

Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Dan Cadmium (Cd) Pada Ikan Mujair (*Oreochromis Mossambicus*) Di Sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo Dan Implementasinya Sebagai Bahan Ajar Materi Pencemaran Lingkungan Di SMA

Nurul Islami¹⁾, Yuni Gayatri²⁾

1) Mahasiswa Prodi. Pendidikan Biologi UMSurabaya

2) Dosen Prodi. Pendidikan Biologi UMSurabaya

E-mail : nurulislami003@gmail.com

Abstract : This research aims (1) to know the content of Metal Pb and Cd on Mujair Fish (2) to know the consumption feasibility of Mujair Fish based on the quality SNI 7387:2009; (3) Implementing the research result on Biology teaching material of SMA. This research was qualitative with *ex post facto* method. This research was done on January to July 2017 in of Tambak Oso River at Waru sub district Sidoarjo regency and tested in BBLK Surabaya. Data collecting technique by taking sample of Mujair fish in Tambak Oso River. The subject of this research were Mujair fish (*Oreochromis mossambicus*) while the research object were the heavy metal Pb and Cd. The technique sampling was *purposive sampling*. The analysis technique by comparing the research result and the standard quality of SNI 7387:2009 about maximum limit of heavy metal contamination in food. The results showed that heavy metal content in mujair fish in Tambak Oso River Waru Sub district, Sidoarjo regency, ranging from 0.027-0.041 ppm for heavy metal content and ranging from 0.001 to 0.012 ppm for heavy metal content Cd. These results indicate that mujair fish is still feasible to be consumed because it is still below the quality standard based on SNI 7387: 2009. The results of this study can be made of teaching materials in the form of brochures of heavy metal pollution.

Keywords: heavy metal content; *Oreochromis mossambicus*; lead (Pb); SNI 7387:2009.

PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya perindustrian akan diikuti dengan meningkatnya pencemaran terhadap lingkungan, termasuk pencemaran di wilayah Kabupaten Sidoarjo (Supriyanto, 2007). Kondisi lingkungan di wilayah Kabupaten Sidoarjo terutama sungai yang menjadi salah satu lokasi pembuangan limbah domestik maupun non domestik membuat lingkungan tersebut tercemar. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya sampah serta warna air yang keruh. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengembangan ekonomi di wilayah Kabupaten Sidoarjo kurang memperhatikan aspek lingkungan, dalam hal ini adalah sungai.

Salah satu lokasi sungai yang dapat ditemukan ikan mujair adalah sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo. Ikan mujair di sungai ini masih dikonsumsi oleh masyarakat setempat. Secara subjektif, kondisi sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo ini sudah tercemar, hal ini dilihat dari warna air yang keruh dan banyaknya padatan yang terapung di

permukaan air sungai. Sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo menjadi lokasi pembuangan hasil pengolahan limbah industri di Rungkut. Sehingga ada kemungkinan bahwa sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo tercemar dan ikan mujair di sungai tersebut juga ikut tercemar oleh logam berat. Hal tersebut diperkuat oleh hasil penelitian oleh Susilowati (2011) tentang pencemaran di sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo menunjukkan bahwa kadar logam berat Timbal (Pb) pada air di muara sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo sebesar 1,5 ppm, sedangkan untuk Kadmium (Cd) sebesar 0,45 ppm. Penelitian yang sama menunjukkan bahwa kadar logam berat timbal (Pb) pada ikan keting sebesar 0,4 ppm sedangkan kadar logam berat kadmium (Cd) sebesar 0,2 ppm.

Pentingnya menjaga lingkungan harus dimulai sejak dini dan dicantumkan pada kegiatan pembelajaran agar siswa tahu tentang dampak dari pencemaran lingkungan. Kurikulum 2013 bidang studi biologi sudah memuat materi pencemaran lingkungan. Kompetensi dasar yang harus tercapai adalah siswa dapat menganalisis data perubahan lingkungan dan dampak dari perubahan-perubahan tersebut terhadap kehidupan. Oleh karena itu, perlunya penelitian-penelitian yang dilakukan sehingga bisa menjadi pengembangan/ pengayaan dalam kegiatan pembelajaran terutama pada materi pencemaran lingkungan.

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kandungan logam berat Pb dan Cd pada Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Desa Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo
2. Untuk mengetahui kelayakan dikonsumsi Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Desa Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo
3. Untuk mengimplementasikan hasil penelitian ke dalam bahan ajar mata pelajaran biologi di SMA.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif dengan metode *ex post facto*. Lokasi yang dilaksanakan untuk pengambilan sampel adalah Sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo. Sedangkan tempat pengumpulan data ikan mujair dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Kota Surabaya.



Gambar 1. Aliran air sungai Tambak Oso dari industri Rungkut



Gambar 2. Lokasi pengambilan subyek teliti di Sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo

Subjek penelitian adalah ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*), sedangkan objek penelitian adalah logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd).

Prosedur Pengujian Kadar Timbal Dan Kadmium

Prosedur pengujian kimia yang dilakukan oleh peneliti sesuai dengan petunjuk Standar Nasional Indonesia SNI 2354.5:2011 tentang cara uji kimia Bagian 5: Penentuan kadar logam berat kadmium (Cd) dan timbal (Pb), sebagai berikut :

1. Uji Timbal (Pb) Pada Produk Perikanan

Unsur logam Pb dilepaskan dari jaringan daging ikan mujair dengan cara digesti kering (pengabuan) pada suhu 450°C. Logam dalam abu selanjutnya diikat dalam asam klorida (HCL) 6 M dan asam nitrat (HNO₃) 0,1 M secara berurutan. Larutan yang dihasilkan selanjutnya diatomisasi menggunakan *graphite furnace*. Atom-atom unsur Pb berinteraksi dengan sinar dari lampu Pb. Interaksi tersebut berupa serapan sinar yang besarnya dapat dilihat pada tampilan (monitor) spektrofotometer serapan atom (*Atomic Absorption Spectrofotometer*). Jumlah serapan sinar sebanding dengan konsentrasi unsur logam Pb tersebut.

2. Uji Kadmium (Cd) Pada Produk Perikanan

Unsur logam Cd dilepaskan dari jaringan daging ikan mujair dengan cara digesti kering (pengabuan) pada suhu 450°C. Logam dalam abu selanjutnya diikat dalam asam klorida (HCL) 6M dan asam nitrat (HNO₃) 0,1 M secara berurutan. Larutan yang dihasilkan selanjutnya diatomisasi menggunakan *graphite furnace*. Atom-atom unsur Cd berintraksi dengan sinar dari lampu Cd. interaksi tersebut berupa serapan sinar yang besarnya dapat dilihat pada tampilan (monitor) spektrofotometer serapan atom (*Atomic Absorption Spectrofotometer*). Jumlah serapan sinar sebanding dengan konsentrasi unsur logam Cd tersebut.

Prosedur Pengujian Suhu dan pH

Peneliti juga mengumpulkan data pendukung yaitu suhu dan pH air sungai, berikut prosedur pengujian yang dilakukan peneliti:

1. Pengukuran suhu menggunakan termometer yang dicelupkan langsung ke air sungai selama ± 15 menit sampai skala air raksa berhenti.
2. Pengukuran pH air sungai menggunakan pH indikator dengan mengambil sampel air sungai lalu menceupkan kertas pH selama 5 menit kemudian diamati dengan membandingkan skala pada tempat kertas pH indikator.

Parameter Standar Mutu

Persyaratan standar Ikan Mujair berdasarkan SNI 7387:2009 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 1. Baku mutu logam berat pada ikan berdasarkan SNI 7387:2009

No. Kategori Pangan	Kategori Pangan	Logam Berat	Batas maksimum (mg/kg)
09.0	Ikan dan produk perikanan	Timbal (Pb)	0,3
09.0	Ikan dan produk perikanan	Kadmium (Cd)	0,1

Persyaratan suhu dan pH air sungai berdasarkan PP No. 82 tahun 2001 adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Parameter suhu dan pH air sungai sesuai dengan peruntukannya berdasarkan PP No.82 Tahun 2001 Kelas II

Parameter	Baku Mutu	Kriteria Aman
Suhu	Deviasi 3	Berada di deviasi 3 dari kondisi alami
pH	6-9	Berada dikisaran 6-9

HASIL PENELITIAN

Berikut ini akan dipaparkan hasil pengukuran data kadar logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada ikan mujair, sebagai berikut :

Tabel 3. Data hasil uji kadar logam berat Pb dan Cd pada ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) di sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo

No	Lokasi Sampel	Kode Sampel	Kadar Logam Berat (ppm)	
			Pb	Cd
1	Area pintu air sungai	A1	0,000	0,000
		A2	0,077	0,025
		A3	0,046	0,012
Rata-rata			0,041	0,012
2	Area aliran pemukiman warga	B1	0,072	0,004
		B2	0,000	0,000
		B3	0,009	0,000
Rata-rata			0,027	0,001

Berikut hasil pengukuran nilai suhu dan pH air sungai sebagai data pendukung:

Tabel 4. Data pendukung parameter fisika-kimia air sungai Tambak Oso

No	Lokasi Sampel	Pengulangan	Suhu (°C)	pH
1	Area pintu air sungai	1	29	7
		2	31	7
		3	31	8

Rata-rata		30	7
2	Area pemukiman warga	1	8
		2	8
		3	7
Rata-rata		30	8

Berdasarkan hasil di atas, diperoleh bahwa kadar logam berat Pb (Timbal) pada ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) di area pintu air Sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo, untuk kode sampel A1;A2;A3 secara berurutan adalah 0,000 ppm; 0,077 ppm; 0,046 ppm dengan rata-rata hasil sebesar 0,041 ppm. Lalu, kadar logam berat Cd (Kadmium) di area yang sama, untuk kode sampel yang sama secara berurutan adalah 0,000 ppm; 0,025 ppm; 0,046 ppm dengan rata-rata hasil sebesar 0,012 ppm.

Sedangkan hasil untuk kadar logam berat Pb (Timbal) pada ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) di area aliran pemukiman warga, untuk kode sampel B1;B2;B3 secara berurutan adalah 0,072 ppm; 0,000 ppm; 0,009 ppm dengan rata-rata hasil sebesar 0,027 ppm. Lalu, kadar logam berat Cd (Kadmium) di area yang sama, untuk kode sampel yang sama secara berurutan adalah 0,004 ppm; 0,000 ppm; 0,000 ppm dengan rata-rata hasil 0,001 ppm.

Nilai suhu di sungai Tambak Oso berdasarkan tabel 4.2 bahwa suhu di sungai Tambak Oso pada area pintu air sungai dan area pemukiman warga memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 30 °C sedangkan nilai pH di dua lokasi tersebut berbeda, pada area pintu air sungai memiliki pH 7 dan di area pemukiman warga memiliki pH 8.

ANALISIS DATA

Hasil penelitian pada tabel 4.1 jika dianalisis dengan membandingkan antara hasil uji dengan baku mutu SNI 7387:2009 tentang batas maksimum logam berat dalam pangan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 5. Data analisis antara hasil uji dengan SNI 7387:2009 tentang batas maksimum logam berat pada ikan

No	Lokasi Sampel	Logam Berat	Baku Mutu (ppm) SNI 7387:2009	Hasil Pengukuran rata-rata (ppm)	Kelayakan Konsumsi	Keterangan
1	Area pintu air sungai	Pb	0,3	0,041	Layak	Berada di bawah baku mutu

		Cd	0,1	0,012	Layak	Berada di bawah baku mutu
2	Area aliran pemukiman warga	Pb	0,3	0,027	Layak	Berada di bawah baku mutu
		Cd	0,1	0,001	Layak	Berada di bawah baku mutu

Berdasarkan hasil analisis pada tabel 4.3 yang membandingkan antara hasil uji dan SNI 7387:2009 tentang batas maksimum logam berat dalam pangan, diperoleh bahwa di area pintu air sungai untuk kandungan logam berat Pb pada ikan mujair adalah 0,041 ppm sementara baku mutu pada ikan dan hasil olahan yaitu 0,3 ppm, berarti masih berada di bawah baku mutu dan ikan mujair tersebut masih layak dikonsumsi. Lalu, kandungan logam berat Cd pada ikan mujair adalah 0,012 ppm, sementara baku mutu pada ikan mujair yaitu 0,1 ppm, berarti masih berada di bawah baku mutu dan masih layak untuk dikonsumsi.

Sedangkan di area aliran pemukiman warga untuk ikan mujair untuk kandungan logam berat Pb sebesar 0,027 ppm, sementara baku mutu pada ikan dan hasil olahan yaitu 0,3 ppm, berarti masih berada di bawah baku mutu dan masih layak untuk dikonsumsi. Lalu, kandungan logam berat Cd pada ikan mujair adalah 0,001 ppm, sementara baku mutunya yaitu 0,1 ppm berarti masih berada di bawah baku mutu dan masih layak untuk dikonsumsi.

Hasil penelitian pada tabel 4.2 jika dianalisis dengan membandingkan antara hasil uji dengan baku mutu PP No.82 Tahun 2001 tentang parameter kualitas air dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 6. Data analisis hasil uji suhu dan pH air sungai berdasarkan PP No.82 Tahun 2001 kelas II sebagai data pendukung

No	Lokasi Sampel	Parameter	Baku Mutu PP N0.82 Tahun 2001	Hasil Uji Rata-rata	Keterangan
1	Area pintu air sungai	Suhu	≤30 Deviasi 3	30 °C	Aman
		pH	6-9	7	Aman
2	Area pemukiman warga	Suhu	≤30 Deviasi 3	30 °C	Aman
		pH	6-9	8	Aman

Berdasarkan hasil analisis pada tabel 4.4 yang membandingkan antara hasil uji dengan parameter kualitas air menurut PP No.82 Tahun 2001 bahwa suhu air sungai di dua lokasi yaitu area pintu air sungai dan area pemukiman warga memiliki suhu yang sama sebesar 30 °C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu di sungai tersebut masih berada dikisaran ≤ 30 Deviasi 3 sehingga masih aman sedangkan nilai pH menunjukkan hasil yang berbeda yaitu secara berurut-urut sebesar 8 dan 7. Hal ini menunjukkan bahwa pH di sungai tersebut masih berada dikisaran 6-9 menurut PP No. 82 Tahun 2001 sehingga masih aman.

HASIL PENELITIAN dan PEMBAHASAN

Kadar Logam Berat Timbal Dan Kadmium Pada Ikan Mujair

Kadar logam berat Pb pada ikan mujair dari hasil penelitian berkisar 0,027-0,041 ppm, hal ini masih di bawah satandar baku mutu berdasarkan SNI 7387:2009 tentang Batas Cemaran Logam Berat Pb pada Ikan dan Hasil Olahan adalah 0,3 mg/kg. Sedangkan kadar logam berat Cd pada ikan mujair berkisar 0,001-0,012 ppm, hal ini masih di bawah standar baku mutu berdasarkan SNI 7387:2009 tentang batas cemaran logam berat Cd pada ikan dan hasil olahan adalah 0,1 mg/kg. Masuknya logam berat Pb dan Cd kedalam jaringan ikan di karenakan ikan tersebut mengakumulasi logam timbal dan kadmium yang berada di sungai tersebut.

Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya derajat akumulasi logam adalah (1) Sifat dari hewan tersebut; (2) Kadar Pb dan Cd pada ikan dipengaruhi oleh kadar logam berat tersebut di perairan; (3) Logam berat yang masuk akan mengendap di sedimen sungai; (4) Tumbuhan eceng gondok dapat menurunkan kadar logam berat Pb dan Cd di air; (5) Suhu dan pH menentukan kelarutan logam berat Pb dan Cd. Berikut penjelasannya :

1. Sifat dari hewan tersebut, misalnya mekanisme regulasi, konsentrasi Pb dan Cd di air dan sedimen (Febrianto, 2011) dan logam berat yang masuk ke dalam tubuh ikan dapat menyebabkan gangguan fisiologis sehingga ikan akan berusaha mengeluarkan logam berat tersebut melalui mekanisme regulasi sehingga resiko toksisitas logam berat dalam tubuhnya dapat dihindari. Menurut Suseno, dkk (2010) ikan

memiliki mekanisme regulasi, diantaranya ekskresi, detoksifikasi dan penyimpanan. Selain proses regulasi berupa ekskresi, Rodieisier (2009) mengatakan bahwa hati ikan memiliki peran dalam mekanisme detoksifikasi. Proses detoksifikasi logam berat pada hati melalui proses pengikatan logam (*metallothionein*) yang akan merangsang ikan untuk melakukan perlawanan secara fisiologis sehingga meminimalisir dampak racun yang ditimbulkan di dalam jaringan (Rodieisier, 2009).

2. Ikan mengakumulasi Pb dan Cd seiring dengan meningkatnya konsentrasi Pb dan Cd di perairan dan sedimen, namun ikan juga dapat melakukan mekanisme eliminasi seiring dengan penurunan konsentrasi logam berat di perairan (Suseno,dkk, 2010).
3. Menurut Simbolon, dkk (2010) logam berat yang masuk ke perairan biasanya mengendap di dasar perairan karena Pb dan Cd memiliki densitas yang lebih besar dari air sungai. Hal tersebut menunjukkan bahwa logam berat yang terakumulasi pada ikan masih dibawah baku mutu yang ditetapkan SNI 7387:2009.
4. Tumbuhan air seperti eceng gondok (*Eichornia crassipes*) juga mempengaruhi penurunan kadar logam berat Pb dan Cd di air, seperti pada penelitian Tosepu (2012) membuktikan bahwa eceng gondok mampu menyerap logam berat ataupun polutan perairan sampai pada titik nol. Hal tersebut mengakibatkan akumulasi logam berat yang tidak terlalu tinggi dalam air sungai sehingga ikan mujair tidak tercemar logam berat.
5. Suhu dan pH air menentukan kadar logam berat pada ikan mujair di sungai Tambak Oso. Suhu di air sungai Tambak Oso sebesar 30 °C. Nilai ini belum melebihi ambang batas menurut PP No.82 Tahun 2001 sehingga ikan masih bisa tumbuh optimum. Hasil pengukuran suhu ini memperkuat hasil penelitian bahwa suhu di sungai Tambak Oso yang masih aman berdasarkan PP No.82 Tahun 2001, mempengaruhi kelarutan logam berat, sehingga hal itu menyebabkan kadar Pb dan Cd pada ikan tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan SNI 7387:2009. Hal itu diperkuat dalam penelitian

Ika (2012) yang menyimpulkan bahwa suhu suatu perairan dapat mempengaruhi proses kelarutan akan logam-logam berat yang masuk ke perairan, semakin tinggi suhu suatu perairan maka kelarutan logam berat akan semakin tinggi pula. Sedangkan Nilai pH di area pintu air sungai sebesar 7 mempengaruhi nilai Pb pada ikan mujair sebesar 0,041 ppm dan nilai Cd sebesar 0,012 ppm, sedangkan nilai pH di area pemukiman warga sebesar 8 yang mempengaruhi nilai Pb pada ikan mujair sebesar 0,027 ppm dan nilai Cd sebesar 0,001 ppm. Nilai pH ini menunjukkan bahwa kualitas air sungai Tambak Oso untuk ikan masih aman berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001. Nilai pH tersebut juga mempengaruhi kelarutan logam berat sehingga ada perbedaan nilai Pb dan Cd pada ikan mujair di dua lokasi tersebut. Pernyataan tersebut diperkuat oleh Palar (2012) bahwa perubahan pH pada perairan akan mempengaruhi kelarutan dari Pb dan Cd, semakin asam pH tersebut maka semakin tinggi juga kadar Pb dan Cd yang terakumulasi pada ikan.

Kelayakan Konsumsi Berdasarkan SNI 7387:2009

Hasil yang didapatkan setelah melakukan penelitian dan dibandingkan dengan SNI 7387:2009 tentang batas maksimum logam berat dalam pangan maka ikan mujair masih layak untuk di konsumsi hal ini dikarenakan kadar logam berat Cd dan Pb pada ikan mujair masih berada di bawah standar mutu pangan, yaitu layak dikonsumsi apabila $Pb < 0,3$ ppm dan $Cd < 0,1$ ppm dan tidak layak dikonsumsi apabila $Pb > 0,3$ ppm dan $Cd > 0,1$ ppm.

Implementasi Hasil Penelitian Dalam Bentuk Bahan Ajar

Hasil penelitian yang diperoleh dapat dimanfaatkan sebagai media pendidikan bagi pelajar tingkat SMA dalam bentuk brosur. Brosur merupakan media yang efektif dalam pembelajaran, seperti dalam penelitian Bakri (2000); Wahyuni, I,H (2015) disebutkan bahwa brosur menjadi salah satu media yang efektif dalam menyalurkan informasi ke publik dalam hal ini adalah pelajar tingkat SMA, selain tampilannya yang menarik juga dikarenakan isi brosur yang

padat akan memudahkan siswa dalam menangkap informasi yang ada di dalamnya. Sistematika isi brosur pembelajaran ini memuat tentang pendahuluan yang diawali dengan penyajian masalah seperti contoh gambar penyakit akibat logam berat, macam-macam logam berat serta dampaknya, hasil penelitian, tahap paparan pencemaran logam berat.

KESIMPULAN

Hasil penelitian tentang analisis kadar logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) di sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo dalam penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kadar logam berat pada ikan mujair di Sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo, berkisar 0,027-0,041 ppm untuk kadar logam berat Pb dan berkisar 0,0013-0,027 ppm untuk kadar logam berat Cd.
2. Ikan mujair di Sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo masih layak dikonsumsi karena masih dibawa baku mutu berdasarkan SNI 7387:2009 batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan.
3. Bentuk bahan ajar mata pelajaran biologi di SMA yang dapat dibuat dari hasil penelitian ini adalah brosur tentang pencemaran logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Makanan. SNI 7387:2009. (Online). Diakses dari https://sisni.bsn.go.id/index.php/sni_main/sni/detail_sni/9565.go.id pada 20 mei 2017.

Badan Standarisasi Nasional. Penentuan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Produk Perikanan. SNI 2354.5:2011. (Online). Diakses dari https://sisni.bsn.go.id/index.php/sni_main/sni/detail_sni/9773.go.id pada 20 mei 2017.

Febrianto, Robby. 2011. *Akumulasi Timbal (Pb) pada Juvenile Ikan Mujair (Oreochromis Mossambicus) Secara In Situ di Kali Surabaya*. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan ilmu pengetahuan Alam: ITS Surabaya.

Ika, Tahril, Surya I, 2012. *Analisis Logam Timbal (Pb) dan Besi (Fe) dalam Air Laut di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa Kecamatan Palu Utara*. *Jurnal akd. Kim*, 1 (4): 181-186. (Online). Diakses dari

www.jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/JAK/article/view/1505.pdf pada 29 Maret 2017.

Palar, Heryando. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pencemaran Air. (Online). Diakses dari https://www.minerba.esdm.go.id/library/sijh/PP8201_KualitasAir.pdf pada 12 April 2007.

Rodieisier, Sembiring. 2009. *Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb pada Daging Kijing Local dari Perairan Situ Gede, Bogor*. Bogor: Institut Pertanian Bogor. (Online). Diakses dari www.repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/19435/2/C09rse_abstract.pdf pada 18 April 2017.

Simbolon D, Surya SM, Winsa SY, 2010. *Kandungan Merkuri dan Sianida Pada Ikan yang Tertangkap dari Teluk Kao, Halmahera Utara. Ilmu Kelautan*, Vol. 5 No.3.

Supriyanto, dkk. 2007. *Analisis Cemaran Logam Berat Pb, Cu Dan Cd Pada Ikan Air Tawar dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA)*. Makalah disajikan pada Seminar Nasional III diselenggarakan oleh SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta tanggal 21-22 November 2007. (Online). Diakses dari www.jurnal.sttn-batan.ac.id/wp-content/uploads/2008/06/13-supriyanto-hal-147-152.pdf pada 12 April 2017.

Suseno, H., Hudiyono,S.,Budiawan dan Wisnubroto, Djarot S. 2010. *Bioakumulasi Anorganik dan Metil Merkuri oleh Oreochromis mossambicus :Pengaruh Konsentrasi Merkuri Anorganik dan Metil Merkuri dalam Air*. Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah, Volume 13 No 1, ISSN 1410-9565. (Online). Diakses dari www.lib.ui.ac.id/file?file=digital/20306847-D-pdf-Bioakumulasi%20merkuri.pdf pada 18 April 2017.

Susilowati. 2011. *Analisis Kadar Logam Berat Pb dan Cd dalam Daging Ikan Keting dan Air Tambak di Sekitar Muara Sungai Tambak Oso Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo dengan Metode Spektrofotometer Serapan Atom*. Skripsi tidak dipublikasikan. Surabaya: Universitas Airlangga.

Tosepu, R. 2012. "Laju Penurunan Logam Berat Plumbum (Pb) Dan Cadmium (Cd) Oleh *Eichornia crassipes* dan *Cyperus papyrus*". Jurnal Manusia dan Lingkungan, Vol. 19, No.1. (Online). Diakses dari www.pslh.ugm.ac.id/id/wp-content/uploads/19-1.5-Ramadhan-Tosepu.pdf pada 22 Juli 2017.