

BIOAKUMULASI TOTAL MERKURI, ARSEN, KROMIUM, CADMIUM, TIMBAL DI TELUK TOTOK DAN TELUK BUYAT, SULAWESI UTARA

Natalie D.C. Rumampuk dan Veibe Warouw
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, UNSRAT, Manado
(E-mail: detynatalie@yahoo.com)

ABSTRAK

Kajian ilmiah berbagai aspek yang terkait dengan dugaan adanya pencemaran logam berat di Teluk Buyat dan Teluk Totok sedang marak dilakukan, sebagian telah dipaparkan dalam berbagai temu ilmiah. Penelitian ini memberikan informasi seberapa jauh terjadi bioakumulasi dan biomagnifikasi dari logam-logam seperti merkuri, arsen, kromium, cadmium dan timbal dalam ekosistem perairan setempat. Sampel biota laut yang telah diidentifikasi, kemudian dipreparasi dan dianalisa kandungan logam beratnya. Pada penelitian ini didapatkan telah terjadi biomagnifikasi minimal pada kedua logam, yaitu merkuri dan timbal di Teluk Totok, karena sudah terdeteksi pada plankton. Secara umum dapat disimpulkan bahwa akumulasi logam pada biota di Teluk Totok lebih tinggi dari yang terakumulasi pada biota di Teluk Buyat. Logam-logam berat dalam gastropoda lebih tinggi dari pada ikan, kecuali kadar merkuri pada gastropoda di Teluk Buyat yang tidak terdeteksi. Merkuri total (Hg) pada ikan dan gastropoda dari Teluk Totok masing-masing 0,804 dan 1,02 mg/Kg, lebih tinggi dari yang terdeteksi di Teluk Buyat melampaui batas maksimum yang ditetapkan dengan SNI 7387:2009. Kadar total arsen dalam gastropoda di Teluk Totok tujuh kali kadar maksimum menurut SNI 7387:2009. Kadar logam ini dalam gastropoda di Teluk Buyat juga sudah hampir mencapai batas maksimum. Kadar logam cadmium (Cd) dan timbal (Pb), walaupun belum terdeteksi pada ikan, namun pada gastropoda di Teluk Totok sudah mengandung logam Pb dalam kadar yang sudah melampaui batas maksimum menurut SNI 7387:2009. Sedangkan untuk tembaga, ditemukan pada Gastropoda dalam kadar yang sangat tinggi di Teluk Buyat dan Teluk Totok, masing-masing 124 mg/Kg dan 116 mg/Kg.

Kata kunci : Bioakumulasi, cadmium, Teluk Buyat dan Teluk Totok, timbal

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir yang memiliki arti penting bagi pembangunan ekonomi mengandung biota laut yang sangat kaya (85%), namun bersifat rentan jika diperhadapkan pada akibat kegiatan manusia di wilayah daratan terdekat. Potensi hayati laut ini dapat terganggu keberadaannya jika terjadi perubahan tatanan ekosistem di dalamnya, sehingga walaupun masih dapat dieksploitasi, tapi pemanfaatannya dapat berdampak negatif bagi manusia. Salah satu penyebab yang mungkin adalah masuknya bahan sisa suatu kegiatan yang dihasilkan antara lain dari hasil pertambangan. Limbah tambang (*tailing*) diprihatinkan karena berpotensi mengandung racun berbahaya bagi manusia dan lingkungan.

Maraknya pertambangan rakyat di wilayah Ratatotok, di perbatasan Minahasa Tenggara dan Bolaang Mongondow Timur merupakan ancaman terhadap kesehatan masyarakat dan kegiatan perikanan setempat. Dampak secara biologi dari emisi merkuri akibat pertambangan

rakyat menjadi sangat memprihatinkan, terutama karena teknik pengolahan emas yang digunakan masih tradisional sehingga jumlah merkuri yang terlepas ke lingkungan cukup besar.

Kajian lingkungan perairan wilayah ini menjadi kebutuhan mendesak jika dikaitkan dengan dugaan telah terjadi transfer logam berat pada berbagai biota yang berbeda taxa di laut, sangat diperlukan untuk mengklarifikasi isu tadi. Sebagaimana diketahui bahwa, hal mangsa memangsa dalam ekosistem perairan yang dikenal dengan “rantai makanan” berawal dari fitoplankton yang dimangsa oleh zooplankton dan larva fauna laut, yang kemudian dimangsa oleh fauna yang berukuran lebih besar, dan seterusnya pemangsa terakhir adalah manusia. Transfer dimaksud berakibat terjadi akumulasi logam berat pada organisme tertentu yang terpapar secara kontinyu selama periode waktu tertentu yang dikenal dengan bioakumulasi. Akibat lebih lanjut lewat rantai makanan akan terjadi penumpukan pada taxa yang lebih tinggi selang beberapa waktu terpapar yang dikenal dengan biomagnifikasi.

Sejumlah penelitian telah dilakukan oleh berbagai pihak terhadap kasus pencemaran merkuri dan arsen di perairan Teluk Buyat dan Teluk Totok. Khususnya total merkuri dalam sedimen sebelumnya memang telah dilaporkan berada dalam kadart yang cukup tinggi di Teluk Totok, sedang total arsen cukup tinggi di Teluk Buyat (Anonim, 2004), didukung oleh pemaparan Edinger *dkk.* (2004). Kajian tentang merkuri pada biota di daerah Sulawesi Utara telah dilakukan sebelumnya di wilayah DAS Talawaan, untuk plankton (Rumengan *et al.*, 2003), dan biota lainnya (Limbong *et al.*, 2000).

Berbagai kajian yang dilakukan telah menimbulkan polemik bahwa telah terjadi pencemaran di wilayah perairan akibat menerima buangan limbah tambang emas dari PT Newmont Minahasa Raya (NMR) selama 8 tahun (1996-2004), padahal ada sejarah pertambangan emas rakyat selama ratusan tahun sejak abad ke 19 yang juga menggunakan merkuri sebagai pengekstrak emas. Bertolak dari keadaan tersebut, penelitian ini didisain untuk kemudian menjadi salah satu acuan penentuan status pencemaran di wilayah tersebut, dan tentu saja dengan mensinkronkan dengan temuan-temuan ilmiah yang baru dikemudian hari. Diharapkan pendekatan ini dapat menjembatani seluruh pemangku kepentingan dengan keberagaman hasil-hasil observasinya menuju suatu *platform* ilmiah yang dapat mempersatukan persepsi. Pada prinsipnya penentuan status pencemaran memang perlu pendekatan dengan mengasumsikan bahwa keberagaman hasil-hasil pemantauan lingkungan, sebagian dapat disebabkan oleh keragaman spasial, temporal, dan aspek-aspek acak lainnya. Dengan demikian representasi suatu parameter lingkungan akan lebih baik jika merupakan nilai sentral dari sejumlah hasil observasi yang merekam keragaman yang ada. Keutamaan penelitian ini terletak

pada informasi seberapa jauh telah terjadi bioakumulasi dan biomagnifikasi dalam ekosistem perairan setempat. Dalam hal ini kajian difokuskan pada kadar total logam-logan seperti merkuri, arsen, kromium, cadmium dan timbal yang terakumulasi pada ikan, bentos dan plankton.

METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel biota

Sampel ikan pada setiap lokasi (Gambar 2) dilakukan dengan menggunakan pancing kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik PE dan segera disimpan dalam cool box, dan selanjutnya disortir di Laboratorium Biologi Molekuler dan Farmasitika Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Unsrat untuk keperluan identifikasi. Sampel moluska setiap lokasi sepanjang memungkinkan dikoleksi pula.

Pengambilan sampel plankton dilakukan secara horizontal sepanjang kurang lebih 100 m mengitari lapisan permukaan air di Teluk Buyat, dan dengan cara yang sama pengambilan sampel plankton dilakukan di Teluk Totok. Pengambilan sampel dilakukan dari perahu motor dengan plankton net berukuran 100 dan 300 μm berdiameter 30 cm. Semua sampel plankton untuk analisis logam berat dimasukkan dalam botol PE setelah pembilasan dengan air laut steril, disimpan dalam keadaan beku. Agar memperkecil kemungkinan tercampur dengan padatan terlarut, plankton net yang digunakan adalah yang berukuran mata jaring 300 μm , dengan konsekuensi sebagian besar yang terjaring adalah zooplankton. Pemisahan fitoplankton dan zooplankton hampir tidak memungkinkan dilakukan dalam pengambilan sampel nanti.

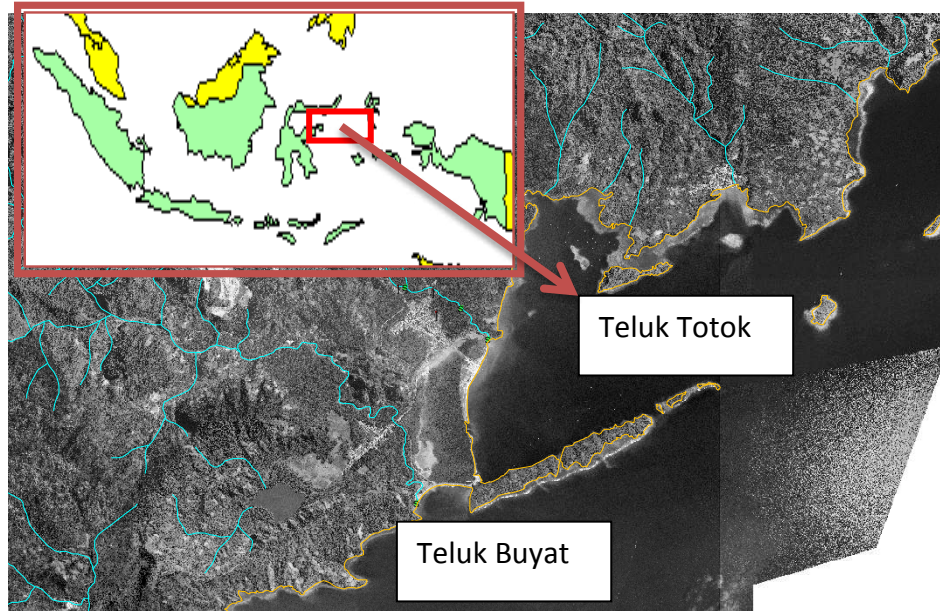
Pengambilan sampel bentos berupa moluska dilakukan dengan menyusuri pantai sambil mengoleksi sebanyak mungkin moluska yang dijumpai. Wilayah pantai yang disusuri termasuk wilayah pasang surut, namun pengambilan sampel dilakukan pada waktu air surut.

Identifikasi biota

Plankton yang dikoleksi diidentifikasi di Laboratorium Biologi Molekuler dan farmasitika Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Unsrat menggunakan acuan Newell dan Newell (1963) dan Yamaji (1982). Demikian pula identifikasi ikan dilakukan dengan Panduan Identifikasi yang sudah baku di laboratorium yang sama. Khusus untuk ikan, sebelum diidentifikasi diukur panjang dan beratnya.

Analisis logam berat

Semua sampel plankton, ikan dan moluska dipreparasi untuk analisis merkuri (Hg), arsen (As), cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu) dan timbal (Pb) dianalisis di laboratorium WLN.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel biota

Setiap lokasi hanya diwakilkan oleh masing-masing satu sampel baik untuk plankton, ikan serta moluska. Untuk itu berbagai specimen yang sama spesies dari setiap lokasi digabung menjadi “*composite sample*”.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Jenis ikan, Gastropoda, dan Plankton di Teluk Buyat

Ikan-ikan yang tertangkap kebanyakan ikan-ikan pelagis pada Teluk Buyat dan ikan-ikan karang pada Teluk Totok. Mendapatkan jenis ikan yang sama dari kedua lokasi, relative sulit karena kondisi kedua teluk memang berbeda. Teluk Buyat relative sempit namun terbuka ke lautan lepas Laut Maluku, sedang Teluk Totok relative tertutup namun cukup luas (Gambar 1).

Keragaman jenis ikan belum dapat dihitung berdasarkan data tersebut di atas, karena jenis-jenis ikan tersebut belum dapat mewakili komunitas ikan di lokasi kajian. Juga ikan-ikan tersebut belum dapat dikategorikan apakah herbivore, omnivore atau karnivor. Pengambilan sampel secara ekstensif diperlukan untuk mengkategorikan tipe ikan berdasarkan makanan kebiasaannya.

Tabel 1 memaparkan jenis-jenis ikan yang tertangkap waktu survey di Teluk Buyat dan Teluk Totok, masing-masing dengan ukuran panjang total dan lebarnya. Berdasarkan ukuran tersebut, ternyata ikan-ikan tersebut dapat mewakili ikan-ikan yang siap dikonsumsi. Factor kondisi yang didasarkan pada hubungan panjang dan lebar belum dapat ditentukan karena keterbatasan jumlah spesimen. Selanjutnya terkait fauna bentos moluska yang ditemukan di wilayah pantai kedua teluk, sangat sedikit jenisnya, hanya didominasi oleh gastropoda. Bentos sebenarnya mencirikan seberapa produktifnya habitat dasar laut yang dihuninya sekaligus mengindikasikan ada tidaknya kontaminasi yang terakumulasi di tempat huniannya. Sampel makrobentos yang terambil hanya yang terdapat di daerah pantai.

Tabel 1. Jenis-jenis ikan yang tertangkap di Teluk Buyat dan Teluk Totok, masing-masing dengan ukuran panjang total dan lebarnya

	Nama Latin	Panjang total (cm)	Lebar (cm)
Teluk Buyat	<i>Sardinella lemuru</i>	34	2,6
	<i>Caranx sexfasciatus</i>	13	6,0
	<i>Belone belone</i>	35,2	1,5
	<i>Adrianichthys roseni</i>	16	5,7
Teluk Totok	<i>Upeneus vittatus</i>	12,5	2,6
	<i>Sargocentron caudimaculatum</i>	16,3	5,8
	<i>Sargocentron diadema</i>	14,8	3,2
	<i>Myripristis violacea</i>	14,8	4,0

Komunitas makrobentos merupakan komponen fungsional ekosistem perairan yang penting. Fauna yang hidup pada atau dalam sedimen ini dapat merubah kondisi kimia dan fisika lapisan antara sediment-air, memacu dekomposisi bahan organik, daur-ulang nutrien untuk fotosintesis dan transfer energi ke komponen jejaring makanan (Gaston *et al.*, 1998). Di lain pihak, karena kebanyakan organisme bentos tidak dapat bergerak cepat, maka dinamika populasinya tergantung pada sifat-sifat fisika dan daur-ulang unsur-unsur (terutama karbon, nitrogen, fosfor, belerang) dan bahan-bahan yang masuk dan keluar sedimen (Gray and Elliot, 2009).

Pada gambar 2 memperlihatkan jenis yang dominan dijumpai di wilayah pantai Teluk Buyat dan Teluk Totok. Spesimen yang dijumpai ini belum dapat ditentukan apakah dalam kondisi *epitoky* yang menunjukkan kondisi sedang dalam fase reproduksi. *Epitoky*, suatu fenomena yang dikarakteristikan oleh adanya metamorphosis dari keadaan yang belum aktif secara seksual menjadi fase pelagik yang aktif secara seksual (Gosner, 1971). Selanjutnya plankton yang dikoleksi di wilayah studi kebanyakan berupa zooplankton, karena dengan ukuran

jarring plankton yang digunakan, tidak memungkinkan menjaring spesies fitoplankton dalam jumlah yang cukup untuk menjadi sampel untuk analisis logam berat.

Ternyata walaupun kebanyakan yang terjaring dari golongan zooplankton dari filum Arthropoda, namun ada juga fitoplankton seperti *Chaetoceros sp.*, *Chaetoceros pendulus*, dan *Ceratiumfurca*. *Chaetoceros spp* dijumpai baik di Teluk Buyat dan Teluk Totok, merupakan diatom yang dominan di perairan tropis. Golongan zooplankton yang menonjol dijumpai adalah dari kopepoda, seperti *Othona*, *Acartia*. Seperti halnya pada ikan dan moluska, data jenis plankton yang diperoleh ini belum cukup untuk mengkalkulasi indeks-indeks keragaman, karena volume air yang terjaring terlalu besar, karena ditarik horizontal dan peluang ada specimen-specimen yang lolos sangat besar. Survei spasial dan temporal perlu dilakukan untuk tujuan itu.

Konsentrasi logam-logam berat

Sebagai acuan mengevaluasi kadar logam dalam biota air digunakan batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN, 2009) dalam bentuk Standar Nasional Indonesia (SNI). Berdasarkan SNI No. 7387:2009 yang ditetapkan untuk itu, diambil beberapa parameter yang relevan dengan kajian ini, dimana ternyata hanya logam-logam merkuri, arsen, cadmium dan timbal yang ada dalam SNI tersebut.

Tabel 2. Batas maksimum kadar logam (mg/Kg) dalam pangan turunan produk perikanan yang ditetapkan BSN dalam SNI 7387:2009.

No	Parameter	Ikan dan olahan	Ikan predator	Moluska, kerang	Udang, krustase lain
1	Merkuri (Hg), terlarut	0,5	1,0	1,0	1,0
2	Arsen (As) terlarut	1,0	-	1,0	1,0
3	Kromium	-	-	-	-
4	Cadmium (Cd)	0,1	0,5	1,0	1,0
5	Timbal (Pb) terlarut	0,3	0,4	1,5	0,5
6	Copper (Cu)	-			

http://sertifikasibbia.com/upload/logam_berat.pdf

Standar Nasional Indonesia (SNI) tersebut di atas, merupakan Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan yang disusun dan dirumuskan oleh Panitia Teknis 67-02 Bahan Tambahan Pangan dan Kontaminan. Standar ini telah dibahas dalam rapat teknis dan terakhir dirumuskan dalam rapat konsensus di Jakarta tanggal 16 Januari 2008 yang dihadiri oleh wakil-wakil produsen, konsumen, asosiasi, perguruan tinggi, serta instansi pemerintah. Penetapan SNI tersebut hanya berupa konsesus bersama antara pemangku kepentingan tersebut, bukan berdasarkan kajian teknis seperti bioesei yang spesifik setiap logam dimaksud.

Ternyata logam kromium dan copper belum ada dalam daftar yang diSNikan oleh BSN, mungkin karena kurangnya kasus-kasus keracunan sistemik yang dilaporkan akibat kadar yang tinggi dari kedua logam itu dalam pangan, atau belum ada kajian yang spesifik mengenai kadar kedua logam tersebut dalam pangan. Namun dalam ekosistem sebetulnya keberadaan kedua logam itu, termasuk dalam air laut, jika berada dalam kadar tertentu berbahaya bagi biota laut, sesuai kadar Baku Mutu untuk biota laut yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup untuk kedua logam itu (Tabel 3).

Tabel 3. Baku mutu logam merkuri (Hg), arsen (As), cadmium (Cd), Chromium (Cr), copper (Cu) dan timbal (Pb) dalam air laut untuk biota laut.

No	Parameter	Standar	Satuan
1	Merkuri (Hg), terlarut	0,001	mg/L
2	Arsen (As) terlarut	0,012	mg/L
3	Kromium heksavalen (Cr(+6)), terlarut	0,005	mg/L
4	Cadmium (Cd)	0,001	mg/L
5	Timbal (Pb) terlarut	0,008	mg/L
6	Copper (Cu)	0,008	mg/L

Sumber: Baku mutu Kualitas Air Laut untuk Biota Laut, Lampiran III, Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, Nomor 51, tahun 2004.

Penjelasan lebih lanjut terkait keempat jenis logam berat tersebut, disarikan berikut dari BSN (2009). Merkuri merupakan salah satu logam berat yang berbahaya dan dapat terjadi secara alamiah di lingkungan. Senyawa merkuri dapat ditemukan di udara, tanah dan air dekat tempat-tempat kotor dan berbahaya. Merkuri dapat berikatan dengan senyawa lain seperti klorin, sulfur atau oksigen membentuk senyawa atau garam merkuri anorganik. Kebanyakan senyawa merkuri anorganik berupa serbuk atau larutan berwarna putih kecuali untuk merkuri sulfida (dikenal sebagai sinabar) yang berwarna merah dan berubah menjadi hitam apabila terkena cahaya. Umumnya merkuri ditemukan di alam dalam bentuk merkuri metalik, merkuri sulfida, merkuri klorida dan metil merkuri. Sedangkan logam berikut yaitu arsen merupakan salah satu elemen yang paling toksik dan merupakan racun akumulatif.

Arsen anorganik sangat beracun, dibandingkan arsen organik. Manusia terpapar arsen melalui makanan, air dan udara. Kadmium merupakan logam yang dalam kondisi asam lemah, kadmium akan mudah terabsorpsi ke dalam tubuh. Sebanyak 5% kadmium diserap melalui saluran pencernaan, dan terakumulasi dalam hati dan ginjal.

Kadmium dan senyawanya bersifat karsinogen dan bersifat racun kumulatif. Selain saluran pencernaan dan paru-paru, organ yang paling parah akibat mencerna kadmium adalah ginjal. Kerusakan yang terjadi disebabkan oleh proses destruksi eritrosit, proteinuria, rhinitis, emphysema dan bronkhitis kronis. Gejala keracunan kronis adalah terjadinya ekskresi β -mikro-

globulin dalam urin akibat kerusakan fungsi ginjal. Kadmium juga mengakibatkan terjadinya deformasi tulang. Di Jepang, penyakit "Itai-itai" disebabkan konsumsi beras berkadar Cd lebih dari 0,4 mg/kg. Kandungan kadmium pada ikan predator misalnya cucut, tuna, marlin dan lain-lain di Indonesia mencapai hingga 0,6 mg/kg, namun sebagian besar mendekati 0,5 mg/kg; pada kekerangan (bivalve) moluska dan teripang < 1,0 mg/kg.

Terkait timbal (Pb), dijelaskan bahwa di dalam tubuh, timbal diperlakukan seperti halnya kalsium. Tempat penyerapan pertama adalah plasma dan membran jaringan lunak. Bayi, janin dalam kandungan dan anak-anak lebih sensitif terhadap paparan timbal karena timbal lebih mudah diserap pada tubuh yang sedang berkembang. Selain itu jaringan otot anak-anak lebih sensitif. Sekitar 99% timbal yang masuk ke dalam tubuh orang dewasa dapat diekskresikan setelah beberapa minggu, sedangkan untuk anak-anak hanya 32 % yang dapat diekskresikan. Timbal dapat masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan dan makanan. Konsumsi timbal dalam jumlah banyak secara langsung menyebabkan kerusakan jaringan, termasuk kerusakan jaringan mukosal. Sistem yang paling sensitif adalah sistem sintesis jaringan darah (hematopoietik) sehingga biosintesis haema terganggu. Semua sel-sel yang sedang aktif berkembang sensitif terhadap timbal. Timbal juga dapat merusak syaraf.

Sebetulnya merkuri memang dianggap paling beresiko bagi kesehatan manusia. Jika pengacu pada pedoman Organisasi Kesehatan Sedunia (WHO), dimana ditetapkan batas aman berada pada konsentrasi 1 mg/kg untuk ikan pemangsa dan 0,5 mg/kg untuk ikan non-pemangsa. Logam lain yang cukup beresiko bagi manusia yaitu cadmium (Cd) dan timbal (Pb). Cadmium bersama unsur Zn dan Hg pada Susunan Berkala masuk Golongan IIB, dan di alam terdapat dalam valensi dua, Cd (+2).

Bioakumulasi logam-logam berat pada biota memang menjadi keprihatinan para pemerhati lingkungan hidup, karena logam-logam yang beracun itu bersifat persisten, tidak akan mudah terurai, bahkan akan bertahan lama. Hal yang paling diprihatinkan adalah aspek kelanjutan bioakumulasi yaitu biomagnifikasi, dimana dengan semakin tinggi posisi dalam rantai makanan, beresiko peningkatan kadar logam, dan akumulator logam yang terakhir adalah manusia yang mengkonsumsi biota yang sudah mengakumulasi logam tersebut. Sebagai logam yang dianggap paling beresiko bagi kesehatan manusia, karena kasus Minamata yang korban-korban manusia begitu nyata gejala keracunannya.

Walaupun jumlah sampel ikan yang dianalisis dalam penelitian ini sangat terbatas, namun hasil analisis yang diperoleh perlu diprihatinkan. Seperti yang dapat dilihat pada table-

tabel berikut, gejala peningkatan dari kadar dalam plankton ke ikan bahkan ke fauna bentos sudah terlihat.

Tabel 4. Konsentrasi jenis-jenis logam berat dalam biota yang diambil dari Teluk Buyat, serta batas maksimum yang diperkenankan dalam pangan (SNI 7387:2009)

No	Logam	Konsentrasi (mg/kg)			
		Batas max*	Ikan	Gastropoda	Plankton
1	Merkuri (Hg)	0,5-1,0	0.019	< 0.001	<0.001
2	Arsen (As)	1,0	< 0.5	0.8	< 0.5
3	Cadmium (Cd)	0,5-1,0	< 0.1	0.2	< 0.1
4	Chromium (Cr)	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1
5	Copper (Cu)	-	< 1	124	< 1
6	Timbal (Pb)	0,3-1,5	< 0.1	0.2	0.5

*Kisaran nilai sesuai dengan yang ada pada Tabel 2.

Merkuri total (Hg) terdeteksi pada ikan dan gastropoda dari Teluk Totok jelas lebih tinggi dari yang terdeteksi pada ikan dan gastropoda (masing-masing 0,804 dan 1,02 mg/kg) dari Teluk Buyat, dan yang memprihatinkan lagi kadarnya sudah melampaui batas maksimum yang ditetapkan dengan SNI 7387:2009. Terjadinya biomagnifikasi terlihat dari kadar merkuri yang ada dalam plankton di Teluk Totok sudah terdeteksi, dibandingkan dengan yang di Teluk Buyat. Jenis logam lain yang sangat memprihatinkan adalah kadar total arsen dalam gastropoda dimana di Teluk Totok telah tujuh kali kadar maksimum menurut SNI 7387:2009. Kadar logam ini dalam gastropoda di Teluk Buyat juga sudah hampir mencapai batas maksimum. Sebenarnya banyak negara, tidak lazim menerapkan pedoman berbasis kesehatan manusia untuk arsen, terutama karena sebagian besar arsen yang terdapat dalam jaringan tubuh ikan merupakan bentuk arsen organik yang tingkat toksisitasnya rendah, sedangkan yang paling beracun bagi manusia adalah arsen anorganik. Australia dan Selandia Baru memiliki pedoman berbasis kesehatan manusia untuk arsen anorganik dalam ikan dalam konsentrasi 2 mg/kg (FSANZ 2004, WTO/Thailand 2004). Spesiasi arsen dalam bentuk organik dan anorganik jarang dilakukan dalam pengujian laboratorium, hanya arsen total yang diuji. Proporsi arsen anorganik dalam arsen total hanya kecil yaitu 1- 10%. Jadi 10% dianggap sebagai faktor konversi yang cukup konservatif untuk digunakan.

Logam lain yang cukup beresiko bagi manusia yaitu cadmium (Cd) dan timbal (Pb). Kedua logam ini belum terdeteksi pada ikan, namun pada gastropoda sudah terdeteksi, dan gastropoda di Teluk Totok sudah mengandung logam Pb dalam kadar yang sudah melampaui batas maksimum menurut SNI 7387:2009. Gastropoda juga ditemukan telah mengandung tembaga (Cu) dalam kadar yang sangat tinggi di teluk Buyat dan Teluk Totok, masing-masing 124 mg/Kg dan 116 mg/Kg.

Tabel 5. Konsentrasi jenis-jenis logam berat dalam biota yang diambil dari Teluk Totok, serta batas maksimum yang diperkenankan dalam pangan (SNI 7387:2009).

No.	Logam	Konsentrasi (mg/kg)			
		Batas maks	Ikan	Gastropoda	Plankton
1	Merkuri (Hg)	0,5-1,0	0,804	1,02	0.014
2	Arsen (As)	1,0	< 0.5	7.5	< 0.5
3	Cadmium (Cd)	0,5-1,0	< 0.1	0.4	< 0.1
4	Chromium (Cr)VI	-	< 0.1	0.4	< 0.1
5	Copper (Cu)	-	< 1	116	< 1
6	Timbal (Pb)	0,3-1,5	< 0.1	1.6	0.1

*Kisaran nilai sesuai dengan yang ada pada Tabel 2.

Secara umum dapat disimpulkan bahwa akumulasi logam pada biota di Teluk Totok lebih tinggi dari yang terakumulasi pada biota di Teluk Buyat. Dibandingkan dengan ikan, logam-logam berat dalam gastropoda lebih tinggi dari pada ikan, kecuali kadar merkuri pada gastropoda di Teluk Buyat yang tidak terdeteksi. Kadar logam berat dalam plankton hanya terdeteksi untuk logam-logam merkuri di Teluk Totok, dan timbal di kedua teluk, namun kandungan Pb dalam plankton di Teluk Totok lima kali kandungan dalam plankton di Teluk Buyat. Kadar logam dalam plankton tidak perlu ditetapkan dengan SNI, karena tidak berupa bahan pangan, hanya mengindikasikan telah terjadi biomagnifikasi atau tidak, ketika dibandingkan dengan kadar logam dalam taxa yang lebih tinggi. Jelas untuk merkuri dan timbal mengindikasikan telah terjadi biomagnifikasi.

KESIMPULAN

Rumusan kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil kajian ini adalah:

- (1) Merkuri total (Hg) pada ikan dan gastropoda dari Teluk Totok masing-masing 0,804 dan 1,02 mg/Kg, lebih tinggi dari yang terdeteksi di Teluk Buyat. Kadar kedua logam tersebut sudah melampaui batas maksimum yang ditetapkan dengan SNI 7387:2009.
- (2) Telah terjadi biomagnifikasi minimal pada kedua logam, yaitu merkuri dan timbal di Teluk Totok, karena sudah terdeteksi pada plankton, namun perlu diteliti lebih lanjut.
- (3) Kadar total arsen dalam gastropoda dimana di Teluk Totok telah tujuh kali kadar maksimum menurut SNI 7387:2009. Kadar logam ini dalam gastropoda di Teluk Buyat juga sudah hampir mencapai batas maksimum yang dapat diterima.
- (4) Kadar logam cadmium (Cd) dan timbal (Pb), walaupun belum terdeteksi pada ikan, namun pada gastropoda di Teluk Totok sudah mengandung logam Pb dalam kadar yang sudah melampaui batas maksimum menurut SNI 7387:2009.

- (5) Gastropoda ditemukan telah mengandung tembaga (Cu) dalam kadar yang sangat tinggi di Teluk Buyat dan Teluk Totok, masing-masing 124 mg/Kg dan 116 mg/Kg.
- (6) Secara umum dapat disimpulkan bahwa akumulasi logam pada biota di Teluk Totok lebih tinggi dari yang terakumulasi pada biota di Teluk Buyat. Dibandingkan dengan ikan, logam-logam berat dalam gastropoda lebih tinggi dari pada ikan, kecuali kadar merkuri pada gastropoda di Teluk Buyat yang tidak terdeteksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. Laporan Hasil Pemantauan Kualitas Lingkungan di Perairan Teluk Buyat, Manado. ASDEP, Deputi Pembinaan Sarana Teknis Pengelolaan Lingkungan Hidup, Kementerian Lingkungan Hidup. 21 hal.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. Standar Nasional Indonesia (SNI) 7387:2009. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. http://sertifikasibbia.com/upload/logam_berat.pdf. Dikunjungi Oktober 2015.
- Edinger, E., Raja Siregar, P., Blackwood, G., and Glynn, T. 2004. Heavy Metals Contamination of Marine Sediments in Buyat and Totok Bays, North Sulawesi. Disampaikan pada Seminar dan Lokakarya “Mencari solusi atas Kontroversial/Polemik Teluk Buyat” yang diselenggarakan oleh Universitas Sam Ratulangi 21 Agustus 2004 di Manado.
- FSANZ. 2004. 21st Australian Total Diet Study Food Standards Australia and New Zealand, Canberra, Australia.
- Gaston, G.R., Rakocinski, C.F., Brown, S.S., and Cleveland, C.M. 1998. Trophic Function in Estuaries: Response of Makrobentos to Natural and Contaminant Gradients. *Mar.Freshwater Res.* 49: 833-846.
- Gray, J.S. and Elliot, M. 2009. Ecology of Marine Sediments from Science to Management. *Oxford University Press. USA.* 2nd ed. 241 pp.
- Limbong, D., Kumampung, J., Rimper, K., Arai, T., and Miyazaki, N. 2000. Emissions and Environmental Implications of Mercury from Artisanal Gold Mining in North Sulawesi, Indonesia. *The Science of the Total Environment* 302: 227-236.
- Newell, G.E. and Newell, R.C. 1963. Marine Plankton: A Practical Guide. *Hutchinson Edu. Ltd. London.*
- Rumengan, I.F.M., Rumampuk, D., Limbong, D., Arai, T. and Miyazaki, N. 2003. Total Mercury Contents in Plankton Collected from Talawaan Watershed, North Sulawesi, Indonesia. *Otsuchi Marine Science* 28:80-83.
- Thai, W.T.O . 2004. Notification G/SPS/N/THA/110 Committee on Sanitary and Phytosanitary Measures, 18 February 2004 World Trade Organization, Geneva.
- Yamaji, I. 1982. Illustrations of the Marine Plankton of JAPAN. *Hoikusha Publ. Co., Ltd,* pp. 540 Japan.