

DISTRIBUSI PENCEMARAN MERKURI DI DAS BATANGHARI (*MERCURY DISTRIBUTION IN BATANGHARI WATERSHED*)

Dewi Ratnaningsih*, Alfrida Suoth, Yunesfi S, Niniek TW, Ridwan Fauzi,
Muhamad Yusup Hidayat, dan Alfonsus H. Harianja

¹Puslitbang-Kualitas dan Laboratorium Lingkungan KLHK. Kawasan Puspiptek Gedung 210,
Jl Raya Puspiptek-Serpong, Tangerang Selatan, Banten.

*korespondensi: dewirinie@yahoo.com

Diterima tanggal 13 September 2019, disetujui tanggal 4 November 2019

ABSTRAK

Sungai Batanghari yang melintasi Provinsi Sumatera Barat dan Jambi mempunyai potensi deposit emas, khususnya di wilayah hulu sungai yang berada di Provinsi Sumatera Barat. Potensi tersebut mengakibatkan timbulnya penambangan emas secara tradisional dengan menggunakan merkuri. Aktivitas tersebut potensial mengakibatkan pencemaran merkuri pada badan sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi distribusi pencemaran merkuri pada sungai tersebut. Pengambilan sampel dilakukan di 10 lokasi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Batanghari yang berada di Provinsi Sumatera Barat dan 5 lokasi di Provinsi Jambi pada tahun 2007-2008. Selain itu, data juga diambil 6 titik pantau yang berbeda yang berada di wilayah hulu Sumatera Barat dengan frekuensi pengambilan sampel dilakukan 5 kali dalam setahun pada periode 2008-2014. Pemantauan di 6 titik pantau yang berbeda dilakukan atas kerjasama antara Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dengan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat. Hasil pemantauan mengindikasikan adanya distribusi merkuri baik di air sungai maupun sedimen sungai. Merkuri di air sungai berfluktuasi pada kisaran <0,0005 - 0,0645 mg/L, sedangkan pada sedimen sungai terdeteksi dengan kisaran 0,01 - 0,42 mg/kg. Keberadaan merkuri di air sungai dan sedimen sungai perlu mendapatkan perhatian agar sumber pencemar yang berasal dari pertambangan emas tradisional dapat dicegah.

Kata kunci: Batanghari, Jambi, Konvensi Minamata, merkuri, Sumatera Barat.

ABSTRACT

The Batanghari river that crosses the West Sumatra and Jambi Provinces have the potential of gold deposit in the upstream areas, located in the West Sumatra Province. This potential has been attracted local community to employ traditional gold mining using mercury for many years, resulting mercury pollution in the river. This study was done to identify the distribution of mercury pollution in the river. Sampling was taken at 10 sampling points in the Batanghari watershed that is located in the Province of West Sumatra Province and 5 points in the Jambi Province during 2007-2008. In addition, data were also taken from 6 monitoring points situated in the upstream areas, located in West Sumatra Province, the frequency was 5 times in a year during 2008-2014. The monitoring was a collaboration between the Ministry of Environment and Forestry of the Republic of Indonesia with the Environment Agency of West Sumatra Province. The results indicate that the distribution of mercury was existing both in the water body and sediment. Mercury in the river water is fluctuated in the range of <0,0005 - 0,0645 mg/L, whereas in river sediments detected in the range of 0.01 – 0.42 mg/kg. The existence of mercury in river water and river sediment need to be handled by controlling the source of the pollutants coming from traditional gold mining.

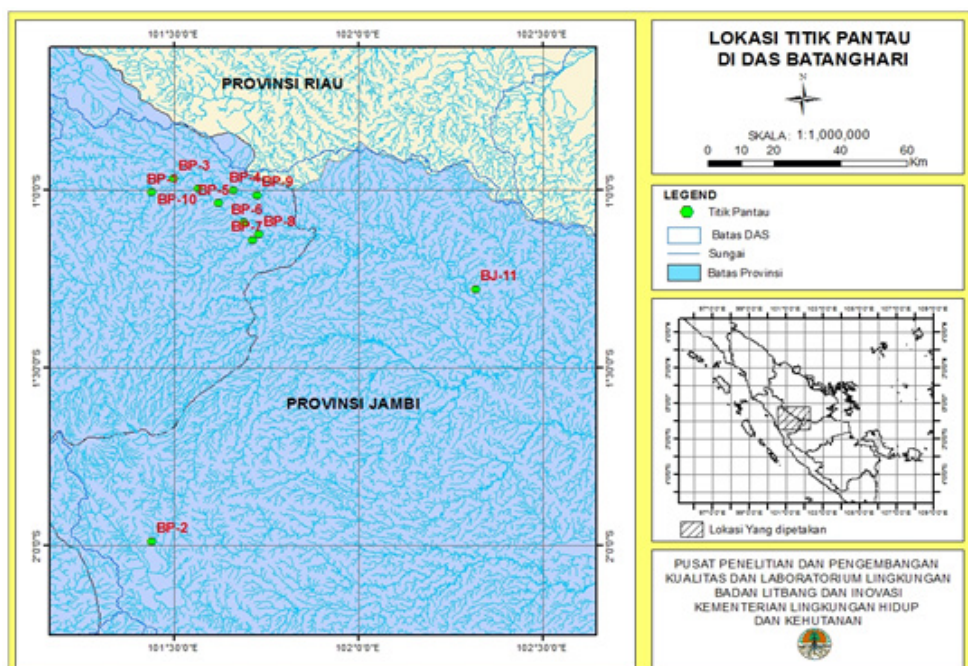
Keywords: Batanghari, Jambi, Minamata Convention, mercury, West Sumatra.

I. PENDAHULUAN

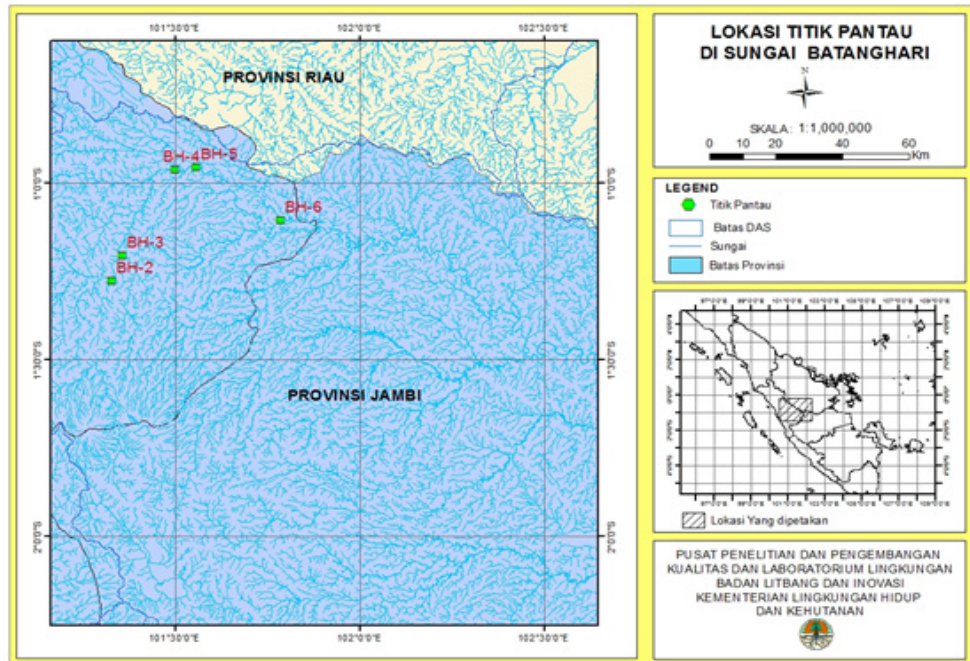
Merkuri merupakan bahan kimia berbahaya yang dapat mencemari lingkungan baik secara alami dari proses gunung berapi maupun dari kegiatan antropogenik [1]–[5]. Pencemaran merkuri di perairan menjadi masalah dengan terbentuknya metil merkuri yang berbahaya bagi ekosistem dan manusia [1], [6]. Keberadaan merkuri di lingkungan mempunyai berbagai bentuk, baik sebagai anorganik maupun organik dengan potensi racun yang berbeda [4], [7], [8]. Selain itu, merkuri juga dapat bertahan lama di atmosfer dan dapat ditransportasikan secara global [9]. Dampak pencemaran merkuri di lingkungan telah menjadi perhatian serius dengan terjadinya kasus penyakit minamata yang terjadi di Jepang akibat pencemaran metil merkuri di Teluk Minamata [10], [11]. Kejadian penyakit minamata mendorong perhatian dunia untuk secara global melakukan aksi dan mengkampanyekan perlindungan kesehatan manusia terhadap pencemaran merkuri melalui Konvensi Minamata. Terjadinya kasus Minamata

di Jepang perlu menjadi peringatan bagi Indonesia, mengingat wilayah Indonesia banyak mempunyai potensi tambang emas dan masyarakat melakukan penambangan emas secara tradisional dengan menggunakan merkuri. Selain itu, keikutsertaan Indonesia sebagai negara pihak (*parties*) dalam Konvensi Minamata juga mempunyai kewajiban untuk dapat melakukan perlindungan terhadap bahaya merkuri.

Sungai Batanghari merupakan salah satu sungai di Indonesia yang berhulu di wilayah Provinsi Sumatera Barat dengan sumber air berasal dari Gunung Rasan, mengalir kerah hilir di wilayah Provinsi Jambi. Sungai ini melalui beberapa kabupaten di dua provinsi tersebut. Salah satu kabupaten yang dilalui adalah Kabupaten Darmasraya yang merupakan wilayah dengan aktifitas pertambangan emas tradisional yang relatif tinggi [12], [13]. Potensi deposit emas di wilayah sekitar daerah aliran Sungai Batanghari berdampak pada munculnya pertambangan emas tradisional yang dikelola



Gambar 1. Lokasi titik pantau di DAS Batanghari



Gambar 2. Lokasi titik pantau di Sungai Batanghari

oleh masyarakat dengan menggunakan merkuri [13]. Merkuri tersebut sangat rentan terlepas di alam sebagai polutan yang sangat berbahaya. Adanya aktivitas pertambangan emas tradisional ini telah mengakibatkan terjadinya pencemaran merkuri di Sungai Batanghari sebagai dampak pertambangan emas [14], [15]. Eksternalitas negatif penambangan emas terjadi di DAS Batanghari. Artikel ini bertujuan untuk mengetahui distribusi pencemaran merkuri di DAS Batanghari.

II. METODOLOGI

a. Lokasi Sampling

Lokasi pengambilan sampel di DAS Batanghari dilakukan di aliran utama Sungai Batanghari dan anak Sungai Batanghari. Pengambilan sampel air dan sedimen sungai dilakukan di 10 titik pantau DAS Batanghari di wilayah Sumatera Barat dan 5 titik pantau di wilayah Provinsi Jambi pada tahun 2007-2008 (tabel 1). Pengambilan sampel dilakukan oleh laboratorium lingkungan

P3KLL-KLHK dengan metoda pengambilan sampel mengacu pada SNI 6989.57: 2008 tentang metode pengambilan contoh uji air permukaan. Pengambilan sampel sedimen dilakukan secara grab dengan metode mengacu pada USEPA SW#2016 tahun 2012.

Air sungai juga diambil di lokasi yang berbeda secara kontinyu dengan frekuensi pengambilan sampel 5 kali setahun di wilayah Provinsi Sumatera Barat yang dilaksanakan oleh DLH Provinsi Sumatera Barat dalam kerjasama pemantauan kualitas air melalui dekonsentrasi dari KLHK (Tabel 2). Data pengambilan sampel yang digunakan berasal dari titik pantau di lokasi DAS Batanghari bagian hulu wilayah Sumatera Barat pada kurun waktu 2008-2014.

b. Analisis

Sampel air sungai yang diambil oleh laboratorium lingkungan P3KLL dianalisis merkuri terlarut dengan metode cold vapour dengan acuan IK-32/A/LPDL (*mercury analyzer*) sedangkan untuk merkuri di

Tabel 1. Lokasi titik pantau di DAS Batanghari Provinsi Sumatera Barat dan Jambi

No	Provinsi	Kode	Lokasi	Titik pantau	Koordinat
1	Sumbar	BP-1	Sungai Batanghari	Irigasi, berbatasan dengan Solok Selatan, Dharmasraya	S 01°00'20,8" E101°26'11,7"
2	Sumbar	BP-2	Sungai Batanghari	Batang Momong	S 01°59'18,1" E 101° 25' 52,0"
3	Sumbar	BP-3	Sungai Batanghari	Jembatan Sungai Dareh	S 00°57'51,2" E 101° 30' 12,2"
4	Sumbar	BP-4	Sungai Batanghari	Desa Pulau, Kecamatan Sitiung, Dharmasraya	S 01°00'01,9" E 101° 39'36,9"
5	Sumbar	BP-5	S. Batang Piruko	Kota Gunung Medan, Dharmasraya	S 01°01'55,4" E 101° 37'14,3"
6	Sumbar	BP-6	Sungai Batanghari	Sungai Koto Balai	S 01° 5'15,3" E 101° 41' 22,5"
7	Sumbar	BP-7	Sungai Batang Siat	Sungai Batang Siat	S 01°07'58,6" E 101° 43'03,3"
8	Sumbar	BP-8	Sungai Batanghari	Sungai Batang Piruko	S 01°07'27,4" E 101° 43'45,2"
9	Sumbar	BP-9	Sungai Batanghari	Kec. Sungai Rumbai, Sungai Betung	S 01° 0'57,4" E 101° 43'32,0"
10	Sumbar	BP-10	Sungai Batanghari	S. Batang mimpi kec. Pulau Punjung Sikabau	S 00°59'37,1" E101° 33'45,8"
11	Jambi	BJ-11	Sungai Batanghari	Desa Pelayang/ Tebo tengah, Muara Tebo	S 01°16'36,9" E 102° 19' 06,9"
12	Jambi	BJ-12	Sungai Batanghari	Jemb. Tebo, Desa Tebing Tinggi, kec. Tebo Tengah	N 01°17'16,9" E102°16' 11,3"
13	Jambi	BJ-13	Sungai Batanghari	D.Mersam, kab. Batanghari	N 01°24'16,9" E 103°00' 40,4"
14	Jambi	BJ-14	Sungai Batanghari	Ds. Aro, kec. Muara Bulian, Kab. Batanghari,	N 01°23'13,8" E 103°10' 10,5"
15	Jambi	BJ-15	Sungai Batanghari	Ds. Penyengat rendah, Kodya Jambi	N 01°20'37,5" E 103°20' 17,1"

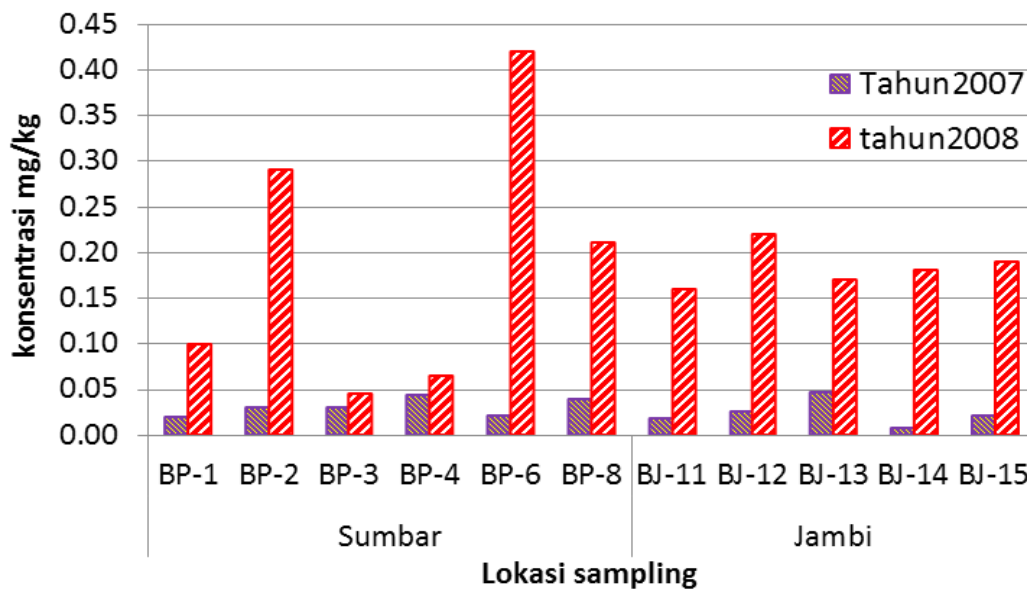
Tabel 2. Lokasi Titik Pantau Sungai Batanghari kerjasama KLHK dan DLH Provinsi Sumatera Barat.

No	Provinsi	Kode	Lokasi	Titik Pantau	Koordinat
1	Sumbar	BH 1	Sungai Batanghari	Air keluar Danau Diatas	S 01°,6'11,0" E 100°46'21,1"
2	Sumbar	BH 2	Sungai Batanghari	Pertemuan BT Bangko dan BT Suliti	S 01°16'03,9" E 101°19'46,2"
3	Sumbar	BH 3	Sungai Batanghari	Desa Gasing	S 01°12'03,4" E 101°21'05,5"
4	Sumbar	BH 4	Sungai Batanghari	Desa Koto Ranah	S 00°57'46,1" E 101°30'12,9"
5	Sumbar	BH 5	Sungai Batanghari	Pertemuan Bt hari dan Bt Pangean	S 00°57'11,0" E 101°33'23,2"
6	Sumbar	BH 6	Sungai Batanghari	BT Hari Jemb. Sungai Langkok	S 01°05'44,3"E 101°46'49,7"

sedimen dianalisis dengan menggunakan metode *cold vapour* IK-12/B/LPDL (*mercury analyzer*). Analisis data dilakukan dengan secara deskriptif kuantitatif dan dibandingkan terhadap pemenuhan kriteria mutu air (KMA) kelas I dan II PP 82/2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air [16].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil identifikasi merkuri terlarut di air sungai yang berada di DAS Batanghari di 15 titik pantau yang dilaksanakan oleh P3KLL tahun 2007 dan 2008 dengan frekuensi satu tahun sekali menunjukkan hasil merkuri dengan nilai di bawah limit deteksi (<0.0005 mg/L). Penelitian di sungai lain juga menemukan hal yang sama, yakni bahwa kontaminasi merkuri tidak ditemukan pada badan air [17], [18], walaupun sebagian



Gambar 3. Konsentrasi merkuri di sedimen DAS Batanghari tahun 2007-2008.

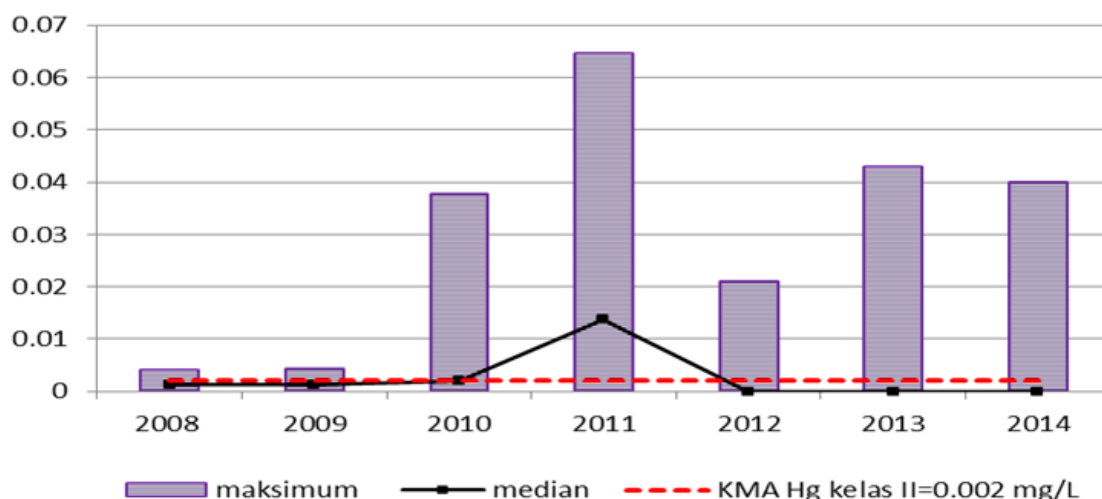
penelitian menemukan kontaminasi merkuri pada badan air [19]–[23]. Namun demikian, kondisi tersebut tidak memberikan jaminan bahwa lokasi titik pantau tersebut tidak mengalami paparan merkuri. Hal tersebut didukung dengan terdeteksinya merkuri di sedimen Sungai Batanghari dan anak Sungai Batanghari yang mendapat kontribusi pengendapan dari partikel yang melayang di air ke dasar sungai.

Merkuri terdeteksi di 11 titik yang dipantau dengan konsentrasi pada kisaran 0,01 – 0,42 mg/kg. Konsentrasi sedimen sungai yang terdeteksi tahun 2007 mengalami peningkatan pada tahun 2008 (grafik 1). Pada tahun 2007 merkuri di sedimen Sungai Batanghari terdeteksi dengan kisaran 0,01-0,05 mg/kg sedangkan pada tahun 2008 terdeteksi dengan kisaran nilai 0,05-0,42 mg/Kg. Masing masing titik pantau terjadi peningkatan konsentrasi dengan kisaran 2 – 24 kali dari tahun 2007 ke tahun 2008.

Keberadaan merkuri di sedimen ini menunjukkan pencemaran merkuri yang terjadi di Sungai Batanghari. Pencemaran merkuri di sedimen dimungkinkan terjadi karena masyarakat penambang melakukan

semua kegiatan mulai dari pengayakan pasir sungai hingga pengolahan dengan merkuri dilakukan di sungai. Sisa proses pengolahan secara langsung dibuang ke sungai. Pengolahan emas dengan teknologi yang tidak ramah lingkungan dengan penggunaan bahan kimia berbahaya merkuri menyebabkan terjadinya pencemaran merkuri di lingkungan. Sedimen sungai menjadi tempat akumulasi dari partikel yang telah ada sebelumnya dan secara terus menerus menerima limbah merkuri dari proses penambangan emas masyarakat atau penambangan emas tanpa izin (PETI) [21], [22].

Hasil pemantauan di air sungai yang dilakukan dari kerjasama KLHK dan DLH Sumatera Barat melalui program dekontaminasi pemantauan kualitas air dalam kurun waktu tahun 2008- 2014 dengan frekuensi pengambilan ampel 5 kali dalam setahun di 6 titik pantau yang berbeda dengan yang dilakukan di P3KLL menunjukkan adanya merkuri di air sungai. Konsentrasi merkuri yang terdeteksi di air sungai berfluktuatif dari tahun ke tahun atau dari periode pemantauan dengan kisaran



Gambar 4. Konsentrasi merkuri tertinggi terdeteksi di Sungai Batanghari tahun 2008-2014.

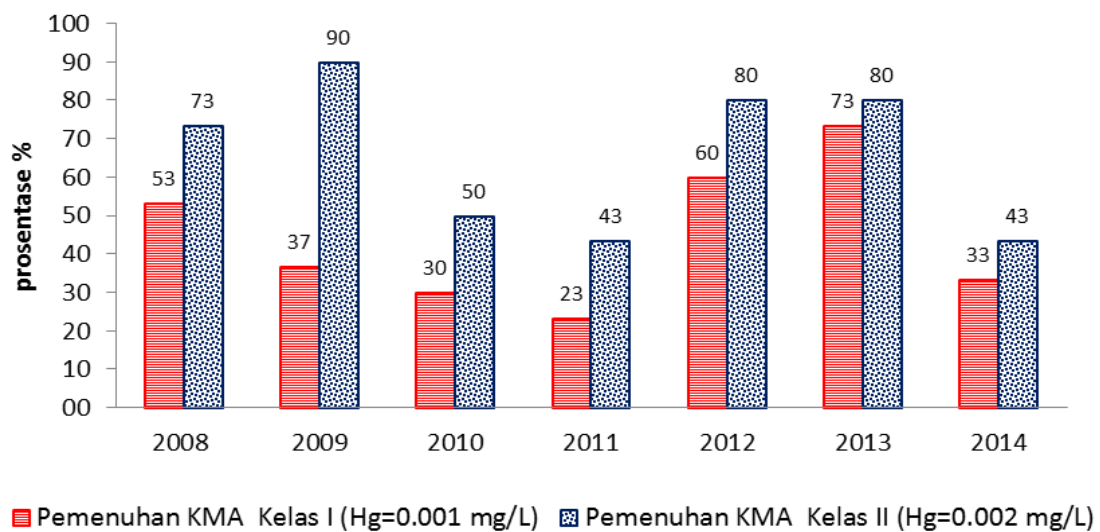
konsentrasi dari $0,0005 - 0,0645 \text{ mg/L}$. Maksimum konsentrasi terdeteksi pada tahun 2011 di titik pantau BH-2.

Dari total 30 sampel yang diambil di masing-masing tahun 2008 sampai dengan tahun 2014, persentase pemenuhan kriteria mutu air kelas II PP 82/2001 sebesar $0,002 \text{ mg/L}$ berfluktuasi pada kisaran 43-90%. Persentase pemenuhan kriteria mutu air tertinggi diperoleh pada tahun 2009 dan terendah pada tahun 2011 dan 2014 (Gambar 3). Pada umumnya sungai yang berada di wilayah hulu dimanfaatkan sebagai sumber baku air minum [20], [22], [23]. Peruntukan air sungai untuk sumber baku air minum mengacu pada kriteria muatu air kelas I PP 82/2001. KMA merkuri kelas I PP 82/2001 sebesar $0,001 \text{ mg/L}$ [16]. Lokasi Sungai Batanghari yang berada di wilayah hulu seharusnya dapat memenuhi kriteria mutu air kelas I. Berdasarkan KMA kelas I tersebut maka prosentase merkuri yang masih memenuhi kriteria tersebut berfluktuasi berada pada kisaran 23 – 73 %.

Data hasil pemantauan air sungai di wilayah Koto Sembilan dan Sitiung Kabupaten Darma Raya yang diperoleh dari PSLB3 tahun 2018 menunjukkan nilai tertinggi sebesar $0,02 \text{ mg/L}$, sedangkan

untuk sedimen sampel sebesar $1,32 \text{ mg/kg}$.

Pencemaran merkuri terjadi di air sungai di DAS Batanghari dengan konsentrasi yang berfluktuasi dari tahun ke tahun. Pencemaran merkuri di sedimen sungai yang meningkat pada tahun 2007 ke 2008 menunjukkan adanya tambahan deposit partikel yang mengendap di dasar sungai yang mengandung merkuri. Kondisi pencemaran merkuri di sedimen Sungai Batanghari tetap dapat dideteksi sampai tahun 2018. Keberadaan merkuri pada DAS mengindikasikan bahwa pada kurun waktu tersebut pertambangan emas skala kecil (PESK) masih terjadi di bagian hulu. Walaupun informasi terkait jumlah penambang dan keluarga penambang yang terlibat dalam PESK sulit pendataannya, namun beberapa penelitian memperkirakan tingginya keterlibatan kelompok masyarakat, termasuk petani, pada sektor ini. Beberapa peneliti menyebutkan bahwa perekonomian rumahtangga masyarakat pedesaan dan perekonomian lokal akibat *multiplier effect*-nya dapat ditopang oleh PESK [24]–[26]. Penelitian [25] di Bombana, Sulawesi Tenggara bahkan menyebutkan bahwa pendapatan PESK di Bombana lebih tinggi daripada pendapatan PESK di Jawa, serta lebih tinggi daripada pendapatan masyarakat yang bekerja pada sektor lain di Bombana.



Gambar 5. Prosentase pemenuhan merkuri terhadap KMA kelas I dan II PP 82/2001

Namun demikian, [27] secara eksplisit menyebutkan bahwa penambang di Sumbawa Barat justru mengalami lingkaran kemiskinan, dan PESK belum dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Lebih jauh lagi, [28] menyatakan bahwa sebenarnya beberapa sistem usahatani secara finansial dapat memberikan tingkat pendapatan yang layak, bahkan secara rinci disampaikan bahwa lahan yang belum ditambang lebih ekonomis dipergunakan untuk tanaman palawija, sedangkan lahan yang telah ditambang lebih ekonomis untuk budidaya tanaman-tanaman kehutanan.

Beberapa peneliti lain juga menyebutkan bahwa perlu dilakukan upaya pengendalian pemanfaat merkuri pada PESK [29], [30] agar pencemaran merkuri di sungai tidak bertambah dari tahun ke tahun. PESK terindikasi sebagai sektor pemanfaat merkuri terbesar di dunia [31]. Pemenuhan kriteria mutu air yang rendah untuk merkuri juga menunjukkan adanya pencemaran merkuri yang relatif tinggi di DAS Batanghari. Pemanfaatan air sungai yang mengandung merkuri dan juga ikan yang ada di dalamnya perlu mendapatkan perhatian agar merkuri tidak berpindah dan terakumulasi pada

manusia yang memanfaatkan air dan biota yang terkontaminasi merkuri [17], [23].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dapat disimpulkan bahwa hasil identifikasi mengindikasikan adanya distribusi merkuri baik di air sungai maupun sedimen sungai. Merkuri di air sungai berfluktuasi pada kisaran $<0,0005$ - $0,0645$ mg/L, sedangkan pada sedimen sungai terdeteksi dengan kisaran $0,01$ – $0,42$ mg/kg. Keberadaan merkuri di air sungai dan sedimen sungai perlu mendapatkan perhatian agar sumber pencemar yang berasal dari pertambangan emas tradisional dapat dicegah lebih lanjut sehingga dampak negatif pencemaran merkuri dapat diminimalisasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan, Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat dan Direktorat PB3-KLHK dalam pelaksanaan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. H. Hsu-Kim, K. H. Kucharzyk, T. Zhang, and M. A. Deshusses, "Mechanisms Regulating Mercury Bioavailability for Methylating Microorganisms in the Aquatic Environment: A Critical Review," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 47, no. 6, pp. 2441–2456, Mar. 2013.
2. M. Liu *et al.*, "Mercury Release to Aquatic Environments from Anthropogenic Sources in China from 2001 to 2012," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 50, no. 15, pp. 8169–8177, Aug. 2016.
3. W. C. Li and H. F. Tse, "Health risk and significance of mercury in the environment," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2015.
4. X. Xu *et al.*, "The impact of an abandoned mercury mine on the environment in the Xiushan region, Chongqing, southwestern China," *Appl. Geochemistry*, vol. 88, pp. 267–275, Jan. 2018.
5. F. Beckers and J. Rinklebe, "Cycling of mercury in the environment: Sources, fate, and human health implications: A review," *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, vol. 47, no. 9, pp. 693–794, May 2017.
6. S. Zhu, Z. Zhang, and D. Žagar, "Mercury transport and fate models in aquatic systems: A review and synthesis," *Sci. Total Environ.*, vol. 639, pp. 538–549, Oct. 2018.
7. M. Du, D. Wei, Z. Tan, A. Lin, and Y. Du, "Predicted no-effect concentrations for mercury species and ecological risk assessment for mercury pollution in aquatic environment," *J. Environ. Sci. (China)*, vol. 28, 2015.
8. B. Gworek, O. Bemowska-Kalabun, M. Kijeńska, and J. Wrzosek-Jakubowska, "Mercury in Marine and Oceanic Waters—a Review," *Water, Air, Soil Pollut.*, vol. 227, no. 10, p. 371, Oct. 2016.
9. H. Gonzalez-Raymat *et al.*, "Elemental mercury: Its unique properties affect its behavior and fate in the environment," *Environ. Pollut.*, vol. 229, pp. 69–86, Oct. 2017.
10. S. J. Balogh *et al.*, "Tracking the Fate of Mercury in the Fish and Bottom Sediments of Minamata Bay, Japan, Using Stable Mercury Isotopes," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 49, no. 9, pp. 5399–5406, May 2015.
11. K.-H. Kim, E. Kabir, and S. A. Jahan, "A review on the distribution of Hg in the environment and its human health impacts," *J. Hazard. Mater.*, vol. 306, pp. 376–385, Apr. 2016.
12. S. D. Tarigan, "Land Cover Change and its Impact on Flooding Frequency of Batanghari Watershed, Jambi Province, Indonesia," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 33, pp. 386–392, 2016.
13. S. M. Guswahyuni, "Ancaman kesehatan pada komunitas anak-anak yang hidup disekitar pertambang emas tanpa izin di Provinsi Jambi," *Ber. Kedokt. Masy.*, p. 3, Aug. 2018.
14. K. Ariani, Mawardi, R. Juita, and N. Novari, "Analisis Kadar Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Air Sungai Batanghari di Daerah Hulu Kabupaten Dharmasraya Sumatera Barat Kori," *J. Residu*, vol. 3, no. 16, pp. 49–54, 2019.
15. Syahrizal and M. Y. Arifin, "Analisis kandungan merkuri (Hg) pada air dan daging Ikan Patin Siam (*Pangasius hypophthalmus*) di KJA Danau Sipin Jambi," *J. Akuakultur Sungai dan Danau*, vol. 2, no. 1, pp. 9–17, 2017.
16. Kementerian Lingkungan Hidup, *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Indonesia, 2001.
17. M. Ali, S. Hery, and S. A. Putri, "Mercury toxicity potential from artisanal and small scale gold mines in Lebong Regency, Bengkulu Province," in *E3S Web of Conferences*, 2018, vol. 73, pp. 8–10.
18. S. M. Simange, "Penyebaran merkuri dan sianida akibat usaha pertambangan emas di daerah Teluk Kao, kabupaten Halamahera Utara," *J. agroforestri*, vol. 10, no. 2, pp. 137–144, 2015.
- 19] B. Niane, S. Guédron, F. Feder, S. Legros, P. M. Ngom, and R. Moritz, "Impact of recent artisanal small-scale gold mining in Senegal: Mercury and methylmercury contamination of terrestrial and aquatic ecosystems," *Sci. Total Environ.*, vol. 669, no. March, pp. 185–193, 2019.
20. K. Macdonald, M. Lund, and M. Blanchette, "Impacts of Artisanal Small-Scale Gold Mining on Water Quality of a Tropical River (Surow River, Ghana)," *10th Int. Conf. Acid Rock Drain. IMWA Annu. Conf.*, no. July 2016, pp. 1–12, 2015.
21. C. S. Green, P. J. Lewis, J. R. Wozniak, P. E. Drevnick, and M. L. Thies, "A comparison of factors affecting the small-scale distribution of mercury from artisanal small-scale gold mining in a Zimbabwean stream system," *Sci. Total Environ.*, vol. 647, 2019.
22. N. A. Gafur, M. Sakakibara, S. Sano, and K. Sera, "A case study of heavy metal pollution in water of Bone River by Artisanal Small-Scale Gold Mine Activities in Eastern Part of Gorontalo, Indonesia," *Water (Switzerland)*, vol. 10, no. 11, p. 11, 2018.

23. G. Martinez *et al.*, "Mercury contamination in riverine sediments and fish associated with artisanal and small-scale gold mining in Madre de Dios, Peru," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 15, no. 8, pp. 1–15, 2018.
24. Y. Ismawaty, J. Petrlik, and J. DiGangi, "Mercury Hotspots in Indonesia," 2013.
25. Basri, M. Sakakibara, and Ratnawati, "Economic features of the artisanal and small-scale gold mining industry in Bombana, Southeast Sulawesi, Indonesia," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 71, no. 1, p. 9, 2017.
26. B. D. Krisnayanti, "ASGM status in West Nusa Tenggara Province, Indonesia," *J. Degrad. Min. Lands Manag.*, vol. 5, no. 2, pp. 1077–1084, 2018.
27. Ibrahim, M. Baiquni, S. Ritohardoyo, and Setiadi, "Characteristics of Poverty in Rural Communities of Gold Mining District Area West Sumbawa," *Mimbar*, vol. 32, no. 1, pp. 163–174, 2016.
28. R. M. Iswandi, L. Baco, L. Yunus, and L. O. Alwi, "Kelayakan finansial pengembangan usaha tani dalam suatu wilayah lingkaran tambang emas di Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara," *J. Agro Ekon.*, vol. 35, no. 1, pp. 67–76, 2017.
29. L. K. Salati, D. Mireku-Gyimah, and P. A. Eshun, "Evaluation of Stakeholders' Roles in the Management of Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Anka, Zamfara State, Nigeria," *Dev. Ctry. Stud.*, vol. 4, no. 19, pp. 150–161–161, 2014.
30. S. R. Ma'mun, "Pertambangan emas dan sistem penghidupan petani: studi dampak penambangan emas di Bombana, Sulawesi Tenggara," *Soladity Jurnal Sociol. Pedesaan*, vol. Desember, pp. 274–280, 2016.
31. L. Bernaudat and S. Keane, "Partnership on Reducing Mercury in Artisanal and Small-Scale Gold Mining (ASGM)," in *E3S Web of Conferences*, 2013, vol. 1, pp. 2–3.