

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Pendahuluan Logam Berat Cd, Pb, Hg pada Perairan Air Waduk Sengguruh

Hasil analisis awal sampel air Waduk Sengguruh menunjukkan adanya kandungan logam berat Cadmium (Cd), Plumbum (Pb), Merkuri (Hg) pada sampel Waduk Sengguruh.

Tabel 4.1 Rata-rata kandungan logam berat Cadmium (Cd) Plumbum (Pb) Merkuri (Hg) yang terdeteksi dalam air Waduk Sengguruh

Logam berat	Rata-rata kandungan logam berat	Standar Baku air Peraturan Pemerintah No 82 Thn 2001
Cadmium (Cd)	0,147 ppm	0,01 ppm
Timbal (Pb)	0,842 ppm	0,03 ppm
Merkuri (Hg)	0,064 ppm	0,014 ppm

Tabel 4.1 menunjukkan terdapat beberapa jenis logam berat yang terdapat di perairan Waduk Sengguruh yaitu Cadmium (Cd) 0,147 ppm, Timbal (Pb) 0,842 ppm, Merkuri (Hg) 0,064 ppm. Kandungan logam berat yang tertinggi dalam perairan Waduk Sengguruh adalah Timbal (Pb) yang mencapai 0,842 ppm.

Keberadaan logam berat ini diduga disebabkan oleh adanya aktivitas pembuangan limbah industri yang berada di sepanjang aliran badan sungai serta menjadi pembuangan limbah rumah tangga oleh penduduk sekitar. Bahan buangan limbah anorganik pada umumnya berupa limbah yang tidak dapat membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme, apabila bahan buangan

anorganik ini masuk ke perairan secara terus menerus maka akan terjadi peningkatan jumlah logam berat yang sangat berbahaya bagi lingkungan sekitar. Tingginya kandungan logam berat Pb dalam perairan Waduk Sengguruh karena sifat dari logam Pb yang mempunyai kerapatan yang lebih besar dibandingkan logam berat Cd dan Hg. Logam berat timbal (Pb) jika dalam jumlah yang besar dapat mempengaruhi berbagai aspek dalam perairan baik aspek ekologis maupun aspek biologis. Bahan pencemar ini jika berada diambang batas dalam perairan maka akan terjadi ketidak seimbangan lingkungan perairan yang akhirnya menyebabkan kehidupan perairan terganggu.

Sebagai seorang mukmin, diperlukan kesadaran dan pencegahan pembuangan segala macam jenis limbah tanpa pertanggung jawaban yang membahayakan kehidupan lingkungan dan manusia sendiri, karena hal tersebut sangat ditentang dalam Islam seperti disebutkan Al Qur'an surat Al A'raf ayat 85, yaitu:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا ذَلِكُمْ خَيْرٌ لَّكُمْ إِن كُنتُمْ
مُؤْمِنِينَ

Artinya: ..dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi sesudah Tuhan memperbaikinya. yang demikian itu lebih baik bagimu jika betul-betul kamu orang-orang yang beriman" (QS. Al- A'raf ayat 85).

Dalam *Tafsir Ibnu Katsir* maksud dari ayat diatas suatu pesan supaya kita mendengarkan seruan dari para rosul. Allah telah menegakkan berbagai macam bukti yang menunjukkan keberadaan apa yang dibawa kepada kita. Sebagai umat islam kita seharusnya sadar bahwa Allah telah memberikan nikmat-Nya disekitar

kita, kewajiban kita sebagai orang islam menjaga pemberian-Nya, serta tidak melakukan hal-hal yang dapat merusak lingkungan yang berada disekitar kita (Abdullah, 2007).

4.2 Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Perairan Waduk Sengguruh

Berdasarkan hasil penelitian kandungan logam berat timbal (Pb) pada perairan Waduk Sengguruh data yang diperoleh sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data kandungan Logam Berat Timbal (Pb) ppm pada perairan Waduk Sengguruh pada semua lokasi

Sampel air	Ulangan			Total	Rata-Rata (ppm)
	I	II	III		
Stasiun 1	3,231	3,112	2,012	8,355	2,785
Stasiun 2	1,239	1,244	0,229	2,712	0,904
Stasiun 3	0,128	0,139	0,125	0,392	0,130
Total				11,49	

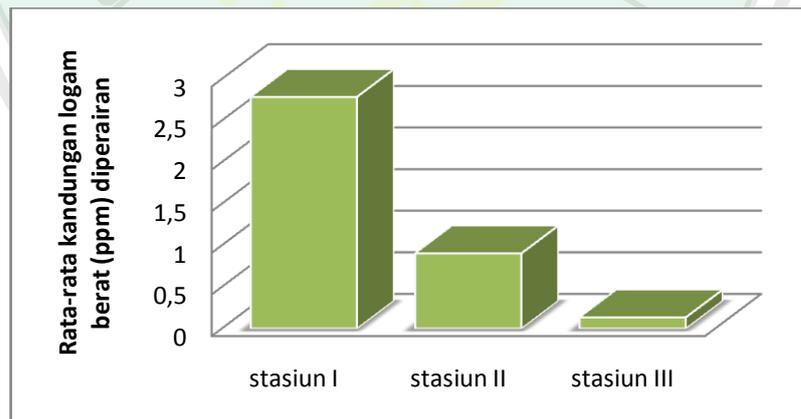
Dari data di atas diketahui bahwa stasiun I , II dan stasiun III kandungan logam berat timbal (Pb) berada jauh diatas standar baku mutu air menurut Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 kadar Pb yang diperbolehkan berada dalam perairan yaitu 0.03 ppm. Rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) tertinggi ditemukan pada air Waduk Sengguruh pada lokasi stasiun I yaitu mencapai 2.785 ppm.

Tabel 4.3 Rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) ppm pada perairan Waduk Sengguruh

Sampel Air	Rata-rata kandungan logam berat (ppm)	Standar Baku air Peraturan Pemerintah No 82 Thn 2001
Stasiun I	2,785 b	0,03
Stasiun II	0,904 a	
Stasiun III	0,130 a	

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ 5%

Tabel 4.4 menunjukkan perbedaan kandungan logam berat timbal (Pb) dalam perairan Waduk Sengguruh, kandungan logam berat (Pb) tertinggi pada stasiun I dengan kandungan logam berat (Pb) rata-rata 2,785 ppm, sedangkan pada stasiun II rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) di perairan mencapai 0,904 ppm, dan stasiun III rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) 0,130 ppm. Kandungan logam berat timbal (Pb) menunjukkan rata-rata angka yang rendah dalam setiap stasiun, keterangan lebih jelas disajikan dalam gambar 4.1



Gambar 4.1 Rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) ppm pada perairan Waduk Sengguruh

Gambar 4.1 memperlihatkan adanya perbedaan kandungan Timbal (Pb), pada setiap lokasi pengambilan sampel. Pada perairan stasiun I tingkat logam berat timbal (Pb) lebih tinggi jika dibandingkan dengan stasiun II dan stasiun III. Hal ini disebabkan adanya perbedaan tingkat cemaran timbal yang terdapat pada air waduk dan pemanfaatan lahan di sekitar waduk. Selain itu stasiun I merupakan pertemuan hilir Kali Brantas dan Kali Lesti, dimana kedua kali tersebut juga digunakan sebagai tempat pembuangan limbah dari industri yang berada disepanjang aliran sungai diantaranya pembuangan limbah pabrik kertas dan pabrik plastik, kedua pabrik ini menggunakan logam berat timbal (Pb) dalam proses produksinya dimana logam berat Pb digunakan sebagai bahan pewarna, serta menjadi pembuangan limbah rumah tangga, yang sebagian besar berupa sampah anorganik, sehingga kandungan logam berat timbal (Pb) masih dalam keadaan pekat karena dekatnya dengan sumber pencemar, dengan tercemarnya perairan ini maka akan mengakibatkan dampak yang kurang baik pada lingkungan sekitar.

Rendahnya kandungan logam berat timbal (Pb) pada perairan stasiun II jika dibandingkan stasiun I disebabkan karena terjadinya proses pengenceran dimana logam berat timbal (Pb) yang menuju kearah daerah lokasi stasiun II mengakibatkan konsentrasi logam berat Pb semakin menurun karena material-material limbah yang dibawa oleh aliran arus sungai diduga sebagian telah terendapkan pada saat perjalanan menuju ke daerah bendungan. Menurut Sri yuliana, (2008) faktor arus sungai sangat berpengaruh terhadap proses

pengenceran, dimana limbah yang terbawa oleh arus sungai akan menyebar ke dalam perairan, sehingga konsentrasi logam berat dalam perairan akan menurun.

Pada lokasi stasiun III, rendahnya kandungan logam berat jika dibandingkan stasiun I dan stasiun II. Selain karena lokasi stasiun III merupakan tempat pengeluaran air waduk, diduga karena logam berat timbal (Pb) mengalami pengendapan di sedimen pada lokasi stasiun II, sementara pada pengambilan sampel pada permukaan air. Logam berat Pb yang berikatan dengan partikel lumpur yang berasal dari sungai dengan berat molekul yang lebih berat dari air akan mengendap. Hal ini sesuai dengan Frech (1997) yang mengatakan bahwa logam berat timbal (Pb) sangat mudah diserap oleh partikel halus seperti lumpur yang penyerapannya tergantung pada molekul dan ukuran partikel logam. Meskipun kandungan logam berat timbal (Pb) di lokasi stasiun III cenderung menurun kandungannya, namun sudah melampaui baku mutu sebagaimana yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 kadar Pb yang diperbolehkan berada dalam perairan yaitu 0,03 ppm.

Kandungan logam berat timbal (Pb) pada perairan waduk dari tiap lokasi I,II dan III berada diambang batas yang akan membahayakan organisme-organisme perairan serta lingkungan sekitar waduk. Padahal Al Qur'an dengan jelas telah memperingatkan manusia akibat yang akan ditimbulkan, bila manusia berbuat kerusakan, dalam surat Al A'raf ayat 103:

ثُمَّ بَعَثْنَا مِنْ بَعْدِهِمْ مُوسَىٰ بِآيَاتِنَا إِلَىٰ فِرْعَوْنَ وَمَلَئِهِمْ فَظَلَمُوا بِهَا فَانظُرْ

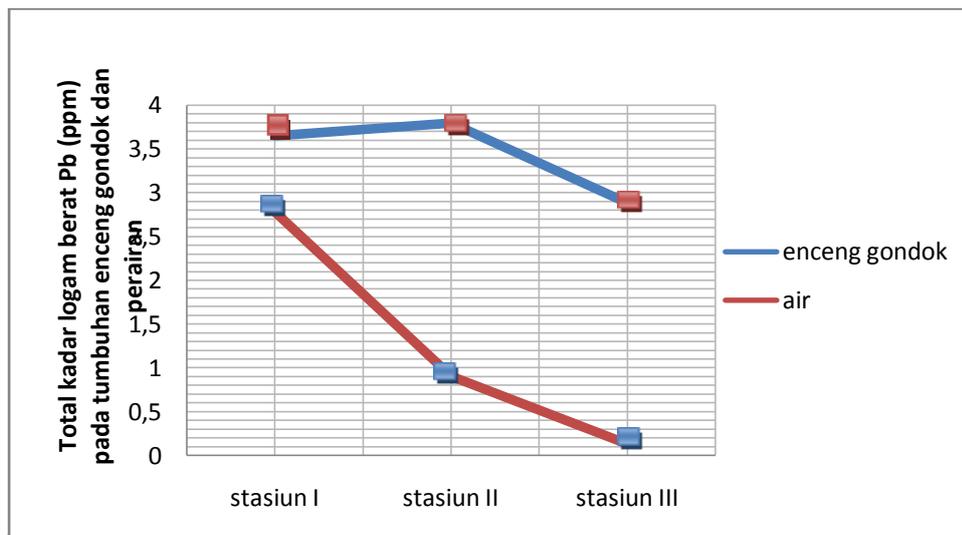
كَيْفَ كَانَ عَاقِبَةُ الْمُفْسِدِينَ ﴿١٠٣﴾

Artinya: “Kemudian Kami utus Musa sesudah rasul-rasul itu dengan membawa ayat-ayat Kami kepada Fir'aun dan pemuka-pemuka kaumnya, lalu mereka mengingkari ayat-ayat itu. Maka perhatikanlah bagaimana akibat orang-orang yang membuat kerusakan (QS.Al-A'raf ayat 103).

Ayat diatas dalam *Tafsir Ibnu Katsir* mengingatkan kita supaya tidak melakukan larangan-Nya apabila kita melakukan apa yang dilarang-Nya Allah SWT akan menurunkan azab seperti fir'aun dan kaumnya yang meneggelamkan mereka di hadapan Musa dan kaumnya, yang demikian itu merupakan siksaan yang teramat dahsyat yang ditimpahkan kepada fir'aun, sekaligus sebagai penawar bagi hati para ahli wali Allah SWT (Abdullah, 2007).

4.3 Peran Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Menurunkan Tingkat Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Waduk Sengguruh

Enceng gondok mampu mengakumulasi logam berat dalam suatu perairan yang tercemar seperti halnya di Waduk Sengguruh, semakin pekatnya logam berat timbal diperairan maka semakin tinggi konsentrasi logam berat timbal (Pb), keberadaan enceng gondok dalam perairan dapat membantu mengurangi konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada perairan tercemar, karena tumbuhan enceng gondok merupakan tumbuhan yang mampu mengakumulasi logam berat pada berbagai organ tubuhnya Gambar 4.5 peran enceng gondok dalam mengakumulasi logam berat timbal (Pb) di perairan Waduk Sengguruh disajikan dalam gambar 4.2



Gambar 4.2 Peran enceng gondok dalam menurunkan tingkat pencemaran logam berat timbal (Pb) di perairan Waduk Sengguruh

Gambar 4.2 peran enceng gondok dalam menurunkan tingkat pencemaran logam berat timbal (Pb) di perairan Waduk Sengguruh. Stasiun I kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air tinggi mencapai rata – rata 2,785 ppm, sedangkan pada tumbuhan enceng gondok kandungan logam berat timbal (Pb) yang terakumulasi mencapai rata-rata 3.653 ppm. Stasiun II kandungan logam berat timbal (Pb) di perairan lebih rendah dari pada stasiun I yang mencapai rata-rata 0.904 ppm, akan tetapi kandungan logam berat timbal (Pb) yang berhasil terakumulasi oleh tumbuhan enceng gondok relatif hampir sama dengan stasiun I yang mencapai rata-rata 3.797 ppm, sedangkan pada stasiun III di perairan lebih sedikit kandungan logam berat timbal (Pb) dibanding stasiun I dan stasiun II, yang mencapai rata-rata 0.130 ppm dan tumbuhan enceng gondok mampu menyerap logam berat timbal (Pb) yang mencapai rata-rata 2.885 ppm. Kemampuan enceng gondok dalam menyerap logam berat mempunyai kapasitas,

batas maksimal enceng gondok dalam mengakumulasi logam berat, menurut Benny (2001) mencapai 140 ppm, enceng gondok berpotensi sebagai tanaman *hiperaccumulator* yang memiliki kemampuan 46,24 kali menyerap logam berat timbal (Pb) dari media tanam (cair) dan melokalisasi pada organ akar, tangkai dan daun,

Perairan di stasiun I kandungan logam berat timbal (Pb) tinggi di banding stasiun II,III. Hal ini disebabkan stasiun I merupakan stasiun yang paling dekat dengan sumber pencemar limbah-limbah pabrik kertas dan plastik dimana kedua pabrik ini berpotensi menghasilkan logam berat timbal (Pb) karena menggunakan logam berat timbal (Pb) secara langsung dalam produksinya, jarak yang lebih dekat akan mempunyai kadar Pb yang lebih besar karena logam berat timbal (Pb) dalam keadaan pekat dan kemudian mengalami pengenceran. dengan adanya tumbuhan enceng gondok dapat membantu mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb), tumbuhan enceng gondok di lokasi stasiun I mengalami kontak langsung yang lebih cepat dengan timbal (Pb), serta tumbuhan enceng gondok mempunyai kapasitas mengakumulasi logam berat. beban masukan limbah yang tidak sebanding dengan populasi enceng gondok maka perairan masih dalam keadaan tercemar oleh logam berat timbal (Pb) dan kandungan logam berat Pb pada tumbuhan enceng gondok tinggi.

Stasiun II merupakan tengah Waduk Sengguruh yang berjarak \pm 300 meter dari stasiun I yang memiliki kandungan logam berat lebih rendah jika dibandingkan stasiun I, faktor jauhnya dari sumber pencemar juga sangat berpengaruh terhadap rendahnya logam berat timbal dalam perairan di stasiun II

karena limbah yang mengandung logam berat terbawa oleh arus sungai mengakibatkan konsentrasi logam berat Pb semakin menurun karena material-material limbah yang dibawa oleh aliran sungai sebagian telah terendapkan pada saat perjalanan menuju ke daerah bendungan, hal ini sesuai dengan pendapat Ruyitno, (1991) logam berat yang masuk dalam perairan akan mengalami pengenceran selanjutnya dipekatkan dengan melalui proses fisika yaitu dengan cara pengendapan dan akhirnya logam berat tersebut akan mengendap di dalam dasar perairan. Rendahnya konsentrasi logam berat di lokasi stasiun II dibantu pula oleh adanya tumbuhan enceng gondok yang mampu mengakumulasi logam berat Pb, adanya populasi tumbuhan enceng gondok dapat mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) dalam perairan berkurang. Tingginya kandungan logam berat timbal (Pb) dalam tubuh enceng gondok di lokasi ini disebabkan sebagian tumbuhan enceng gondok berasal dari lokasi stasiun I yang terbawa aliran sungai sehingga menuju daerah bendungan.

Stasiun III rendahnya logam berat timbal (Pb) jika dibandingkan stasiun I dan stasiun II pada perairan. Hal ini disebabkan selain stasiun III merupakan lokasi pengeluaran air waduk dimana logam Pb mengalami pengenceran, dan absorpsi oleh organisme perairan di lokasi stasiun I dan stasiun II. Serta diduga logam berat timbal (Pb) terendap distasiun I dan II. Menurut Bryan (1987), logam berat yang masuk dalam perairan akan mengalami tiga proses pengenceran, pengendapan, dan absorpsi oleh organisme perairan, sehingga logam berat timbal (Pb) yang berada di daerah pengeluaran air lebih sedikit. Terdapat pula adanya tumbuhan enceng gondok yang mampu menurunkan

konsentrasi logam berat dalam perairan. Jarak lokasi stasiun III dengan sumber pencemar juga berpengaruh terhadap besarnya kadar Pb didalam aliran sungai, pada jarak yang lebih dekat akan mempunyai kadar Pb yang lebih besar dibandingkan dengan jarak yang lebih jauh. Penyebab keadaan seperti ini adalah besarnya konsentrasi logam berat timbal (Pb) yang lebih pekat dibanding pada jarak yang lebih jauh, dengan pekatnya konsentrasi Pb maka kadar Pb secara otomatis juga besar. Hal ini sesuai dengan pendapat Hutagalung, (2002) semakin menjauh dari sumber pencemar maka material limbah yang dibawa aliran sungai sebagian telah terendapkan pada saat perjalanan menuju laut.

Terjadinya pencemaran yang disebabkan oleh masuknya berbagai limbah dari rumah-rumah penduduk serta pembuangan limbah dari pabrik kertas dan pabrik plastik di perairan Waduk Sengguruh menjadi salah satu penyebab kerusakan ekosistem perairan, akibatnya kualitas perairan juga menurun. Firman Allah QS. Asy Syu'araa': 26 tentang larangan berbuat kerusakan.

وَلَا تَبْخُسُوا النَّاسَ أَمْشِيَاءَهُمْ وَلَا تَعْثَوْا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ ﴿٢٦﴾

Artinya: *Dan janganlah kamu merugikan manusia pada hak-haknya dan janganlah kamu merajalela di muka bumi dengan membuat kerusakan (QS. Asy Syu'araa' ayat26).*

Ayat diatas menjelaskan kepada kita sebagai ummat islam agar mematuhi perintahnya dan menjahui larangannya, dan mengerjakan segala yang ma'ruf, baik, bermanfaat dan dicintai serta melarang dari segala yang buruk contohnya pembuangan limbah ke aliran badan sungai yang mengandung logam berat sangat membahayakan kehidupan manusia, tumbuhan dan hewan di sekitar kawasan

pembuangan limbah. Seharusnya kita sebagai ummat islam menghindari pencemaran lingkungan dalam bentuk apapun, karena Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan (Abdullah ,2009).

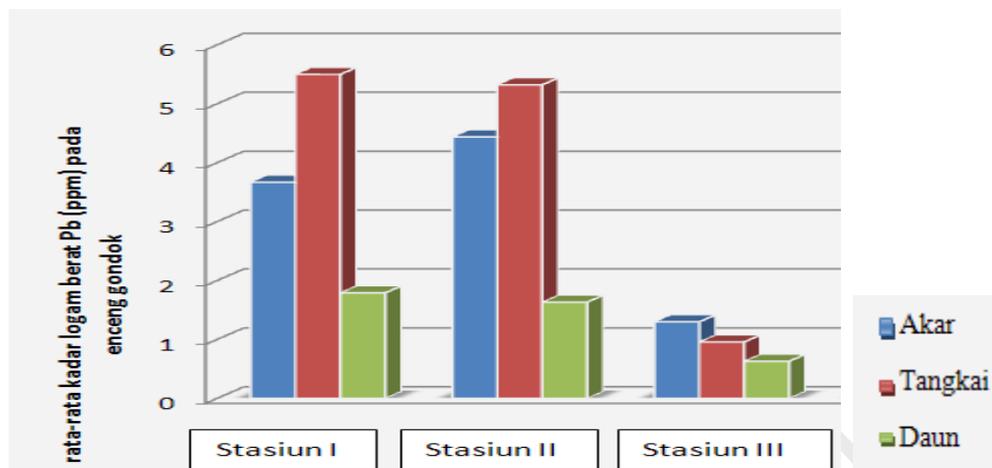
4.4 Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Organ Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*) di Perairan Waduk Sengguruh

Berdasarkan hasil penelitian kandungan logam berat timbal (Pb) pada organ enceng gondok di perairan Waduk Sengguruh data yang di peroleh sebagai berikut:

Tabel 4.4 Kandungan logam berat timbal (Pb) pada organ enceng gondok di tiap stasiun di Waduk Sengguruh

Lokasi	Organ Tumbuhan	Ulangan			Total	Rata-Rata (ppm)
		I	II	III		
Stasiun 1	Akar	3.645	3.670	3.692	11.007	3.669
	Tangkai	5.497	5.478	5.524	16.499	5.499
	Daun	1.810	1.811	1.752	5.573	1.791
Stasiun 2	Akar	4.458	4.447	4.410	13.315	4.438
	Tangkai	5.262	5.421	5.285	15.968	5.322
	Daun	1.666	1.626	1.607	4.899	1.633
Stasiun 3	Akar	1.327	1.256	1.316	3.899	1.299
	Tangkai	0.321	0.341	2.209	2.871	0.957
	Daun	0.046	0.079	1.763	1.888	0.629

Dari tabel 4.4 kemudian dianalisis dengan menggunakan *Analisis of Varians* (Anava) untuk mengetahui apakah ada perbedaan kandungan logam berat timbal (Pb) pada organ enceng gondok. Dari hasil uji anava didapatkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ pada taraf signifikan 5% .Hal ini menunjukkan adanya perbedaan kandungan logam berat timbal (Pb) pada tiap organ enceng gondok, sehingga dilanjutkan dengan uji lanjut BNJ %.



Gambar 4.3 Diagram batang kandungan logam berat timbal (Pb) pada organ tumbuhan enceng gondok pada tiap stasiun di Waduk Sengguruh

Gambar 4.3 diketahui bahwa stasiun I dan stasiun II menunjukkan kadar logam berat yang tinggi jika dibandingkan stasiun III yaitu stasiun I rata-rata kandungan logam berat pada akar 3.669 ppm, tangkai 5.499 ppm, daun 1.791 ppm. Stasiun II rata-rata kandungan logam berat akar 4.438 ppm, tangkai 5.322 ppm, daun 1.633 ppm. Stasiun III rata-rata kandungan logam berat akar 1.299 ppm, tangkai 0.957 ppm, daun 0.629 ppm. Jika dilihat dari total kadar logam berat timbal (Pb) ditumbuhan enceng gondok dari tiap lokasi sudah dapat dibedakan, pada lokasi stasiun I total kandungan Pb enceng gondok mencapai 33.079 ppm, stasiun II 34.182 ppm. Di lokasi stasiun I dan Stasiun II total kandungan logam berat timbal (Pb) lebih tinggi jika dibandingkan di stasiun III 8.658 ppm, kandungan kandungan logam berat timbal (Pb) pada tumbuhan enceng gondok berada diambang batas. Menurut Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, ambang

batas timbal dalam perairan 0,03 ppm. Tingginya kandungan logam berat dalam tubuh enceng gondok dapat meruask kualitas air Waduk Sengguruh dimana perairan waduk banyak dimanfaatkan oleh penduduk sekitar sebagai tempat pembudidayaan ikan lele,serta menjadi area pemancingan ikan.

Pembuangan limbah berbahaya yang mengandung logam berat, sangat membahayakan kehidupan manusia, tumbuhan dan hewan di sekitar kawasan pembuangan limbah dan merupakan kejahatan yang sangat tidak disukai Allah, seperti tertulis dalam Al Qur'an surat Al Baqarah ayat 205:

وَإِذَا تَوَلَّى سَعَىٰ فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ ۗ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفُسَادَ



Artinya: “Dan apabila ia berpaling (dari kamu), ia berjalan di bumi untuk mengadakan kerusakan padanya, dan merusak tanam-tanaman dan binatang ternak, dan Allah tidak menyukai kebinasaan (QS.Al-Baqarah ayat 205).

Dalam *Tafsir Ibnu Katsir* Allah tidak menyukai oran-orang yang munafik yang membuat kerusakan semata di bumi, karena sesungguhnya alam raya telah diciptakan Allah dalam keadaan harmonis, serasi dan memenuhi kebutuhan makhluk. Allah telah menjadikannya baik bahkan memerintahkan hamba-hambanya untuk menjaga dan memperbaikinya. Salah satu upaya manusia dalam menjaga sumber daya hayati yang ada di bumi dengan cara pelestarian. Akan tetapi Allah SWT akan memusnahkan tempat tanaman tumbuh berbuah sekaligus tempat berkembang biaknya hewan-hewan yang merupakan sendi hajat hidup manusia apabila kita menjadi orang munafik (Abdullah, 2007).

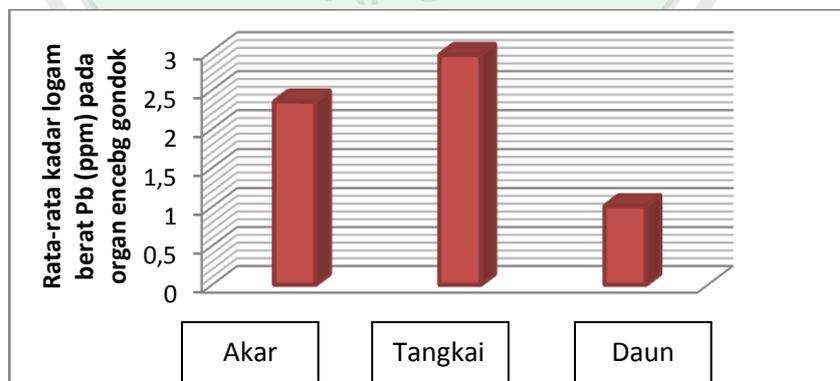
Rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) dalam organ tumbuhan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) pada semua lokasi disajikan pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) dalam organ tumbuhan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) pada semua lokasi

Organ Tumbuhan	Rata-rata (ppm)	Standar Baku air Peraturan Pemerintah No 82 Thn 2001
Akar	2.35 b	0.03
Tangkai	2.95 b	
Daun	1.01 a	

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ 5%.

Tabel 4.5 memperlihatkan bahwa akumulasi logam berat Pb yang tinggi terdapat pada organ tangkai tumbuhan yaitu mencapai rata-rata 2.95 ppm, akan tetapi tidak berbeda dengan organ akar dengan jumlah rata-rata 2.35 ppm dan yang paling rendah pada organ daun yaitu 1.01 ppm. Gambar Rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) dalam organ tumbuhan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) pada semua lokasi di sajikan pada gambar 4.3



Gambar 4.4 Rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) dalam organ tumbuhan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) pada semua lokasi

Gambar 4.4 menunjukkan tingginya logam berat timbal (Pb) pada organ akar dan tangkai enceng gondok, pada akar enceng gondok terdapat mikrobiorhizosfera yang mengakumulasi logam berat. Menurut Surawiria (1993) bahwa mikrobiorhizosfera adalah bentuk simbiosis antara bakteri dengan jamur, yang mampu melakukan penguraian terhadap bahan organik maupun anorganik yang terdapat dalam air serta menggunakannya sebagai sumber nutrisi. Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem ke bagian tumbuhan lain untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat dihasilkan oleh tumbuhan. Untuk mencegah peracunan dalam sel tumbuhan enceng gondok ini mempunyai mekanisme untuk melokalisasi logam berat dalam organ akar dan batang

Kandungan logam berat pada bagian tumbuhan tertentu menunjukkan adanya usaha untuk melokalisasi materi toksik yang masuk ke dalam tubuh menuju bagian yang lebih kebal terhadap pengaruh toksik, sehingga tidak mempengaruhi bagian tubuh yang rentan terhadap materi toksik. Mekanisme ameliorasi yang mungkin dilakukan oleh tumbuhan enceng gondok adalah lokalisasi, yaitu mengakumulasi materi toksik tersebut di bagian tertentu dari tanaman seperti akar, batang dan daun (Fitter, 1991). Tingginya kandungan logam berat timbal (Pb) pada organ tangkai enceng gondok disebabkan karena kerapatan jaringan di bagian tangkai enceng gondok, dimana tangkai tumbuhan enceng gondok lebih padat dari pada organ akar dan daun serta jumlah sel lebih banyak pada organ tangkai sehingga akumulasi logam berat timbal (Pb) juga lebih tinggi

dibanding organ tumbuhan lainnya. Hal ini juga bisa dilihat dari bobot kering tangkai lebih tinggi dari pada organ akar dan daun (Arisandi, 2001). Enceng gondok juga melakukan toleransi dan detoksifikasi dengan mengakumulasi logam berat di vakuola dalam struktur selnya. Vakuola merupakan tempat yang aman untuk mengakumulasi logam karena vakuola merupakan daerah yang jauh dari proses metabolisme (Hall, 2002).

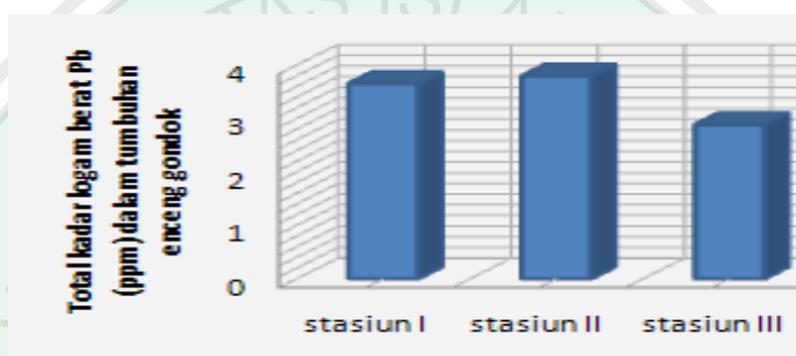
Pada organ tumbuhan yang memanjang, seperti tangkai pembesaran terjadi terutama ke satu dimensi, pembesaran sel sebagian besar merupakan peristiwa penyerapan air ke dalam vakuola yang mengembang dimana ukuran vakuola pada tangkai lebih besar dibanding organ daun dan akar. Organ tangkai enceng gondok terdapat rongga-rongga udara yang dibatasi oleh dinding penyekat berupa selaput tipis berwarna putih. Konsentrasi bahan terlarut pada vakuola tinggi dan ada ratusan bahan terlarut termasuk Pb. Tekanan air menyebabkan terjadinya pertumbuhan dengan cara mendorong dinding dan membrane menjadi melar (Salisbury & Ross, 1995).

Tabel 4.6 Rata-rata total logam berat timbal (Pb) ppm yang terdapat di tumbuhan enceng gondok pada masing - masing stasiun

Lokasi	Rata-rata (ppm)	Standar Baku air Peraturan Pemerintah No 82 Thn 2001
Stasiun I	3.653 c	0.05
Stasiun II	3.797 c	
Stasiun III	2.885 b	

Keterangan : Angka yang didampingi dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ 5%

Tabel 4.6 memperlihatkan bahwa akumulasi logam berat Pb pada tumbuhan enceng gondok tinggi terdapat pada stasiun II yaitu mencapai rata-rata 3.797 ppm kemudian stasiun I dengan jumlah rata-rata 3.653 ppm dan yang paling rendah pada stasiun III yaitu 2.885 ppm. Kadar rata-rata total logam berat timbal (Pb) pada tumbuhan enceng gondok disajikan pada gambar 4.4



Gambar 4.5 Rata-rata total logam berat timbal (Pb) yang terdapat di tumbuhan enceng gondok pada masing - masing stasiun

Gambar 4.5 menunjukkan perbedaan kandungan logam berat timbal (Pb) dari tumbuhan enceng gondok dari masing-masing stasiun I,II,III. Besarnya kandungan Pb dalam tumbuhan enceng gondok di ketiga lokasi pengamatan yang berkaitan dengan sifat logam tersebut yang mudah mengendap dan membentuk sedimen serta bersifat akumulatif serta mudah mengikat senyawa organik. Penyebab tingginya kandungan timbal tumbuhan enceng gondok di stasiun I ialah banyaknya limbah anorganik maupun organik yang masuk kedalam badan Kali Brantas dan Kali Lesti, diantaranya pembuangan limbah hasil pertanian, rumah tangga serta pembuangan limbah industri yang langsung ke aliran badan waduk tanpa melalui proses penjernihan limbah. Lokasi stasiun I yang merupakan

pertemuan hilir Kali Lesti dan Kali Brantas, dimana limbah yang masuk ke dalam perairan dalam keadaan lebih pekat karena dekatnya dengan sumber pencemar dan terakumulasi oleh tumbuhan enceng gondok, karena sifat dari logam berat timbal (Pb) mudah terakumulasi oleh organisme perairan.

Tingginya kandungan logam berat timbal (Pb) pada tumbuhan enceng gondok di lokasi stasiun II karena stasiun II merupakan tempat penampungan limbah organik maupun anorganik sehingga enceng gondok yang terdapat di lokasi stasiun II sebagian besar berasal dari stasiun I yang terbawa oleh aliran sungai. Logam berat timbal (Pb) pada lokasi stasiun II yang mengalami pengenceran mengakibatkan logam berat timbal (Pb) menyebar keseluruh perairan di daerah bendungan, dan sebagian diduga mengendapnya logam berat pada sedimen di perairan sehingga tumbuhan enceng gondok yang terdapat di lokasi perairan bendungan dapat mengakumulasi logam berat timbal (Pb).

Rendahnya kandungan Pb pada tumbuhan enceng gondok di lokasi stasiun III diduga karena logam berat timbal (Pb) mengalami pengendapan di sedimen pada lokasi stasiun I dan stasiun II. Dugaan ini di dukung oleh pendapat Fitriyah (2003) dimana kandungan logam berat Pb dalam sedimen lebih tinggi dari pada badan air, pengendapan logam berat di suatu perairan terjadi karena adanya anion karbonat hidroksil dan klorida. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen.