

Upaya Penurunan Logam Berat Timbal pada *Mystus nigriceps* di Kali Surabaya Menggunakan Filtrat Kulit Nanas

The Effort of Reduction of Lead Content of *Mystus nigriceps* from Kali Surabaya Using Pineapple Peel's Filtrate

Syazwani Ulfah*, Fida Rachmadiarti, Raharjo

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: syazwaniulfah@gmail.com

ABSTRAK

Ikan kating (*Mystus nigriceps*) di Kali Surabaya tercemar timbal (Pb) sebesar 1.81 mg/kg. Sementara ambang batas maksimum pencemaran logam berat timbal dalam pangan yang telah ditetapkan Badan Standar Nasional Indonesia yaitu tidak boleh lebih dari 0,4 mg/kg. Berdasarkan hal tersebut, maka ikan kating di Kali Surabaya tidak aman untuk dikonsumsi penduduk. Tujuan penelitian ini adalah untuk menurunkan kadar logam berat timbal pada ikan kating dengan menggunakan berbagai konsentrasi dan lama perendaman filtrat kulit nanas. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor perlakuan, yaitu perbedaan konsentrasi filtrat kulit nanas (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) dan lama waktu perendaman (30 menit dan 60 menit). Penelitian dilakukan dengan 4 kali pengulangan. Parameter penelitian yang diamati adalah persentase penurunan kadar logam berat timbal ikan kating. Data dianalisis dengan analisis varian dua arah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan penurunan kadar logam berat timbal pada perlakuan berbagai konsentrasi filtrat kulit nanas dan lama perendaman terhadap penurunan kadar logam berat timbal pada ikan kating di Kali Surabaya.

Kata kunci: timbal; *Mystus nigriceps*; Kali Surabaya; filtrat kulit buah nanas

ABSTRACT

Mystus nigriceps fished from Kali Surabaya polluted by lead (Pb) 1.81 mg/kg, while the maximum threshold of heavy metal pollution of lead in food according to National Bureau of Standards Indonesia should not be more than 0.4 mg/kg. Hence, *Mystus nigriceps* of Kali Surabaya are not safe to be consumed people. The aim of this research was to reduce of content of lead heavy metal at *Mystus nigriceps* by using various of concentrations and dipping time of pineapple peel's filtrate. This research used Completely Randomized Design with two factor of treatments, namely type of concentrations (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) and dipping time (30 minutes and 60 minutes). The research was conducted in 4 replications. Research parameters measured were reduction percentage of lead heavy metal at *Mystus nigriceps*. Data were analyzed by using two-way analysis of variance. The results showed that there was no differences in the reduction of lead content *Mystus nigriceps* fished from Kali Surabaya in all factor of treatments, namely concentrations and dipping time on pineapple peel's filtrate.

Key words: reduction, lead, *Mystus nigriceps*, Kali Surabaya, pineapple peel' filtrate

PENDAHULUAN

Kali Surabaya merupakan sumber kehidupan berbagai jenis biota sungai dan menjadi salah satu sumber bahan baku PDAM untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat kota Surabaya (Febryanto, dkk., 2011). Di sisi lain, Kali Surabaya menjadi tempat pembuangan limbah dari berbagai jenis industri dan limbah domestik (Masduqi, 2006). Buangan air limbah domestik di Kali Surabaya merupakan pencemar dengan kontribusi yang cukup besar, yaitu sekitar 60% (Fatnasari dan Hermana, 2010). Terlebih lagi terdapat 483 industri di sepanjang Sungai Brantas yang membuang limbahnya dan menjadi sumber utama pencemaran Kali Surabaya (Masduqi dan

Apriliani, 2008). Beberapa aktivitas antropogenik tersebut dapat menyebabkan tingginya konsentrasi logam berat pada sedimen di perairan (Rochyatun dan Rozak, 2007). Pencemaran logam berat di Kali Surabaya daerah Rolak menurut Dewi, dkk. (2010), menyebabkan kualitas air sungai menurun yaitu perairan tersebut terpapar logam berat sebesar 0,393 ppm. Sementara ambang batas timbal berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air untuk Mutu Air Kelas III sebesar 0,03 ppm.

Biota air yang hidup dalam perairan tercemar logam berat dapat mengakumulasi logam berat tersebut dalam tubuhnya. Semakin

tinggi logam berat dalam perairan akan menyebabkan semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh hewan tersebut (Rochyatun dan Rozak, 2007). Berdasarkan wawancara pada tanggal 31 Agustus 2013 dengan nelayan daerah Sepanjang, Sidoarjo, ikan konsumsi yang sering ditangkap dan didapat oleh para nelayan di Kali Surabaya adalah ikan keting dan ikan bader. Namun yang paling banyak adalah ikan keting karena ikan ini merupakan spesies lokal Kali Surabaya.

Ikan keting (*Mystus nigriceps*) merupakan organisme perairan air tawar yang dapat bertahan terhadap perubahan kondisi lingkungan perairan yang tercemar tanpa mengalami kematian, di antaranya kadar oksigen yang rendah dan kekeruhan yang tinggi (Sulistyo dan Setijanto, 2002). Ikan keting bersifat omnivora dan cenderung karnivora. Sebagai salah satu predator puncak dalam jejaring makanan akuatik, ikan keting berpotensi mengakumulasi logam berat (Khairuman dan Amri, 2008).

Tingginya kandungan logam berat pada sejumlah ikan di Kali Surabaya menyebabkan ikan di sungai tersebut tidak aman dikonsumsi. Ikan keting yang merupakan spesies ikan penghuni sungai tersebut tidak aman dimakan. Berdasarkan penelitian pendahuluan yang telah dilakukan pada tanggal 2 Agustus 2013 di Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya didapatkan hasil bahwa Ikan keting di Kali Surabaya tercemar timbal sebesar 1,81 mg/kg. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kadar logam berat timbal yang terdapat pada Ikan keting di Kali Surabaya telah melebihi ambang batas maksimum pencemaran logam berat dalam pangan yang telah ditetapkan Badan Standar Nasional Indonesia, yaitu tidak boleh lebih dari 0,4 mg/kg.

Logam berat yang terakumulasi sangat berbahaya bagi organisme perairan maupun manusia. Ikan air tawar seperti keting merupakan salah satu organisme akuatik yang menerima dampak langsung dari pencemaran. Ikan merupakan bahan makanan langsung bagi manusia sehingga keberadaan logam berat dalam tubuh ikan menjadi ancaman bagi manusia (Savitri dan Salami, 2009). Toksisitas logam pada manusia menyebabkan beberapa akibat negatif terutama timbulnya kerusakan jaringan terutama jaringan detoksifikasi dan ekskresi (Darmono, 1995). Oleh karena bahaya yang ditimbulkan oleh logam berat, maka perlu dilakukan penurunan terhadap logam berat yang ada pada organisme perairan sehingga aman dikonsumsi manusia. Salah satunya dengan menggunakan sekuestran

(zat pengikat logam) berupa asam misalnya asam sitrat (Meidianasari, 2010).

Asam sitrat merupakan asam organik yang larut dalam air. Asam sitrat mampu membentuk senyawa kompleks dengan logam. Asam sitrat bersifat mengikat logam (*chelating agent*) sehingga dapat membebaskan bahan makanan dari cemaran logam (Meidianasari, 2010). Selain jeruk, buah yang memiliki kandungan asam sitrat tinggi adalah buah nanas (Abdullah, 2010).

Nanas selain dikonsumsi dalam bentuk buah segar juga banyak digunakan dalam industri rumah tangga misalnya pembuatan sirup, selai, keripik, serta buah dalam kaleng. Berbagai macam pengolahan tersebut membutuhkan bahan baku nanas dalam jumlah yang cukup besar dan tentunya akan menghasilkan limbah kulit nanas di pasaran yang cukup besar pula sehingga pada akhirnya kulit nanas akan terbuang begitu saja. Limbah kulit nanas yang tidak dimanfaatkan adalah sekitar 50% (Febriyanti dan Rufita, 2011). Asam-asam yang terkandung dalam buah nanas adalah asam sitrat, asam malat, dan asam oksalat. Jenis asam yang paling dominan adalah asam sitrat yaitu sebesar 78% dari total asam (Irfandi, 2005).

Hasil penelitian Armanda (2009) menunjukkan perbedaan lama waktu perendaman sampel memberikan pengaruh yang berbeda terhadap penurunan logam berat timbal. Penelitian Setiawan, dkk. (2012) menunjukkan perbedaan konsentrasi dapat menurunkan logam berat pada udang.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian tentang penurunan kadar logam berat timbal dengan menggunakan limbah kulit buah nanas karena mengandung asam sitrat dan mempunyai pH asam. Terlebih lagi kulit nanas mudah didapat sehingga tidak menyulitkan masyarakat untuk mengaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, Ikan keting di Kali Surabaya merupakan ikan yang sering ditangkap oleh nelayan dan dikonsumsi penduduk padahal ikan tersebut terpapar logam timbal dengan konsentrasi yang cukup tinggi.

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menurunkan kadar logam berat timbal pada ikan keting dengan menggunakan berbagai konsentrasi filtrat kulit buah nanas dan lama perendaman filtrat kulit nanas.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor perlakuan, yaitu perbedaan konsentrasi (0%, 25%, 50%, 75%,

100%) dan lama perendaman (30 menit dan 60 menit). Penelitian dilakukan dengan 4 kali pengulangan.

Pengambilan Sampel ikan keting diperoleh di Kali Surabaya daerah Sepanjang, Sidoarjo. Untuk pemberian perlakuan perendaman ikan keting dengan filtrat kulit buah nanas dilakukan di Laboratorium Ekologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Surabaya (Unesa), sedangkan analisis timbal pada Ikan keting dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia FMIPA Unesa. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2013.

Tahapan penelitian yang dilakukan ada 2 yaitu perendaman ikan keting dalam filtrat kulit nanas dan analisis kadar logam berat timbal setelah dilakukan upaya penurunan logam berat timbal pada ikan keting. Penurunan kadar logam berat timbal pada ikan keting yaitu daging ikan keting seberat 10 gram direndam menggunakan filtrat kulit nanas 25%, 50%, 75%, dan 100% selama 30 menit dan 60 menit. Pembuatan filtrat kulit buah nanas, yaitu dengan menumbuk kulit nanas menggunakan alu sampai hancur. Kemudian kulit nanas dihaluskan menggunakan *blender*. Selanjutnya kulit nanas diperas untuk mendapatkan filtrat. Kemudian untuk memperoleh konsentrasi filtrat kulit nanas 100% digunakan filtrat kulit nanas dengan volume 250 ml tanpa penambahan aquades, konsentrasi filtrat kulit nanas 75% digunakan filtrat kulit nanas dengan volume 187,5 ml ditambah dengan aquades sebanyak 62,5 ml, konsentrasi filtrat kulit nanas 50% digunakan filtrat kulit nanas dengan volume 125 ml ditambah dengan aquades sebanyak 125 ml, dan konsentrasi filtrat kulit nanas 25% digunakan filtrat kulit nanas dengan volume 62,5 ml ditambah dengan aquades

sebanyak 187,5 ml. Kemudian daging Ikan keting yang telah direndam tersebut dianalisis kadar logam berat timbal menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*). Pertama daging ikan keting ditimbang 1 gram dan dimasukkan ke dalam gelas beaker. Lalu larutan HNO_3 ditambahkan ke dalam gelas beaker sebanyak 4 ml dan Larutan HCl ditambahkan ke dalam gelas beaker sebanyak 0,5 ml. Kemudian gelas beaker dipanaskan menggunakan *hot plate* sampai daging ikan keting larut dan aquades ditambahkan ke dalam gelas beaker hingga volume menjadi 50 ml. Selanjutnya sampel dianalisis menggunakan AAS.

Parameter penelitian yang diamati adalah persentase penurunan kadar logam berat timbal pada ikan keting setelah perendaman dengan filtrat kulit nanas pada berbagai konsentrasi dan lama perendaman.

HASIL

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data rata-rata penurunan kadar logam berat timbal pada Ikan keting setelah perendaman dengan filtrat kulit buah nanas pada berbagai konsentrasi dan lama waktu. Data yang diperoleh disajikan pada Tabel 1.

Nilai penurunan kadar logam berat timbal pada setiap perlakuan menggunakan berbagai konsentrasi (25%, 50%, 75%, dan 100%) serta lama perendaman (30 menit dan 60 menit) diperoleh nilai yang paling besar, yaitu pada perlakuan menggunakan konsentrasi 100% dan lama perendaman 60 menit, yaitu terjadi penurunan sebesar 2.37 mg/l (76,55%). Rata-rata nilai logam berat timbal pada ikan keting di Kali Surabaya yang diperiksa menggunakan spektrofotometri serapan atom adalah 3,096 mg/l (Tabel 1).

Tabel 1. Persentase penurunan kadar logam berat (mg/l) timbal pada ikan keting setelah perendaman dengan filtrat kulit buah nanas pada berbagai konsentrasi dan lama waktu

Perlakuan		Rata-Rata Kadar Sebelum Perendaman (mg/l)	Rata-Rata Kadar Setelah Perendaman (mg/l)	Penurunan Kadar Timbal (mg/l)	Persentase Penurunan
Lama Perendaman	Konsentrasi Filtrat				
60 menit	100%	3,096	0,726	2,37	76,55%
	75%	3,096	0,973	2,123	68,57%
	50%	3,096	1,207	1,889	61,01%
	25%	3,096	1,483	1,613	52,10%
30 menit	100%	3,096	1,094	2,002	64,66%
	75%	3,096	1,347	1,749	56,49%
	50%	3,096	1,914	1,182	38,18%
	25%	3,096	1,938	1,158	37,40%

Sementara ambang batas maksimum pencemaran logam berat timbal dalam pangan yang telah ditetapkan Badan Standar Nasional Indonesia, yaitu tidak boleh lebih dari 0,4 mg/kg. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai timbal pada ikan keteng di Kali Surabaya telah melebihi ambang batas dan tidak aman untuk dikonsumsi masyarakat.

Data kadar logam timbal pada ikan keteng yang telah diberi perlakuan berbagai konsentrasi dan lama perendaman, setelah dianalisis dengan menggunakan uji statistik Anava Dua Arah diperoleh hasil bahwa nilai F_{hitung} pada perlakuan konsentrasi dan lama perendaman lebih besar dari F_{tabel} maka dinyatakan tidak ada perbedaan pada masing-masing perlakuan

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data dapat diketahui bahwa tidak ada perbedaan perlakuan pada konsentrasi 100%, 75%, 50%, 25% serta lama perendaman 30 menit dan 60 menit terhadap penurunan logam timbal pada daging ikan keteng.

Penurunan kadar logam timbal dalam ikan keteng disebabkan oleh larutan asam sitrat yang terdapat dalam kulit nanas. Perendaman daging ikan keteng yang terpapar logam timbal dengan larutan asam seperti kulit nanas bertujuan untuk menurunkan pH sehingga dapat mereduksi adanya logam berat dalam organisme. Peningkatan konsentrasi asam berpengaruh terhadap penurunan kadar logam berat. Semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan maka semakin banyak jumlah hidrogen yang berkompetisi dengan ion logam sehingga kekuatan ikatan logam dalam protein semakin berkurang dan mudah lepas (Laily, 2002). Hal ini terbukti pada hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa pada perlakuan konsentrasi 100% dapat menurunkan logam paling tinggi dibandingkan konsentrasi 75%, 50%, dan 25% yaitu 2,37 mg/l dengan persentase penurunan 76,55%. Selain itu dibuktikan dalam penelitian Setiawan, dkk., (2012) bahwa penurunan logam timbal pada udang putih dengan perendaman jeruk nipis 50% dan 100% sebesar 40,30% dan 47,76% sedangkan dengan perendaman jeruk lemon 50% dan 100% sebesar 37,31% dan 49,25%. Selain itu, lama perendaman juga mempengaruhi penurunan logam timbal. Atikah (2011) mengatakan bahwa semakin lama perendaman, maka semakin banyak ikatan logam dengan protein yang putus. Hal tersebut mengakibatkan semakin tinggi pula penurunan logam timbal pada Ikan keteng. Hal ini terbukti pada hasil

penelitian ini yang menunjukkan bahwa perbedaan lama waktu perendaman sampel memberikan pengaruh yang berbeda terhadap penurunan logam timbal yaitu perendaman 60 menit terjadi penurunan yang lebih tinggi daripada 30 menit. Selain itu dibuktikan dalam penelitian Armada (2009) bahwa setelah perendaman 30 menit, terjadi penurunan kadar logam timbal sebesar 48,40% dan setelah perendaman 60 menit terjadi penurunan sebesar 64,46%.

Toksisitas dan sifat letal logam timbal pada tubuh biota air (ikan keteng) dapat dihilangkan dengan penambahan larutan asam sitrat. Asam sitrat merupakan asam organik yang larut dalam air (Alpatih, 2010). Asam sitrat mampu membentuk senyawa kompleks dengan logam. Asam sitrat bersifat mengikat logam (*chelating agent*) sehingga dapat membebaskan bahan makanan dari cemaran logam (Meidianasari, 2010). Chandra, dkk. (2013) mengatakan sebagai pengikat logam, asam sitrat mengkelat yang dapat mengikat logam divalent seperti Pb^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , dan Fe^{2+} . Proses pengikatan logam merupakan proses keseimbangan pembentukan kompleks ion logam dengan sukuestran. Secara umum keseimbangan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$L + S \rightarrow LS$ dengan L = ion logam, S = sukuestran, dan LS = kompleks ligan

Asam sitrat mudah bercampur dengan pelarut polar atau non polar lainnya seperti air, kloroform, dan heksana sehingga sifat kelarutan dan kemudahan bercampur dari asam sitrat ini digunakan sebagai pelarut logam-logam berat misalnya timbal dalam makhluk hidup seperti biota air misalnya ikan. Terjadinya reaksi antara zat pengikat logam dengan ion logam menyebabkan ion logam kehilangan sifat ionnya dan mengakibatkan logam timbal tersebut kehilangan sebagian besar toksisitasnya (Alpatih, 2010).

Penurunan kandungan logam timbal juga disebabkan larutan asam dapat merusak ikatan kompleks logam protein. Selain itu logam timbal merupakan jenis logam yang dapat larut dalam lemak. Dalam perendaman dengan larutan asam, maka lemak akan membentuk emulsi yang halus dan larut di dalam larutan asam sehingga dengan melarutnya lemak juga akan melarutkan logam timbal yang ada pada daging ikan keteng (Setiawan, dkk, 2012). Ikan keteng merupakan ikan dengan kandungan lemak yang cukup tinggi yaitu 15,85% per 25,8 gram (Khairuman dan Amri, 2008). Dengan kandungan lemak yang cukup

tinggi tersebut, maka perendaman dalam perlakuan asam yaitu filtrat kulit nanas akan turut menurunkan logam timbal pada tubuh Ikan keteng.

Sifat toksik logam timbal terikat dalam gugus sulfhidril dalam enzim seperti karboksil sisteinil, histidil, hidroksil, dan fosfatil dari protein dan purin (Alpatih, 2010). Penurunan logam timbal dapat disebabkan karena lepasnya ikatan kompleks logam protein sehingga ion-ion logam tersebut keluar dari dalam daging ikan keteng. Ion logam yang terdapat dalam tubuh organisme hampir semuanya berikatan dengan protein. Interaksi kompleks antara ion logam dengan protein secara metaloenzim dan metal protein. Metaloenzim adalah protein yang berikatan dengan logam dalam tubuh atau protein berikatan secara kuat dengan ion logam membentuk ikatan yang stabil. Metal protein adalah protein yang berikatan dengan logam di dalam tubuh dan ion logamnya mudah saling bertukar dengan protein yang lain (Suaniti, 2007). Pada setiap keseimbangan ion logam dan protein, ion logam berkompetisi dengan hidrogen untuk tempat ikatannya. Sehingga dalam suatu kesetimbangan, ikatan logam dengan protein sangat berkurang dalam suasana asam (Darmono, 1995). Hal ini dapat terjadi karena pada kondisi asam ikatan logam yang terikat pada protein berkompetisi dengan hidrogen pada asam untuk berikatan pada protein. Suasana yang semakin asam menunjukkan semakin banyaknya hidrogen sehingga keseimbangan ikatan logam dengan protein berkurang (Laily, 2002).

Hasil penurunan logam timbal pada berbagai konsentrasi filtrat kulit nanas menunjukkan selisih yang sangat kecil dan menunjukkan tidak adanya perbedaan perlakuan. Tidak adanya perbedaan yang signifikan ini dikarenakan antara konsentrasi 100%, 75%, 50%, dan 25% memiliki tingkat keasaman yang hampir sama, yaitu antara 3 - 4. Meskipun tidak berbeda secara nyata, namun penurunan terbesar logam timbal terdapat pada konsentrasi filtrat nanas 100% yang nilainya paling mendekati Standar Nasional Indonesia yaitu tidak boleh lebih dari 0,4 mg/kg pada pangan. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi 100% tidak ada penambahan akuades sehingga mempunyai nilai pH yang paling rendah dan kandungan asam sitratnya lebih banyak (Setiawan, dkk., 2012). pH mempunyai peran yang penting dalam penyerapan logam. Hal ini dikarenakan pH dapat memengaruhi kelarutan ion logam dalam larutan, kemampuan ion logam lain untuk mengikat pada permukaan biomassa, dan memengaruhi muatan pada permukaan

biomassa selama reaksi berlangsung. Pada pH asam, reaksi hidrolitik dapat mengakibatkan berubahnya komponen dan keadaan permukaan aktif sel. Hal ini mengakibatkan terjadinya peningkatan penyerapan yang dilakukan sorben terhadap logam. Pada pH basa, permukaan sel perlahan bermuatan negatif sehingga kemampuan untuk mengikat ion-ion timbal menjadi berkurang dan kemampuan menyerap logam juga semakin kecil (Rahayu dan Purnavita, 2007; Ramadhan dan Handajani, 2010).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan pada perlakuan berbagai konsentrasi filtrat kulit nanas dan lama perendaman terhadap penurunan kadar logam timbal pada ikan keteng di Kali Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah MM, 2010. Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Asam Sitrat Melalui Proses Fermentasi dari Kulit Nanas dengan Kapasitas Produksi 9 Ton/Hari. *Tugas Akhir* Dipublikasikan. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Alpatih AM, 2010. Pengaruh Konsentrasi Larutan Asam Jeruk Nipis dan Lama Perendaman Terhadap Penurunan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) dalam Daging Kerang Hijau (*Perna Viridis*). *Skripsi*. Dipublikasikan. Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Armada F, 2009. Studi Pemanfaatan Buah Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) sebagai Chelator Logam Pb dan Cd dalam Udang Windu (*Panaeus monodon*). *Skripsi*. Dipublikasikan. Sumatera Utara: Universitas Sumatra Utara.
- Atikah L, 2011. Pengaruh Penambahan Ekstrak Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) dan Lama Perendaman terhadap Penurunan Kadar Logam Berat (Pb dan Cd) pada Ikan Mas Segar (*Cyprinus carpio*). *Skripsi*. Dipublikasikan. Bandung: Universitas Pasundan.
- Chandra A, Hie M, Verawati, 2013. *Pengaruh pH dan Jenis Pelarut pada Perolehan dan Karakterisasi Pati dari Biji Alpukat*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas katolik Parahyangan.
- Darmono, 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press.
- Dewi RT, Fitrihidajati H, Yuliani. 2010. *Identifikasi Rhizobakteri pada Eceng Gondok dan Lemna minor yang Terpapar Logam Berat Timbal*. Prosiding Seminar Nasional Biologi 2010. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya.
- Fatnasari H dan Hermana J, 2010. Strategi Pengelolaan Air Limbah Pemukiman di Bantaran Kali Surabaya. *Makalah Utama*. Disampaikan pada Seminar Nasional Manajemen Teknologi XI

- Program Studi MMT-ITS, Surabaya 6 Februari 2010.
- Febriyanti L dan Rufita E, 2011. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Nanas (*Ananas comosus*) dengan Proses Enzimasi dan Fermentasi. *Tugas Akhir*. Dipublikasikan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Febryanto R, Aunurohim, Indah TD, 2011. *Akumulasi Timbal (Pb) pada Juvenile Ikan Mujair (Oreochromis mossambicus) secara In Situ di Kali Surabaya*. Web publikasi <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-18896-Paper-608893.pdf>. Diunduh pada tanggal 31 Mei 2013.
- Irfandi, 2005. Karakterisasi Morfologi Lima Populasi Nanas (*Ananas comosus*). *Skripsi* Dipublikasikan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Khairuman dan Amri K, 2008. *Ikan Baung Peluang Usaha dan Teknik Budi Daya Intensif*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Laily AR, 2002. Keberadaan Merkuri dan Pengaruh Perendaman Larutan Asam terhadap Kandungan Gizi serta Daya Cerna Protein pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.). *Skripsi*. Dipublikasikan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Masduqi A, 2006. *Aplikasi Linier Programming untuk Optimisasi Pngolahan Limbah Industri di Kali Surabaya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Masduqi A dan Apriliani E, 2008. Estimation of Surabaya River Water Quality Using Kalman Filter Algorithm. *Jurnal IPTEK, The Journal for Technology and Science*, 19(3): 87-91.
- Meidianasari F, 2010. Pembuatan Saus Kupang Merah (*Musculita senhausia*) dengan Perlakuan Konsentrasi Asam Sitrat dan Lama Perendaman. *Skripsi*. Dipublikasikan. Surabaya: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Surabaya.
- Rahayu LH dan Purnavita, 2007. Pembuatan Kitosan dari Kitin Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) untuk Adsorben Ion Logam Merkuri. *Jurnal Reaktor*, 11 (1): 45-49.
- Ramadhan B dan Handajani M, 2010. *Biosorpsi Logam Berat Cr dengan Menggunakan Biomassa Saccharomyces cerevisiae*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Rochyatun E dan Rozak A, 2007. Pemantauan Kadar Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Maskara Sains*, 11 (1): 28 – 36.
- Savitri PO dan Salami IRS. 2009. *Studi Kandungan Logam Berat pada Ikan Air Tawar di Pasar Tradisional dan Pasar Swalayan Kota Bandung*. Web publikasi http://www.ftsl.itb.ac.id/kk/teknologi_pengelolaan_lingkungan/wp-content/uploads/2010/10/PI-EH4-Putri-Oriza-Savitri-15304107.pdf. Diunduh pada tanggal 31 Mei 2013.
- Setiawan TS, Rachmadiarti F, Raharjo, 2012. The Effectiveness of Various Types of Orange (*Citrus Sp.*) to the Reduction of Pb (Lead) and Cd (Cadmium) Heavy Metals Concentration on White Shrimp (*Panaeus Marguiensis*). *LenteraBio*, 1 (1): 35 – 40.
- SNI 7387. 2009. *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan*. Jakarta: BSNI.
- Sulistyo I dan Setijanto, 2002. Aspek Ekologi dan Reproduksi Ikan Senggaringan (*Mystus nigriceps*): Acuan Dasar Domestikasi dan Budidaya. *Laporan hasil penelitian*. Jakarta: Universitas Soedirman.
- Suaniti NM, 2007. Pengaruh Edta dalam Penentuan kandungan Timbal dan Tembaga pada Kerang Hijau. *Jurnal Ecotrophic*, 2 (1): 1-7.