

Analisis Kandungan Logam Berat Pada Kawasan Penambangan Sinabar (HgS) Di Gunung Tembaga Kabupaten Seram Bagian Barat Provinsi Maluku

Yusthinus T. Male^{1*}, Amirudin², Roberth Hutagalung³, Nelson Gaspersz¹, Jusuph J. Wattimury⁴

¹Department of Chemistry, Faculty of Science dan Technology, Pattimura University, Jl. Ir. M. Putuhen, Poka-Ambon 97233

²Inorganic Laboratory, Faculty of Science dan Technology, Pattimura University

³Department of Physics, Faculty of Science dan Technology, Pattimura University

⁴Department of Marine Science, Faculty of Fisheries and Marine Science, Pattimura University

*Corresponding Author: yusmale@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui kandungan logam berat pada daerah penambangan ilegal sinabar (HgS) di Gunung Tembaga, Kabupaten Seram Bagian Barat. Karakteristik sedimen dan jenis mineral logam berat dilakukan dengan uji fraksi ukuran butir sedimen, jenis mineral dengan *X-Ray Diffraction (XRD)* dan *X-Ray Fluorescence (XRF)* serta analisis kadar logam dengan *Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry (CV-AAS)*. Hasil analisis jenis dan kadar logam berat pada daerah penambangan sinabar di Gunung Tembaga menunjukkan empat unsur logam berat yang dominan, yaitu Merkuri (Hg), Timbal/timah hitam (Pb), Tembaga (Cu) dan Perak (Ag). Kadar logam merkuri tertinggi terdapat pada sampel GT-2 (587,76 ppm) sedangkan terendah (10,45 ppm) pada sampel GT-1. Tingginya kadar merkuri pada mineral sinabar yang telah terekspos dan terdistribusi pada ekosistem berpotensi terjadinya kontaminasi pada tumbuhan dan biota perairan sehingga berdampak negatif terhadap keamanan bahan pangan yang akhirnya terjadi akumulasi pada tubuh manusia melalui jaring makanan. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa disamping merkuri, dua logam berat lainnya, yaitu timbal (Pb) dan tembaga (Cu) memiliki kadar yang cukup tinggi, yaitu ± 36 ppm sehingga lokasi penambangan di Gunung tembaga, Desa Luhu dapat dijadikan sumber mineral (*ore*) timbal dan tembaga.

Kata Kunci: Gunung Tembaga, merkuri, XRD, XRF, CV-AAS.

ABSTRACT

A study was conducted to determine the heavy metal content in the illegal cinnabar (HgS) mining area at Mount Tembaga, West Seram Regency. The sediment characteristics and types of heavy metal minerals were analyzed using grain size fraction tests, mineral identification through *X-Ray Diffraction (XRD)* and *X-Ray Fluorescence (XRF)*, as well as metal content analysis using *Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry (CV-AAS)*. The results of the analysis on the types and concentrations of heavy metals in the cinnabar mining area at Mount Tembaga identified four dominant heavy metal elements: Mercury (Hg), Lead (Pb), Copper (Cu), and Silver (Ag). The highest mercury concentration was found in sample GT-2 (587.76 ppm), while the lowest concentration (10.45 ppm) was found in sample GT-1. The high levels of mercury in the exposed cinnabar mineral, which has been distributed into the ecosystem, pose a risk of contamination to plants and aquatic biota. This can negatively impact food safety and may eventually lead to mercury accumulation in the human body through the food chain. The study also revealed that, in addition to mercury, two other heavy metals—lead (Pb) and copper (Cu)—were present in relatively high concentrations, approximately 36 ppm. Therefore, the mining area at Mount Tembaga, Luhu Village, has the potential to be utilized as a source of lead and copper ore.

Keywords: Mount Tembaga, mercury, XRD, XRF, CV-AAS.

PENDAHULUAN

Global Mercury Assessment (GMA) (UN Environment, 2019) memperkirakan bahwa lebih dari 2.060 ton merkuri digunakan dan hilang dalam sektor Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) atau ASGM (Artisanal Small Scale Gold Mining) setiap tahun di seluruh dunia. Munculnya penambangan

sinabar skala kecil dan ilegal, misalnya di Indonesia dan Meksiko menjadi sumber utama yang memenuhi permintaan PESK dengan perkiraan produksi mencapai 800 hingga 1.100 ton pada tahun 2015 (UN Environment, 2017). Penambangan ilegal merkuri terus dilakukan meskipun ada undang-undang yang melarang perdagangan, distribusi, dan penggunaan merkuri dalam pengolahan dan pemurnian logam emas di Indonesia. Setelah operasi penambangan merkuri dilakukan dan komunitas penambang terbiasa dengan manfaat ekonomi yang dihasilkan, sulit untuk menghentikan penambangan karena dampak yang ditimbulkan terhadap struktur ekonomi dan sosial cukup signifikan.

Sinabar (Cinnabar, HgS) ditemukan di Gunung Tembaga, Desa Luhu Kabupaten Seram Bagian Barat, Provinsi Maluku. Penambangan sinabar dilakukan sejak tahun 2010 melalui operasi penambangan merkuri skala kecil (Apriando, 2017). Pada tahun 2016, permintaan merkuri impor (umumnya dari Spanyol) ke Indonesia meningkat karena tidak ada alternatif lain untuk memenuhi pasokan (Spiegel dkk., 2018; Male dkk., 2024). Spiegel dkk. (2018) melaporkan bahwa pada tahun 2016, sekitar 75% sinabar yang ditambang di Pulau Seram dikirim ke Jakarta dan Jawa Barat sementara 25% sisanya dikirim ke Surabaya (Jawa Timur) (dan kemungkinan Ambon) untuk diolah menjadi merkuri cair. Pasokan merkuri di seluruh Indonesia umumnya digunakan dalam PESK.

Bahan pencemar, khususnya merkuri (Hg) merupakan isu global karena berhubungan dengan ancaman kesehatan yang signifikan bagi umat manusia. Merkuri merupakan unsur yang sangat mudah menguap dan dapat terbawa hingga bermil-mil jauhnya dari sumber aslinya. Jika terbuang ke danau dan sungai, merkuri akan berubah menjadi metilmerkuri (CH_3Hg^+), bentuk merkuri yang paling beracun. Metil merkuri terbentuk ketika bakteri mengubah merkuri anorganik di lingkungan (air dan tanah). Zat ini mudah terakumulasi dalam rantai makanan, terutama di jaringan ikan dan kerang, dan menjadi penyebab utama keracunan merkuri pada manusia dan hewan karena dapat menyebabkan kerusakan sistem saraf dan organ lain. Sejumlah perusahaan dan aktifitas pertambangan emas ilegal membuang sejumlah besar merkuri ke lingkungan. Selain itu, sumber pencemaran merkuri dapat berasal dari pemanfaatannya dalam bidang medis, pertanian, dan elektronik dan sebagai katalis dalam proses industri. Sebuah studi tahun 2006 memperkirakan bahwa 100-150 ton Hg terdeposisi ke lingkungan setiap tahun dari aktivitas PESK di Indonesia (Veiga dkk., 2006). Male dkk. (2013); Reichelt-Brushett (2017a dan 2017b) melaporkan peningkatan konsentrasi Hg pada sedimen sungai (hilir dan muara) serta ekosistem perairan yang terdampak aktifitas PESK di Pulau Buru, dimana 25-30% dari total Hg telah termetilasi/terikat dengan gugus organik.

Penelitian awal kadar merkuri pada daerah pertambangan Sinabar (HgS) di Gunung Tembaga, Desa Iha dilakukan oleh Hatala (2019), menunjukkan kadar merkuri (Hg) yang sangat tinggi, yaitu 8287 ppm. Belum dilakukan penelitian untuk mengetahui kondisi terkini kadar logam merkuri dan logam berat lainnya yang berbahaya bagi kesehatan manusia, yaitu timbal (Pb) dan tembaga (Cu). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi terkini (*current status*) kadar logam berat Hg, Pb dan Cu pada daerah penambangan ilegal sinabar di Gunung Tembaga.

BAHAN DAN METODE

Bahan Kimia dan Alat-Alat yang digunakan

Bahan-bahan kimia yang digunakan bersifat pro-analisis (p.a), yaitu akuabidest, HCl, HNO_3 , KMnO_4 , $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ larutan induk Hg, Pb dan Cu dan Ag. Alat-alat yang digunakan adalah: Seperangkat alat gelas (Pyrex), *Hot plate*, timbangan analitik (Cybersan CON 110), *furnance oven* (Memert), lumpang dan alu, ayakan 100 mesh, *X-Ray Diffraction* (Shimadzu 6000), *X-Ray Fluorescence* (*Panalytical Axios Max*) dan CV-AAS (Analitik Jena).

Sampel penelitian

Sampel tanah yang diambil sebanyak enam sampel pada area penambangan sinabar di Gunung Tembaga. Sampel tanah diambil menggunakan sendok plastik dengan kedalaman kurang lebih 10-20 cm di atas permukaan tanah. Sampel tanah dimasukkan dalam plastik sampel (*sandwich bag*) dan diberi label, kemudian diletakkan dalam kotak berpendinginan es dan dibawa ke Laboratorium Kimia Anorganik, Fakultas Sains dan Teknologi universitas Pattimuran untuk dianalisis. Sampel tanah dibersihkan dari kotoran kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 40 °C, dihaluskan menggunakan lumpang serta

diayak dengan ayakan 100 mesh. Sampel ditimbang sebanyak 10 g dengan timbangan analitik dan dimasukkan dalam plastik sampel yang telah diberi label untuk analisis selanjutnya.

Analisis Fraksi Ukuran Butir Sedimen

Sampel sedimen dikeringkan dengan oven pada suhu 70 °C-80 °C selama 24 jam. Setelah kering, sampel ditimbang dan angka yang diperoleh dicatat sebagai berat kering. Sampel kemudian direndam dalam aquadest selama 5 jam untuk melepaskan butirannya. Ayakan disusun sesuai urutan ukuran plastik penampang dari bawah ke atas dengan urutan: 0,032; 0,063; 0,090; 0,250; 0,500; 1,00; 2,00; dan 4,00 mm.

Sampel yang telah direndam diletakkan pada bagian atas urutan ayakan yang berukuran 4,00 mm. Sampel dicuci dengan air yang mengalir sambil diaduk dengan kuas untuk melepaskan butiran yang satu dengan yang lain, dan masing-masing fraksi sedimen yang tertinggal pada ayakan dipindahkan pada tray aluminium ukuran 100 mL. Setiap fraksi sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu 70 °C-80 °C selama 2 jam sampai konstan. Masing-masing sampel ditimbang sesuai dengan ukuran butiran, bila angka yang diperoleh sama maka proses pengayakan telah selesai.

Pembuatan Larutan Sampel

Sampel tanah ditimbang sebanyak 10 g ke dalam beaker gelas 250 mL dan ditambahkan *aqua regia* (HCl:HNO₃) dengan perbandingan 3:1 sebanyak 20 mL. Sampel kemudian dipanaskan diatas penangas listrik dengan suhu 70 °C hingga larut dan mengeluarkan asap putih. Larutan didinginkan, disaring dan dimasukkan dalam labu takar 100 mL kemudian diencerkan dengan akuabides hingga tanda batas. Proses ini dilakukan untuk semua sampel tanah.

Analisis Sampel dengan XRD

Analisis sampel dengan XRD (*X-Ray Diffraction*) dilakukan untuk mengidentifikasi senyawa dan mineral yang tidak diketahui dalam suatu sampel, serta untuk menentukan keberadaan dan jumlah berbagai fasa kristal yang berbeda dalam material. Sampel padat ditumbuk menjadi bubuk yang sangat halus untuk memastikan homogenitas dan pengukuran difraksi yang akurat. Bubuk sampel kemudian diletakkan pada preparat khusus dan diratakan permukaannya. Sampel yang siap dipasang pada alat difraktometer, kemudian sudut datang sinar-X divariasikan dalam rentang 2° hingga 65° (2 θ). Pola difraksi, yaitu intensitas sinar-X yang terdeteksi pada berbagai sudut, direkam sebagai difraktogram.

Analisis Sampel dengan XRF

Analisis dengan XRF (*X-Ray Fluorescence*) dilakukan untuk menentukan komposisi kimiawi sampel dengan mengukur sinar-X fluoresen yang dipancarkan dari sampel saat dieksitasi. XRF menyediakan data unsur untuk komposisi kimia tanpa membedakan berbagai senyawa kimia yang terdapat dalam sampel. Sampel yang telah disiapkan dimasukan dalam P1 (tempat sampel pada XRF) hingga tinggi sampel 1/3 dari tinggi P1. Kemudian sampel dipress menggunakan *hydraulic press* kemudian sampel dimasukan ke dalam instrumen XRF untuk dianalisis.

Analisis Sampel Dengan CV-AAS

Analisis sampel dengan instrumen *Cold Vapor Atomic Absorption Spectroscopy* (CV-AAS) digunakan khusus untuk mengukur kadar merkuri (Hg) dalam konsentrasi sangat rendah, dengan mengubah merkuri dalam sampel menjadi uap dingin melalui reaksi kimia lalu diukur penyerapan cahayanya menggunakan instrumen CV-AAS. Pada penelitian ini, tidak dilakukan pengulangan untuk setiap sampel. Larutan sampel dipipet sebanyak 10 mL dan dimasukkan dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 0,1 mL KMnO₄ 10% dan dikocok hingga homogen. Setelah itu ditambahkan 0,1 mL NH₂OH.HCl untuk menghilangkan kelebihan reagen pengoksidasi dan dikocok kembali. Selanjutnya ditambahkan 0,5 mL SnCl₂.2H₂O dan segera dianalisis dengan AAS uap dingin untuk mengetahui kandungan logam yang terkandung dalam sampel.

Pembuatan larutan Standar

Pembuatan Larutan Standar Merkuri (Hg)

Larutan standar Hg 100 ppm dibuat dengan mengambil sebanyak 10 mL dari larutan induk 1000 ppm, diasamkan dengan 2 mL HNO_3 pekat selanjutnya diencerkan dalam labu takar 100 mL dengan akuabides hingga tepat volumenya. Larutan standar Hg 10 ppm dibuat dengan mengambil sebanyak 10 mL dari larutan standar 100 ppm, kemudian diencerkan dalam labu takar 100 mL dengan akuabides hingga tepat volumenya. Deret larutan standar Hg diambil masing-masing sebanyak 2, 4, 6, dan 8 mL larutan standar 10 ppm, kemudian diencerkan dalam labu takar 100 mL dengan akuabides hingga tepat volumenya untuk memperoleh konsentrasi 0,2 ; 0,4 ; 0,6 dan 0,8 ppm. Larutan standar diukur absorbansinya dengan SSA pada panjang gelombang 253,7 nm kemudian dibuat kurva standar konsentrasi versus absorbansi dan diperoleh persamaan regresi linearnya.

Pembuatan Larutan Standar Timbal (Pb)

Larutan standar Pb 100 ppm dibuat dengan mengambil sebanyak 10 mL dari larutan induk 1000 ppm, kemudian diencerkan dalam labu takar 100 mL dengan akuabides hingga tepat volumenya. Larutan standar Pb 10 ppm dibuat dengan mengambil sebanyak 10 mL dari larutan standar 100 ppm, diasamkan dengan 2 mL HNO_3 pekat kemudian diencerkan dalam labu takar 100 mL dengan akuabides hingga tepat volumenya. Deret larutan standar Pb diambil masing-masing sebanyak 2, 4, 6, dan 8 mL larutan standar 10 ppm, kemudian diencerkan dalam labu takar 100 mL dengan akuades hingga tepat volumenya untuk memperoleh konsentrasi 0,2 ; 0,4 ; 0,6 dan 0,8 ppm. Larutan standar diukur absorbansinya dengan CV-AAS pada panjang gelombang 283,3 nm kemudian dibuat kurva standar konsentrasi versus absorbansi dan diperoleh persamaan regresi linearnya.

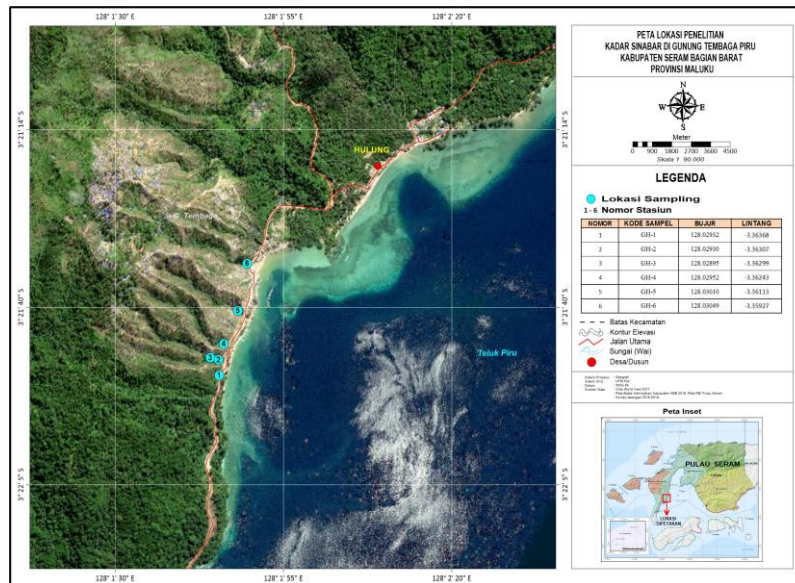
Pembuatan Larutan Standar Tembaga (Cu)

Larutan standar Cu 100 ppm dibuat dengan mengambil sebanyak 10 mL dari larutan induk 1000 ppm, kemudian diencerkan pada labu takar 100 mL dengan akuades hingga tepat volumenya. Larutan standar Cu 10 ppm dibuat dengan mengambil sebanyak 10 mL dari larutan standar 100 ppm, kemudian diencerkan dalam labu takar 100 mL dengan akuades hingga tepat volumenya. Deret larutan standar Cu diambil masing-masing sebanyak 2, 4, 6, dan 8 mL larutan standar 10 ppm, kemudian diencerkan dalam labu takar 100 mL dengan akuades hingga tepat volumenya untuk memperoleh konsentrasi 0,2 ; 0,4 ; 0,6 dan 0,8 ppm. Larutan diukur absorbansinya dengan SSA pada panjang gelombang 324,7 nm kemudian dibuat kurva standar konsentrasi versus absorbansi dan diperoleh persamaan regresi linearnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan Umum Lokasi Penelitian dan Preparasi Sampel

Gunung Tembaga merupakan salah satu pegunungan yang terletak pada Kabupaten Seram Bagian Barat yang secara geografis terletak pada pesisir antara Desa Luhu dan Iha, Kecamatan Huamual, Kabupaten Seram Bagian Barat, Provinsi Maluku. Peta lokasi pengambilan sampel disajikan pada Gambar 1, sedangkan gambar proses ekstraksi batuan sinabar menggunakan teknik gravitasi manual dan batuan sinabar yang dihasilkan disajikan pada Gambar 2. Ribuan penambang membuat lubang galian dan mendirikan tenda pekerja tambang yang nampak memenuhi punggung Gunung Tembaga.



Gambar 1. Lokasi titik pengambilan sampel pada Gunung Tembaga, Desa Iha



Gambar 2. Proses ekstraksi batuan sinabar dan batuan sinabar yang diperoleh

Hasil Penelitian

Hasil Analisis Fraksi Ukuran Butir Sedimen

Analisis ukuran butir sedimen dilakukan untuk mengetahui hubungan antara ukuran partikel dan bahan organik yang dapat mempengaruhi jumlah kandungan logam berat pada tanah. Pengukuran butiran sedimen ditentukan menggunakan alat ayakan mekanik. Ayakan yang digunakan memiliki ukuran 2 mm; 0,8 mm; 0,4 mm; 0,15 mm; 0,063 mm. Pengayakan dilakukan dengan metode pengayakan kering. Butiran sedimen diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi Wenworth, 1922 (dalam Blott and Kenneth, 2001). Klasifikasi ini menggolongkan sedimen ke dalam fraksi ukuran butiran yang berbeda yaitu kerikil (gravel) (2-64 mm), pasir (*sand*) 0,063-2 mm), lanau (*silt*) (0,0004-0,063 mm), lumpur (*mud*) <0,063 dan lempung (*clay*) <0,004 mm. Sesuai data hasil uji dari Laboratorium Geofisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Ambon, dapat dilihat pada Tabel 1.

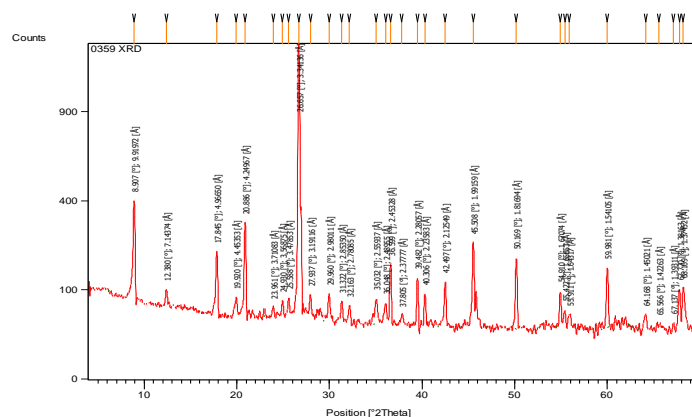
Berdasarkan data pengukuran butir sedimen pada enam titik yang berbeda, dapat dilihat bahwa fraksi kerikil didominasi oleh sampel dengan kode GT3, sebesar 65,68% sementara fraksi pasir dan lumpur lebih banyak pada sampel GT4 masing-masing 56,00% dan 35,16%. Sampel GT4 selanjutnya dipilih untuk analisis selanjutnya dengan XRD dan XRF karena sampel yang memiliki tipe fraksi pasir dan lumpur yang dominan lebih banyak berikatan dengan logam dalam sedimen dibandingkan fraksi yang sifatnya kasar seperti pasir dan kerikil.

Tabel 1. Data hasil fraksi ukuran butir sedimen

No.	Kode Sampel	Presentase Butiran (%)			Klasifikasi	Lokasi Sampling
		Kerikil	Pasir	Lumpur		
1	GT-1	60,07	34,42	5,52	Krakal pasiran	Kaki Gn. Tembaga
2	GT-2	36,0	47,23	16,17	Pasir krakal	Limpasan material
3	GT-3	65,68	29,49	4,82	Krakal pasiran	Limpasan material
4	GT-4	8,83	56,00	35,16	Pasir lumpuran	Bekas lubang galian
5	GT-5	26,15	45,71	28,14	Pasir lumpuran	Endapan sungai kecil
6	GT-6	29,57	51,53	18,89	Pasir krakal	Bekas lubang galian

Hasil Jenis Mineral dengan XRD

Analisis dengan XRD bertujuan untuk menentukan struktur kristal dan komposisi unsur-unsur oksida yang terkandung dalam tanah pada sampel GT4. Uji Difraksi sinar-X dilakukan pada sudut pendek ($2\theta=5-70^\circ$) yang dilakukan sebagai langkah awal untuk identifikasi keberadaan kandungan bahan oksida sebagai bahan dasar untuk pengujian selanjutnya (Munasir dkk., 2012). Berikut data hasil karakterisasi menggunakan XRD dan difraktogram diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Difraktogram hasil pengukuran XRD sampel GT4

Secara umum, bahan alam dari jenis sampel yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk seperti pasir kuarsa dengan warna putih kecoklatan. Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari beberapa senyawa oksida berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya (Munasir dkk., 2012). Berdasarkan difraktogram (Gambar 3) tanah pertambangan Gunung Tembaga, menunjukkan adanya beberapa puncak refleksi yakni pada $2\theta=26,657^\circ$ (β - $\text{PbO}_2(110)$); $2\theta=32,163^\circ$ (β - $\text{PbO}_2(101)$); $36,599^\circ$ (β - $\text{PbO}_2(111)$); $2\theta=50,169^\circ$ (β - $\text{PbO}_2(211)$); $2\theta=59,981^\circ$ (β - $\text{PbO}_2(112)$); $67,137^\circ$ (β - $\text{PbO}_2(202)$); $2\theta=31,322^\circ$ (β - $\text{CuO}(110)$); $2\theta=37,805^\circ$ (β - $\text{Cu}_2\text{O}(110)$); $2\theta=39,482^\circ$ (β - $\text{CuO}(111)$); $2\theta=45,508^\circ$ (β - $\text{CuO}(112)$). Sudut refleksi $2\theta=26,657^\circ$ memiliki intensitas tertinggi dan relatif sangat tajam dibandingkan dengan puncak refleksi lainnya yang mengindikasikan tentang konsentrasi, kesempurnaan kisi kristal dan kerapatan susunan atom dalam kristal senyawa timbal, yaitu (β - PbO_2). Struktur kristal β - PbO_2 memiliki ciri khas pada $2\theta=27^\circ$ (Güngör *et al*, 2017).

Hasil Analisis mineral Dengan XRF

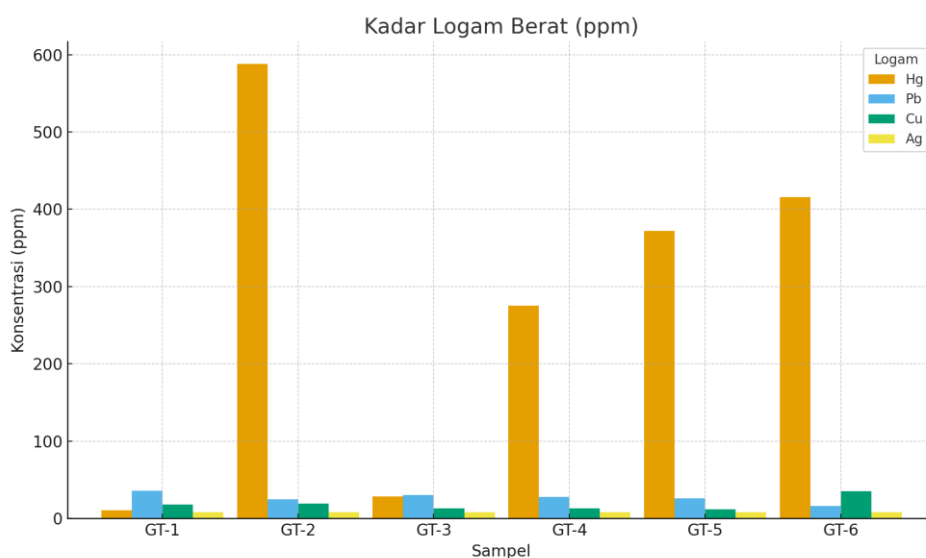
Berdasarkan hasil analisis dengan metode XRF (Tabel 2) yang dilakukan untuk sampel GT4, dapat dilihat bahwa kandungan unsur kimia tertinggi adalah unsur silikon (Si) dengan 30,20% kemudian diikuti oleh Al sebesar 10,03%, K sebesar 4,21%, dan Fe sebesar 2,88%. Hasil uji menggunakan XRF pada Tabel 2 memperlihatkan unsur-unsur logam yang teridentifikasi sebanyak 19 unsur logam dan non logam, namun, hasil analisis yang telah dilakukan dengan metode ini tidak dapat mendeteksi unsur logam Pb dan Cu yang dibuktikan keberadaanya dengan analisis XRD (Gambar 3) dikarenakan kondisi pengukuran (limit deteksi) dari instrumen XRF yang digunakan tidak dapat mendeteksi keberadaan logam Pb dan Cu. Logam Hg dapat terdeteksi dengan kadar sebesar 0,0498% sedangkan unsur yang tertinggi adalah Silikon (Si) dengan konsentrasi sebesar 30,20% karena material sampel GT-4 umumnya berupa pasir (56%) yang mengandung senyawa silikat (Silikon dioksida, SiO_2).

Tabel 2. Hasil analisis mineral dengan XRF

No	Senyawa	Unsur	Konsentrasi (% b/b)
1	SiO ₂	Si	30,20
2	Al ₂ O ₃	Al	10,03
3	K ₂ O	K	4,21
4	Fe ₂ O ₃	Fe	2,88
5	TiO ₂	Ti	0,53
6	MgO	Mg	0,23
7	SO ₃	S	0,17
8	Na ₂ O	Na	0,27
9	Sb ₂ O ₃	Sb	0,29
10	As ₂ O ₃	As	0,11
11	BaO	Ba	0,11
12	P ₂ O ₅	P	0,04
13	HgO	Hg	0,05
14	CaO	Ca	0,03
15	SrO	Sr	0,03
16	V ₂ O ₅	V	0,01
17	Rb ₂ O	Rb	0,02
18	Cr ₂ O ₃	Cr	0,01
19	Ga ₂ O ₃	Ga	0,02

Hasil Analisis Kadar Logam Dengan CV-AAS

Analisis menggunakan instrumen CV-AAS dilakukan untuk mengetahui kadar unsur-unsur logam berat yang terkandung dalam sampel tanah pada lokasi penambangan ilegal Sinabar di Gunung Tembaga, Desa Luh. Hasil analisis ditunjukkan melalui diagram pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram hasil analisis kadar logam berat

Konsentrasi merkuri tertinggi terdapat pada sampel GT-2 (587,76 ppm) sedangkan terendah (10,45 ppm) pada sampel GT-1. Umumnya merkuri anorganik (Hg) mudah berasosiasi dengan lempung (terutama kaolinit) dan bahan organik, sehingga sebagian besar merkuri yang terbawa ke hilir Sungai Gunung Tembaga akan terikat pada partikel lempung tersuspensi dan material organik (Förstner, 1989;

Steinnes, 1995; Clark dkk., 1997) tetapi data kadar logam pada Gambar 4 menunjukkan hal sebaliknya jika dibandingkan dengan data ukuran butiran (*particle size*) pada Tabel 1. Dapat dikatakan bahwa material sinabar berupa agregat/kerikil sehingga sampel GT-2 memiliki kadar merkuri tertinggi. Dapat disimpulkan bahwa anorganik teradsorpsi oleh besi oksihidroksida yang dapat melapisi kuarsa dan/atau lempung, dan terbawa melalui muatan tersuspensi dan/atau muatan dasar sungai (Förstner, 1989; Steinnes, 1995).

Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hatala (2019) yang menyatakan bahwa kandungan merkuri tertinggi pada material sinabar di Gunung Tembaga sebesar 8.287 ppm. Tingginya kadar merkuri pada mineral sinabar yang telah terekspos dan terdistribusi pada ekosistem berpotensi terjadinya kontaminasi pada tumbuhan dan biota perairan sehingga berdampak negatif terhadap keamanan bahan pangan karena merkuri dapat terakumulasi pada tubuh manusia melalui jaring makanan (*food web*), yaitu kumpulan dari berbagai rantai makanan yang saling berhubungan dan tumpang tindih di dalam sebuah ekosistem, yang menggambarkan interaksi kompleks hubungan makan dan dimakan antara berbagai organisme.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa disamping merkuri, dua logam berat lainnya, yaitu timbal (Pb) dan tembaga (Cu) memiliki kadar yang cukup tinggi, yaitu ± 36 ppm. Kedua logam berat ini bernilai ekonomis dengan aplikasi pada bidang industri dan teknologi yang beragam sehingga jika peraturan tidak memungkinkan untuk dilakukan penambangan batuan sinabar, maka kegiatan pertambangan dapat dilakukan di daerah Gunung Tembaga dan sekitarnya untuk menghasilkan logam timbal dan tembaga. Kadar logam perak (Ag) di daerah Gunung Tembaga sangat rendah karena berada di bawah limit deteksi CV-AAS, yaitu 8 ppm.

KESIMPULAN

Hasil analisis jenis dan kadar logam berat pada daerah penambangan sinabar di Gunung Tembaga menunjukkan empat unsur logam berat yang dominan, yaitu Merkuri (Hg), Timbal/timah hitam (Pb), Tembaga (Cu) dan Perak (Ag). Konsentrasi merkuri tertinggi terdapat pada sampel GT-2 (587,76 ppm) sedangkan terendah (10,45 ppm) pada sampel GT-1. Tingginya kadar merkuri pada mineral sinabar yang telah terekspos dan terdistribusi pada ekosistem berpotensi terjadinya kontaminasi pada tumbuhan dan biota perairan sehingga berdampak negatif terhadap keamanan bahan pangan yang akhirnya terjadi akumulasi pada tubuh manusia melalui jaring makanan. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa disamping merkuri, dua logam berat lainnya, yaitu timbal (Pb) dan tembaga (Cu) memiliki kadar yang cukup tinggi, yaitu ± 36 ppm sehingga lokasi penambangan di Gunung tembaga, Desa Luhu dapat dijadikan sumber mineral (*ore*) timbal dan tembaga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dinas Lingkungan Hidup Kab. Seram Bagian Barat atas dukungan transportasi untuk pengambilan sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriando, T., 2017. Fokus Liputan: Mereka bertaruh nyawa demi batu cinnabar (Bagian 1). https://www.mongabay.co.id/2017/09/20/fokus_liputan-mereka-bertaruh-nyawa-demi-batu-cinnabar-bagian-1/
- Blott, Simon J. & Pye, K. 2001. Gradistat: a grain Size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments, *Earth Surf Process, Landforms* 26, 1237-1248.
- Hatala, M. A. 2019. Analisis Kadar Merkuri (Hg) pada Daerah Pertambangan Sinabar (HgS) di Desa Iha dan Sekitarnya. *Skripsi*. Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Pattimura, Ambon.
- Güngör, A., Genç, R., Özdemir, T. 2017. Facile Synthesis of Semiconducting Nanosized 0D and 2D Lead Oxides Using a Modified Co-Precipitation Method, *JOTCSA*. 4(3): 1017-1030.

- Male, Y. T., Reichelt-Brushett, A. J., Pocock, M., & Nanlohy, A. 2013. Recent Mercury Contamination from Artisanal Gold Mining on Buru Island, Indonesia - Potential Future Risks to Environmental Health and Food Safety. *Journal Marine Pollution Bulletin* 77, 428-433.
- Male, Y.T., Reichelt-Brushett, A.J., Edward D. Burton, E.D., & Nanlohy, A. 2024, Assessment of Mercury Distribution and Bioavailability from Informal Coastal Cinnabar Mining-Risk to The Marine Environment, *Marine Pollution Bulletin* 199, 116047.
- Reichelt-Brushett, A.J., Thomas, B., Howe, P.L., Male, Y. & Clark, M. 2017a. Characterisation of Artisanal Mine Waste on Buru Island Indonesia and Toxicity to the Brittle Star *Amphipholis squamata*. *Chemosphere* 189, 171–179. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.053>.
- Reichelt-Brushett, A.J., Stone, J., Howe, P., Thomas, B., Clark, M., Male, Y., Nanlohy & A., Butcher, P. 2017b. Geochemistry and Mercury Contamination in Receiving Environments of Artisanal Mining Wastes and Identified Concerns for Food Safety. *Environ. Res.* 152, 407–418. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.07.007>.
- Spiegel, S.J., Agrawal, S., Mikha, D., Vitamerry, K., Le Billon, P., Veiga, M., Konolius, K., & Paul, B. 2018. Phasing out mercury? Ecological economics and Indonesia's small scale gold mining sector. *Ecol. Econ.* 144, 1–11.
- UN Environment. 2017. Global Mercury Supply, Trade and Demand. United Nations Environment Programme, Chemicals and Health Branch. Geneva, Switzerland. <http://www.unep.org/resources/report/global-mercury-supply-trade-and-demand>
- UN Environment. 2019. Global Mercury Assessment 2018. Chemicals and Health Branch Geneva, Switzerland. <https://www.unep.org/resources/publication/global-mercury-assessment-2018>.
- Veiga, M. M., Maxson, P.A. & Hylander, L.D. 2006. Origin and Consumption of Mercury in Small-Scale Gold Mining. *J.Clean. Prod.* 14, 436–447.