High Acute Toxicity in influent and High Acute Toxicity effluent in Piyungan IPL. Death of 50% of the *Daphnia* sp. population for the Piyungan IPL influen test sample was 0,482% with a Toxic Unit acute (TUa) of 203,33. Piyungan IPL effluent test showed 2,752% with acute Toxic Unit (TUa) of 36,33.

Keywords: Leachate treatment, Acute toxicity, Public perception, Environmental pollution

Citation: Kartikasari, I., Widyastuti, M., dan Hadisusanto, W. (2020). Pengujian Toksisitas Lindi Instalasi Pengolahan Lindi TPA Piyungan pada *Daphnia* sp. dengan *Whole Effluent Toxicity*. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 297-304, doi:10.14710/jil.18.2.297-304

1. Pendahuluan

Lindi merupakan cairan yang merembes melalui tumpukan sampah hasil endapan yang berada di bawah landfill yang terakumulasi yang terdiri dari

bahan organik dan anorganik, logam berat dan xenobiotik (Kapelewska et al., 2019; Aziz et al., 2010). Lindi mengandung zat berbahaya yang jika tidak diolah secara khusus dapat mencemari sumur/air

tanah, sungai dan menyebabkan kematian biota. Secara general, kualitas lindi ditentukan menggunakan parameter suspended solid (SS), COD, BOD, pH, dan amonia. Pemantauan kualitas lindi juga dilakukan pada logam berat yang berpotensi meningkatkan akumulasi toksisitas pada makhluk hidup (Miaoa et al., 2019; Oliveira et al., 2014).

TPA Piyungan terletak di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta. Hasil efluen yang dihasilkan Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) di TPA Piyungan masih mempunyai potensi bahaya seperti pencemaran tanah, air permukaan, dan airtanah yang berdampak pada makhluk hidup di dalam ekosistem, apabila tidak diolah. Maka dari itu, analisis toksisitas pada IPL tersebut dilakukan agar tidak berdampak buruk pada ekosistem sekitar. Pengujian Whole Effluent Toxicity (WET) merupakan monitoring air limbah hasil pengolahan secara keseluruhan untuk mengetahui total efek limbah terhadap organisme (US EPA, 2000). Pengujian toksisitas lindi menggunakan menggunakan *Daphnia sp.* dilakukan karena memiliki tingkat reproduksi yang tinggi dan menjadi salah satu komponen dalam ekologi yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap kontaminan (Barata et al., 2006). *Daphnia sp.* merupakan organisme air tawar yang berhubungan dengan produsen utama dan organsime trofik tertinggi. Penggunaan *Daphnia sp.* dalam pengujian toksikologi dilakukan di beberapa negara untuk memantau pengolahan air limbah dan penentuan baku mutu yang akan ditetapkan (Kim et al., 2015).

Toksisitas lindi instalasi pengolahan lindi TPA Piyungan pada *Daphnia sp.* dengan Whole Effluent Toxicity merupakan hal yang kompleks karena melibatkan beberapa faktor antara lain: faktor abiotik, efektivitas pengolahan lindi di Instalasi Pengolahan Lindi TPA Piyungan menurut baku mutu air lindi pada permen LHK No. 59 tahun 2016 (pH, BOD, COD, TSS, Ntotal, Hg dan Cd) sebagai objek kajian dalam penelitian ini; faktor biotik, yaitu pengujian toksisitas akut pada *Daphnia sp.* sebagai organisme akuatik yang sensitivitas tinggi terhadap kontaminan; faktor kultural, yaitu persepsi masyarakat terhadap kualitas pengolahan IPL TPA Piyungan sebagai pihak yang rentan terhadap bahaya kontaminasi lindi secara tidak langsung.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di TPA Piyungan yang terletak pada Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Sampling lindi mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI 6989.59, 2008) tentang Air dan Air Limbah, Bagian 59: Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Contoh uji diambil dengan purposive sampling pada lokasi sebelum dan setelah IPL

Analisis di Inlet dan Outlet Limbah Cair (Efektivitas)/ Removal (%)

Langkah analisis data pertama ini ditujukan untuk parameter TSS, BOD5, COD, Merkuri dan Kadmium. Efektivitas ditunjukkan dengan selisih nilai antara inlet dan outlet. Data ini dihitung menggunakan persentase penurunan atau efisiensi tiap-tiap parameter pada persamaan (1) diperuntukkan untuk mengetahui efektivitas seluruh perlakuan.

$$\text{Efektivitas Pengolahan} = \frac{(\text{Inlet} - \text{Outlet})}{(\text{Inlet})} \times 100\% \quad (1)$$

Whole Effluent Toxicity (WET)

Untuk menentukan LC50 dianalisis menggunakan program komputer (software komputer EPA Probit Analysis Program Used for Calculating LC/ EC Values Version 1.5) (US EPA, 2002). Setelah didapatkan LC50, dapat dihitung TUa-nya. Toxic Unit (TU) adalah ukuran toksisitas pada suatu efluen sebagai penentu satuan toksisitas akut (TUa). Semakin besar TU, semakin besar tingkat toksisitasnya. Toxic Unit-acute merupakan timbal-balik konsentrasi efluen 100 kali yang menyebabkan 50% dari organisme mati pada uji toksisitas akut (US EPA, 2010). Klasifikasi berdasarkan nilai TUa dapat dilihat pada Tabel 1.

$$TUa = 100 / LC_{50} \quad (1)$$

TUa = Toxic Unit acute

LC50 = Konsentrasi kematian 50% populasi
(US EPA, 2010)

Tabel 1 Klasifikasi Berdasarkan Penilaian Toksisitas

No	Kelas (1)	Tingkat Toksisitas (2)	Toxic Unit (3)
1	Class I	No acute toxicity	<1
2	Class II	Significant acute toxicity	1-10
3	Class III	High acute toxicity	10-100
4	Class IV	Very high acute toxicity	>100

Sumber: Vaajasaari, 2005

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi TPA Piyungan

TPA Piyungan menampung sampah dari 3 kabupaten/kota yaitu Bantul, Sleman dan Kota Yogyakarta. Jumlah volume sampah TPA Piyungan meningkat setiap tahunnya. Sampah yang masuk ke TPA Piyungan. TPA Piyungan menampung sampah dari 7 sumber utama diantaranya Kota Yogyakarta, Sleman, Bantul, non dinas dan insidental. Saat ini, TPA Piyungan telah mencapai over capacity yang disebabkan peningkatan volume sampah dan perubahan gaya hidup masyarakat berpengaruh pada volume sampah yang ditimbulkan (Kasam, 2011).

3.2. Efektivitas Pengolahan lindi di Instalasi Pengolahan Lindi TPA Piyungan

3.2.1. Karakteristik Lindi

Lindi pada influen IPL Piyungan berwarna coklat gelap begitu pula hasil pada efluen. Warna lindi yang pekat disertai dengan aroma yang berbau busuk dipengaruhi oleh hasil dekomposisi dari konsentrasi

bahan organik yang tinggi (Aziz et al., 2007). Hasil dekomposisi berasal dari senyawa asam humic dan fluvic yang ditunjukkan dari warna lindi yang pekat (Adhikari et al., 2014). TPA Piyungan tergolong dalam katagori old landfill yang bedasarkan usia > 10 tahun. Pada katagori tersebut kualitas lindi tergolong stabil. Karakteristik yang dimiliki diantara lain berwarna coklat gelap dengan pH diatas 7 yaitu berkisar 8 – 8,2 dan memiliki konsentrasi NH3-N dan COD yang tinggi (Bhalla et al., 2012).

Pengolahan lindi TPA Piyungan terdapat tiga proses utama diantaranya sedimentasi, aerasi dan desinfeksi. Lindi yang masuk ke dalam kolam sedimentasi terjadi foaming yang ditandai dengan terbentuknya busa di bagian atas permukaan. Menurut Kahar (2017), gelembung disebabkan bahan hydrophobic yang menumpuk menjadi tumpukan busa serta peranan Filamentous bacteria sebagai bakteri yang resisten terhadap temperatur yang tinggi (thermophilic). Pada hasil observasi lapangan pada kondisi musim kemarau dengan suhu di atas 30°C dapat mempengaruhi peningkatan buih. Peningkatan buih dan beberapa sampah yang masuk dalam kolam sedimentasi dapat menyebabkan penurunan kualitas pengolahan lindi. Masalah operasional yang terjadi menyebabkan penyumbatan aliran dari inlet ke kolam sedimentasi sehingga beberapa aliran meluber ke saluran drainase. Hasil dari analisis kualitas lindi pada Tabel 2 diketahui bahwa semua parameter mengalami perbaikan kualitas. Meskipun demikian, hasil pengolahan lindi TPA Piyungan masih berada diatas standar baku mutu pengolahan lindi yang telah ditetapkan. Hal ini dibuktikan dengan nilai rasio nilai BOD5/COD yang rendah yang hanya menunjukkan nilai rasio yang rendah dari 0,012 – 0,068 akibat kandungan asam humic dan fluvic tidak mudah diuraikan.

Tabel 2 Kualitas Lindi TPA Piyungan

Parameter	Baku mutu	Influen	Aerasi	Efluen
Temperatur	Deviasi 3	33,2	34,2	34,2
TSS (mg/L)	100	545	375	235
pH	6-9	8	8,2	8,07
BOD (mg/L)	150	241	129	42,6
COD (mg/L)	300	3511	3652	3511
TN (mg/L)	60	1200	900	700
Hg (mg/L)	0,005	0,1182	0,0074	0,1015
Cd (mg/L)	0,1	Tidak terdeteksi*	Tidak terdeteksi*	Tidak terdeteksi*

Keterangan: Batas deteksi Cd adalah 0,02 mg/L

Menurut penelitian Renou (2008), terdapat 3 kategori landfill yaitu landfill berusia muda (beroperasi/ telah ditutup kurang dari 5 tahun), menengah (lebih dari 5 tahun dan kurang dari 10 tahun), dan usia tua (lebih dari 10 tahun). Pada landfill yang berusia diatas 10 tahun (stabil) merupakan kategori methanogenic leachate dengan rasio BOD5/COD < 0,2 dengan kondisi sangat toksik dan pengolahan yang efektif tidak cukup menggunakan pengolahan biologi. Kualitas lindi sangat ditentukan

dengan komposisi sampah, usia landfill, dan kondisi iklim (Brennan et al., 2016).

3.2.2. Parameter Kualitas Lindi

a. Biological Oxygen Demand (BOD)

BOD merupakan parameter yang mengukur adanya oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang terdapat pada lindi dan digunakan sebagai indikator kematangan TPA yang dapat menurun seiring waktu (Deng & Englehardt, 2006). Pada penelitian ini, nilai BOD dari masing-masing pengolahan adalah 241 mg/L, 129 mg/L dan 42,6 mg/L. Nilai BOD menurun pada akhir pengolahan yaitu 42,6 mg/L sehingga telah mencapai batasan baku mutu yang diharapkan yaitu dibawah 150 mg/L. penurunan nilai BOD dari tiap kolam disebabkan adanya proses sedimentasi dan aerasi di bak sebelumnya. Akan tetapi, nilai BOD akan bervariasi seiring pertambahan umur landfill, semakin lama usia landfill nilai BOD akan semakin menurun dan nilai COD akan semakin meningkat. Untuk TPA yang baru, nilai BOD berkisar 2000-3000 mg/L. Untuk TPA berkatagori stabil, nilai BOD bervariasi dari 100 – 200 mg/L (Bhalla et al., 2012).

b. Chemical Oxygen Demand (COD)

Nilai COD merupakan jumlah oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimia menjadi anorganik. TPA yang berusia muda memiliki kadar COD di atas 1000 mg/l dan pada usia diatas 10 tahun COD berkisar 3000 mg/L (Purwanta & Susanto, 2017). Nilai COD juga dipengaruhi dengan keberadaan oksigen, pemilihan pengolahan anaerob akan lebih mempercepat penurunan nilai COD dibandingkan pengolahan aerobik (Kahar, 2017). Nilai COD untuk sampel lindi pada tiap kolam adalah 3511 mg/L, 3652 mg/L dan 3511 mg/L. Nilai COD pada tiap kolam masih lebih tinggi dari kualitas baku mutu 300 mg/L. Penurunan nilai COD yang terjadi pada inlet menuju kolam aerasi terjadi karena adanya proses sedimentasi yang membuat padatan akan turun kepermukaan ditambah lagi adanya proses aerasi. Ketika proses aerasi maka oksigen meningkat dan dapat mengurai COD.

Pada penelitian Nurhasanah et al. (2011) menunjukkan terjadi penurunan signifikan dengan adanya penambahan udara pada pengolahan lindi. Penurunan nilai COD pada lindi yang diolah dengan cara aerasi yang akan meningkatkan jumlah oksigen terlarut (DO). Hasil pengamatan menunjukkan nilai COD pada kolam aerasi lebih tinggi dibandingkan hasil inlet dan outlet. Penyebab nilai COD lebih tinggi disebabkan adanya penambahan koagulan pada akhir kolam aerasi. Menurut Yang et al. (2011), pengolahan lindi aerobik lebih fluktuatif dan cepat berubah dibandingkan pengolahan anaerobik.

c. Total Suspended Solid (TSS)

TSS adalah partikel tersuspensi. Nilai TSS pada pengolahan lindi TPA Piyungan adalah 545 mg/L, 375 mg/L dan 235 mg/L dengan penurunan nilai TSS yang tidak terlalu signifikan. Nilai TSS berkisar 200-2000 mg/L adalah untuk TPA yang berusia kurang dari 2 tahun dan 100 - 400 mg/L untuk usia dan stabil atau lebih dari 10 tahun. Konsentrasi TSS menuju kolam aerasi menunjukkan konsentrasi yang menurun yaitu pada konsentrasi 545 mg/L menuju 375 mg/L, adanya penurunan 31,29% sedangkan pada hasil outlet hanya terjadi penurunan 10,67%. Penurunan yang tidak terlalu signifikan pada pengolahan lindi disebabkan tidak efektifnya pengolahan sehingga nilai COD kembali meningkat diakhir proses. Menurut penelitian Yenita & Siprana (2015), nilai TSS yang tinggi dapat terjadi karena limpasan sampah yang berada di sekitar instalasi dan genangan sampah yang berada pengolahan lindi. Faktor lain diduga karena adanya peningkatan kandungan pasir halus, lumpur, dan senyawa organik tidak terlarut yang ikut terbawa lindi. Kadar TSS lindi TPA Piyungan masih cukup tinggi sehingga perlu adanya peningkatan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan. Hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan bahwa unit pengolahan lindi yang ada di TPA Piyungan masih belum efisien, masih sangat sederhana sehingga masih belum aman jika dibuang ke lingkungan di sekitar TPA Piyungan.

d. Nitrogen-Total

Hasil parameter N-Total pada tiap pengolahan mengalami penurunan tersebut 41,67% pada 1200 mg/L menjadi 700 mg/L. Nilai N-Total pada TPA yang sudah stabil bisa mencapai sekitar 2000 mg/L (Bhalla et al., 2012). Penurunan yang signifikan tersebut pada effluen mencapai 700 mg/L. Nilai tersebut masih belum sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan yaitu pada 60 mg/L. N-Total yang tinggi pada lindi TPA Piyungan mempengaruhi pengurangan efektifitas penurunan COD dan BOD (Noerfitriyani et al., 2018). Dari nilai rasio BOD5/COD yang < 0,2 diiringi dengan nilai N-Total yang tinggi menunjukkan masih berlangsungnya aktivitas nitrogen yang berlangsung. Ciri tersebut sesuai dengan karakteristik TPA yang stabil dan akan semakin meningkat (Purwanta & Susanto, 2017).

e. Merkuri (Hg)

Kadar merkuri dalam lindi pada instalasi lindi TPA piyungan adalah 0,1128 mg/L, 0,0074 mg/L; dan 0,1015 mg/L dimana tidak ada penurunan yang signifikan dapat menurunkan kadar merkuri pada pengolahan tersebut. Lindi yang berasal dari dekomposisi sampah mengandung bahan pencemar yang dapat menjadi sumber dari polusi air bila terlepas hingga badan air atau airtanah. Berdasarkan baku mutu lindi kandungan merkuri yang dibuang ke lingkungan tidak boleh melebihi 0,005 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kadar merkuri lindi dalam outlet

telah melampaui nilai baku mutu merkuri dalam air limbah industri untuk dibuang ke saluran irigasi.

f. Kadmium (Cd)

Logam kadmium (Cd) merupakan logam non esensial yang tidak dimanfaatkan oleh tubuh. Dari hasil pengamatan kandungan Cd tidak terdeteksi pada tiap proses pengolahan lindi karena masih dibawah 0,02 mg/L yaitu batas kemampuan AAS dalam mendeteksi Cd dalam air. Kadar kelarutan kadmium dipengaruhi kesadahan, pH, alkalinitas dan kadar oksigen sehingga kelarutan kadmium cukup rendah sehingga kadar dalam air relatif sedikit. Pada hasil pengamatan nilai pH pada tiap kolam berkisar 8 – 8,2 yaitu bersifat basa. Ketika nilai pH meningkat atau netral nilai kadmium akan cenderung menurun (Fatmawinira et al., 2015). Beberapa penelitian menunjukkan nilai Cd pada lindi TPA domestik menunjukkan konsentrasi Cd yang sangat rendah dibandingkan logam yang lainnya.

Pada penelitian Yoshida et al. (2002), konsentrasi Cd pada lindi Henchir El Yahoudia Landfill, Tunisia merupakan parameter logam terendah dibandingkan logam Pb, Zn, Cu, Ni, dan Cr dengan konsentrasi 0,03 mg/L sampai tidak mampu terdeteksi pada AAS pada tiap titik persebaran aliran lindi. Hasil pada penelitian juga dikomparasikan dengan penelitian lainnya yang dilakukan oleh Naveen et al. (2014), logam Cd hanya berkisar 0,035 mg/L yaitu merupakan konsentrasi terendah setelah kromium 0,021 mg/L sedangkan nilai baku mutu pada logam Cd adalah 0,003 mg/L. Menurut Mansouri et al. (2014), konsentrasi Cd dalam lindi dapat dipengaruhi oleh temperatur, curah hujan, infiltrasi, penguapan hingga komposisi limbah. Dimana pada saat musim dingin dengan suhu rata-rata -3,8 °C konsentrasi Cd berkisar 0,4 µg/L hingga 0,002 µg/L sedangkan pada musim panas konsentrasi Cd tidak dapat terdeteksi pada suhu rata-rata 34,4 °C. Pada penelitian yang dilakukan di TPA Piyungan suhu rata-rata yaitu berkisar 33,2 °C sampai 34,2°C.

3.3. Toksisitas Akut pada IPL TPA Piyungan

3.3.1. Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan untuk menentukan kisaran konsentrasi kritis (critical range concentration) yang akan digunakan pada uji toksisitas. Pada proses ini, variasi konsentrasi lindi yang digunakan baik contoh uji influen maupun effluen yaitu 0%; 6,25%; 12,5%; 25%; dan 50% (US EPA, 2000). Konsentrasi uji yang dapat digunakan untuk uji toksisitas berkisar 0 – 6,25% lindi. Faktor pengenceran yang disarankan adalah 0,5 untuk konsentrasi uji (US EPA, 2000) sehingga variasi konsentrasi yang digunakan untuk uji toksisitas yaitu 0%; 0,2%; 0,39%; 0,78%; 1,56%; dan 3,13% lindi.

3.3.2. Uji Toksisitas

Uji toksisitas adalah uji yang digunakan untuk mengetahui konsentrasi yang mematikan 50% hewan

uji (LC50). Semakin kecil nilai LC50 menunjukkan semakin beracun zat tersebut. Uji toksisitas akut diamati selama 24 jam dengan interval waktu pengamatan selama 12 jam. Hasil pengamatan berupa nilai mortalitas daphnia.

Tabel 3 Mortalitas *Daphnia* pada influen

Konsentrasi lindi (%)	Jumlah populasi (ekor)	Mortalitas (ekor)	
		Influen	Efluen
0	50	2	3
0,2	50	16	4
0,39	50	25	5
0,78	50	30	11
1,56	50	39	15
3,13	50	43	30

Diketahui semakin tinggi konsentrasi lindi maka semakin tinggi kematian yang terjadi pada *Daphnia*. Data ini juga menunjukkan bahwa kematian *Daphnia* lebih banyak pada influen dengan konsentrasi yang lebih rendah daripada hasil efluen. Hal ini mungkin terjadi karena efluen telah mengalami proses pengolahan sehingga kandungan racun di dalamnya sudah tereduksi. Kondisi pH selama pengujian pada influen lindi dalam kisaran 8,2 – 8,37 sedangkan pada hasil efluen kisaran pH ada dalam 8,2 – 8,5.

Pada penelitian Ayu dan Roosmini (2014), limbah dengan pH > 9,5 dapat mempengaruhi kematian *Daphnia*. Kondisi optimal untuk *Daphnia* sendiri adalah pada nilai pH 6 – 9 atau netral (US EPA, 2002). Temperatur pada tiap hasil uji pada influen dan efluen berada pada suhu 27°C diseluruh konsentrasi. Temperatur tersebut berada dalam rentang yang masih mendukung kehidupan *Daphnia*. Konsentrasi COD dan BOD pada sampel uji influen dan efluen lindi TPA Piyungan yang cukup tinggi dapat mengindikasikan bahwa nilai DO yang rendah. Pada kisaran oksigen terlarut 3 mg/L *Daphnia* masih dapat bertahan hidup. Besaran nilai konsentrasi DO akan berbanding terbalik dengan konsentrasi lindi.

Menurut Pattiwael et al. (2013), *Daphnia* mampu bertahan pada kondisi ekstrim karena adanya kemampuan dalam mensintesis haemoglobin dengan konsentrasi limbah yang tinggi *Daphnia* dapat bertahan hidup akan tetapi menyebabkan menurunnya tingkat reproduksi dan menyebabkan deferensiasi pada jenis kelamin *Daphnia* bahkan dalam keadaan ekstrim populasi yang terpapar limbah menjadi kelamin jantan dan ukuran tubuhnya relatif kecil. Dari hasil pengukuran TDS (Total Dissolved Solid) yang diamati selama penelitian pada contoh uji influen berada pada kisaran 100 – 234 mg/L dan pada contoh uji efluen berada pada kisaran 102 – 608 mg/L sehingga pada kisaran tersebut masih dapat ditoleran. Hasil TDS pada contoh uji efluen tidak terlalu mempengaruhi mortalitas pada *Daphnia*. Parameter TDS disebabkan oleh ion yang terkandung dalam air limbah. Mortalitas pada tidak hanya dipengaruhi oleh pada parameter TDS akan tetapi bisa terjadi oleh parameter yang lainnya.

3.3.3. Toxic Unit acute (TUa)

Konsentrasi yang menyebabkan kematian 50% populasi *Daphnia* sp. selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan toxic unit acute. Untuk mengetahui nilai TUa lindi, dapat digunakan persamaan (3.1). Semakin rendah LC50 maka semakin besar nilai TUa nya. Nilai TUa pada influen yaitu 203,33 dan efluen 36,33. Klasifikasi berdasarkan penilaian toksisitas, lindi IPL Piyungan untuk influen termasuk kategori Very High Acute Toxicity dan efluen untuk termasuk kategori High Acute Toxicity.

3.3.4. Pengaruh Kualitas Lindi terhadap Kematian *Daphnia*

Daphnia yang telah dipaparkan lindi mengalami perubahan perilaku dari aktif menjadi pasif. *Daphnia* berenang ke atas permukaan untuk menghirup udara dan kehilangan kemampuan untuk melarikan diri kemudian mati karena kekurangan oksigen dan adanya penyumbatan oleh partikel tersuspensi. Menurut penelitian Pattiwael, et al. (2013), kandungan pada limbah juga dapat menghambat proses pertumbuhan pada *Daphnia*. Keterbatasan oksigen dan penyumbatan partikel menyebabkan adanya lendir pada sekitar tubuh *Daphnia* yang menyebabkan sulit bergerak. Hal tersebut menjadi salah satu faktor penyebab kematian dari *Daphnia*.

Kandungan BOD pada contoh uji influen yang tinggi dapat menyebabkan peningkatkan kematian *Daphnia* dibandingkan dengan contoh uji efluen. Selain BOD yang mempengaruhi kandungan oksigen terlarut, kandungan oksigen kimia (COD) juga dapat mempengaruhi kematian *Daphnia*. Dapat dilihat dari hasil perbandingan rasio BOD5/COD yang rendah yaitu 0,068 dan 0,012. Rasio BOD5/COD < 0,2 masuk dalam kategori methanogenic leachate dengan kondisi sangat toksik bagi lingkungan (Brennan, et al. 2016). Nilai COD yang masih cukup tinggi menunjukkan semakin tinggi nilai COD akan semakin rendah LC50 nya. Hal ini berarti semakin tinggi nilai COD dan BOD akan semakin toksik contoh uji tersebut. Menurut Ebert (2005), pada dasarnya *Daphnia* mampu melakukan pembentukan haemoglobin untuk membantu pendistribusian oksigen dalam tubuhnya untuk adaptasi terhadap toleransi oksigen terlarut yang rendah. Akan tetapi, kemampuan tersebut tidak dapat berlangsung lama tergantung kemampuan *Daphnia* dalam pembentukan energi.

Salah satu faktor lingkungan kualitas air bagi *Daphnia* adalah padatan tersuspensi. Menurut Weltens, et al. (2000), terdapat dua penyebab padatan tersuspensi terjadi yaitu padatan tersuspensi terkontaminasi dan tak terkontaminasi. *Daphnia* merupakan hewan filter feeder yang dapat mengkonsumsi padatan berukuran 1 µm sampai 50 µm (Ebert, 2005). Pada padatan tersuspensi tak terkontaminasi *Daphnia* mampu bertahan pada konsentrasi 100–200 mg/L (Weltens et al., 2000). Beragam pengaruh padatan tersuspensi bergantung

pada sifat alamiah bahan tersuspensi tersebut, terutama adanya bahan toksik (Connel & Miller, 2006). Pada prinsipnya, terjadi penyumbatan pada saluran gastrointestinal daphnia yang dapat mempercepat kematian. Umumnya padatan tersuspensi memengaruhi tingkat kekeruhan atau kecerahan suatu perairan (Tarigan & Edward, 2003).

Parameter kualitas efluen pada pengolahan air limbah tidak lepas dari parameter nitrogen. Tiap proses pengolahan digunakan untuk menurunkan nilai nitrogen sehingga tidak berpotensi menyebabkan keseimbangan sistem perairan terganggu dan mengancam fungsi ekologi. Pada penelitian Sanchez et al. (2007), kematian daphnia berkorelasi oleh COD, Total Nitrogen dan amonia pada konsentrasi berturut-turut 842,2 mg/L, 20,2 mg/L dan 8,8 mg/L dengan nilai rata-rata TUa nilai 1,254. Daphnia merupakan hewan uji yang memiliki tingkat sensitifitas yang tinggi khususnya pada limbah yang mengandung logam, pestisida, dan senyawa nitrogen. Daphnia merupakan salah satu spesies air tawar dalam jaring makanan yang digunakan dalam penilaian risiko akuatik untuk konsentrasi logam yang rendah (Martins et al., 2007). Kadmium dan merkuri diklasifikasikan sebagai logam paling berbahaya di lingkungan. Kadmium dan merkuri secara biologi sangat reaktif dan bersifat racun yang akut dan kronis (Patnalk, et al., 2011). Secara umum Daphnia yang telah terpapar Cd menyebabkan penurunan oksigen dalam aliran darah dan menurunkan tingkat reproduksi pada Daphnia. Kadmium dapat terikat ke makanan dalam bentuk alga atau zat tersuspensi sehingga sebagai hewan filter feeder yang mempunyai sifat tidak selektif terhadap bahan makanan dapat memberikan efek kronis pada Daphnia (Geffard, et al., 2008). Pada penelitian Weltens et al. (2000), terjadi 100% mortalitas pada toksisitas akut Daphnia pada kadmium konsentrasi 125 mg/L. Konsentrasi kadmium maksimum yang dapat diterima untuk Daphnia adalah 0,00018 mg/L (Tsui & Wang, 2007). Efek yang sama yang akan terjadi pada Daphnia yang terpapar logam merkuri yaitu terjadi penyumbatan pada saluran gastrointestinal Daphnia dan diikuti dengan rusaknya karapaks. Pada Penelitian Womsiwor & Roosmini (2009), yang melakukan pengujian toksisitas LC50-24 jam pada Daphnia menginformasikan nilai 74,146 % pada limbah industri logam dan bersifat toksik. Konsentrasi merkuri yang dapat memberikan efek 50% mortalitas pada Daphnia adalah 0,000075 mg/L (Tsui & Wang, 2005).

3.3.5. Hasil Pengolahan Lindi yang Melebihi Baku Mutu Pengolahan terhadap Tingkat Toksisitas

Baku Mutu Lindi yang telah ditetapkan Peraturan Menteri LHK No 59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 merupakan peraturan yang telah distandarisasi. Pada pengolahan lindi TPA Piyungan, parameter seperti COD, TSS, N-Total dan merkuri masih melebihi Baku Mutu Lindi. Parameter TSS merupakan penunjuk

konsentrasi padatan tersuspensi dalam efluen. Batasan baku mutu bagi TSS adalah 100 mg/L sedangkan hasil dari parameter TSS efluen pengolahan Lindi TPA Piyungan masih dalam konsentrasi 235 mg/L. Parameter TSS dapat mengurangi penetrasi cahaya dalam air dan dapat mempengaruhi kehidupan air sungai. Daphnia membutuhkan cahaya sebesar 10 – 20 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ dalam perkembangannya (US EPA, 2002). Jenis padatan yang dihasilkan dari pengolahan lindi bersifat kompleks dan dapat diindikasikan bersifat toksik bagi organisme. Bagi organisme filter feeders pada Daphnia tidak dapat menyeleksi makanan sehingga tidak dapat membedakan bahan bersifat toksik (Connel & Miller, 2006).

Tingginya konsentrasi COD dan BOD menunjukkan adanya bahan organik dan anorganik dan bisa saja menjadi penyebab toksisitas dari efluen. Tingginya konsentrasi BOD dan COD mengakibatkan turunnya konsentrasi oksigen terlarut dan berkurangnya kebutuhan oksigen untuk menguraikan bahan dalam efluen secara biologi maupun kimia. Parameter COD pada pengolahan lindi masih melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 300 mg/L sedangkan pengolahan lindi TPA Piyungan 3511 mg/L. Parameter COD yang sangat tinggi mempengaruhi rasio BOD5/COD yang sangat rendah. Nilai tersebut menunjukkan bahwa efluen terdapat dalam bahan organik maupun anorganik yang sulit terurai oleh mikroorganisme. Kualitas lindi pada efluen dapat bersifat toksik bagi mikroorganisme disebabkan rendahnya pengurai senyawa yang terdapat dalam efluen. Sehingga, COD dapat dicurigai sebagai penunjuk segala hal termasuk toksisitas efluen pada Daphnia.

Efluen IPL TPA Piyungan masih berada dalam batas baku mutu kualitas lindi yang telah ditetapkan yaitu pada pH 8. Parameter pH pada kisaran 7,4 sampai 8 atau bersifat basa dan dapat mengidentifikasi peningkatan daya racun ammonium (Womsiwor & Roosmini, 2009). Parameter merkuri pada IPL Piyungan masih melebihi batas baku mutu yang ditetapkan yaitu 0,1015 mg/L dengan batas baku mutu yang ditetapkan adalah 0,005 mg/L. Pengaruh logam berat terhadap Daphnia dapat merusak karapaksnya (Tsui & Wang, 2005). Dengan demikian, nilai toksisitas akut sebesar 0,482% dan 2,752% pada hasil influen dan efluen pada hasil pengolahan lindi IPL TPA Piyungan. Beberapa parameter seperti COD, TSS, N-Total, dan merkuri yang masih melebihi baku mutu. Tidak menutup kemungkinan bagi senyawa atau unsur yang tidak diatur dalam standar provinsi ini menjadi dapat mempengaruhi toksisitas efluen IPL pada organisme uji.

4. Kesimpulan

Bedasarkan hasil analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini, kesimpulan yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut.

1. Efektivitas pengolahan lindi TPA Piyungan pada parameter berturut-turut TSS 56 %; BOD 82 %;

COD 0 %; TN 41,67%; dan Hg 14 %. Hasil efektivitas pengolahan lindi tersebut tidak mempengaruhi peningkatan perbaikan kualitas lindi yang disesuaikan Peraturan Menteri LHK No 59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 masih melebihi baku mutu yang telah ditetapkan kecuali parameter BOD.

2. Toksisitas lindi TPA Piyungan dikategorikan Very High Acute Toxicity pada influen dan High Acute Toxicity efluen IPL Piyungan. Kematian 50% populasi daphnia untuk contoh uji influen IPL Piyungan sebesar 0,482% dengan Toxic Unit acute (TUa) sebesar 203,33. Untuk contoh uji efluen IPL Piyungan sebesar 2,752% dengan Toxic Unit acute (TUa) sebesar 36,33.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M., Subagio, B., Rianto, E., Purbowati, E., Purnomowadi, A., & Dwiloka, E. (2005). Residu Logam Berat Pada Sapi Potong Yang Dipelihara Di TPA Jatibarang, Kota Semarang Pascaproses Eliminasi Selama 90 Hari. *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*, 1-8.
- Ayu, A., & Roosmini, D. (2014). Uji Toksisitas Akut Pada IPAL Terpadu Kawasan Industri Tekstil Terhadap Daphnia magna di Dayeuhkolot. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 20 (2), 109-119.
- Aziz, S., Aziz, H., Yusoff, M., Bashir, M., & Umar. (2010). Leachate Characterization in Semi-aerobic and Anaerobic Sanitary Landfills: A Comparative Study. *Journal Environmental Management*, 91 (12), 2608-2614.
- Barata, C., D., S., & M, R. (2006). Toxicity of Binary Mixtures of Metals and Pyrethroid Insecticides of Daphnia magna. Implications for Multisubstance Risk Assessment. *Aquatic Toxicity*, 78 (1), 1-14.
- Bhalla, B., Saini, M., & Jha, M. (2012). Characterization of Leachate from Municipal Solid Waste (MSW) Landfilling Sites of Ludhiana India: A comparative Study. *International Journal of Engineering Research and Application*, 2(6), 732-745.
- Brennan, R., Clifford, E., Devroedt, C., Morrison, L., & Healy, M. (2016). Treatment of Landfill Leachate in Municipal Wastewater Treatment Plants and Impacts on Effluent Ammonium Concentrations. *Journal of Environmental Management* 188, 64-72.
- Connel, D. W., & Miller, G. J. (2006). *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran (terjemah oleh Yanti Koestoer)*. Jakarta: UI Press.
- Ebert, D. (2005). *Ecology, Epidemiology, and Evolution of Parasitism in Daphnia*. Bethesda, US: National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information.
- Fatmawinira, Suyani, H., & Alif, A. (2015). Analisis Sebaran Logam Berat Pada Aliran Air dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Air Dingin. *Jurnal Riset Kimia*, 8(2), 101-107.
- Geffard, O., Geffard, A., Chaumot, A., Vollat, B., Tusseau-Vuillemin, M.-H., & Garric, J. (2008). Effects Of Chronic Dietary and Waterbone Cadmium Exposure on the Contamination Level and Reproduction Of Daphnia magna. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27(5), 1128-1134.
- Ghosh, P., Thakur, I. S., & Kaushik. (2017). Bioassays for Toxicological Risk Assessment of Landfill Leachate: A Review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 141, 259-270.
- Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). *What A Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. Washington, DC. USA: Urban Development & Local Government Unit World Bank.
- Kahar, A. (2017). Perpindahan Massa Fase Cari pada Pengolahan Lindi TPA Sampah Kota dalam Bioreaktor Anaerobik. *Disertasi*. Surabaya: Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kapelewska, J., Urszula, K., Joanna, K., Alexander, A., Piotr, Z., Jolanta, S., & Karolina, A. (2019). Water Pollution Indicators and Chemometric Expertise for The Assessment of The Impact of Municipal Solid Waste Landfills On Groundwater Located in Their Area. *Chemical Engineering Journal*, 359, 790-800.
- Kasam. (2011). Analisis Resiko Lingkungan pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah (Studi Kasus: TPA Piyungan Bantul). *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 3 (1), 19-30.
- Kim, H., Koedrith, P., & Seo, Y. (2015). Ecotoxicogenomic Approaches for Understanding Molecular Mechanisms of Environmental Chemical Toxicity Using Aquatic Invertebrate, Daphnia Model Organism. *Molecular Sciences*, 16, 12261-12287.
- Naveen, B., Sivapullaiah, P., Sitharam, T., & Ramachandra, T. (2014). Characterization of Leachate Form Municipal Landfill and Its Effect On Surrounding Water Bodies. *Conference on Conservation and Sustainable Management of Wetland Ecosystems*, 1-8.
- Noerfitriyani, E., Hartono, D., Moersidik, S., & Gusniani, I. (2018). Leachate characterization and performance evaluation of leachate treatment plant in Cipayung landfill, Indonesia. *Earth and Environmental Science* 106, 1-6.
- Nurhasanah, Darusman, L., Sutjahjo, S., & Lay, B. (2011). Efektivitas Pemberian Udara Berkecepatan Tinggi Dalam Menurunkan Polutan Leachate TPA Sampah: Studi Kasus Di TPA Sampah Galuga Kota Bogor. *Forum Pascasarjana*, 34(1), 63-76.
- Pattiwael, M., Mangindaan, R., Prabowo, R., & Rumengan, I. (2013). Acute and Chronic Effect of Cyaniade on Survival Rate, Behavior, and Reproduction of Daphnia sp. *Aquatic Science & Management*, 1(1), 52-56.
- PERMEN LHK NO.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016. (2016). *Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah*. Indonesia: Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Purwanta, W., & Susanto, J. (2017). Laju Produksi dan Karakterisasi Polutan Organik Lindi dari TPA Kaliwlingi, Kabupaten Brebes. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18 (2), 157-164.
- Sanchez-Meza, J. C., Pacheco-Salazar, V. F., Pavon-Silva, T. B., Guierrez-garcia, V. G., & Avila-Gonzalez, C. D. (2007). Toxicity Assessment of a Complex Industrial Wastewater using Aquatic and Terrestrial Bioassays Daphnia pulex and Lactuca sativa. *Journal of Environmental Science and Health*, 42(10), 1425-1431.
- Tarigan, M., & Edward. (2003). Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara. *Makara, Sains*, 109-119.
- Tsui, M., & Wang, W.-X. (2005). Multigenerational Acclimation of Daphnia to Mercury: Relationships Between Biokinetics and toxicity. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(11), 2927-2933.
- Tsui, M.-K., & Wang, W.-X. (2007). Biokinetics And Tolerance Development Of Toxic Metals In Daphnia Magna.

- Environmental Toxicology and Chemistry*, 26(5), 1023–1032.
- US EPA. (2000). *Method Guidance and Recommendations for Whole Effluent Toxicity (WET) Testing*. United States: Environmental Protection Agency.
- US EPA. (2002). *Methods for Measuring The Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organism*. Washington DC: Environmental Protection Agency.
- US EPA. (2010). *Toxic Training Tool*. United States: Environmental Protection Agency.
- Weltens, R., Goossens, R., & Puymbroeck, S. V. (2000). Ecotoxicity of Contaminated Suspended Solids for Filter Feeders (*Daphnia magna*). *Archives Of Environmental Contamination and Toxicology*, 315-323.
- Womsiwor, I., & Roosmini, D. (2009). Analisis Toksisitas Akut Efluen Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri di Kota Cimahi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 15(1), 29-37.
- Yang, Y., Yue, B., Yang, Y., & Huang, Q. (2011). Influence of Semi-aerobic and Anaerobic Landfill Operation with Leachate Recirculation on Stabilization Processes. *Waste Management & Research*, 30(3), 255–265.
- Yenita, R., & Siprana, A. (2015). Pengaruh Parameter Fisika dan Mikrobiologi Leachet terhadap Kesehatan Lingkungan di TPA Muara Fajar Rumbai Pekanbaru. *Jurnal Kesehatan Komunitas*, (3)1, 4-7.
- Yoshida, M., Sothom, A., Souissi, N., Bousselmi, L., Jedidi, N., Ghrabi, A., & Ferchichi, M. (2002). Characterization of Leachate from Henchir El Yahoudia Closed Landfill. *the Water, Waste, and Environment Research*, 1(2), 1-9.