

UPTAKE Pb LIMBAH CAIR INDUSTRI KERTAS OLEH LELE DUMBO (*Clarias gariepenus*) DAN ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes*)

Sri Yulina Wulandari

Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas
Diponegoro Semarang Telp/Faks 0247474698

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui laju akumulasi Pb baik oleh lele dumbo (*Clarias gariepenus*) maupun eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dan laju penurunan kandungan Pb dalam limbah industri pulp dan kertas.

Penelitian ini merupakan eksperimen laboratoris. sejumlah 18 buah akuarium diisi 10 liter campuran air tawar dan limbah cair industri dengan sebanyak 40% volume campuran merupakan air limbah industri pulp dan kertas. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa kandungan Pb dalam lele dumbo dan eceng gondok meningkat selama perlakuan. Kandungan Pb pada bagian kepala lele dumbo lebih besar dengan aerasi daripada yang terdapat dalam bagian tubuhnya tanpa aerasi. Kandungan Pb dalam eceng gondok dengan aerasi juga lebih besar dari pada tanpa aerasi. Adapun kandungan Pb dalam media berisi air limbah mengalami penurunan selama perlakuan. Kandungan Pb lebih besar terdapat air limbah dengan aerasi dibandingkan tanpa aerasi

Kata Kunci: Uptake Pb, limbah cair industri kertas, *Clarias gariepenus*, *Eichornia crassipes*.

Abstract

The aims of this research was to study accumulation rate of Pb in both King Cat Fishes (*Clarias gariepenus*) and waterhyacinth (*Eichornia crassipes*), so was decreasing rate of Pb in waste water of pulp and paper industry.

This research was experimental laboratorism. Eighteenth glass wessel were filled 10 litres the mixture of pulp and paper waste water and fresh water whereas 40% volume of pulp and paper waste water. The result sowed that Pb heavy metal content in both King Cat Fishes and waterhyacinths increased by time treatment. Pb content in head of fishes was greater by aeration than that in body of fishes without aeration. Pb content in waterhyacinths was greater by aeration than that without aeration. Pb content in waste water decreased by time treatment. The decreasing rate of Pb in waste water was greater by aeratin than that without aeration.

Key words: Uptake Pb, waste water, pulp and paper industry, King Cat Fish, waterhyacinth

Pendahuluan

Industri kertas menggunakan bahan organik dan anorganik dalam proses produksinya. Logam berat Pb dan persenyawaannya terkandung dalam bahan pewarna yang digunakan oleh industri pulp dan kertas. Hal ini dibuktikan oleh penulis melalui uji pendahuluan yang menemukan kandungan logam berat Pb dalam limbah cairnya. Menurut Darmono (1995), logam berat Pb mempunyai sifat tidak dapat diregulasi oleh organisme air (termasuk ikan lele dumbo) sehingga akan terus menerus terakumulasi dalam tubuh organisme tersebut. Dikatakan, logam berat Pb bersifat toksik bagi organisme tersebut. Air limbah yang mengandung Pb, apabila dibuang ke dalam lingkungan akan membahayakan bagi kegiatan perikanan, pertanian maupun perkebunan. Pada akhirnya akan membahayakan kesehatan manusia sebagai konsumen akan hasil-hasil perikanan, pertanian dan perkebunan.

Lele dumbo (*Clarias gariepinus*) banyak dibudidayakan masyarakat. Di samping mudah pemeliharaannya, juga mempunyai nilai gizi dan ekonomis yang tinggi. Ikan ini masih dapat hidup dalam kondisi air yang jelek, keruh, miskin oksigen seperti air genangan, air limbah atau buangan. Hal ini disebabkan ikan lele memiliki alat pernafasan tambahan disamping insang. Alat pernafasan tersebut tidak berupa labirin melainkan hanya beberapa lipatan kulit tipis yang menyerupai spons (*aborescent*) yang terdapat dalam rongga serta melekat di atas rongga insang. Termasuk jenis ikan pemakan

segala, yang mencari makan pada saat kondisi lingkungan tempat hidupnya adalah gelap atau malam hari (Sutomo, 1996).

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan gula air. Keberadaan eceng gondok melimpah dan mudah diketemukan. Eceng gondok menjadi faktor penyebab terjadinya sedimentasi pada daerah aliran sungai. Hal ini disebabkan eceng gondok mempunyai sifat mampu menyerap materi baik pupuk maupun senyawa hasil penguraian bahan organik pencemar. Materi yang berasal dari limbah industri maupun limbah domestik yang dibuang ke dalam badan perairan kan diserap oleh eceng gondok sehingga kadar cemaran dalam badan perairan menjadi berkurang. Akar-akar serabut eceng gondok mampu mengabsorpsi dan mengadsorpsi senyawa anorganik termasuk logam berat Pb dalam air limbah (Tjitrosudirjo, 1975; Widyanto, 1980; Tanjung, 1994).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui:

1. Laju akumulasi logam berat Pb dalam ikan lele dumbo yang dipelihara dalam air limbah industri kertas dengan dan tanpa eceng gondok, baik dengan aerasi maupun tanpa aerasi.
2. Laju akumulasi logam berat Pb dalam eceng gondok yang dipelihara dalam air limbah industri kertas dengan dan tanpa lele dumbo, baik dengan aerasi maupun tanpa aerasi.
3. Pengaruh penggunaan eceng gondok terhadap kualitas air limbah industri kertas baik dengan perlakuan aerasi maupun tanpa aerasi.

Materi dan Metode

Bahan penelitian berupa ikan lele dumbo yang berumur 60 hari dengan panjang antara 5 sampai 7,5 cm, eceng gondok dengan lebar daun 7 – 8 cm, serta campuran air limbah pabrik kertas dengan air sumur dengan kadar limbahnya 40% volume.

Peralatan utama yang digunakan adalah akuarium kaca berukuran 30x25x25 cm sebanyak 18 buah.

Ikan lele dumbo dipindahkan dari lingkungan asal ke dalam air pemeliharaan di laboratorium untuk diaklimasi selama 10 hari. Selama pemeliharaan, jika ada ikan yang mati segera diambil dan dibuang. Ikan diberi makan pelet sebanyak 2 – 3% dari total berat ikan per hari. Sehari sebelum uji pendahuluan dilakukan, ikan tidak diberi makan. Uji pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan kisaran konsentrasi LC_{50-96} yang sesungguhnya. Hal ini dimaksudkan untuk menentukan konsentrasi limbah yang menyebabkan kematian hewan uji sebanyak 50% selama 96 jam (Pascoe, 1983).

Dalam uji pendahuluan, media uji adalah air sumur yang dicampur dengan air limbah pabrik kertas dengan konsentrasi 0% v (kontrol), 20% v, 40% v, 60% v, 80% v, 100% v. Dari analisis pendahuluan untuk air sumur tidak mengandung logam berat Pb, adapun dalam limbah cair industri kertas diketahui mengandung logam berat sebesar 0,1 ppm.

Masing-masing akuarium diisi dengan campuran air limbah sebanyak 10 liter sesuai dengan konsentrasi uji (2 kali ulangan).

Selanjutnya ke dalam setiap bak dimasukkan ikan lele dumbo sebanyak 10 ekor. Mortalitas lele diamati setiap 24 jam. Uji pendahuluan dilakukan pula terhadap eceng gondok. Dalam hal ini ikan lele dumbo diganti dengan eceng gondok dengan jumlah daun sebanyak 7 helai. Dari 0 jam hingga 96 jam diamati perubahan yang terjadi pada daun eceng gondok. Berhubung mortalitas ikan tidak diperoleh, maka uji selanjutnya menggunakan konsentrasi air limbah yang hingga akhir 96 jam daun eceng gondok masih baik (tidak layu).

Hasil dari uji pendahuluan diketahui bahwa kondisi daun eceng gondok masih baik pada konsentrasi limbah 40%. Pada uji sesungguhnya, kisaran konsentrasi limbah yang digunakan dipersempit, yaitu 30% v, 35% v, 40% v, 45% v, 50% v, 55% v (2 kali ulangan). Dari pengamatan diketahui, pada konsentrasi limbah 40% v daun eceng gondok masih baik dan tampak masih segar.

Langkah - langkah uji sesungguhnya sebagai berikut:

1. Akuarium sebanyak 18 buah masing-masing diisi dengan 6 liter air sumur yang dicampur dengan 4 liter air limbah pabrik kertas. Akuarium tersebut dibagi menjadi 3 kelompok (termasuk ulangan). Kelompok I adalah perlakuan dengan lele dumbo, kelompok II merupakan perlakuan dengan eceng gondok, kelompok III adalah perlakuan dengan lele dumbo-eceng gondok. Baik kelompok I, II dan III sebagian (masing-masing 3 bejana) di aerasi, sedangkan sisanya tanpa aerasi.

2. Lele dumbo sebagai hewan uji dimasukkan dalam akuarium/bejana kelompok I dan III. Setiap bejana diisi 10 ekor ikanm (total berat ikan 10 gram/akuarium). Eceng gondok dengan jumlah daun 7 helai setiap akuarium, dimasukkan ke dalam bejana (akuarium) kelompok II dan III. Selama perlakuan ikan tidak diberi makan.

3. Setiap perlakuan diamati dan dicatat mortalitas ikannya setiap 24 jam. Analisis kandungan Pb dilakukan terhadap air media, lele dumbo dan eceng gondok. Analisis Pb selain dilakukan pada waktu 0 jam (sebelum penelitian), juga dilakukan setelah 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam (akhir penelitian). Untuk analisis kadar Pb pada ikan dan eceng gondok, masing-masing bejana diambil seluruh sampelnya. Ikan dipotong bagian kepalanya agar terpisah dari tubuhnya. Masing-masing bagian dihaluskan dan dihomogenkan. Demikian pula dengan eceng gondok. Semua eceng gondok dalam setiap bejana diambil dan tiriskan. Selanjutnya seluruh bagian eceng gondok diekstraksi dengan ditison.Selanjutnya dianalisis kadar ion Pb nya dengan menggunakan atomic absorption spctro photometer (AAS). Penetapan kadar Pb juga dilakukan juga dilakukan terhadap air limbah, lele dumbo maupun eceng gondok sebelum digunakan untuk penelitian.

4. Setelah 96 jam, di analisis kualitas air medianya di laboratorium. Parameter yang diukur meliputi: DO, BOD, COD, TSS, pH dan CO₂, suhu, nitrat N-NH₃,fosfat. Pengukuran parameter tersebut juga dilakukan terhadap air limbah

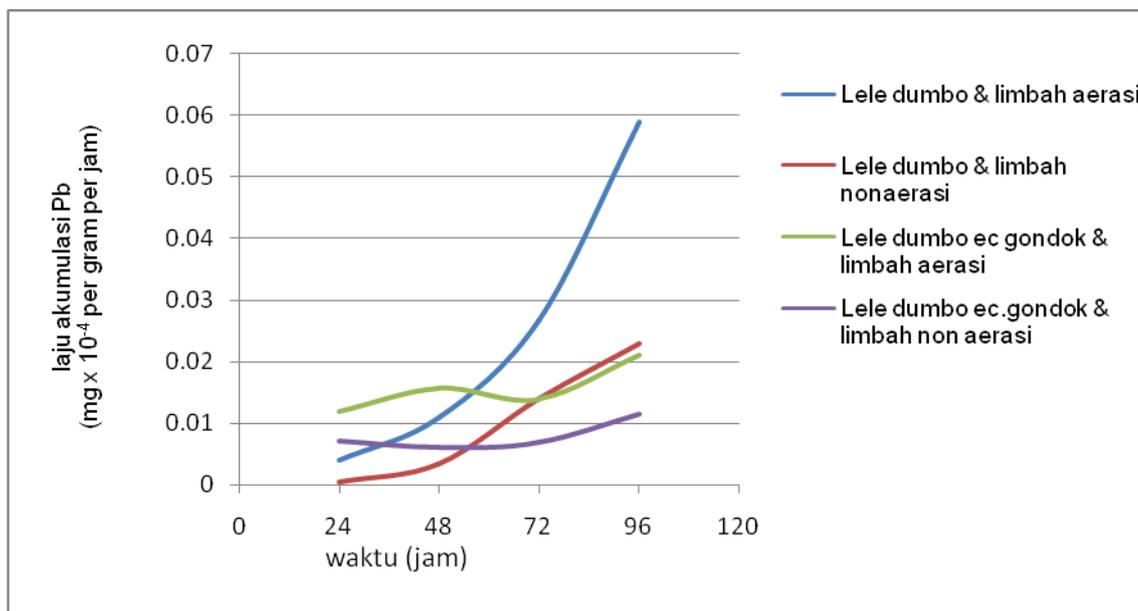
sebelum, digunakan untuk uji sesungguhnya. .

5. Penentuan bio mass dilakukan dengan megambil sejumlah tertentu eceng gondok, kemudian ditimbang. Setelah itu dikeringkan dan ditimbang kembali sampai diperoleh berat yang konstan (sebagai berat kering. .

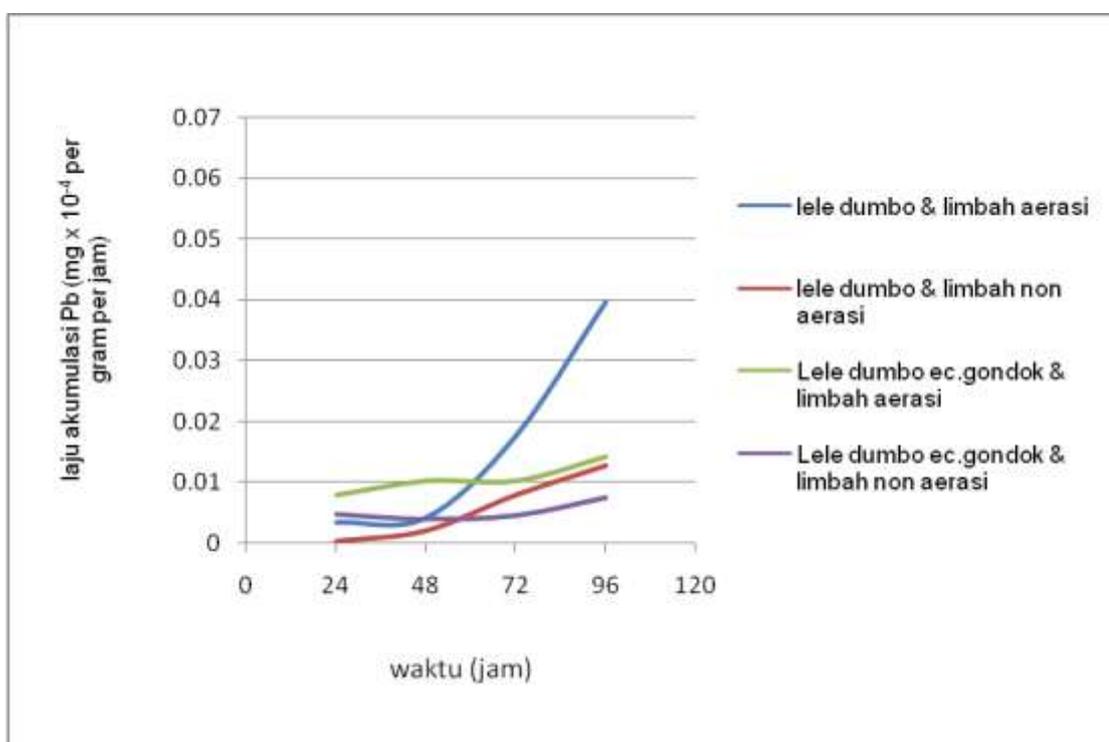
Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, dari 0 jam sampai 96 jam kandungan logam berat Pb rata-rata dalam lele dumbo baik yang terdapat pada bagian kepala maupun bagian tubuhnya menunjukkan peningkatan baik dengan aerasi maupun tanpa aerasi. Uptake Pb pada ikan lele dumbo dengan aerasi lebih besar dari pada tanpa aerasi. Sebagaimana yang terdapat dalam tabel 1, bahwa laju akumulasi logam berat Pb pada perlakuan lele dumbo-limbah diketahui sebesar $0,0588 \times 10^{-4}$ mgram per gram bagian kepala ikan per jam dengan aerasi, dan $0,0229 \times 10^{-4}$ mgram per gram bagian kepala per jam tanpa aerasi. Untuk bagian tubuh ikan, laju uptake Pb sebesar $0,0396 \times 10^{-4}$ mgram per gram bagian tubuh ikan per jam dengan aerasi dan $1,0127 \times 10^{-4}$ mgram per gram bagian tubuh per jam tanpa aerasi. Pada perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah, laju akumulasi Pb pada ikan lele dumbo sebesar $0,021 \times 10^{-4}$ mgram per gram bagian kepala per jam dengan aerasi, dan sebesar $0,0114 \times 10^{-4}$ mgram per gram bagian kepala per jam tanpa aerasi. Adapun untuk bagian tubuh ikan, laju akumulasi Pb sebesar $0,0143 \times 10^{-4}$ mgram per gram bagian tubuh per jam dengan aerasi,

dan sebesar $0,0075 \times 10^{-4}$ mgram per gram bagian tubuh per jam tanpa aerasi (gambar 1 dan 2).



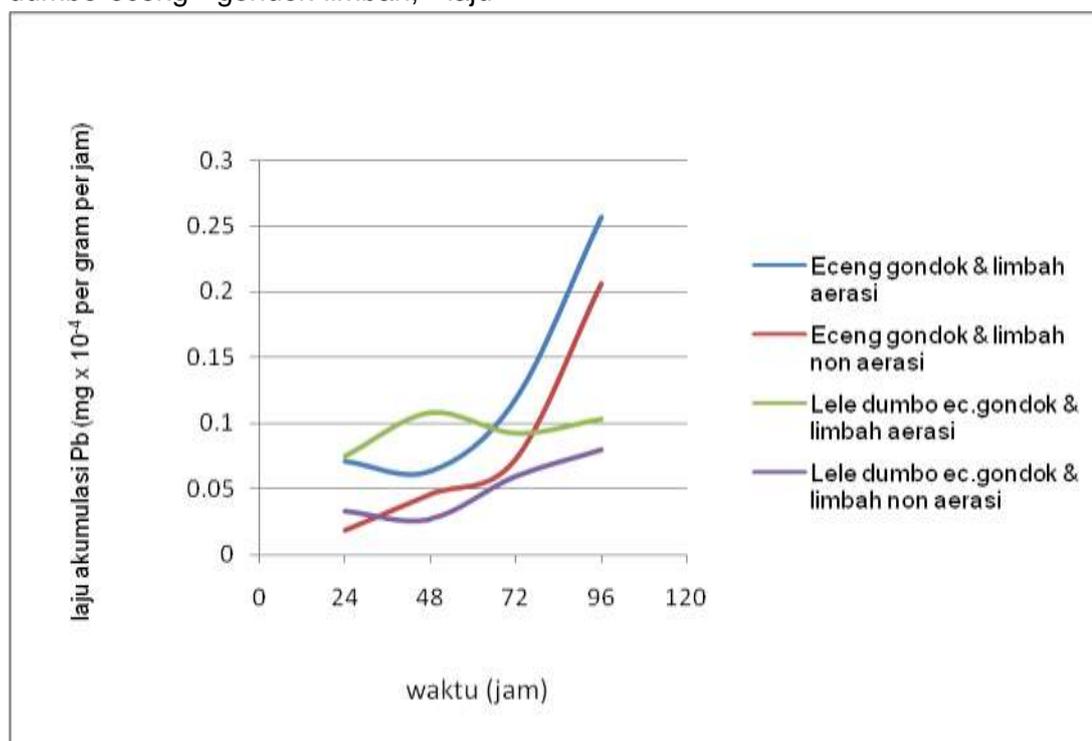
Gambar 1. Laju akumulasi Pb dalam bagian kepala lele dumbo, pada perlakuan lele dumbo-limbah dan perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah dengan aerasi dan non aerasi.



Gambar 2. Laju akumulasi Pb dalam bagian tubuh lele dumbo, pada perlakuan lele dumbo-limbah dan perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah dengan aerasi dan non aerasi.

Laju akumulasi Pb oleh eceng gondok pada perlakuan eceng gondok-limbah dengan aerasi sebanyak $0,2564 \times 10^{-4}$ gram berat basah per jam atau sebanyak $1,2093 \times 10^{-4}$ mgram/gram berat kering per jam. Adapun tanpa aerasi sebanyak $0,2061 \times 10^{-4}$ mgram/gram berat basah per jam atau sebanyak $0,9721 \times 10^{-4}$ mgram/gram berat kering per jam. Pada perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah, laju

akumulasi Pb dengan aerasi sebesar $0,1028 \times 10^{-4}$ mgram/gram berat basah per jam atau $0,4848 \times 10^{-4}$ mgram/gram berat kering per jam. Tanpa aerasi, sebesar $0,0795 \times 10^{-4}$ mgram/gram berat basah per jam atau sebesar $0,3974 \times 10^{-4}$ mgram/gram berat kering per jam (gambar 3).



Gambar 3. Laju akumulasi Pb dalam eceng gondok pada perlakuan eceng gondok-limbah dan perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah dengan aerasi dan non aerasi.

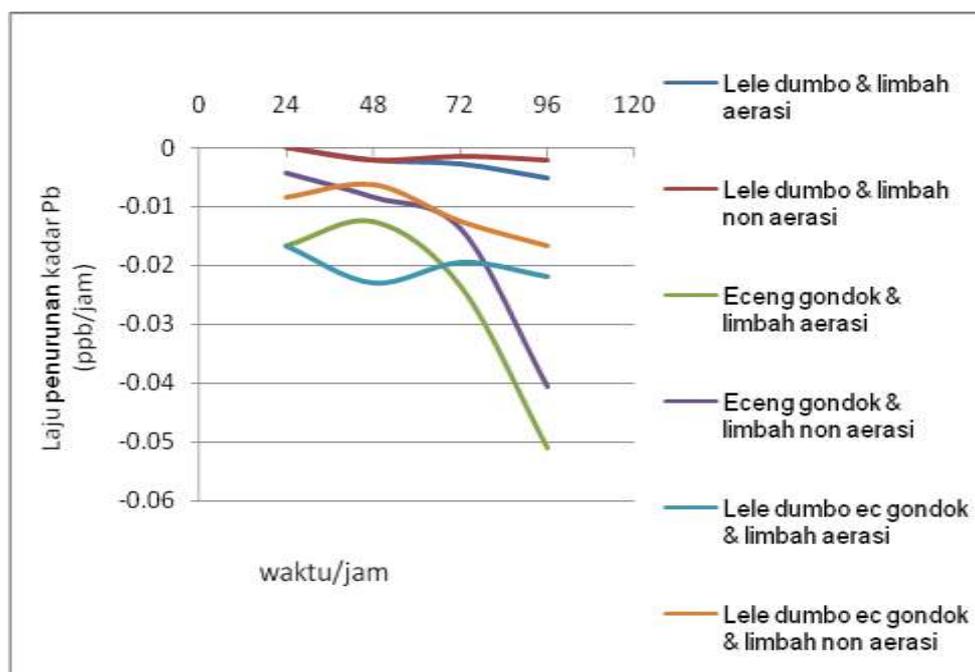
Laju penurunan kadar Pb dalam limbah pada perlakuan lele dumbo-limbah adalah sebesar 0,0052 ppb/jam dengan aerasi, dan sebesar 0,0021 ppb/jam tanpa aerasi. Pada perlakuan eceng gondok-limbah, laju penurunan kadar Pb dengan aerasi sebesar 0,0510 ppb/jam, sedangkan tanpa

aerasi sebesar 0,0406 ppb/jam. Pada perlakuan lele dumbo, eceng gondok dan limbah, laju penurunan kadar Pb dengan aerasi sebesar 0,0219 ppb/jam. Adapun tanpa erasi sebesar 0,0617 ppb/jam (tabel dan, gambar 4)

Tabel 1. Laju akumulasi Pb pada lele dumbo dan eceng gondok (mg x 10⁻⁴ per gram per jam) serta laju penurunan kadar Pb dalam limbah (ppb per jam)

Laju akumulasi dan laju penurunan Pb	Waktu (jam)	Perlakuan lele dumbo-limbah		Perlakuan eceng gondok-limbah		Perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah	
		Aerasi	Non aerasi	Aerasi	Non aerasi	Aerasi	Non aerasi
mgram x 10 ⁻⁴ per gram bagian kepala lele per jam	0-24	0,0039	0,0005	-	-	0,0118	0,0072
	0-48	0,0108	0,0034	-	-	0,0157	0,0061
	0-72	0,0267	0,0139	-	-	0,0139	0,0068
	0-96	0,0588	0,0229	-	-	0,021	0,0114
mgram x 10 ⁻⁴ per gram bagian tubuh lele per jam	0-24	0,0035	0,0004	-	-	0,0078	0,0048
	0-48	0,0042	0,0021	-	-	0,0103	0,0040
	0-72	0,0176	0,0079	-	-	0,0103	0,0045
	0-96	0,0396	0,0127	-	-	0,0143	0,0075
mgram x 10 ⁻⁴ per gram eceng gondok per jam	0-24	-	-	0,0707	0,0188	0,0749	0,03333
	0-48	-	-	0,0635	0,0460	0,1079	0,027
	0-72	-	-	0,1175	0,0725	0,0927	0,0591
	0-96	-	-	0,2564	0,2061	0,1028	0,0795
ppb per jam dalam limbah	0-24	0	0	-0,0167	-0,0042	-0,0167	-0,0083
	0-48	-0,0021	-0,0021	-0,0125	-0,0083	-0,0229	-0,0063
	0-72	-0,0028	-0,0014	-0,0236	-0,0139	-0,0194	-0,0125
	0-96	-0,0052	-0,0021	-0,0510	-0,0406	-0,0219	-0,0167

Keterangan: tanda – (negatif) menyatakan penurunan



Gambar 4. Laju penurunan kadar Pb dalam air limbah, pada perlakuan lele dumbbo-limbah, perlakuan eceng gondok- limbah dan perlakuan lele dumbbo- eceng gondok- limbah, dengan aerasi dan non aerasi

Kandungan Pb yang lebih besar pada ikan lele dumbbo maupun eceng gondok pada perlakuan lele dumbbo-limbah serta pada perlakuan lele dumbbo-eceng gondok-limbah dengan aerasi, disebabkan karena dengan aerasi media uji dalam keadaan bergerak seperti teraduk sehingga kesempatan terjadinya kontak antara ikan lele dengan logam berat Pb ataupun partikel yang lain menjadi lebih besar. Apalagi proses ini berlangsung dalam ruang terbatas. Kesempatan terjadinya kontak akan lebih besar dengan semakin lamanya waktu perlakuan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Daniels (1959), bahwa proses absorpsi akan lebih besar karena faktor ukuran partikel, luas bidang kontak, pengadukan, waktu dan suhu. Pada bagian kepala ikan lele dumbbo diketahui kandungan Pb lebih besar dari pada bagian tubuh

lele dumbbo. Hal ini disebabkan bahwa uptake Pb lebih banyak melalui insang di samping melalui kulit. Menurut Tjitrosudirjo (1975), logam Pb yang diserap oleh eceng gondok sebanyak 0,93 mg/berat kering per hari selama 4 hari. Adapun Walverton (1975) sebanyak 0,75 mg ion Pb/berat kering. Adanya perbedaan hasil karena perlakuan yang berbeda dalam penelitian, termasuk dalam hal ini adalah penggunaan eceng gondok. Pb yang terdapat dalam media uji digunakan oleh lele dumbbo dan eceng gondok. Akar-akar eceng gondok paling banyak bersentuhan dengan media uji. Lamanya waktu kontak (persentuhan) serta aerasi mempengaruhi laju uptake Pb dari air limbah kedalam akar. Uptake Pb menembus membran sel pada akar adalah secara difusi (Darmono,

1995; David TW *et. al.*,2003; Babamide NAA *et al.* 2007;.

Kadar Pb dalam media uji mengalami sedikit penurunan dengan semakin lamanya waktu perlakuan (Tabel 1). Kandungan Pb dalam lele dumbo meningkat dari 0 jam sampai 96 jam. Meningkatnya kandungan Pb berasal dari Pb yang terdapat dalam media uji yang diserap oleh lele dumbo, akibatnya kadar Pb dalam media uji mengalami penurunan dengan berjalannya waktu.

Rata-rata akumulasi Pb dalam lele dumbo baik pada bagian kepala maupun bagian tubuh ikan serta dalam eceng gondok pada perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah menunjukkan kenaikan. Adapun kadar Pb menunjukkan penurunan. Akan tetapi apabila dikenakan perlakuan secara sendiri-sendiri (tunggal), akumulasi Pb akan lebih besar dari pada kalau dikenakan perlakuan secara bersama-sama.

Tabel 2. Hasil uji anova kadar Pb dalam lele dumbbo

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Pb

Source	Type III	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3686.840 ^a	39	94.534	2973.808	.000
Intercept	1578.111	1	1578.111	49643.338	.000
Lele	72.267	1	72.267	2273.350	.000
e.gondok	135.746	1	135.746	4270.228	.000
Aerasi	259.677	1	259.677	8168.776	.000
Waktu	2056.137	4	514.034	16170.196	.000
Lele * e.gondok	9.829	1	9.829	309.205	.000
Lele * Aerasi	7.144	1	7.144	224.734	.000
Lele * Waktu	91.578	4	22.894	720.199	.000
e.gondok * Aerasi	44.488	1	44.488	1399.480	.000
e.gondok * Waktu	466.087	4	116.522	3665.476	.000
Aerasi * Waktu	360.674	4	90.168	2836.466	.000
Lele * e.gondok * Aerasi	1.252	1	1.252	39.399	.000
Lele * e.gondok * Waktu	24.767	4	6.192	194.779	.000
Lele * Aerasi * Waktu	7.659	4	1.915	60.233	.000
e.gondok * Aerasi * Waktu	147.228	4	36.807	1157.851	.000
Lele * e.gondok * Aerasi *	2.307	4	.577	18.140	.000
Error	2.543	80	.032		
Total	5267.494	120			
Corrected Total	3689.383	119			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)

Tabel 3. Hasil uji anova kadar Pb dalam eceng gondok

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Pb

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	999499.303 ^a	19	52605.226	8680.253	.000
Intercept	4842086.784	1	4842086.784	798980.273	.000
E.gondok	.000	0	.	.	.
Aerasi	23490.731	1	23490.731	3876.145	.000
Lele	47275.494	1	47275.494	7800.808	.000
Waktu	741747.448	4	185436.862	30598.459	.000
E.gondok * Aerasi	.000	0	.	.	.
E.gondok * Lele	.000	0	.	.	.
E.gondok * Waktu	.000	0	.	.	.
Aerasi * Lele	30.246	1	30.246	4.991	.031
Aerasi * Waktu	9418.544	4	2354.636	388.532	.000
Lele * Waktu	172550.111	4	43137.528	7118.012	.000
E.gondok * Aerasi * Lele	.000	0	.	.	.
E.gondok * Aerasi * Waktu	.000	0	.	.	.
E.gondok * Lele * Waktu	.000	0	.	.	.
Aerasi * Lele * Waktu	4986.729	4	1246.682	205.712	.000
E.gondok * Aerasi * Lele * Waktu	.000	0	.	.	.
Error	242.413	40	6.060		
Total	5841828.500	60			
Corrected Total	999741.716	59			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

Tabel 4. Hasil uji anova kadar Pb dalam limbah

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Pb

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.039 ^a	29	.001	.990	.497
Intercept	.144	1	.144	107.424	.000
Limbah	.000	0	.	.	.
Aerasi	.000	1	.000	.293	.590
Egondok	.002	1	.002	1.327	.254
Lele	.002	1	.002	1.633	.206
Waktu	.002	4	.000	.336	.853
Limbah * Aerasi	.000	0	.	.	.
Limbah * Egondok	.000	0	.	.	.
Limbah * Lele	.000	0	.	.	.
Limbah * Waktu	.000	0	.	.	.
Aerasi * Egondok	.002	1	.002	1.458	.232
Aerasi * Lele	.002	1	.002	1.500	.225
Aerasi * Waktu	.002	4	.000	.329	.857
Egondok * Lele	.000	0	.	.	.
Egondok * Waktu	.008	4	.002	1.479	.220
Lele * Waktu	.008	4	.002	1.483	.219
Limbah * Aerasi * Egondok	.000	0	.	.	.
Limbah * Aerasi * Lele	.000	0	.	.	.
Limbah * Aerasi * Waktu	.000	0	.	.	.
Limbah * Egondok * Lele	.000	0	.	.	.
Limbah * Egondok * Waktu	.000	0	.	.	.
Limbah * Lele * Waktu	.000	0	.	.	.
Aerasi * Egondok * Lele	.000	0	.	.	.
Aerasi * Egondok * Waktu	.008	4	.002	1.496	.215
Aerasi * Lele * Waktu	.008	4	.002	1.504	.213
Egondok * Lele * Waktu	.000	0	.	.	.
Limbah * Aerasi * Egondok * Lele	.000	0	.	.	.
Limbah * Aerasi * Egondok * Waktu	.000	0	.	.	.
Limbah * Aerasi * Lele * Waktu	.000	0	.	.	.
Limbah * Egondok * Lele * Waktu	.000	0	.	.	.
Aerasi * Egondok * Lele * Waktu	.000	0	.	.	.
Limbah * Aerasi * Egondok * Lele * Waktu	.000	0	.	.	.
Error	.080	60	.001		
Total	.286	90			
Corrected Total	.119	89			

a. R Squared = .324 (Adjusted R Squared = -.003)

Tabel 2 menyajikan hasil uji anova kadar Pb dalam lele dumbo, eceng gondok dan air limbah pada berbagai perlakuan. Faktor aerasi, non aerasi maupun waktu memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan Pb dengan taraf uji 5% dan berpengaruh sangat nyata pada taraf uji 1%. Jika dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) baik pada taraf uji 5% maupun 1% menunjukkan bahwa, faktor aerasi ataupun lama waktu aerasi 96 jam merupakan faktor yang paling berpengaruh, karena menunjukkan hasil kandungan Pb yang maksimum baik pada bagian kepala maupun tubuh lele dumbo, pada eceng gondok serta kadar Pb minimum dalam air limbah untuk masing-masing perlakuan. Interaksi kedua faktor juga memberikan hasil yang maksimum, yaitu berbeda nyata untuk taraf uji 5% dan berbeda sangat nyata untuk taraf uji 1%. Kadar Pb dalam air limbah setelah 96 jam pada perlakuan eceng gondok-limbah baik dengan aerasi maupun tanpa aerasi, lebih sedikit (gambar 4). Pb dalam air limbah pada perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah dimanfaatkan oleh lele dumbo dan eceng gondok. Kadar Pb dalam air limbah setelah 96 jam pada perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah lebih sedikit dibandingkan pada perlakuan lele dumbo-limbah serta pada perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah. Kemungkinan terdapat perbedaan kondisi kelaparan lele dumbo antara perlakuan lele dumbo-limbah dengan perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah. Di samping itu terdapat pula perbedaan kuantitas (jumlah atau banyaknya) akar pada eceng gondok antara perlakuan

eceng gondok-limbah dengan perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah (Mailairajan S. *et al.*, 2005; Skinner *et al.*, 2007). Lele dumbo termasuk biota omnivora (pemakan segala), kemungkinan akibat aktivitas atau gerakan lele dumbo menjadi penyebab putusnya akar-akar eceng gondok dari percabangan. Hal ini akan mengurangi luas bidang persentuhan (kontak).

.Suhu media uji pada saat penelitian adalah sebesar 32°C. Menurut Sutomo (1996), sebenarnya suhu optimal untuk pemeliharaan lele dumbo adalah 25° – 30°C. Suhu di luar batas tertentu akan mengurangi selera makan bagi lele dumbo. Kenaikan suhu akan menyebabkan aktivitas metabolisme organisme air meningkat, sehingga mengakibatkan berkurangnya gas-gas terlarut dalam media uji. Dalam hal ini, kadar oksigen terlarut pada awal dan akhir penelitian baik dengan aerasi maupun tanpa aerasi pada perlakuan lele dumbo-limbah, perlakuan eceng gondok- limbah, perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah masih dalam kisaran yang baik untuk pemeliharaan lele dumbo. Kadar oksigen terlarut optimum untuk pemeliharaan lele dumbo adalah 5 ppm, dan lebih baik jika 7 ppm. Derajat keasaman (pH) pada awal dan akhir penelitian pada perlakuan lele dumbo-limbah, perlakuan eceng gondok-limbah, perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah dengan aerasi dan tanpa aerasi ternyata masih dalam kisaran pH yang baik yaitu antara 4-11. Kadar CO₂ di akhir penelitian tidak terdeteksi. Demikian pula halnya dengan kadar BOD dan COD yang jauh dari baku mutu limbah industri

kertas). Nilai BOD, COD dan CO₂ saling berkaitan, karena ketiganya menunjukkan banyak sedikitnya kandungan senyawa organik dalam media uji. Penguraian senyawa organik akan menghasilkan CO₂. Semakin sedikit kandungan senyawa organik, maka nilai BOD, COD dan CO₂ akan kecil.

Nitrogen amoniak terlarut pada awal dan akhir penelitian pada perlakuan leledumbo-limbah, perlakuan eceng gondok-limbah, perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah baik dengan aerasi maupun tanpa aerasi menunjukkan angka yang hampir tetap. Konsentrasi nitrogen amoniak masih dalam kisaran yang baik untuk pemeliharaan ikan lele dumbo. Dalam hal ini aerasi tidak menyebabkan penurunan konsentrasi nitrogen amoniak. Kondisi yang paling baik untuk pemeliharaan ikan lele dumbo adalah apabila kadar nitrogen amoniak kurang dari 0,1 ppm. Kadar nitrat menunjukkan nilai yang melampaui baku mutu untuk limbah industri kertas. Nitrogen merupakan nutrisi yang penting bagi organisme. Nutrien ini digunakan pada beberapa proses seperti fotosintesis, sintesa protein, penyusunan gen dan pertumbuhan organisme. Dalam air, nitrogen berbentuk gas N₂ terlarut yang dapat berubah menjadi senyawa nitrit, nitrat, amonium dan amonia. Dalam keadaan aerob, nitrogen oleh bakteri nitrifikasi diubah menjadi nitrat. Amonia diubah menjadi nitrit yang selanjutnya menjadi nitrat. Sebaliknya dalam kondisi anaerob, senyawa nitrat dan nitrit diubah menjadi amonia oleh bakteri anaerob, yang kemudian bila

bersenyawa dengan air berubah menjadi senyawa amonium. Itulah sebabnya kadar nitrat dan nitrit dalam media uji cenderung tinggi di akhir penelitian (Resosoedarmo dkk, 1993).

Kadar fosfat terlarut menunjukkan angka yang tetap di awal dan akhir penelitian. Kadar total padatan tersuspensi (TSS) turun di akhir penelitian baik pada perlakuan lele dumbo-limbah, perlakuan eceng gondok-limbah dan perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah dengan aerasi maupun tanpa aerasi. Kadar TSS pada akhir penelitian pada perlakuan eceng gondok-limbah serta perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah, lebih kecil dari pada perlakuan lele dumbo-limbah. Kadar TSS pada perlakuan eceng gondok-limbah turun dari 97 ppm menjadi 63 ppm dengan aerasi dan menjadi 69 ppm tanpa aerasi. Kadar TSS pada perlakuan lele dumbo-eceng gondok-limbah turun dari 97 ppm menjadi 50 ppm dengan aerasi dan 58 ppm tanpa aerasi. Turunnya kadar TSS pada perlakuan lele dumbo-limbah kemungkinan disebabkan karena mengendap ke dasar atau kemungkinan ada yang melekat pada dinding bejana dan pada tubuh lele dumbo.

Kesimpulan

1. Laju akumulasi Pb tertinggi terjadi pada bagian kepala ikan lele dumbo yang dipelihara dalam media air limbah baik dengan aerasi.
2. Laju akumulasi Pb pada eceng gondok adalah tertinggi pada perlakuan eceng gondok-limbah dengan aerasi.
3. Perlakuan eceng gondok-limbah dengan aerasi mampu menurunkan kandungan Pb dalam air limbah lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lele-eceng gondok-limbah. Total padatan tersuspensi (TSS) dalam air limbah untuk ke tiga perlakuan menjadi turun sesuai baku mutu limbah cair industri kertas. Demikian pula dengan parameter yang lain kecuali kadar nitrat yang masih di atas nilai baku mutu.

Daftar Pustaka

- Babamide NAA., JO. Babalola, Sanni Adebawale RA., 2006. Biosorption of Lead ions from Aqueous Solution by Maize Leaf. *International Journal of The Physical Science*; 1(1): 23-26
- Daniels F., R.A. Alberty., 1959. *Physical Chemistry*. Second edition. Mitsumura Printing Company, Tokyo.
- David T.W., T. M. Myint, Tun Sein, 2003. Lead Removal From Industrial Waters by Waterhyacinth. *AU J T*; 6(4): 187-192
- Darmono, 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit UI-Press.
- Malairajan S., A. Alemayehu, S. Vinodhini. 2005. Removal of Lead Ions From Industrial Waste Water by Using Biomaterials. *Bull Chem Soc Ethiop*; 19(2); 289-294
- Pascoe D., R.W. Edwards, 1983. *Aquatic Ecotoxicology*. Volume II. Edwards Arnold Publishers. London.
- Resoesoedarmo S., K. Kartawinata, Aprilani S., 1993. *Pengantar Ekologi*. Penerbit Remaja Rosdakarya. Bandung
- Skinner, Kathlen, Wright N, Porter-Goff E., 2007. Mercury Uptake and Accumulation by Four Species of Aquatic Plants. *Environmental Pollution* (Elsevier; 145(1): 234-237
- Soetomo M., 1996. *Teknik Budidaya Ikan Lele Dumbo*. Sinar Baru Algesindo, Bandung.
- Tjitrosudirdjo S.S., dan Sastroutomo, 1975. The Potential Uptake Of Lead and Cadmium by Waterhyacinth. Workshop on The Biology and Management of Aquatic Weeds. Jakarta.
- Widyanto L.S., 1980. Hubungan Eceng Gondok Dengan pencemaran Lingkungan. Seminar Biokimia III. BIOTROP, Bogor
- Walverton B.J. and R.J. Mac Donald, 1975. Waterhyacinth and Alligator Weeds for Removal of lead and Mercury From Polluted Water. Nasatech., Memorandum TM-X72723, New York.