

Kerapatan Mangrove terhadap Kandungan Logam Pb, Cu, dan Cd pada Daging Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) di Mangrove Wonorejo, Surabaya

Nirmalasari Idha Wijaya^{1*} dan Rendy Febrianto Sanjaya²

^{1,2} Program Studi Oseanografi, Universitas Hang Tuah Surabaya

¹ Email: nirmalasari@hangtuah.ac.id

² Email: rendysanjaya94@gmail.com

*Penulis korespondensi: nirmalasari@hangtuah.ac.id

Submit: 3-10-2021

Revisi: 17-11-2021

Diterima: 4-12-2021

ABSTRACT

*The Wonorejo mangrove ecosystem has vegetation with different densities, depending on the utilization of the area. This area was used for milkfish cultivation in traditional ponds and silvofishery ponds, where in silvofishery ponds the mangrove vegetation is denser. The source of fresh water for this ponds comes from the Avour channel, which is suspected to contain heavy metals, because this channel passes through the Rungkut industrial area. This study was conducted to analyze the effect of mangrove vegetation density on heavy metal content in milkfish meat. The method used in analyzing the heavy metal content of Pb, Cu and Cd was using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). From the four of sampling stations, namely traditional ponds 1 and 2, and then silvofishery ponds 1 and 2 in the Wonorejo Mangrove ecosystem, heavy metal Pb in milkfish meat was found at 0.181 ppm, 0.189 ppm, 0.114 ppm and 0.125, respectively. Heavy metal Cu amounted to 0.0091 ppm, 0.0095 ppm, 0.0052 ppm and 0.0072 ppm. Heavy metal Cd was 0.019 ppm, 0.029 ppm, 0.015 ppm and 0.014 ppm. Based on the results, it was found the heavy metal content of Pb, Cu and Cd in milkfish meat (*Chanos chanos*) that cultivated in the Wonorejo Mangrove ecosystem at all sampling locations. However, the concentration of all the heavy metal was still below than the quality standard set of by BPOM No. 5 of 2018 and SNI 7387:2009.*

Keywords: AAS, Heavy Metal, Milkfish, Silvofishery, Wonorejo

ABSTRAK

Ekosistem mangrove Wonorejo digunakan untuk beberapa pemanfaatan yang berbeda, antara lain untuk budidaya tambak tradisional, dan budidaya silvofishery. Kerapatan vegetasi mangrove pada lokasi-lokasi tersebut berbeda, dimana silvofishery lebih rapat vegetasi mangrovenya. Saluran Avour merupakan suplai air tawar pada tambak-tambak yang berada di ekosistem mangrove, Wonorejo. Banyak sekali industri dan pemukiman yang dilewati sepanjang saluran avour ini dan diduga bahwa saluran ini membawa kandungan logam berat dan masuk ke dalam tambak-tambak yang berada disana baik tambak tradisional maupun silvofishery dan terakumulasi di dalam tubuh biota budidaya seperti ikan bandeng (*Chanos chanos*). Mangrove dikenal mampu mereduksi logam berat di perairan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh kerapatan mangrove terhadap kandungan logam berat pada daging ikan bandeng. Metode yang digunakan dalam menganalisis kandungan logam berat Pb, Cu dan Cd adalah dengan menggunakan Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS). Dari keempat stasiun yang diteliti, yaitu tambak tradisional 1 dan 2 serta tambak silvofishery 1 dan 2 di ekosistem Mangrove Wonorejo, Surabaya ditemukan logam berat Pb pada daging ikan bandeng berturut-turut sebesar 0,181 ppm, 0,189 ppm, 0,114 ppm dan 0,125. Logam berat Cu sebesar 0,0091 ppm, 0,0095 ppm, 0,0052 ppm dan 0,0072 ppm. Logam berat Cd sebesar 0,019 ppm, 0,029 ppm, 0,015 ppm dan 0,014 ppm. Berdasarkan hasil penelitian tersebut ditemukan kandungan logam berat Pb, Cu dan Cd pada daging ikan

bandeng (*Chanos chanos*) yang dipelihara di ekosistem Mangrove Wonorejo pada semua lokasi pengambilan sampel. Namun demikian konsentrasinya masih dibawah baku mutu yang ditetapkan oleh BPOM No 5 Tahun 2018 dan SNI 7387:2009.

Kata kunci: AAS, Bandeng, Logam Berat, *Silvofishery*, Wonorejo

1 Pendahuluan

Ekosistem mangrove Wonorejo berada di Pantai Timur Surabaya (Pamurbaya), dimana posisinya berhadapan dengan selat Madura. Secara administratif termasuk dalam Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya. Mangrove Wonorejo yang merupakan kawasan konservasi Pemda Kota Surabaya dikelola untuk Ekowisata Mangrove dan Mangrove Information Center (MIC). Salah satu bentuk pengelolaan konservasi mangrove dari MIC adalah pemanfaatan sebagai tambak mangrove (*silvofishery*). Namun selain dimanfaatkan sebagai tambak *silvofishery*, mangrove Wonorejo juga dimanfaatkan oleh masyarakat untuk tambak tradisional dengan komoditas budidaya udang dan bandeng.

Pada ekosistem mangrove Wonorejo mengalir 2 sungai, yang juga menjadi sumber air tawar bagi budidaya air payau di wilayah tersebut. Sungai tersebut adalah Sungai Jagir yang termasuk dalam DAS Brantas, dan saluran Avour yang merupakan sungai buatan atau yang biasa dikenal dengan saluran irigasi pada sawah, yang memiliki panjang 10,5 km, berhulu di Kecamatan Rungkut hingga bermuara di Selat Madura. Saluran ini melintasi pemukiman dan perindustrian, karena itu diduga air dari saluran avour tersebut membawa bahan pencemar, antara lain adalah unsur logam, yang kemudian masuk ke dalam tambak tradisional dan wanamina yang berada di kawasan mangrove Wonorejo. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat pada air tambak *silvofishery* mangrove Wonorejo pada pengukuran pada Juli 2018 adalah Hg sebesar 0,004 mg/l, Cd sebesar 0,087 mg/l, dan Pb sebesar 0,022 mg/l (Wijaya *et al.*, 2019a). Sedangkan pengukuran pada bulan Juni 2019 ditemukan logam Timbal (Pb) dengan konsentrasi tertinggi sebesar 0,304 ppm, logam Cd ditemukan tertinggi 0,047 ppm, dan logam Cu ditemukan tertinggi 0,024 ppm (Wijaya *et al.*, 2019b).

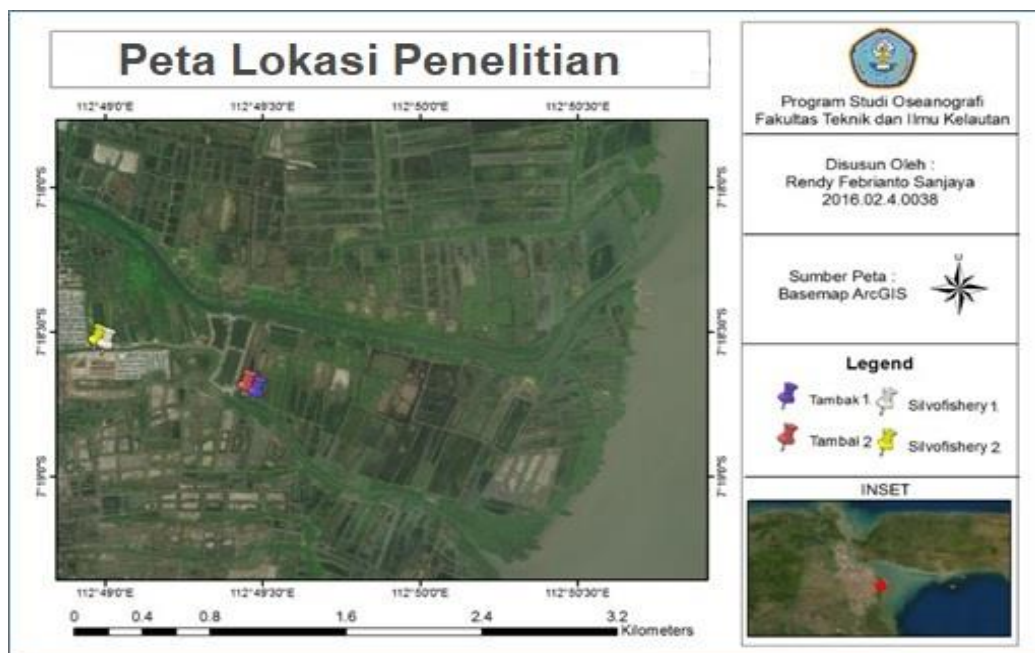
Logam berat merupakan unsur kimia dengan berat jenis lebih besar dari 5 g/cm³, pada daftar berkala terletak di sudut kanan bawah, biasanya bernomor atom 22 sampai 92 dari periode 3 sampai 7 pada tabel periodik. Logam berat mempunyai afinitas yang tinggi terhadap unsur S. Dalam air laut, logam berat ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Logam berat Cd, Hg, dan Pb dikelompokkan sebagai logam non esensial, dan pada konsentrasi tertentu dapat menjadi logam beracun bagi makhluk hidup (Sutamihardja *et al.*, 1982; Effendi, 2000). Pencemaran oleh logam berat termasuk kategori pencemaran yang berbahaya terhadap lingkungan dan organisme didalamnya. Logam berat mempunyai sifat nondegradable, oleh karena itu logam berat akan terakumulasi di dalam lingkungan

seperti sedimen dan kolom air serta terabsorpsi kedalam jaringan biota laut (Sari *et al.*, 2017). Konsentrasi logam berat yang tinggi di perairan dapat mengancam organisme perairan laut, mulai yang paling ringan akan mengganggu proses metabolisme, sampai yang terberat dapat menyebabkan kematian biota (Sari *et al.*, 2017).

Tujuan penelitian ini adalah 1) membandingkan kandungan logam berat yang terdapat pada daging ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang dipelihara di tambak tradisional dan di tambak *silvofishery*, dan 2) mengetahui pengaruh kerapatan vegetasi mangrove terhadap kandungan logam berat pada daging ikan bandeng (*Chanos chanos*) di Wonorejo, Surabaya.

2 Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di kawasan ekosistem mangrove, Wonorejo, Surabaya. Peta lokasi penelitian disajikan pada gambar 1. Penelitian dilaksanakan mulai September-Desember 2019. Sampel dianalisis di Laboratorium Gizi di Universitas Airlangga, Surabaya. Mangrove Wonorejo merupakan bagian dari ekosistem mangrove yang terletak di pesisir Pamurbaya (Pantai Timur Surabaya). Saat ini mangrove Wonorejo dimanfaatkan oleh masyarakat untuk budidaya tambak tradisional dengan komoditas udang dan bandeng. Selain itu, Mangrove Wonorejo yang merupakan kawasan konservasi Pemda Kota Surabaya juga dikelola untuk Ekowisata Mangrove dan Mangrove Information Center (MIC). Salah satu bentuk pengelolaan konservasi mangrove dari MIC adalah tambak mangrove (tambak *silvofishery*). Penelitian ini dilakukan di empat stasiun lokasi penelitian yang berada di ekosistem Mangrove Wonorejo, Surabaya, yaitu tambak tradisional 1, tambak tradisional 2, tambak *silvofishery* 1 dan tambak *silvofishery* 2.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel

Tambak tradisional merupakan tambak yang sistem pengelolaannya sepenuhnya bergantung pada kemurahan alam. Pada tambak tradisional tidak ditumbuhkan vegetasi mangrove, sebagaimana kolam budidaya umumnya. Padat tebar benih pada tambak tradisional sangat rendah, yaitu sekitar 5-10 ekor/m², sehingga membutuhkan kolam yang luas untuk budidaya. Benih biota budidaya dipelihara dengan mengandalkan pakan yang disediakan oleh alam. Komoditas perikanan yang biasanya dibudidayakan di tambak ini adalah bandeng, udang, mujaer dan sebagainya. Tambak tradisional ini mendapatkan supply air tawar dari saluran Avour Wonorejo.

Tambak silvofishery merupakan suatu pola minahutan untuk melaksanakan program perhutanan sosial di area hutan mangrove. Petani dapat memelihara biota budidaya seperti udang, kepiting, dan ikan, atau jenis biota komersial lainnya agar dapat menambah penghasilan. Namun di sisi lain petani/pembudidaya memiliki kewajiban untuk menjaga kelestarian hutan mangrove. Biota yang dibudidayakan pada tambak silvofishery ini sama dengan tambak tradisional, yaitu bandeng, udang, dan mujaer. Tambak silvofishery juga mendapatkan supply air tawar yang sama dengan tambak tradisional, yaitu dari saluran Avour, Wonorejo.

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran Parameter Lingkungan

Dilakukan untuk mengetahui parameter lingkungan apa saja yang berpengaruh terhadap kondisi tambak baik yang *silvofishery* maupun yang tradisional di Wonorejo, Surabaya. Parameter yang diukur meliputi: kerapatan vegetasi mangrove dengan menggunakan metode *Line Plot Transek*, temperatur perairan, pH perairan, dan salinitas perairan. Pengukuran parameter kualitas air dilakukan secara *in-situ* pada lokasi yang sama dengan pengambilan sampel ikan bandeng.

2. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling*, dimana sampel ikan bandeng dan air tambak diambil dari masing-masing stasiun penelitian yang mewakili kondisi di lokasi penelitian, yaitu pada tambak tradisional 1 dan 2, serta pada tambak *sivofishery* 1 dan 2. Jumlah sampel ikan bandeng yang diambil dari masing-masing lokasi sebanyak 2 ekor, dimana selanjutnya daging ikan akan dilumat untuk dianalisis kandungan logamnya. Pengambilan sampel air tambak untuk analisis logam berat diambil pada lokasi yang sama dengan lokasi pengambilan sampel ikan bandeng, dengan jumlah volume air yang diambil sebanyak 500 ml.

3. Analisis Sampel

Analisis sampel ikan bandeng dan air tambak dilakukan di Laboratorium Gizi Universitas Airlangga, untuk mengetahui kadar logam Pb, Cu dan Cd dengan menggunakan teknik *Atomic Absorption Spectrofotometry* (AAS).

3 Hasil dan Pembahasan

Kerapatan Vegetasi Mangrove Wonorejo

Hasil pengukuran kerapatan mangrove menunjukkan bahwa kerapatan vegetasi mangrove berbeda pada kedua tambak *silvofishery* tersebut. Tabel 1 menyajikan data kerapatan mangrove pada tambak *silvofishery* 1 dan 2 di ekosistem mangrove Wonorejo.

Tabel 1. Kerapatan mangrove di tambak *silvofishery*

Stasiun	Jenis	Famili	Kerapatan (ind/ha)	Kriteria*
Silvo 1	<i>Rhizophora sp.</i>	Rhizophoraceae	±1500	Baik (Sangat Padat)
Silvo 2	<i>Rhizophora sp.</i>	Rhizophoraceae	±1050	Baik (Sedang)

Keterangan: *KepMen LH No 201 Tahun 2004

Berdasarkan KepMen LH No 201 Tahun 2004, kedua lokasi tambak *silvofishery* memiliki kriteria yang sama yaitu baik, namun berbeda pada tingkat kerapatannya. Pada lokasi silvo 1 vegetasinya sangat padat, sedangkan pada lokasi silvo 2 kerapatannya sedang. Jenis mangrove pada kedua macam tambak tersebut sama, yaitu mangrove jenis Rhizoporaceae, karena merupakan ekosistem mangrove hasil rehabilitasi sejak tahun 2011.

Banyak penelitian menunjukkan bahwa vegetasi mangrove dapat menguraikan logam berat pada perairan mangrove. Logam berat Pb dan Cd, juga yang lainnya seperti Hg, mampu diakumulasi oleh tumbuhan mangrove, karena kemampuan mangrove mengikat logam tersebut melalui akarnya. Penyerapan ion logam pada vegetasi mangrove yang tertinggi terjadi saat akar mangrove menyerap air. Pada saat itu ion-ion logam berat yang ada di air dan sedimen akan terikat masuk ke akar. Ion yang terserap meliputi ion hara esensial dan ion hara non-esensial (Khairuddin *et al.*, 2018).

Konsentrasi Logam Berat pada Air Tambak

Hasil analisis konsentrasi logam Cu, Pb, dan Cd pada air tambak di empat stasiun menunjukkan hasil yang bervariasi (tabel 2). Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan logam berat Pb paling tinggi dibandingkan 2 unsur yang lainnya yaitu Cu, dan Cd. Kondisi ini menyerupai kondisi perairan tambak di BKPH Ciasem-Pamanukan yang memiliki konsentrasi Hg dan Cd di bawah ambang baku mutu untuk budidaya perikanan, sedangkan kandungan Pb (timbal) sudah 18,7 kali di atas baku mutu untuk budidaya (Gunawan & Anwar, 2008). Pengukuran logam di perairan tambak mangrove Wonorejo pada tahun 2019 menunjukkan sudah melebihi ambang baku mutu kebutuhan hidup biota air laut (Lampiran III Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004). Konsentrasi Pb (Timbal) sebesar 0,2923 ppm sudah mencapai 36 kali lipat dibanding baku mutu, dan konsentrasi Cd (Kadmium) bahkan sudah 42 kali lipat baku mutu (Wijaya *et al.*, 2019b).

Tabel 2. Kadar logam berat Pb, Cu dan Cd pada sampel air tambak di empat stasiun penelitian

Stasiun Penelitian	Kadar Logam Berat (ppm)			Nilai Ambang Batas (ppm)		
	Pb	Cu	Cd	Pb*	Cu**	Cd*
Tb. Tradisional 1	0,054	0,0024	0,0077			
Tb. Tradisional 2	0,064	0,0061	0,0063	0,03	0,02	0,01
Tb. <i>Silvofishery</i> 1	0,031	0,0016	0,0032			
Tb. <i>Silvofishery</i> 2	0,032	0,0016	0,0051			

Keterangan: *PPRI No 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Pada penelitian ini ditemukan konsentrasi Pb air tambak bervariasi, yaitu antara 0,031-0,064 ppm. Konsentrasi Pb pada air tambak yang tertinggi berada pada stasiun tambak tradisional 2, yaitu sebesar 0,064 ppm. Bagi makhluk hidup timbal (Pb) bukan merupakan unsur yang esensial, bahkan bagi hewan dan manusia cenderung dapat bersifat toksik karena dapat terakumulasi pada tulang. Tingginya kandungan logam Pb pada tambak tradisional karena tambak tradisional mendapatkan *supply* air tawar dari Saluran Air, air tawar yang masuk ke tambak tradisional tersebut diduga membawa kandungan Pb dari beberapa limbah industri yang dilewati oleh saluran air tersebut. Di alam, unsur logam Pb lebih sering ditemukan dibanding logam toksik lainnya, karena secara alamiah logam Pb terdapat pada batu-batuan serta lapisan kerak bumi. Selain itu Pb banyak digunakan dalam industri kimia misalnya sebagai zat tambahan bahan bakar, dan juga digunakan sebagai pigmen dalam bahan cat. Sumber timbal lainnya juga bisa berasal dari pabrik pembuatan timbal atau recycling industri, biji logam hasil pertambangan, peleburan, air minum, obat tradisional, kosmetik, debu, permen, tanah, cat, mainan, perhiasan, dan keramik (Utami *et al.*, 2018).

Kandungan logam Pb terendah (0,031 ppm) berada di stasiun tambak *silvofishery* 1 yang memiliki kerapatan vegetasi *R. mucronata* yang sangat padat (tabel 1), sedangkan pada tambak *silvofishery* 2, dengan kerapatan vegetasi *R. mucronata* sedang, memiliki konsentrasi Pb sedikit lebih tinggi yaitu 0,032 ppm, sehingga diduga ada keterkaitan antara kerapatan vegetasi mangrove dengan tingginya konsentrasi logam di perairan ekosistem mangrove.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ada hubungan yang erat antara kerapatan vegetasi mangrove dengan keberadaan logam di perairan Heriyanto & Subiandono (2011) menyatakan bahwa tiap jenis mangrove mempunyai kemampuan penyerapan yang berbeda terhadap logam berat, dimana hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa jenis *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. mempunyai kemampuan penyerapan terhadap logam lebih baik dibandingkan jenis *Ceriops tagal* C.B. dan *Rhizophora apiculata* Bl. Rob. Hal ini bersesuaian dengan penelitian Hastuti (2017) yang menyatakan terdapat kecenderungan peningkatan tingkat akumulasi kandungan Pb sedimen seiring dengan bertambahnya lebar saluran dengan tegakan *R. mucronata*, namun sebaliknya pada saluran dengan tegakan *A. marina* tingkat akumulasi Pb justru cenderung menurun.

Konsentrasi logam Pb, Cu, dan Cd pada semua lokasi mempunyai pola yang cenderung sama yaitu konsentrasinya lebih tinggi di tambak tradisional dibandingkan pada tambak silvofishery Heriyanto & Suharti (2013) menyatakan bahwa secara umum, tambak silvofishery memiliki kualitas perairan yang lebih baik bila dibandingkan dengan tambak tanpa mangrove. Hal ini terjadi karena kemampuan tanaman mangrove yang dapat menyerap logam berat dan limbah terlarut, serta kemampuannya dalam menghasilkan oksigen. Sedangkan Hastuti (2017) berpendapat bahwa mangrove akan menggunakan fungsi fisiknya dalam menanggulangi pencemaran logam berat. Hutan mangrove secara alami juga mempunyai kemampuan *biosorpsi* sehingga dapat menyerap kandungan logam berat di alam seperti Fe, Mn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Zn dan Cd. Oleh karena itu mangrove dapat dikatakan sebagai agen bioremediasi alami.

Mekanisme mangrove menyerap logam berat adalah proses penyerapan logam berat yang dilakukan oleh akar mangrove disebut *rhizofiltrasi*. Proses *rhizofiltrasi* ini akan dipercepat oleh mikroba yang tumbuh di perakaran mangrove (area rhizofe). Daerah rhizofe merupakan lingkungan yang sangat baik untuk tempat tumbuhnya mikroba dalam tanah, karena tanaman mengeluarkan senyawa organik dan enzim melalui akar yang disebut eksudat akar. Logam dalam bentuk ion-ion logam dapat larut dalam lemak dan mampu melakukan penetrasi pada membran sel, sehingga ion logam akan terakumulasi di dalam sel dan jaringan (Haryati, 2012). Mekanisme detoksifikasi merupakan upaya tanaman mangrove untuk mencegah keracunan logam terhadap sel dan jaringannya, antara lain dengan cara menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar (Priyanto & Prayitno, 2012).

Konsentrasi Logam Berat dalam Biota Bandeng

Hasil analisis laboratorium konsentrasi logam berat Cu, Pb, dan Cd pada daging ikan bandeng di empat stasiun berbeda menunjukkan hasil yang bervariasi (tabel 3). Namun seluruhnya masih berada di bawah Nilai Ambang Batas cemaran logam berat dalam pangan. Karakteristik titik stasiun penelitian juga mempengaruhi hasil dari konsentrasi logam berat tersebut. Kandungan logam berat Pb dalam biota ikan bandeng pada keempat stasiun penelitian, yaitu antara 0,114-0,189 ppm. Variasi kadar Pb ini dapat dipengaruhi oleh interaksi berbagai faktor lingkungan. Kandungan logam berat tertinggi terdapat pada stasiun tambak tradisional 2, yaitu sebesar 0,189 ppm dan kandungan logam terendah terdapat pada stasiun tambak *silvofishery* 1, yaitu sebesar 0,114 ppm. Secara umum terlihat bahwa kandungan logam lebih tinggi pada bandeng yang dipelihara di tambak tradisional dibanding pada tambak silvofishery.

Tabel 3. Kadar Logam Berat Pb, Cu dan Cd pada Daging Ikan Bandeng di Perairan Mangrove Wonorejo

Stasiun Penelitian	Kadar Logam Berat (ppm)			Nilai Ambang Batas (ppm)		
	Pb	Cu	Cd	Pb*	Cu**	Cd*
Tb. Tradisional 1	0,181	0,0091	0,019			
Tb. Tradisional 2	0,189	0,0095	0,029			
Tb. <i>Silvofishery</i> 1	0,114	0,0052	0,015	0,2	0,3	0,1
Tb. <i>Silvofishery</i> 2	0,125	0,0072	0,014			

Keterangan: *BPOM No 5 Tahun 2018 Tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan; ** SNI 7387:2009 Tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi ikan bandeng dalam tambak tradisional 2 memiliki akumulasi logam Pb yang tinggi daripada di stasiun lainnya, salah satunya adalah lamanya ikan hidup di stasiun tambak tradisional 2 tersebut. Logam Pb yang larut pada air tambak tersebut akan masuk ke dalam tubuh ikan bandeng kemudian logam berat tersebut akan terakumulasi di dalam tubuh ikan dan konsentrasinya lebih tinggi pada setiap waktunya. Akumulasi logam berat yang terjadi pada ikan disebabkan adanya kontak antara ikan dengan medium perairan yang mengandung senyawa toksik. Pemindahan zat kimia, misalnya logam berat, dari lingkungan ke dalam atau permukaan tubuh ikan, melalui tiga cara yaitu melalui insang, makanan, dan difusi melalui permukaan kulit (Sahetapy, 2011).

Kandungan logam berat Cu pada biota ikan bandeng di keempat stasiun pengamatan menunjukkan hasil yang bervariasi, yaitu antara 0,0052-0,0095 ppm. Konsentrasi logam berat Cu pada ikan bandeng tertinggi ditemukan pada tambak tradisional 2, yaitu sebesar 0,0095 ppm. Hal ini dikarenakan lamanya ikan berada di tambak tersebut yang tercemar oleh logam Cu, yang diduga bersumber dari aktivitas industri seperti buangan industri yang menggunakan bahan baku buangan, industri galangan kapal, industri pengolahan kayu, serta limbah rumah tangga. Faktor inilah yang akan membuat logam Cu akan mudah terakumulasi di dalam tubuh ikan dalam waktu tertentu.

Konsentrasi logam berat Cd ikan tertinggi terdapat pada tambak tradisional 2, yaitu sebesar 0,029 ppm. Keberadaan ikan bandeng pada kondisi lingkungan yang buruk menyebabkan ikan mudah terakumulasi logam berat, keadaan tersebut terjadi dikarenakan lokasi tambak tradisional 2 yang diperkirakan merupakan lokasi terdekat dari industri dan wilayah pemukiman. Rumahlatu (2011) menyatakan bahwa kegiatan industri dan transportasi kapal dapat menyebabkan sumber utama pencemaran logam berat. Penelitian Gunawan & Anwar (2008) menunjukkan konsentrasi logam Pb terendah terdapat pada tambak *silvofishery* 1, yaitu 0,114 ppm. Demikian juga Kadar logam Cu terendah terdapat pada tambak *silvofishery* 1, yaitu sebesar 0,0052 ppm. Kadar logam Cd terendah juga ditemukan pada tambak *silvofishery* 2, yaitu 0,014 ppm. Atau dapat dikatakan bahwa konsentrasi logam berat Pb, Cu, dan Cd di tambak *silvofishery* secara umum lebih rendah dibanding pada tambak tradisional. Hal ini dikarenakan pada tambak *silvofishery* tersebut memiliki mangrove yang berfungsi sebagai penyerap zat polutan seperti logam berat.

Heriyanto & Subiandono (2011) yang melakukan penelitian di kawasan Segara Anakan menunjukkan bahwa kadar zinc (Zn), magnesium (Mg), kadmium (Cd), dan arsen (As) di sedimen, air, dan tumbuhan pada area hutan mangrove yang jauh dari industri pengilangan minyak memiliki nilai lebih kecil dibandingkan dengan kadar logam berat yang terdapat pada sedimen, air, dan tumbuhan di area hutan mangrove di dekat industri pengilangan minyak. Hal ini bersesuaian dengan hasil penelitian Gunawan & Anwar (2008) pada ikan di tambak empang parit hutan Ciasem Pemanukan yang menunjukkan bahwa konsentrasi kontaminan merkuri (Hg) pada ikan dan udang di tambak tanpa mangrove lebih tinggi daripada tambak bermangrove.

Mangrove jenis *A. marina*, *R. mucronata*, dan *B. gymnorrhiza* diketahui dapat menyerap logam berat dengan efektif. Namun beberapa peneliti menyatakan bahwa jenis *Avicennia* diperkirakan memiliki kemampuan penyerapan yang lebih baik terhadap beberapa logam dibanding spesies mangrove yang lain (Deri *et al.*, 2013) *A. marina* ditemukan mengakumulasi Zn, Cu, dan Pb dalam jaringan akar dengan tingkatan yang lebih tinggi ataupun sama dengan konsentrasi sedimen di lingkungannya. Dapat dikatakan bahwa akar dari *A. marina* inilah yang berfungsi sebagai indikator biologi terhadap paparan Cu, Pb dan Zn (Utami *et al.*, 2018). Penelitian Supriyantini *et al.*, (2017) menemukan bahwa *Rhizophora* sp. Mempunyai kemampuan yang rendah dalam mengakumulasi logam Pb dengan nilai *bioconcentration factor/BCF* pada akar (0,02) dan pada daun (0,01).

Batas Aman Konsumsi / Acceptable Daily Intake

Acceptable Daily Intake diartikan sebagai jumlah maksimum senyawa kimia yang bisa dikonsumsi setiap hari secara terus menerus tanpa menimbulkan resiko dalam kesehatan (Yuliarti, 2007). Semakin tinggi nilai ADI (*Acceptable Daily Intake*) maka jumlah senyawa yang aman untuk dikonsumsi juga semakin besar. Keberadaan logam berat, seperti Pb, Cd, dan Cu dalam tubuh dapat menyebabkan kematian. Untuk itu diperlukan pembatasan dalam rangka meminimalkan dampak yang ditimbulkan.

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang berbahaya bagi anak-anak. Selain melalui makanan dan minuman, masuknya timbal ke dalam tubuh dapat melalui plasenta pada ibu hamil. Dalam jangka panjang, efek yang ditimbulkan adalah terganggunya sistem syaraf (Romli *et al.*, 2016). Kandungan rata-rata Pb dalam ikan bandeng di tambak tradisional sebesar 0,185 ppm sedangkan pada *silvofishery* sebesar 0,1195 ppm. Berdasarkan hasil tersebut kandungan Pb dalam daging ikan di tambak tradisional dan *silvofishery* masih berada dibawah ambang batas yang dikeluarkan oleh BPOM No 5 Tahun 2018, yaitu 0,2 ppm. World Health Organization (2009) menetapkan batas aman toleransi pemasukan Pb per minggu, yaitu 25 µg/kg berat tubuh per minggu. Berdasarkan batas tersebut, maka berat maksimum ikan pada tambak tradisional yang dapat dikonsumsi per minggunya adalah 135 g/kg berat tubuh per minggu, sedangkan ikan

pada *silvofishery* adalah 209,2 g/kg berat tubuh per minggu. Sebagai contoh orang dewasa yang memiliki berat badan 60 kg dalam seminggu maksimal mengonsumsi ikan yang ada di *silvofishery* seberat 12,552 g/ 60 kg berat tubuh, sedangkan untuk ikan yang ada di tambak tradisional seberat 8,100 g/ 60 kg berat tubuh.

Tembaga merupakan salah satu logam esensial yang dibutuhkan oleh manusia untuk metabolisme besi dalam hemoglobin. Namun logam Cu dapat terakumulasi di dalam jaringan tubuh, sehingga apabila konsentrasi logam ini dalam tubuh sangat besar maka dapat meracuni manusia. Pengaruh racun yang ditimbulkan yaitu rasa panas di daerah lambung dan diare, muntah-muntah, selanjutnya disusul dengan nekrosis hati dan dapat mengakibatkan koma (Napitu, 2012). Kandungan rata-rata Cu dalam ikan di tambak tradisional sebesar 0,0093 ppm, sedangkan pada *silvofishery* sebesar 0,0062 ppm. Berdasarkan hasil tersebut, kandungan Cu dalam ikan bandeng di tambak dan *silvofishery* masih dibawah ambang batas yang ditetapkan oleh SNI 7387:2009 sebesar 0,3 ppm. World Health Organization (2009) menetapkan batas aman toleransi pemasukan Cu per minggu, yaitu 87,5 µg/kg berat tubuh per minggu. Berdasarkan batas tersebut, maka berat maksimum ikan pada tambak tradisional yang dapat dikonsumsi per minggunya adalah 9,368 g/kg berat tubuh per minggu, sedangkan ikan pada *silvofishery* adalah 14,112 g/kg berat tubuh per minggu. Sebagai contoh orang dewasa yang memiliki berat badan 60 kg dalam seminggu maksimal mengonsumsi ikan yang ada di *silvofishery* seberat 846 g/ 60 kg berat tubuh, sedangkan untuk ikan yang ada di tambak tradisional seberat 562 g/ 60 kg berat tubuh.

Salah satu efek kronis yang ditimbulkan akibat akumulasi Cd dalam tubuh manusia adalah terjadinya gangguan ginjal. Selain itu, pemaparan logam Cd pada ibu hamil dapat menyebabkan keguguran dan rendahnya bobot bayi pada saat dilahirkan (Napitu, 2012). Berdasarkan hasil analisis laboratorium kandungan rata-rata Cd dalam ikan di tambak tradisional sebesar 0,024 ppm, sedangkan pada *silvofishery* sebesar 0,0145 ppm. Berdasarkan hasil tersebut, kandungan Cd dalam ikan bandeng di tambak dan *silvofishery* masih dibawah ambang batas yang ditetapkan oleh BPOM No 5 Tahun 2018 sebesar 0.1 ppm. World Health Organization (2009) menetapkan batas aman toleransi pemasukan Cd per minggu, yaitu 7 µg/kg berat tubuh per minggu. Berdasarkan batas tersebut, maka berat maksimum ikan pada tambak tradisional yang dapat dikonsumsi per minggunya adalah 291 g/kg berat tubuh per minggu, sedangkan ikan pada *silvofishery* adalah 482,75 g/kg berat tubuh per minggu. Sebagai contoh orang dewasa yang memiliki berat badan 60 kg dalam seminggu maksimal mengonsumsi ikan yang ada di *silvofishery* seberat 28,965 g/ 60 kg berat tubuh, sedangkan untuk ikan yang ada di tambak tradisional seberat 17,460 g/ 60 kg berat tubuh.

4 Kesimpulan

Disimpulkan bahwa kandungan logam berat Pb, Cu dan Cd yang terdapat pada daging ikan bandeng yang dibudidayakan di tambak *silvofishery* lebih rendah dibanding di tambak tradisional. Dari semua logam berat yang ditemukan dalam daging ikan bandeng dapat dipastikan masih dibawah baku mutu yang telah ditentukan oleh BPOM No 5 Tahun 2018 dan SNI 7387:2009. Kerapatan vegetasi mangrove pada tambak *silvofishery* diduga mempengaruhi kadar logam berat pada daging biota budidaya, karena pada perairan tambak *silvofishery* yang vegetasinya rapat memiliki konsentrasi logam berat Pb, Cu dan Cd yang lebih rendah.

Daftar Pustaka

- Deri, Emiyarti, & Afu, L. O. A. (2013). Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut Indonesia*, 1(1), 38–48.
- Effendi, H. (2000). *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber daya dan Lingkungan Perairan*. Bogor: Institut Pertanian Bogor Press.
- Gunawan, H., & Anwar, C. (2008). Kualitas Perairan dan Kandungan Merkuri (Hg) dalam Ikan pada Tambak Empang Parit di Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan Ciasem-Pamanukan, Kesatuan Pemangkuan Hutan Purwakarta, Kabupaten Subang, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, V(1), 1–10. <https://doi.org/10.20886/jphka.2008.5.1.1-10>
- Haryati, M. (2012). Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis flava* (L.) Buch) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang Berbeda. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 1(3), 131–138.
- Hastuti, E. D. (2017). Penerapan Wanamina: Kelulushidupan Semai Mangrove, Variasi Kualitas Lingkungan dan Perubahan Kandungan Logam Berat. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 2(1), 17–25. <https://doi.org/ISSN 2527-675117>
- Heriyanto, N. M., & Subiandono, E. (2011). Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb dan Cu) oleh Jenis-Jenis Mangrove. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 8(2), 177–188. <https://doi.org/10.20886/jphka.2011.8.2.177-188>
- Heriyanto, N. M., & Suharti, S. (2013). Kandungan Logam Berat dan Plankton pada Ekosistem Tambak Bermangrove dan Tambak tanpa Mangrove (Kasus di Tegal Tangkil, Cikiong, Poponcol, dan Kedung Peluk). *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 10(2), 121–133. <https://doi.org/https://doi.org/10.20886/jphka.2013.10.2.121-133>
- Khairuddin, Yamin, M., & Syukur, A. (2018). Analisis Kandungan Logam Berat pada Tumbuhan Mangrove Sebagai Bioindikator di Teluk Bima. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(1), 69–79. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v18i1.731>
- Napitu, W. T. (2012). *Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cd, dan Cu pada Bandeng, Belanak, dan Udang di Kawasan Silvofishery Blanakan Subang*. Skripsi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Priyanto, B., & Prayitno, J. (2012). Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat. *Online: Http://Ltl. Bppt. Tripod. Com/Sublab/Lflora1. Htm Diakses Pada Tanggal 14 September 2021*.

- Romli, M., Suhartono, & Setiani, O. (2016). Hubungan Kadar Plumbum (Pb) dalam Darah dengan Prestasi Belajar pada Anak Sekolah di SDN Grinting 01 Kecamatan Bulakamba Kabupaten Brebes. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 15(2), 36–41. <https://doi.org/10.14710/jkli.15.2.35-41>
- Rumahlatu, D. (2011). Kandungan logam berat kadmium pada air, sedimen dan Deadema setosum (Echinodermata, Echinoidea) di Perairan Pulau Ambon. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 16(2), 78–85. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/ik.ijms.16.2.78-85>
- Sahetapy, J. M. . (2011). *Toksisitas Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya Pada Konsumsi Oksigen dan Respon Hematologi Juvenil Ikan Kerapu Macan (Epinephelus fuscoguttatus)*. Tesis Program Studi Ilmu Akuakultur Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sari, S. H. J., Kirana, J. F. A., & Guntur. (2017). Analisis Kandungan Logam Berat Hg dan Cu Terlarut di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 22(1), 1–9. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17977/um017v22i12017p001>
- Supriyantini, E., Nuraini, R. A. T., & Dewi, C. P. (2017). Daya Serap Mangrove Rhizophora sp. Terhadap Logam Berat Timbal (Pb) Di Perairan Mangrove Park, Pekalongan. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(1), 16–24. <https://doi.org/10.14710/jkt.v20i1.1349>
- Utami, R., Rismawati, W., & Sapanli, K. (2018). Pemanfaatan Mangrove untuk Mengurangi Logam Berat di Perairan. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018 Palembang 20 Maret 2018*, 141–153. <https://doi.org/e-ISSN: 2621-7449>
- Wijaya, N. I., Sanjaya, R., & Nuhman. (2019). Influence of Waters in Silvofishery Ponds on Wonorejo Mangroves That Contaminated by Heavy Metals Pb, Cd, and Cu toward Aquaculture Animals. *Proceedings of the 7th– International Seminar on Ocean and Coastal Engineering, Environmental and Natural Disaster Management (ISOCEEN). Desember 2019*, 207–211.
- Wijaya, N. I., Trisyani, N., & Sulestiani, A. (2019). Potensi Pengembangan Budidaya Silvofishery Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) di Area Mangrove Wonorejo Surabaya. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 16(2), 173–189. <https://doi.org/10.20886/jphka.2019.16.2.173-189>
- World Health Organization. (2009). Exposure of children to chemical hazards in food. <https://bit.ly/3FuiZuG>. Diakses Pada Tanggal 1 Oktober 2021.
- Yuliarti, N. (2007). *Awas Bahaya Dibalik Lezatnya Makanan*. Yogyakarta: Andi.