BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Air Lindi

Lindi *(leachate)* adalah cairan yang meresap melalui tumpukan sampah dengan membawa materi terlarut atau tersuspensi terutama hasil proses dekomposisi materi sampah termasuk juga materi organik hasil proses dekomposisi biologis (Tchobanoglous & Theisen, 1993). Kandungan lindi pada *landfill* tergantung pada lokasi *landfill*, usia *landfill* dan kondisi cuaca (Kjeldsen, et al., 2002). Kandungan bahan organik merupakan komponen pencemar utama pada air lindi (Eldyasti, et al., 2010).

Seiring bertambah usia lindi maka akan semakin meningkat kadar organik pada suatu lindi yang mengakibatkan komposisinya menjadi kompleks dan lindi semakin sulit untuk diolah (Abbas, et al., 2009). Selain mengandung bahan organik dan anorganik yang tinggi, lindi mengandung logam berat seperti Hg, Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn, dan Mn (Connell & Miller, 1995). Karakteristik lindi dapat dilihat pada tabel 2.1 berdasarkan proses degradasi didalam *landfill* yang terdiri atas fase awal (0-5 tahun), fase pembentukan asam (5-10 tahun), fase fermentasi metan (10-20 tahun) dan fase maturasi akhir (>20 tahun) (Pajooh, et al., 2017).

Karakteristik lindi tersebut membuat lindi bersifat toksik dikarenakan mengandung bahan organik tinggi dan logam berat yang berpotensi menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan yang terjadi seperti pencemaran udara, pencemaran air tanah, pencemaran air permukaan, penurunan jumlah flora dan fauna air. Selain pencemaran lingkungan, dapat berdampak terhadap tingkat kesehatan masyarakat dan juga estetika lingkungan. Hal ini disebabkan oleh sifat lindi yang mengandung zat berbahaya dan menyebar pada beberapa komponen lingkungan seperti air tanah maupun air permukaan. Air yang

terkontaminasi ini lalu dimanfaatkan oleh masyarakat maupun makhluk hidup lainnya (Siswoyo, et al., 2011).

Tabel 2. 1. Karakteristik Lindi

Parameter	<1 tahun	1-5 tahun	>5 tahun
pH	<6,5	6,5-7,5	>7,5
COD (mg/L)	>15000	3000-15000	<3000
BOD5/COD	0,5-1,0	0,1-0,5	<0,1
NH3-N(mg/L)	<400	400	>400
Logam Berat (mg/L)	>2	<2	<2
Senyawa Organik	80% VFA	(5-30) %VFA+HA+FA	HA+FA

Sumber : (Pajooh, et al., 2017)

Untuk mengontrol kandungan lindi yang akan dibuang ke lingkungan, maka pihak yang bertanggung jawab harus memenuhi standar yang ada yaitu tertera pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 59 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah. Baku mutu air lindi dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2. 2. Baku Mutu Air Lindi

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	pH	-	6-9
2	BOD	mg/ L	150
3	COD	mg/ L	300
4	TSS	mg/ L	100
5	Nitrogen Total	mg/ L	60
6	Merkuri	mg/ L	0,005
7	Kadmium	mg/ L	0,1

Sumber: (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2016)

Selain itu, terdapat peraturan Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta No 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah yang berisi baku mutu air limbah untuk kegiatan TPA sampah. Baku mutu tersebut dapat dilihat pada tabel 2.3. berikut:

Tabel 2. 3. Baku Mutu Kegiatan TPA Sampah

No	Parameter	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (Kg/Ton)
1	Suhu	± 3°C terhadap suhu udara	
2	BOD	100	-
3	COD	300	-
4	TDS	2000	-
5	TDS	100	-
6	Merkuri	0,05	-
7	Seng	5	-
8	Besi	2	-
9	Krom Total	0,5	-
10	Tembaga	0,5	-
11	Timbal	0,1	-
12	pH	6,0 – 9,0	
13	Debit limbah paling banyak	-	

Sumber: (Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta No 7, 2016)

Untuk memenuhi standar baku mutu yang berlaku, maka pengolahan lindi pada suatu Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sangat penting. Untuk mengolah air lindi dengan konsentrasi zat organik tinggi, maka proses pengolahan dengan cara biofilter secara anaerob dan *wetland* dirasa tepat untuk mengolah lindi. Proses biofilter anaerobik dilakukan dengan cara mengalirkan air lindi ke reaktor biologis yang berisi media penyangga untuk perkembangbiakan mikroorganisme tanpa menggunakan oksigen (Herlambang, et al., 2002).

Tingkat efektivitas biofilter ini bergantung pada luas kontak antara air lindi dengan mikroorganisme yang ada pada permukaan media filter. Secara teori, semakin luas suatu bidang kontak yang ada, maka tingkat efisiensi penurunan zat

organiknya yaitu BOD semakin besar. Selain menurunkan kadar BOD dan COD , dengan melakukan pengolahan dengan cara ini dapat mengurangi konsentrasi padatan tersusupensi, amonium, dan fosfor (Herlambang, et al., 2002). Selain biofilter dilakukan juga sistem *wetland* yang merupakan suatu sistem secara alami menggunakan tumbuhan, didalam aktivitas *wetland* terjadi aktivitas pengolahan filtrasi, transfer gas, sedimentasi, adsorpsi, dan aktivitas mikroorganisme dalam tanah (Metcalf & Eddy, 2014).

2.2. Toksisitas

Uji toksisitas dapat diartikan uji kemampuan racun (molekul) untuk menimbulkan kerusakan apabila masuk ke dalam tubuh dan lokasi organ yang rentan terhadapnya. Uji toksisitas merupakan suatu cara yang cukup representatif untuk mengestimasi besarnya bahaya yang di timbulkan oleh air lindi (Soemirat, 2005). Uji toksisitas ini merupakan gambaran dari efek suatu bahan pada organisme yang dipilih. Uji toksisitas biasanya mengukur proporsi organisme yang terpengaruh akibat terpapar konsentrasi tertentu suatu bahan kimia, limbah, lindi, ataupun air penerima (Hall & Golding, 1998).

Ada dua jenis toksisitas dasar yaitu akut dan kronis. Pada uji toksisitas akut dilihat efek pada suatu organisme atas paparan yang relatif jangka pendek terhadap rentang kehidupan organisme. Uji toksisitas akut ini biasanya berjalan selama 24 hingga 96 jam. Dalam uji toksisitas akut, titik akhir yang paling umum diukur adalah mortalitas, dengan hasil umumnya dilaporkan sebagai % kematian pada konsentrasi tertentu atau LC50. Uji toksisitas kronis ini menggambarkan efek jangka panjang terkait perubahan metabolisme, pertumbuhan , reproduksi, ataupun kemampuan bertahan hidup suatu organisme yang di uji. Uji toksisitas kronis ini umumnya lebih sensitif daripada uji toksisitas akut. Pada tes ini, hasil akhirnya dilihat pertumbuhan, jumlah atau % embrio untuk perkembangan, atau jumlah larva yang bertahan hidup dan tumbuh secara normal (Rand & Petrocelli, 1985).

Lethal Concentration 50 (LC 50) adalah konsentrasi bahan dalam air yang diperkirakan menyebabkan 50% dari populasi organisme yang diuji mati. Parameter ini sering digunakan jika suatu organisme dipaparkan terhadap

konsentrasi bahan tertentu dalam air atau udara yang dosisnya tidak diketahui (Hall & Golding, 1998).

2.3. Metode *Whole Efluen Toxicity* (WET)

Whole Efluen Toxicity didefinisikan sebagai efek berbahaya atau toksisitas bagi populasi organisme perairan yang disebabkan paparan efluen. Toksisitas ini dapat diuji di laboratorium dengan memaparkan efluen kepada organisme dengan uji WET. Uji WET digunakan untuk mengukur efek kombinasi dari seluruh senyawa di dalam efluen (SETAC, 2004). Pada intinya, WET memungkinkan untuk menghitung toksisitas dari sumber yang tidak berkarakterisasi dan bisa menunjukkan tingkat toksisitasnya melalui organisme akuatik (Ra, et al., 2006).

Jika dibandingkan dengan analisa kimia saja, metode WET memiliki kelebihan yaitu dapat mengukur efek biologi dari zat kimia didalam limbah cair (Yi, et al., 2009). Kekurangan dari metode ini adalah tidak ada penilaian terhadap sifat bahan kimia tertentu ataupun mengidentifikasi komponen toksk tertentu. WET hanya mengukur efek langsung suatu bahan toksik terhadap ketahanan dan pertumbuhan organisme (Hall & Golding, 1998).

Ada 3 cara dalam pengujian WET yaitu uji *static non renewal*, uji *static renewal*, dan uji *flow through*. Pada pengujian *static non renewal*, hewan uji dipaparkan pada larutan uji yang sama selama durasi pengujian. Sedangkan pada *static renewal*, hewan uji dipaparkan pada larutan baru dengan konsentrasi contoh uji yang sama setiap 24 jam (US EPA, 2002).

Manual metode WET menyarankan serangkaian pengenceran air limbah yaitu 6,25%; 12,5%; 25%; 50%; dan 100%. Pengenceran ini dilakukan terlebih dahulu apabila hanya sedikit informasi yang diketahui terkait air limbah. Seri pengenceran ini penting untuk dilakukan agar memperoleh hasil yang tepat dan dapat diandalkan. Serangkaian pengenceran yang tepat dapat digunakan untuk mengidentifikasi secara akurat hubungan konsentrasi-respon serta meningkatkan ketepatan perkiraan konsentrasi efek dari hubungan tersebut (US EPA, 2000).

2.4. Hewan Uji Ikan Nila *(Oreochromis niloticus)*

Biomarker merupakan respon secara biologis suatu hewan terhadap pencemaran lingkungan. Biomarker ini sebagai alat deteksi dini untuk monitoring lingkungan perairan yang terkontaminasi (Hanson & Larsson, 2007). Biomarker pada ikan berfungsi untuk mengevaluasi beban pencemaran di lingkungan. Ikan dapat digunakan sebagai organisme biomarker karena hampir terdapat di setiap ekosistem akuatik dan peka terhadap perubahan lingkungan. Selain itu, ikan juga berperan penting dalam ekosistem akuatik dan termasuk dalam rantai makanan (Blust, 2002).

Ada 2 jenis hewan uji yang umum digunakan pada uji toksisitas dengan metode WET yaitu organisme air tawar dan air laut. Untuk memutuskan menggunakan organisme air tawar atau air laut dapat dilihat dari tempat lokasi pembuangan, jenis limbah yang dibuang yang berasal dari pengolahan dan kepekaan organisme uji terhadap bahan toksik secara relatif. Hewan uji yang direkomendasikan yaitu menggunakan hewan uji air tawar, air laut, tanaman seperti alga hijau, invertebrata dan vertebrata (Hall & Golding, 1998).

Hewan uji yang akan digunakan adalah ikan nila *(Oreochromis niloticus)* yang dalam klasifikasi hewan termasuk satu kelas dengan ikan mas yang banyak digunakan sebagai hewan uji toksisitas (Zatta, 2008). Ikan nila *(Oreochromis niloticus)* mudah berkembang biak, pertumbuhannya yang cepat, mengahasilkan anak yang banyak, ukuran badan relatif besar, tahan penyakit, sangat mudah beradaptasi dengan lingkungan, relatif murah harganya, serta tidak memerlukan pakan khusus. Namun selain beberapa kelebihan ikan nila jika dibandingkan beberapa jenis ikan air tawar lainnya, nila termasuk ikan yang agak sensitif dan membutuhkan perhatian yang lebih besar agar hasilnya optimal. Kenyamanan lingkungan kolam merupakan salah satu faktor keberhasilan pembesaran ikan jenis ini (Saman, 2015).

Selain itu, ikan nila *(Oreochromis niloticus)* dapat menunjukkan reaksi terhadap perubahan fisik pada air ataupun terhadap suatu senyawa pencemar yang terlarut dalam konsentrasi tertentu. Ikan nila *(Oreochromis niloticus)* juga peka terhadap berbagai zat pencemar pada perairan tawar. Dengan hal itu, dapat

mempermudah untuk mengetahui dampaknya terhadap tubuh ikan (Krizkova, et al., 2007).

Ikan nila memiliki penyebaran yang luas karena bersifat euryhaline (Agah, et al., 2009). Penggunaan ikan nila sebagai organisme dalam uji toksisitas memberikan dampak penting, uji toksisitas ini dilakukan untuk mengetahui efek letal suatu senyawa toksik. Pengamatan efek letal untuk mengetahui kematian ikan nila sebagai hewan uji akibat konsentrasi senyawa kimia tertentu yang terkandung dalam suatu air limbah (Al-Attar, 2005).

Habitat ikan nila *(Oreochromis niloticus)* yaitu danau, sungai, waduk, rawa , sawah dan perairan tawar lainnya.. Suhu yang normal untuk ikan nila adalah $22^{O}C$ – $37^{O}C$ untuk proses pemijahan, untuk proses pertumbuhan dan perkembangbiakan nila hidup pada suhu optimum $25^{O}C$ - $30^{O}C$ (Saman, 2015).

Gambar 2.1. Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

(Kurniawan, 2006)

Siklus hidup ikan nila hitam kelas benih sebar terdiri dari larva (ukuran 0,6 cm-0,7 cm), kebul (ukuran 1 cm-3 cm), gabar (ukuran 3 cm-5 cm), belo (ukuran 5 cm-8 cm) dan sangkal (ukuran 8 cm-12 cm) yang berasal dari induk pokok, yang memenuhi standar mutu kelas benih sebar dan telah teruji keunggulannya dan yang

akan digunakan sebagai hewan uji adalah pada fase kebul dengan ukuran 1-3 cm dengan umur 20 hari sejak telur menetas (SNI 01-6141, 1999).

2.5. Penelitian Terdahulu

Berikut ini beberapa penelitian yang berkaitan dengan pengujian toksisitas yang pernah dilakukan:

Tabel 2. 4. Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Hasil
1	Saman, 2015	Air lindi Tempat Pembuangan Akhir Piyungan Bantul bersifat toksik terhadap ikan nila hitam (*Oreochromis niloticus* Trewavas). Konsentrasi air lindi yang menyebabkan ikan nila hitam (*Oreochromis niloticus* Trewavas) dalam waktu 24 jam adalah konsentrasi 25% sampai dengan 100%.
2	Faradisha, et al., 2015	Nilai LC_{50} pada *efluen* pengolahan lindi TPA Muara Fajar adalah 3,595% dan nilai TUa *(Toxicity Unit area)* sebesar 27,81. Hal ini menunjukkan bahwa *efluen* Unit Pengolahan Lindi TPA Muara Fajar masuk dalam klasifikasi besar yang menyebabkan toksisitas akut.
3	Pratiwi, 2014	Konsentrasi air lindi berpengaruh terhadap mortalitas ikan mas (C.carpio), konsentrasi air lindi 2,5 % yang berasal dari TPA Ngipik dapat menyebabkan mortalitas 100% selama 96 jam.
4	Istoto & Dewi, 2013	Derajat toksisitas (LC50 – 96 jam) *leachate* terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) sebesar 2,1% ketika musim kemarau dan LC50 – 96 jam saat musim penghujan sebesar 2,5%.
5	Pivato & Gspari, 2006	Tes laboratorium ekotoksikologi telah mengkonfirmasi bahwa toksisitasnya dari lindi sangat bergantung pada konsentrasi amonia, dan toksisitasnya jauh lebih rendah tempat pembuangan akhir yang berkelanjutan dimana amonia terdegradasi.
6	Wong, 1989	Eksperimen ini menunjukkan bahwa lindi yang dikumpulkan pada bulan Juli kurang beracun dari pada lindi yang dikumpulkan pada bulan Maret karena ada perbedaan curah hujan. Percobaan ini

No	Penulis	Hasil
		menunjukkan efek buruk dari lindi *landfill* pada ikan air tawar.
7	Atwater, et al., 1983	Hasil uji toksisitas diperoleh dengan menggunakan pulpa Daphnia yang merupakan indikator baik uji toksisitas lindi. Analisis regresi menunjukkan bahwa zinc berperan sangat penting sebagai penentu toksisitas daphnia.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang dilakukan diduga bahwa lindi memiliki tingkat toksisitas yang tinggi yang dapat membahayakan ekosistem makhluk hidup disekitarnya.