JIPI 5(4):269-278, 2021
Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA
e-ISSN: 2620-553X p-ISSN: 2614-0500

Analisis Kadar Merkuri Dalam Rambut Penambang Emas Desa Alue Baro Kecamatan Meukek Secara Spektrofotometri Serapan Atom

M. Nasir*, Widya Rahmah, Ibnu Khaldun, M. Hasan, Rusman

Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

*Email: nasirmara@gmail.com

DOI: 10.24815/jipi.v5i4.22654

Article History: *Received: September 12, 2021* *Revised: November 7, 2021* *Accepted: November 24, 2021* *Published: December 1, 2021*

Abstract. The activity of using mercury in gold mining in Alue Baro Village, Meukek District is carried out freely so that it has a negative impact on the environment and the health of the miners. This study aims to determine the level of mercury in the hair of artisanal gold miners in Alue Baro village by referring to the reference that has been set by WHO. The data sample collection was carried out by taking 6 hair samples from the Alue Baro village gold miners who were selected with various types of work, namely gold processing, waste processing and waste waste until the time of the interview with a minimum working period of 1 year with sample codes R1, R2, R3, R4, R5 and R6 as control samples. The six samples were analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometry equipped with a Mercury Analyzer which showed results, respectively, 1.01; 2.38; 1.65; 1.35; 1.66; and 0.64 ppm. The results of this study indicate that all hair samples have mercury levels above the mercury threshold that has been set by WHO, namely 1 ppm. High levels of mercury in hair samples were analyzed on exposure to mercury. Further research was conducted to analyze other metals contained in the hair of gold miners in Alue Baro village.
Keywords: Mercury, Hair, Alue Baro village gold miner, AAS.

Pendahuluan

Pertambangan emas rakyat desa Alue Baro muncul pada tahun 2011 oleh penambang penduduk setempat. Sejak awal mula kemunculannya di desa Alue Baro, proses penambangan tersebut dilakukan dengan cara tradisional dan hasil penambangan diolah dengan metode amalgamasi dimana metode tersebut merupakan proses pengikatan emas dengan menggunakan merkuri (Hg) (Pinontoan, dkk., 2018). Lech & Turek, (2019) menyatakan bahwa Hg merupakan logam berat yang memiliki toksisitas yang tinggi. Penambang emas desa Alue Baro menggunakan Hg secara bebas tanpa menggunakan alat pelindung diri serta limbah yang dihasilkan dibuang ke saluran perumahan warga sehingga dapat mengganggu kesehatan masyarakat setempat khususnya para penambang. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sonata, dkk., (2021), penggunaan Hg atau air raksa dalam proses amalgamasi dapat meningkatkan kasus pencemaran lingkungan disekitar wilayah pertambangan yang akan mengganggu kesehatan manusia. Keberadaan merkuri dalam limbah penambangan emas dapat dikurangi dengan proses recoveri menggunakan resin kitosan-amin (Nasir, dkk., 2012).

Hg dapat terakumulasi dalam tubuh manusia melalui pernafasan karena Hg memiliki tekanan uap pada suhu kamar, selain itu Hg juga dapat terakumulasi melalui kontak kulit secara langsung akibat aktivitas penambang emas yang tidak menggunakan alat pelindung diri (Kumar, dkk., 2021). Priyambodo, dkk., (2020) menyatakan bahwa apabila seseorang keracunan Hg maka akan mengalami gejala-gejala berupa tremor, sakit kepala, sukar menelan, daya dengar menurun, dan penglihatan kabur. Tidak hanya itu, gejala yang lain yang dapat timbul dari keracunan Hg adalah kaki dan tangan terasa tebal, diare, mulut terasa tersumbat dan gusi membengkak.

Identifikasi ada tidaknya Hg dalam tubuh manusia dapat dilakukan dengan menganalisis rambut, rambut dijadikan sebagai sampel karena Hg dapat terakumulasi dalam rambut dalam jangka waktu yang panjang (Astolfi, dkk., 2020). Kadar total Hg dalam sampel rambut 200-300 kali lebih tinggi apabila dibandingkan dengan sampel darah (Hardiyanti, dkk., 2020). Hal yang menyebabkan tingginya akumulasi Hg dalam rambut karena sifatnya yang sangat persisten sehingga tidak dapat hilang meskipun menggunakan shampo atau pengecatan rambut (Mahmud, dkk., 2018). Selain itu, Sebagian besar protein yang ada dalam rambut kaya akan asam amino yang mengandung gugus sulfhidril. Gugus sulfhidril yang terdapat pada protein rambut ini dapat mengikat senyawa Hg, apabila Hg telah bergabung dengan senyawa protein tersebut maka tidak akan dapat terpisah sehingga akan tetap persisten di dalam rambut (Kwaansa-Ansah, dkk., 2019). Menurut WHO, nilai ambang batas paparan Hg pada rambut yang diperbolehkan adalah sekitar 1 mg/kg.

Penelitian mengenai analisis kadar Hg dalam rambut telah dilakukan oleh (Sofia & Husodo, 2016) di pertambangan emas desa Krueng Sabee yang juga merupakan provinsi Aceh dimana sebanyak 90,28% responden mengandung kadar Hg diatas nilai baku mutu 10 g/g yang telah ditetapkan oleh WHO. Lubis & Hartono, (2020) juga telah melakukan penelitian di pertambangan emas skala kecil di Banten, dimana sebanyak 55% mengandung kadar Hg di atas nilai baku mutu yang telah ditetapkan oleh WHO.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kadar Hg yang terdapat dalam rambut penambang emas desa Alue Baro Kecamatan Meukek dengan berpedoman pada WHO.

Metode

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) UGM serta pengambilan sampel dilakukan di desa Alue Baro, Kecamatan Meukek, Kabupaten Aceh Selatan. Penelitian ini dilakukan mulai Desember 2020-Agustus.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: SSA ContrAA 300 Analtik Jena, Mercury Analyzer Lab Analyzer 254, seperangkat alat gelas, hotplate, pinset dan timbangan analitik. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: sampel rambut, larutan induk ($Hg(NO_3)_2$, asam nitrat (HNO_3) p.a, asam perklorat ($HClO_4$) p.a, akuades dan plastik sampel.

Sampel rambut disiapkan dengan menimbang masing-masing sampel rambut sebanyak 1 gram menggunakan timbangan analitik dan dimasukkan ke dalam plastik sampel yang telah diberi label. Sampel yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam erlenmayer 100 mL dan ditambahkan 10 mL HNO_3 dan $HClO_4$ dengan perbandingan (1:1). Kemudian erlenmayer dipanaskan di atas hotplate hingga larutan menjadi jernih dan keluar asap putih. Hasil yang diperoleh dilakukan proses penyaringan. Larutan hasil penyaringan ditambahkan akuades pada labu ukur 50 mL hingga tanda batas. Blanko dibuat dengan melakukan perlakuan yang sama tanpa adanya sampel rambut. Setelah pembuatan

blanko, diambil sampel dan dimasukkan ke dalam tabung dan dianalisis menggunakan *Mercury Analyzer.*

Larutan standar induk Hg dibuat dengan menggunakan larutan $Hg(NO_3)_2$ dalam 1000 ppm. Larutan induk Hg 1000 ppm tersebut diencerkan secara bertahap dari satuan ppm menjadi 0.05; 0.1; 0.2; 0.4; 0,8 dan 3.2 ppb dengan cara memindahkan masing-masing 0.05; 0.1; 0.2; 0.4; 0,8 dan 3.2 mL larutan standar 100 ppb ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan menggunakan akuades hingga tanda batas. Selanjutnya dikocok hingga homogen. Larutan standar tersebut diukur satu persatu menggunakan *Mercury Analyzer* dan dicatat serta dibaca masing-masing absorbansinya.

Analisis Hg menggunakan AAS perlu dilakukan pengukuran parameter analisis. Adapun parameter yang digunakan untuk mengukur parameter analisis, yaitu Liniearitas, presisi, LOD dan LOQ.

Liniearitas diukur dengan melakukan pengukuran larutan standar pada konsentrasi yangb berbeda-beda. Konsentrasi yang digunakan untuk Hg adalah 0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; dan 3,2. Nilai absorbansi yang diperoleh digunakan untuk menentukan kemiringan, intersep dan koefisien korelasi.

$$y = ax + b$$

Presisi diukur melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata sampel. Presisi dihitung menggunakan rumus KV (Koefisien Variasi).

$$KV\ Horwiz = 2^{1-(0,5\ \times \log C)}$$

Penentuan nilai batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) untuk Hg diperoleh dari pengukuran absorbansi larutan standar Hg. Selanjutnya hasil pengukuran tersebut diperoses dengan metode perhitungan persamaan kurva kalibrasi secara statistik.

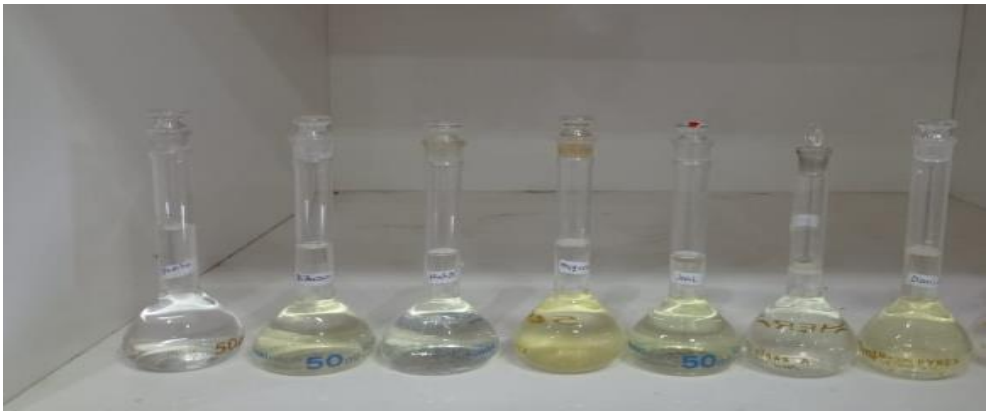
$$LOD = \frac{3SD}{Slope}$$

$$LOQ = 10\ \times LOD$$

Hasil dan Pembahasan

Penyiapan Sampel Rambut

Hasil destruksi sampel rambut dengan proses destruksi basah ditempatkan dalam wadah labu ukur untuk keenam sampel rambut penambang emas dan sampel rambut masyarakat sebagai kontrol. Semua hasil destruksi menjadi jernih yang menandakan proses destruksi berjalan dengan sempurna dimana senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam sampel rambut menjadi bebas (Faqihuddin & Ubaydillah, 2021).



Gambar 1. Hasil destruksi basah sampel rambut penambang emas dan masyarakat desa Alue Baro

Kurva Kalibrasi Larutan Standar Hg

Pengukuran kandungan Hg dalam rambut penambang emas dimulai dengan pengukuran absorbansi larutan standar Hg menggunakan alat *Mercury Analyzer*. Pengukuran dilakukan berdasarkan parameter standar untuk logam Hg dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter analisis alat mercury analyzer untuk menganalisis Hg dalam rambut penambang emas desa Alue Baro

No.	Parameter analisis	Kondisi Kerja Mercury Analyzer
1.	Panjang gelombang	253,7 nm
2.	Tipe Nyala	-
3.	Gas Pembawa	Argon
4.	Kecepatan Gas Pembawa	3-6 L/h
5.	Lampu	UV Source
6.	Optical Cell	Suprasi L = 230 mm

Berdasarkan data pada Tabel 1, menunjukkan parameter analisis Hg pada alat Mercury Analyzer dengan kondisi kerja sebagaimana yang tercantum pada tabel tersebut. Kondisi kerja tersebut paling penting diperhatikan karena akan mempengaruhi hasil analisis Hg dalam sampel rambut.

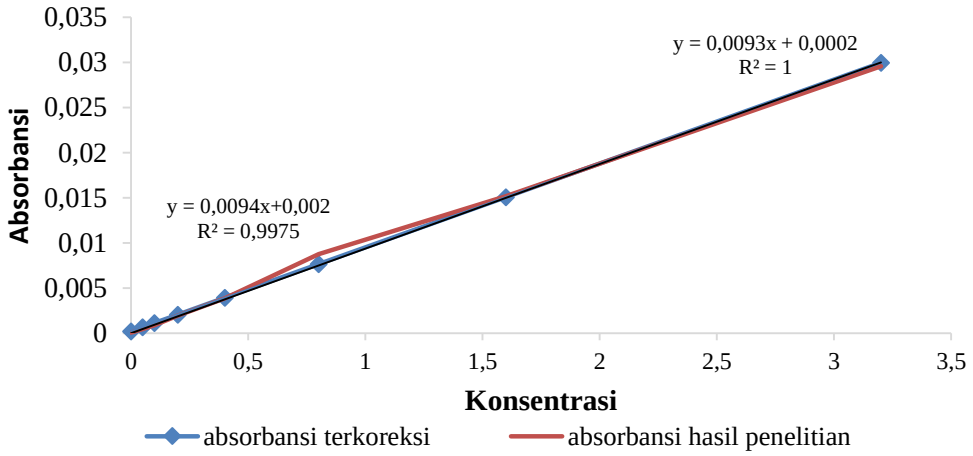
Analisis Hg dalam sampel rambut penambang emas desa Alue Baro dilakukan menggunakan metode standar kalibrasi. Pada metode ini dibuat larutan standar dengan berbagai konsentrasi. Data hasil pengukuran absorbansi dari variasi larutan standar Hg dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran absorbansi larutan standar Hg

Larutan Standar (ppb)	Absorbandi Rata-rata
0	0,00007
0,05	0,00046
0,1	0,00087
0,2	0,00094
0,4	0,00387

0,8	0,00877
1,6	0,01516
3,2	0,02957

Absorbansi larutan standar Hg yang didapatkan sesuai dengan data pada Tabel 2. kemudian dianalisis dan dihubungkan dengan kurva yang dinamakan dengan kurva kalibrasi. Kurva kalibrasi larutan standar Hg adalah hubungan linier antara konsentrasi larutan standar Hg dengan nilai absorbansi yang diperoleh dari respon alat *Mercury Analyzer* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva kalibrasi larutan standar Hg

Berdasarkan kurva kalibrasi larutan standar Hg tersebut menunjukkan hasil bahwa terdapat hubungan yang linear antara absorbansi dengan konsentrasi. Linearitas tersebut membuktikan semakin besar konsentrasi larutan standar maka semakin besar pula absorbansi yang di dapatkan. Hubungan linier antara konsentrasi terhadap absorbansi memiliki persamaan regresi y = 0,0093x + 0,0002. Perbedaan antara nilai absorbansi hasil penelitian dengan nilai absorbansi terkoreksi dapat mempengaruhi grafik kurva kalibrasi larutan standar Hg, dimana dapat dilihat bahwa nilai koefisien korelasi (r) yang diperoleh pada absorbansi hasil penelitian adalah r = 0,9979 membuat garis kurva kalibrasi tidak lurus. Adapun absorbansi terkoreksi nilai r = 1 yang membuat garis lurus secara sempurna.

Analisis Hg pada Rambut Penambang Emas dan Rambut Masyarakat

Data kadar Hg yang dihasilkan dari sampel rambut yang telah dianalisis dapat dilihat pada Tabel 3.

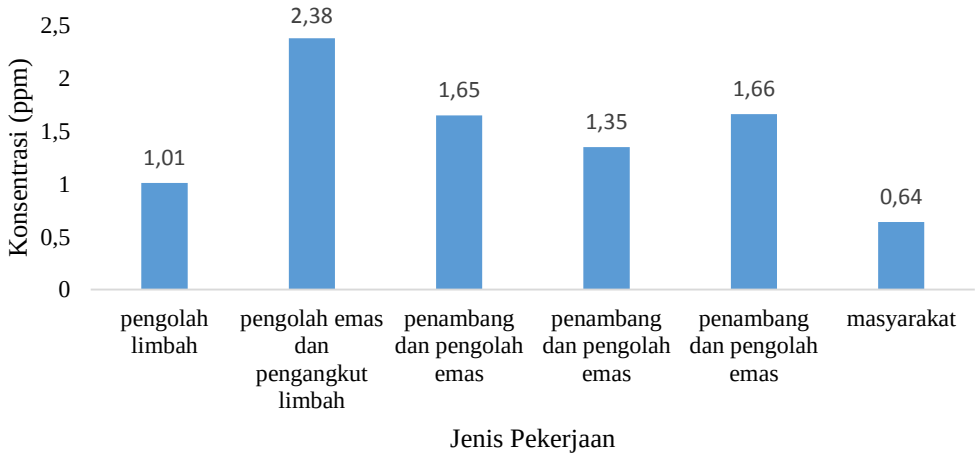
Tabel 3. Hasil analisis kadar Hg pada rambut penambang dan masyarakat desa Alue Baro

Kode Sampel	Asal	Umur (Tahun)	lama masa kerja	jam kerja/hari	jenis pekerjaan	konsentrasi Hg (mg/Kg)
R1	Alue Baro	39	1,5 Tahun	8 jam	pengolah limbah	1,01
R2	Blang Bladeh	22	2 Tahun	8 jam	pengolah emas dan pengangkut limbah	2,38

R3	Alue Baro	40	3 Tahun	8 jam	Penambang dan pengolah emas	1,65
R4	Jawa	51	7 Tahun	8 jam	Penambang dan pengolah emas	1,35
R5	Jawa	52	7 Tahun	8 jam	Penambang dan pengolah emas	1,66
R6	Alue Baro	35	-	-	-	0,64

Berdasarkan data pada Tabel 3. dapat dilihat bahwa kelima sampel rambut penambang emas desa Alue Baro yang dianalisis berkisar antara 1,01 – 2,38 mg/Kg dan sampel pembanding 0,64 mg/Kg. Konsentrasi yang didapatkan ini telah melewati ambang batas Hg dalam rambut yang telah ditetapkan oleh WHO yaitu 1 mg/Kg. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mulyadi, dkk. (2021) di Kabupaten Lebong dimana rata-rata kadar Hg yang dilaporkan adalah 3,06 mg/kg. Sebuah studi yang dilakukan oleh Rumatoras, dkk. (2016) menunjukkan bahwa kadar Hg rambut masyarakat Desa Kayeli berkisar antara 0,10-3,25 ppm dengan perbandingan sampel 0,42 ppm.

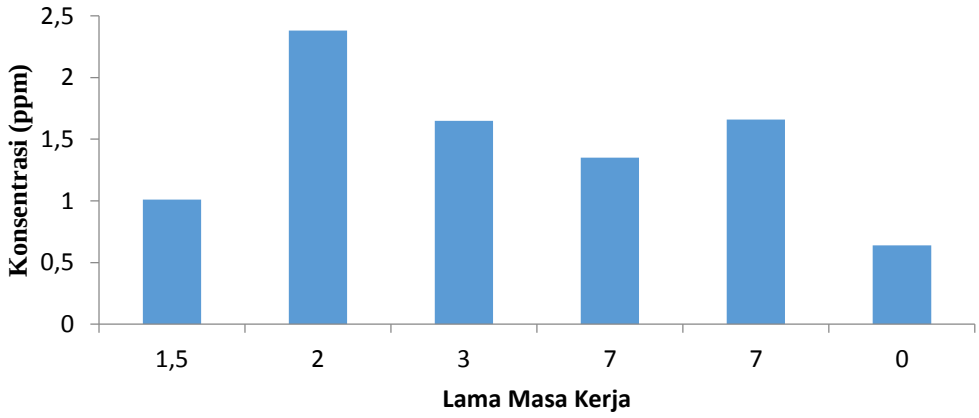
Tinggi rendahnya kadar logam berat Hg pada rambut yang dianalisis bergantung pada tingkat pemaparan seseorang terhadap Hg. Kadar Hg dalam rambut setiap orang berbeda-beda tergantung lama bekerja dan tingkatan paparannya. Paparan Hg jangka panjang biasanya terjadi pada orang yang bekerja di gelundungan (WHO, 1990). Namun, di desa Alue Baro ini juga terdapat orang yang mengangkut limbah hasil pengolahan tanpa menggunakan alat pelindung diri, sehingga resiko terpaparnya Hg akan menjadi lebih besar. Hal ini sejalan dengan penelitian Rokhman, (2013) yang menyatakan bahwa peluang terjadinya akumulasi Hg dalam rambut lebih besar terjadi pada pekerjaan yang berhubungan langsung atau kontak langsung dengan Hg dibandingkan dengan pekerjaan yang tidak kontak langsung dengan Hg. Grafik hubungan antara kadar Hg dengan jenis pekerjaan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara jenis pekerjaan dengan konsentrasi Hg pada rambut penambang emas desa Alue Baro

Berdasarkan Gambar 3 terlihat jelas adanya hubungan jenis pekerjaan dengan konsentrasi Hg pada rambut penambang emas desa Alue Baro. Hal ini sejalan dengan penelitian Kristianingsih, (2019) yang menyatakan bahwa jenis pekerjaan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kadar Hg dalam tubuh manusia. Pengolah emas yang bekerja di glundung terpapar Hg dalam waktu yang lama dan panjang. Namun

ia tidak menyadari setiap hari terhirup uap Hg dalam jumlah sedikit demi sedikit melalui pernafasan. Hal ini disebabkan karena bentuk unsur Hg yang sangat mudah menguap dan dapat diserap melalui paru-paru terlebih lagi para pengolah emas tidak menggunakan masker pada saat bekerja (Syafruddin, 2015). Penambang emas desa Alue Baro yang bekerja sebagai pengolah emas dan pengangkut limbah memiliki konsentrasi yang paling tinggi yaitu 2,38 ppm dan konsentrasi terendah berada pada sampel pembanding (masyarakat) yaitu dengan konsentrasi 0,64 ppm. Namun pada jenis pekerjaan yang sama terlihat adanya perbedaan konsentrasi. Hal ini disebabkan oleh adanya faktor lain yang mempengaruhi konsentrasi Hg pada rambut penambang emas desa Alue Baro baik itu lama masa kerja, umur dan faktor-faktor lainnya. Grafik Hubungan antara lama masa kerja dengan konsentrasi Hg dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan lama masa kerja dengan konsentrasi Hg pada rambut penambang emas desa Alue Baro

Berdasarkan Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara lama masa kerja dengan konsentrasi Hg. Hal ini disebabkan karena dalam kurun waktu berkisar antara 1,5 tahun-7 tahun paparan Hg yang didapatkan berbeda-beda sesuai dengan aktivitas yang dilakukan pada saat bekerja. Penelitian ini didukung oleh penelitian Desimal, (2018) yang menyatakan bahwa tidak ada hubungan antara lama masa kerja dengan konsentrasi Hg. Namun, antara lama masa kerja dengan jenis pekerjaan yang dilakukan para penambang emas saling keterkaitan.

Pengolah emas yang bekerja di glundung terpapar Hg dalam waktu yang lama dan panjang. Namun ia tidak menyadari setiap hari terhirup uap Hg dalam jumlah sedikit demi sedikit melalui pernafasan. Hal ini disebabkan karena bentuk unsur Hg yang sangat mudah menguap dan dapat diserap melalui paru-paru terlebih lagi para pengolah emas tidak menggunakan masker pada saat bekerja (Syafruddin, 2015). Paparan Hg juga dapat terjadi melalui kulit dalam jumlah rendah, sehingga pengaruh dari paparannya tidak terasa. Paparan Hg dalam tubuh manusia dapat menimbulkan kesehatan yang serius meskipun hanya dalam konsentrasi yang rendah.

Analisis Data Pengukuran Hasil Parameter Penentuan Hg dalam Rambut

1. Linearitas

Persyaratan linearitas suatu analisis adalah apabila nilai r mendekati 1 (Senila, dkk., 2019). Berdasarkan kurva kalibrasi larutan standar Hg pada Gambar 1. didapatkan nilai r sebesar 0,9979 yang mendeskripsikan kurva larutan standar menunjukkan nilai kemiringan yang positif serta telah memenuhi persyaratan linearitas yaitu r > 0,995, sehingga dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengukur kadar Hg dalam sampel rambut.

2. Presisi

Presisi dikatakan baik apabila nilai KV Horwitz ≤ 45% pada konsentrasi ppb (Riyanto, 2014). Data penentuan presisi berdasarkan KV Horwitz dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Penentuan presisi berdasarkan KV Horwitz

No.	Konsentrasi Larutan Standar Hg (ppb)
1	0,05
2	0,1
3	0,2
4	0,4
5	0,8
6	3,2
Rata-rata	0,784166667
KV Horwitz	46,8

Berdasarkan Tabel 4. dapat dilihat bahwa nilai KV Horwitz adalah 46,8 yang mempunyai presisi tidak baik. Hal ini dimungkinkan terjadi karena penyebaran hasil menunjukkan nilai dengan jarak yang cukup jauh sehingga menyebabkan terjadinya penyebaran yang tidak sama. Oleh karena itu, dapat disimpulkan berdasarkan penelitian ini bahwa semakin sedikit jarak antara konsentrasi sampel pengulangan maka akan menghasilkan presisi yang semakin baik pula.

3. Batas Deteksi (LOD) dan Batas Kuantisasi (LOQ)

Batas deteksi dan kuantisasi dapat dihitung secara statistik melalui kurva kalibrasi larutan standar Hg. Persamaan kurva kalibrasi larutan standar Hg adalah sebagai berikut:

$$y = bx + a \quad \text{atau} \quad y = 0{,}0093x + 0{,}0002$$

Tabel 5. Data penentuan batas deteksi (LOD) dan batas kuantidasi (LOQ) Hg

Larutan Standar (ppb) (X)	Absorbansi (Y)	Yi	Y-Yi	(Y-Yi)2
0	0,00007	0,0002	-0,00013	0,000000017
0,05	0,00046	0,000665	-0,00021	0,000000042
0,1	0,00087	0,00113	-0,00026	0,000000068
0,2	0,00194	0,00206	-0,00012	0,000000014
0,4	0,00387	0,00392	-0,00005	0,000000002
0,8	0,00877	0,00764	0,00113	0,000001277
1,6	0,01516	0,01508	0,00008	0,000000006
3,2	0,02957	0,02996	-0,00039	0,000000152
n = 8				∑=0,000001579
Rata-rata	0,00758875			
Sy/x	0,000512969			
LOD	0,165473967 ppm			
LOQ	0,55157989 ppm			

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat nilai LOD dan LOQ berturut-turut 0,165473967 ppm dan 0,55157989 ppm. Nilai LOD yang diperoleh lebih besar dari konsentrasi terendah kurva kalibrasi sehingga nilai yang diperoleh dari konsentrasi larutan standar 0,05; 0,1;

0,2; 0,4; 0,8; 1,6 dan 3,2 ppm dinyatakan kurang valid. Penyebab yang mungkin terjadi karena adanya gangguan dari luar alat *Mercury Analyzer* seperti gangguan elektrik.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa kadar Hg pada rambut penambang emas desa Alue Baro kecamatan Meukek sebesar 1,01 – 2,08 mg/kg dan sampel yang dijadikan sebagai pembanding sebesar 0,64 ppm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi Hg pada rambut penambang emas desa Alue Baro telah melewati batas toleransi yang telah ditetapkan WHO yaitu 1 mg/kg.

Daftar Pustaka

Astolfi, M.L., Protano, C., Marconi, E., Massimi, L., Piamonti, D., Brunori, M., Vitali, M., & Canepari, S. 2020. Biomonitoring of mercury in hair among a group of eritreans (Africa). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6):1–11. https://doi.org/10.3390/ijerph17061911

Desimal, I. 2018. Hubungan Pertambangan emas dengan kadar Hg dalam rambut penambang di Desa Kedaro Sekotong Lombok Barat. *Jurnal Sangkareang Mataram*, 4(1):56–59.

Faqihuddin, & Ubaydillah, M.I. 2021. Perbandingan metode destruksi kering dan basah menggunakan instrumen spektrofotometri serapan atom (SSA) untuk analisis logam. *Seminar Nasional Hasil Riset dan Pengabdian Ke-III (SNHRP-III 2021) Perbandingan*, 86:121–127.

Hardiyanti, F., Hermawati, E., Fitria, L., Rizki, S.R., & Agustina, U. 2020. The Association between Levels of Mercury in the Hair with Proteinuria on Scavengers in Cipayung Landfill Area, Depok City, West Java, Indonesia. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 11(04):1719–1723. https://doi.org/10.37506/ijphrd.v11i4.9148

Kristianingsih, Y. 2019. Bahaya Hg pada masyarakat dipertambangan emas skala kecil (Pesk) Lebaksitu. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 10(1):32–38. https://doi.org/10.37012/jik.v10i1.12

Kumar, V., Sharma, A., & Cerdà, A. 2021. *Heavy Metals in Environment, Contamination and Remediation*. Elsevier.

Kwaansa-Ansah, E.E., Armah, E.K., & Opoku, F. 2019. Assessment of total mercury in hair, urine and fingernails of small–scale gold miners in the Amansie West District, Ghana. *Journal of Health and Pollution*, 9(21):1–9. https://doi.org/10.5696/2156-9614-9.21.190306

Lech, T. & Turek, W. 2019. Application of TDA AAS to direct mercury determination in postmortem material in forensic toxicology examinations. *Journal of Analytical Toxicology*, 43(5):385–391. https://doi.org/10.1093/jat/bky107

Lubis, E.S. & Hartono, B. 2020. Hair mercury exposure and hypertension among community artisanal and small scale gold mining in Banten, Indonesia. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 11(1):219-225. https://doi.org/10.37506/v11/i2/2020/ijphrd/195035

Mahmud, M., Lihawa, F., Banteng, B., Desei, F., & Saleh, Y. 2018. Konsentrasi Hg

pada penambang emas tradisional Buladu Kabupaten Gorontalo Utara. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 8(2):235–240. https://doi.org/10.29244/jpsl.8.2.235-240

Mulyadi, I., Putrajaya, F., Hasanah, N., & Sumiyati, S. 2021. Mercury content on hair as an indication of mercury exposure on gold miners in Tambang Sawah Village, Lebong Regency. *Annals of Tropical Medicine & Public Health*, 24(01):1–8. https://doi.org/10.36295/asro.2021.24103

Nasir, M., Adlim, Khaldun, I., & Zulfikar, M.A. 2012. Pemanfaatan resin kitosan-amin untuk recoveri emas dari limbah pengolahan emas. *Jurnal Biologi Edukasi*, 4(2):95-99 http://dx.doi.org/10.1234/jbe.v4i2.

Pinontoan, S.P.M., Contra, A.J., & Kabuhung, A. 2018. Gambaran kadar Hg pada rambut pekerja tambang dipertambangan emas tanpa izin (peti) desa tatelu kecamatan dimembe. *Jurnal Kesmas*, 7(5):1–11.

Priyambodo, S., Rahmat, B., Buanayudha, G.W., Widiastuti, I.A.E., & Nurbaiti, L. 2020. Pelatihan pengurangan dampak Hg bagi masyarakat daerah penambangan emas skala kecil di Desa Sekotong Kabapuaten Lombok Barat Ida Ayu Eka Widiastuti , Lina Nurbaiti Fakultas Kedokteran, Universitas Mataram Corresponding Au. *Jurnal Pengabdian Undikma : Jurnal Hasil Pengabdian & Pemberdayaan Kepada Masyarakat*, 1(2):144–148. http://ojs.ikipmataram.ac.id/index.php/jpu

Riyanto, P.D. 2014. *Validasi & Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. deepublish. https://play.google.com/books/reader?id=c0mlCgAAQBAJ&pg=GBS.PA17

Rokhman, T.A. 2013. Faktor - Faktor Yang Berhubungan Dengan Kadar Hg Dalam Rambut Masyarakat Sekitar Penambangan Emas Tanpa Izin (Peti) di Desa Malasari, Kec. Nanggung, Kab. Bogor. *Skripsi*. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

Rumatoras, H., Taipabu, M.I., Lesiela, L., & Male, Y.T. 2016. Analisis kadar Hg pada rambut penduduk desa Kayeli, akibat penambangan emas tanpa ijin di areal Gunung Botak, Kabupaten Buru Provinsi Maluku. *Indonesian Journal Chemistry Research*, 3(1):290–294.

Senila, M., Cadar, O., Senila, L., Hoaghia, A., & Miu, I. 2019. Mercury determination in natural zeolites by thermal decomposition atomic absorption spectrometry: method validation in compliance with requirements for use as dietary supplements. *Molecules*, 24(22):1–13. https://doi.org/10.3390/molecules24224023

Sofia & Husodo, A.H. 2016. Kontaminasi Hg pada sampel lingkungan dan faktor risiko pada masyarakat dari kegiatan penambangan emas skala kecil Krueng Sabee Provinsi Aceh. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 23(3):310–318. https://doi.org/10.22146/jml.18803

Sonata, H.M., Thressia, M., & Shinta, D.Y. 2021. Toksisitas Hg pada penambang emas di Nagari Koto Tuo Sijunjung Sumbar. *Sehati Jurnal Kesehatan*, 1(1):33–38. http://sehati.pelantarpress.co.id/

Syafruddin. 2015. Dampak lama bekerja terhadap kadar hg (hg) dalam darah pada pekerja tambang emas tradisional di Desa Panton Luas Kabupaten Aceh Selatan. *Skripsi.* Universitas Sumatera Utara.

WHO. 1990. Environmental Health Criteria 101: Methylmercury. *Environmental Health Criteria*, 101:1–144.