
Literature Review : Gambaran Efektivitas Pemeriksaan Keracunan Merkuri Dengan Sampel Biologis

Literature Review : Description of the Effectiveness of Mercury Poisoning Examination Using Biological Sample

Hakim Sinaga¹

Rifky Saldi A. Wahid^{2*}

Siti Raudah³

¹ITKES Wiyata Husada Samarinda, Samarinda, Indonesia

²ITKES Wiyata Husada Samarinda, Samarinda, Indonesia

³ITKES Wiyata Husada Samarinda, Samarinda, Indonesia

*email: rifkysaldi@itkeswhs.ac.id

Abstrak

Merkuri adalah salah satu logam berat dengan toksisitas tinggi dan termasuk dalam golongan zat *neurotoksik* yang dapat menimbulkan berbagai kerusakan sel-sel jaringan dan syaraf. Penggunaan *biomarker* berupa Darah, Urine dan Rambut dengan tepat dapat menentukan efektifnya pemeriksaan keracunan merkuri di laboratorium. Tujuan penelitian ini mengetahui gambaran efektivitas pemeriksaan keracunan merkuri dengan sampel biologis. Penelitian *literature review* dengan sumber *online database* dari mesin pencarian *Science direct, PubMed, Google Scholar*. Hasil penelitian penyebab keracunan merkuri adalah melalui penggunaan merkuri dalam berbagai bidang industri, kegiatan pertambangan, konsumsi ikan, kerang dan air yang telah tercemar merkuri. Pemeriksaan keracunan merkuri dengan biomarker darah dan urine merupakan pilihan utama untuk pajanan akut akibat penggunaan merkuri secara langsung terutama pada lingkungan kerja. Penggunaan biomarker rambut merupakan pilihan utama untuk pajanan kronis terutama akibat konsumsi ikan. Lama waktu kerja dan frekuensi konsumsi ikan memiliki pengaruh signifikan terhadap tingginya kadar merkuri dalam tubuh, dimana semakin lama dan semakin banyak pajanan merkuri maka semakin berpotensi seseorang mengalami keracunan merkuri. Kadar merkuri pada darah dapat dideteksi dalam 2-3 hari setelah pajanan, pada urine 1 minggu setelah pajanan, dan pada rambut kadarnya persisten dalam jangka waktu panjang. Kesimpulan, efektivitas pemeriksaan keracunan merkuri dengan sampel biologis tergantung pada jenis dan lama pajanan, dimana pada pajanan jangka pendek dengan konsentrasi tinggi menggunakan *biomarker* Darah dan Urine, pada pajanan jangka panjang menggunakan *biomarker* Rambut

Kata Kunci:

Merkuri, Darah, Urin, Rambut

Keywords:

Mercury, Blood, Urine, Hair

Abstract

Mercury is one of the heavy metals with high toxicity and is included in the class of neurotoxic substances that can cause various damage to tissue and nerve cells. The proper use of biomarkers in blood, urine and hair can determine the effectiveness of the mercury poisoning examination in the laboratory. Purpose: This study aimed to describe the effectiveness of mercury poisoning examination using biological samples. Method: This study used a literature review with online database sources from the search engine Science Direct, PubMed, Google Scholar. Result, The cause of mercury poisoning was through the use of mercury in various industrial fields, mining activities, consumption of fish, shellfish and water that had been contaminated with mercury. Examination of mercury poisoning with blood and urine biomarkers was the main choice for acute exposure due to the direct use of mercury, especially in the work environment. Hair biomarkers were the main choice for chronic exposure, mainly fish consumption. The length of working time and the frequency of fish consumption had a significant influence on the high levels of mercury in the body, where the longer and more mercury exposure, the more risk a person was to experience mercury poisoning. Mercury levels in the blood can be detected within 2-3 days, in urine one week after exposure, and in hair, levels are persistent in the long term. Conclusion: The effectiveness of mercury poisoning examination using biological samples depends on the type and duration of exposure, where short-term exposure to high concentrations uses blood and urine biomarkers and long-term exposure using hair biomarkers.

PENDAHULUAN

Merkuri adalah salah satu logam berat dengan toksisitas yang tinggi dan tersebar luas di alam. Merkuri termasuk dalam golongan zat *neurotoksik* yang dapat menimbulkan berbagai dampak buruk bagi kesehatan. Menurut *World Health Organization (WHO)*, pajanan merkuri bahkan dalam jumlah kecil dapat menyebabkan masalah kesehatan yang serius. Dampak dari terpajan merkuri secara langsung dapat menimbulkan kerusakan pada system syaraf, ginjal dan kardiovaskular yang tingkat keparahannya tergantung pada jumlah, komposisi dan waktu pajanan. Rute utama pajanan merkuri dapat melalui kontak langsung, sumber udara, air dan kontaminasi makanan. (Reza *et al.*, 2016)

Seiring perkembangan zaman, penggunaan merkuri sangat beragam diantaranya penggunaan untuk bidang kesehatan yaitu thermometer air raksa dan bahan penambal gigi (*amalgam*). Dalam bidang industri, merkuri sering digunakan dalam bidang penambangan emas, yang berguna sebagai bahan pengikat emas dan perak (pemurnian) agar dapat dipisahkan dari mineral pengotor lainnya. (Reza *et al.*, 2016). Saat ini penggunaan merkuri dalam produk kecantikan juga semakin marak, yang biasanya digunakan untuk memutihkan kulit wajah. Merkuri mengandung bahan aktif yang dapat menekan atau menghambat pembentukan melanin atau menghilangkan melanin yang sudah terbentuk sehingga membuat warna kulit menjadi lebih putih. Penggunaan merkuri pada produk kecantikan sebenarnya tidak diperkenankan karena dampak yang dapat ditimbulkan terhadap kesehatan, namun masih banyak masyarakat yang belum mengetahui hal tersebut. Menurut Badan POM Indonesia, melalui hasil pengawasan rutin yang dilaksanakan pada tahun 2014 hingga 2015, telah ditemukan 17 jenis kosmetik yang diproduksi dalam negeri dan 13 kosmetik produksi luar negeri yang teridentifikasi mengandung bahan berbahaya berupa merkuri. (Indriaty *et al.*, 2018)

Kasus Keracunan merkuri skala besar pernah terjadi seperti "*Minamata Disease*" di Kota Minamata, Jepang pada tahun 1958. Limbah merkuri dari bidang industri dibuang secara terus menerus sehingga menyebar dengan cepat dan diserap oleh sebagian besar biota di pantai Minamata yang kemudian dikonsumsi oleh masyarakat setempat dan mengakibatkan 1000 orang meninggal dunia. (Suyono, 2012)

Kasus keracunan merkuri di Kalimantan Timur belum terdata hingga kini, namun data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menyatakan bahwa terdapat 2500 pertambangan emas primer dan sekunder aktif dengan total penggunaan merkuri sebesar 11,4 ton/tahun sehingga terdapat potensi bagi penambang untuk keracunan zat merkuri. (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020)

Toksitas merkuri pada manusia tergantung bentuk komposisi merkuri, jalan masuknya ke dalam tubuh dan lamanya pajanan. Semakin banyak dan lama seseorang terpapar merkuri, maka akan terjadi akumulasi merkuri didalam tubuh yang dapat diketahui jumlahnya dengan melakukan pemeriksaan laboratorium. (Zaharani *et al.*, 2015)

Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan sampel biologis diantaranya darah, urine, dan rambut. Pemeriksaan dengan menggunakan sampel darah dilakukan apabila terjadi pajanan merkuri jangka pendek yaitu 2-4 hari dengan konsentrasi tinggi, karena konsentrasi merkuri dalam darah dapat meningkat dengan cepat (Kristianingsih, 2018). Penggunaan sampel urin digunakan untuk mendeteksi kandungan merkuri setelah terjadi pajanan dalam 1-2 minggu (Asiah *et al.*, 2015). Kadar merkuri dalam rambut kepala dapat digunakan sebagai indikator absorpsi akibat pemaparan yang telah berlangsung satu sampai beberapa bulan terakhir dan sifatnya persisten. (Mahmud *et al.*, 2018) Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran efektivitas pemeriksaan keracunan merkuri dengan sampel

biologis, untuk menentukan sampel yang sesuai dalam pelaksanaan pemeriksaan merkuri di laboratorium.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah *Literature Review* yang merupakan rangkuman menyeluruh beberapa studi penelitian yang ditentukan berdasarkan tema tertentu. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh bukan melalui pengamatan langsung, akan tetapi diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu. Sumber data berupa artikel/jurnal bereputasi baik nasional maupun internasional, yang kemudian di evaluasi secara kritis dengan menyajikan data pustaka yang diolah menjadi bahan penelitian.

Proses pengumpulan literature menggunakan *search engine* atau *database Science Direct, PubMed, dan Google*

Scholar, judul publikasi (*toxicology research*), dan seleksi kriteria artikel/jurnal berdasarkan *PICOS Framework* dengan kata kunci yang digunakan Pemeriksaan keracunan merkuri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Berdasarkan hasil penelitian studi *Literature review* pada 13 jurnal yang digunakan memiliki beberapa perbedaan seperti jumlah sampel yang digunakan, responden yang diperiksa, dan lama waktu paparan merkuri, namun memiliki persamaan kriteria inklusi dan eksklusi yang memiliki tujuan untuk mengetahui efektivitas pemeriksaan keracunan merkuri dengan sampel biologis. Artikel jurnal yang telah dikelompokkan berdasarkan karakteristik umum dan penyelesaian studi berupa persentase dari kategori tahun publikasi adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Kasus keracunan merkuri, lama paparan dan sampel pemeriksaan

No.	Author	Lama Paparan	Sampel Pemeriksaan
1.	A. Castano, et al. 2019	Frekuensi konsumsi ikan <1 kali seminggu, 1 kali seminggu, 2 sampai 4 kali seminggu, >5 kali seminggu	1880 sampel darah, 1704 sampel urine dan 577 sampel rambut
2.	A. Riaz, et al. 2016	Pekerja aktif dengan potensi akumulasi	45 responden dengan masing-masing sampel darah, urine, rambut dan kuku
3.	S. Queipo Abad, et al. 2019	1 minggu setelah terjadi kecelakaan kerja	27 responden dengan masing-masing sampel darah, urine dan rambut
4.	H.Gutierrez Mosquera, et al. 2017	Pekerja aktif	63 responden dengan masing-masing sampel darah, urine dan rambut
5.	Seo Joong Wook, Kim Byoung Gwon, Hong Young Seob. 2020	Konsumsi ikan dan kerang dalam jangka waktu 3 bulan terakhir dengan kategori frekuensi konsumsi rendah, sedang dan tinggi	711 responden dengan sampel darah, urine dan rambut
6.	Clelia Calao-Ramoz, et al. 2021	Pekerja aktif dengan Frekuensi konsumsi ikan <1 sampai 2 kali seminggu, 3 sampai 4 kali seminggu dan 5 sampai 7 kali seminggu	238 responden dengan masing-masing sampel darah, urine dan rambut
7.	Stephan Bose-O'Reilly, et al. 2017	Pekerja tambang aktif	1252 responden dengan masing-masing sampel darah, urine dan rambut

8.	Fairuz Zaharani, Indah Rachmatiah Siti Salami. 2015	Masa kerja 5 sampai 10 tahun. Lama bermukim < 10 tahun dan > 10 tahun	Total sebanyak 60 responden yang terdiri dari 30 responden pekerja amalgamasi dan 30 responden non amalgamasi, dengan masing-masing sampel darah dan urine
9.	Yuli Kristianingsih. 2018	Lama bermukim: 12 responden < 10 tahun dan 56 responden > 10 tahun	Total sebanyak 68 sampel darah responden
10.	Rosa Devitria, Harni Sepriyani. 2019	Sampel uji yang digunakan telah menggunakan serum pemutih wajah selama 1 tahun	Total sebanyak 15 sampel urine responden
11.	Nur Asiah, et al. 2015	Lama kerja: 14 responden bekerja selama 2 tahun, 5 responden bekerja selama 3 tahun dan 11 responden bekerja selama 4 tahun	Total sebanyak 30 sampel urine responden pekerja tambang emas
12.	Irwan Mulyadi, et al. 2021	Riwayat kerja sebagai penambang emas 4 sampai 10 tahun	Total sebanyak 20 sampel rambut kepala pekerja tambang emas
13.	Marika Mahmud, et al. 2018	Lama tinggal responden 1 sampai 30 tahun	Total sebanyak 20 sampel rambut kepala responden yang bertempat tinggal di lokasi penambangan emas

Berdasarkan tabel I. menunjukkan bahwa penyebab terjadinya kasus keracunan merkuri yang paling sering ditemukan yaitu disebabkan oleh terpajan saat melakukan pekerjaan yang kontak erat dengan penggunaan merkuri, frekuensi konsumsi ikan atau biota laut yang tercemar merkuri dan penggunaan sumber daya alam yang tercemar merkuri (pencemaran lingkungan).

Tabel II. Hasil jurnal penelitian

No.	Author	Hasil
1.	A. Castano, et al. (2019)	Rata-rata kadar merkuri pada darah 6.35 µg/l, urin 1.11 µg/l, dan rambut 1.91 µg/g.
2.	Silvia Queipo Abad, et al. (2019)	Pada kelompok intervensi yang terpapar merkuri pada kecelakaan kerja ditemukan kadar yang tinggi pada darah dan rambut dibandingkan dengan kelompok kontrol walaupun tidak mengkonsumsi ikan sejak terpapar.
3.	Arjumand Riaz, et al. (2016)	Rata-rata kadar total merkuri (THg) dalam dalam darah, urin dan rambut pekerja tambang adalah 41 µg/L, 49,5 µg/L, 0,64 µg/kg.
4.	H. Gutierrez Mosquera, et al. (2017)	Rata-rata konsentrasi merkuri pada rambut, urin dan darah pekerja tambang emas, amalgamasi masing-masing adalah 15.98 µg/g, 23.89 µg/l dan 11.29 µg/l.
5.	Seo Joong Wook, Kim Byoung Gwon & Hong Young Seob (2020)	Rata-rata konsentrasi metil merkuri darah dari paparan merkuri melalui makanan laut adalah 3,06 µg/l untuk kadar rendah, 3,12 µg/l untuk kadar menengah, dan 3,60 µg/l.
6.	Clelia Calao Ramos, et al (2021).	Nilai rata-rata total merkuri pada pekerja tambang yaitu darah 3,70 µg/l, urine 4,00 µg/l dan rambut 1,37 µg/kg.
7.	Stephan Bose O'reilly, et al. (2017)	Dari penelitian ini didapatkan bahwa konsentrasi merkuri pada semua sub kelompok yang terpapar meningkat dan berada di atas ambang batas, namun pada pekerja amalgamasi memiliki kadar tertinggi. Sebesar 54% dari sub kelompok dengan tingkat paparan tinggi didiagnosis keracunan merkuri (<0,001).
8.	Fairuz Zaharani & Indah Rachmatiah Siti Salami (2015)	Dari penelitian ini didapatkan bahwa pekerja yang kontak langsung dengan merkuri memiliki kadar rata-rata merkuri rambut 4,134 µg/g dan urine 46,322 µg/l.
9.	Yuli Kristianingsih (2018)	Dari penelitian ini didapatkan bahwa pada uji laboratorium sampel darah dan hasil wawancara responden sebanyak 77,9% responden memiliki kadar merkuri dalam darah lebih dari 10 µg/l dan lama tinggal mempengaruhi kadar merkuri dalam darah masyarakat di Lebaksitu.

10.	Rosa Devitria & Harni Sepriyani (2019)	Dari penelitian ini didapatkan bahwa 1 dari 15 sampel urine pengguna krim pemutih wajah yang diperiksa positif mengandung merkuri dan terdapat hubungan yang signifikan antara jangka waktu pemakaian krim pemutih dengan kadar merkuri dalam urine.
11.	Nur Asiah, et al. (2015)	Kadar merkuri dalam urin pekerja tambang emas tertinggi, terendah dan rata-rata adalah 3,8 µg/l, 2,0 µg/l dan 2,82 µg/l. Hasil uji <i>Chi-square</i> menunjukkan bahwa lama kerja memberikan pengaruh terhadap kadar merkuri dalam urin penambang ($p = 0,046$).
12.	Irwan Mulyadi, et al. (2021)	Dari penelitian ini didapatkan bahwa kadar merkuri tertinggi, terendah, dan rata-rata yang diperoleh dari sampel rambut penambang adalah 8,72 µg/kg, 1,42 µg/kg, dan 3,06 µg/kg. Tingginya kadar merkuri dalam sampel rambut penambang dipengaruhi oleh lamanya paparan dan masa kerja.
13.	Marike Mahmud, et al. (2018)	Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri tertinggi di rambut kepala adalah 952,85 µg/kg dan terendah 0,03 µg/kg dengan rata-rata merkuri konsentrasi 55,09 µg/kg. Hasil ini berada di atas ambang batas baku mutu yang ditetapkan NCR, yaitu 2 ppm.

Dari tabel II. menunjukkan pada responden yang terlibat dalam literature yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan dengan kriteria yang berkaitan dengan faktor penyebab keracunan merkuri didapatkan kadar merkuri pada biomarker biologis darah, urine dan rambut berada di atas batas normal. Kadar merkuri yang dapat diukur dalam biomarker darah, urine dan rambut bergantung pada rute dan jangka waktu paparan

PEMBAHASAN

Menurut Adhani dan Husaini (2017) efek toksisitas yang ditimbulkan dari keracunan merkuri yaitu dapat berupa akut yang merupakan efek toksik mendadak, terjadi dalam waktu singkat akibat paparan dalam jumlah yang tinggi dan kronis yang merupakan efek toksik yang terjadi perlahan, dalam jumlah kecil namun terus menerus. Sifat toksik merkuri menyebabkan akumulasi kadar merkuri dalam tubuh sehingga menimbulkan gangguan syaraf, turunnya fungsi organ, koma bahkan kematian. Menurut Ekawanti dan Priyambodo (2020), terdapat tiga rute masuknya merkuri ke dalam tubuh yaitu ingesti (tertelan), inhalasi (pernapasan) dan kulit (kontak). Peranan biomarker biologis dalam pemeriksaan keracunan merkuri sangatlah penting karena diagnosa awal dengan menggunakan tiga sampel biologis tersebut menjadi tolak ukur untuk seseorang dapat menjalani pengobatan dan penanganan yang dianjurkan.

Menurut Asiah (2015), Zaharani (2015), Mosquera (2017), O'Reilly (2017), Kristianingsih (2018), Devitria (2019), dan Abad (2019) urin merupakan biomarker yang dapat digunakan untuk menentukan kadar merkuri

dalam tubuh dalam jangka waktu cepat tetapi kandungan merkuri dalam tubuh akan terus mengalami proses ekskresi melalui urin sehingga kadarnya dapat berkurang, namun pemaparan secara terus menerus akan menyebabkan terjadinya penimbunan dalam tubuh. Menurut Abad (2019) biomarker urine dapat menunjukkan kadar merkuri yang baik akibat paparan merkuri anorganik, karena sebagian besar merkuri anorganik yang masuk kedalam tubuh akan melewati tahap ekskresi melalui urine. Menurut Riaz (2016), kelebihan penggunaan biomarker urine yaitu sampel mudah didapatkan dan tidak memerlukan invasi (memasukan alat) pada tubuh.

Menurut Kristianingsih (2018), O'Reilly (2017), Abad (2019), Castano (2019), Wook (2020), dan Ramoz (2021) penggunaan biomarker darah merupakan pilihan utama apabila terjadi paparan merkuri yang baru saja terjadi dengan konsentrasi tinggi, karena kadarnya dalam darah dapat meningkat cepat dalam 2-4 hari sebelum diekskresikan melalui urine dan feses. Menurut Mosquera (2017) apabila paparan merkuri dalam konsentrasi tinggi baru saja terjadi penggunaan biomarker darah dapat menggambarkan kadar yang akurat selama 2-4 hari, setelah itu penggunaan

biomarker urine menjadi pilihan utama sebagai bagian dari sistem ekskresi kadar merkuri dalam darah. Jika ditemukan kadar merkuri darah yang lebih sedikit daripada rambut dan urine, menggambarkan bahwa pajanan terjadi 5-7 hari sebelumnya karena proses metabolisme biologis merkuri yang menyebabkan 90% kadarnya diekskresikan melalui urine dan feses setelah pajanan dihentikan. Menurut Riaz (2016), kelebihan dalam penggunaan biomarker darah terletak pada akuratnya kadar yang terdeteksi dalam waktu singkat setelah terjadi pajanan, namun karena sifatnya yang invasif dan kadarnya yang cenderung menurun secara cepat karena proses ekskresi perlu diperhatikan.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Mulyadi (2021), Wook (2020), Castano (2019), Abad (2019), Kristianingsih (2018), O'Reilly (2017), Mosquera (2017), Riaz (2016), dan Zaharani (2015) menyatakan bahwa kadar merkuri pada rambut manusia dapat digunakan sebagai indikator penyerapan akibat pajanan yang berlangsung selama beberapa bulan atau dalam jangka waktu panjang, terutama merkuri organik metil merkuri (MeHg) karena sebagian besar merkuri organik lebih banyak diakumulasi pada rambut. Kadar merkuri pada rambut bersifat persisten sehingga tidak dapat dihilangkan dengan mencuci menggunakan sampo, namun kadarnya dapat menurun 30-50% apabila dilakukan pelurusan atau pengeritingan rambut dengan menggunakan zat thioglycolate acid. Menurut Ramoz (2021) Analisa kadar merkuri dengan menggunakan biomarker rambut sangat baik digunakan akibat toksisitas dengan rute pajanan ingesti, yaitu frekuensi konsumsi ikan, kerang dan air yang tercemar merkuri, karena efek toksisitasnya bersifat kronis sehingga dapat dirasakan apabila telah terakumulasi dalam konsentrasi tinggi dan jangka waktu yang panjang.

Faktor pendukung yang berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kadar merkuri dalam tubuh yaitu frekuensi konsumsi ikan kurang dari 1-2 kali dalam seminggu memiliki potensi rendah untuk terpajan merkuri sedangkan frekuensi konsumsi ikan 5-7 kali dalam

seminggu memiliki resiko yang lebih tinggi untuk terpajan merkuri. Lama status kerja dan jam kerja memiliki pengaruh yang signifikan dimana responden dengan masa kerja kurang dari 2 tahun memiliki kadar yang lebih rendah dibanding dengan responden dengan masa kerja lebih dari 5-10 tahun.

KESIMPULAN

Berdasarkan artikel/jurnal yang di review dalam studi ini, dapat disimpulkan. Sampel biologis yang digunakan dalam pemeriksaan keracunan merkuri pajanan akut menggunakan Darah dan Urine, pajanan kronis menggunakan Rambut. Efektivitas pemeriksaan keracunan merkuri dengan sampel biologis tergantung pada jenis dan lama pajanan. Darah untuk mendeteksi keracunan merkuri pada pajanan yang baru terjadi dalam dalam konsentrasi tinggi (*acute*) yang kadarnya dapat dideteksi dalam 2-3 hari setelah terjadi pajanan. Urine untuk mendeteksi keracunan merkuri pada pajanan yang baru terjadi dengan konsentrasi tinggi (*acute*) yang kadarnya dapat dideteksi dalam 1 minggu setelah terjadi pajanan. Rambut untuk mendeteksi kadar merkuri pada pajanan jangka panjang (*chronic*), terutama untuk pajanan akibat konsumsi ikan dan biota laut tercemar, karena metil merkuri (MeHg) yang terdapat pada ikan dan biota laut yang tercemar dapat terakumulasi pada rambut dan menimbulkan efek yang sangat toksik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abad, Silvia Queipo., Gonzalez, P. R., Morillo, Eduardo. M., Davis, W. Clay., Alonso, Jose. I. G. (2019). Concentration of Mercury Species in Hair, Blood and Urine of Individuals Occupationally Exposed to Gaseous Elemental Mercury in Asturias (Spain) and its Comparison With Individuals From a Control Group Formed by Close Relatives. *Science of the Total Environment*. 314-323.
- Adhani, R., & Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia (S. Kholishotunnisa (ed.); 2nd ed.)*. Lambung Mangkurat University Press.
- Asiah, N., Alfian, Z., Anwar, J., Siregar, Y., & Bangun, D. (2015). Pengaruh Lama Kerja Terhadap Kadar Merkuri (Hg) Dalam Urin Pekerja Tambang Emas (Studi kasus di

Desa Pantan Luas Kecamatan Sawang Kabupaten Aceh Selatan). *Jurnal Pendidikan Kimia*, 7(2), 7–12.

Badan POM. (2010). *Mengenal Logam Beracun*. Badan Pengawas Obat Dan Makanan (BPOM) RI, 2–4.

Castano, A., Diaz, S. Pedraza., Canas, A. I., Gomez, B. Perez., Ramos, J.J., Bartolome, M., Part, P., Soto, E. P., Motas, M., Navarro, C., Calvo, E., Esteban, M., on Behalf Bioambient.es. (2019). Mercury Levels in Blood, Urine and Hair in a Nation-wide Sample of Spanish Adults. *Science of the Total Environment*. (620) 262-270.

Devitria, R., & Sepriyani, H. (2019). Identifikasi Kandungan Merkuri (Hg) Pada Urine Pengguna Serum Pemutih Wajah Dengan Uji Kualitatif. *Klinikal Sains : Jurnal Analis Kesehatan*, 7(2), 83–89.

Ekawanti, A., & Priyambodo, S. (2020). Intoksikasi Merkuri: Faktor Risiko, Patofisiologi dan Dampaknya Bagi Wanita Hamil di Daerah Lingkar Tambang. *Jurnal Kedokteran*, 9(2), 158–165.

Gaza, M. A., Hakim, L., Sabarudin, A., & Sumitro, B. S. (2017). Evaluation on Mercury, Cadmium, and Lead in the Hair Sample as an Indicator of Autism for Children. *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 9(12), 710–715.

Hadi, M. C. (2013). Bahaya Merkuri Di Lingkungan Kita. *Jurnal Skala Husada*, 10(2), 175–183.

Haq, A., & Achmadi, U. F. (2018). Mercury Poisoning on Gold Miners At Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Indonesia: a Systematic Review. 1, 10–16.

Indriaty, S., Hidayati, N. R., & Bachtiar, A. (2018). Bahaya Kosmetika Pemutih Yang Mengandung Merkuri dan Hidroquinon serta Pelatihan Pengecekan Registrasi Kosmetika di Rumah Sakit Gunung Jati Cirebon. *Jurnal Surya Masyarakat*, 1(1), 8–11.

Jeong-wook, Seo., Byoung-gwon, Kim., Young-seoub, Hong. (2020). The Relationship Between Mercury Exposure Indices and Dietary Intake of Fish and Shellfish in Women of Childbearing Age. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.

Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). *Status Merkuri Pada Pertambangan Emas Skala Kecil di Indonesia*.

Kristianingsih, Y. (2018). Bahaya Merkuri Pada Masyarakat Di Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) Lebaksitu. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 10(1), 32–38.

Lu, F. C. (2010). *Toksikologi Dasar, Asas, Organ Sasaran, dan Penilaian Risiko*. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).

Mahmud, M., Lihawa, F., Banteng, B., Desei, F., & Saleh, Y. (2018). Konsentrasi Merkuri Pada Rambut Kepala Dan Kesehatan Masyarakat Pada Lokasi Penambangan Emas Tradisional Buladu Kabupaten Gorontalo Utara. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 8(2), 235–240.

Marisa. (2018). *Pemeriksaan Kadar Logam Merkuri (Hg) Pada Pria Pekerja Tambang Emas Di Kabupaten Sijunjung*. 1(1).

Morais, S., Costa, F. G. E., & Pereira, M. de L. (2012). *Heavy Metals and Human Health*. *Environmental Health*. Mosquera, Harry. G., Sujitha, S. B., Jonathan, M. P., Sarkar, S. K., Mosquera, Fairy. M., Mosquera, Helcias. A., Mira, Gladis. M., Mendoza, Laura. A. (2017). Mercury Levels in Human Population From a Mining District in Western Colombia. *Journal of Environmental Science*.

Mulyadi, Irwan., Putrajaya, Fadly., Hasanah, Nur., Sumiyati, Sri. (2021). Mercury Content on Hair as an Indication of Mercury Exposure on Gold Miners in Tambang Sawah Village, Lebong Regency. *Departement of Chemical Engineering*. (21) 01.

Nursalam. (2020). *Penulisan Literature Review Dan Systematic Review Pada Pendidikan Kesehatan (Contoh)*. Fakultas Keperawatan Universitas Airlangga.

O'reilly, Stephan Bose., Bernaudat, Ludovic., Siebert, Uwe., Roider, Gabrielle., Nowak, Dennis., Drasch, Gustav. (2017). Signs and Symptoms of Mercury-Exposed Gold Miners. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. 30 (2); 249-269.

Palar, H. (2008). *Pencemaran dan Toksikologi Lingkungan*. PT RINEKA CITRA.

Pinontoan, S. P. M., Contra, A. J., & Kabuhung, A. (2018). Gambaran Kadar Merkuri Pada Rambut Pekerja Tambang Dipertambangan Emas Tanpa Izin (PETI) Desa Tatelu Kecamatan Dimembe. *Jurnal Kesmas*, 7(5).

Ramos, Clelia Calao., Bravo, Andrea. G., Uribe, Roberth Paternina., Negrete, Jose Marrugo., Diez, Sergi. (2021). Occupational Human Exposure to Mercury in Artisanal Small-Scale Gold Mining Communities of Colombia. *Environment International*. (146).

Reza, Karimuna, S. R., & Fachlevy, F. (2016). Analisis Perbedaan Potensi Risiko Keterpaparan Merkuri Pada Masyarakat Di Desa Tahi Ite Kecamatan Rarowatu Kabupaten Bombana. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kesehatan Masyarakat*, 1(4), 1–13.

Riaz, Arjumand., Khan, Sardar., Shah, Mohammad Tahir., Li, Gang., Gul, Nayab., Shamshad, Isha. (2016). Mercury Contamination in The Blood, Urine, Hair and

Nails of The Gold Washers and its Human Health Risk During Extraction of Placer Gold Along Gilgit, Hunza and Indus Rivers in Gilgit-Baltistan, Pakistan. *Environmental Technology & Innovation*. 22-29.

Setiyono, A., & Djaidah, A. (2012). Konsumsi Ikan Dan Hasil Pertanian Terhadap Kadar Hg Darah. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(24), 110–116.

Sutamiharja. (2006). *Toksikologi Lingkungan*. Buku Ajar Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia.
Suyono. (2012). *Pencemaran Kesehatan Lingkungan (Vol. 1)*. Penerbit Buku Kedokteran EGC.

Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). *Heavy Metal Toxicity and the Environment*. 133–164.

Wiguna, A. (2016). *Pengaruh Pemberian Merkuri Per Oral Terhadap Gambaran Histopatologis Ginjal Tikus Wistar*. Karya Tulis Ilmiah Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.

Zaharani, F., Rachmatiah, I., & Salami, S. (2015). Kandungan Merkuri Pada Urin Dan Rambut Sebagai Indikasi Paparan Merkuri Terhadap Pekerja Tambang Emas Tanpa Izin (PETI) Di Desa Pasar Terusan Kecamatan Muara Bulian Kabupaten Batanghari - Jambi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 21(2), 169–179.