

Mercury (Hg) and Copper (Cu) Analysis of Sea Cucumber *Paracaudina australis* Crackers from Kenjeran Surabaya using Atomic Absorption Spectroscopy

Alissa Wahidah Wulandari¹, Tri Kustono Adi, Dewi Yuliani

Jurusan Kimia, Fakultas Sainsdan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Email: t.kustonoadi@gmail.com

ABSTRACT

Sea cucumber *Paracaudina australis* crackers is one of the sea foods processed which highly produced and consumed at Kenjeran Surabaya. The research aims to measure concentration of mercury and copper in fried and un-fried sea cucumber *Paracaudina australis*, Crackers collected from three supplier at Kenjeran Surabaya Using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). The six sample were oxidized using oxidator agents of HNO₃ Pa, H₂SO₄ Pa, H₂O₂ Pa (6:2:1) under wet-closed digestion for Hg analysis and wet-opened digestion for Cu analysis. Vapor generation Accessory (VGA-AAS) was applied for measuring Hg concentration while flame AAS for Cu. The research indicated that Hg concentration in sea cucumber crackers were 0,058; 0,0149; 0,108 ppb (un-fried crackers) and 0,078; 0,074; 0,061 ppb (fried crackers) Cu concentration in sea cucumber crackers was measured as 2,037; 3,05; 3,16 ppm (un-fried crackers) and 1,164; 1,589; 1,924 ppm (fried crackers).

Keywords: Atomic Absorption Spectroscopy, copper (cu), mercury (Hg), sea cucumber (*Paracaudina australis*) crackers, wet digestion.

ABSTRAK

Kerupuk teripang *Paracaudina australis* merupakan salah satu makanan olahan yang banyak diproduksi dan dikonsumsi di Kenjeran, Surabaya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar merkuri (Hg) dan tembaga (Cu) pada kerupuk teripang mentah dan matang menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Kerupuk teripang berasal dari tiga pengepul di daerah Kenjeran. Enam sampel dioksidasi menggunakan larutan pengoksidator yang terdiri dari campuran HNO₃, H₂SO₄, dan H₂O₂ (6:2:1). Analisis Hg dilakukan menggunakan destruksi basah tertutup, sedangkan analisis Cu dilakukan dengan destruksi basah terbuka. SSA tipe VGA digunakan untuk mengukur konsentrasi Hg dan SSA tipe nyala digunakan untuk mengukur konsentrasi Cu. Konsentrasi Hg yang diperoleh pada kerupuk teripang sebesar 0,058; 0,0149; 0,108 ppb (kerupuk mentah) dan 0,078; 0,074; 0,061 ppb (kerupuk matang) dan konsentrasi Cu sebesar 2,037; 3,05; 3,16 ppm (kerupuk mentah) dan 1,164; 1,589; 1,924 ppm (kerupuk matang).

Kata Kunci: Spektroskopi Serapan Atom (SSA), tembaga (cu), merkuri (Hg), kerupuk teripang (*Paracaudina australis*), destruksi basah.

I. PENDAHULUAN

Teripang (*Holothuroidea*) merupakan salah satu biota laut yang banyak dijumpai di perairan, terutama daerah tropik. Indonesia merupakan salah satu Negara pemasok teripang terbesar di pasar global karena kelimpahannya yang tinggi, termasuk Kenjeran Surabaya. Salah satu jenis teripang yang banyak dijumpai di daerah Kenjeran Surabaya adalah *Paracaudina australis*. Jenis teripang ini memiliki kelimpahan yang

cukup tinggi dibandingkan dengan jenis teripang yang lainnya. Masyarakat sekitar daerah Kenjeran Surabaya hanya memanfaatkan teripang hanya sebatas untuk pembuatan kerupuk dan campuran sup (Winarni, 2009).

Teripang memiliki berbagai kandungan nutrisi penting bagi tubuh, seperti protein, lemak, kalsium, natrium, fosfor dan mineral (Rustam, 2006). Martoyo (1996) menjelaskan bahwa

kandungan nutrisi teripang dalam kondisi kering terdiri dari protein (82%), lemak (1,7%), air (8,9%), abu (8,6%), dan karbohidrat (4,8%).

Kerupuk teripang bisa menjadi berbahaya bagi tubuh apabila terkontaminasi logam berat karena sifatnya yang mudah menyerap logam melalui membran selnya pada proses bioadsorpsi. Pantai Kenjeran merupakan salah satu pantai yang tercemar logam berat sehingga teripang yang sifatnya mudah menyerap logam berat maka kemungkinan besar akan ikut tercemar logam berat tersebut. Hal ini diperkuat dari penelitian yang dilakukan Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) Surabaya di kawasan pantai Kenjeran tahun 1997 yang menyatakan bahwa kandungan logam berat merkuri (Hg), dan tembaga (Cu) dalam tubuh ikan melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh WHO dan FAO. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Tingkat I Jawa Timur tahun (1998) menyatakan bahwa wilayah Sukolilo Kenjeran dan sekitar kotamadya Surabaya yang menunjukkan bahwa ikan dan kerang di Surabaya mengandung Hg, Pb, dan Cu (Taftazani, 2007).

Selain dari bahan dasarnya, kerupuk teripang *P. australis* juga bisa terkontaminasi logam saat proses pengolahan menggunakan peralatan yang umumnya terbuat dari logam. Hal ini diperkuat oleh Darmono (1995) yang menjelaskan bahwa logam berat masuk ke dalam tubuh manusia melalui mulut berasal dari makanan akibat terkontaminasi oleh alat masak, wadah (minum/ makanan kaleng) dan juga melalui pernapasan seperti asap dari pabrik, proses industri dan buangan limbah.

Proses pengolahan kerupuk teripang seperti perebusan, penjemuran dan penggorengan juga mempengaruhi kadar logam. Connell dan Miller (1995) menyatakan bahwa perebusan akan mengakibatkan protein pengikat logam

berat akan mengalami perubahan kimia dan fisika yang menyebabkan logam berat terlepas dari ikatan protein sehingga akan larut dalam air. Proses penjemuran kerupuk teripang juga dapat mempengaruhi kadar Hg dan Cu, karena secara alami Hg dan Cu terdapat pada udara akibat aktivitas industri-industri seperti perkapalan (Palar, 2004). Redjeki (2004) yang menyatakan bahwa proses penggorengan merupakan metode yang efektif untuk menurunkan kadar logam.

Logam berat yang dapat mencemari kerupuk teripang diantaranya adalah logam merkuri (Hg) dan tembaga (Cu). Hg merupakan logam berat yang mempunyai efek toksisitas paling tinggi. Industri pengecoran logam dan beberapa industri lainnya menggunakan Hg sebagai bahan baku, limbahnya merupakan sumber pencemaran Hg. Keracunan Hg yang akut dapat menyebabkan terjadinya kerusakan saluran pencernaan, gangguan kardiovaskuler, dan kegagalan ginjal akut (Sudarmaji, 2006).

Tembaga (Cu) merupakan logam esensial yang diperlukan oleh tubuh meskipun dalam jumlah yang sedikit. Walaupun dibutuhkan tubuh dalam jumlah sedikit, bila kelebihan dapat mengganggu kesehatan atau mengakibatkan keracunan (Arifin, 2008). Toksisitas Cu baru akan terlihat jika logam tersebut masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai ambang batas (NAB).

Berdasarkan uraian di atas, kerupuk teripang *Paracaudina australis* yang berasal dari daerah Sukolilo Kenjeran diduga tercemar logam Hg dan Cu. SNI telah menetapkan batas aman Cu dalam teripang sebesar 20 mg/Kg, sedangkan batas aman Hg adalah 1 mg/Kg. Kerupuk teripang *Paracaudina australis* akan dianalisis dalam 2 keadaan, yaitu mentah dan matang untuk mengetahui perbedaan kadarnya.

Sampel teripang akan didestruksi menggunakan destruksi basah untuk memisahkan ikatan logam dan organik dalam sampel sehingga kadar logam dalam sampel bisa dianalisis. Zat pengoksidasi yang digunakan untuk analisis kadar Hg dan Cu dalam sampel adalah HNO₃ p.a, H₂SO₄ p.a, dan H₂O₂ p.a.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode spektroskopi serapan atom (SSA). Supriyanto (2007), yang menyatakan bahwa analisis kadar logam berat Pb, Cd, dan Cu pada jenis ikan tawar bisa menggunakan Spektrometri Serapan Atom (SSA) karena mempunyai sensitifitas tinggi, mudah, murah, sederhana, cepat, dan cuplikan yang dibutuhkan sedikit.

II. METODOLOGI PENELITIAN

1. Pengambilan Sampel

Sampel diambil dari tiga pengolah yang ada di daerah tersebut. Setiap pengolah akan diambil kerupuk teripang *P. australis* mentah dan matang, sehingga jumlah sampel yang akan diuji sebanyak enam sampel.

2. Preparasi Sampel

Persiapan sampel dilakukan dengan cara kerupuk teripang *P. australis* mentah dioven pada suhu 100 °C selama 1 jam. Kemudian kerupuk teripang *P. australis* mentah dan matang dihaluskan menggunakan mortar, sehingga sampel siap untuk didestruksi.

3. Pembuatan Kurva Standar Hg dan Cu

Larutan standar Hg 0,1 mg/L dibuat dengan cara memindahkan 10 mL larutan Hg(NO₃)₂ 1 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL kemudian diencerkan dengan HNO₃ sampai batas. Larutan standar Hg 10,00 µg/L; 20,00 µg/L; 30,00 µg/L; 40,00 µg/L dan 50,00 µg/L dibuat dengan cara memindahkan 5 mL; 10 mL; 15 mL; 20 mL dan 25 mL larutan baku 0,01 mg/L ke dalam labu ukur 50 mL kemudian diencerkan sampai batas.

Larutan Cu 10 mg/L dibuat dengan cara memindahkan 1 mL larutan baku 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL kemudian diencerkan dengan HNO₃ sampai batas. Larutan standar Cu 0 mg/L; 0,2 mg/L; 0,4 mg/L; 0,6 mg/L dan 0,8 mg/L dibuat dengan cara memindahkan 0 mL; 1 mL; 2 mL; 3 mL dan 4 mL larutan baku 10 mg/L ke dalam labu ukur 50 mL kemudian diencerkan dengan HNO₃ sampai tanda batas.

Sederet larutan standar Hg dan Cu dianalisis dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) varian Spektra AA 240 pada kondisi optimum sehingga diperoleh data absorbansi masing-masing (Rohman, 2007). Nilai absorbansi yang didapatkan dibuat kurva standar Hg dan Cu dengan membandingkan nilai konsentrasi dan absorbansi.

4. Destruksi Basah

Sebanyak 5 gram sampel ditambahkan 30 mL HNO₃ dan 10 mL H₂SO₄. Kemudian dipanaskan dengan suhu 100 °C selama 3 jam menggunakan refluks untuk Hg dan *Hot Plate* untuk Cu. H₂O₂ ditambahkan sedikit demi sedikit sampai larutan bening. Kemudian didinginkan dan disaring menggunakan kertas Whatman 42. Larutan hasil destruksi siap dianalisis menggunakan SSA. (Evans dkk, 2010; Ratmini, 2008).

5. Pengukuran Kadar Hg dan Cu Pada Kerupuk Teripang

Sampel untuk analisis kadar Hg yang telah didestruksi dimasukkan dalam botol dan siap untuk dianalisis. Sedangkan untuk sampel analisis kadar Cu dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL dan diencerkan menggunakan HNO₃ 0,5 M sampai tanda batas. Sampel dianalisis dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) tipe VGA dengan panjang gelombang 253,7 nm untuk logam Hg dan tipe *flame* pada panjang gelombang 324,7 nm untuk logam Cu, sehingga didapatkan kadar dari sampel.

6. Analisis Data

Hubungan antara konsentrasi (C) dengan absorbansi (A) yang diperoleh dari data pembuatan kurva standar dapat diketahui nilai slope dan intersep. Kemudian nilai konsentrasi sampel dapat diketahui dengan memasukkan ke dalam persamaan regresi linear dengan menggunakan hukum Lambert- Beer.

$$Y = Bx + A$$

Dimana :

Y = Absorbansi Sampel

B = Slope

X = Konsentrasi sampel

A = Intersep

Berdasarkan perhitungan regresi linier, maka dapat diketahui kadar logam yang sebenarnya dengan rumus umum:

$$\text{Kadar Hg /Cu (mg/kg)} = \frac{V \cdot x \cdot b}{W}$$

Dimana: V= Volume akhir

b = Kadar yang terbaca instrumen (mg/L)

W = Berat contoh (gr)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan teknik *non probability*. Sampel kerupuk teripang berasal dari 3 tempat pengolah di Kenjeran Surabaya. Setiap pengolah diambil kerupuk teripang mentah dan matang, sehingga total sampel yang digunakan adalah 6 macamyang dimasukkan dalam toples kaca. Setiap toples diberi label dengan lambang A, B, C, untuk kerupuk mentah dan D, E, F untuk kerupuk matang.

2. Preparasi Sampel

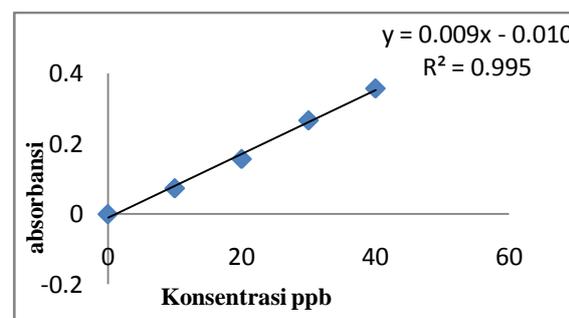
Preparasi yang dilakukan adalah kerupuk teripang mentah dioven sampai kering untuk mengurangi kadar air dalam sampel sehingga mempermudah proses penumbukan. Selanjutnya, kerupuk ditumbuk menggunakan mortar untuk

memperluas luas permukaannya sehingga proses destruksi lebih cepat. Sedangkan sampel kerupuk teripang matang langsung dilakukan penumbukan. Kerupuk teripang yang sudah ditumbuk disimpan dalam toples kaca.

3. Pembuatan Kurva Standar

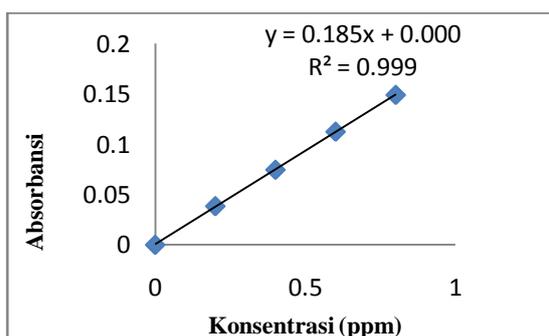
Kurva standar merupakan standar dari suatu sampel yang digunakan sebagai acuan pengukuran kadar sampel. Kurva standar berfungsi untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi larutan dengan nilai absorbansi sehingga dapat diketahui kadar logam dalam sampel (Underwood dan Day, 1990).

Kurva standar Hg yang didapat adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Kurva standar Hg

Persamaan linear yang didapatkan dari kurva tersebut adalah $y = 0,0086x - 0,0069$. Hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi diketahui dari nilai koefisien korelasinya (r). Hubungan konsentrasi dan absorbansi kurva diatas sangat kuat yang ditunjukkan dengan nilai r mendekati +1 yaitu 0,982 sehingga dapat digunakan sebagai kurva standar. Sedangkan kurva standar Cu adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Kurva standar Cu

Grafik tersebut menunjukkan hubungan konsentrasi yang berbanding lurus dengan absorbansi dengan persamaan linear $y = 0,1858x + 0,0006$. Hubungan linieritas dari kurva tersebut ditunjukkan dengan nilai $r = 0,9999$ sehingga dapat digunakan sebagai kurva standar.

4. Destruksi Sampel

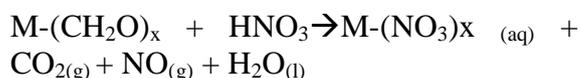
Metode destruksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah destruksi basah. Destruksi basah merupakan proses perombakan sampel menggunakan asam kuat baik tunggal maupun campuran yang berfungsi sebagai zat pengoksidasi. Menurut Sumardi (1981) metode destruksi basah memiliki beberapa keuntungan diantaranya: suhu yang digunakan rendah sehingga logam dalam sampel tidak ikut menguap dan oksidasi terjadi secara kontinyu dan cepat, serta pengerjaannya sederhana.

Proses destruksi untuk analisis Hg menggunakan refluks dalam lemari asap atau disebut juga dengan destruksi basah tertutup. Sedangkan Cu menggunakan pemanasan menggunakan *hot plate* atau disebut dengan destruksi basah terbuka.

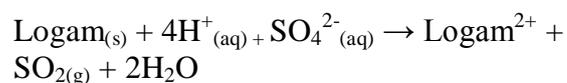
Analisis logam Hg dan Cu pada penelitian ini menggunakan zat pendestruksi HNO_3 , H_2SO_4 , dan H_2O_2 . HNO_3 berfungsi sebagai zat pengoksidasi yang akan memutus ikatan senyawa kompleks organologam. H_2SO_4 berfungsi untuk membantu mempercepat proses destruksi yang dilakukan oleh HNO_3 .

Proses destruksi dilakukan pemanasan pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ yang berfungsi untuk mempercepat pemutusan ikatan senyawa organik dengan ikatan logam pada sampel. Pemanasan tersebut dilakukan di bawah titik didih HNO_3 ($121\text{ }^\circ\text{C}$) dan H_2SO_4 ($290\text{ }^\circ\text{C}$), sehingga dapat mencegah HNO_3 dan H_2SO_4 tidak cepat habis sebelum proses destruksi selesai (Wulandari, 2013).

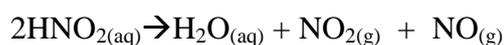
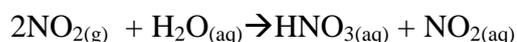
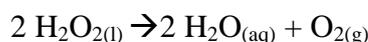
Pada proses destruksi akan terjadi reaksi antara senyawa organik dengan HNO_3 yang mengakibatkan ikatan unsur logam terlepas dari senyawa organik. Reaksi yang terjadi antara senyawa organik dan HNO_3 (Wulandari, 2013).



Logam juga bereaksi dengan asam sulfat yang akan menghasilkan reaksi bersifat eksotermis.



Penambahan H_2O_2 dilakukan ketika proses pemanasan selesai dengan cara meneteskan perlahan pada larutan destruksi yang masih panas. H_2O_2 berfungsi untuk menjernihkan larutan hasil destruksi sehingga Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut (Wulandari, 2013).

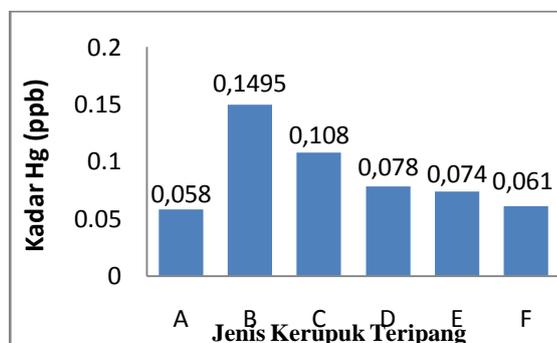


5. Penentuan Kadar Logam Pada Kerupuk Teripang

Pengukuran kadar Hg pada penelitian ini menggunakan SSA dengan tipe VGA metode penguapan merkuri. Prinsip dasar dari analisis menggunakan VGA adalah Hg^{2+} dalam sampel direduksi oleh SnCl_2 menjadi atom netral (Hg^0) yang berwujud

gas dan akan menguap sebagai atom-atom bebas pada suhu normal (Dedina dan Tsalev, 1995).

Hasil pengukuran kadar Hg ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kadar Hg dalam sampel

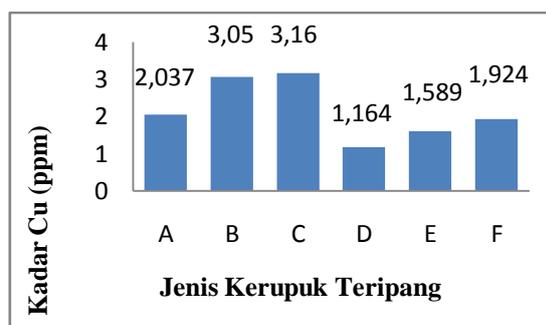
Kadar logam Hg dalam kerupuk teripang matang (E dan F) lebih rendah daripada kerupuk teripang mentah (B dan C). Hal ini diduga karena penggorengan menggunakan minyak mengakibatkan kadar Hg berkurang karena ikatan logam Hg diduga rusak. Effendy (2010) menyatakan bahwa logam Hg memiliki titik didih yang cenderung rendah karena atom Hg bersifat non polar yang dapat berinteraksi satu dengan yang lainnya melalui gaya London yang lemah. Oleh karena itu, dimungkinkan ikatan logam atom Hg dalam sampel akan terputus sehingga dimungkinkan Hg akan menguap.

Data hasil penelitian menunjukkan kerupuk teripang matang lebih rendah dari pada kerupuk teripang mentah. Akan tetapi, pada sampel D kandungan logam Hg setelah digoreng mengalami kenaikan. Hal ini diduga karena penggunaan minyak goreng curah yang telah mengandung logam Hg, sehingga sampel kerupuk teripang matang lebih tinggi dari pada mentah. Hikmawati, dkk. (2006) menyatakan bahwa penggunaan minyak goreng curah yang dipakai untuk menggoreng dimungkinkan ikut memberikan kontribusi peningkatan kadar Hg dalam sampel ikan tongkol.

SNI (Standar Nasional Indonesia) menetapkan batas aman kadar teripang untuk dikonsumsi sebesar 1,0 mg/Kg. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadarkerupuk teripang mentah dan matang berada dibawah batas aman sehingga aman untuk dikonsumsi masyarakat.

Pengukuran kadar Cu dalam sampel menggunakan SSA dilakukan dengan metode nyala. Prinsip dasar tipe nyala berdasarkan pada penyerapan energi radiasi oleh atom-atom netral pada keadaan dasar, yang menyebabkan tereksitasi ke berbagai tingkat energi dengan panjang gelombang tertentu

Data hasil pengukuran kadar Cu pada Gambar 4.



Gambar 4. Kadar Cu dalam sampel

Kadar logam Cu dalam kerupuk teripang matang (D, E dan F) lebih rendah dari pada kerupuk teripang mentah (A, B dan C). Pada kerupuk matang, logam dalam sampel terkena panas sehingga akan mengalami perubahan susunan atomnya karena logam bersifat *mobil* (bergerak bebas) sehingga lama-kelamaan ikatan logam antar atom akan rusak (Effendy, 2010). Menurut Listianingrum, dkk. (2008) dan Dwiloka, dkk. (2009) proses penggorengan dapat menurunkan kadar logam Co, Zn, Rb, Cr, Sc pada ayam karena ion logam terlarut bersama protein yang terdenaturasi akibat panas sehingga logam diserap oleh minyak. Logam Cu merupakan logam yang satu periode dengan Fe, Co dan Zn. Urutan kekuatan ikatan logam tersebut adalah $Fe < Co < Cu < Zn$.

Oleh karena itu, proses penggorengan pada kerupuk teripang matang juga memungkinkan dapat menurunkan kadar Cu.

Peraturan pemerintah mengenai kadar logam tembaga yang diperbolehkan untuk dikonsumsi telah diatur melalui SNI (Standar Nasional Indonesia) yaitu sebesar 20 mg/Kg.

IV. KESIMPULAN

Kadar Hg pada kerupuk teripang *P. australis* mentah (A, B, C) dan matang (D, E, F) asal daerah Kenjeran Surabaya masing-masing sebesar 0,058; 0,1495; 0,108; 0,078; 0,074; dan 0,061 ppb. Kadar Hg pada kerupuk teripang berada di bawah batas aman SNI sebesar 1 ppm. Kadar Cu pada kerupuk teripang *P. australis* mentah (A, B, C) dan matang (D, E, F) asal daerah Kenjeran Surabaya masing-masing sebesar 2,037; 3,05; 3,16; 1,164; 1,589; dan 1,924 ppm. Kadar Cu pada kerupuk teripang mentah dan matang di bawah batas aman SNI, sebesar 20 ppm.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z. 2008. Beberapa Unsur Mineral Esensial Mikro dalam Sistem Biologi dan Metode Analisisnya. *Jurnal Litbang Pertanian*. Vol. 27. No.3: 99-198.
- Connell, D.W. dan Miller, G.J. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Yanti Koestoer, penerjemah; Sahati, pendamping*. Terjemahan dari: Chemistry and Ecotoxicology of Pollution. Jakarta: UI-Press.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press.
- Dedina dan Tsalev. 1995. *Hybride Generation Atomic Absorption Spectrometry*. New York: John Wiley & Sons.
- Dwiloka, B., Pratomo, G. H., dan Atmomarsono, U. 2009. Kandungan Logam Berat Pada Usus dan Hati Ayam Brioler yang Dipelihara dalam Kandang Litter Setelah Digoreng dan Dibakar. *Prosiding Seminar Nasional AAN*. Yogyakarta: Universitas Diponegoro.
- Effendy. 2010. *Logam, Aloi, Semikonduktor, dan Superkonduktor*. Malang: Indonesian Academic Publishing.
- Evans, S. J., Johnson., Leah R.T. 2010. *Determination of Mercury in Fish Tissue, a Rapid, Automated Technique for Routine Analysis*. Agilent Technologies, USA.
- Hikmawati, A dan Sulistyorini, L. 2006. Perubahan Kadar Merkuri (Hg) Pada Ikan Tongkol (*Euthynnus, sp*) dengan Perlakuan Perendaman Larutan Jeruk Nipis dan Pemasakan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol. 3. No.1 : 67-76.
- Listianingrum, Y.B., Prihatso, L., Dwiloka, B., Hintono, A., dan Atmomarsono, U. 2008. Kandungan Logam Berat pada Dada, Paha dan Hati Ayam Kampung yang Dipelihara Secara Umbaran di Daerah Sekitar Industri Candi Semarang Setelah Dimasak. *Prosiding Simposium dan Pameran Teknologi Isotop dan radiasi*. Yogyakarta: Universitas Diponegoro.
- Martoyo J, N. Aji dan T. Miranto. 1994. *Budidaya Teripang*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Ratmini, N. A. 2009. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg) dan Kadmium (Cd) Pada Daging Ikan Sapu-Sapu (*Hyposarcus pardalis*) di Sungai Ciliwung Stasiun Srengseng, Condet Dan Maggarai. *Jurnal VIS VITALIS*. Vol. 2. No.1: 1-7.

- Redjeki, S. 2004. Pengaruh Pengolahan Terhadap Kadar Hg pada Ikan Keting. *Tesis*. Surabaya: Universitas Air Langga.
- Savitri, P.O., Indah, R. dan Rachmatilah, S.S. 2012. *Kajian Kandungan Logam Berat pada Ikan Air Tawar di Pasar Tradisional dan Pasar Swalayan kota Bandung*. Program Studi Teknik lingkungan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Shihab, Q. 2002. *Tafsir Al-Mishbah : Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta : Lentera Hati. Standar Nasional Indonesia (SNI). 2009. *Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan*. SNI 7387.
- Sudarmaji, J. M, dan Corie I.P. 2006. *Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Kesehatan Lingkungan
- Sumardi. 1981. Metode Destruksi Contoh Secara Kering Dalam Analisa Unsur-Unsur Fe-Cu-Mn dan Zn Dalam Contoh-Contoh Biologis. *Prosiding Seminar Nasional Metode Analisis*. Lembaga Kimia Nasional. Jakarta: LIPI.
- Supriyanto, C. Samin. dan Z. Kamal. 2007. Analisis Cemar Logam Berat Pb, Cu dan Cd pada Ikan Air Tawar dengan Metode Spektrofotometri Nyala Serapan Atom (SSA). *Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta, 21-22 Nopember 2007, Yogyakarta.
- Taftazani, A. 2007. Evaluasi Sebaran Logam Hg, Cd, Cr, dan Co dalam Cuplikan Air, Sedimen dan Enceng Gondok di Lokasi Perairan Surabaya III. *Jurnal Ganendra*. Vol. 4. No. 2: 28-37.
- Underwood, A. L. dan Day R.A. 2001. *Analisa Kimia Kualitatif edisi Ke Enam*. Jakarta: Erlangga.
- Winarni, D., Affandi, M., Masithah, E.D. dan Darmayanti, H. 2012. Tahap Kematangan Gonad Teripang *Paracaudina australis* Pada Bulan Februari, Maret dan April 2012. *Jurnal Oseana*.
- Wulandari, E, A. dan Suksesi. 2013. Preparasi Penentuan Kadar Logam Pb, Cd, dan Cu dalam Nugget Ayam Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottoni*). *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. Vol. 2.No.2 : 15-17