



BIOAKUMULASI KADMIUM PADA IKAN BANDENG DI TAMBAK DUKUH TAPAK SEMARANG

NKT Martuti ✉ HA Sanjivanie, S Ngabekti

Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Agustus 2016
Disetujui September 2016
Dipublikasikan Oktober 2016

Keywords:

Cadmium, District Tapak,
Milk Fish

Abstrak

Dukuh Tapak merupakan muara dari Sungai Tapak yang sebagian besar wilayahnya berupa pertambakan ikan bandeng. Berkembangnya industri di daerah aliran sungai (DAS) Tapak, mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas perairan Tapak akibat adanya pencemaran limbah yang mengandung logam berat. Penurunan kualitas perairan tersebut akan mempengaruhi kualitas ikan bandeng yang dipelihara pada tambak-tambak di Dukuh Tapak Semarang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan Cd dalam air dan ikan bandeng di tambak Dukuh Tapak Semarang. Penelitian bersifat observasional analitik menggunakan analisis komparatif. Analisis kadar Cd menggunakan AAS. Kandungan Cd pada air Sungai Tapak 0,004mg/l, nilai tersebut masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan PPRI No.82 Tahun 2001 yaitu sebesar 0,01mg/l. Rerata kandungan Cd pada air tambak Tapak 0,0045mg/l, melebihi ambang batas yang ditetapkan KepMen LH No.51 Tahun 2004 yaitu sebesar 0,001mg/l. Rerata kandungan Cd pada daging ikan bandeng di ketiga stasiun adalah 0,01mg/l, masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan SNI 7287:2009 yakni sebesar 0,1 mg/kg. Simpulan dari penelitian ini adalah kandungan Cd pada air tambak Tapak melebihi ambang batas yang sudah ditentukan, namun kandungan Cd pada ikan bandeng masih berada di bawah ambang batas. Meskipun demikian, perlu diwaspadai keberadaan logam berat Cd karena logam berat bersifat toksik dan akumulatif.

Abstract

District Tapak is an estuary of Tapak river which most of the area is formed of milk fish aqua farming region. Tapak watershed industry growth has affected in Tapak water degradation quality. Due to waste contamination containing heavy metals. It affects the quality of breeding milk fish. This research aims to discover Cadmium (Cd) content both in watershed and milk fish in district Tapak, Semarang. This observational analytic research using comparative analysis, purposive random sampling method. Data analysis method using AAS. Cadmium (Cd) content in Tapak river is <0,004mg/l, the grade is still below the qualification set by PPRI No. 82 year 2001 in the amount of 0,01mg/l. The average Cadmium (Cd) content in Tapak water pond is <0.0045mg/l, the grade has exceeded the limit set by KepMen LH No. 51 year 2004 in the amount of 0,001mg/l. The average Cadmium (Cd) content in fish meat on three stations is <0,01mg/l. The grade is still below the limit set by ISO 7287:2009 in amount of 0,1mg/kg. The conclusion of the research is Cadmium (Cd) content in Tapak water pond exceed the limit of the terms. However, Cadmium (Cd) content within the milk fish is below the limit of the terms, yet there should be a wary since Cadmium (Cd) is toxic and bioaccumulative heavy metal.

© 2016 Universitas Negeri Semarang

PENDAHULUAN

Ikan bandeng merupakan salah satu jenis ikan yang menjadi komoditas utama pertambakan di Dukuh Tapak, yang terletak di pesisir pantai utara Kota Semarang. Sebagian besar wilayah Tapak berupa area pertambakan ikan bandeng dan udang. Dukuh Tapak merupakan muara dari Sungai Tapak yang mengalir dari bagian hulu yang berada di Taman Lele, Tambakaji Semarang.

Berkembangnya beberapa Industri di daerah Tambakaji, yang merupakan hulu dari daerah aliran sungai (DAS) Tapak, serta belum optimalnya pengelolaan pembuangan limbah industri, mengakibatkan penurunan kualitas air Sungai Tapak. Adanya pencemaran tersebut secara tidak langsung dapat mempengaruhi kualitas perairan tambak yang terdapat di bagian muara sungai, yang selanjutnya akan mempengaruhi kualitas ikan bandeng yang dipelihara. Berdasarkan data yang tercatat di Kantor Wilayah Departemen Perindustrian Provinsi Jawa Tengah, sejumlah industri yang beroperasi di wilayah Tugu diantaranya adalah industri pengasil produk makanan, bumbu masak (penyedap masakan), kecap, sabun, tekstil, galvanis, baterai, produk-produk kertas, kemasan karton, pengecatan keramik, garmen, mebel, *cold storage* ikan dan udang (Yusuf & Handoyo 2004). Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Semarang menyatakan, terdapat kurang lebih 14 industri yang berada di sekitar Sungai Tapak, diantaranya bergerak di bidang pengolahan keramik, bengkel, pengolahan kayu dan pengolahan makanan (Kariada & Irsadi 2014). Beberapa limbah buangan industri seperti industri porselen dan keramik, sabun, tekstil, proses pewarnaan dan pengecatan serta industri mebel, berpotensi mengandung persenyawaan logam berat sehingga perlu mendapatkan penanganan khusus. Hal tersebut dikarenakan logam berat yang berada dalam perairan dengan ukuran atau kadar yang relatif kecil pun dapat bersifat toksik (beracun) dan dapat menyebabkan akumulasi dalam tubuh organisme (Palar 2008).

Logam kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat yang bersifat toksik dan zat pencemar yang sangat berbahaya bagi organisme perairan (Berman 1980). Kadmium sukar mengalami pelapukan baik secara kimiawi, fisika maupun

biologi. Dalam perairan, kadar kadmium yang relatif rendah pun dapat terabsorpsi dan terakumulasi secara biologis oleh organisme yang ada di perairan, dan akan terlibat dalam sistem jaringan makanan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya proses yang dinamakan bioakumulasi, dimana logam berat akan terkumpul dan meningkat kadarnya dalam jaringan tubuh organisme yang hidup di perairan. Kemudian, melalui proses biotransformasi akan terjadi perpindahan dan peningkatan kadar logam berat tersebut pada tingkat pemangsa (*trophic level*) yang lebih tinggi melalui rantai makanan. Dalam suatu rantai makanan, logam berat dapat berpindah dari satu tingkat trofik ke tingkat trofik lainnya sehingga kadarnya pun mengalami peningkatan (Prabowo 2005).

Berdasarkan hasil analisis Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Semarang (2014), Sungai Tapak mengandung logam berat kadmium sebesar 0,01mg/l, lebih rendah dari baku mutu berdasarkan PP RI Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Meskipun masih di bawah baku mutu, tetapi dimungkinkan bisa terjadi akumulasi pada tubuh ikan bandeng yang hidup di tambak yang mendapat pasokan air dari sungai tersebut. Melihat latar belakang tersebut di atas, kiranya perlu dilakukan penelitian mengenai bioakumulasi logam kadmium pada ikan bandeng yang dipelihara atau dibudidayakan di tambak Dukuh Tapak Semarang.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret hingga Mei 2016 di tambak yang berada di Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu Kota Semarang. Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah seluruh ikan bandeng yang dibudidayakan di tambak Dukuh Tapak. Sampel air tambak dan ikan bandeng diambil dari 3 stasiun penelitian yang sudah ditentukan. Pengambilan sampel air dilakukan dengan cara mengambil air tambak sebanyak 50 ml untuk dianalisis logam Cd di laboratorium. Ikan bandeng yang diambil sebagai sampel merupakan ikan yang berumur \pm 5 bulan, dengan panjang tubuh 20-28 cm yang tertangkap dengan jarring. Sebagai bahan analisis

logam Cd di laboratorium, digunakan 3-4 ekor bandeng per stasiun penelitian. Sampel diambil dua kali pengulangan dengan perbedaan waktu dua minggu. Adanya perbedaan waktu dua minggu tersebut diharapkan dapat menunjukkan adanya akumulasi logam pada ikan bandeng yang diteliti.

Penelitian ini bersifat *observasional analitik*, menggunakan analisis komparatif (Purnomo & Muchyiddin 2007). Teknik pengambilan sampel di lapangan dilakukan dengan *purposive random sampling*. Analisis data kadar Cd dalam air tambak dan daging ikan bandeng dilakukan dengan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Data yang diperoleh selanjutnya diukur *Bioconcentration Factor* (BCF), merupakan perbandingan antara konsentrasi logam Cd dalam ikan bandeng dengan konsentrasi logam Cd dalam air (Crookes & Brooke 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Cd pada air Sungai Tapak di ketiga stasiun adalah sama, yaitu 0,004 mg/l (Tabel 1). Hasil tersebut masih jauh di bawah ambang batas PP RI Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air sebesar 0,01 mg/l. Kandungan Cd pada air tambak Dukuh Tapak Semarang adalah 0,0045 mg/l. Kadar tersebut melebihi ambang batas Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut, yaitu sebesar 0,001 mg/l.

Kandungan Cd dalam air tambak pada pengambilan sampel pertama hasilnya lebih kecil dibandingkan dengan pengambilan sampel kedua. Hal tersebut dimungkinkan karena pada saat pengambilan sampel kedua, kondisi air laut sedang pasang dan pergerakan air lautnya dinamis. Adanya pergerakan air yang dinamis ini juga menyebabkan terangkatnya dasar sedimen perairan, yang dapat menyebabkan logam yang terendapkan di lapisan sedimen terangkat ke atas perairan (Martuti *et al.* 2016). Disamping itu peningkatan pencemaran air tambak juga didukung oleh adanya masukan air laut ketika pasang. Laut menjadi tempat berkumpulnya zat-zat pencemar yang terbawa oleh aliran sungai, sehingga pada saat pasang arus air laut yang

tercemar logam berat tersebut akan mencemari tambak-tambak yang berada di wilayah pesisir. Hal tersebut didukung hasil penelitian Yusuf & Handoyo (2004) bahwa di Perairan Pulau Tirangcawang Dukuh Tapak Semarang menunjukkan kandungan logam berat Cu, Cd, Pb, Ni yang nilainya melebihi baku mutu yang ditetapkan. Rata-rata kandungan Cd di Pulau Tirangcawang tersebut sebesar 0,0428 mg/l.

Kandungan Cd pada air tambak sedikit lebih tinggi dibandingkan rerata kandungan Cd pada air sungai (Tabel 1). Hal tersebut dikarenakan tambak-tambak di Dukuh Tapak berada di bagian muara Sungai Tapak, yang merupakan tempat terakumulasinya limbah-limbah domestik maupun industri, yang terbawa arus sungai dari bagian hulu menuju ke hilir Sungai Tapak. Secara tidak langsung kondisi tersebut akan mempengaruhi kualitas perairan tambak di Dukuh Tapak.

Tabel 1. Kandungan Cd (mg/kg) pada air sungai, air tambak, dan ikan bandeng

Sampel	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata
Air Sungai	0,004	0,004	0,004
Air Tambak	0,004	0,005	0,0045
Daging bandeng	0,01	0,01	0,01

Adanya peningkatan kadar logam berat Cd dalam air tambak akan diikuti oleh peningkatan logam berat Cd dalam tubuh ikan bandeng, sehingga ikan bandeng yang hidup di dalam tambak tersebut tercemar. Meskipun kadar logam berat Cd dalam aliran sungai dan tambak itu relatif kecil akan tetapi sangat mudah diserap dan terakumulasi secara biologis oleh ikan bandeng dan akan terlibat dalam sistem jaring makanan. Menurut Darmono (2001), bioakumulasi akan menyebabkan terkumpul dan meningkatnya kadar logam berat dalam tubuh suatu organisme air, kemudian melalui transformasi akan terjadi pemindahan dan peningkatan kadar logam berat secara tidak langsung melalui rantai makanan. Keberadaan logam berat dalam tubuh ikan perlu mendapatkan perhatian, karena sifat logam yang akumulatif sangat berbahaya bagi manusia yang mengkonsumsinya. Hal ini terkait dengan keamanan pangan, karena manusia yang menduduki tingkat trofik tertinggi dari rantai

makanan akan mengakumulasi logam paling tinggi dibandingkan ikan (Martuti *et al.* 2016).

Kandungan Cd pada daging ikan bandeng yang dipelihara di tambak Dukuh Tapak pada ketiga stasiun hasilnya sama yaitu 0,01 mg/kg. Hasil tersebut jauh di bawah ambang batas yang ditentukan SNI 7287:2009 tahun 2009 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan yaitu sebesar 0,1 mg/kg. Tidak adanya perbedaan yang sangat berarti di ketiga stasiun mungkin disebabkan oleh kesamaan umur ikan di ketiga stasiun, jarak antar stasiun yang tidak terlalu jauh (sekitar ± 1 Km), dan juga waktu antara pengambilan pertama dan kedua yang hanya terpaut 2 minggu.

Kandungan Cd pada daging ikan bandeng lebih tinggi dari air sungai dan air tambak. Hal tersebut dimungkinkan karena pH air tambak berkisar 7-8 sehingga Cd yang semula ada dalam air sungai dan air tambak akan mengalami pengendapan (Ashar *et al.* 2014). Kelarutan logam berat Cd akan rendah apabila pH air tinggi, sehingga toksisitas logam beratnya kecil, begitu pula sebaliknya. Selain itu, melalui proses biokonsentrasi, ikan bandeng mengambil zat akumulasi Cd dari air melalui kulit, insang, maupun organ lainnya. Setelah itu, zat akumulasi Cd akan terbawa oleh sistem sirkulasi dan didistribusikan ke semua jaringan tubuh sehingga terakumulasi pada jaringan dan organ tersebut (Harteman 2011). Sebagaimana disampaikan Yulaipi dan Aunurohim (2013), bahwa logam berat dalam air dapat menimbulkan terjadinya proses akumulasi di tubuh organisme perairan, seperti terjadinya akumulasi pada daging ikan. Akumulasi biologis dapat terjadi melalui absorpsi secara langsung terhadap logam berat yang terdapat di dalam air.

Bioakumulasi kadmium paling tinggi terdapat di ginjal selanjutnya diikuti oleh hati, insang, usus, dan daging (otot) (Atobatele & Godwin 2015). Daging (otot) merupakan bagian yang dapat dimakan dari ikan dan berperan penting sebagai nutrisi manusia. Manusia berperan sebagai konsumen terakhir dalam sistem rantai makanan. Saat logam berat Cd yang terkandung dalam daging ikan bandeng masuk ke dalam tubuh, logam berat tersebut akan tertimbun dalam tubuh dalam jangka waktu yang lama sebagai racun yang terakumulasi. Apabila kondisi tersebut terus

berlangsung dan telah mencapai ambang tertentu akan membahayakan kesehatan.

Nilai *bioconcentration factor* (BCF) kadmium daging ikan bandeng di tambak Tapak Semarang adalah 2,25 (Tabel 2). Menurut Lamai *et al.* (2005) BCF merupakan parameter yang berguna untuk mengevaluasi potensi biota dalam mengakumulasi logam. Nilai BCF dihitung berdasarkan hasil bagi antara kadar logam berat yang terakumulasi pada daging ikan bandeng dengan kadar logam berat di air. Amriani & Hardiyanto (2011) menyatakan bahwa nilai BCF memiliki tiga kategori yaitu 1) Nilai BCF lebih >1000 masuk dalam kategori sifat akumulatif tinggi, 2) Nilai BCF 100-1000 masuk dalam kategori sifat akumulatif sedang, 3) Nilai BCF <100 masuk dalam kategori sifat akumulatif rendah. Hasil analisa diketahui bahwa ikan bandeng yang diperoleh di ketiga stasiun memiliki tingkat akumulatif rendah.

Tabel 2. Nilai BCF daging ikan bandeng terhadap logam berat kadmium

Pengambilan	Nilai BCF	Kategori Akumulatif
1	2,5	Rendah
2	2,0	Rendah
Rerata	2,25	Rendah

Kadar logam berat yang terdapat dalam tubuh organisme perairan lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar logam berat yang terdapat dalam lingkungan hidupnya (Istarani & Pandebesie 2014). Menurut Oost dan Nico (2003), suatu logam berat yang bersifat hidrofobik (molekul zat tersebut tidak larut dalam air) secara terus-menerus dapat menumpuk di organisme air melalui mekanisme yang berbeda, yaitu melalui penyerapan langsung dari air dengan insang atau kulit (biokonsentrasi), melalui penyerapan partikel tersuspensi (konsumsi) dan melalui konsumsi makanan yang terkontaminasi (biomagnifikasi).

Akumulasi biologis dapat terjadi melalui absorpsi langsung terhadap logam berat yang ada di dalam air (Yulaipi & Aunurohim 2013). Akumulasi juga terjadi karena kecenderungan logam berat untuk membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang ada di dalam tubuh organisme. Harteman (2011) menyatakan bahwa akumulasi logam berat pada bagian tubuh tertentu dimungkinkan dengan keberadaan gugus

metallothionin (sulfhidril -SH) dari protein dan purin yang dapat mengikat logam berat secara kovalen. Logam berat masuk ke dalam sel dan ikut didistribusikan oleh darah ke seluruh jaringan tubuh sehingga terakumulasi pada organ tubuh. Sirkulasi darah menyebabkan logam berat terakumulasi di dalam dinding pembuluh darah dan jaringan ikat yang terdapat di sekitar otot atau daging ikan.

Proses bioakumulasi logam berat pada ikan bisa terjadi secara fisis maupun biologis (Prasetyo *et al.* 2010). Proses fisis berupa menempelnya senyawa logam berat pada bagian tubuh, luar tubuh, insang dan lubang-lubang membran lainnya yang berasal dari air maupun dari senyawa yang menempel pada partikel. Proses biologis terjadi melalui proses rantai makanan dan tidak menutup kemungkinan terabsorbsinya logam berat yang sebelumnya sudah menempel sehingga ikan bandeng akan tercemar apabila dipelihara di perairan tambak yang tercemar. Purnomo dan Muchyiddin (2007) menyatakan bahwa proses akumulasi logam dalam jaringan ikan bandeng terjadi setelah absorpsi logam dari air atau melalui pakan yang terkontaminasi.

Faktor Kimia dan Fisika Lingkungan Perairan Tambak Tapak Semarang

Selama penelitian, pengukuran suhu pada air tambak yaitu 30-32°C. Suhu tersebut masih berada pada kisaran lingkungan hidup ikan bandeng antara 23-33°C (SNI 7309:2009). Derajat keasaman (pH) air tambak sebesar 7-8, masih aman untuk kehidupan bandeng. Ambang batas pH untuk pertumbuhan ikan bandeng berkisar antara 6,5-8,5 (Kusworo 2004) dan pH 6,5-9,0 (Rangka & Asaad 2010). Kelarutan logam berat akan lebih tinggi pada saat pH air rendah dan toksisitas logam beratnya akan semakin besar, begitu pula sebaliknya. Salinitas perairan tambak bandeng penelitian sebesar 8-8,2 ppm. SNI 7309:2009 mensyaratkan salinitas untuk tambak bandeng berada pada kisaran 0-35 ‰. Ikan bandeng yang dipelihara di wilayah pesisir Kota Semarang, memanfaatkan air payau atau pasang surut untuk mengatur salinitas air tambak. Salinitas yang rendah, toksisitas Cd dan tingkat bioakumulasinya akan meningkat dibanding pada salinitas yang tinggi. Oksigen (O₂) terlarut (DO) pada saat

penelitian berkisar antara 1,38-5,03 mg/l, hasil tersebut menunjukkan rendahnya DO pada perairan tambak bandeng. Rendahnya kandungan DO di perairan, hal ini dipengaruhi oleh kondisi cuaca yang mendung pada saat pengambilan sampel penelitian, sehingga dapat mempengaruhi proses fotosintesis yang berpengaruh terhadap kadar oksigen perairan. Disamping itu tambak bandeng yang digunakan untuk penelitian merupakan tambak tradisional, sehingga belum menggunakan kincir air untuk meningkatkan kadar DO perairan. Menurut Syafriadiman (2009), oksigen terlarut yang ideal untuk pertumbuhan dan perkembangan organisme perairan adalah di atas 5 ppm. Kandungan oksigen terlarut di dalam air tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain cuaca, kepadatan fitoplankton, siang dan malam serta dinamika kehidupan organisme yang ada di dalamnya.

SIMPULAN

Kandungan logam berat kadmium (Cd) pada air tambak di Tapak melebihi ambang batas yang ditetapkan pada Keputusan Menteri LH Nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut. Bioakumulasi logam berat kadmium (Cd) pada daging ikan bandeng dari tambak Tapak Semarang masih jauh di bawah ambang batas yang telah ditetapkan SNI 7287:2009 Tahun 2009. Nilai *Bioconcentration Factor* (BCF) ikan bandeng masih termasuk dalam kategori akumulatif rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Amriani BH & Hadiyanto A. 2011. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Kerang Darah (*Anadara granosa* L.) dan Kerang Bakau (*Polymesoda bengalensis* L.) di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 9 (2) : 45-50.
- Ashar YK, Naria E & Dharma S. 2014. Analisis Kandungan Kadmium (Cd) dalam Udang Windu (*Penaeus Monodon*) yang Berada Di Tambak Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Kelurahan Terjun Kota Medan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan & Keselamatan Kerja* 3 (3): 1-10.
- Atobatele OE & Olutona GO. 2015. Distribution of three non-essential trace metals (Cadmium, Mercury and Lead) in the organs of fish from Aiba Reservoir, Iwo, Nigeria. *Toxicol Rep* 2 : 896-903.

- Berman E. 1980. *Toxic Metals and Their Analysis*. Heyden. : London. PP 65-73.
- Crookes M & Brooke D. 2011. *Estimation of Fish Bioconcentration Factor (BCF) from Depuration Data*. Environment Agency, Horizon House, Deanery Road, Bristol, BS1 5AH. www.environment-agency.gov.uk.(14-19).
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup Dan Pencemaran*. Jakarta : Universitas Indonesia Palar Heryandon. 2008. *Pencemaran Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Harteman E. 2011. Dampak Kandungan Logam Berat terhadap Kemunculan Polimorfisme Ikan Badukang (*Arius maculatus* Fis & Bian) dan Sembilang (*Plotosus canius* Web & Bia) di Muara Sungai Kahayan serta Katingan, Kalimantan Tengah. *Disertasi*. IPB : Bogor
- Istarani F & Pandebesie ES. 2014. Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) Terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan. *Jurnal Teknik Pomits*. 3(1):53-58
- Kariada NTM & Irsadi A. 2014. Peranan mangrove sebagai biofilter pencemaran air wilayah tambak bandeng Tapak, Semarang. *Jurnal manusia dan lingkungan*. 21(2): 188-194
- Kusworo AB. 2004. *Pengelolaan Kualitas Air Pada Pembesaran Bandeng*. Direktorat Pendidikan Mengengah Kejuruan, Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional. 20-24.
- Lamai C, Kruatracue M, Pokethitiyooka P, Upathame ES & Sounthomsarathoola V. 2005. Toxicity and Accumulation of Lead and Cadmium in The Filamentous Green Alga *Cladophora Fracta* Lo. F. Muller Ex Vah Kotzing : A Laboratory Study. *Sci Asia* 31:121 -127.
- Martuti NKT, Widianarko B & Yulianto B. 2016. The Pattern of Cu Accumulation in Milkfish (*Chanos chanos*) During Growth Period in Fishpond in Dukuh Tapak Tugurejo Semarang, Indonesia. *AAAL Bioflux* 9(5):1036-1043.
- Oost RJB & Nico PEV. 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment : a review. *Environ Toxicol Phar* 13 : 57-149.
- Palar H. 2008. *Pencemaran Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Prabowo R. 2005. Akumulasi Kadmium Pada Daging Ikan Bandeng. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 1(2) : 58-74.
- Prasetyo AB, Albasri H & Rasidi. 2010. Perkembangan Budidaya Bandeng di Pantai Utara Jawa Tengah (Studi Kasus: Kendal, Pati dan Pekalongan). *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. Pusat Riset Perikanan Budidaya. Jakarta. Hal. 123-137.
- Purnomo T & Muchyiddin. 2007. Analisis Kandungan Timbal (Pb) pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forsk.) di Tambak Kecamatan Gresik. *Neptunus* 14 (1): 68-77.
- Rangka NA & Asaad AIJ. 2010. Teknologi Budidaya Ikan Bandeng di Sulawesi Selatan. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur* : 187-203.
- SNI 7309:2009. 2009. *Produksi Bandeng Ukuran Konsumsi Secara Intensif di Yambak*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Syafriadiman. 2009. Teknik Pengelolaan Kualitas Air Budidaya Perikanan pada Era Industrialisasi. *Pidato Pengukuhan Guru Besar*. Bidang Manajemen Kualitas Air. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru
- Yulaipi S & Aunurohim. 2013. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungannya dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal Sains Dan Seni Pomits* 2 (2) : 166-170.
- Yusuf M & Handoyo G. 2004. Dampak Pencemaran Terhadap Kualitas Perairan dan Strategi Adaptasi Organisme Makrobenthos di Perairan Pulau Tirangcawang Semarang. *Jurnal Ilmu Kelautan* 9 (1): 12-42.