

Depik, 5(1): 33-40

April 2016

ISSN Cetak: 2089-7790

ISSN Elektronik: 2502-6194

DOI: <http://dx.doi.org/10.13170/depik.5.1.3968>

Pencemaran merkuri di perairan dan karakteristiknya: suatu kajian kepustakaan ringkas

Mercury pollution in water and the characteristics: mini review

M. Adlim

Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh 23111. Corresponding author email: adlim@unsyiah.ac.id

Abstract. *The issue of mercury pollution in Aceh waters, Indonesia due to gold mining activities has been a polemic in local media and Aceh Local Government and the communities have much concern on this case. The impact of mercury pollution in the Teunom and Tangse (Aceh) rivers was often assumed that it has similarity with Minamata pollution in Japan. This article intends to enlighten the characteristic mercury either as elements or compounds including methyl mercury which is highly toxic. Gold mining using elemental mercury is poorly soluble in water, the solubility is only 0.06 g per ton of mercury but the solubility can increase in dark the sea-bed and in a lot of dissolved oxygen. Based on the properties of solubility, it is understood that the mercury levels in the Teunom and Tangse rivers still below the tolerance limit, but the gold mining activities still bring the risk of environmental damage especially inadequate supervision. Many researchers were trying to prove the natural conversion from mercury into methyl mercury (biomethylation) but they used the salt instead of the elemental mercury in their experiments. Methyl mercury is found in nature, but the process mercury conversion into methyl mercury compound is still controversial and it has not obtained adequate evidence for the natural alteration, therefore gold pollution which is due to releasing elemental mercury into environment might not be analogue to Minamata case.*

Keywords: *Aceh; Methyl-mercury; Minamata; Mining; Gold*

Abstrak. Informasi pencemaran merkuri di perairan Aceh dan kaitannya dengan aktivitas pertambangan emas telah menjadi polemik sehingga menjadi perhatian Pemda Aceh dan Masyarakat. Dampak pencemaran merkuri di Sungai Teunom dan Tangse sering dianalogikan dengan kasus pencemaran merkuri di teluk Minamata, Jepang. Artikel ini bermaksud memberi pencerahan karakteristik merkuri baik sebagai unsur maupun sebagai senyawa seperti metil merkuri yang sangat beracun. 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. Berdasarkan sifat kelarutannya, dapat dipahami bahwa kadar merkuri di Sungai Teunom masih di bawah batas toleransi, namun aktivitas penambangan emas tetap saja memiliki resiko kerusakan lingkungan apalagi jika tidak mendapat pengawasan yang memadai. Banyak peneliti berusaha membuktikan perubahan merkuri menjadi metil merkuri (biometilasi) tetapi mereka menggunakan garam merkuri dan bukan unsur merkuri dalam eksperimen mereka. Metil merkuri memang ditemukan di alam tetapi proses perubahan dari senyawa merkuri menjadi metil merkuri masih diperdebatkan dan belum diperoleh bukti yang kuat perubahan dari unsur merkuri menjadi metil merkuri dalam air sehingga di Perairan Aceh belum tentu tercemar metil merkuri sebagaimana kasus Minamata.

Kata kunci: Aceh; metil-merkuri; minamata; penambangan; emas

Pendahuluan

Masyarakat mengenal merkuri sebagai zat pencemar berbahaya namun tidak mengetahui dengan pasti jenis dan sifat-sifatnya sehingga apa saja berita tentang merkuri sering disamakan dengan kasus pencemaran metil merkuri di Teluk Minamata Jepang yang terjadi pada tahun 1956. Isu pencemaran merkuri di Aceh telah menyebar secara luas karena telah menjadi topik pemberitaan di media massa lokal yang melaporkan bahwa terdapat merkuri dalam kerang yang hidup di muara Sungai Krueng Sabe. Kadar merkuri diberitakan mencapai 0,15094 (mg/kg berat kering) namun masih di bawah toleransi untuk produk ikan yaitu 0,5 mg/kg jika dirujuk pada aturan Pengawasan Obat dan Makanan (POM) Nomor 03725/B/SKNI/89 (Serambi Indonesia, 2014a). Klaim pencemaran merkuri semakin kuat setelah dikaitkan dengan kematian massal ikan di Sungai Teunom beberapa bulan yang lalu, ditambah berita pengakuan masyarakat yang merasa pusing setelah mengonsumsi ikan yang mati dari sungai tersebut. Berdasarkan laporan Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) Aceh

menyimpulkan kasus kematian ikan disebabkan oleh pencemaran merkuri, laporan ini menyebabkan keawatiran yang berlebihan di kalangan masyarakat (Serambi Indonesia, 2014b). Masyarakat menjadi resah karena dampak pencemaran merkuri sering dianalogikan dengan kasus Minamata di Jepang telah menjadi sejarah yang tidak terlupakan.

Namun menurut laporan dari pakar Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Syiah Kuala (FMIPA Unsyiah) yang mengambil sampel di tiga lokasi, diperoleh hasil yaitu lokasi 1 = 0,0001019 mg/l, lokasi 2 = 0,0000999 mg/l, dan lokasi 3 = 0,0001079 mg/l dan semuanya masih di bawah batas toleransi yaitu 0,001 mg/l menurut 492/Menkes/Per/IV/2010. Justru ada peningkatan kadar fosfat (0,48 mg/l) toleransi hanya 0,02 mg/l, sulfida 0,022 mg/l sedangkan batas toleransi 0,02 mg/l). Kenaikan total dissolved solid (TDS) atau disebut total partikel terlarut terutama di jalur aliran sungai dari gunung *peut sagoe* lebih tinggi dari lokasi lainnya sehingga diduga menambah alternatif jawaban terhadap penyebab kematian ikan (data survey lapangan FKP Unsyiah). Laporan bahwa merkuri telah melewati ambang batas dalam daging ikan dan lumut yang dilaporkan oleh DKP Aceh juga disanggah oleh ilmuan Unsyiah yang lain, justru menyatakan sebaliknya kadar merkuri masih diambang batas yang diperbolehkan (Serambi Indonesia, 2014c). Penulis juga telah melakukan eksperimen sederhana dengan cara meneteskan satu tetes unsur merkuri murni ke dalam 250 ml air dan melepaskan ikan cupang (*Betta channoides*) di dalamnya selama lebih dari sebulan ternyata ikan tersebut tidak mati, sementara volume wadahnya hanya 250 ml dan di dalamnya terdapat unsur satu tetes logam merkuri asli yang setara dengan 10880 mg/L, oleh karena itu klaim merkuri telah membunuh ikan secara massal di Sungai Geupang patut perlu kajian lebih lanjut untuk membuktikannya.

Pemerintah Aceh merujuk pada laporan DKP Aceh telah mengeluarkan perintah menutup semua aktivitas penambangan emas sehingga menimbulkan penolakan dari para panambang emas dan masyarakat. Berkaitan dengan kasus ini maka perlu kiranya pencerahan untuk menjelaskan mengapa terjadi perbedaan penafsiran bahaya merkuri dengan memahami jenis merkuri dan sifat-sifatnya secara objektif tanpa ada kepentingan lainnya.

Merkuri dalam bentuk unsur

Merkuri dalam berbagai turunannya (species) dan termasuk sensor untuk menditeksinya telah direview oleh Adlim dan Fitri (2015). Merkuri termasuk unsur logam sebagaimana besi, tembaga, emas, perak, aluminium, timah dan lain-lain. Tidak seperti logam lainnya logam merkuri berbentuk cair berwarna perak seperti yang terdapat di dalam termometer. Logam merkuri disebut juga unsur merkuri atau air raksa. Air raksa dapat melarutkan logam lainnya termasuk emas dan perak dan campuran logam tersebut disebut amalgam. Sifat merkuri seperti ini dimanfaatkan untuk memisahkan emas dari serbuk batu karena air raksa hanya mengikat emas dan melepas pengotor lainnya.

Unsur merkuri dalam bentuk uap terdapat dalam lampu *fluorescence* walaupun kadarnya sudah jauh lebih kecil dibandingkan pada masa awal penciptaan lampu tersebut (Gambar 1). Amalgam (merkuri-perak) juga digunakan dalam penambalan gigi berlubang yang prakteknya sudah berlangsung 150 tahun (Gambar 2). The American Dental Association mengklaim bahwa cara penambalan gigi ini termasuk yang aman tidak ada merkuri yang lepas sehingga meracuni tubuh manusia.



Gambar 1. Uap merkuri dalam lampu
(Sumber: www.deq.utah.gov)



Gambar 2. Gigi yang ditambal dengan amalgam
(Sumber: www.linkedin.com)

Namun hasil penelitian Hahn *et al.* (1989) di Universitas Calgary Canada membuktikan sebaliknya bahwa merkuri dari amalgam tempelan gigi ditemukan di bagian tubuh lainnya setelah 29 hari kemudian. Penemuan ini didasari pada eksperimen mereka dengan cara menambal gigi biri-biri dewasa menggunakan amalgam-merkuri radioaktif agar keberadaannya dapat lebih mudah dideteksi dengan alat detektor radioaktif. Ternyata dalam 29 hari merkuri sudah ada di paru-paru, gastro intestinal dan rahang biri-biri. Penelitian berlanjut pada monyet, tikus dan hewan lainnya. Sejak 2008, Food and Drug Association (FDA) USA sudah menyatakan tambalan gigi menggunakan amalgam yang mengandung merkuri dapat memberi dampak buruk bagi pertumbuhan anak dan janin, "*Dental amalgams contain Hg which may have neurotoxic effects on the nervous system of developing children and fetus.*"

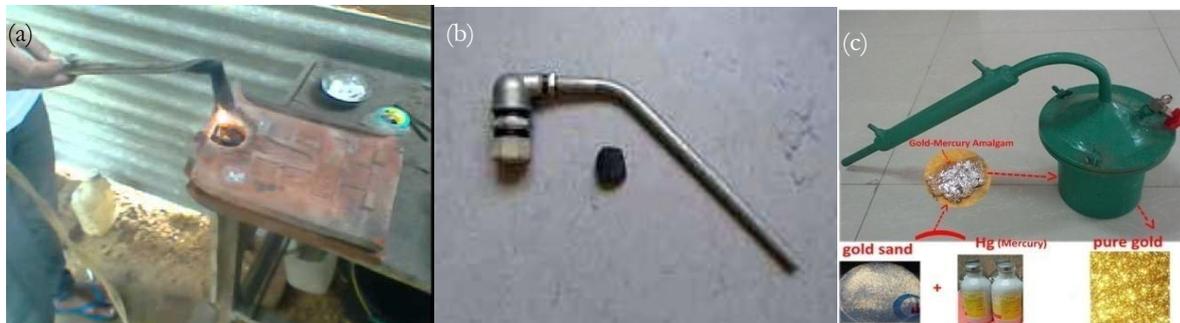
Unsur merkuri dalam pengolahan emas

Jika biji emas terdapat dalam pasir atau tanah/lumpur maka emas lebih mudah dapat dipisahkan dengan cara mencuci, mendulang untuk membersihkan lumpur. Emas yang berwarna berbeda dengan pengotornya, dapat dengan mudah diambil dan tidak diperlukan merkuri atau larutan sianida walaupun dampak lingkungannya masih juga terjadi seperti erosi dan lubang-lubang vertikal di tanah. Biji emas di Aceh banyak terdapat dalam bentuk butiran kecil-kecil di dalam batu-batuan maka pemisahannya secara komersial dengan dua cara yaitu; amalgamasi (menggunakan air-raksa) dan sianidasi (menggunakan larutan sianida). Kedua cara ini membahayakan lingkungan namun metoda amalgamasi lebih aman dari pada cara sianida untuk penambang tradisional. Hal ini disebabkan pencemaran unsur merkuri tidak mudah meluas karena merkuri sukar larut dalam air dan mengendap. Sedangkan limbah sianida sangat mudah larut dalam air sehingga dapat menyebar dalam hitungan detik.

Penceramuran merkuri pada pengolahan emas diduga terjadi pada saat pencampuran merkuri ke dalam bubur batu yaitu sekitar satu sendok unsur merkuri ke dalam 20 liter bubur batu. Unsur merkuri akan menangkap biji emas dan memisahkannya dari air dan bubur batu. Unsur merkuri 13,5 kali lebih berat dari air sehingga selalu mengendap. Jika ada merkuri yang larut dalam air maka limbahnya yang disebut *tailing* atau sisa tambang maka akan mencemari lingkungan. Para penambang yang bertanggung jawab biasanya mengumpulkan *tailing* ini pada suatu bak penampung (*reservoir*) untuk diendapkan sebelum dilepas ke lingkungan. Bak penampungan dapat dirancang secara khusus agar endapannya dapat diambil dan dikumpulkan kembali kemudian dicor dengan semen. Jika ditambahkan belerang, zat pengendap (tawas), zat penyerap (arang aktif, zeolit atau lainnya) maka limbah yang lepas ke lingkungan menjadi lebih kecil. Kekhawatiran masih akan terjadi jika ada merkuri yang larut. Namun demikian, kelarutan merkuri dalam air sangat kecil yaitu kalau 1 ton merkuri dibuang ke dalam air maka yang larut dalam air hanya 0,06 g (Clever *et al.*, 1985), dengan demikian pada air sungai yang mengalir deras maka konsentrasi merkuri makin encer sehingga dapat dipahami bahwa pencemaran merkuri di Sungai Teunom masih diambang batas toleransi sebagaimana dilaporkan oleh peneliti dari Universitas Syiah Kuala yang telah dijelaskan sebelumnya di bagian pendahuluan. Namun lain halnya jika unsur merkuri mencemari air laut maka kelarutan merkuri meningkat bilamana tersedia oksigen terlarut yang banyak, kadar garam yang tinggi dan kurang cahaya matahari (gelap) sebagaimana dilaporkan oleh Amyot *et al.* (2005).

Hasil penelitian pencemaran merkuri yang pernah dilakukan di beberapa sungai yang terdapat 200.000-300.000 penambang emas di Tanzania dan Zimbabwe 1997-1998 ternyata kadar merkuri terlarut masih di bawah toleransi. Peneliti menyimpulkan bahwa pencemaran merkuri dapat tercegah karena merkuri dalam bentuk unsur yang sukar larut (Straaten, 2000). Banyak juga yang menduga pada pengolahan emas sisa merkuri dibuang begitu saja ke lingkungan, tapi hal itu kurang realistis karena sisa merkuri masih dapat dimanfaatkan lagi oleh para penambang apalagi harganya cukup mahal. Sesungguhnya potensi pencemaran lebih besar dapat terjadi pada saat pemisahan emas dari amalgamnya yang dilakukan dengan pembakaran langsung. Agar emas dapat terpisah dari merkuri maka harus dipanaskan atau disuling hingga mencapai titik didih merkuri yaitu 356°C. Jika dibandingkan dengan titik didih air (100°C, pada tekanan 1 atm) maka untuk merubah merkuri menjadi uap maka diperlukan suhu pemanasan 3,5 kali lebih panas dari pada suhu untuk mendidihkan air. Jika dilakukan pembakaran langsung maka merkuri akan berubah menjadi uap merkuri yang dapat terhirup oleh penambang, sebagian menguap ke udara dan kembali ke tanah. Kalor penguapan merkuri adalah 59,11 kJ/mol sedangkan kalor penguapan air adalah 40,65 kJ/mol. Kecepatan penguapan (*volatility*) merkuri sangat rendah yaitu 0,056 mg/h.cm² pada suhu 20°C. Hal ini berarti untuk 0,5 g merkuri akan menguap semuanya pada 20°C selama 8928,57 jam (372,02 hari) namun pada suhu yang tinggi laju penguapan sangat cepat. Merkuri dalam bentuk uap lebih sensitif untuk bereaksi dari pada dalam bentuk cair sehingga diperkirakan sebagian akan membentuk

senyawa yang dapat larut dalam air. Badan Dunia UNIDO (*United Nation Industrial Development Organization*) memperkenalkan retort murah untuk mengurangi jumlah merkuri menguap ke lingkungan pada saat pemanasan amalgam. Pembakaran amalgam tidak disulut dengan api tetapi dipanaskan dalam wadah seperti alat penyulingan. Uap merkuri mengembun pada suhu yang dingin dan kembali berwujud cair sehingga dapat dimanfaatkan lagi (Gambar 3).



Gambar 3. (a) Pembakaran amalgam emas secara terbuka, cara yang sangat mencemari lingkungan); (b) Retor sederhana tanpa pendingin, cara ini masih dapat mencemari lingkungan (sumber: www.geus.dk), (c) Retor yang dilengkapi pendingin, cara ini kurang mencemari lingkungan (Sumber: www.alibaba.com)

Aktivitas penambangan emas tetap memiliki resiko kerusakan lingkungan paling rendah adalah terjadi erosi dan perubahan bentuk permukaan tanah. Hingga saat ini belum ada metoda yang lebih efektif dan ekonomis untuk pemisahan emas dari dalam batuan selain menggunakan merkuri atau sianida. Penggunaan borak hanya dapat menurunkan titik lebur emas dan hanya akan efektif jika batu mengandung kadar emas yang relatif tinggi. Emas yang dihasilkan juga akan mengandung pengotor yang terperangkap dalam leburan emas. Demikian pula penggunaan khlorin, lebih banyak dalam skala laboratorium dan larutan emas harus dipisahkan lagi secara elektrolisis sehingga menambah biaya operasional.

Kerusakan lingkungan lebih berat jika penambang menggunakan unsur merkuri dengan cara yang tidak benar, limbahnya tidak diolah lebih dahulu dan disimpan dalam bak penyimpanan tetapi langsung dibuang ke aliran sungai. Walaupun dalam satu ton hanya 0,06 g unsur merkuri yang larut (Clever *et al.*, 1985), jika dilakukan terus menerus dalam waktu lama akan dapat terakumulasi. Apalagi jika penambang membakar amalgam secara terbuka maka uap merkuri terlepas ke lingkungan sehingga meningkatkan resiko pencemaran. Lebih dari 90% merkuri yang terdapat di permukaan air berasal dari polusi merkuri di atmosfer (Leopold *et al.*, 2010). Penambang biasanya juga cenderung akan mencoba menggunakan sianida jika cara merkuri dirasa kurang berhasil.

Merkuri dalam bentuk senyawa

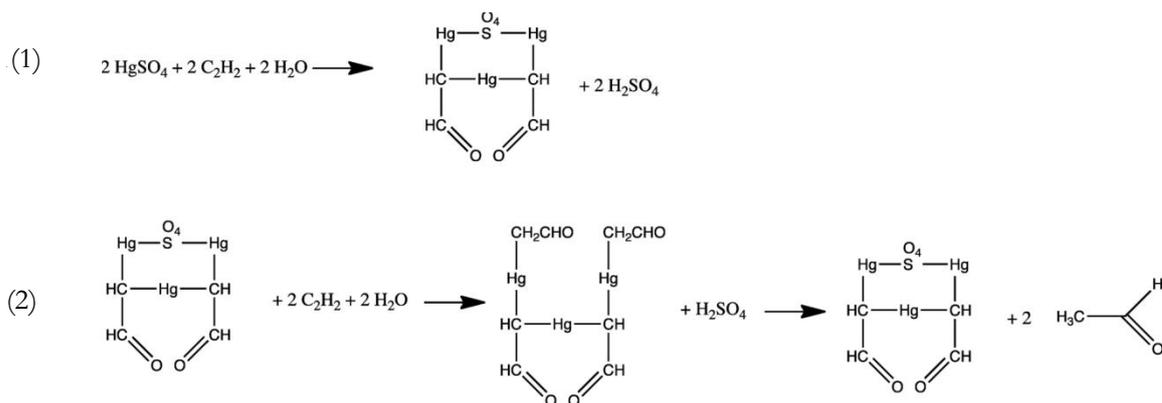
Merkuri terdapat di alam dalam bentuk biji merkuri dalam bentuk senyawa yang disebut sinabar. Diperkirakan biji merkuri ini sebagai sumber pencemaran merkuri secara alami. Biji merkuri alami ini termasuk senyawa merkuri anorganik. Beberapa senyawa merkuri anorganik lain dipakai secara luas pada industri di tahun 1900an walaupun sebagian besar sudah diganti dengan zat yang lebih aman atau kadar merkurnya sudah semakin diperkecil. Misalnya, merkuri arsenat (HgHAsO_4) untuk campuran cat tahan air; merkuri benzoat ($\text{Hg}(\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2)_2$) sebagai obat penyakit syphilis; merkuri khlorida (HgCl_2) untuk bahan pembunuh kuman, penyamakan kulit, pengawet kayu; merkuri sianida ($\text{Hg}(\text{CN})_2$) untuk campuran sabun anti jamur, fotografi; merkuri oksida (HgO) sebagai pewarna merah atau kuning pada cat, fungisida dan kosmetik; merkuri sulfida (HgS) dan (Hg_2CrO_4) sebagai pewarna hitam dan hijau pada cat.

Pemakaian senyawa merkuri telah puluhan tahun namun sejak maraknya kampanye penyelamatan lingkungan maka para peneliti berusaha mengganti senyawa merkuri dengan bahan lain yang lebih aman. Merkuri termometer sudah banyak diganti dengan termometer digital dan termometer alkohol.

Senyawa merkuri organik

Senyawa merkuri organik adalah senyawa sangat beracun dibandingkan dengan senyawa merkuri anorganik dan unsur merkuri. Istilah organik berbeda konotasi dengan terminologi organik yang pada bahan makanan. Beras organik dan sayur organik lebih aman dikonsumsi dari pada beras dan sayur biasa. Senyawa merkuri organik umumnya senyawa sintetik yang sangat reaktif, mudah larut dan menguap dan lebih mudah berikatan dengan sistem biologi yang juga organik. Senyawa merkuri organik yang terkenal adalah mono atau dimetil merkuri. Senyawa ini punya afinitas kuat terhadap gugus tiol yang terdapat dalam protein.

Industri kimia Jepang Chisso Corporation tahun 1932 memproduksi Asetaldehid untuk bahan baku pembuatan plastik dengan menggunakan Merkuri Sulfat (HgSO_4) sebagai katalis. Asetaldehid dibuat dari Asetilena dengan uap air dan dikatalisis oleh HgSO_4 sebagai disajikan pada Gambar 4. Kemudian ternyata ditemukan dalam reaktor (*reaction chamber*) telah terjadi reaksi sampingan yaitu Merkuri Sulfat berubah menjadi Metil Merkuri. Limbah ini dibuang ke Laut Yatsusiro melalui teluk Minamata.



Gambar 4. Mekanisme reaksi pembentukan formaldehid yang melibatkan HgSO_4 sebagai katalis dan beberapa zat antara yang terbentuk antara dari Hg dengan gugus-gugus alkil

Sebelum menjadi Metil Merkuri, Merkuri Sulfat sendiri memang bersifat racun dan dapat terurai dalam air menjadi berwarna kuning dan dapat pula larut dalam air garam sehingga menambah penyebaran sifat racunnya dalam air laut, sehingga dengan mudah meracuni ikan dan biota laut, tetapi merkuri jenis ini berbeda dengan unsur merkuri yang sukar larut dalam air. Jika merkuri sulfat dibuang ke kolam ikan maka air kolam berubah menjadi kuning dan ikan akan segera mati.

Pasien pertama secara resmi dinyatakan menderita penyakit Minamata terjadi pada Mei 1956, total pasien terdiri 52 orang dan 17 orang di antaranya meninggal. Para pasien ternyata 17% dari keluarga nelayan di Minamata. Penyakit minamata ditandai dengan kesemutan pada kaki dan tangan, lemas-lemas, penyempitan sudut pandang, sukar berbicara dan mendengar. Jika sudah lama akan bertambah parah hingga kelumpuhan, kegilaan, jatuh koma dan akhirnya meninggal. Setelah diselidiki para pasien mengkonsumsi ikan dari teluk Minamata. Dugaan ikan tercemar merkuri didasarkan pada data bahwa endapan lumpur yang keluar dari pipa buangan pabrik mengandung merkuri mencapai $2010 \mu\text{g/g}$ (2% berat) dari berat basa endapan. Limbah merkuri ini bersumber dari 0,6-6 ton metil merkuri yang dibuang oleh pabrik. Metil merkuri dihasilkan dari 150 ton merkuri sulfat selama 36 tahun dari 1932-1968.

Professor kimia Karen Wetterhahn, guru besar di Dartmouth College, New Hampshire, Amerika Serikat, melakukan eksperimen tentang pengaruh logam berat terhadap pertumbuhan kanker pada makhluk hidup. Dalam eksperimennya dia menggunakan Dimetilmerkuri $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ yang dibeli dari supplier bahan kimia. Dia menggunakan sarung tangan karet untuk memindahkan beberapa tetes dimetil merkuri ke dalam sebuah tabung kecil dalam lemari asap (*fume hood*) sebagaimana metoda standard yang umum di laboratorium kimia. Pada saat menuangkan larutan tersebut tertinggal setetes pada sarung tangan lalu dia bersihkan dan cuci tanpa perasaan curiga. Enam bulan kemudian dia merasa pusing, sukar berbicara, penglihatan kabur dan terjadi gangguan pendengaran dan dua minggu kemudian menderita koma hingga meninggal dunia pada 8 Juni 1997. Sebelum meninggal ditemukan kadar merkuri dalam darahnya 4000 mikro gram/L, sekitar 80 kali lebih tinggi dari toleransi kadar merkuri dalam darah. Para ilmuwan berkesimpulan bahwa sarung tangan karet biasa tidak cukup aman melindungi kontak badan dengan senyawa Metil Merkuri.

Beberapa eksperimen telah dilakukan untuk mengkonfirmasi tingkat sifat racun Metil Merkuri. Percobaan dilakukan pada tikus, anjing, kelinci dan monyet ternyata metil merkuri memberi dampak pada kesukaran bergerak, gemeteran, kebutaan, gangguan pendengaran (Hunter dan Russell, 1954). Gejala ini sama seperti gejala Minamata (Hunter dan Russell, 1954). Namun efek tersebut kurang kentara jika digunakan merkuri anorganik (Eto *et al.*, 2002).

Perubahan dari merkuri ke metil merkuri

Pembentukan Metil Merkuri pada kasus Minamata Jepang diduga terjadi secara sintesis di dalam reaktor yang berkondisi pabrik kimia. Keraguan atas penyamaan sifat racun logam atau unsur merkuri dengan metil merkuri telah menginsiprasi para peneliti untuk membuktikan apakah unsur merkuri dapat berubah menjadi Metil merkuri secara biologi dengan meniru keadaan di alam. Peneliti Swedia memasukkan senyawa garam merkuri (tetapi bukan unsur merkuri) ke dalam aquarium. Endapan aquarium diautoclave dan mereka mendeteksi adanya metil merkuri yang diduga dirobah oleh mikroorganisme dari senyawa merkuri menjadi metil merkuri, sehingga muncul istilah biometilasi (Craig dan Jenkins, 2004; Schaefer dan Morel, 2009). Schaefer *et al.* (2011) menggunakan bakteri FeRB *Geobacter sulfurreducens* dan SRB *Desulfovibrio desulfuricans* ND132 sebagai model untuk inang biometilasi, dan menggunakan senyawa thiol sebagai zat pengantar untuk ion merkuri(II) agar ke dalam tubuh bakteri. Mereka melaporkan bahwa reaksi antara senyawa thiol dengan ion merkuri (II) menjadi faktor yang mempengaruhi proses biometilasi dalam lingkungan anaerob. Penelitian yang lain juga membuktikan bahwa metilkobalamin (vitamin B₁₂) dapat menjadi sumber gugus metil sehingga dapat merubah garam merkuri menjadi metil merkuri (Wood *et al.*, 1968). Namun hampir semua penelitian menggunakan garam merkuri yang dapat larut sebagai sumber merkuri dan unsur merkuri yang sangat sukar larut. Sehingga belum ditemukan bukti yang lebih konkrit perubahan langsung dari unsur merkuri (cairan) menjadi metil merkuri secara alami. Adanya peran mikroba anaerob dalam merubah merkuri menjadi metilmerkuri pun dibantah oleh Malcolm *et al.* (2010) yang mengatakan bahwa peran bakteri anaerob dalam pembentukan metil merkuri di laut terbuka tidak terbukti sehingga perubahan senyawa merkuri menjadi metil merkuri belum dapat diungkap secara jelas masih terbatas hipotetik dan analogi.

Merkuri dalam ikan dan penetapan kadar merkuri

Smith *et al.* (1974) melaporkan bahwa ikan predator terkontaminasi merkuri dengan kadar 0,27-7,3 mg/kg (sudah di atas diambang toleransi). Ikan yang tersebut diambil dari waduk Williard Bay, Utah, USA. Diduga merkuri mengalami bioakumulasi pada ikan predator karena memakan beberapa ikan-ikan kecil yang lebih dahulu tercemar merkuri, sehingga jumlah merkuri dalam tubuhnya meningkat beberapa kali lipat dibandingkan kadar merkuri dalam ikan non predator. Sumber merkuri pada waduk ini bukan unsur logam merkuri dari limbah pertambangan emas, melainkan garam merkuri yang terdapat secara alami dalam lumpur waduk dari danau garam yang bernama *great salt lake* (Stokes dan Wren, 1987). Kadar merkuri dalam daging ikan di beberapa waduk yang lain bervariasi ada yang berada di bawah dan di atas batas toleransi. Kebanyakan merkuri yang ditemukan dalam daging ikan adalah metil merkuri yang diduga terbentuk melalui proses mikrobiologi anaerob (Stokes dan Wren, 1987).

Ikan tercemar merkuri telah dilaporkan terjadi di beberapa belahan dunia, diantaranya di Luxembourg, kadar pencemaran merkuri pada level 10,3-534,5 ng/g berat basah ikan (Boscher *et al.*, 2010); pencemaran merkuri Canadian Arctic dan danau Caspia, mencapai 500-1000 ng per gram ikan basah dan > 840 ng/L sampel (Sari *et al.*, 1981 dalam Azimi dan Sadeghi, 2013). Sedangkan Standard maksimum toleransi metil merkuri dalam makanan hanya 1,6 ng per minggu per kilo gram berat badan orang dewasa. Menurut WHO, the United States Environmental Protection Agency (EPA) and National Research Council (NRC) (FAO/WHO, 2003; NRDC, 2000).

Kadar merkuri yang terakumulasi dalam tubuh ikan dipengaruhi oleh kesadahan air dimana makin tinggi kesadahan air makin banyak ion merkuri yang terendapkan sehingga makin sedikit yang mencemari ikan. Demikian juga dalam lingkungan yang kaya nutrisi anaerobik maka memungkinkan ion merkuri terikat ke senyawa sulfur yang sukar larut sehingga mengurangi keberadaan merkuri dalam rantai makanan (Rodgers, 1982).

Berbagai teknik penetapan kadar merkuri dan turunannya di dalam air telah dilaporkan oleh Leopold *et al.* (2010) dalam artikel review yang diterbitkan oleh *Analitica Chimica Acta* dengan merujuk pada 125 artikel hasil penelitian. Kadar merkuri yang banyak dilaporkan di media masa Aceh merupakan data total merkuri menggunakan alat AAS yang umum digunakan untuk menentukan berbagai berbagai kadar logam.

Sedangkan penetapan kadar merkuri dalam bentuk metil merkuri diperlukan perlakuan khusus termasuk pemisahan komponen dengan secara gas kromatografi atau HPLC (*high performance chromatography*).

Kesimpulan

Merkuri terdiri dari dua golongan besar yaitu unsur merkuri seperti yang digunakan oleh para penambang emas dan senyawa merkuri. Senyawa merkuri terbagi dua jenis lagi yaitu senyawa merkuri anorganik dan senyawa merkuri organik. Senyawa merkuri organik seperti metil merkuri atau dimetil merkuri terbukti sangat beracun bagi manusia. Perubahan senyawa merkuri anorganik menjadi metil merkuri (biometilasi) masih diperdebatkan apalagi perubahan langsung unsur merkuri menjadi metil merkuri belum ditemukan data publikasinya, kalau pun ada biasanya cenderung hanya berupa analogi. Aktivitas penambangan emas cenderung merusak lingkungan apalagi tanpa pengawasan. Pencemaran merkuri dari penambangan emas tradisional belum tentu menghasilkan racun sebagaimana racun metil merkuri pada kasus Minamata di Jepang. Kematian ikan belum tentu pula disebabkan oleh pencemaran merkuri karena aktivitas tambang atau merkuri alami, sebab banyak ikan yang tetap hidup walaupun telah tercemar merkuri.

Daftar Pustaka

- Adlim, M., Z. A. Fitri. 2015. Chitosan based chemical sensors for determination of mercury in water: a review. *AAAL Bioflux*, 8(5): 656-666.
- Amyot, M., F. M. Morel, P. A. Ariya. 2005. Dark oxidation of dissolved and liquid elemental mercury in aquatic environments. *Environmental Science and Technology*, 39: 110-114.
- Azimi, S., M. Sadeghi. 2013. Effect of mercury pollution on the urban environment and human health. *Environment and Ecology Research*, 1(1): 12-20.
- Boscher, A., S. Gobert, C. Guignard, J. Ziebel, L. L'Hoste, A. C. Gutleb, H. M. Cauchie, L. Hoffmann L., G. Schmidt. 2010. Chemical contaminants in fish species from rivers in the North of Luxembourg: potential impact on the Eurasian otter (*Lutra lutra*). *Chemosphere*, 78: 785-792.
- Clever, H. L., S. A. Johnson, M. E. Derrick. 1985. Solubility mercury and mercury salt in water and aqueous solutions. *Journal Physical Chemistry Reference Data*, 14: 631-680.
- Craig, P. J., R. O. Jenkins. 2004. Organometallic compounds in the environment: an overview. In: *Organic metal and metalloid species in the environment*. Himer A., Emon H. (eds). Springer, Berlin Heidelberg, pp. 1-15.
- Eto, K., A. Yasutake, Y. Korogi, M. Akima, T. Shimozeke, H. Tokunaga. 2002. Methylmercury poisoning in common marmosets—MRI findings and peripheral nerve lesions. *Toxicology and Pathology*, 30(6): 723-734.
- FAO/WHO. 2003. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>. Tanggal akses 15 April 2015.
- Hahn, S., S. Buratowski, P. A. Sharp, L. Guarente. 1989. Yeast TATA-binding protein TFIID binds to TATA elements with both consensus and nonconsensus DNA sequences. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 86(15): 5718-5722.
- Hunter, D., D. S. Russell. 1954. Focal cerebellar and cerebellar atrophy in a human subject due to organic mercury compounds. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 17(4): 235-241.
- Leopold, K., M. Foulkes, P. Worsfold. 2010. Methods for the determination and speciation of mercury in natural waters—A review. *Analytica Chimica Acta*, 663: 127-138.
- NRDC. 2000. https://www-nds.iaea.org/nrdc/nrdc_2000/. Tanggal akses 15 April 2015.
- Rodgers, D. W. 1982. Dynamics of methylmercury accumulation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). PhD Thesis, University of Guelph, Guelph.
- Schaefer, J. K., F. M. Morel. 2009. High methylation rates of mercury bound to cysteine by *Geobacter sulfurreducens*. *Natural Geoscience*, 2: 123-126.
- Schaefer, J. K., S. S. Rocks, W. Zheng, L. Liang, B. Gu, F. M. Morel. 2011. Active transport, substrate specificity, and methylation of Hg(II) in anaerobic bacteria. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 108(21): 8714-8719.
- Serambi Indonesia. 2014a. <http://aceh.tribunnews.com/2014/02/20/merkuri-sudah-terdapat-dalam-rantai-makanan>. Tanggal akses 15 April 2015.
- Serambi Indonesia. 2014b. <http://aceh.tribunnews.com/2014/08/26/merkuri-penyebab-ikan-mati-massal>. Tanggal akses 15 April 2015.

- Serambi Indonesia. 2014c.<http://aceh.tribunnews.com/2014/09/01/ilmuwan-unsyiah-sanggah-data-dkp-aceh-soal-lumut-bermerkuri?page=2>. Tanggal akses 15 April 2015.
- Smith, F. A., R. P. Sharma, R. L. Lynn, J. B. Low. 1974. Mercury and selected pesticide levels in fish and wildlife of Utah: Levels of mercury in fish. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 12: 153-157.
- Stokes, P. M., C. D. Wren. 1987. Bioaccumulation of mercury by aquatic biota in hydroelectric reservoirs: a review and consideration of mechanisms, bab 16, dalam Hutchinton, T. C & Meema, K. M (eds). *Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment*, Scope: John Wiley & Son.
- Straaten, P. 2000. Mercury contamination associated with small-scale gold mining in Tanzania and Zimbabwe, *The Science of the Total Environment*, 259: 105-113.
- Malcolm, E. G., J. K. Schaefer, E. B. Ekstrom, C. B. Tuit, A. Jayakumar, H. Park. B. B. Ward, F. M. M. Morel. 2010. Mercury methylation in oxygen deficient zones of the oceans: No evidence for the predominance of anaerobes, *Marine chemistry*, 122: 11-19.
- Wood, J. M., F. S. Kennedy, C. G. Rosen. 1968. Synthesis of methyl-mercury compounds by extracts of a methanogenic bacterium. *Nature*, 220(5163): 173-174.