

**PENGARUH KADAR MERKURI TERHADAP AIR PERMUKAAN DAN
AKUMULASI PADA IKAN BAUNG (*Mystus nemurus*)
DI SUNGAI TEBAUNG KAPUAS HULU**



Ulli Kadaria¹, Dian Rahayu Jati¹, Ponti Astika¹
¹*Universitas Tanjungpura, Pontianak*

Email korespondensi : ulli.kadaria@gmail.com

Abstrak

Keberadaan merkuri di perairan yang melebihi baku mutu mengakibatkan kualitas air menjadi buruk dan mencemari lingkungan yang ada didalamnya dengan adanya bioakumulasi melalui rantai makanan maupun kontak langsung. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kadar merkuri di perairan terhadap biota yang hidup didalamnya, yaitu ikan baung. Pengambilan sampel kualitas air permukaan dan ikan baung dilakukan sebanyak 2 kali pengulangan di 3 titik yaitu di hulu, tengah, dan hilir sungai. Pengujian kadar merkuri di perairan menggunakan AAS. Hasil penelitian rata – rata kadar merkuri pada air permukaan di hulu sungai sebesar 0,0034 mg/l, di bagian tengah sungai sebesar 0,00405 mg/l, dan di hilir sungai sebesar 0,006 mg/l. Ketiga hasil uji tersebut menunjukkan bahwa kadar merkuri pada air permukaan melebihi baku mutu yang disyaratkan yaitu 0,002 mg/l, dan dari ketiga bagian sungai diketahui bahwa kadar merkuri terbesar di hilir sungai. Kadar merkuri pada daging ikan baung di hulu dan tengah sungai adalah <0,004 mg/kg dan di hilir sungai 0,0049 mg/kg, kadar merkuri tersebut masih berada di bawah ambang batas yaitu 0,5 mg/kg. Hasil pengujian kedua sampel menunjukkan tren yang sama di hulu, tengah, dan hilir sungai sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh antara kualitas air permukaan dengan akumulasi merkuri pada daging ikan baung.

Kata kunci: air permukaan, ikan baung, merkuri

PENDAHULUAN

Logam merkuri secara alamiah terdapat di alam bahkan di perairan, namun kadarnya masih dapat ditoleransi oleh organisme yang hidup di dalamnya. Kadar merkuri dalam suatu perairan akan meningkat apabila limbah yang mengandung merkuri masuk ke perairan dan berlangsung cukup lama, dan dapat membahayakan perairan itu sendiri (Tilaar, 2014). Sebagian besar merkuri yang terdapat di alam merupakan hasil sisa industri yang jumlahnya mencapai ± 10.000 ton setiap tahun. Penggunaan merkuri sangat luas, terdapat ± 3.000 jenis kegunaan dalam industri salah satunya adalah untuk pertambangan (Hadi, 2013).

Karakteristik kandungan emas di Kalimantan Barat yang letaknya tersebar, memiliki intensitas yang rendah dan merupakan emas permukaan, memberikan peluang kepada masyarakat untuk melakukan penambangan liar. Aktivitas ini memberikan dampak terhadap badan sungai, seperti meningkatnya sedimentasi, rusaknya badan sungai dan masuknya merkuri ke badan sungai. Proses pengolahan emas masih secara tradisional,

yaitu dengan proses amalgamasi menggunakan merkuri (Usman, 2003).

Merkuri digunakan secara luas untuk mengekstrak emas dari bijihnya. Ketika merkuri dicampur dengan bijih tersebut, merkuri akan membentuk amalgam dengan emas atau perak. Untuk mendapatkan emas dan perak, amalgam harus dibakar untuk menguapkan merkurnya. Para penambang emas tradisional menggunakan merkuri untuk menangkap dan memisahkan butir – butir emas dari butir – butir batuan. Endapan Hg ini disaring menggunakan kain untuk mengendapkan sisa emas. Endapan yang tersaring diremas – remas dengan tangan. Air sisa penambangan yang mengandung merkuri dibiarkan mengalir begitu saja ke sungai (Hadi, 2013).

Penambangan emas menggunakan unsur merkuri yang sukar larut dalam air, kelarutannya hanya 0,06 g per ton unsur merkuri namun kelarutannya dapat meningkat jika di dasar laut yang gelap dan banyak oksigen terlarut. Unsur merkuri 13,5 kali lebih berat dari air sehingga selalu mengendap (Adlim, 2016). Merkuri adalah satu-satunya logam yang berwujud cair pada suhu

ruang. Merkuri yang terpapar ke alam bereaksi dengan metana yang berasal dari dekomposisi senyawa organik membentuk metal merkuri yang bersifat toksis (Edward, 2008).

Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik, mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan dalam air (Dai, 2013). Laju suspensi sedimen lewat sungai – sungai menyebabkan tingkat sedimentasi dan kekeruhannya sangat tinggi. Laju sedimentasi menyebabkan kerusakan berbagai habitat seperti, terumbu karang dan mangrove yang berdampak pada menurunnya keanekaragaman dan kekayaan sumberdaya hayati atau biota yang hidup disekitar kawasan tersebut termasuk ikan (Simange dkk., 2010). Adanya kemampuan mengakumulasi merkuri di dalam tubuh biota laut dapat membahayakan kehidupan biota yang bersangkutan maupun biota lainnya misalnya melalui rantai makanan atau *food chain* (Budiono, 2003).

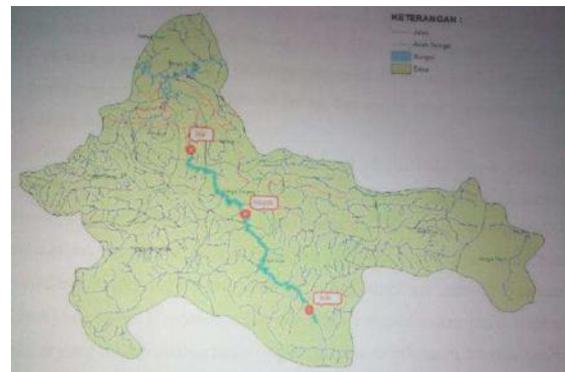
Biomarker saat ini digunakan dalam pemantauan lingkungan yang berkaitan dengan bioakumulasi sebagai sinyal awal. Suatu biomarker sebagai respon biologi yang dapat dihubungkan dengan pajanan atau efek kimiawi toksik terhadap lingkungan (Suseno dan Panggabean, 2007). Ikan merupakan biota air yang dapat dijadikan sebagai indikator tingkat pencemaran yang terjadi di dalam perairan (Setiawan dkk., 2013). Jika di dalam tubuh ikan telah terkandung kadar logam berat yang tinggi dan melebihi batas normal yang telah ditentukan, maka dapat dijadikan sebagai indikator terjadinya suatu pencemaran dalam lingkungan (Suyanto dkk., 2010).

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan penelitian terkait pengaruh kadar merkuri di Sungai Tebaung Kapuas Hulu, dan dampaknya terhadap ikan baung sebagai satu kesatuan ekosistem yang berada didalamnya. Pemilihan lokasi Sungai Tebaung dikarenakan di sekitar lokasi studi terdapat aktivitas PETI, dan untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi merkuri yang terakumulasi dalam daging ikan baung sebagai salah satu sumber protein hewani yang dikonsumsi masyarakat sekitar.

METODOLOGI

Penelitian yang dilakukan berupa penelitian deskriptif, yaitu menjelaskan, menerangkan, dan memaparkan suatu masalah dengan menggunakan data yang diperoleh dari lapangan.

Pengambilan sampel dilakukan terhadap air permukaan dan ikan baung (*Mystus nemurus*). Pemilihan ikan baung sebagai sampel dikarenakan ikan baung banyak ditemukan di Sungai Tebaung dan dikonsumsi oleh masyarakat sekitar. Selain itu berdasarkan penelitian Eddy dkk., (2012) akumulasi merkuri pada ikan baung lebih tinggi dibandingkan 28 jenis ikan lainnya karena ikan baung merupakan predator (pemangsa ikan lain).



Gambar 1: Titik pengambilan sampel

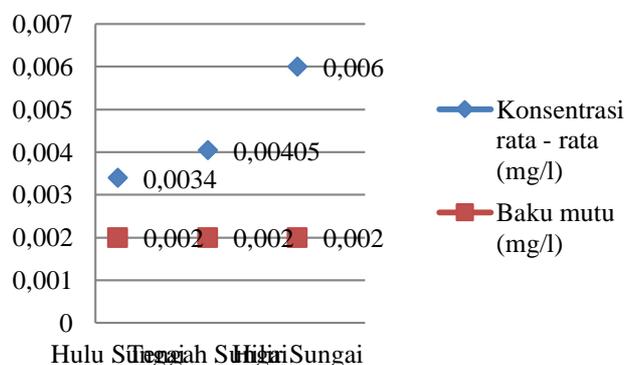
Titik sampel berada di bagian hulu, tengah, dan hilir Sungai Tebaung. Pada masing – masing titik sampel terdapat aktivitas PETI, yaitu di bagian hulu sebanyak 15 tambang emas, di bagian tengah sebanyak 17 tambang emas, dan di bagian hilir sungai sebanyak 21 tambang emas. Pengambilan sampel air permukaan menggunakan botol sampel, tali dan batu pemberat, serta $KMnO_4$ untuk pengawetan sampel. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode grab sampel sebanyak dua kali pengulangan. Teknik pengambilan sampel mengacu pada SNI 6989.57 tahun 2008 tentang teknik pengambilan contoh air permukaan. Sedangkan pengambilan sampel ikan bagian yang diuji adalah dagingnya. Daging tersebut diawetkan dan disimpan pada suhu *chilling* dalam peti berinsulasi.

Analisis sampel mengacu pada SNI 06-2462-1991 tentang metode pengujian kadar merkuri dalam air dengan menggunakan metode *Atomic Absorption Spektrofotometri* (AAS). Standar baku mutu yang digunakan untuk parameter Hg pada air permukaan adalah PP No.82 Tahun 2001

tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air dengan nilai ambang batas untuk merkuri sebesar 0,002 mg/l, sedangkan baku mutu Hg pada ikan berdasarkan SNI 7387 tahun 2009 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan yaitu sebesar 0,5 mg/kg.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Meningkatnya aktivitas industri dan eksplorasi biji emas di Kalimantan Barat mengakibatkan timbulnya pencemaran logam berat terutama merkuri di sungai. Gambar 2 merupakan hasil uji rata – rata kadar merkuri pada air permukaan di Sungai Tebaung Kabupaten Kapuas Hulu yang diambil di bagian hulu, tengah, dan hilir sungai. Hasil uji tersebut kemudian dibandingkan dengan baku mutu merkuri di perairan yaitu 0,002 mg/l.



Gambar 2: Grafik Perbandingan Konsentrasi Merkuri di Sungai Tebaung dengan Baku Mutu

Berdasarkan Gambar 2 diatas, diketahui konsentrasi merkuri di hulu sungai sebesar 0,0034 mg/l, di tengah sungai 0,00405 mg/l, dan di hilir sungai 0,006 mg/l. Hal tersebut menunjukkan terjadinya peningkatan konsentrasi merkuri dari hulu ke tengah, dan ke hilir sungai. Adanya perbedaan jumlah aktivitas PETI di bagian sungai tersebut dan pergerakan merkuri di bagian hulu dan tengah yang dapat terbawa oleh aliran sungai sehingga beban merkuri di bagian hilir sungai meningkat. Selain itu, adanya proses adveksi – difusi juga mempengaruhi konsentrasi merkuri di hilir. Menurut Chapra (1997), proses adveksi – difusi merupakan gerakan angkutan materi di badan air atau proses transportasi massa dimana polutan merkuri bergerak dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah, atau dari hulu menuju ke hilir.

Hasil analisis juga ditunjang oleh beberapa penelitian terkait konsentrasi merkuri di Kalimantan Barat yang menunjukkan terjadinya peningkatan kadar merkuri dari hulu ke hilir sungai. Berdasarkan penelitian Usman (2000), kandungan merkuri di Sungai Sekadau mencapai 0,0002 mg/l dan kandungan merkuri di Kabupaten Sintang mencapai 0,0004 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa pencemaran di hulu akan berdampak ke hilir sungai. Kadar merkuri di Sungai Kapuas berkisar antara 0,083 – 0,108 mg/l dan besarnya konsentrasi merkuri pada ikan berkisar antara 0,0015 – 0,0563 mg/kg (Famurianty, 2005). Menurut penelitian Subanri (2008), kadar merkuri di Sungai Menyuke Kabupaten Landak berkisar antara 0,00023 – 0,00126 mg/l. Triyani (2009) juga melakukan pengujian terhadap kandungan merkuri di Sungai Sepauk dan di daging ikan patik, didapatkan kadar merkuri di sampel air 0,0002 mg/l, kadar merkuri di lumpur 0,24 mg/l di hilir, kadar merkuri di ikan patik di hulu 0,16 mg/kg, tengah 0,15 mg/kg, dan hilir 0,20 mg/kg. Penelitian serupa juga dilakukan Triana (2012), berdasarkan analisis cemaran merkuri pada air dan udang di Sungai Mandor Kabupaten Landak dilakukan pengukuran merkuri pada air permukaan dari hulu hingga ke hilir sungai Mandor dengan pengambilan 5 titik sampel dan konsentrasi merkuri semakin meningkat dari hulu hingga hilir sungai.

Berdasarkan hasil pengujian pada ketiga titik sampel air di Sungai Tebaung diketahui bahwa konsentrasi merkuri melebihi baku mutu yang disyaratkan yaitu 0,002 mg/l. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi pencemaran merkuri di Sungai Tebaung, yang berpengaruh pada komponen ekosistem yang berada di sekitar sungai tersebut.

Menurut Palar (2004), terdapat empat faktor yang mempengaruhi toksisitas logam berat di perairan yaitu: bentuk logam dalam perairan apakah berbentuk senyawa organik atau anorganik, keberadaan logam-logam lain apakah logam tersebut sinergisitas atau tidak, fisiologis organisme yang memiliki kemampuan berbeda dalam mentolerir keberadaan logam berat, dan kondisi biota dengan fase – fase kehidupan yang dilalui oleh biota.

Merkuri yang terdapat dalam limbah atau *waste* di perairan umumnya diubah oleh aktifitas mikroorganisme menjadi komponen methyl

merkuri ($\text{CH}_3\text{-Hg}$) yang memiliki sifat racun dan daya ikat yang kuat disamping kelarutannya yang tinggi terutama dalam tubuh hewan air. Hal tersebut mengakibatkan merkuri terakumulasi melalui proses *bioakumulasi* dan *biomagnifikasi* dalam jaringan tubuh hewan-hewan air, sehingga kadar merkuri dapat mencapai level yang berbahaya baik bagi kehidupan hewan air maupun kesehatan manusia, yang mengkonsumsi hasil tangkapan hewan – hewan air tersebut (Suyanto dkk., 2010).

Proses transformasi ion metil merkuri dalam sistem rantai makanan mengalami pelipatgandaan (Palar, 2004). Metil merkuri beracun 50 kali lebih kuat daripada merkuri anorganik. Ikan adalah organisme yang menyerap jumlah besar metil merkuri dari permukaan air dan plankton, akibatnya metil merkuri menumpuk dalam tubuh ikan dan menumpuk di dalam rantai makanan yang melibatkan ikan sebagai bagian di dalamnya (Hadi, 2013).

Ikan tidak hanya mengakumulasi metilmerkuri dari air, tetapi juga mampu mengkonversikan merkuri anorganik menjadi metilmerkuri melalui biometilasi dalam tubuhnya. Ikan yang berada pada tingkatan tertinggi jejaring makanan mempunyai kemampuan yang sangat tinggi dalam mengakumulasi merkuri (Suseno dan Panggabean, 2007).

Keberadaan logam berat yang masih dalam kategori rendah dalam suatu perairan tidak selalu mengindikasikan bahwa kandungan logam berat dalam tubuh ikan juga rendah (Simange dkk., 2010). Menurut Supriharyono (2007), kadar logam berat dalam tubuh ikan dan tumbuhan di perairan dapat mencapai 100.000 kali lebih tinggi dibandingkan dengan kadar logam berat di dalam perairan itu sendiri. Penelitian Diniyah (1995) juga membuktikan kadar merkuri di perairan Teluk Jakarta sebesar 0,00216 ppm, namun dalam daging ikan kadar merkuri mencapai 0,80448 ppm. Hal ini disebabkan bahan kimia di perairan akan diabsorpsi organisme melalui proses biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi, sehingga konsentrasi bahan kimia akan meningkat dalam tubuh organisme dibandingkan dengan perairan itu sendiri (Connell dan Miller, 1984; Rand dan Petrocelli, 1985).

Pengujian terhadap ikan dilakukan pada bagian daging ikan baung untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi merkuri yang terakumulasi

didalamnya. Berikut ini merupakan hasil uji kadar merkuri pada daging ikan baung di Sungai Tebaung Kabupaten Kapuas Hulu.

Tabel 1: Konsentrasi Merkuri pada Daging Ikan

NO	TITIK SAMPEL	HASIL UJI (mg/kg)
1	Hulu Sungai	< 0,004
2	Tengah Sungai	< 0,004
3	Hilir Sungai	0,0049

Konsentrasi merkuri pada daging ikan yang berada di hulu dan tengah sungai memiliki konsentrasi yang sama yaitu < 0,004 mg/kg, sedangkan di bagian hilir sungai konsentrasi merkuri pada daging ikan sebesar 0,0049 mg/kg. Hasil pengujian menunjukkan konsentrasi merkuri pada daging ikan masih berada di bawah baku mutu, yaitu 0,5 mg/kg.

Merkuri dapat masuk ke dalam tubuh organisme perairan melalui tiga cara, yaitu: melalui rantai makanan, difusi permukaan kulit, dan melalui insang. Dari ketiga cara tersebut yang paling besar kemungkinan masuknya merkuri ke dalam tubuh adalah melalui rantai makanan, karena hampir 90% bahan beracun atau logam berat masuk ke dalam tubuh. Pada proses ini, fitoplankton memegang peranan penting karena fitoplankton menyerap merkuri organik pada saat berlangsungnya fotosintesis. Merkuri merupakan zat lipofilik yang dapat dengan mudah berdifusi melewati membrane kulit dan masuk ke dalam jaringan tubuh (Akhadi, 2014).

Berdasarkan penelitian Narasiang dkk., (2015), dari delapan belas ikan sampel, tujuh diantaranya tidak terdeteksi kandungan merkuri. Hal ini disebabkan perbedaan kemampuan serapan biota terhadap logam, dan sangat tergantung pada ukuran dan sifat makan organisme. Menurut Soemirat (2003) taraf toksisitas logam berat sangat beragam bagi berbagai organisme, tergantung berbagai aspek antara lain spesies, cara toksikan memasuki tubuh, frekuensi dan lamanya paparan, konsentrasi toksikan, bentuk dan sifat fisika/kimia toksikan serta kerentanan berbagai spesies terhadap toksikan. Akumulasi merkuri di dalam tubuh biota perairan dapat terjadi melalui rantai makanan, dimana akumulasi tertinggi akan didapat pada konsumen teratas. Sedangkan menurut Suseno dan Panggabean (2007), bioakumulasi merkuri dan metil merkuri dalam organisme merupakan hasil

dari interaksi antara faktor – faktor psikologi (pertumbuhan, kehilangan berat, absorpsi, dan akumulasi), faktor – faktor kimia (konsentrasi, spesiasi, dan bioavailability), dan faktor – faktor lingkungan (suhu dan konsentrasi dalam pakan).

Derajat toksisitas juga berhubungan dengan *respiratory flow* dari masing – masing organisme, semakin tinggi *respiratory flow* maka meningkat pula toksisitas logam tersebut. Demikian pula secara tidak langsung kadar oksigen terlarut yang rendah mengharuskan ikan lebih banyak memompa air melalui insangnya, sehingga *respiratory flow* meningkat dan lebih banyak racun yang masuk ke dalam tubuh melalui insang. Merkuri dapat menggumpalkan lendir pada permukaan insang dan merusak jaringan insang sehingga ikan akan mati (Diliyana, 2008).

Kadar merkuri yang terakumulasi dalam tubuh ikan dapat dipengaruhi oleh kesadahan air, dimana makin tinggi kesadahan air makin banyak ion merkuri yang terendapkan sehingga semakin sedikit yang mencemari ikan (Adlim, 2016). Suhu perairan juga mempengaruhi keberadaan dan sifat logam berat. Peningkatan suhu perairan cenderung menaikkan akumulasi dan toksisitas logam berat, hal ini terjadi karena meningkatnya laju metabolisme dari organisme air (Fauziah dkk., 2012).

Merkuri yang diakumulasi dalam tubuh hewan air akan merusak atau menstimuli sistem enzimatis, yang berakibat dapat menimbulkan penurunan kemampuan adaptasi bagi hewan yang bersangkutan terhadap lingkungan yang tercemar tersebut. Pada ikan, organ yang paling banyak mengakumulasi merkuri adalah ginjal, hati dan lensa mata (Sanusi, 1980). Toksisitas logam-logam berat seperti merkuri melukai insang dan struktur jaringan luar lainnya, dapat menimbulkan kematian terhadap ikan yang disebabkan oleh proses *anoxemia*, yaitu terhambatnya fungsi pernapasan yakni sirkulasi dan ekskresi dari insang (Budiono, 2003).

Menurut Suyanto dkk., (2010), terdapat empat pengaruh toksisitas logam terhadap ikan yaitu : akumulasi pada insang mengakibatkan ikan mati lemas karena proses pertukaran ion – ion dan gas – gas menjadi terganggu, toksisitas logam pada saluran pencernaan terjadi melalui pakan yang terkontaminasi oleh logam berat, ginjal pada ikan sering mengalami kerusakan oleh daya toksik

logam, dan ketiga pengaruh tersebut menghasilkan akumulasi logam dalam jaringan setelah absorpsi logam dari air atau melalui pakan yang terkontaminasi.

Hasil pengujian terhadap air permukaan dan daging ikan baung di Sungai Tebaung Kabupaten Kapuas Hulu menunjukkan kesamaan dalam hal peningkatan konsentrasi merkuri dari hulu, tengah, dan hilir sungai. Diketahui bahwa konsentrasi tertinggi kedua sampel berada di bagian hilir sungai. Hal tersebut menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi merkuri di air permukaan dengan bioakumulasi dalam tubuh ikan. Penelitian ini juga sejalan dengan penelitian terdahulu. Berdasarkan penelitian Setiawan dkk. (2013) yang dilakukan di perairan Sungai Musi Kota Palembang diketahui bahwa kandungan merkuri total pada ikan baung sebesar 17,813 ppb, ikan juaro 16,750 ppb, ikan lais 16,375 ppb, dan ikan patin 16,625 ppb. Sedangkan pada air permukaan, kandungan merkuri di wilayah hilir 21,750 ppb, tengah 19,250 ppb, dan hulu 17,250 ppb. Tingginya kandungan Hg di wilayah hilir disebabkan air dari wilayah hulu mengalir menuju ke hilir, sehingga bahan pencemar terakumulasi wilayah hilir. Selain itu dimungkinkan kandungan merkuri di wilayah hilir dipengaruhi oleh kandungan merkuri yang ada di laut, sehingga pada saat pasang kandungan merkuri yang terlarut dalam air laut masuk kedalam wilayah hilir sungai, sehingga ikut meningkatkan banyaknya merkuri yang ada di wilayah hilir.

KESIMPULAN

Hasil penelitian rata – rata kualitas air permukaan di bagian hulu, tengah, dan hilir sungai masih melebihi baku mutu yang disyaratkan yaitu 0,002 mg/l, sedangkan konsentrasi merkuri pada daging ikan baung pada bagian hulu, tengah, dan hilir sungai masih berada di bawah ambang batas yaitu 0,5 mg/kg. Hasil pengujian terhadap air permukaan dan ikan baung menunjukkan tren yang sama, yaitu mengalami peningkatan dari bagian hulu, tengah, hingga ke hilir sungai. Dan dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh antara kualitas air permukaan dengan akumulasi merkuri pada daging ikan baung.

DAFTAR PUSTAKA

- Adlim, M. (2016). Pencemaran Merkuri di Perairan dan Karakteritiknya: Suatu Kajian Kepustakaan Ringkas. *Depik*. 5 (1) : 33 – 40
- Akhadi, M. (2014). *Isu Lingkungan Hidup*. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Budiono, A. (2003). *Pengaruh Pencemaran Merkuri terhadap Biota Air*. Pengantar Falsafah Sains IPB. Bogor
- Chapra (1997). *Surface Water Quality Modeling*. Mc. Graw Hill Companies, Inc. New York
- Connell D.W., Miller G.J. (1984). *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution*. John Wiley & Sons. New York
- Dai, R. (2013). *Uji Kadar Merkuri pada Beberapa Jenis Ikan di Perairan Laut Sulawesi*. Skripsi Jurusan Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Kesehatan dan Keolahragaan. Universitas Negeri Gorontalo
- Diliyana, Y.F. (2008). *Studi Kandungan Merkuri (Hg) pada Ikan Bandeng (Chanos chanos) di Tambak Sekitar Perairan Rejoso Kabupaten Pasuruan*. Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Malang
- Diniah. (1995). *Korelasi antara Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb pada Beberapa Ikan Konsumsi dengan Tingkat Pencemaran di Perairan Teluk Jakarta*. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Eddy, S., Setiawan, A., Emilia, I. dan Suheryanto. (2012). *Bioakumulasi Merkuri pada Berbagai Ekokompartmen Sungai Musi Palembang*. Laporan Hasil Penelitian Hibah Pekerti Universitas PGRI Palembang – Universitas Sriwijaya Inderalaya
- Edward. (2008). Pengamatan Kadar Merkuri di Perairan Teluk Kao (Halmahera) dan Perairan Anggai (Pulau Obi) Maluku Utara. *Makara Sains*. 12 (2) : 97 – 101
- Famurianty, E. (2005). *Konsentrasi Merkuri pada Beberapa Biota Air di Perairan Sungai Kapuas Kalimantan Barat*. Skripsi Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata Fakultas Kehutanan IPB. Bogor
- Fauziah, A.R., Rahardja, B.S., dan Cahyoko, Y. (2012). Korelasi Ukuran Kerang Darah (*Anadara granosa*) dengan Konsentrasi Logam Berat Merkuri (Hg) di Muara Sungai Ketingan, Sidoarjo, Jawa Timur. *Journal of Marine and Coastal Science*, 1 (1): 34 – 44
- Hadi, M.C. (2013). Bahaya Merkuri di Lingkungan Kita. *Jurnal Skala Husada*. 10 (2): 175 – 183
- Harpasis, S. (1980). *Sifat-sifat Logam Berat Merkuri di Lingkungan Perairan Tropis*. Pusat Studi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan, Fakultas Perikanan IPB. Bogor
- Narasiang, A.A., Lasut, M.T., Kawung, N.J. (2015). Akumulasi Merkuri (Hg) pada Ikan di Teluk Manado. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 1 (1) : 8 – 14
- Palar, H. (2004). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta
- Rand G.M., Petrocelli S.R. (1985). *Fundamentals of Aquatic Toxicology*. Kemisphere Publishing Corporation. New York
- Setiawan, A., Emilia, I., dan Suheryanto. (2013). *Kandungan Merkuri Total pada Berbagai Jenis Ikan Cat Fish di Perairan Sungai Musi Kota Palembang*. Seminar Nasional Sains & Teknologi V Lembaga Penelitian Universitas Lampung
- 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 Kao, Halmahera Utara*. Penelitian Pascasarjana IPB. Bogor
- Soemirat. (2003). *Toksikologi Lingkungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Subanri. (2008). *Kajian Beban Pencemaran Merkuri (Hg) terhadap Air Sungai Menyuke*

- dan Gangguan Kesehatan pada Penambang sebagai Akibat Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) di Kecamatan Menyuke Kabupaten Landak Kalimantan Barat.* Tesis Program Pasca Sarjana Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang
- Supriharyono. (2007). *Konservasi Ekosistem Sumberdaya Hayati di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis.* Pustaka Pelajar. Yogyakarta
- Suseno, H., Panggabean, S.M. (2007). Merkuri: Spesiasi dan Bioakumulasi pada Biota Laut. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah.* 10 (1): 66 – 78
- Suyanto, A., Kusmiyati, S., Retnaningsih. (2010). Residu Logam Berat Ikan dari Perairan Tercemar di Pantai Utara Jawa Tengah. *Jurnal Pangan dan Gizi.* 1 (2): 33 – 38
- Tilaar, S. (2014). Analisis Pencemara Logam Berat di Muara Sungai Tondano dan Muara Sungai Sario Manado Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax.* 02 (1): 32 – 39
- Triana. (2012). Analisis Cemaran Logam Berat Merkuri pada Air dan Udang di Sungai Kecamatan Mandor Kabupaten Landak. *Jurnal Kesehatan*
- Triyani, A. (2009). *Kandungan Merkuri pada Air dan Akumulasinya pada Daging Ikan Patik (Mystus micracanthus Bleeker) di Sungai Sepauk Kalimantan Barat.* Universitas Atma Jaya Yogyakarta Fakultas Teknobiologi. Yogyakarta
- Usman, T. (2000). *Penentuan Kadar Merkuri di Sepanjang Sungai Kapuas Kalimantan Barat.* Departemen Pendidikan Nasional Pengelola FMIPA Universitas Tanjungpura. Pontianak
- Usman, T. (2003). *Laporan Analisis Hasil Penentuan Kadar Merkuri pada Rambut dan Kuku Penduduk di Sekitar Wilayah Pertambangan Emas Pengguna Air PDAM Kota Pontianak Kalimantan Barat.* Departemen Pendidikan Nasional Pengelola FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak