

Efek Berbagai Waktu Perendaman dan Konsentrasi Filtrat Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) terhadap Penurunan Kadar Timbal (Pb) Daging Ikan Bader (*Barbonymus gonionotus*) dari Kali Surabaya

The Effect of Various Soaking Time and Concentration of Bilimbi (Averrhoa bilimbi) Filtrate on The Reduction of Lead (Pb) Level of Silver Barb (Barbonymus gonionotus) Taken from Surabaya River

Seyla Budi Agustin*, Fida Rachmadiarti, Raharjo

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Surabaya

* e-mail: sese.ferdianto@yahoo.com

ABSTRAK

Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) merupakan buah yang mengandung asam sitrat yang berfungsi sebagai pengkhelet logam. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh berbagai konsentrasi filtrat belimbing wuluh dengan lama waktu perendaman, kombinasi keduanya terhadap kadar logam berat timbal dan kombinasi terbaik antara konsentrasi filtrat belimbing wuluh dengan lama waktu perendaman dalam menurunkan kadar logam berat timbal pada ikan bader yang diambil dari Kali Rolak, Surabaya, yang diketahui telah mengandung logam berat timbal sebagai akibat pencemaran dari beberapa aktivitas manusia. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan dua faktor, yakni konsentrasi filtrat belimbing wuluh (0%, 50%, 75% dan 100%) serta lama waktu perendaman (30 menit dan 60 menit). Persentase penurunan kadar logam berat timbal dianalisis menggunakan ANAVA dua arah dan dilanjutkan dengan uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan baik konsentrasi, lama waktu perendaman, maupun kombinasi konsentrasi dengan lama waktu perendaman berpengaruh terhadap penurunan kadar logam berat timbal. Kombinasi yang paling efisien yaitu pada konsentrasi 100% selama 30 menit yang mampu menurunkan logam berat timbal sebesar 47,619%.

Kata kunci: ikan bader (*Barbonymus gonionotus*); belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*); penurunan logam berat timbal

ABSTRACT

Bilimbi (Averrhoa bilimbi) contain citric acid that serves as a metals chelating agent. The aims of this study were to describe the effects of duration of soaking by various concentration, a combination both of them, and the most efficient combination between them to reduce the levels of lead in silver barb fish (Barbonymus gonionotus) taken from Rolak River, Surabaya, which is polluted by heavy metal of lead as a contamination result of some human activities. This study used a completely randomized design with two factors, the filtrate concentration of bilimbi (0%, 50%, 75% and 100%) and soaking time (30 minutes and 60 minutes). The percentage of lead reduction analyzed using two-way ANOVA and continued with Duncan test. The results showed that concentration, soaking time, and a combination of concentration with soaking time had an effect on lead reduction. The most efficient combination that is at a concentration of 100% for 30 minutes that can reduce lead up to 47,619%.

Key words: silver barb (*Barbonymus gonionotus*); bilimbi (*Averrhoa bilimbi*); lead reduction

PENDAHULUAN

Buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) merupakan buah yang memiliki banyak kandungan bermanfaat namun belum dibudidayakan secara khusus meskipun keberadaannya mudah ditemukan bahkan tanpa memerlukan biaya sekalipun. Salah satu dari banyak kandungan tersebut adalah asam sitrat (Hariyati, 2012), yang diketahui mampu membentuk senyawa kompleks dengan logam sehingga disebut juga dengan senyawa pengkhelet logam (Meidinasari, 2010).

Kemampuan asam sitrat pada belimbing wuluh ini dapat dimanfaatkan sebagai agen pengikat logam berat pada ikan yang diambil dari sungai dengan riwayat tercemar misalnya Kali Rolak, Surabaya. Selama ini, Kali Rolak, Surabaya banyak dimanfaatkan oleh penduduk sekitar sebagai area penangkapan dan jual-beli ikan. Salah satunya adalah ikan bader (*Barbonymus gonionotus*) yang paling banyak ditemukan dan diminati karena harganya yang terjangkau dan kandungan gizinya yang tinggi.

Seiring berkembangnya IPTEK beberapa dekade terakhir, muncul industri-industri baru yang tidak disertai dengan tanggung jawab terhadap penanganan limbah masing-masing sehingga kualitas air kali Surabaya menurun dan menjadi tercemar. Wulandari dkk. (2012) menambahkan, salah satu contoh bahan pencemar yang diakibatkan oleh limbah industri adalah logam berat dan yang paling sering dijumpai dalam kegiatan perindustrian seperti pabrik tekstil, cat, farmasi, kimia, pestisida, deterjen, percetakan, dan masih banyak lagi adalah timbal (Pb).

Timbal adalah jenis logam berat yang berwarna abu-abu keperakan dengan titik leleh 327°C dan titik didih 1740°C (Tangahu et al., 2011). Meskipun nomor atom timbal terbesar dari semua unsur yang stabil yaitu 82, namun kenyataannya logam ini sangat beracun dan dapat merusak sistem saraf apabila terakumulasi di dalam jaringan halus dan juga tulang pada waktu yang lama (Nurdiani, 2012). Hal ini diperjelas oleh Jarub (2003), yang menyatakan bahwa seseorang yang keracunan akut logam berat timbal pada akhirnya akan merujuk pada kelainan-kelainan sistem saraf.

Uji pendahuluan pada 10 Maret 2015 menunjukkan bahwa kandungan logam berat timbal pada ikan bader yang diambil langsung dari Kali Rolak, Surabaya, yakni sebesar 0,186 mg/kg. Meskipun nilai tersebut masih berada di bawah ambang batas yang tertera dalam SNI (2009) yaitu 0,3 mg/kg yang berarti masih aman untuk dikonsumsi, namun menurut Yulaipi dan Aunurohim (2013) logam berat bersifat akumulatif di dalam tubuh. Oleh karena itu, logam berat pada ikan bader ini akan berdampak pada kesehatan karena apabila logam tersebut terakumulasi secara terus-menerus dalam waktu yang lama dapat mencapai jumlah yang membahayakan tubuh.

Menindaklanjuti hal tersebut, perlu dilakukan pencegahan untuk mengurangi adanya dampak serius dari konsumsi ikan bader yang berasal dari Kali Rolak Surabaya mengingat jumlah konsumen yang mencari dan membeli ikan ini cukup banyak. Salah satu cara yang dapat ditempuh adalah dengan menurunkan kandungan logam beratnya menggunakan asam sitrat yang ada pada belimbing wuluh. Arumiasih (2013) melaporkan bahwa perasan belimbing wuluh dapat menurunkan kadar timbal pada daging cumi-cumi rata-rata 0,209 mg/L. Berdasarkan uraian latar belakang di atas dilakukan penelitian penurunan kadar logam berat timbal pada ikan bader yang diambil dari Kali Rolak, Surabaya dengan menggunakan berbagai konsentrasi filtrat belimbing wuluh

sebagai larutan perendam dengan lama perendaman yang berbeda guna mengetahui konsentrasi dan lama perendaman yang efisien dalam menurunkan logam berat timbal.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni hingga Juli 2015. Sampel ikan bader diambil dari Kali Rolak, Surabaya di tiga stasiun yang masing-masing berjarak 50 m. Sampel ikan berjumlah 21, dengan panjang ikan berkisar antara 20-25 cm. Sampel yang digunakan untuk uji adalah daging bagian perut sehingga dipotong dan dipisahkan terlebih dahulu dengan tulangnya.

Belimbing wuluh diperoleh dari Desa Bebekan Tengah, Sepanjang, Sidoarjo. Belimbing wuluh yang digunakan diambil dari pohon secara langsung dan memiliki ukuran berkisar antara 4-6 cm serta berusia setengah matang atau telah berwarna hijau muda. Pembuatan filtrat belimbing wuluh dilakukan dengan menggunakan juicer yang kemudian hasilnya disaring terlebih dahulu dengan menggunakan kertas saring.

Perlakuan uji dilakukan di Laboratorium Ekologi Universitas Negeri Surabaya dengan merendam masing-masing sampel dengan waktu yang berbeda yaitu 30 menit dan 60 menit menggunakan filtrat yang memiliki konsentrasi yang bervariasi dengan volume 200 ml. Konsentrasi filtrat yang digunakan sebagai perendam yaitu 0%, 50%, 75% dan 100%. Konsentrasi 0% didapatkan dengan menuangkan akuades sebanyak 200 ml sebagai kontrol. Konsentrasi 50% didapatkan dari penambahan filtrat belimbing wuluh dengan volume 100 ml ke dalam akuades bervolume 100 ml. Konsentrasi 75% didapatkan dari penambahan filtrat belimbing wuluh dengan volume 150 ml ke dalam akuades bervolume 50 ml. Konsentrasi 100% didapatkan dengan menuangkan filtrat belimbing wuluh sebanyak 200 ml tanpa penambahan akuades.

Analisis kadar timbal sampel daging dilakukan di Laboratorium Gizi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan melakukan destruksi kering yaitu sampel dikeringkan di dalam oven dengan suhu 180°C hingga kering, kemudian dihaluskan dan ditimbang sebanyak 3 g. Sampel yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam gelas beker, diberi 9 ml HNO_3 dan 1 ml H_2O_2 , serta dihomogenkan dengan menggunakan magnetic stirrer sampai serbuk ikan bader larut. Kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan diberi

akuades hingga mencapai 25 ml. Setelah itu dianalisis menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometre) ANALITIK JENA Type A 700, lalu dibandingkan antara sampel kontrol dengan sampel perlakuan dengan cara menggunakan selisih antara kadar sampel kontrol dengan kadar sampel perlakuan dibagi kadar sampel perlakuan dan dikali 100% sehingga data akhir yang diperoleh berupa persentase.

Data yang diperoleh, yaitu nilai akhir kadar logam berat timbal yang berupa persentase penurunan logam timbal pada daging ikan bader sesudah direndam konsentrasi filtrat belimbing wuluh 50%, 75% dan 100% serta lama perendaman 30 menit dan 60 menit dianalisis dengan menggunakan ANAVA dua arah yang kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan.

HASIL

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa ikan bader yang diteliti positif mengandung logam berat timbal. Kadar timbal pada ikan bader yang diambil dari Kali Rolak, Surabaya berkisar antara 0,154 hingga 0,166 mg/kg yang masih berada di bawah ambang batas yang tertera dalam SNI (2009), yakni sebesar 0,3 mg/kg.

Hasil analisis data dengan menggunakan Anava dua arah dapat diketahui bahwa baik konsentrasi, waktu, maupun konsentrasi*waktu semua menunjukkan nilai signifikansi kurang dari 0,05 yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan sehingga dapat dikatakan ketiga hal tersebut berpengaruh terhadap penurunan kadar logam berat timbal pada ikan bader.

Setelah perlakuan perendaman, rata-rata penurunan kadar timbal dengan perlakuan 50%, 75% dan 100% pada waktu 30 menit serta 50%, 75% dan 100% pada waktu 60 menit berturut-turut adalah 11,801%, 6,625% dan 47,619% serta 16,770%, 40,580% dan 48,033% dengan nilai standar deviasi (\pm) menunjukkan status keragaman data (Tabel 1).

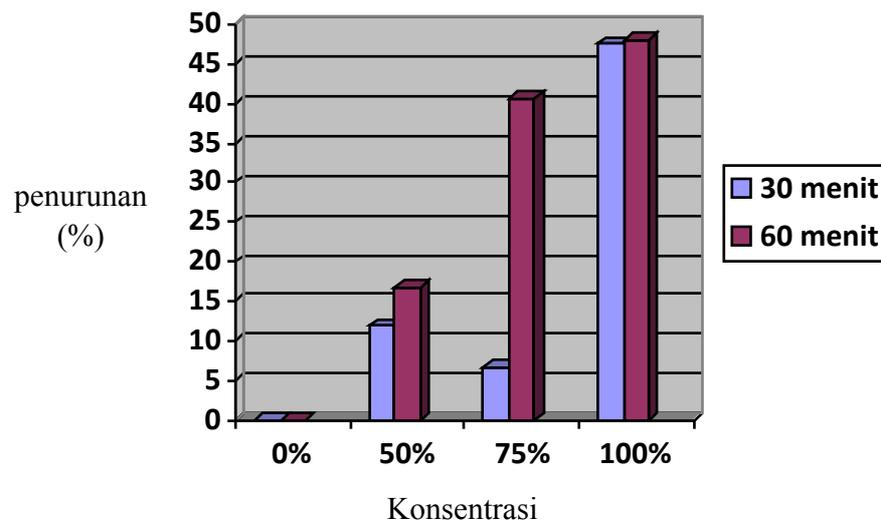
Pada Tabel 1 juga terdapat notasi a,b,c yang menunjukkan status penurunan. Pada konsentrasi 0% tidak terjadi penurunan (a), pada konsentrasi 50% dan 75% tidak menunjukkan penurunan yang berbeda nyata, yang berarti terjadi penurunan namun tidak berbeda secara nyata (b), sedangkan pada konsentrasi 100% menunjukkan signifikansi yang berbeda nyata, yang berarti terjadi penurunan secara signifikan (c). Berdasarkan notasi-notasi yang terdapat pada tabel tersebut juga dapat diketahui bahwa penurunan paling tinggi terjadi pada konsentrasi 100%.

Semakin tinggi konsentrasi dan lama perendaman filtrat belimbing wuluh yang digunakan, maka semakin tinggi penurunannya. Hal ini terlihat dari Gambar 1 yang menunjukkan grafik naik pada waktu 60 menit. Meskipun pada grafik 30 menit terjadi penurunan dari konsentrasi 50% ke 75%, namun hal ini masih termasuk dalam batas signifikan sesuai dengan hasil Anava dua arah.

Kombinasi yang paling efisien dalam menurunkan kadar logam berat timbal yang ada pada ikan bader yakni kombinasi 100%-30menit, dimana didapatkan konsentrasi paling tinggi dengan lama waktu perendaman yang paling singkat.

Tabel 1. Rata-rata penurunan kadar logam berat timbal pada ikan bader setelah perendaman dengan filtrat belimbing wuluh pada konsentrasi dan lama perendaman yang berbeda

Waktu	Penurunan Kadar Timbal dengan Perlakuan Konsentrasi Belimbing Wuluh (%)			
	0%	50%	75%	100%
30 menit	0	14,286	18,012	55,280
	0	8,696	-0,621	45,342
	0	12,422	2,484	42,236
Rata-rata \pm sd	0,000 \pm 0,000 ^a	11,801 \pm 2,846 ^b	6,625 \pm 9,983 ^b	47,619 \pm 6,814 ^c
60 menit	0	-1,242	32,919	34,783
	0	24,224	39,752	57,143
	0	27,329	49,068	52,174
Rata-rata \pm sd	0,000 \pm 0,000 ^a	16,770 \pm 15,676 ^b	40,580 \pm 8,106 ^b	48,033 \pm 1,741 ^c



Gambar 1 Penurunan kadar logam berat timbal pada ikan bader setelah perendaman dengan filtrat belimbing wuluh pada konsentrasi dan lama perendaman yang berbeda

PEMBAHASAN

Kadar timbal yang terdapat pada ikan bader yang diambil dari Kali Rolak, Surabaya menunjukkan angka di bawah ambang batas yang ditetapkan pemerintah dalam SNI (2009). Meskipun masih di bawah ambang batas, Yulaipi dan Aunurohim (2013) menyebutkan bahwa logam berat memiliki sifat akumulasi dalam tubuh suatu organisme dan akan tetap tinggal dalam rentang waktu yang lama sebagai zat racun, sehingga apabila hal ini berlangsung secara terus-menerus akan membahayakan kesehatan organisme itu sendiri. Ngorpork et al. (2013) menjelaskan hal ini berpotensi untuk menimbulkan penyakit baik yang bersifat karsinogenik maupun non-karsinogenik.

Kandungan timbal yang ditemukan pada ikan bader dapat disebabkan oleh habitatnya yang sudah terkontaminasi baik karena peristiwa alami maupun sebagai dampak aktivitas manusia (Faika dan Khaerunnisa, 2012) seperti kondisi sekitar yang kerap mengalami kemacetan di jam-jam tertentu sehingga berisiko terkontaminasi timbal dari asap kendaraan bermotor (Supardi dkk, 2013). Selain itu, ditemukan pula pemukiman warga dan industri baik kecil maupun besar di sepanjang aliran Kali Rolak, Surabaya, sehingga semakin memungkinkan adanya kontaminasi melalui limbah rumah tangga seperti limbah sabun/deterjen (Abulude et al., 2007). Membershora et al. (1983) menambahkan, baterai bekas dan tentu saja limbah industri seperti oli

bekas dari bengkel juga memungkinkan adanya kontaminasi logam berat (Adefemi et al., 2008).

Adapun terjadinya penurunan kadar logam berat timbal yang disebabkan oleh filtrat belimbing wuluh ini adalah karena menurut Roy et al. (2011) belimbing wuluh mengandung beberapa senyawa kimia termasuk diantaranya senyawa asam sitrat. Asam sitrat mampu digunakan sebagai senyawa pengkhelat logam berat seperti timbal karena akan terjadi ikatan antara logam berat dengan asam sitrat tersebut (Mohammadi and Ziarati, 2015). Selain itu Muchlisyyah dan Sudarminto (2006) menambahkan, asam sitrat memiliki tiga gugus karboksilat sehingga daya ikatnya terhadap logam berat timbal sangatlah kuat jika dibandingkan dengan senyawa pengkhelat logam yang lainnya.

Data yang diperoleh mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi suatu asam, maka semakin banyak asam yang mengikat ion logam sehingga semakin rendah pula kadar logam berat timbal pada daging ikan bader (Izza dkk, 2014). Sinaga dkk. (2013) menambahkan, bahwa semakin lama waktu perendaman, semakin lama pula waktu yang tersedia untuk suatu zat berinteraksi dengan senyawa lain, maka semakin cepat reaksi antara asam sitrat dengan logam. Darmono (1995) menyebutkan, hal ini disebabkan karena ikatan yang terbentuk antara protein dan logam berat timbal sangat kuat (dengan gugus SH dan N dalam enzim) sehingga membutuhkan waktu

yang lebih lama untuk memutuskan ikatan tersebut (Prasetyo, 2009).

Meskipun terdapat penurunan pada konsentrasi 50% ke konsentrasi 75% pada waktu perendaman 30 menit, namun hasil anava dua arah menunjukkan bahwa hasil tersebut masih signifikan namun tidak berbeda secara nyata pada uji keragaman data. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa hal diluar variabel yang diteliti, seperti tingkat metabolisme ikan yang berbeda dalam menangani logam berat yang terserap ke dalam tubuh. Seperti yang dikemukakan oleh Nurrachmi dkk (2010), bahwa perbedaan ini tidak terlepas dari peran fisiologis serta fungsi regulasi dalam tubuh.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh konsentrasi filtrat belimbing wuluh, lama waktu perendaman, serta kombinasi keduanya terhadap penurunan kadar logam berat timbal pada daging ikan bader. Kombinasi terbaik antara lama waktu perendaman dan konsentrasi filtrat belimbing wuluh adalah pada konsentrasi 100% dengan lama waktu perendaman 30 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abulude FO, Ogunkoya MO, Ogunleye RF, Emidun O and Abulude AI, 2007. Assessment of The Content of Pb, Cd, Ni and Cr in Soaps and Detergents from Akure, Nigeria. *Research Journal of Environmental Toxicology Vol 1 (2): 102-104.*
- Adefemi SO, Asaolu SS and Olaofe O, 2008. Determination of Heavy Metals in Tilapia mossambicus Fish, Associated Water and Sediment from Ureje Dam in South-Western Nigeria. *Research Journal of Environmental Sciences, Vol 2: 151-155.*
- Arumiasih SA, 2013. Pengaruh Variasi Lama Rendaman Dan Konsentrasi Perasan Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) Terhadap Kandungan Timbal (Pb) Pada Cumi-Cumi (*Loligo sp.*) *Skripsi*. Dipublikasikan. Diakses melalui <http://eprints.undip.ac.id/39786/1/4645.pdf> pada tanggal 24 Maret 2015
- Faika S dan Khaerunnisa, 2012. Analisis Kandungan Logam Timbal pada Ikan Beronang (*Siganus Sp*) Asal Pulau Tanakeke Kabupaten Takalar. *Jurnal Chemica Vol. 13 (1): 54.*
- Hariyati T, 2012. *Khasiat Blimbing Wuluh* (Online). Diakses melalui **Error! Hyperlink reference not valid.** pada 24 Maret 2015.
- Izza AT, Nur H dan Arie FM, 2014. Penurunan Kandungan Timbal (Pb) Pada Kupang Merah (*Musculita senhausia*) Dengan Perebusan Asam Pada Kajian Jenis Dan Konsentrasi Asam. *Skripsi*. Dipublikasikan. Diakses melalui **Error! Hyperlink reference not valid.** pada 9 April 2015.
- Jarub L, 2003. Hazards of Heavy Metal contamination. *British Medical Bulletin Vol. 68 (1): 167-182.*
- Meidianasari F, 2010. Pembuatan Saus Kupang Merah (*Musculita senhausia*) dengan Perlakuan Konsentrasi Asam Sitrat dan Lama Perendaman *Skripsi*. Dipublikasikan. Diakses melalui <http://eprints.upnjatim.ac.id/1936/1/file1.pdf> pada 24 Maret 2015.
- Mohammadi S and Ziarati P, 2015. Heavy Metal Removal from Commercially-available Fruit Juice Packaged Products by Citric Acid. *Oriental Journal of Chemistry 2015 Vol. 31 (1): 409-416.*
- Muchlisyyah J dan Sudarminto SY, 2006. Evaluasi Penurunan Kandungan Timbal (Pb) Kupang (*Corbula faba*) dengan Perendaman Asam Jawa (*Tamarindus indica*) dan Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) serta Aplikasinya pada Pembuatan Kecap Kupang *Journal*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Ngorpork S, Tengjaroenkul B, Soikum C, Weerakul S and Saipan P, 2013. Arsenic, Cadmium, and Lead Levels in Freshwater Fish Collected from Paddy Field Ponds in the Northeastern of Thailand. *Journal of Animal and Veterinary Advances Vol. 12 (4): 452-457.*
- Nurdiani D, 2012. *Ekstrak Jeruk Nipis (Citrus aurantifolia) Dapat Menurunkan Kadar Logam (Pb Dan Cd) Pada Ikan* (Online). pada 3 April 2015.
- Nurrachmi I, Bintal A dan Habibi MN, 2010. Bioakumulasi Logam Cd, Cu, Pb dan Zn pada Beberapa Bagian Tubuh Ikan Gulama (*Sciaena russelli*) dari Perairan Dumai, Riau. *Maspari Journal Vol. 02 (1): 01-10.*
- Prasetyo AD, 2009. Penentuan Kandungan Logam (Hg, Pb dan Cd) dengan Penambahan Bahan Pengawet dan Waktu Perendaman yang Berbeda pada Kerang Hijau (*Perna viridis L.*) di Perairan Muara Kamal, Teluk Jakarta *Skripsi*. Dipublikasikan. Diakses melalui <http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/7924/1/ALFIAN%20DWI%20PRASETYO-FST.pdf> pada 10 Agustus 2015.
- Roy A, Geetha RV and Lakshmi T, 2011. *Averrhoa bilimbi* Linn-Nature's Drug Store- A Pharmacological Review. *International Journal of Drug Development & Research July-September 2011 Vol. 3 (3): 101-106.*
- Sinaga D, Irnawati M dan Ashar T, 2013. Perbandingan Penurunan Kadar Cadmium (Cd) pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) dengan Perendaman Larutan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) pada Berbagai Konsentrasi dan Lama Perendaman *Skripsi*. Dipublikasikan. Diakses melalui <http://jurnal.usu.ac.id/index.php/lkk/article/download/3281/1607> pada 10 Agustus 2015.
- Standar Nasional Indonesia, 2009. *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan SNI 7387:2009* (Online). Diakses melalui http://sertifikasibbia.com/upload/logam_berat.pdf pada 11 Februari 2015.
- Supardi IR, Ramang LM dan Bahar R, 2013. Analisis Pb dalam Beberapa Jenis Ikan dari Perairan Suppa Kabupaten Pinrang *Skripsi*. Dipublikasikan. Diakses melalui <http://>

- [//repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/9019/Jurnal%20Ima%20Rachmah%20Supardi.pdf?sequence=1](http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/9019/Jurnal%20Ima%20Rachmah%20Supardi.pdf?sequence=1) pada 10 Agustus 2015.
- Tangahu BV, Abdullah SRS, Basri H, Idris M, Anuar N and Mukhlisin M, 2011. A review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants Through Phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering* Vol. 2011 (2011): 31.
- Wulandari E, Herawati EY dan Arfiati D, 2012. Kandungan Logam Berat Pb pada Air Laut dan Tiram *Saccostrea glomerata* sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Prigi, Trenggalek, Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan* Vol. 1 (1): 10-14.
- Yulaipi S dan Anurohim. 2013. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungannya dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal SAINS DAN SENI POMITS* Vol. 2 (2): 2337-3520