

Analisa Kadar Logam Timbal (Pb) pada Rambut Masyarakat disekitar Tambang Batubara Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom

Analysis of Lead (Pb) Levels in Hair of Communities around Coal Mines Using Atomic Absorption Spectrophotometry

Tri Ana Mulyati*, Mely Purnadianti, Lia Nur Azizah

Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri, Jl. KH. Wachid Hasyim No. 65, Kota Kediri, Indonesia

*corresponding author: nanapujiono@gmail.com

Abstrak. Proses penambangan batubara menghasilkan debu yang mengandung logam berat seperti Pb. Logam timbal (Pb) akan terabsorpsi dalam tubuh, terakumulasi di dalam jaringan lunak (ginjal, hati, dan otak) serta ke jaringan keras (gigi, rambut, tulang, dan kuku) serta diekskresikan melalui keringat, urine, dan feses. Hal tersebut menunjukkan bahwa masyarakat yang tinggal disekitar tambang berpotensi untuk terpapar logam Pb. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui adanya perbedaan kadar Pb dan Cd dalam rambut pada masyarakat berdasarkan jarak tempat tinggal dengan lokasi tambang batubara. Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *quasi eksperimen* dengan jumlah sampel sebanyak 16 sampel yaitu 15 sampel sebagai objek penelitian dan 1 sampel sebagai kontrol. Kadar Pb dalam rambut tertinggi adalah 0.146 ppm dari responden yang tinggal pada jarak 1-5 km dari tambang batubara, sedangkan kadar Pb terendah dalam rambut adalah 0,036 ppm. Uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan kadar Pb dalam rambut masyarakat yang tinggal disekitar tambang batu bara. Kesimpulan dari penelitian ini adalah terdapat perbedaan yang signifikan kandungan Pb dalam rambut pada masyarakat berdasarkan jarak tempat tinggal dengan lokasi tambang batubara. Kata Kunci : Tambang Batubara, Pb, Jarak, Rambut

Abstract. The dust generated from the coal mining process contains heavy metals such as Pb. Metal lead (Pb) will be absorbed in the body, accumulated in soft tissues (liver, kidney, and brain) as well as into hard tissues (bones, teeth, hair, and nails), and excreted through urine, feces, and sweat. This shows that people living around the mine have the potential to be exposed to Pb. The purpose of this study was to determine the differences in the levels of Pb and Cd in hair in the community based on the distance from where they live to the location of the coal mine. The research design used in this study was quasi-experimental with a total sample of 16 samples, namely 15 samples as research objects and 1 sample as a control. The highest level of Pb in hair was 0.146 ppm from respondents who lived at a distance of 1-5 km from coal mines, while the lowest level of Pb in hair was 0.036 ppm. The Kruskal Wallis test showed that there were significant differences in Pb levels in the hair of communities around coal mines at a distance of 1-5 km, 5-10 km, and > 10 km from the coal mine. The conclusion of this study is that there is a significant difference in the Pb content in hair in the community based on the distance from where they live to the location of the coal mine.

Keywords : Coal Mines, Pb, Distance, Hair

1. Pendahuluan

Pertambangan batubara merupakan suatu bidang usaha yang pada dasarnya kegiatannya menimbulkan dampak negatif bagi alam, masyarakat, maupun bagi lingkungan [1]. Unsur pembentuk batubara terdiri dari : unsur utama (H, C, O, S, N, dan beberapa Al, Si), unsur kedua (Mg, K, Na, Fe, Ca, P, Ti), dan unsur sangat kecil (trace) berupa logam-logam berat seperti As, Ba, Cr, Cu, Pb, Hg, Cd, Zn, Ag, Se,. Sehingga pada proses penambangan batubara akan menghasilkan debu batubara yang kemungkinan mengandung logam berat [2]. Debu yang mengandung logam berat akan

mencemari udara sekitar 10% dalam radius sekitar 100 meter, 5% mencemari udara dalam radius 20 Km, dan 35% lainnya akan terbawa ke dalam jarak yang cukup jauh dari lokasi tambang batubara [3].

Logam berat dalam tubuh manusia biasanya terakumulasi di beberapa organ seperti ginjal, hati, kuku, jaringan adiposa, dan rambut. unsur-unsur yang masuk ke dalam tubuh manusia dapat direkam oleh rambut melalui tiga jalur yaitu jalur makanan/pencernaan (oral), saluran udara (udara), dan kulit. Rambut mengandung golongan sulfhidril (SH) dan sistin disulfida (SS), yang dapat mengikat logam berat yang masuk ke dalam tubuh. Mengingat sulfida cenderung berikatan dengan logam berat, ketika logam berat masuk ke dalam tubuh, logam tersebut akan berikatan dengan sulfida di rambut [4]. Jumlah logam di rambut berkorelasi dengan jumlah logam yang diserap oleh tubuh. Oleh karena itu, rambut dapat digunakan sebagai bahan biopsi [5]. Rambut terdiri dari protein (65-95%, terutama keratin), air (15-35%), dan lemak (1-9%) serta beberapa komponen termasuk unsur dan mineral logam berat. Narkotika, logam berat, dan metabolitnya masuk ke dalam struktur rambut dan disintesis di folikel rambut. Logam berat di rambut dalam bertahan selama 12 bulan [6].

Berdasarkan Pusat Pengontrolan dan Pencegahan Penyakit Amerika Serikat batas maksimal Pb di dalam tubuh adalah $< 0,1$ ppm. Sedangkan untuk kadar Cd dalam tubuh yang tidak terpapar Cd biasanya $< 0,005$ ppm [7]. Beberapa hasil penelitian menunjukkan penduduk di sekitar tambang batubara rentan terpapar oleh logam berat. Berdasarkan penelitian pada tahun 2014 [8] didapatkan hasil bahwa anak-anak di sekitar area bekas tambang batubara Sulcis-Inglesiente, Italia terkontaminasi logam berat seperti Ag, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Ba, Sb dan Zn. Penelitian lain pada Tahun 2006 [7] didapatkan hasil bahwa pada anak-anak di sekitar area tambang batubara di Yagatan, Turki kadar Pb rata-rata dalam darah anak laki-laki sebanyak 388 ppm dan pada anak perempuan sebanyak 338 ppm. Berdasarkan fakta yang telah diuraikan diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya perbedaan kadar Pb dan Cd dalam rambut masyarakat berdasarkan jarak tempat tinggal dengan tambang batubara.

2. Bahan dan Metode

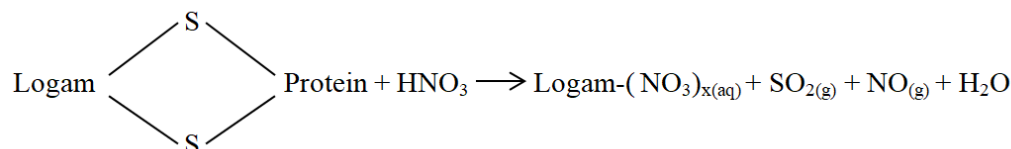
Penelitian ini menggunakan desain penelitian *quasi eksperimen*. Populasi dalam penelitian ini adalah masyarakat di sekitar tambang batubara di salah satu perusahaan tambang batubara di Indonesia. Sampel dalam penelitian ini adalah beberapa masyarakat di sekitar tambang batubara di salah satu perusahaan tambang batubara di Indonesia. Sampel dalam penelitian ini diambil dengan cara cluster sampling, dimana sampel diambil berdasarkan kelompok jarak tempat tinggal dengan tambang batubara, yaitu 1-5 km, 5-10 km dan >10 km. Variabel dari penelitian ini merupakan variabel interval yang merupakan variabel yang mempunyai jarak, jika dibandingkan dengan variabel lain, sedang jarak itu dapat diketahui dengan pasti. Sehingga variabel penelitian ini adalah kadar Pb dalam rambut masyarakat di sekitar tambang batubara.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara pemeriksaan laboratorium terhadap kadar Pb dalam rambut masyarakat di sekitar tambang batubara menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom [9,10]. Cara pengumpulan data dengan cara melakukan pengambilan sampel rambut, kemudian melakukan pencucian sampel rambut menggunakan aseton. Setelah dilakukan pencucian sampel dilakukan preparasi sampel dengan metode destruksi basah menggunakan larutan HNO_3 65% dan H_2O_2 30%. Sampel yang telah dipreparasi diukur kadar Pb menggunakan SSA. Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisa secara deskriptif dan pengujian hipotesis dilakukan secara statistik menggunakan uji non-parametrik Kruskal Wallis.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pada penelitian ini, analisa kadar Pb dilakukan dengan Spektroskopi Serapan Atom. Mula-mula sampel dicuci dengan larutan aseton untuk menghilangkan kotoran serta sel epitel rambut yang mati

kemudian sampel didestruksi basah dengan HNO₃ dan H₂O₂ yang bertujuan untuk memutuskan ikatan antara logam berat dengan gugus organik pada rambut [9,10]. Adapun reaksi yang terjadi saat destruksi basah ditunjukkan oleh:



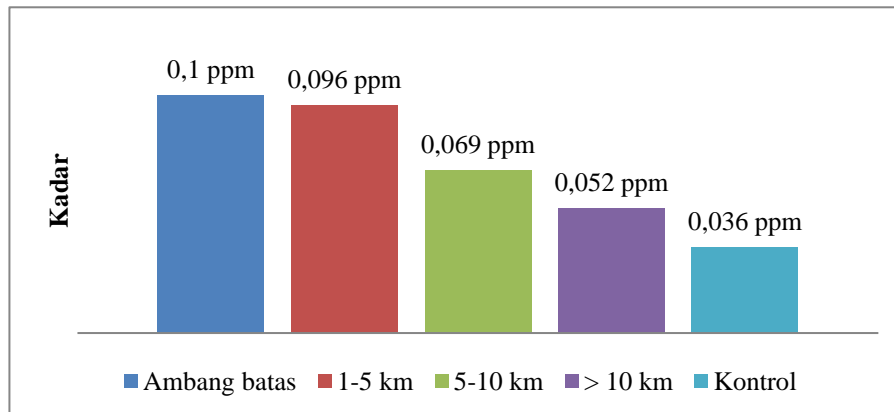
Hasil analisa kadar Pb dalam rambut pada masyarakat di sekitar tambang batubara menggunakan Spektroskopi Serapan Atom diperoleh ditunjukkan pada Tabel 1. Adapun rata-rata kadar Pb dalam rambut pada berbagai jarak tempat tinggal ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 3. Hasil Analisa Kadar Pb dalam Rambut Pada Masyarakat Di Sekitar Tambang Batubara Menggunakan SSA

Jarak	Kode Sampel	Absorbansi Pb	Kadar Pb (ppm)
1-5 km	S1	0,003	0,091
	S2	0,003	0,091
	S3	0,003	0,091
	S4	0,005	0,146
	S5	0,002	0,063
5-10 km	S6	0,002	0,063
	S7	0,002	0,063
	S8	0,003	0,091
	S9	0,003	0,091
	S10	0,001	0,036
> 10 km	S11	0,002	0,063
	S12	0,001	0,036
	S13	0,001	0,036
	S14	0,002	0,063
	S15	0,002	0,063
Kontrol	S16	0,001	0,036

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar Pb dalam rambut tertinggi adalah 0,146 ppm yang terdapat pada sampel kode S4 pada jarak 1-5 km dari tambang batubara, sedangkan kadar Pb terendah dalam rambut adalah 0,036 ppm yang terdapat pada sampel kode S10 pada jarak 5-10 km dan pada sampel kode S12 dan S13 pada jarak >10 km dari tambang batubara, selain itu sampel kode S16 (kontrol) juga memiliki kadar Pb terendah yaitu 0,036 ppm. Dari hasil yang diperoleh dilakukan analisa deskriptif untuk melihat perbandingan rata-rata kadar Pb dalam rambut masyarakat pada jarak 1-5 km, 5-10 km, > 10 km dari tambang batubara dan kontrol seperti pada Gambar 1.

Pada hasil uji deskriptif kadar Pb (Gambar 1) menunjukkan bahwa seluruh sampel, memiliki kadar Pb dibawah ambang batas. Disamping itu, Gambar 1 juga menunjukkan bahwa ada pengaruh jarak tempat tinggal terhadap kadar Pb. Semakin jauh jarak tempat tinggal subjek penelitian dari lokasi tambang batubara maka kadar Pb dalam rambut semakin kecil. Walaupun seluruh rata-rata sampel menunjukkan kadar Pb dibawah ambang batas, tetapi ditemukan 1 sampel pada jarak 1-5 km yang memiliki kadar diatas ambang batas (sampel kode S4).



Gambar 1. Rata-rata Kadar Pb dalam Rambut pada Jarak 1-5 km, 5-10 km, > 10 km, dan Kontrol

Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan aplikasi *IBM SPSS Statistics 23* untuk melihat nilai signifikansi kadar Pb pada rambut manusia pada jarak 1-5 km, 5-10 km, dan > 10 km dari tambang batubara. Sebagai langkah awal dilakukan uji normalitas dan homogenitas data seperti terlihat pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan nilai sig kandungan Pb lebih kecil dari nilai (0,05), maka data ini tidak memiliki data normal pola sebaran, sedangkan hasil uji homogenitas nilai sig kandungan Pb lebih dari (0,05) sehingga data homogen. Karena data tidak berdistribusi normal dan homogen maka dilakukan uji non parametrik *Kruskal Wallis* untuk membuktikan hipotesis penelitian seperti pada Tabel 3. Dimana jika nilai signifikansi lebih dari (0,05), maka H0 diterima sedangkan jika signifikansi nilainya lebih kecil dari (0,05), maka H0 ditolak

Tabel 2. Uji normalitas dan Homogenitas Kadar Pb dalam Rambut

Hasil Uji	Kadar Pb
Sig Uji Normalitas	0,002
Sig Uji Homogenitas	0,075

Tabel 3. Hasil uji *Kruskal Wallis*

Hasil Uji	Kadar Pb
Sig	0,006

Tabel 4. Hasil uji *tukey HSD*

Jarak	Rata-rata Pb
1-5 km	0,0956 ^b
5-10 km	0,0684 ^{ab}
>10 km	0,0522 ^a
Kontrol	0,0360 ^a

Dari hasil uji *Kruskal Wallis* diperoleh nilai signifikansi kadar Pb kurang dari α (0,05), maka H0 ditolak, yang menandakan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara kadar Pb dalam rambut masyarakat pada jarak 1-5 km, 5-10 km dan > 10 km dari tambang batubara. Selanjutnya dilakukan uji *Post Hoc* (uji lanjutan) yaitu uji *tukey HSD* untuk melihat pada jarak berapa yang terdapat perbedaan yang signifikan seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa pada jarak 1-5 km dengan 5-10 km tidak ada perbedaan kadar yang signifikan pada kedua jarak tersebut. Disisi lain, kadar Pb pada rambut masyarakat yang tinggal pada jarak 1-5 km memiliki perbedaan yang signifikan dengan kadar Pb pada rambut masyarakat yang

tinggal pada jarak lebih dari 10 km. Kadar Pb dalam rambut pada masyarakat di sekitar tambang batubara meningkat secara signifikan pada jarak 1-5 km. Semakin dekat jarak tempat tinggal dengan lokasi tambang batubara maka kadar Pb didalam rambut semakin besar. Hasil ini sesuai dengan penelitian Tahun 2012 [3] yang menunjukkan bahwa debu yang mengandung logam berat akan mencemari udara sekitar 10% dalam radius kurang dari 100 meter, 5% mencemari udara dalam radius 20 km, dan 35% lainnya akan terbawa ke dalam jarak yang cukup jauh dari lokasi tambang batubara. Hasil ini juga diperkuat oleh beberapa penelitian [8, 12-16] yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kadar Pb dalam rambut pada masyarakat yang tinggal di sekitar lingkungan industri, dimana didapatkan kadar Pb dalam rambut sebesar 5,7 ppm pada masyarakat yang tinggal jauh dari lingkungan industri, sedangkan pada masyarakat yang dekat dengan lingkungan industri hanya mengandung kadar Pb dalam rambut sebesar 4,8 ppm.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi penyerapan logam berat adalah menggunakan masker saat beraktifitas di luar ruangan dan menjaga kebersihan diri seperti rutin mandi dan mencuci rambut untuk mengurangi resiko masuknya Pb melalui topikal. Disisi lain minum air putih yang cukup, olahraga yang teratur serta mengkonsumsi makanan yang sehat seperti makanan yang kaya akan sulfur dan antioksidan dapat membantu mengeluarkan logam berat dari dalam tubuh. Selain itu mengkonsumsi makanan hasil fermentasi seperti yogurt, keju, tahu, tempe, dan lain-lain juga dapat membantu tubuh untuk mengeluarkan logam berat dari dalam tubuh[17-20].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dapat disimpulkan ada kandungan Pb dalam rambut pada masyarakat di sekitar tambang batubara. Kadar rata-rata Pb dalam rambut pada masyarakat di sekitar tambang batubara pada jarak 1-5 km sebesar 0,096; 5-10 km sebesar 0,069; dan >10 km sebesar 0,052. Adapun perbedaan kadar Pb dalam rambut masyarakat yang signifikan terdapat pada jarak 1-5 km dengan >10 km dan kontrol. Namun, saat ini belum ditemukan permasalahan yang serius bagi anak-anak disekitar tambang.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata serta Yayasan Bhakti Wiyata yang telah memberikan bantuan pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Provinsi Jawa Barat. *Status Lingkungan Hidup Provisi Jawa Barat*. 2005.
- [2] Soeswanto, Bambang. *Pengaruh Parameter Proses Pada Pemungutan Kembali Silika Dari Abu Batubara*. Master thesis. Universitas Diponegoro. 2011.
- [3] Gusnita, Dessy. *Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Upaya Penghapusan Bensin Bertimbal*. LAPAN. 2012.
- [4] ZHANG, Siyu, et al. Highly accurate determination of Zn and Cu in human hair by ultrasound-assisted alkali dissolution combined with laser-induced breakdown spectroscopy. *Microchemical Journal*, 2020, 157: 105018.
- [5] MOHAMMADI-MOGHADAM, Fazel, *Toxic and essential elements in drinking water, blood, hair and intestinal tissues of ulcerative colitis patients: probabilistic health risk assessment for drinking water consumers*. *Toxin Reviews*, 2021, 1-9.
- [6] BRIFFA, Jessica; SINAGRA, Emmanuel; BLUNDELL, Renald. *Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans*. *Heliyon*, 2020, 6.9: e04691.

- [7] Yapici, Gulcin., Gunay Can., Ali Rıza Kiziler., Birsen Aydemir., Ismail Hakki Timur., & Ayse Kaypmaz. *Lead and cadmium exposure in children living around a coal-mining area in Yatagan, Turkey*. Toxicology and Industrial Health. 2006.
- [8] Varica, D., Tamburo, E., Milia, N., Vallascas, E., Cortimiglia, V., De Gludici, G., Dongarra, G., Sanna, E., Monna, F., & Losno, R. *Metals And Metalloids In Hair Samples Of Children Living Near The Abandoned Mine Sites Of Sulcis-Inglesiente (Sardinia, Italy)*. Environmental Research. 2014.
- [9] Monachese, Marc., Burton, Jeremy P., & Reid, Gregor. *Bioremediation and Tolerance of Humans to Heavy Metals through Microbial Process : a Potential Role for Probiotics?*. American Society for Microbiology. 2012
- [10] Mulyati, Tri Ana; Pujiono, Fery Eko; Indah, Indah. *The Exposure of Pb to Hair and Nails in Children Around "X" Coal Mines Using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) Method*. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 2021, 13.3: 174-179.
- [11] Mulyati, Tri; Pujiono, Fery Eko. *Analisa Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Makanan Olahan Lorjuk (Solen sp.) Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom*. Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu-ilmu Keperawatan, Analisis Kesehatan dan Farmasi, 2020, 20.2: 242-251.
- [12] Butler, L., Gennings, C., Peli, M., Borgese, L., Placidi, D., Zimmerman, N., ... & Henn, B. C. *Assessing the contributions of metals in environmental media to exposure biomarkers in a region of ferroalloy industry*. Journal of exposure science & environmental epidemiology, 29(5), 674-687. 2019
- [13] Queiroz, T. K. L. D., Naka, K. S., Mendes, L. D. C. D. S., Costa, B. N. S., Jesus, I. M. D., Câmara, V. D. M., & Lima, M. D. O. *Human blood lead levels and the first evidence of environmental exposure to industrial pollutants in the Amazon*. International journal of environmental research and public health, 16(17), 3047. 2019
- [14] Cabral-Pinto, M. M., Inácio, M., Neves, O., Almeida, A. A., Pinto, E., Oliveiros, B., & da Silva, E. A. F. (2020). *Human health risk assessment due to agricultural activities and crop consumption in the surroundings of an industrial area*. Exposure and Health, 12(4), 629-640. 2020
- [15] Li, Y., Yu, Y., Zheng, N., Hou, S., Song, X., & Dong, W. *Metallic elements in human hair from residents in smelting districts in northeast China: Environmental factors and differences in ingestion media*. Environmental research, 182, 108914. 2020
- [16] Shen, M., Ren, M., Wang, Y., Shen, F., Du, R., Quan, L., & Cao, Z. *Identifying dust as the dominant source of exposure to heavy metals for residents around battery factories in the Battery Industrial Capital of China*. Science of The Total Environment, 765, 144375. 2021
- [17] Le, B., & Yang, S. H. *Biosorption of cadmium by potential probiotic *Pediococcus pentosaceus* using in vitro digestion model*. Biotechnology and applied biochemistry, 66(4), 673-680. 2019
- [18] Wei, C., Yu, L., Qiao, N., Wang, S., Tian, F., Zhao, J., ... & Chen, W. (2020). *The characteristics of patulin detoxification by *Lactobacillus plantarum* 13M5*. Food and Chemical Toxicology, 146, 111787. 2020
- [19] Yang, Y., & Pei, J. *Isolation and characterization of an Enterococcus strain from Chinese sauerkraut with potential for lead removal*. European Food Research and Technology, 246(10), 2055-2064. 2020
- [20] Abdel-Megeed, R. M. *Probiotics: a Promising Generation of Heavy Metal Detoxification*. Biological trace element research, 199(6), 2406-2413. 2021