

Evaluasi Kandungan Merkuri (Hg) Pada Beberapa Ikan Ekonomis Penting di Desa Mopuya Kabupaten Bonebolango

²Alti Mohamad, ^{1,2}Lukman Mile, ²Asri Silvana Naiu

¹lukman.mile@ung.ac.id

²Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Negeri Gorontalo

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pencemaran merkuri (Hg) pada ikan ekonomis penting di Desa Mopuya Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel adalah purpose sampling technique. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali pada tiga spesies ikan (ekor kuning, kakap dan selar) dengan waktu yang berbeda yaitu Sampling I (10 hari pertama), II (10 hari kedua), dan III (10 hari ketiga), setiap pengambilan masing-masing diambil tiga ekor ikan. Data hasil pengujian kandungan merkuri dianalisis dengan penyajian data (gambar, grafik maupun tabel). Masing-masing sampel dilakukan pengujian kandungan merkuri (Hg) menggunakan AAS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan merkuri (Hg) pada ikan ekor kuning (0,33 mg/kg), ikan kakap (0,44 mg/kg) dan ikan selar (0,20 mg/kg), namun cemaran merkuri (Hg) tersebut masih di bawah ambang batas SNI 01-2729.1-2006 yaitu 0,5 mg/kg. Namun demikian, air muara sungai tempat ikan diperoleh telah melebihi abang batas merkuri (Hg) yaitu berkisar 0,62-0,72 mg/kg.

Katakunci: Merkuri; Hg; Ekor Kuning; Ikan Kakap; Ikan Selar; ikan ekonomis penting

Abstract

This study aims to determine the level of mercury (Hg) pollution in economically important fish in Mopuya Village, Bone Bolango Regency, Gorontalo Province. The method used in sampling is the purpose sampling technique. Sampling was carried out three times on three species of fish (yellow tail, snapper and selar) with different times, namely Sampling I (10 first day), II (10 second day), and III (10 third day), each taking each Three fish were taken each. The data from the mercury content test was analyzed by presenting data (pictures, graphs and tables). Each sample was tested for mercury (Hg) content using AAS. The results showed that the content of mercury (Hg) in yellowtail fish (0.33 mg/kg), snapper (0.44 mg/kg) and selar fish (0.20 mg/kg), but the mercury (Hg) contamination is still below the threshold of SNI 01-2729.1-2006, which is 0.5 mg/kg. However, the estuary water where fish were obtained had exceeded the mercury (Hg) threshold, which was in the range of 0.62-0.72 mg/kg.

Keywords: Mercury; Hg; yellow tail; snapper; selar; economic fish

Pendahuluan

Ikan merupakan bahan pangan hewani yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia, karena memiliki kandungan gizi yang lengkap seperti protein, lemak, mineral dan vitamin yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Sebagai bahan pangan, ikan sangat rawan terhadap kontaminasi yang dikarenakan habitatnyaberada di perairan khususnya perairan laut. Laut merupakan muara terakhir pembuangan yang berasal dari aktivitas daratan. Salah satu kegiatan yang berisiko menimbulkan kontaminasi adalah kegiatan penambangan emas oleh penambang emas di daratan (Polii dan Sonya, 2010).

Penambangan emas merupakan salah satu sumber penghasilan bagi masyarakat dan negara. Data menunjukkan bahwa nilai produksi emas Indonesia mencapai 65,5 triliun rupiah (Miswantono *dkk*,2008). Namun dilain sisi, kegiatan penambangan emas menimbulkan masalah tersendiri bagi kerusakan lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Pengelolaan yang dimaksud adalah pengelolaan limbah hasil samping dari kegiatan penambangan emas. Dalam teknisnya, pada kegiatan penambangan emas menggunakan bahan pengikat bijih emas oleh merkuri (Hg) atau yang dikenal dengan raksa. Merkuri (Hg) adalah salah satu logam berat

yang memiliki tingkat toksisitas yang tinggi (Simange, 2010).

Limbah pengolahan bijih emas di lokasi pengamatan langsung dibuang ke badan air sungai tanpa pengolahan yang berwawasan lingkungan. Kondisi tersebut menimbulkan kekhawatiran terjadinya pencemaran akibat pembuangan limbah hasil pengolahan bijih emas yang dibuang dari lokasi penambangan. Berdasarkan hasil wawancara dengan warga desa, bahwa air sungai yang mengairi desa sudah sejak lama tidak lagi digunakan untuk keperluan rumah tangga. Indikasi adanya pencemaran oleh merkuri tidak dapat dilakukan dengan kegiatan menduga secara teoritis tanpa ada pengujian sejauh mana tingkat paparan merkuri di lingkungan oleh karenanya perlu dilakukan suatu penelitian di lokasi desa Mopuya Kecamatan Bulawa Kabupaten Bonebolango.

Semua komponen merkuri baik dalam bentuk baik dalam metil maupun alkil yang masuk ke dalam tubuh manusia secara terus menerus akan menyebabkan kerusakan permanen pada otak, hati dan ginjal (Roger, *et. al.* 1984).

Deteksi tingkat pencemaran oleh logam berat merkuri di perairan laut dapat dilakukan dengan menjadikan organisme perairan sebagai salah satu indikatornya. Usaha pendeteksian tingkat paparan logam berat pada organisme perairan khususnya biota perairan penting dilakukan, agar dapat mengetahui tingkat pencemaran dan upaya-upaya penanggulangan limbah tersebut (Riani, 2010). Jika di dalam tubuh biota telah terkandung kadar logam berat yang tinggi dan melebihi batas normal yang telah ditentukan maka keadaan ini dapat dijadikan sebagai indikator terjadinya suatu pencemaran dalam lingkungan (Suprayitno *dkk.* 2007).

Di Desa Mopuya, terdapat beragam jenis ikan konsumsi. Beberapa jenis di antaranya yakni ikan ekor kuning (*Caesio* sp.), ikan kakap (*Lutjanus* sp.) dan ikan selar (*Caranx* sp.) yang umumnya merupakan kelompok ikan target yang sering tertangkap oleh nelayan lokal.

Ketiga jenis ikan tersebut dapat dikatakan sebagai ikan ekonomis dan menjadi sumber pendapatan bagi nelayan jika dilihat dari jumlah hasil tangkapan dan harga jual ikannya. Hasil tangkapan menunjukkan bahwa ikan selar (*Caranx* sp.) merupakan hasil tangkapan yang paling

dominan di Desa Mopuya. Data Dinas Perikanan dan Kelautan Bone Bolango (2015) menunjukkan bahwa hasil tangkapan ikan selar pada tahun 2014 mencapai 23,14 ton, namun belum ada data secara statistik untuk ikan ekor kuning dan kakap.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk pengambilan sampel ini adalah metode *purposive sampling technique* yaitu hasil yang diperoleh merupakan gambaran kasar tentang suatu keadaan. Penelitian yang dilakukan dengan tujuan utama membuat gambaran tentang suatu keadaan secara obyektif. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali pada tiga jenis ikan (ekor kuning, kakap dan selar) dengan waktu yang berbeda yaitu pengambilan I, II, dan III dan setiap pengambilan masing-masing diambil masing-masing tiga ekor ikan untuk di uji kandungan merkuri (Hg) berdasarkan SNI NO 01.2354.6-2006. Analisis data yaitu data primer dan sekunder kemudian disusun dan diolah dengan metode deskriptif yang menjelaskan suatu obyek yang dilengkapi dengan penyajian data (Gambar, Grafik maupun Tabel).

Hasil dan Pembahasan

Kandungan Merkuri (Hg) pada Air Laut

Data hasil penelitian kandungan merkuri (Hg) pada air laut Desa Mopuya Kabupaten Bone Bolango dengan jarak dari muara ke kedalaman 100-200 m perairan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data kandungan merkuri (Hg) di Air Laut

Jenis Sampel	Total Merkuri (Hg)			Rata-rata
	I	II	III	
Air Laut	0.72	0,63	0.62	0.66

Ket :
 I = Pengambilan pertama
 II = Pengambilan kedua
 III = Pengambilan ketiga

Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah kandungan merkuri di air laut yaitu 0.66 mg/kg. Lokasi pengambilan pertama (I) tepat pada muara sungai, pengambilan kedua (II) disebelah timur dengan jarak dari muara sungai \pm 300m dan pengambilan ketiga (III) disebelah barat dengan jarak dari muara sungai \pm 300m. Masing-masing

sampel diambil dari bibir pantai sampai dengan kedalaman \pm 100 m - 200 m.

Hasil pengujian merkuri (Hg) pada air laut Desa Mopuya Kabupaten Bone Bolango terkontaminasi Hg yang sangat tinggi melebihi batas mutu air laut untuk biota laut yang ditetapkan oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup (2004) yaitu 0,0001 mg/L. Tingginya kandungan merkuri disebabkan adanya kegiatan penambangan emas yang ada di Desa Mopuya Kabupaten Bone Bolango. Kegiatan penambangan emas di daerah sudah berlangsung intensif sejak tahun 1992. Pengolahan emas dengan proses amalgamasi yaitu menggunakan merkuri sebagai media untuk menangkap emas mempunyai potensi untuk terbuang ke lingkungan sekitar. Selain itu, kondisi cuaca pada saat pengambilan sampel mempengaruhi nilai kandungan merkuri. Pengambilan sampel dilakukan pada kondisi cuaca hujan. Kinghorn *et. al.* (2007) menyatakan bahwa pada musim hujan, kandungan logam berat dalam air cenderung lebih kecil karena proses pelarutan, sedangkan pada musim kemarau kandungan logam akan lebih tinggi karena logam menjadi terkonsentrasi.

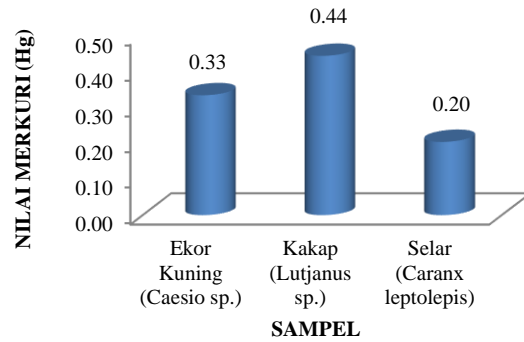
Menurut Ratmini (2009), sumber merkuri diperkirakan 80% disebabkan oleh aktivitas manusia, elemen merkuri dilepaskan ke udara terutama hasil pembakaran bensin, 15% dilepaskan kedalam tanah akibat pemupukan dan fungsida, sampah baterai, thermometer dan skalar listrik, dan 5% adalah terlepas dari limbah industri kedalam lingkungan air.

Menurut Murthy, *et.al* (2009) dan Darmono (1995), limbah logam berat yang dibuang ke perairan akan terus mengakumulasi dengan bertambahnya waktu. Pada taraf kritis, hal ini dapat mengancam kelestarian hayati dan fungsi pemanfaatan yang melekat pada perairan.

Kandungan Merkuri (Hg) Pada Ikan Ekor Kuning (*Caesio sp.*), Ikan Kakap (*Lutjanus sp.*) dan Ikan Selar (*Caranx sp.*)

Pada penelitian ini menguji kandungan merkuri (Hg) pada ikan ekor kuning (*Caesio sp.*), ikan kakap (*Lutjanus sp.*) dan ikan selar (*Caranx sp.*) yang merupakan hasil tangkapan nelayan yang berada diperairan Desa Mopuya Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo. Lokasi

pengambilan ikan ada 3 yaitu 1) tepat ditengah mulut muara, 2) 300 m kearah timur dari mulut muara dan 3) 300 m kearah barat dari mulut muara. Pada masing-masing titik berbeda jarak pengambilan pada setiap ulangan. Histogram nilai rata-rata hasil pengujian kandungan merkuri (Hg) pada tiga jenis ikan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil pengujian kandungan merkuri (Hg) pada Ikan Ekor Kuning (*Caesio sp.*), Ikan Kakap (*Lutjanus sp.*) dan Ikan Selar (*Caranx leptolepis*)

Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai rata-rata kandungan merkuri pada ikan ekor kuning (*Caesio sp.*) yaitu 0.33 mg/kg. Nilai rata-rata kandungan merkuri pada ikan kakap (*Lutjanus sp.*) yaitu 0.44 mg/kg. Serta nilai rata-rata kandungan merkuri pada ikan selar (*Caranx leptolepis*) yaitu 0.20 mg/kg.

Hasil pengujian kandungan merkuri (Hg) pada sampel pengambilan ketiga lebih rendah jika dibandingkan pada pengambilan pertama dan kedua. Hal ini disebabkan karena lokasi pengambilan ketiga lebih jauh jaraknya dibandingkan pada lokasi pengambilan pertama dan kedua, sehingga kemungkinan terkontaminasi merkuri pada pengambilan ketiga lebih kecil.

Ikan yang ditangkap dari perairan Desa Mopuya Kabupaten Bone Bolango terdeteksi mengandung merkuri (Hg), karena adanya kontaminasi Hg pada air laut yang sangat tinggi, meski masih dibawah ambang batas SNI 01.2729.1-2006 yaitu maksimum 0,5 mg/kg. Adanya kandungan logam berat merkuri pada daging ikan memberikan indikasi adanya pencemaran perairan tempat habitat ikan

tersebut. Hal ini disebabkan karena bahan pencemar tersebut dapat masuk ke dalam tubuh ikan melalui makanan dan masing-masing ikan yang diuji mengandung merkuri yang berbeda-beda, yang diakibatkan oleh pola kebiasaan makan, dan cepat lambatnya penyerapan merkuri dalam tubuh ikan tersebut.

Berdasarkan hasil uji, ikan kakap memiliki kandungan merkuri yang hampir mendekati ambang batas SNI yaitu 0,44 mg/kg, hal ini diduga karena ikan demersal yaitu ikan yang hidup didasar perairan dimana sumber makannya berasal dari dasar perairan juga yang merupakan tempat mengendapkannya sumber pencemaran (logam). Hal ini sesuai dengan pernyataan Simbolon (2010), bahwa logam berat yang masuk ke perairan umumnya akan mengendap di dasar perairan karena merkuri memiliki densitas yang lebih besar dari air laut. Selanjutnya, merkuri tersebut akan terakumulasi pada sedimen dan detritus. 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 dan kakap merah. Menurut Desta *et., al.* (2007), sedimen dan detritus biasanya mengandung kepekaan yang tinggi terhadap logam berat didalam lingkungan yang tercemar, sehingga ikan pemakan sedimen dan detritus cenderung untuk mengakumulasi logam dalam kepekatan yang lebih tinggi.

Ikan kakap merupakan ikan demersal yang sifatnya tidak bermigrasi jauh dibanding ikan pelagis. Simbolon (2011) menyatakan bahwa ikan demersal akan mendiami perairan dasar untuk jangka waktu yang lama bila kondisi ekosistemnya baik sedangkan bila sebaliknya dan makanan terbatas, akan melakukan migrasi pada wilayah perairan yang terbatas. Daya absorpsi kulit ikan pelagis lebih rendah daripada kulit ikan demersal karena tersusun oleh jaringan yang tipis dan lebih elastis untuk memudahkan pergerakan dan penyesuaian diri dengan arus permukaan yang fluktuatif. Menurut Eujaya (2004) *dalam* Batara (2008), secara fisiologis ikan demersal lebih banyak minum air laut, yang akan menyebabkan tekanan osmosis air laut lebih tinggi dari pada cairan tubuh. Tekanan osmosis air laut lebih tinggi dari pada cairan tubuh, sehingga secara alami air

akan mengalir dari dalam tubuh ikan demersal ke lingkungan secara osmosis melawati ginjal, insang dan kulit. Sebaliknya, garam-garam akan masuk ke dalam tubuh melalui proses difusi dan untuk mempertahankan konsentrasi garam dan air dalam tubuh, ikan demersal memperbanyak minum air laut. Hal tersebut yang menyebabkan air laut yang tercemar merkuri mudah terakumulasi dalam tubuh ikan demersal.

Lodeni dan Malm (1998) *dalam* Simangel *et., al.* (2012) telah melakukan pengkajian terhadap dampak penambangan emas terhadap ikan-ikan yang berada di sungai. Hasilnya menunjukkan bahwa kadar logam berat tertinggi ditemukan pada ikan karnivora dan kemudian menyusul pada ikan pemakan plankton dan omnivor dan kadar terendah ditemukan pada ikan herbivor. Hal tersebut menunjukkan bahwa ikan demersal yang tergolong karnivora seperti ikan kakap dan pemakan plankton seperti ekor kuning dan kerapu sangat berpotensi untuk terkena dampak cemaran merkuri.

Kandungan merkuri (Hg) pada ikan ekor kuning, ikan kakap dan ikan selar yang ada di perairan Desa Mopuya Kabupaten Bone Bolango, sudah tercemar dan terakumulasi oleh merkuri (Hg) namun masih di bawah standar SNI. Menurut Ratmini (2005), walaupun kadarnya tidak melebihi standar yang ditetapkan, tetapi apabila dikonsumsi terus menerus dalam waktu yang lama maka logam berat merkuri (Hg) akan terakumulasi dalam tubuh karena merkuri tersebut bersifat bioakumulatif. Oleh sebab itu, potensi keracunan tetap harus diwaspadai apabila mengonsumsi ikan yang diduga mengandung merkuri walaupun kandungannya masih di bawah ambang batas.

Menurut Widowati *et., al.* (2008), bentuk senyawa Hg menentukan tingkat toksisitas misalnya $HgCl_2$ dosis 29 mg/kg berat badan, HgI_2 dosis 357 mg/kg berat badan, $Hg(CN)_2$ sebesar 10 mg/kg berat badan, yang bisa menyebabkan kematian. Untuk menurunkan kandungan Hg pada ikan dapat dilakukan metode pemasakan yaitu perebusan (Sulistiyorini dan Hikmawati, 2006).

Mekanisme toksisitas Hg dalam tubuh manusia dapat melalui makanan, pernapasan dan permukaan kulit. Menurut Palar (2008) pada saat terpapar Hg melalui pernapasan, Hg akan

terserap oleh alveoli paru-paru dan jalur-jalur pernapasan untuk kemudian ditrasfer ke dalam darah. Dalam darah akan mengalami proses oksidasi, yang dilakukan oleh enzim hidrokarbon peroksida katalase sehingga berubah menjadi Hg^{2+} . Ion merkuri ini selanjutnya dibawa ke seluruh tubuh bersama dengan peredaran darah. Efek toksisitas Hg pada manusia dapat menyebabkan neurologis berupa rasa sakit pada bibir dan lidah, halusinasi, gangguan tidur, hilang ingatan, kemunduran cara berpikir, pendengaran rusak, emosi labil bahkan sampai pada kematian.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa ikan yang terdapat di perairan Desa Mopuya Kabupaten Bone Bolango, telah tercemar oleh merkuri (Hg) yaitu ikan ekor kuning sebesar 0,33 mg/kg, ikan kakap sebesar 0,44 mg/kg dan ikan selar sebesar 0,20 mg/kg. Namun cemaran merkuri (Hg) tersebut berdasarkan SNI

01-2729.1-2006 masih di bawah ambang batas yaitu 0,5 mg/kg. Sedangkan air laut tempat sampel (ikan) diperoleh positif tercemar merkuri (Hg) yaitu berkisar 0,62-0,72 mg/kg. Berdasarkan peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup (2004) kadar merkuri air laut untuk biota perairan hanya dibatasi 0,0001 mg/L.

Berdasarkan hasil penelitian penulis menyarankan perlu adanya pembuatan bak penampungan limbah dilokasi penambangan emas agar tidak langsung ke daerah aliran sungai dan juga perlu penelitian lebih lanjut untuk mengurangi kadar merkuri yang terkandung dalam tubuh ikan.

Daftar Pustaka

- Anis, N. Dan Lilis S.2006. Perbandingan Penurunan Kadar Pb pada Kupang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* 2(2):143 – 152.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan, 2004. Merkuri dan Bahayanya Bagi Kesehatan. *InfoPOM edisi Juli 2004 V(4):1-4*
- Badan Standarisasi Nasional, 2006. Cara Uji Kimia-Bagian 6: Penentuan kadar logam berat merkuri (Hg) pada produk perikanan. SNI No.01-2354.6-2006. Jakarta.
- _____. 2009. Batas maksimum logam berat pada makanan. SNI No. 7387-2009. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. 2006. SNI 01-2[p0=729.2-2006 tentang Ikan Segar Bagian 2: Persyaratan Mutu Bahan Baku. BSN. Jakarta.
- Batara, R. J. 2008. *Deskripsi Morfologi Cacing Nematoda Pada Saluran Pencernaan Ikan Gurami (Osphronemus gouramy) dan Ikan Kakap Merah (Lutjanus spp)*. Laporan Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Damanhuri, E., 2008. *Teknik Pembuangan Akhir*. Jurusan Teknik Lingkungan ITB.Bandung.
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Air*. Jakarta: UI Press
- Desta, Z., R. Borgstrom, B.O. Rosseland, & E. Dadebo. 2007. Lower than expected mercury concentration in piscivorous African sharptooth catfish *Clarias gariepinus* (Burchell). *Science of Total Environment* J.
- Kinghorn, A., P. Solomon, & H.M. Chan. 2007. Temporal and spatial trends of mercury in fish collected in the English-Wabigoon river system in Ontario, Canada. *Science of Total Environment* J. 372: 615-623.

- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. Batas Mutu Baku Air Laut Untuk Biota Laut. Jakarta.
- Palar, Heryando. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Polii dan Sonya D. 2002. Kandungan Merkuri dan Sianida di Daerah Aliran Sungai (DAS) Buyat Minahasa. *Ekoton* vol. 2(1):31-37.
- Ratmini, N.A., 2009. Kandungan logam berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg) dan Cadmium (Cd) pada daging ikan Sapu-Sapu (*Hyposarcus pardalis*) di Sungai Ciliwung Stasiun Srengseng Condet dan Manggarai. Universitas Nasional. Jakarta
- Riani, E. 2010. Kontaminasi Merkuri (Hg) dalam Organ Tubuh Ikan Petek (*Leiognathusequulus*) di Perairan Ancol Teluk Jakarta. *Jurnal Teknologi Lingkungan XI(2):312-322*
- Simange SM. 2010. Analisis Kandungan Merkuri (Hg) dan Siandia (CN) Pada Beberapa jenis Ikan Hasil Tangkapan Nelayan di Teluk Hao Halmahera Utara. [Tesis]. Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perairan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Simange S M, Simbolon D dan Jusadi D. 2010. Analisis Kandungan Merkuri (Hg) dan Sianida (CN) Pada Beberapa Jenis Ikan Hasil Tangkapan Nelayan di Teluk Hao, Halmahera Utara. Kumpulan Hasil Penelitian Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perairan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Simbolon, D. Silvanus, M. S. dan Sri, Y. W. 2010. Kandungan Merkuri dan Sianida pada Ikan yang Tertangkap dari Teluk Kao, Halmahera Utara. *Jurnal Ilmu Kelautan*. FPIK IPB, Bogor.
- Simbolon, D. 2011. Bioekologi dan Dinamika Daerah Penangkapan Ikan. Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan. *Jurnal Ilmu Kelautan*. FPIK IPB, Bogor.
- Sulistiyorini, L. dan Hikmawati, A. 2006. Perubahan Kadar Merkuri (Hg) pada Ikan Tongkol (*Euthnnus* sp) dengan Perlakuan Perendaman Larutan Jeruk Nipis dan Pemasakan. *Jurnal kesehatan lingkungan*, Vol 3. No 1: 67-76.
- Widowati, W. Sastiono, A. dan J, Raymond. 2008. Efek Toksik Logam. Penerbit Andi. Yogyakarta.