

## KANDUNGAN MERKURI (Hg) DALAM AIR LAUT, SEDIMEN, DAN JARINGAN IKAN BELANAK (*Liza melinoptera*) DI PERAIRAN TELUK PALU

### The Mercury (Hg) Content In Sea Water, Sediment And Belanak (*Liza Melinoptera*) Tissue In Palu Bay Water

\*Moh. Yusuf, Baharuddin Hamzah dan Nurdin Rahman

Pendidikan Kimia/FKIP - Universitas Tadulako, Palu - Indonesia 94118

Received 09 July 2013, Revised 15 August 2013, Accepted 16 August 2013

#### Abstract

*Mercury (Hg) is one type of a dangerous heavy metals. As one of contaminants, mercury enter the aquatic ecosystem through atmospheric decomposition or sourced from the industrial waste externalisation and biological and chemical converted in methyl mercury. This research aims to find out and determine the mercury concentrate which contained in sea water, sediment and belanak (*Liza melinoptera*) network in Palu bay water. The analysis of mercury content on the tested sample using Automatic Mercury Analyzer. The working principle of the device is gold amalgamation method by heating and seperation. The research result shows that the mercury content in belanak network is 0.143 - 0.188 ppm, sediment 2.453 - 2.800 ppm and the sea water 0.030 - 0.040 ppm. Based on the decision of the state minister of environmental Number: Kep-51/2004 about The Guidelines for Determination of Hg Standard Quality for sea water is 0.002 ppm and 0.001 ppm for marine biota. It shows that the Palu bay water condition has been polluted and the belanak is not worth to be consumed.*

Keywords: Mercury (Hg), Sea water, Sediment, Belanak (*liza melinoptera*), Palu Bay

#### Pendahuluan

Teluk palu merupakan ekosistem pesisir yang sangat kompleks, dimana memiliki berbagai macam potensi alam yang cukup besar, diantaranya adalah potensi perikanan tangkap. Potensi sumberdaya ikan merupakan sumber mata pencaharian utama bagi nelayan di sekitar perairan laut Kota Palu (Ansar, 2011). Kota Palu kondisi kotanya dibelah oleh sungai, salah satu sungai yang terbesar adalah Sungai Palu. Sepanjang aliran sungai terjadi banyak aktivitas kehidupan manusia yang limbah cairnya dialirkan kesungai tersebut, misalnya aliran limbah cair domestik, perbengkelan, pertanian dan pertambangan (Arsyad, 2012).

Pencemaran air berasal dari berbagai sumber serta mempunyai karakteristik yang berbeda. Peningkatan pencemaran merupakan masalah global. Hal ini disebabkan

penggunaan bahan kimia beracun atau zat xenobiotik atau senyawa sintesis tertentu seperti logam berat (Hounkpatin, dkk., 2012). Manusia serta makhluk hidup atau organisme lainnya dalam kegiatannya yang menghasilkan limbah yang selanjutnya masuk ke sungai, laut, dan air permukaan lainnya (Said, 2010). Pertambangan emas poboya merupakan sumber terbesar masuknya logam merkuri di teluk Palu. Aktivitas pertambangan poboya dilaksanakan dengan cara pemecahan partikel tanah, penggilingan, pemisahan partikel tanah dengan ikatan merkuri dan butiran emas, penyaringan dan pemanasan (Lubis & Aman, 2008). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Harian Mercusuar (2010), dalam setahun terjadi peningkatan kandungan merkuri pada udara di pusat Kota Palu. Hasil penelitian dari dua titik sampel yang diperiksa pada akhir Juli 2011, kandungan merkuri udara di seputaran Jalan Sultan Hasanuddin dan Jalan Gajah Mada, telah mencapai 4.000 nanogram atau melonjak drastis dari kandungan udara pada penelitian tahun 2010, yang hanya mencapai

\* Korespondensi:

M. Yusuf

Program Studi Pendidikan kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako  
email: moh\_yusuf23@rocketmail.com

© 2013 - Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Tadulako

56 nanogram dan 64 nanogram. Demikian halnya kandungan merkuri pada udara di sekitar kampus Universitas Tadulako yang meningkat menjadi 300 nanogram, dibanding tahun 2010 yang hanya berkisar 89 nanogram. Menurut Polii & Sonya (2002) pengelolaan yang berlebihan terhadap sumber-sumber alam di daratan akan mengakibatkan kerusakan yang hebat di lautan.

Merkuri (Hg) adalah salah satu jenis logam berat yang sangat berbahaya (Markus, 2009), sangat beracun dan sangat bioakumulatif (Chen, dkk., 2012). Logam berat tersebut yang terkontaminasi dengan tanah dapat sampai pada rantai makanan yang pada akhirnya dapat membahayakan kehidupan manusia (Moenir, 2010).

Sebagai salah satu zat pencemar, merkuri masuk dalam ekosistem ekuatik melalui dekomposisi atmosferik maupun bersumber dari eksternalisasi limbah industri dan secara biologis maupun kimiawi terkonversi dalam bentuk metil merkuri (Suseno & Panggabean, 2007). Keracunan metil merkuri menyebabkan efek pada gastrointestinal yang lebih ringan tetapi menimbulkan toksisitas neurologis yang berat berupa: rasa sakit pada bibir, lidah dan pergerakan (kaki dan tangan), konfusi, halusinasi, iritabilitas, gangguan tidur, ataxia, hilang ingatan, sulit bicara, kemunduran cara berfikir, pendengaran rusak, emosi tidak stabil, tidak mampu berfikir, koma dan kematian (Nurdin, 2012).

Pencemaran perairan akibat pertambangan emas dengan menggunakan merkuri seringkali menjadi perhatian khusus bagi banyak pihak karena dapat menimbulkan keracunan kronis pada biota perairan. Nurdin (2012) menyatakan bahwa bila ikan kecil yang tercemar metil merkuri dimakan oleh ikan besar, dan ikan besar dikonsumsi oleh manusia, maka manusia paling beresiko terpapar lebih banyak dari zat toksik tersebut.

Menyadari akan bahayanya pencemaran yang disebabkan adanya kandungan merkuri yang berlebihan di lingkungan perairan, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui dan menentukan konsentrasi merkuri yang terkandung dalam air laut, sedimen dan jaringan ikan di perairan Teluk Palu.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat dan instansi yang terkait mengenai kandungan merkuri dan penanggulangan pencemaran logam merkuri di perairan Teluk Palu.

## **Metode**

### *Waktu dan Lokasi Penelitian*

Penelitian ini dilakukan meliputi pengambilan, preparasi dan analisis sampel. Pengambilan sampel dilakukan di muara Sungai Palu pada tiga titik yang berbeda. Tempat penelitian adalah di Laboratorium Analisis Sumber Daya Alam dan Lingkungan UNTAD Palu.

### *Alat dan Bahan Penelitian*

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Mercury Analyzer SP-3D (MA-1S dan MD-1), jaring, neraca digital (Shimadzu Corporation), alat-alat gelas, spatula, pH meter (Hanna Instrument), cutter, pipa PVC, dan botol plastik.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daging ikan Belanak (*Liza melinoptera*), sedimen dan air laut yang berasal dari muara Sungai Palu (Teluk Palu), larutan standar merkuri 1 ppm, aquades,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Merck Darmstadt Germany).

### *Metode Pengambilan Sampel*

Teknik pengambilan sampel air laut dilakukan dengan menggunakan botol plastik, selanjutnya botol plastik dimasukkan ke dalam permukaan air setelah itu sampel air laut dimasukkan ke dalam wadah tertutup. Sampel yang diambil di setiap titik diberi kode yaitu A1, A2 dan A3.

Pengambilan sampel ikan dilakukan dengan menggunakan jaring ikan di sekitar muara sungai, selanjutnya dipisahkan antara daging dan tulangnya, sedangkan pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan pipa PVC, selanjutnya sampel sedimen dimasukkan ke dalam wadah yang tertutup rapat. Sampel yang diambil di setiap titik diberi kode yaitu S1, S2, dan S3.

### *Prosedur Analisis*

Sampel air laut yang akan diuji diambil masing-masing sebanyak 0,1 mL, untuk sampel ikan belanak ditiriskan (tanpa matahari), kemudian sampel yang akan digunakan diblender hingga halus dan homogen. Selanjutnya ditimbang masing-masing sebanyak 0,0213 gram, 0,0233 gram dan 0,0210 gram. Sampel sedimen yang akan dianalisis ditimbang masing-masing sebanyak sampel S1 = 0,0052 gram, S2 = 0,0053 gram, dan S3 = 0,0050 gram.

Penentuan kadar merkuri dalam sampel dilakukan cara pengukuran larutan standar, pengukuran blanko dan pengukuran sampel.

Pengukuran larutan standar dilakukan dengan cara memipet larutan standar 1 ppm sebanyak 0,5 mL dan 0,1 mL ke kertas saring quartz yang diletakkan pada cawan porselin yang khusus digunakan untuk alat ini. Tekan Mode 1 pada alat dan membuka penutup tempat masuknya sampel yang ada pada alat, selanjutnya memasukkan cawan yang berisi kertas saring ke dalam alat tersebut dengan menggunakan pendorong yang tersedia sampai tanda garis yang ada pada pendorong tersebut. Kemudian menutup kembali penutupnya. Memilih blank yang ditampilkan pada alat kemudian menekan tombol start. Sedangkan untuk pengukuran blanko dilakukan dengan cara memasukkan additives M ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), lalu B ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) kemudian M lagi ke dalam porselin yang khusus digunakan untuk alat ini. Tekan Mode 2 pada alat dan membuka penutup tempat masuknya sampel yang ada pada alat, selanjutnya memasukkan cawan yang berisi additives ke dalam alat tersebut dengan menggunakan pendorong yang tersedia sampai tanda garis yang ada pada pendorong tersebut. Kemudian menutup kembali penutupnya. Memilih blank yang ditampilkan pada alat kemudian menekan tombol start. Untuk pengukuran pada sampel dilakukan dengan cara sampel yang akan dianalisis ditimbang. Memasukkan additives M ke dalam cawan porselin yang khusus untuk alat ini, kemudian memasukkan sampel lalu ditutupi lagi dengan additives M lalu B kemudian M lagi. Selanjutnya memasukkan cawan tersebut ke dalam alat dengan pendorong yang tersedia. Menutup kembali penutupnya lalu menekan tombol start. Hasil analisis tersebut dihitung dengan menggunakan rumus:

Untuk sampel padat:

$$\text{Kadar merkuri (ppb)} = \frac{\text{Berat yang diperoleh (ng)} - \text{Berat Blanko (ng)}}{\text{Berat sampel (g)}}$$

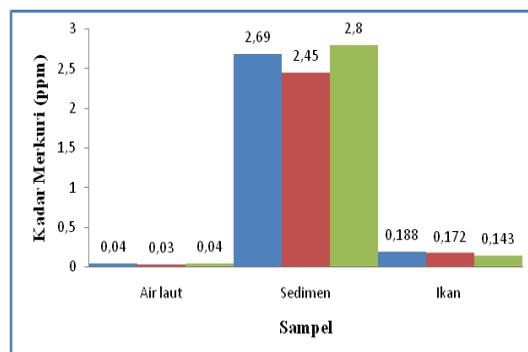
Untuk Sampel Cair:

$$\text{Kadar merkuri (ppm)} = \frac{\text{Berat yang diperoleh (mg)} - \text{Berat Blanko (mg)}}{\text{Volume sampel (L)}}$$

## Hasil dan Pembahasan

Sumber utama masuknya logam merkuri di muara sungai Palu adalah aktivitas pertambangan Poboya, selain itu terdapat 48 anak sungai yang masuk ke muara sungai Palu tersebut. Hasil analisis kandungan merkuri dalam jaringan Ikan, dan Sedimen diperairan Teluk Palu dengan menggunakan alat Mercury SP-3D (Takatsuki, 2003) dapat dilihat pada

Gambar 1.



**Gambar 1.** Digram Kadar Merkuri Dalam Air Laut, Ikan dan Sedimen di Perairan Teluk Palu.

### *Kandungan Merkuri di Perairan*

Data pada Gambar 1, menunjukkan bahwa kondisi perairan teluk palu telah mengandung logam merkuri, dengan kadar merkuri sebesar 0,030-0,040 ppm. Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) nomor 82 tahun 2001, konsentrasi merkuri dalam air adalah < 0,001 ppm. Hal tersebut didukung juga dengan keputusan Menkes RI no 907/menkes/sk/vii/2002 yang mensyaratkan bahwa kandungan merkuri yang diperbolehkan adalah 0.001 mg/l (Patangga, dkk., 2013). Jika dibanding dengan standar baku mutu air tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa kondisi perairan teluk Palu sudah tercemar. Hal ini karena kandungan merkuri yang diperoleh melebihi standar baku yang ditentukan.

Ekosistem perairan di teluk Palu unsur merkuri mengalami penurunan konsentrasi yang sangat lambat. Hal ini disebabkan oleh lemahnya merkuri yang larut dalam air, terlebih lagi akumulasinya di bagian dasar sungai seringkali dihubungkan dengan karakteristik hidrologis sungai tersebut. Jika telah menutupi pertambangan, terutama pada aliran sungai yang tidak terlalu deras (Kitong, dkk., 2012). Proses ini akan terbawa terus sepanjang waktu dan menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi di daerah estuari.

### *Kandungan Merkuri pada Sedimen*

Logam berat merkuri mudah larut dan mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan partikel pada perairan, kemudian mengendap membentuk lumpur. Penyebab logam berat merkuri tidak terdeteksi di permukaan perairan karena merkuri memiliki sifat yang kembali logam yang dikandungnya ke

dalam air, sehingga sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu (Rachmawatie, dkk., 2009).

Menurut Ali & Rina (2013) logam berat yang masuk ke sistem perairan, baik di sungai maupun lautan akan dipindahkan dari badan airnya melalui tiga proses yaitu pengendapan, adsorpsi, dan absorpsi oleh organisme-organisme perairan. Berdasarkan pengukuran pH perairan yang dilakukan diperoleh sebesar 9,44. Data pada Gambar 1, menunjukkan bahwa logam merkuri lebih banyak mengendap dipermukaan dimana diperoleh konsentrasinya sebesar 2,453-2,800 ppm. Hal tersebut disebabkan karena pada kondisi netral hingga basa, kation akan terhidrolisis membentuk hidroksidanya, dimana sebagian besar hidroksida logam bersifat tidak larut (Rahayu & Purnavita, 2007). Selain itu, jika dilihat dari  $K_{sp}$   $Hg(OH)_2$  di muara sungai Palu sebesar  $3,1 \times 10^{-16,88}$  g/mol sedangkan tetapan hasil kali kelarutan  $Hg(OH)_2$  sebesar  $3,1 \times 10^{-26}$ . Hal tersebut mengindikasikan bahwa merkuri diperairan akan lebih banyak mengendap.

Chen, dkk., (2012) menyatakan bahwa jumlah Hg yang terkandung dalam sedimen mencerminkan tingkat polusi bagi badan air. Hal ini menyebabkan konsentrasi bahan pencemar dalam sedimen meningkat. Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut.

Ketersediaan logam berat di lingkungan akuatik mempunyai kecenderungan untuk berikatan dengan bahan partikulat dan merupakan penyusun terbesar dari proses pembentukan sedimen yang berpotensi sebagai sumber polusi sekunder ke kolom air (Sudarso, dkk., 2008).

### *Kandungan Merkuri pada Ikan*

Bioakumulasi Hg pada ikan merupakan proses yang rumit dan belum dipahami sepenuhnya. Secara umum, ada 4 cara bahan tertentu (termasuk logam-logam) dapat terakumulasi ke dalam jaringan tubuh ikan, yaitu melalui aliran air pada insang, proses makan dan minum, serta kulit. Akumulasi logam pada ikan diawali dengan proses pengambilan melalui insang dan kemudian terserap ke dalam seluruh jaringan tubuh dan tersimpan/tersekap di dalam. Berbagai faktor yang mempengaruhi

proses pengambilan Hg dan jumlah yang akan terakumulasi. Di antaranya adalah kecepatan metabolisme, ukuran dan jenis, alkalinitas dan pH. Selain itu, proses demetilasi, suhu, tingkat kontaminasi, waktu, sumber dan bentuk Hg, serta tingkat kehidupan organisme (Markus, 2009).

Ikan merupakan organisme air yang bergerak dengan cepat. Ikan pada umumnya mempunyai kemampuan untuk menghindarkan diri dari pengaruh pencemaran. Namun demikian, pada ikan yang hidup dalam habitat yang terbatas (seperti sungai, danau dan teluk) akan sulit menghindarkan diri dari pencemaran (Murtini & Rachmawatie, 2007). Faktor lain yang dapat mempengaruhi kandungan logam berat dalam tubuh ikan adalah tingkah laku makan ikan. Apabila ikan termasuk kelompok pemakan sedimen dan detritus, maka peluang merkuri untuk masuk ke dalam tubuhnya akan semakin besar dan akhirnya akan terakumulasi dalam jumlah besar seperti halnya ikan belanak yang tertangkap di muara sungai Palu (Simbolon, dkk., 2010).

Data pada Gambar 1, menunjukkan bahwa logam merkuri sudah terakumulasi dalam tubuh ikan belanak (*Liza melinoptera*). Hal ini dapat dilihat dari tingginya konsentrasi merkuri pada ikan dibandingkan dengan perairan yaitu sebesar 0,143-0,188 ppm. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.Kep-51/2004 Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Laut NAB Hg adalah 0.001 ppm untuk biota laut. Hal ini berarti bahwa kandungan merkuri yang terdapat pada bagian daging ikan belanak tidak layak dikonsumsi.

Menurut Markus (2009), sekitar 70% metil merkuri yang masuk lewat makanan akan diabsorpsi ke dalam jaringan tubuh ikan dan hanya 10% yang melalui penyerapan melalui insang. Merkuri yang terakumulasi ke dalam jaringan tubuh ikan, khususnya di dalam otot (daging), memberikan konsekuensi keracunan pada manusia yang mengkonsumsi daging ikan sebagai sumber protein. Karena bersifat larut dalam lemak, bentuk merkuri ini mudah melalui sawar otak dan plasenta. Di otak ia akan berakumulasi di korteks cerebrum dan cerebellum dimana ia akan teroksidasi menjadi bentuk merkuri ( $Hg^{2+}$ ) ion merkuri ini akan berikatan dengan sulfhidril dari protein enzim dan protein seluler sehingga mengganggu fungsi enzim dan transport sel (Rianto, 2012).

Asupan makanan metil merkuri melalui konsumsi ikan terkontaminasi merupakan masalah kesehatan masyarakat, terutama karena toksisitas perkembangan saraf pada janin dan anak-anak. Gejala neurologis termasuk keterbelakangan mental, kejang, penglihatan dan gangguan pendengaran, bisu dan kehilangan memori (Estecha, dkk., 2013).

Merkuri sejak lama terkenal sebagai racun karena dapat mengganggu fungsi otak, paru-paru, dan menghambat jaringan pernapasan, sehingga orang menjadi seperti tercekik dan cepat diikuti oleh kematian. Efek toksik logam berat dan zat kimia ini sulit dideteksi pada manusia karena reaksinya tidak terjadi segera setelah masuk ke tubuh. Berbagai kelainan seperti tumor, kelainan janin, kerusakan hati atau ginjal, timbul lama (mungkin bertahun-tahun) setelah pencemaran kronis. Pada waktu itu pun hubungan kausal tidak dapat ditentukan kasus demi kasus, karena kelainan tersebut juga dapat terjadi secara spontan dan mirip penyakit. Hal ini hanya dapat dihubungkan secara asosiatif dalam studi epidemiologik. Ketidakpastian seperti ini maka cara yang terbaik menghindari keracunan ialah dengan menghindari sumber-sumber air, makanan dan udara dari logam berat dan zat-zat kimia yang sangat berbahaya bagi manusia. Solusi lainnya adalah perlu digalakkan terus penanaman pohon (penghijauan). Pohon hijau rindang dapat mereduksi atau menyerap polutan berbahaya, baik logam berat (termasuk merkuri) berdasarkan reaksi konsep Asam-Basa Lewis.

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat kandungan merkuri pada sedimen dan ikan belanak (*Liza melinoptera*) diperaian Teluk Palu. Kadar merkuri dalam jaringan ikan belanak sebesar 0,143-0,188 ppm, sedimen sebesar 2,453-2,800 ppm dan air laut sebesar 0,030-0,040 ppm.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tasrik laboran di Laboratorium Kimia FKIP Universitas Tadulako dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penelitian ini.

### Referensi

- Ali, M., & Rina. (2013). Kemampuan tanaman mangrove untuk menyerap logam berat merkuri (Hg) dan timbal (Pb). *Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(2), 29-36.
- Ansar. (2011). Menuju kebijakan pengelolaan teluk Palu yang harmonis. *Media Litbang Sulteng*, 4(2), 142-148.
- Arsyad, M. (2012). Akumulasi logam Pb dalam ikan belanak (*Liza Melinoptera*) yang hidup di teluk Palu. Palu : Skripsi S-1 FKIP UNTAD.
- Chen, C. W., Chen, C. F., & Dong, C. D. (2012). Contamination and potential ecological of mercury in sediments of Kaohsiung river mouth, Taiwan. *International Journal of Environmental Science and Development*. 3(1), 66-71.
- Estecha, M. G., Garcia, M. J. M., Ferrer, M. F., Pinedo, A. B., Pascual, A. C., Iriate, C. M. O., Perez, C. F., Claros, N. M., Herrera, M. A. R., Hoyos, E. G., & Peres, J. J. G. (2013). Mercury in canned Tuna in Spain. Is light Tuna really light?. *Food and Nutrition Sciences*. 4(1), 48-54.
- Houkpatin, A. S. Y., Johnson, R. C., Guedenon, P., Domingo, E., Alimba, C. G., Boko, M., & Etorh, P. A. (2012). Protective effect of vitamin C on haematological parameters in intoxicated wistar rats with cadmium, mercury and combined cadmium and mercury. *International Research Journal of Biological Sciences*, 1(8), 76-81.
- Kitong, M. T., Abijulu, J., & Koleangan, S. J. (2012). Analisis merkuri (Hg) dan arsen (As) di sedimen sungai Ranoyapo kecamatan Amurang Sulawesi Utara. *MIPA UNSRAT*, 1(1), 16-19.
- Lubis, H., & Aman, C. (2008). Pemeriksaan kandungan logam merkuri, timbal dan kadmium dalam daging rajungan segar yang berasal dari TPI Gabion Belawan secara spektrofotometri serapan atom. *Kesehatan Nusantara*, 41(1), 40-41.
- Markus, T. L. (2009). Proses bioakumulasi dan biotransfer merkuri (Hg) pada organisme perairan di dalam wadah terkontrol. *Matematika Dan Sains*, 14(3), 89-95.

- Mercusuar, Harian. (2010). Bahaya ikan di Palu tercemar. diunduh kembali dari <http://HarianMercusuar.Com>.
- Moenir, M. (2010). Kajian fitoremediasi sebagai alternatif pemulihan tanah tercemar logam berat. *Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri*, 2(2), 115-123.
- Murtini, J. T., & Rachmawati, N. (2007). Kandungan logam berat pada ikan, air dan sedimen di Waduk Saguling Jawa Barat. *Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 2(2), 156-156.
- Nurdin, R. (2012). Metil merkuri, ancaman bagi kesehatan dan lingkungan hidup. *Radarsulteng*. 19 Juni 2012.
- Patangga, Y. P., Shovitri, M., & Aunurohim. (2013). Uji koeksistensi dua isolat bakteri resisten merkuri dari kalo mas Surabaya. Surabaya: F-MIPA. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Polii, B. J., & Sonya D. N. (2002). Pendugaan kandungan merkuri dan sianida di daerah aliran sungai (DAS) Buyat Minahasa. *Ekoton*, 2(1), 31-37.
- Rachmawatie, Hidayah, Z., & Abida, I. W. (2009). Analisis konsentrasi merkuri (Hg) dan cadmium (Cd) di muara sungai Porong sebagai area buangan limbah lumpur lapindo. *Kelautan*, 2(2), 42-47.
- Rahayu, L. H., & Purnavita, S. (2007). Optimasi pembuatan kitosan dari kitin limbah cangkang rajungan (*Portunus pelagicus*) untuk adsorben ion logam merkuri. *Reaktor*, 11(1), 45-49.
- Rianto, S. (2012). Analisis faktor-faktor yang berhubungan dengan keracunan merkuri pada penambangan emas tradisional di desa Jendi kecamatan Selogiri kabupaten Wonogiri. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 11(1), 14-21.
- Said, N. I. (2010). Metoda penghilangan logam merkuri di dalam limbah industri. *Pusat Teknologi Lingkungan*, 6(1), 11-12.
- Simbolon, D., Simange, S. M., & Wulandari, S. Y. (2010). Kandungan merkuri dan sianida pada ikan yang tertangkap dari teluk Kao, Halmahera Utara. *Ilmu Kelautan*, 15(3), 126-134
- Sudarso, Y., Wardiatno, Y., & Sualia, I. (2008). The effect of heavy metal contamination in sediment on benthic macroinvertebrate community: A Case Study in Saguling Reservoir, West Java. *Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 15(1), 49-50.
- Suseno, H., & Panggabean, S. M. (2007). Merkuri: Spesiasi dan bioakumulasi pada biota laut. *Waste Management Technology*, 10(1), 66-71.
- Takatsuki, S. (2003). Automatic mercury analyzer "Mercury/SP-3D". Diunduh Kembali dari [http://www.hollong.com/userfiles/downloadsp\\_3d.pdf](http://www.hollong.com/userfiles/downloadsp_3d.pdf).