

**GAMBARAN EFEKTIVITAS PEMERIKSAAN KERACUNAN MERKURI
DENGAN SAMPEL BIOLOGIS**

KARYA TULIS ILMIAH (*LITERATURE REVIEW*)



**PROGRAM STUDI D-III ANALIS KESEHATAN
INSTITUT TEKNOLOGI KESEHATAN DAN SAINS WIYATA HUSADA
SAMARINDA
2021**

**GAMBARAN EFEKTIVITAS PEMERIKSAAN KERACUNAN MERKURI
DENGAN SAMPEL BIOLOGIS**

KARYA TULIS ILMIAH (*LITERATUR REVIEW*)

Untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Diploma Analisis Kesehatan (Amd. AK)



**PROGRAM STUDI D-III ANALIS KESEHATAN
INSTITUT TEKNOLOGI KESEHATAN DAN SAINS WIYATA HUSADA
SAMARINDA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

GAMBARAN EFEKTIVITAS PEMERIKSAAN KERACUNAN MERKURI
DENGAN SAMPEL BIOLOGIS

KARYA TULIS ILMIAH (*LITERATURE REVIEW*)

Oleh :

HAKIM SINAGA


NIM: 18.200.019.03


Telah berhasil dipertahankan dalam ujian

Pada Tanggal 20 September 2021

Pembimbing I,


Penguji I

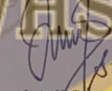

Rifky Saldi A. Wahid, S.Farm., M.Kes
NIK 1141049219148


Kamil, S.KM., M.Si
NIK 197508151994031

Pembimbing II


Penguji II


Siti Raudah, S.Si., M.Si
NIK 1141048510012


Zaenal Adri Susanto, S.ST., M.Biomed
NIK 1141049011028

Mengetahui,

Ketua Program Studi DIII-Analis Kesehatan


Siti Raudah, S.Si., M.Si
NIK 1141048510012

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hakim Sinaga
NIM : 1820001903
Program Studi : DIII Analis Kesehatan
Judul Laporan Tugas Akhir : *Literature Review: Gambaran Efektivitas
Pemeriksaan Keracunan Merkuri Dengan
Sampel Biologis*

Menyatakan bahwa Karya Tulis Ilmiah ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun yang di rujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Samarinda, 21 September 2021

Yang membuat pernyataan

The logo of Institut Teknologi Kesehatan & Sains Wiyata Husada Samarinda is a circular emblem. It features a stylized 'S' shape in the center, composed of a red upper curve and a yellow lower curve, separated by a white line. The 'S' is set against a blue background. To the left of the 'S' is a small globe icon. The text 'ITK WYH' is written across the center of the 'S'. Below the 'S' is a green arc. The full name of the institution, 'Institut Teknologi Kesehatan & Sains Wiyata Husada Samarinda', is written in a circular path around the bottom of the emblem.

A postage stamp with a value of 10,000 Rupiah. It features the Garuda Pancasila emblem and the text 'SEPRULU BELUKAPAKA', 'METERAI TEMPEL', and the number '576AJX540992653'.

Hakim Sinaga

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat Rahmat dan bimbingan-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “*Gambaran Efektivitas Pemeriksaan Merkuri Dengan Sampel Biologis*”. Karya Tulis Ilmiah (*Literature Review*) ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya Analis Kesehatan (Amd. AK) dalam program studi DIII Analis Kesehatan ITKes Wiyata Husada Samarinda.

Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan, praktik sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan semua proses tepat waktunya. Oleh karena itu, perkenankanlah saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dengan hati yang tulus kepada:

1. Bapak H. Mujito Hadi, S.Pd., MM, selaku Ketua Yayasan Wiyata Husada Samarinda
2. Bapak Assoc. Prof. Dr. Eka Ananta Sidharta, CA, CfrA., selaku Rektor ITKES Wiyata Husada Samarinda.
3. Ibu Siti Raudah, S.Si, M.Si selaku Ketua Program Studi Diploma III Analis Kesehatan yang telah memberikan kesempatan, dukungan dan semangat luar biasa untuk mengikuti pendidikan di Program Studi Analis Kesehatan.
4. Bapak Rifky Saldi A. Wahid, S.Farm., M.Kes dan Ibu Siti Raudah, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing I dan II yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikirannya untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Kedua orang tua terkasih Bapak Herman Sinaga dan Ibu Risma Siagian yang senantiasa memberikan dukungan doa agar penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Saudara-saudara tercinta Mei, Ling, Hui, Aliang, Erni dan Daniel yang setia mendukung dan memberi semangat dalam doa dan perhatian, serta memberikan dukungan penuh baik moril dan materil sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Bangga rasanya menjadi bagian dari keluargaku tercinta Sinaga Bersaudara AKA Sinbers. *Much love*.
7. *Partner* terkasih yang selalu mendukung dan memberi semangat dalam segala proses penyelesaian tugas akhir ini, terima kasih untuk selalu setia mengingatkan agar tetap fokus pada tujuan.
8. Sahabat terbaik ku Revira Tulung, Frederikus Leonardus, Annisa Satria Ananda, Dyera Dayani kalian adalah sahabat terbaik.

9. Semua teman-teman seperjuangan di Reguler Angkatan 2018 DIII Analis Kesehatan ITKes Wiyata Husada Samarinda, kalian adalah yang terbaik.

Penulis menyadari bahwa Karya Tulis Ilmiah ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu diharapkan masukan yang konstruktif demi kesempurnaannya. Akhir kata, Penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Karya Tulis Ilmiah ini membawa manfaat bagi pengembangan dalam ilmu Analis Kesehatan.



LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hakim Sinaga

NIM : 1820001903

Program Studi : DIII- Analis Kesehatan

Dengan ini menyetujui dan memberikan hal kepada ITKES Wiyata Husada Samarinda atas Karya Ilmiah saya yang berjudul:

“Literature Review: Gambaran Efektivitas Pemeriksaan Keracunan Merkuri Dengan Sampel Biologis”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, ITKES Wiyata Husada berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya dan tetap mencatumkan nama saya sebagai penulis dan pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Samarinda, 21 September 2021

Yang menyatakan



Hakim Sinaga

ABSTRAK

GAMBARAN EFEKTIVITAS PEMERIKSAAN KERACUNAN MERKURI DENGAN SAMPEL BIOLOGIS

Hakim Sinaga¹, Rifky Saldi A. Wahid², Siti Raudah³

Latar belakang: 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:** Untuk mengetahui gambaran efektivitas pemeriksaan keracunan merkuri dengan sampel biologis. **Metode:** Penelitian *literature review* dengan sumber *online database* dari mesin pencarian *Science direct, PubMed, Google Scholar* dalam kurun waktu 2015-2021, menggunakan kata kunci *merkuri, darah, urine, rambut*. Ada sebanyak 13 artikel yang di *review* dalam studi ini. **Hasil dan pembahasan:** 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, Urine, Rambut

¹ Mahasiswa Program Studi D-III Analis Kesehatan, ITKES Wiyata Husada Samarinda

² Dosen Program Studi D-III Analis Kesehatan, ITKES Wiyata Husada Samarinda

³ Dosen Program Studi D-III Analis Kesehatan, ITKES Wiyata Husada Samarinda

Description of the Effectiveness of Mercury Poisoning Examination Using Biological Samples

Hakim Sinaga¹, Risky Saldi A. Wahid², Siti Raudah³
Institute of Health Technology and Science Wiyata Husada Samarinda.
Kadrie Oening Street No. 77, Samarinda, East Kalimantan

Abstract



Background: 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 in 2015-2021, using mercury, blood, urine, hair. This study examined 13 articles. **Result and Discussion:** 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.

Keywords: Mercury, Blood, Urine, Hair

¹Student of Health Analyst D-III Study Program of Institute of Health Technology and Science Wiyata Husada Samarinda

²Lecturer of Health Analyst D-III Study Program of Institute of Health Technology and Science Wiyata Husada Samarinda

³Lecturer of Health Analyst D-III Study Program of Institute of Health Technology and Science Wiyata Husada Samarinda

LEMBAGA PENGEMBANGAN DAHASA INSTITUT TEKNOLOGI KESEHATAN & SAINS WYATA HUSADA SAMARINDA	
DATED	: 14/02/2022
COUNSELOR	: LPB Plus WHS
SIGN	: 

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SKEMA	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Logam Berat.....	5
B. Merkuri.....	7
C. Pemeriksaan Laboratorium Merkuri	14
D. Kerangka Teori.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
A. Desain Penelitian.....	19
B. Rancangan Strategis Pencarian Literature	19
C. Kriteria Literature Review	20
D. Tahapan Literature Review	21
E. Peta Literature.....	22

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
A. Hasil Kajian Literature Review	23
B. Pembahasan	34
C. Keterbatasan Penelitian	38
BAB V PENUTUP	40
A. Kesimpulan	40
B. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	45
RIWAYAT HIDUP	60



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pencarian Literature.....	19
Tabel 3.2 Langkah Pencarian Literature	20
Tabel 3.3 Kriteria Literature Review	20
Tabel 4.1 Karakteristik Umum Dalam Penyelesaian Studi.....	23
Tabel 4.2 Daftar Literature Yang Digunakan	24
Tabel 4.3 Hasil Jurnal Penelitian	25
Tabel 4.4 Kasus Keracunan Merkuri, Lama Paparan, dan Sampel Pemeriksaan	29
Tabel 4.5 Metode Pemeriksaan Laboratorium Keracunan Merkuri Pada Literature ..	33
Tabel 4.6 Rekapitulasi Metode Pemeriksaan Merkuri Pada Literature	34



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perilaku Logam Berat di Lingkungan	6
Gambar 2.2 Logam Berat Merkuri.....	8
Gambar 2.3 Siklus Merkuri	10
Gambar 2.4 Kelainan Saraf Akibat Efek Toksik Merkuri Minamata Disease.....	12



DAFTAR SKEMA

Skema 2.1 Alur Logam Berat Dari Sumber Pencemar Hingga Ke Tubuh Manusia...	7
Skema 2.2 Alur Kerangka Teori.....	18
Skema 3.1 Diagram Flow Literature Review.....	21
Skema 3.2 Peta Literature Review.....	22



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran <i>Abstract Literature Review</i>	45
Lampiran <i>Surat Pernyataan Kesiediaan Pembimbing</i>	58



DAFTAR SINGKATAN DAN ISTILAH

A. SINGKATAN:

1. **BPOM** : *Badan Pengawas Obat dan Makanan*
2. **EDTA** : *Ethylenediaminetetraacetic Acid*
3. **Hg** : *Merkuri*
4. **HgU** : *Merkuri Urine*
5. **MeHg** : *Metil Merkuri*
6. **PETI** : *Penambangan Emas Tanpa Izin*
7. **PPM** : *Part Per Million*
8. **THg** : *Total Merkuri*
9. **WHO** : *World Health Organization*

B. ISTILAH

1. **Absorpsi** : *Penyerapan*
2. **Akumulasi** : *Tambahan secara berkala atas suatu jumlah pokok*
3. **Amalgam** : *Kombinasi atau campuran dari beberapa logam*
4. **Asetaldehida** : *Etanal/senyawa anorganik dari kelompok aldehida*
5. **Bioakumulasi** : *Proses meningkatnya kadar logam dalam tubuh*
6. **Biomagnifikasi** : *Meningkatnya kandungan logam berat dalam jaringan*
7. **Biomolekul** : *Molekul dalam tubuh organisme yang berperan penting*
8. **Biotransfer** : *Perpindahan secara biologis dalam proses biologis*
9. **Eksresi** : *Proses produk sisa metabolisme keluar dari tubuh*
10. **Exposure** : *Paparan/Pajanan*
11. **Frekuensi** : *Satu satuan waktu*
12. **Hepatotoksin** : *Keracunan pada hati*
13. **Homogenisasi** : *Proses pencampuran*
14. **Imunotoksin** : *Kerusakan pada sistem imun*
15. **Indikasi** : *Tanda-tanda yang menarik perhatian*
16. **Irreversible** : *Tidak dapat kembali setelah prosesnya berlangsung*
17. **Kardiovaskular** : *Jantung dan pembuluh darah*
18. **Karsinogenik** : *Zat yang menyebabkan pertumbuhan sel kanker*
19. **Katalisator** : *Proses reaksi kimia*
20. **Katalitik** : *Agen kimiawi yang mengubah laju reaksi*

- 21. Melanin** : Pigmen pemberi warna, contoh pada kulit
- 22. Metabolisme** : Proses tubuh untuk menyerap, mencerna, mensekresi
- 23. Nefrotoksin** : Kerusakan fungsi ginjal akibat keracunan
- 24. Neurotoksik** : Kerusakan sel saraf akibat keracunan
organisme berdasarkan rantai makanan
organisme, karena tidak mampu mendegradasi
- 25. Persisten** : Tetap
- 26. Quality Control** : Proses pengembangan dalam memenuhi kepuasan
- 27. Responden** : Individu/Kolektif yang dimintai keterangan
- 28. Tailing** : Bahan sisa atau limbah murni
- 29. Teratogenic** : Perkembangan tidak normal sel selama kehamilan
- 30. Toksik** : Racun
- 31. Toksikan** : Zat penghasil efek negatif
- 32. Toksisitas** : Tingkat merusak suatu zat



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kesehatan yang dimiliki manusia merupakan hak dasar untuk menentukan kualitas sumber daya manusia. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kesehatan manusia adalah adanya pencemaran lingkungan akibat dari penggunaan bahan-bahan kimia beracun dan berbahaya. Terdapat dua faktor yang dapat mempengaruhi kualitas lingkungan, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam dapat disebabkan oleh kejadian alami bumi yang mempengaruhi keseimbangan lingkungan hidup, sedangkan faktor manusia yang mempengaruhi kualitas lingkungan berhubungan dengan perilaku manusia yang cenderung merusak tatanan keseimbangan ekologis alam yang menyebabkan terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup. (Suyono, 2012)

Sejarah pencemaran lingkungan hidup akibat zat berbahaya dan beracun telah terjadi sejak tahun 1951 di Jepang dengan meningkatnya produksi Asetaldehida lebih dari 50% total *output*. Bahan kimia yang diperlukan untuk menghasilkan asetaldehida menggunakan merkuri yang termasuk bahan toksik berbahaya dan sering digunakan sebagai *katalisator* dan dari proses *katalitik* tersebut menghasilkan senyawa merkuri organik, yaitu bahan beracun metilmerkuri (Suyono, 2012). Hasil sisa industri diperkirakan sebagai penghasil merkuri terbanyak dengan jumlahnya yang dapat mencapai 10.000 ton/tahun. Merkuri banyak digunakan dalam pengolahan bahan-bahan kimia, proses pembuatan obat dan juga sebagai bahan dasar dalam pembuatan insektisida untuk pertanian, pembuatan cat kertas dan untuk kegiatan pertambangan. (Hadi, 2013)

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. Dampak dari terpajan merkuri secara langsung dapat menimbulkan kerusakan pada sel-sel jaringan manusia 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). Menurut *World Health Organization (WHO)*, merkuri merupakan salah satu kelompok bahan kimia yang menjadi perhatian utama kesehatan masyarakat. Pajanan merkuri, bahkan dalam jumlah kecil dapat menyebabkan masalah kesehatan yang serius (*WHO, 2017*). Merkuri memiliki efek toksik pada sistem saraf, ginjal, dan sistem kardiovaskular. Sistem lain yang terkena

dampak termasuk sistem pernapasan, pencernaan, kekebalan tubuh, dan sistem reproduksi. (Haq & Achmadi, 2018)

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)

Keracunan merkuri pernah terjadi seperti "*Minamata Disease*" di Kota Minamata, Jepang pada tahun 1958. Limbah merkuri dibuang secara terus menerus sehingga menyebar dengan cepat dan diserap oleh sebagian besar biota di pantai Minamata dan mengakibatkan 1000 orang meninggal dunia (Suyono, 2012). Pada tahun 1971, di Irak terdapat lebih dari 6.500 orang dirawat karena keracunan merkuri dan sebanyak 450 orang meninggal dunia. (Reza et al., 2016)

Kasus keracunan merkuri di Indonesia terjadi sejak tahun 1996, di Perairan Teluk Buyat, Provinsi Sulawesi Utara yang dijadikan sebagai tempat pembuangan tailing kegiatan pertambangan dan mengakibatkan gangguan kesehatan pada masyarakat yang mengkonsumsi biota yang tercemar. Kasus keracunan merkuri juga terjadi di Kalimantan Tengah akibat aktivitas Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) yang mencemari sungai Rungan sehingga kadar merkuri pada ikan mencapai 0,257 µg/l dan 0,676 µg/l di sungai Kahayan mencapai 0,676 µg/l dengan ambang batas seharusnya sebesar 0,5 µg/l. (Setiyono & Djaidah, 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. (Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020)

Toksisitas 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 urine 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.

B. Rumusan Masalah

Bagaimana gambaran efektivitas pemeriksaan keracunan merkuri dengan sampel biologis?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui bagaimana gambaran efektivitas pemeriksaan keracunan merkuri dengan sampel biologis.

2. Tujuan Khusus

- a. Untuk mengetahui sampel biologis yang dapat digunakan dalam pemeriksaan keracunan merkuri.
- b. Untuk mengetahui sampel biologis yang dapat digunakan dalam pemeriksaan keracunan merkuri berdasarkan jangka waktu pajanan.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

- a. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pengetahuan mengenai gambaran efektivitas pemeriksaan keracunan merkuri dengan sampel biologis.
- b. Menambah kepustakaan bagi pendidikan mengenai pemeriksaan merkuri dengan sampel biologis.

2. Manfaat Praktis

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pengetahuan mengenai standar pemeriksaan merkuri dengan sampel biologis yang tepat.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Logam Berat

1. Pengertian Logam Berat

Logam berat merupakan komponen alami yang terdapat di kulit bumi yang tidak dapat didegradasi ataupun dihancurkan dan merupakan zat yang berbahaya karena dapat terjadi bioakumulasi. Bioakumulasi adalah peningkatan konsentrasi zat kimia dalam tubuh makhluk hidup dalam waktu yang cukup lama, dibandingkan dengan konsentrasi zat kimia yang terdapat di alam. Logam berat didefinisikan sebagai senyawa logam yang mempunyai densitas lima kali lebih tinggi dibandingkan dengan air. Logam berat memiliki toksisitas atau bersifat racun yang dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya dosis, rute paparan, umur, jenis kelamin, keturunan atau *genetic* dan status gizi seseorang. (Tchounwou et al., 2012)

Logam berat mempunyai berat jenis 5,0 atau lebih, pada Sistem Periodik Bahan Kimia nomor atom logam berat berada antara 21 (Scandium) dan 92 (Uranium). Menurut Vouk (1986) ada sebanyak 80 jenis dari 109 unsur kimia di muka bumi ini yang telah teridentifikasi sebagai logam berat. (Badan POM, 2010)

Berdasarkan sudut pandang Toksikologi, logam berat dapat dibedakan menjadi 2 (Badan POM, 2010), yaitu:

a. Logam Berat Esensial

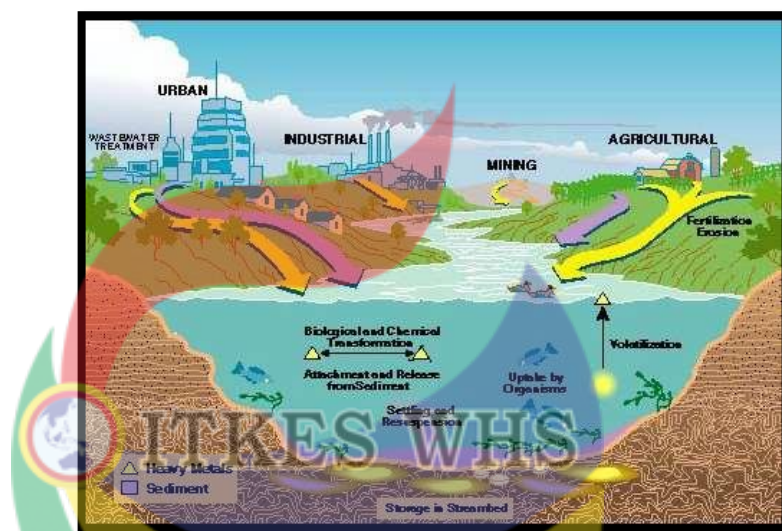
Logam berat termasuk unsur penting yang diperlukan. Dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan untuk menjaga metabolisme tubuh manusia, namun dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh dari logam berat esensial adalah zink (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), kobalt (Co), mangan (Mn) dan selenium (Se).

b. Logam Berat Non Esensial

Merupakan logam berat yang beracun (*toxic metal*) yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya dan bahkan sangat berbahaya hingga dapat menyebabkan keracunan (toksik) pada manusia. Contoh dari logam berat non esensial adalah merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), timah (Sn), kromium (Cr) (VI) dan arsenik (As). Logam berat ini dapat menimbulkan efek yang merugikan kesehatan manusia sehingga sering disebut sebagai logam beracun.

Menurut Sutamihardja, sifat logam berat yang dapat membahayakan lingkungan dan manusia adalah (Sutamiharja, 2006):

- Logam berat yang sulit didegradasi, sehingga akan terakumulasi pada lingkungan hidup.
- Logam berat yang dapat terakumulasi dalam tubuh organisme sehingga konsentrasinya dapat meningkat atau dapat mengalami *bioakumulasi* dan *biomagnifikasi*.
- Logam berat yang mudah terakumulasi pada sedimen.



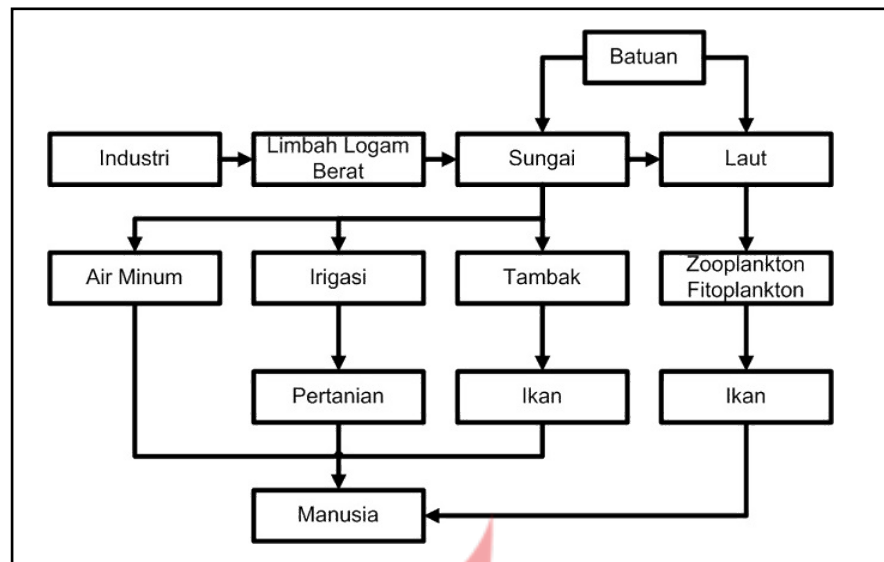
Gambar 2.1 Perilaku Logam Berat di Lingkungan
(Sumber: Adhani & Husaini, 2017)

2. Toksisitas Logam Berat

Logam berat adalah bahan pencemar yang tidak dapat didegradasi atau dihancurkan, sehingga akan terakumulasi di alam dan didalam tubuh organisme. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi toksisitas setiap jenis logam berat, antara lain: bentuk senyawa, daya kelarutan logam berat didalam cairan, ukuran partikel dan beberapa sifat kimia dan fisika lainnya. (Adhani & Husaini, 2017)

Sutamihardja menyatakan bahwa mekanisme toksisitas logam berat didalam tubuh organisme dapat dikelompokkan menjadi 3 (Sutamiharja, 2006) yaitu:

- Logam berat memblokir atau menghalangi kerja gugus biomolekul esensial dalam proses-proses metabolisme.
- Logam berat menggantikan ion-ion logam esensial pada molekul terkait.
- Logam berat melakukan modifikasi atau perubahan bentuk (*konformasi*) dari gugus aktif yang dimiliki biomolekul.



Skema 2.1 Alur Logam Berat dari sumber pencemar hingga ke tubuh manusia (Sumber: BPOM RI, 2010)

B. Merkuri

1. Definisi Merkuri

Merkuri atau air raksa termasuk dalam salah satu Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang merupakan logam berat satu-satunya yang berbentuk cair pada suhu ruang, memiliki warna putih abu-abu atau keperakan, tidak berbau serta mudah menguap pada suhu normal dimana biasanya berbentuk senyawa organik dan anorganik yang bersifat persisten, bioakumulasi, dan berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Dampak kesehatan yang ditimbulkan pada manusia meliputi gangguan perkembangan janin, gangguan pada sistem saraf, sistem pencernaan, kekebalan tubuh, kulit, mata, ginjal, hingga paru-paru. (Pinontoan et al., 2018)

Merkuri dianggap sebagai logam berat paling beracun di lingkungan. Merkuri dilepaskan ke lingkungan oleh berbagai kegiatan industri diantaranya pada penggunaan pada bidang kesehatan dan farmasi, pertambangan, pertanian, dan bidang kecantikan. Namun penggunaan merkuri yang masih sering ditemukan yaitu pada bidang pertambangan emas. (Morais et al., 2012). Merkuri dapat melarutkan bermacam-macam logam untuk membentuk alloy yang juga disebut sebagai amalgam. (Palar, 2008)

Menurut Palar, secara umum logam merkuri memiliki sifat-sifat sebagai berikut (Palar, 2008) :

- a. Logam merkuri memiliki wujud cair pada suhu ruang 25°C , dengan titik beku yang paling rendah sampai pada -39°C . Logam merkuri pada temperature 396°C telah terjadi pemuaiian secara menyeluruh.
- b. Logam merkuri merupakan logam yang paling mudah menguap jika dibandingkan dengan logam-logam yang lainnya.
- c. Logam merkuri memiliki tahanan listrik yang sangat rendah, sehingga sangat baik apabila digunakan untuk menghantarkan daya listrik.
- d. Logam merkuri dapat melarutkan bermacam-macam logam dan membentuk alloy, atau yang biasa lebih dikenal dengan amalgam.
- e. Logam merkuri merupakan unsur yang sangat beracun bagi semua makhluk hidup.



Gambar 2.2 Logam Berat Merkuri (Sumber: Yuli Kristianingsih, 2018)

2. Jenis Merkuri

Logam merkuri terdiri dari 3 jenis, yaitu merkuri elemental, merkuri inorganik, dan merkuri organik (Wiguna, 2016) dengan penjabaran sebagai berikut:

- a. Merkuri elemental merupakan jenis merkuri berwujud cairan dengan warna abu-abu dan tidak berbau, memiliki berat molekul sekitar $200,59 \text{ g/mol}$, selain itu logam merkuri elemental memiliki titik lebur yaitu $-38,87^{\circ}\text{C}$ serta titik didih $356,72^{\circ}\text{C}$. Merkuri elemental merupakan jenis yang paling mudah menguap. Penggunaan merkuri elemental biasanya terdapat pada amalgam, penambangan emas dengan skala kecil, dan penggunaan thermometer air raksa. Jalur pajanan merkuri elemental lebih sering terjadi melalui inhalasi terutama melalui paru-paru. Pada manusia, sekitar 70% - 85% diabsorpsi

melalui rute ini, kurang dari 3% diabsorpsi melalui kulit. Paparan terhadap merkuri elemental dapat memberikan berbagai dampak pada kesehatan diantaranya gangguan pada paru, mata, gigi, dan kulit. Toksisitas sekunder dari merkuri elemental dapat menyebabkan gangguan pada susunan syaraf tepi dan gangguan pada ginjal.

- b. Merkuri inorganik terbagi menjadi 2 yaitu *mercurous Hg⁺ (mercury chloride/Hg₂Cl₂)* dan *mercuric Hg⁺⁺ (mercuri chloride/HgCl₂)*. Merkuri inorganik merupakan jenis merkuri dengan berat molekul 271,52 berwujud kristal putih atau bubuk, dan memiliki sifat larut dalam air dan alkohol. Merkuri inorganik biasanya digunakan dalam obat pengawet dan kosmetik. Jalur paparan merkuri inorganik biasanya dapat melalui sistem saluran cerna (dimasukkan per oral), inhalasi dan melalui kulit. Paparan terhadap merkuri inorganik dapat memberikan dampak buruk bagi kesehatan diantaranya gangguan pada organ ginjal dan saluran pencernaan.
- c. Merkuri organik terbagi menjadi 3 yaitu metil merkuri, etil merkuri, dan phenyl merkuri. Merkuri organik merupakan jenis merkuri yang dapat diabsorpsi lebih lengkap melalui saluran cerna karena bersifat mudah larut dalam lemak. Merkuri jenis ini sangat toksik, paparan terhadap merkuri organik dapat menyebabkan berbagai dampak kesehatan terutama pada kardiovaskular, sistem saraf, kulit, mata, dan paru-paru serta dapat menimbulkan karsinogenik pada ginjal.

3. Siklus Merkuri di Lingkungan

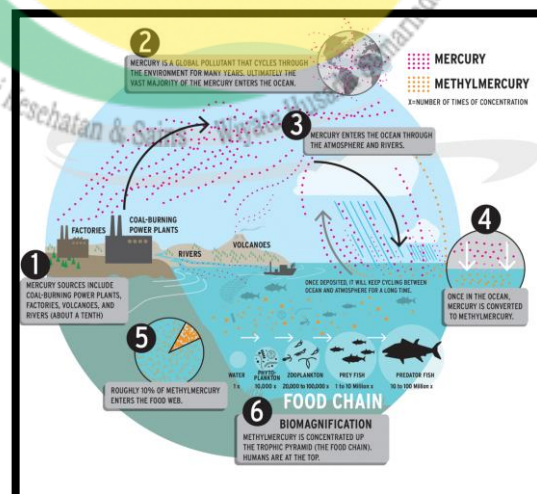
Logam Merkuri (Hg) merupakan logam berat yang sangat berbahaya, hal ini dikarenakan merkuri dapat melewati proses akumulasi secara biologi (*bioakumulasi*), proses perpindahan secara biologi (*biotransfer*), dan pembesaran secara biologi (*biomagnifikasi*). Secara alami, uap merkuri merupakan sebuah gas stabil yang menguap baik dari tanah, udara dan juga dikeluarkan oleh gunung berapi. Seiring dengan perkembangan zaman, kadar merkuri yang tersebar di alam meningkat di akibatkan dengan aktivitas industri yang dilakukan manusia. (Wiguna, 2016)

Setelah melalui berbagai siklus, uap merkuri kemudian diubah menjadi bentuk yang dapat larut (Hg²⁺) dan kembali ke bumi melalui air hujan. Siklus ini terjadi secara berulang dan bersirkulasi dalam jangka waktu yang lama. Dalam siklus yang terjadi merkuri dapat menempel ke endapan di air, lalu terjadi perubahan bentuk menjadi metilmerkuri (MeHg) oleh aktivitas bakteri lalu masuk ke rantai makanan

di perairan. Organisme laut mengakumulasi MeHg dalam konsentrasi tinggi dan selanjutnya terjadi keracunan pada manusia yang mengkonsumsinya. (Wiguna, 2016)

Menurut *World Health Organization (WHO)*, merkuri merupakan salah satu kelompok bahan kimia yang menjadi perhatian utama kesehatan masyarakat. Paparan merkuri, bahkan dalam jumlah kecil dapat menyebabkan masalah kesehatan yang serius (*WHO, 2017*). Penggunaan merkuri pada bidang industri sangat beragam diantaranya penggunaan untuk bidang kesehatan yaitu thermometer air raksa dan bahan penambal gigi (*amalgam*), penggunaan merkuri untuk krim pemutih wajah dalam bidang kecantikan, dan dalam bidang penambangan emas, yang berguna sebagai bahan pengikat emas dan perak (pemurnian) agar dapat dipisahkan dari mineral pengotor lainnya (Reza et al., 2016).

Pada kegiatan penambang emas tradisional yang menggunakan merkuri, endapan Hg ini disaring menggunakan kain untuk mendapatkan sisa emas. Air sisa penambangan yang mengandung Hg dibiarkan mengalir ke sungai dan dijadikan irigasi untuk lahan pertanian dan proses pertambakan untuk ikan sehingga merkuri dapat terakumulasi di lingkungan dan dapat meracuni hewan, tumbuhan, dan rantai makanan pada manusia. Air sungai yang telah tercemar merkuri juga mungkin akan diolah kembali untuk dijadikan sumber air minum oleh beberapa kelompok masyarakat tertentu, sehingga berpotensi menyebabkan toksisitas merkuri terhadap sistem saraf pusat. (Reza et al., 2016)



Gambar 2.3 Siklus merkuri (Sumber: Elsie Sunderland, Harvard Magazine, 2018)

4. Toksisitas Merkuri

Keracunan yang ditimbulkan oleh merkuri lebih sering disebabkan oleh kebiasaan mengonsumsi makanan yang berasal laut atau sungai seperti ikan dan kerang, meskipun terdapat berbagai faktor lainnya yang merupakan sumber pencetus keracunan merkuri seperti paparan terhadap merkuri baik secara langsung ataupun tidak langsung. (Setiyono & Djaidah, 2012)

Kontaminasi logam merkuri terhadap biota laut didasari dengan adanya limbah industri mengandung merkuri yang dibuang ke perairan teluk (lautan), dan terjadi proses *biomagnifikasi* yang menyebabkan konsentrasi merkuri yang masuk akan semakin meningkat seiring dengan buangan limbah pabrik yang dilakukan tanpa pengawasan. (Reza et al., 2016)

Merkuri yang masuk ke dalam sistem perairan kemudian melewati proses *biotransformasi* dan mengalami perubahan menjadi senyawa yang lebih berbahaya dan toksik yaitu metil merkuri. Metil merkuri kemudian mencemari rantai makanan, dan masuk ke dalam tubuh biota perairan dan kemudian dikonsumsi oleh manusia. (Palar, 2008)

Menurut Palar, terdapat beberapa hal penting yang dapat dijadikan patokan terhadap efek ditimbulkan oleh merkuri pada tubuh (Palar, 2008), yaitu sebagai berikut :

- a. Dalam jumlah tertentu, semua senyawa merkuri merupakan racun bagi tubuh.
- b. Perbedaan jenis dan karakteristik merkuri memiliki pengaruh besar dalam daya toksisitas yang dimilikinya serta tergantung pada penyebaran, akumulasi, dan waktu retensi di dalam tubuh.
- c. *Biotransformasi* yang terjadi secara alami dilingkungan yang dapat menyebabkan perubahan bentuk merkuri sehingga tercipta senyawa merkuri tipe baru yang memiliki toksisitas lebih tinggi bagi manusia.
- d. Dampak dan pengaruh yang ditimbulkan oleh merkuri dalam tubuh adalah menghalangi kerja enzim dan merusak selaput dinding sel.
- e. Dampak dan kerusakan yang ditimbulkan oleh merkuri terhadap tubuh umumnya bersifat permanen dan belum ditemukan cara efektif untuk memperbaiki kerusakan fungsi tersebut.



Gambar 2.4 Kelainan saraf akibat efek toksik merkuri pada kasus Minamata Disease (Sumber: Chemical Brain Drain Article, 2013)

Klasifikasi toksisitas terhadap kandungan merkuri dalam tubuh dapat digolongkan menjadi 3 (Adhani & Husaini, 2017), yaitu:

- a. Berdasar durasi waktu timbulnya efek Toksisitas dikelompokkan menjadi: *toksisitas akut* merupakan efek toksisitas yang sifatnya mendadak dan terjadi dalam waktu singkat, biasanya disebabkan oleh pajanan dengan konsentrasi tinggi, efeknya *reversible* namun dalam kondisi tertentu dapat bersifat permanen. *Toksisitas kronis*, merupakan keracunan yang terjadi secara perlahan-lahan dan berlangsung dalam durasi lama, konstan serta terus menerus, efeknya permanen atau *irreversible*.
- b. Berdasar tempat bahan kimia (toksikan) tersebut berefek: yaitu toksikan lokal (efek yang terjadi pada tempat aplikasi atau *exposure* antara toksikan dan sistem biologis) dan toksisitas sistemik (toksikan diabsorpsi ke dalam tubuh dan didistribusikan melalui aliran darah dan mencapai organ di mana akan terjadi efek).
- c. Berdasar respon yang terjadi dan organ dimana bahan kimia tersebut mempunyai efek toksisitas dibedakan: *hepatotoksin*, *nefrotoksin*, *neurotoksin*, *imunotoksin*, *teratogenik* *karsinogenik* serta alergen atau bahan kimia dan fisika yang bisa merangsang timbulnya reaksi alergi.

5. Rute Toksisitas Merkuri

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan seseorang untuk terpajan merkuri sangat bervariasi, karena masih banyaknya aktivitas yang menggunakan merkuri baik dalam bidang pertambangan, bidang kesehatan, kecantikan dan bidang industri lainnya. Faktor pendukung lainnya adalah merkuri secara alami dapat berasal dari alam diantaranya akibat letusan gunung berapi atau bebatuan yang mengandung merkuri, dan mengalami siklus berulang di alam sehingga keberadaan merkuri sangat dekat dengan manusia. Menurut Ekawanti dan Priyambodo (Ekawanti & Priyambodo, 2020), terdapat tiga rute masuknya merkuri ke dalam tubuh:

a. Ingesti (Tertelan)

Ingesti merupakan proses masuknya makanan dan cairan ke dalam tubuh melalui mulut. Keracunan merkuri dengan rute ingesti dapat terjadi secara tidak disengaja melalui berbagai aktivitas yang memiliki resiko langsung terpajan merkuri, salah satunya aktivitas pertambangan. Resiko dari pajanan merkuri melalui ingesti juga dapat ditemukan pada saat seseorang mengkonsumsi makanan yang mengandung merkuri misalnya ikan dan kerang yang tercemar dan mengakumulasi merkuri dalam tubuhnya.

b. Inhalasi (Pernapasan)

Inhalasi merupakan proses masuknya udara, uap ataupun gas ke dalam paru-paru melalui hidung (sistem pernapasan). Merkuri dapat masuk ke dalam tubuh melalui rute inhalasi karena sifatnya yang mudah menguap. Merkuri yang paling banyak menyebabkan keracunan melalui rute ini adalah gas merkuri elemental yang mudah menguap pada suhu ruang.

c. Kulit

Proses toksisitas merkuri melalui rute kulit dapat disebabkan oleh kontak secara langsung dengan merkuri yang kemudian akan diserap melalui kulit. Resiko dari pajanan melalui kulit adalah dalam aktivitas pertambangan tradisional, terkena tumpahan merkuri, dan pemakaian kosmetik yang mengandung merkuri.

6. Faktor Yang Mempengaruhi Toksisitas

Menurut Frank, terdapat 5 faktor yang mempengaruhi toksisitas logam berat (Lu, 2010), yaitu:

- a. Tingkat dan lamanya pajanan, efek toksik berkaitan erat dengan tingkat dan lamanya pajanan. Umumnya semakin tinggi dan semakin lama waktu pajanan maka efek toksik yang ditimbulkan akan semakin besar.
- b. Bentuk kimia, contoh yang paling nyata adalah pada merkuri. Senyawa anorganik dari merkuri sangat toksik bagi ginjal, sedangkan senyawa metil merkuri dan etil merkuri lebih toksik bagi susunan saraf.
- c. Kompleks protein dan logam menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi toksisitas karena sebagai suatu mekanisme protektif, berbagai kompleks protein-logam di bentuk dalam tubuh.
- d. Faktor pejamu, berhubungan dengan tingkat kepekaan dan kemampuan tingkat penyerapan, contohnya terjadi perbedaan tingkat penyerapan dan kepekaan pada anak-anak dan dewasa.
- e. Dosis, semakin besar dosis yang masuk ke dalam tubuh semakin cepat terdeposisi di dalam organ-organ.

C. Pemeriksaan Laboratorium Merkuri

1. Pemeriksaan Kadar Merkuri Dengan Sampel Darah

Salah satu pemeriksaan kandungan merkuri dalam tubuh manusia dapat dilakukan dengan menggunakan sampel biologis berupa darah, dengan menggunakan ICP (*inductively coupled plasma*). (Marisa, 2018)

Prosedur kerja dalam pemeriksaan ini dimulai dengan persiapan sampel darah sebanyak 10 ml yang diambil dari vena lengan, dengan menggunakan tabung vacum tutup ungu yang telah mengandung antikoagulan EDTA. Sampel darah tersebut kemudian di centrifuge untuk mendapatkan plasma selama 10 menit dengan kecepatan 3600 rpm. Syarat sampel darah yang akan digunakan pada pemeriksaan kandungan merkuri pada darah adalah sampel sebaiknya merupakan sampel segar atau baru dikumpulkan, tidak lisis, volume cukup dan pasien yakin telah terpapar merkuri dalam jangka waktu yang belum lama. Perlakukan sampel yang tidak secara langsung diperiksa dapat disimpan dalam suhu 4°C dan bisa bertahan dalam waktu sampai 3 minggu. Penyimpanan lebih lama memerlukan freezer dengan suhu -18°C sampai -20°C. (Marisa, 2018)

Pemeriksaan sampel dilakukan secara uji kuantitatif. Spesimen darah di destruksi basah dengan cara mengambil specimen darah sebanyak 5 ml, kemudian ditambahkan sebanyak 5 ml asam nitrat. Panaskan menggunakan *hotplate* dengan suhu 90-120°C sampai uap kuning menghilang, kurang lebih selama 3 jam.

Kemudian tambahkan peroksida sebanyak 3 ml, lalu panaskan kembali selama 15 menit hingga didapatkan larutan kuning jernih. Setelah selesai dinginkan, kemudian saring dan sesuaikan volumenya hingga 10 ml. Kemudian lakukan pengukuran absorbansinya pada ICP dengan panjang gelombang 253,7 nm. Olah data dilakukan dengan menggunakan uji-t. (Marisa, 2018)

2. Pemeriksaan Kadar Merkuri Dengan Sampel Urine

Salah satu pemeriksaan kandungan merkuri dalam tubuh manusia dapat dilakukan dengan menggunakan sampel biologis berupa urine, dengan metode analisa uji kualitatif. (Devitria & Sepriyani, 2019)

Prosedur kerja pada pemeriksaan merkuri dengan menggunakan sampel urine ini dimulai dengan perlakuan sampel, blanko, dan pembanding yang dimasukkan ke dalam labu erlemeyer sebanyak 5 ml. Kemudian ditambahkan sebanyak 10 ml campuran HCl 25% dan HNO₃ pekat yang kemudian dipanaskan selama 30 menit menggunakan Bunsen. Selain menggunakan Bunsen, pemanasan dapat dilakukan dengan menggunakan *waterbath* 45 menit sampai urine jernih. Pada sisa penguapan, tambahkan 10 ml akuades lalu lakukan pemanasan hingga mendidih sebentar, kemudian dinginkan dan saring, lalu lakukan uji identifikasi. (Devitria & Sepriyani, 2019)

Untuk melakukan uji identifikasi merkuri (Hg), ambil masing-masing 1 ml dari pembanding, blanko, sampel, dan kontrol kemudian masukkan ke dalam masing-masing tabung reaksi yang telah diberi label. Tambahkan 1 tetes larutan kalium iodida 0,5 N secara perlahan-lahan melalui dinding tabung. Apabila hasil positif (+) maka akan terbentuk endapan berwarna merah jingga. (Devitria & Sepriyani, 2019)

Tahap ke dua, Amplas kawat tembaga hingga mengkilap, kemudian celupkan kawat ke dalam masing-masing larutan uji pembanding, blanko, dan sampel selama beberapa saat. Apabila hasil positif (+) maka akan terbentuk lapisan berwarna abu-abu mengkilap pada kawat tembaga. Warna tersebut akan lebih jelas terlihat jika kawat tembaga tersebut dipanaskan pada nyala api Bunsen. (Devitria & Sepriyani, 2019)

Tahap ke tiga, ambil masing-masing 1 tetes dari larutan uji pembanding, blanko, dan sampel. Beri label pada plat tetes, dan masukan larutan tersebut dan ditambahkan dengan 1 tetes larutan campuran Natrium Sulfat-Kalium Iodida dan 1 tetes larutan tembaga (II) sulfat, kemudian homogenkan larutan. Apabila hasil

positif (+) maka akan terbentuk warna merah atau jingga sesuai dari kadar merkuri. (Devitria & Sepriyani, 2019)

3. Pemeriksaan Kadar Merkuri Dengan Sampel Rambut

Pemeriksaan merkuri total pada sampel biologis termasuk rambut dapat dilakukan dengan metode *Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry* (ICP-MS) karena sensitivitas tinggi, dan limit deteksi rendah, kemungkinan untuk kekurangan sampel atau *specimen* pada saat proses digesti lebih rendah. Prinsip utama dari metode ICP-MS adalah mendapatkan unsur-unsur yang memancarkan karakteristik cahaya yang dapat diukur. (Gaza et al., 2017)

Persiapan yang perlu dilakukan dalam pemeriksaan ini yaitu kelengkapan peralatan gelas, oven, botol penyimpanan ukuran 10 dan 50 ml, botol cuci, pipet serologis 2 ml dan bola hisap. Lalu pemeriksaan dilakukan dengan alat ICP-MS dan dengan menggunakan sampel rambut 3-5 ml untuk setiap langkah. Sampel ditimbang menggunakan timbangan analitik. Reagen yang digunakan adalah asam nitrat 65% densitas 1.512 g/mL, hydrogen peroksida H_2O_2 30%. (Gaza et al., 2017)

Analisis dilakukan pada sampel rambut yang tidak dilakukan proses pelurusan ataupun pengeritingan rambut sebelumnya. Pengambilan sampel dilakukan dengan berat sampel yaitu 0,5 g dan panjangnya 0,3 sampai 0,5 cm. Setelah itu perlakuan sampel yaitu dicuci dengan larutan aseton sebanyak dua kali, dilanjutkan dengan pembilasan menggunakan aquadest. Setelah itu, sampel tersebut dimasukkan ke dalam oven sekitar 24 jam pada suhu $70^\circ C$ agar sampel rambut menjadi kering dan bersih. (Gaza et al., 2017)

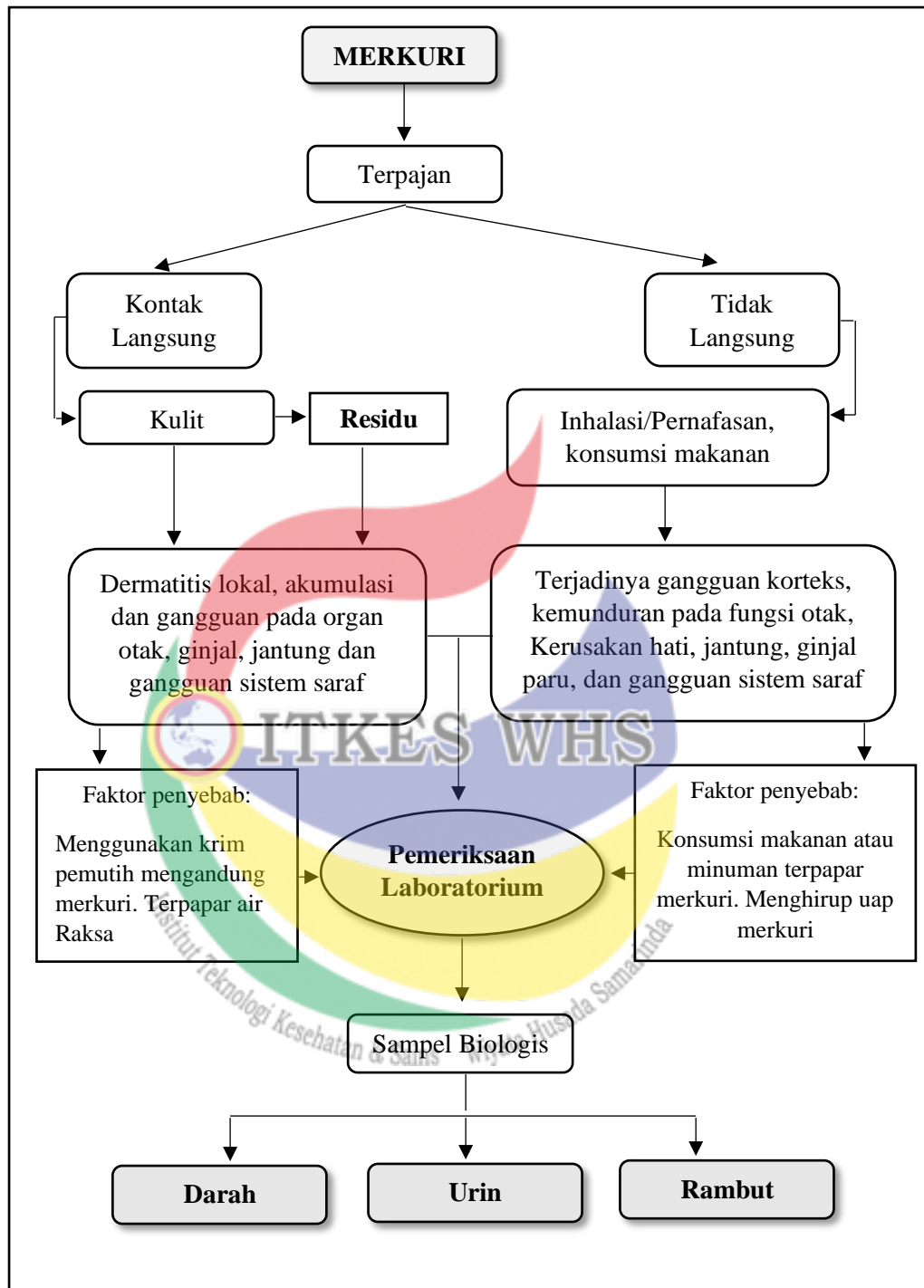
Pada langkah berikutnya, 0,2 g sampel rambut diambil dan dimasukan ke dalam tabung centrifuge polypropylene ukuran 50 ml, kemudian ditambahkan dengan 4 ml asam nitrat pekat 65% (HNO_3) dan ditambahkan sebanyak 2 ml hydrogen peroksida H_2O_2 pekat konsentrasi 30%, lalu dicampur dengan perbandingan 2:1. Kemudian sampel rambut dimasukkan ke dalam microwave dengan suhu $110^\circ C$ selama 15 menit. Setelah dilakukan proses pemanasan dengan microwave, diperlukan waktu selama 30 menit dan tunggu sampel sampai dingin. Apabila sampel telah dingin, lalu diletakkan ke dalam kulkas laboratorium. (Gaza et al., 2017)

Setelah proses digesti sampel 50 ml dilakukan, sampel yang terdapat pada tabung centrifuge polypropylene kemudian dipindahkan ke dalam tabung 15 ml sebanyak 5 ml, dan ditambahkan dengan 10 ml asam nitrat sampai volumenya mencapai 15 ml. Lalu ukur kadar merkuri yang terkandung pada sampel dengan

menggunakan alat ICP-MS. Pemeriksaan absorbansi dilakukan secara otomatis pada alat sehingga hasil akan ditampilkan pada alat setelah pemeriksaan selesai, lalu baca dan amati hasil yang muncul. (Gaza et al., 2017)



D. Kerangka Teori



Skema 2.2 Alur Kerangka Teori

BAB III METODE PENELITIAN

A. Desain 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 sekunder yang didapat berupa jurnal bereputasi baik nasional maupun internasional, yang kemudian di evaluasi secara kritis dengan menyajikan temuan dari berbagai literature penelitian pada pernyataan penelitian atau topik menarik. (Nursalam, 2020)

B. Rancangan Strategis Pencarian Literature Review

Penelusuran artikel pada *literature review* ini dilakukan pada tabel 3.1, menggunakan *database* atau *search engine* *Google Book*, *Science Direct*, *PubMed*, dan *Google Scholar* dengan kata kunci yang telah ditetapkan, yaitu: *merkuri*, *darah*, *urine*, *rambut* untuk laman database berbahasa Indonesia. *Mercury*, *blood*, *urine*, *hair* untuk laman database berbahasa Inggris. Pencarian Jurnal atau artikel menggunakan *keyword* dan *Boolean operator* (*AND*, *OR* dan *NOT*) yang digunakan untuk memperluas atau menspesifikkan pencarian sehingga mempermudah dalam penentuan artikel atau jurnal yang digunakan. Kata kunci dalam *Literature Review* disesuaikan dengan *Medical Subject Heading* (MeSH). (Nursalam, 2020)

Literatur yang didapatkan dalam penelusuran ini berasal dari Indonesia (nasional) dan luar negeri (internasional) dan menggunakan Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Temuan jurnal yang digunakan dalam penelitian *literature review* ini adalah dalam kurun waktu 6 tahun terakhir (2015-2021), Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Pencarian Literature

Database Penelitian	Alamat Web
<i>Google book</i>	https://books.google.com
<i>Science Direct</i>	https://sciencedirect.com
<i>PubMed</i>	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov
<i>Google Scholar</i>	https://scholar.google.com

Tabel 3.2 Langkah Pencarian Literature

Langkah mencari artikel pada <i>database</i> atau <i>search engine</i>	
Laman Berbahasa Indonesia	Laman Berbahasa Inggris
1. Masuk ke alamat web terkait	Masuk ke alamat web terkait
2. Masukkan kata kunci <i>merkuri AND darah AND urine AND rambut</i>	Masukkan kata kunci <i>mercury AND blood AND urine AND hair</i>
3. Kemudian pilih cari atau <i>search</i>	Kemudian pilih cari atau <i>search</i>

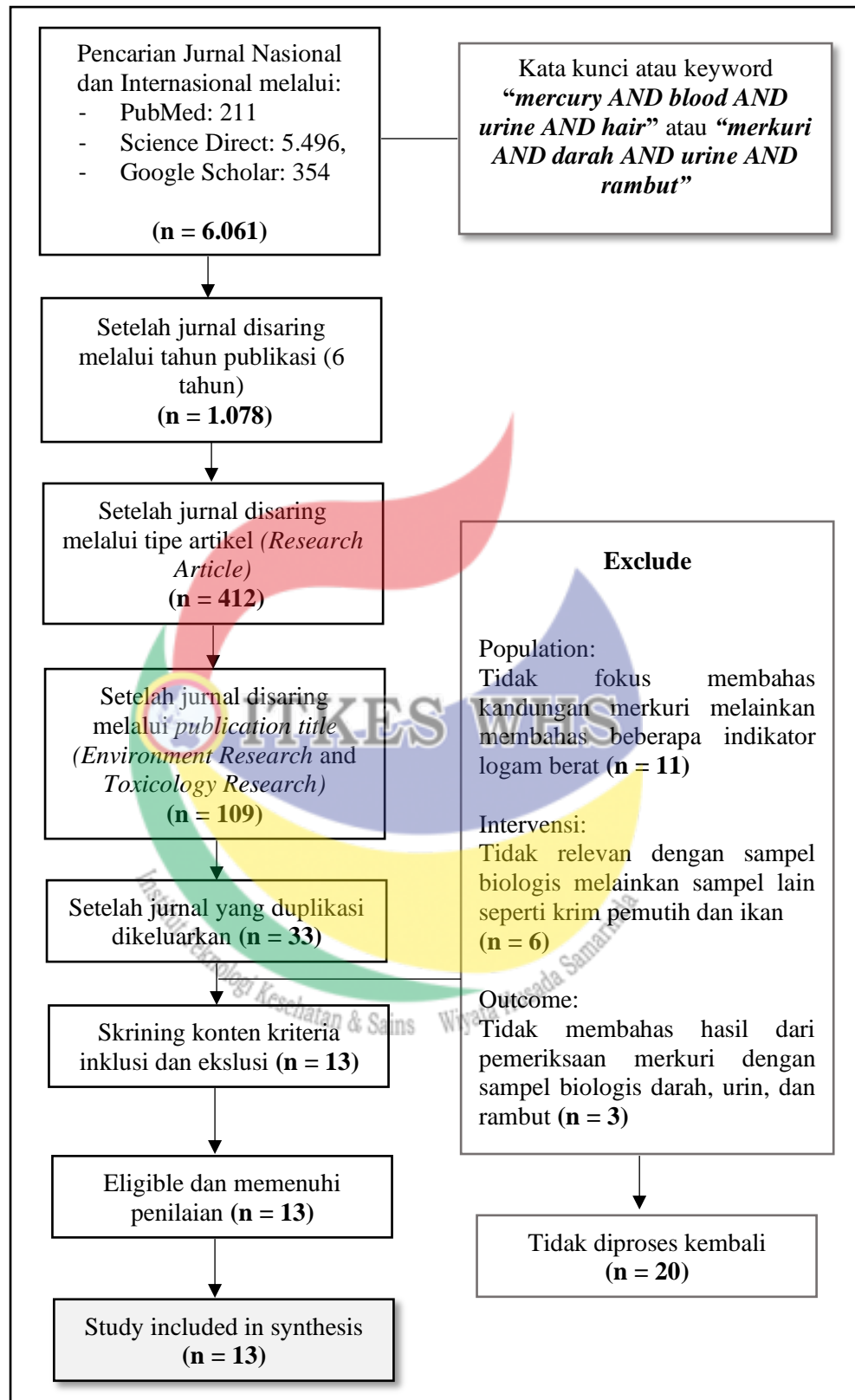
C. Kriteria Literature Review

Strategi yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan pendekatan PICOS, yaitu *Population*; yang merupakan kelompok sasaran yang sesuai dengan tema dalam *literature review*. *Intervention*; yang merupakan aspek investigasi atau masalah yang menarik bagi peneliti. *Comparison*; yang merupakan aspek investigasi dengan mana intervensi dibandingkan. *Outcome*; yang merupakan hasil atau luaran yang diperoleh pada studi terdahulu sesuai dengan tema yang sudah ditentukan dalam *literature review*. *Study Design*; yang merupakan desain penelitian yang digunakan dalam artikel atau jurnal yang akan di review. Berikut penjabarannya:

Tabel 3.3 Kriteria Literature Review

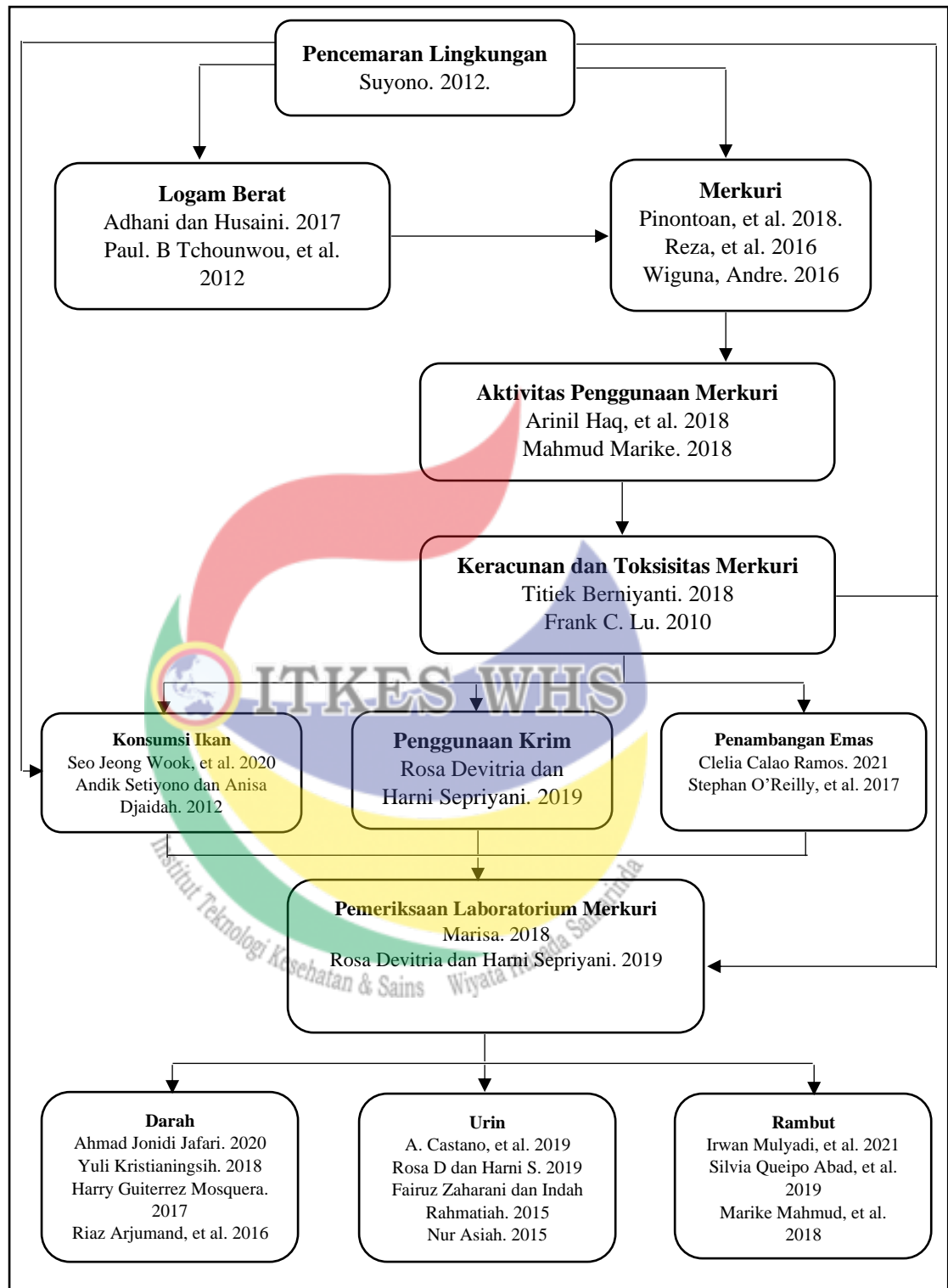
Kriteria	Inklusi	Eksklusi
<i>Population</i>	Artikel internasional dan nasional yang berkaitan dengan penelitian tentang pemeriksaan keracunan merkuri pada sampel biologis	Artikel internasional dan nasional yang berkaitan dengan penelitian tentang pemeriksaan merkuri pada sampel selain sampel biologis (<i>non Biological</i>)
<i>Intervention</i>	Pemeriksaan merkuri dengan sampel biologis	Pemeriksaan merkuri dengan sampel bukan biologis
<i>Comparison</i>	Darah, urine dan rambut	Tidak ada
<i>Outcome</i>	Efektivitas dan Sensitivitas	Tidak ada
<i>Study Design</i>	Deskriptif, observational, dan <i>cross-sectional</i>	Literatur review
<i>Tahun Terbit</i>	Artikel atau jurnal yang terbit setelah tahun 2015	Artikel atau jurnal yang terbit sebelum tahun 2015
<i>Bahasa</i>	Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia	Selain Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris

D. Tahapan Literature Review



Skema 3.1 Diagram Flow Literature Review

E. Peta Literature Review



Skema 3.2 Peta Literatur Review

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Kajian Literature Review

Literature Review ini membahas tentang gambaran efektivitas pemeriksaan keracunan merkuri dengan sampel biologis. Proses pengumpulan literature dilakukan dengan cara melakukan pemilihan jurnal atau artikel yang ditemukan melalui pencarian menggunakan *search engine* atau *database*. Pada proses pengumpulan literature ditemukan sebanyak 6.061 jurnal nasional dan internasional yang kemudian dilakukan seleksi kriteria berdasarkan PICOS Framework menjadi total 13 jurnal yang terdiri dari 6 jurnal nasional dan 7 jurnal internasional. Pencarian jurnal dilakukan melalui *electronic based* terindeks seperti *Science Direct* (n=3), *PubMed* (n=5), dan *Google Scholar* (n=6). Pada 13 jurnal yang digunakan memiliki beberapa perbedaan seperti jumlah sampel yang digunakan, responden yang diperiksa, dan lama waktu pajanan merkuri, namun memiliki persamaan kriteria inklusi dan eksklusi yang memiliki tujuan untuk mengetahui efektivitas pemeriksaan keracunan merkuri dengan sampel biologis.

Tabel 4.1 Karakteristik umum dalam Penyelesaian Studi

Kategori Tahun	N	%
Publikasi		
2015	2	15,4 %
2016	1	7,7 %
2017	2	15,4 %
2018	2	15,4 %
2019	3	23,1 %
2020	1	7,7 %
2021	2	15,4 %
Total	13	100 %

Proses pengumpulan jurnal dilakukan dengan melihat tahun terbit 6 (enam) tahun terakhir dari 2015 – 2021, tahun 2015 berjumlah 2 jurnal, tahun 2016 berjumlah 1 jurnal, tahun 2017 berjumlah 2 jurnal, tahun 2018 berjumlah 2 jurnal, 2019 berjumlah 3 jurnal dan tahun 2020 berjumlah 1, tahun 2021 berjumlah 2 jurnal, dengan total pengumpulan 13 jurnal.

Tabel 4.2 Daftar literature yang digunakan

No	Author	Judul
1.	A. Castano, S. Pedraza-Diaz, A.L Canas, B. Perez-Gomez, J.J Ramos, M.Bartolome, P. Part, E.P. Soto, M. Motas, C. Navarro, E. Calvo, M. Esteban. 2019	<i>Mercury Levels in Blood, Urine and Hair in a Nation-wide Sample of Spanish Adults</i>
2.	Silvia Queipo-Abad, Pablo Rodriguez Gonzalez, Eduardo Martinez-Morillo, W. Clay Davis, Jose Ignacio Garcia Alonso. 2019	<i>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</i>
3.	Arjumand Riaz, Sardar Khan, Mohammad Tahir Shah, Gang Li, Nayab Gul, Isha Shamshad. 2016	<i>Mercury Contamination in The Blood, Urine, Hair and Nails of The Gold Washer and its Human Health Risk During Extraction of Placer Gold Along Gilgit, Hunza and Indus Rivers in Gilgit-Baltistan, Pakistan</i>
4.	Harry Gutierrez-Mosquera, S.B Sujitha, M.P Jonathan, S.K Sarkar, Fairy Medina-Mosquera, Helcias Ayala-Mosquera, Gladis Morales-Mira, Laura Arreola-Mendoza. 2017	<i>Mercury Levels in Human Population From a Mining District in Western Colombia</i>
5.	Seo Joong Wook, Kim Byoung Gwon, Hong Young Seob. 2020	<i>The Relationship Between Mercury Exposure Indices and Dietary Intake of Fish and Shellfish in Women of Childbearing Age</i>
6.	Clelia Calao-Ramoz, Andrea G. Bravo, Robert Peternina-Uribe, Jose Marrugo-Negrete, Sergi Diez. 2021	<i>Occupational Human Exposure to Mercury in Artisanal Small-Scale Gold Mining Communities of Colombia</i>
7.	Stephan Bose-O'Reilly, Ludovic Bernaudat, Uwe Siebert, Gabriele Roeder, Dennis Nowak, Gustav Drasch. 2017	<i>Signs and Symptoms of Mercury Exposed Gold Miners</i>
8.	Fairuz Zaharani, Indah Rachmatiah Siti Salami. 2015	<i>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</i>

No	Author	Judul
9.	Yuli Kristianingsih. 2018	<i>Bahaya Merkuri Pada Masyarakat di Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) Lebaksitu</i>
10.	Rosa Devitria, Harni Sepriyani. 2019	<i>Identifikasi Kandungan Merkuri (Hg) Pada Urine Pengguna Serum Pemurih Wajah Dengan Uji Kualitatif</i>
11.	Nur Asiah, Zul Alfian, Jazanul Anwar, Yahwardiah Siregar, Datten Bangun. 2015	<i>Pengaruh Lama Kerja Terhadap Kadar Merkuri (Hg) Dalam Urin Pekerja Tambang Emas (Studi Kasus di Desa Pantan Luas Kecamatan Sawang kabupaten Aceh Selatan)</i>
12.	Irwan Mulyadi, Fadly Putra Jaya, Nur Hasanah, Sri Sumiyati. 2021	<i>Mercury Content On Hair As an Indication of Mercury Exposure On Gold Miners in Tambang Sawah Village, Lebong Regency</i>
13.	Marike Mahmud, Fitryane Lihawa, Beby Banteng, Frice Desei, Yanti Saleh. 2018	<i>Konsentrasi Merkuri Pada Rambut Kepala dan Kesehatan Masyarakat Pada Lokasi Penambangan Emas Tradisional Buladu Kabupaten Gorontalo Utara</i>

Berdasarkan tabel 4.2 dari 13 literature terpilih terdapat 7 literature yang membahas pemeriksaan merkuri dengan menggunakan 3 biomarker biologis yang diteliti yaitu darah, urine dan rambut. Sebanyak 1 literature membahas pemeriksaan merkuri dengan menggunakan 2 biomarker biologis darah dan urine. Sebanyak 1 literature menggunakan 1 biomarker biologis darah, 2 literature menggunakan biomarker biologis urine dan 2 literature menggunakan biomarker biologis rambut.

Tabel 4.3 Hasil jurnal penelitian

No.	Author	Hasil
1.	A. Castano, <i>et al.</i> (2019)	Rata-rata kadar merkuri pada darah 6.35 µg/l, urine 1.11 µg/l, dan rambut 1.91 µg/g. Walaupun kadar tersebut bukan merupakan kadar tertinggi yang ditetapkan oleh WHO, namun terapat korelasi antara frekuensi konsumsi ikan, pekerjaan, dan wilayah geografis.

No.	Author	Hasil
2.	Silvia Queipo Abad, <i>et al.</i> (2019)	Terdapat perbedaan yang signifikan pada kadar metilmerkuri (MeHg) dalam darah, Pada kelompok kontrol/pembanding ditemukan kadar MeHg yang sama dan konsisten dengan orang yang terpapar MeHg melalui konsumsi ikan, sedangkan 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, <i>et al.</i> (2016)	Rata-rata kadar total merkuri (THg) dalam dalam darah, plasma, urine, rambut dan kuku pekerja tambang adalah 41 $\mu\text{g/L}$, 30,8 $\mu\text{g/L}$, 49,5 $\mu\text{g/L}$ 0,64 $\mu\text{g/kg}$ dan 0,46 $\mu\text{g/kg}$.
4.	H. Gutierrez Mosquera, <i>et al.</i> (2017)	Rata-rata konsentrasi merkuri pada rambut, urine dan darah pekerja tambang emas, amalgamasi dan masyarakat yang bermukim disekitar daerah pertambangan emas masing-masing adalah 15.98 $\mu\text{g/g}$, 23.89 $\mu\text{g/l}$ dan 11.29 $\mu\text{g/l}$.
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 $\mu\text{g/l}$ untuk kadar rendah, 3,12 $\mu\text{g/l}$ untuk kadar menengah, dan 3,60 $\mu\text{g/l}$.
6.	Clelia Calao Ramos, <i>et al</i> (2021).	Nilai rata-rata total merkuri pada pekerja tambang yaitu darah 3,70 $\mu\text{g/l}$, urine 4,00 $\mu\text{g/l}$ dan rambut 1,37 $\mu\text{g/kg}$. Sekitar 40% responden dengan status kerja sebagai penambang emas memiliki konsentrasi merkuri pada darah, urine dan rambut diambang batas yang ditetapkan oleh

No.	Author	Hasil
WHO (<i>World Health Organization</i>).		
7.	Stephan Bose O'reilly, <i>et al.</i> (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 <i>variable lama tinggal</i> 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, <i>et al.</i> (2015)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar merkuri dalam urine 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

No.	Author	Hasil
		pengaruh terhadap kadar merkuri dalam urine penambang ($p = 0,046$).
12.	Irwan Mulyadi, <i>et al.</i> (2021)	Dari penelitian ini didapatkan bahwa kadar merkuri tertinggi, terendah, dan rata-rata yang diperoleh dari sampel rambut penambang adalah 8,72 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 1,42 $\mu\text{g}/\text{kg}$, dan 3,06 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Tingginya kadar merkuri dalam sampel rambut penambang dipengaruhi oleh lamanya paparan dan masa kerja.
13.	Marike Mahmud, <i>et al.</i> (2018)	Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri tertinggi di rambut kepala adalah 952,85 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dan terendah 0,03 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dengan rata-rata merkuri konsentrasi 55,09 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Hasil ini berada di atas ambang batas baku mutu yang ditetapkan NCR, yaitu 2 ppm.

Berdasarkan tabel 4.3 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). 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 pajanan.

Tabel 4.4 Kasus keracunan merkuri, lama pajanan dan sampel pemeriksaan

No.	Author	Kasus Pemeriksaan Merkuri	Lama Pajanan	Sampel Pemeriksaan
1.	A. Castano, <i>et al.</i> 2019	Pemeriksaan keracunan merkuri berdasarkan frekuensi konsumsi ikan	Tidak dijelaskan mengenai lama pajanan, melainkan frekuensi konsumsi ikan < 1 kali dalam seminggu, 1 kali dalam seminggu, 2 sampai 4 kali dalam seminggu, > 5 kali dalam seminggu	Total 1880 sampel darah, 1704 sampel urine dan 577 sampel rambut
2.	A. Riaz, <i>et al.</i> 2016	Pemeriksaan keracunan merkuri pada pekerja penambang emas	Tidak dijelaskan mengenai lama pajanan, namun akumulasi terjadi setiap hari saat melakukan pekerjaan pencucian emas	Total 45 responden dengan masing-masing sampel darah, urine, rambut dan kuku
3.	S. Queipo Abad, <i>et al.</i> 2019	Pemeriksaan keracunan merkuri pada responden yang mengalami kecelakaan kerja terhirup gas elemental merkuri dan konsumsi ikan	17 Responden: 1 minggu setelah terjadi kecelakaan kerja dan 10 responden kelompok pembanding: 3 tahun setelah kecelakaan kerja	Total 27 responden dengan masing-masing sampel darah, urine dan rambut
4.	H. Gutierrez Mosquera, <i>et al.</i> 2017	Pemeriksaan keracunan merkuri pada responden pekerja penambang emas, penempa emas, pedagang komersial dan masyarakat umum	Tidak dijelaskan mengenai lama pajanan, namun populasi sampel berasal dari daerah pertambangan yang memiliki potensi lebih besar terpajan merkuri setiap hari	Total sebanyak 63 responden dengan masing-masing sampel darah, urine dan rambut dari 16 responden penambang emas, 5 responden penempa emas, 23 responden pedagang komersial dan

No.	Author	Kasus Pemeriksaan	Lama Paparan	Sampel Pemeriksaan
		Merkuri		19 responden masyarakat umum
5.	Seo Joong Wook, Kim Byoung Gwon, Hong Young Seob. 2020	Pemeriksaan keracunan merkuri pada responden berdasarkan frekuensi konsumsi ikan dan kerang	Konsumsi ikan dan kerang dalam jangka waktu 3 bulan terakhir dengan kategori frekuensi konsumsi rendah, sedang dan tinggi	Total sebanyak 711 responden dengan sampel darah, urine dan rambut
6.	Clelia Calao-Ramoz, <i>et al.</i> 2021	Pemeriksaan keracunan merkuri pada pekerja penambang emas yang juga memiliki kebiasaan mengkonsumsi ikan	Tidak dijelaskan mengenai lama paparan, namun populasi sampel berasal dari kegiatan pertambangan yang dilakukan setiap hari. Frekuensi konsumsi ikan dibagi menjadi 4 grup yaitu yang tidak mengkonsumsi ikan, < 1 sampai 2 kali setiap minggu, 3 sampai 4 kali setiap minggu dan 5 sampai 7 kali setiap minggu	Total sebanyak 238 responden dengan masing-masing sampel darah, urine dan rambut
7.	Stephan Bose-O'Reilly, <i>et al.</i> 2017	Pemeriksaan keracunan merkuri pada pekerja penambang emas	Tidak dijelaskan mengenai lama paparan, namun populasi sampel berasal dari kegiatan pertambangan yang terus berlangsung	Total sebanyak 1252 responden dengan masing-masing sampel darah, urine dan rambut

No.	Author	Kasus Pemeriksaan	Lama Paparan	Sampel Pemeriksaan
Merkuri				
8.	Fairuz Zaharani, Indah Rachmatiah Siti Salami. 2015	Pemeriksaan keracunan merkuri pada Pekerja Tambang Emas Tanpa Izin (PETI) yang juga bermukim pada area kegiatan penambangan dilakukan	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	Pemeriksaan keracunan merkuri pada masyarakat yang bermukim disekitar daerah Penambangan Emas Skala Kecil (PESK)	Lama bermukim: 12 responden < 10 tahun dan 56 responden > 10 tahun	Total sebanyak 68 sampel darah responden
10.	Rosa Devitria, Harni Sepriyani. 2019	Pemeriksaan keracunan merkuri pada responden pengguna serum pemutih wajah mengandung merkuri	Sampel uji yang digunakan telah menggunakan serum pemutih wajah selama 1 tahun	Total sebanyak 15 sampel urine responden pengguna serum pemutih wajah
11.	Nur Asiah, <i>et al.</i> 2015	Pemeriksaan keracunan merkuri pada pekerja tambang emas	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, <i>et al.</i> 2021	Pemeriksaan keracunan merkuri pada pekerja tambang emas	Responden yang memiliki Riwayat kerja sebagai penambang emas 4 sampai 10 tahun	Total sebanyak 20 sampel rambut kepala pekerja tambang emas

No.	Author	Kasus Pemeriksaan	Lama Paparan	Sampel Pemeriksaan
Merkuri				
13.	Marike Mahmud, <i>et al.</i> 2018	Pemeriksaan keracunan merkuri pada masyarakat yang bertempat tinggal di lokasi penambangan emas	Lama tinggal responden sampai 30 tahun	1 Total sebanyak 20 sampel rambut kepala responden yang bertempat tinggal di lokasi penambangan emas



Tabel 4.5 Metode pemeriksaan laboratorium keracunan merkuri pada literature

No.	Author	Metode Pemeriksaan Laboratorium
1.	A. Castano, et al. 2019	Darah dan urine: <i>Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer (ICP-MS)</i> Rambut: <i>Thermal Decomposition Gold Amalgamation Atomic Absorption Spectroscopy</i>
2.	A. Riaz, et al. 2016	<i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>
3.	S. Queipo Abad, et al. 2019	<i>Gas Chromatography Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer (GC-ICP-MS)</i>
4.	H. Gutierrez Mosquera, et al. 2017	<i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>
5.	Seo Joong Wook, Kim Byoung Gwon, Hong Young Seob. 2020	<i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>
6.	Clelia Calao Ramoz, et al. 2021	<i>Cold Vapor – Atomic Absorption Spectrophotometer (CV-AAS)</i>
7.	Stephan Bose-O'Reilly, et al. 2017	<i>Cold Vapor – Atomic Absorption Spectrophotometer (CV-AAS) dan Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer (ICP-MS)</i>
8.	Fairuz Zaharani, Indah Rachmatiah Siti Salami. 2015	<i>Cold Vapor – Atomic Absorption Spectrophotometer (CV-AAS)</i>
9.	Yuli Kristianingsih. 2018	<i>Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)</i>
10.	Rosa Devitria, Harni Sepriyani. 2019	<i>Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)</i>
11.	Nur Asiah, et al. 2015	<i>Inductively Coupled Plasma – Optic Emission Spectrometer (ICP-OES)</i>
12.	Irwan Mulyadi, et al. 2021	<i>Cold Vapor – Atomic Absorption Spectrophotometer (CV-AAS)</i>
13.	Marika Mahmud, et al. 2018	Tidak dijelaskan metode pemeriksaan keracunan merkuri, namun disebutkan menggunakan alat <i>Mercury Analyzer</i>

Berdasarkan tabel 4.5 dari 13 literature yang terpilih, 12 literature membahas pemeriksaan keracunan merkuri dengan menggunakan instrument laboratorium yaitu Spektrofotometer (*Spectrophotometry*) namun dengan beberapa metode yang berbeda. Sebanyak 1 literature membahas pemeriksaan keracunan merkuri dengan menggunakan instrument laboratorium yaitu *Mercury Analyzer*.

Tabel 4.6 Rekapitulasi metode pemeriksaan merkuri pada literature yang digunakan

No.	Jenis atau Metode Pemeriksaan	Jumlah Literature
1.	<i>Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer (ICP-MS)</i>	3 Literature
2.	<i>Thermal Decomposition Gold Amalgamation Atomic Absorption Spectroscopy</i>	1 Literature
3.	<i>Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)</i>	4 Literature
4.	<i>Cold Vapor – Atomic Absorption Spectrophotometer (CV-AAS)</i>	4 Literature
5.	<i>Inductively Coupled Plasma – Optic Emission Spectrometer (ICP-OES)</i>	1 Literature
6.	<i>Gas Chromatography Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer (GC-ICP-MS)</i>	1 Literature
7.	<i>Mercury Analyzer</i>	1 Literature

Berdasarkan tabel 4.6 dari 13 literature yang terlibat dalam literature review ini, pelaksanaan pemeriksaan dan analisa kadar merkuri dalam tubuh dengan menggunakan biomarker biologis metode yang paling banyak digunakan yaitu *Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer (ICP-MS)* dan *Cold Vapor – Atomic Absorption Spectrophotometer (CV-AAS)*.

B. Pembahasan

Berdasarkan hasil *literature review* menyatakan 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). Kadar merkuri yang dapat diukur dalam biomarker darah, urine dan rambut bergantung pada rute dan jangka waktu pajanan.

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 pajanan 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 ingest (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) urine 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 urine sehingga kadarnya dapat berkurang, namun paparan secara terus menerus akan menyebabkan terjadinya penimbunan dalam tubuh. Menurut Abad (2019) biomarker urine dapat menunjukkan kadar merkuri yang baik akibat pajanan merkuri anorganik, karena sebagian besar merkuri anorganik yang masuk ke dalam tubuh akan melewati tahap ekskresi melalui urine. Menurut Riaz (2016), kelebihan penggunaan biomarker urine yaitu sampel mudah didapatkan dan tidak memerlukan *invasi* (memasukkan 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 pajanan 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 pajanan 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 dieksresikan 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 *invasive* 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 diakumulasikan 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 lain yang berpengaruh signifikan terhadap kadar merkuri dalam tubuh menurut Castano (2019), Wook (2020), dan Ramoz (2021) yaitu frekuensi konsumsi ikan, kerang dan air yang tercemar oleh merkuri dan metil merkuri (MeHg) dimana 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. Menurut Mulyadi (2021) Abad (2019), Mosquera (2017), O'Reilly (2017), Zaharani (2015), dan Asiah (2015) 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. Menurut Kristianingsih (2018) dan Marike (2018) lama bermukim pada daerah tercemar memiliki pengaruh signifikan dimana masyarakat dengan lama bermukim kurang dari 5 tahun memiliki kadar merkuri yang lebih rendah daripada warga yang bermukim selama 10-30 tahun.

Berdasarkan 13 literature yang terlibat metode dan instrument pemeriksaan laboratorium yang paling umum digunakan yaitu ICP-MS dan CV-AAS. Pemeriksaan merkuri urine dilakukan dengan metode ICP-MS pada fasilitas laboratorium dengan ruangan bersih dengan kualitas udara ISO 6 dan suhu terkontrol yang sesuai untuk analisis konsentrasi elemen merkuri. Instrument yang digunakan untuk menganalisa sampel adalah Spektrometer Massa yang dikalibrasi dengan menggunakan antara 0,05 dan 10,0 $\mu\text{g/L}$ merkuri untuk mendapatkan merkuri urine kuantitatif. Sampel urine pagi pertama dikumpulkan dalam wadah polipropilen yang sebelumnya dicuci dengan HNO_3 10% di laboratorium pusat. Petugas laboratorium memberikan wadah kepada para relawan beserta petunjuk cara pengambilan sampel urine pagi pertama yang harus diambil pada hari pemeriksaan kesehatan kerja. Sampel disimpan dalam kantong isothermal portabel dengan penambahan *ice packs* dan suhu (sekitar 4-8°C) dan dikirim ke laboratorium. Sampel urine kemudian disimpan pada -20°C dalam tabung polipropilen yang dicuci dengan HNO_3 10% sampai analisis dilakukan. Sampel urine pagi pertama yang telah dikumpulkan sesuai prosedur dihomogenisasi dan diencerkan dengan perbandingan 1:10 dalam HCL 2% yang mengandung 100 $\mu\text{g/L}$ emas untuk mengurangi efek memori merkuri dan 10 $\mu\text{g/L}$ bismut sebagai standar internal. Larutan kontrol yang tersedia digunakan sebagai *Quality Control* Internal setiap 10 sampel diperiksa. Limit deteksi dari metode ini adalah 0,05 $\mu\text{g/L}$. Untuk mengontrol efek pengenceran urine, konsentrasi kreatinin ditentukan dalam pengenceran 1:40 menggunakan metode pikrat basa Jaffé.

Pemeriksaan merkuri darah dilakukan dengan metode ICP-MS pada fasilitas laboratorium dalam ruangan bersih dengan kualitas udara ISO 6 dan suhu terkontrol yang sesuai untuk analisis konsentrasi elemen merkuri. Instrumen yang digunakan untuk menganalisa sampel adalah Spektrometer Massa yang dikalibrasi dengan menggunakan antara 0,05 dan 100 $\mu\text{g/L}$ merkuri menggunakan standar kalibrasi dan kalibrasi kurva digunakan untuk mendapatkan konsentrasi merkuri darah kuantitatif. Sampel darah dikumpulkan dalam tabung 5-6 mL yang diberi sodium heparin untuk analisis jejak logam. Petugas laboratorium melakukan pengambilan sampel darah dengan sesuai prosedur dan memastikan tabung yang digunakan steril serta bebas kontaminasi. Sampel darah disimpan dalam kantong isothermal portabel dengan penambahan *ice packs* dan suhu sekitar 4-8°C, lalu dikirim ke laboratorium. Setelah sampel sampai di laboratorium, dilanjutkan pada tahap penyimpanan sampel pada suhu -20°C sampai analisis dilakukan. Sampel darah dicampur atau dihomogenisasi secara perlahan dan diencerkan dengan perbandingan 1:50 dalam larutan kerja tersedia yang

mengandung 10 ppb rhodium. Larutan kontrol digunakan untuk *Quality Control* kualitas internal setiap 10 sampel darah diperiksa dengan limit deteksi dari metode ini adalah 0,1 µg/L.

Pemeriksaan kadar merkuri dengan menggunakan sampel rambut dianalisis dengan menggunakan metode CV-AAS. Pengumpulan sampel rambut dilakukan oleh petugas laboratorium dengan sesuai prosedur dan memenuhi kriteria sampel, karena untuk analisis kadar merkuri pada rambut kepala digunakan 3 cm rambut yang paling dekat dengan kulit kepala. Dalam kasus rambut pendek (lebih pendek dari 3,5 cm), helai kecil dipotong dari tempat yang berbeda tetapi dalam area kepala yang sama. Untaian itu langsung dimasukkan ke dalam kantong plastik zip-lock steril. Setelah sampel tiba di laboratorium sampel diproses dan disimpan pada suhu kamar sampai analisis dilakukan. Sampel yang diperlukan dalam pemeriksaan kadar merkuri rambut kepala menggunakan 30-50 mg yang diperiksa sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan, melalui proses dicerna (*digesti*) dengan perbandingan 2:1 menggunakan HNO₃ pada suhu 100–110°C selama 2 jam. Instrumen yang digunakan dalam pemeriksaan kadar merkuri pada rambut adalah Thermo Electron-AAS yang dikalibrasi dengan menggunakan bahan referensi bersertifikat untuk *Quality Control*. Limit deteksi dari metode ini adalah 0,1 mg/kg.

C. Keterbatasan Penelitian

Berdasarkan pada pengalaman langsung mencari literature dalam penelitian ini, terdapat beberapa keterbatasan yang dialami dan dapat menjadi beberapa faktor yang agar dapat untuk lebih diperhatikan bagi peneliti-peneliti yang akan datang dalam menyempurnakan penelitiannya, karena penelitian ini sendiri tentu memiliki kekurangan yang terus diperbaiki dalam penelitian-penelitian kedepannya. Beberapa keterbatasan dalam penelitian literature ini, antara lain:

1. Jenis alat dan metode pemeriksaan kadar merkuri yang dilakukan terhadap sampel biologis tidak semuanya sama, sehingga diharapkan untuk penelitian selanjutnya menggunakan parameter instrument alat dan metode untuk analisa laboratoium yang sama.
2. Kurangnya jurnal toksikologi yang membahas perbandingan signifikan antara biomarker keracunan merkuri sehingga terdapat beberapa jurnal dari penelitian ini yang menggunakan 1 parameter biomarker dalam penelitiannya.

3. Tidak semua jurnal yang digunakan dalam penelitian ini secara detail menyebutkan lama pajanan, lama status kerja, lama konsumsi ikan, usia dan jenis kelamin pada responden yang di intervensi.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan sumber/literature yang digunakan dengan memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi sebanyak 13 jurnal dalam kurun waktu enam tahun terakhir (2015-2021) dapat disimpulkan bahwa:

1. Sampel biologis yang digunakan dalam pemeriksaan keracunan merkuri pajanan akut menggunakan Darah dan Urine, pajanan kronis menggunakan Rambut.
2. Efektivitas pemeriksaan keracunan merkuri dengan sampel biologis tergantung pada jenis dan lama pajanan. Darah untuk mendeteksi keracunan merkuri pada pajanan yang baru terjadi 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.

B. Saran

1. Bagi Masyarakat

Disarankan bagi masyarakat agar tetap meningkatkan kewaspadaan dalam melaksanakan pekerjaan dengan penggunaan APD sesuai dengan SOP sehingga terhindar dari bahaya keracunan merkuri. Bagi masyarakat yang tidak dapat menghindari kontak dengan merkuri secara sengaja ataupun tidak sengaja, diharapkan agar melakukan pemeriksaan rutin dan menjaga kadar merkuri dalam tubuh tidak melebihi dari batas yang diperbolehkan. Disarankan juga bagi masyarakat untuk lebih paham bahaya merkuri agar tidak menggunakan zat merkuri tanpa pengawasan dan menghindari pengolahan limbah yang tidak sesuai dengan prosedur sehingga dapat mengurangi secara signifikan pencemaran lingkungan oleh zat berbahaya merkuri yang dapat menyebabkan kontaminasi pada lingkungan dan rantai makanan.

2. Bagi Institusi Pendidikan

Disarankan bagi institusi pendidikan hasil penelitian literature ini dapat menjadi bahan atau materi pembelajaran yang dapat dikembangkan kedepannya baik dikalangan mahasiswa D-III Analis Kesehatan tetapi bisa juga dikalangan luar Analis Kesehatan.

3. Bagi peneliti berikutnya

Disarankan bagi peneliti selanjutnya agar dapat melakukan penelitian literature dengan melibatkan variabel yang lebih lengkap, dengan menggunakan metode dan alat dalam analisa laboratorium yang sesuai.



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. *Journal Ilmiah Mahasiswa Kesehatan Masyarakat*, 1(4), 1–13.

- Riaz, Arjumand., Khan, Sardar., Shah, Mohammad Tahir., Li, Gang., Gul, Nayab., Shamsad, 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.



LAMPIRAN ABSTRAK LITERATURE REVIEW

Environment International 146 (2021) 106216

Contents lists available at ScienceDirect

Environment International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envint

Occupational human exposure to mercury in artisanal small-scale gold mining communities of Colombia

Clelia Calao-Ramos^a, Andrea G. Bravo^b, Roberth Paternina-Urbe^a, José Marrugo-Negrete^{a,*}, Sergi Díez^{b,*}

^a Universidad de Córdoba, Carrera 6 No. 76-103, Montería, Córdoba, Colombia

^b Environmental Chemistry Department, Institute of Environmental Assessment and Water Research, IDAEA-CSIC, E-08034 Barcelona, Spain

ARTICLE INFO

Handling Editor: Adrian Covaci

Keywords:
Methylmercury
Minamata Convention
Urine
Blood
Hair
Mining

ABSTRACT

With the aim of protecting human life and the environment, the Minamata Convention seeks to reduce and monitor mercury (Hg) concentrations in the environment. Artisanal and Small-scale Gold Mining (ASGM) has been identified as the most important anthropogenic source of Hg at a global scale and an important route of human exposure to Hg. In this context, this study assessed total Hg (THg) in blood, urine and hair, and methylmercury (MeHg) in human hair samples from 238 participants with occupational exposure to Hg in the most relevant ASGM communities of Colombia. Mercury concentrations in different biological matrices were related to several variables of interest such as age, gender, body mass index, fish consumption, exposure time, and specific occupational activities, such as amalgamation and amalgam burning. The median values of THg in blood (3.70 µg/L), urine (4.00 µg/L) and hair (1.37 mg/kg), and hair MeHg (1.47 mg/kg) for all participants were below permissible concentrations set by WHO. However, about 40% of the miners showed Hg concentrations in blood, urine and/or hair above the WHO thresholds. In all the biological matrices studied, miners burning amalgams showed significantly higher concentrations than miners who did not burn amalgams, with values 7-, 7-, and 8-fold higher in blood, urine and hair, respectively. A multiple linear regression model revealed that burning amalgam and fish consumption were significant predictors of Hg exposure in miners. Miners from Guainía had the highest concentrations in urine and hair, most likely due to the high manipulation and burning of amalgam, and a high fish consumption. In contrast, miners from Caldas showed the lowest Hg concentrations in all the biomarkers because they do not manipulate or burn amalgam, as well as reporting the lowest fish consumption. Our study also highlighted that gold miners exposure to Hg depends on their work practices. Therefore, the implementation of a health education programme on gold mining strategies is required, especially in Guainía, Vaupés, Córdoba, and Antioquia departments.

1. Introduction

Artisanal and small-scale gold mining (ASGM) is the largest source of mercury (Hg) emissions and releases worldwide (UNEP, 2018). The breakdown of anthropogenic Hg emissions by sectors shows that the predominant source sector is ASGM (about 38%) followed by stationary combustion of coal (about 21%), ASGM releases about 1220 Mg of Hg into the terrestrial and freshwater environments (UNEP, 2018). Over the last 50 years, Hg has been used in ASGM practices in more than 70 countries by approximately 14–19 million people including 4 to 5 million women and children, employed as miners (Telmer and Veiga, 2009). In ASGM, gold is extracted using rudimentary techniques, including the mixing of Hg to bind traces of gold contained in the ore through the panning process. The amalgam is heated using a blowtorch in a processing centre called *entables*, or even in the backyards of houses. In some cases, miners sell the amalgams (with up to 50% Hg) to gold shops in villages where the gold-shop workers evaporate the Hg (Veiga et al., 2014). Burning the amalgam vaporizes Hg into gaseous form leaving behind gold. The Hg vapors contaminate the environment, which are highly toxic if inhaled by miners or residents living nearby (Telmer and Veiga, 2009). During gold recovery, Hg is released to soil, water, and air, and in aquatic environments part of it is converted into methylmercury (MeHg) (Selin, 2009). Besides being extremely toxic, MeHg bioaccumulates and biomagnifies up the food chain (Fuentes-

* Corresponding authors.
E-mail addresses: jmarrugo@correo.unicordoba.edu.co (J. Marrugo-Negrete), sergi.diez@idaem.csic.es (S. Díez).

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106216>
Received 2 July 2020; Received in revised form 14 August 2020; Accepted 13 October 2020
Available online 9 November 2020
0160-4120/© 2020 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license
<http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2020.106216>

LAMPIRAN ABSTRAK LITERATURE REVIEW

ORIGINAL PAPER S. BOSE-ONEILL ET AL.

Abstract

Objectives: Gold miners use mercury to extract gold from ore adding liquid mercury to the milled gold-containing ore. This results in a mercury-gold compound, called amalgam. Miners smelt this amalgam to obtain gold, vaporizing it and finally inhaling the toxic mercury fumes. The objective was to merge and analyze data from different projects, to identify typical signs and symptoms of chronic inorganic mercury exposure. **Material and Methods:** Miners and community members from various artisanal small-scale gold mining areas had been examined (Philippines, Mongolia, Tanzania, Zimbabwe, Indonesia). Data of several health assessments were pooled. Urine, blood and hair samples were analyzed for mercury (N = 1252). Questionnaires, standardized medical examinations and neuropsychological tests were used. Participants were grouped into: Controls (N = 209), living in an exposed area (N = 408), working with mercury as panners (N = 181), working with mercury as amalgam burners (N = 454). χ^2 test, linear trend test, Mann-Whitney test, Kruskal-Wallis test, correlation coefficient, Spearman's rho, and analysis of variance tests were used. An algorithm was used to define participants with chronic mercury intoxication. **Results:** Mean mercury concentrations in all exposed subgroups were elevated and above threshold limits, with amalgam burners showing highest levels. Typical symptoms of chronic metallic mercury intoxication were tremor, ataxia, coordination problems, excessive salivation and metallic taste. Participants from the exposed groups showed poorer results in different neuropsychological tests in comparison to the control group. Fifty-four percent of the high-exposed group (amalgam burners) were diagnosed as being mercury-intoxicated, compared to 0% within the control group ($\chi^2 p < 0.001$). **Conclusions:** Chronic mercury intoxication, with tremor, ataxia and other neurological symptoms together with a raised body burden of mercury was clinically diagnosed in exposed people in artisanal small-scale mining areas. The mercury exposure needs to be urgently reduced. Health care systems need to be prepared for this emerging problem of chronic mercury intoxication among exposed people. *Int J Occup Med Environ Health* 2017;30(2):249–269

Key words:

Mercury, Chronic mercury intoxication, Clinical symptoms, Neurological symptoms, Artisanal small-scale gold mining, Elemental mercury

INTRODUCTION

Artisanal and small-scale gold mining (ASGM) often relies on mercury (Hg) to extract gold. Miners obtain the gold-containing ores either from underground or from open pit deposits. In order to free the gold particles, it is sometimes necessary to grind the ore mechanically to a fine powder using, e.g., ball mills. The powder is further processed, adding liquid mercury, with or without pre-concentration. Miners are panning this mixture of fine powder, liquid mercury and water, during this so-called “amalgamation,” the fine gold particles bind to mercury, resulting in a mercury-gold compound, called “amalgam.” To obtain the gold from the amalgam, it is heated until the mercury evaporates, and after this smelting a piece of raw gold sponge remains. This last step is performed by the so called “amalgam burners” or smelters. At both stages (amalgamation and smelting) miners are exposed to mercury, in the case of:


- amalgamation (or panning) – liquid elemental mercury via skin contact and via inhaling evaporating mercury,
- smelting – elemental mercury vaporization via inhalation,
- storing mercury at home – elemental mercury evaporation via inhalation.

The main exposure of these miners is therefore to elemental mercury. Mercury shows acute and chronic toxicity which may result in severe neurological damage affecting especially the cerebellum [1,2]. The described practice of ASGM is very common: it is estimated that up to 10–15 million miners work in ASGM areas [3–5]. The chronic exposure to elemental mercury vapor causes health problems among the miners and the people in the mining communities [6–33]. Most of these publications focused on mercury concentration in human samples, only few studies included physical examinations of miners and revealed relevant symptoms [26,31–33]. In our own ASGM studies we had examined a large numbers of miners clinically (Table 1) [17–20,34–37]. The focus was on subjective and objective symptoms of mercury intoxication among miners (smelters and panners) and people living in mining areas compared to a non-exposed control group living outside mining areas.

The intention for this publication was to merge and analyze the data from the different projects, to identify the most typical signs and symptoms of chronic exposure to inorganic mercury.

LAMPIRAN ABSTRAK LITERATURE REVIEW

Science of the Total Environment 670 (2019) 262–270




ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment


journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Mercury levels in blood, urine and hair in a nation-wide sample of Spanish adults

A. Castaño ^{a,a}, S. Pedraza-Díaz ^a, A.I. Cañas ^a, B. Pérez-Gómez ^{b,c}, J.J. Ramos ^a, M. Bartolomé ^a, P. Pärt ^d, E.P. Soto ^a, M. Motas ^a, C. Navarro ^a, E. Calvo ^e, M. Esteban ^a, on behalf of Bioambient.es ¹


^a Centro Nacional de Sanidad Ambiental (CNSA), Instituto de Salud Carlos III, Madrid, Spain
^b Centro Nacional de Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III, Madrid, Spain
^c CIBER de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Spain
^d Department of Biomedical Sciences and Veterinary Public Health, Swedish Agricultural University, Sweden
^e Dermatanur, Ramirez de Arellano 27, Madrid, Spain



HIGHLIGHTS

- Mercury levels of a representative sample of Spanish active population reported
- Values of 1880 blood, 1704 urine and 577 hair samples from all Spanish regions reported
- The major source of mercury exposure in Spanish adults is dietary fish intake
- Coastal regions inhabitants have higher exposure levels than those from inland regions.

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Article history:
Received 8 December 2018
Received in revised form 12 March 2019
Accepted 12 March 2019
Available online 13 March 2019

Keywords:
Mercury
Human biomonitoring
Minamata convention
Blood
Urine
Hair
Fish consumption
Spain

ABSTRACT

Mercury (Hg) is among the top 10 environmental chemicals of major public health concern (WHO). The Minamata Convention on Mercury (United Nations Environment Program, 2017), commits signing countries to control anthropogenic mercury emissions and reduce human exposure. Human biomonitoring (HBM) programs are the most straight-forward approaches to get information on the actual exposure levels in the population and assess over time. We report here the results of a HBM study in a nationwide cross-section of Spanish adults (18–65y) as baseline values obtained before the Minamata Convention entered into force. Subsequent follow-ups will show if the Convention has been successful. The study includes 1880 blood samples, 1704 urine samples and 577 hair samples from all Spanish regions collected and analysed under a strictly quality controlled and quality assured protocol. The EU-DEMOCOPHES project demonstrated that fish and seafood are the major sources of mercury exposure and that the Spanish as well as the Portuguese populations have higher levels than other European countries. The data from the present study confirms this pattern at national level and that inhabitants in coastal regions have higher values than from inland regions. The geometric mean (GM) for blood is 6.35 µg Hg/L, in urine is 1.11 µg Hg/L and for hair is 1.91 µg Hg/g. In an international comparison these values are not exceptional. Spanish concentrations fall into the group of Eastern Mediterranean populations.

* Corresponding author at: Centro Nacional de Sanidad Ambiental (CNSA), Instituto de Salud Carlos III, Gra Majadahonda Pozuelo, km 2, 28220 Majadahonda, Madrid, Spain.
E-mail address: castano@isciii.es (A. Castaño).

¹ BIOAMBIENT.ES: J.L. Alexandre, N. Asagónes, M. Cervantes-Amat, M.V. Coriés, S. Gómez, S. González, O. Huetos, J.A. Jimenez, G. López-Alberite, A. López Herizant, J. Mayor, C.F. Méndez, M.A. Molina, M. Pollán, R. Pastor, C. Rodríguez, M. Rosado, M. Ruiz-Moraga and J. Román.

https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.174
0048-9697/© 2019 Elsevier B.V. All rights reserved.

LAMPIRAN ABSTRAK LITERATURE REVIEW

Science of the Total Environment 672 (2019) 314–323

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



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

Silvia Queipo-Abad^a, Pablo Rodríguez González^{a,*}, Eduardo Martínez-Morillo^b,
W. Clay Davis^c, José Ignacio García Alonso^a

^a Department of Physical and Analytical Chemistry, University of Oviedo, Julián Clavería 8, 33006 Oviedo, Spain
^b Service of Clinical Biochemistry, Laboratory of Medicine, Central University Hospital of Asturias (HUCA), 33011 Oviedo, Spain
^c Chemical Sciences Division, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899, USA

HIGHLIGHTS

- High MeHg levels in blood of individuals exposed to gaseous elemental mercury
- Blood MeHg in exposed individuals similar to those of heavy fish consumers
- MeHg hair to blood ratio of exposed individuals lower than that in the control group
- Total Hg levels of control group similar to gold miners and heavy fish consumers

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Article history:
Received 31 January 2019
Received in revised form 22 March 2019
Accepted 23 March 2019
Available online 31 March 2019

Editor: Damià Barceló

Keywords:
Methylmercury
Inorganic mercury
Occupational exposure
Hg distribution in humans

ABSTRACT

Between November 19th, 2012 and December 3rd, 2012, 50 workers were intoxicated with gaseous Hg in San Juan de Nieva (Asturias, Spain) during the maintenance of a heat exchanger of a zinc manufacturer. We have quantified the concentration of methylmercury (MeHg), ethylmercury (EtHg) and Hg(II) in blood, hair and urine samples of those individuals taken three years after the accident. Blood, hair and urine of their closest relatives were also analyzed to assess whether the mercury burden present in the intoxicated individuals was due to the occupational exposure or to environmental or lifestyle-related factors. The determination of the mercury species in the samples was carried out applying multiple spiking isotope Dilution GC-ICP-MS. This procedure corrects for possible interconversion reactions between the Hg species during the sample preparation procedure. Linear correlations were observed for both groups when plotting MeHg in blood vs MeHg in hair, and MeHg in hair vs Hg(II) in urine. The concentrations of Hg species in the intoxicated individuals were not significantly different from those obtained in the control group, except for MeHg in blood. Significantly higher levels of MeHg in blood were obtained in some of the intoxicated individuals who had not consumed fish or seafood since the accident. A different correlation between MeHg in hair and MeHg in blood was obtained for these individuals.

* Corresponding author.
E-mail address: rodriguez.pablo@uniovi.es (P.R. González).

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.367>
0048-9697/© 2019 Elsevier B.V. All rights reserved.

LAMPIRAN ABSTRAK LITERATURE REVIEW

Environmental Technology & Innovation 5 (2016) 22–29



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Technology & Innovation

journal homepage: www.elsevier.com/locate/eti



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

Arjumand Riaz^{a,c}, Sardar Khan^{a,b,*}, Mohammad Tahir Shah^c, Gang Li^b, Nayab Gul^a, Isha Shamshad^{a,d}

^a Department of Environmental Sciences, University of Peshawar, Pakistan
^b Key Lab of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen, China
^c National Center of Excellence in Geology, University of Peshawar, Pakistan
^d Department of Environmental Sciences, Islamic International University, Islamabad, Pakistan



HIGHLIGHTS

- The negative impacts of Hg on miners were investigated.
- Blood, plasma, urine, hairs and nails were analyzed for Hg and its species.
- Total Hg concentrations in human specimen exceeded the limits of US-EPA and WHO.
- Hg exposure has caused several diseases in the workers.

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Article history:
Received 17 October 2015
Received in revised form 15 November 2015

ABSTRACT

Mercury (Hg) is considered as a global pollutant because of its presence in every environmental sector. This study was conducted to investigate the negative impacts of Hg on the human beings involved in gold mining along the three rivers (Gilgit, Hunza and Indus) in the northern areas of Pakistan. Biological samples such as blood, urine, hair and

^{*} Corresponding author at: Key Lab of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen, China.
Tel.: +92 91 92 16742; fax: +92 91 92 18401.
E-mail address: sardar.khan2008@yahoo.com (S. Khan).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.eti.2015.11.003>
2352-1864/© 2015 Elsevier B.V. All rights reserved.

LAMPIRAN ABSTRAK LITERATURE REVIEW

Jurnal Teknik Lingkungan Volume 21 Nomor 2, Oktober 2015 (Hal 169-179)

JURNAL
TEKNIK LINGKUNGAN

**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**

**HAIR AND URINE MERCURY LEVELS AS INDICATOR MERCURY
EXPOSURE IN ARTISANAL GOLD MINER IN DESA PASAR
TERUSAN KECAMATAN MUARA BULIAN KABUPATEN
BATANGHARI - JAMBI**

^{1*} Fairuz Zaharani, dan ² Indah Rachmatiah Siti Salami

^{1,2} Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
Jl Ganesha 10 Bandung 40132

¹zaharany_df@yahoo.co.id, dan ²indahrss@tl.itb.ac.id

Abstrak: Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) yang terdapat di Desa Pasar Terusan Kecamatan Muara Bulian diketahui telah berlangsung sejak tahun 1980-an. Kegiatan penambangan berlangsung di DAS Batanghari hingga berpotensi menyebabkan penurunan kualitas lingkungan serta gangguan kesehatan terhadap penambang maupun masyarakat sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pajanan merkuri pada penambang. Desain studi yang digunakan adalah Cross Sectional dengan pendekatan observasional analitik dan kuantitatif yang bertujuan mendeskripsikan untuk menggambarkan hubungan faktor-faktor yang dianggap mempengaruhi kadar merkuri dalam urin dan rambut penambang. Wawancara dilakukan untuk mengetahui karakteristik responden. Pengambilan sampel urin dan rambut dilakukan terhadap penambang yang kontak secara langsung maupun yang tidak kontak secara langsung dengan merkuri. Sampel urin dan rambut diuji Total Merkuri (T-Hg) dengan menggunakan metode CV-AAS dan kreatinin urin (U-Kreatinin) diuji dengan metode Jaffe Reaction. Pekerja tambang yang kontak langsung dengan merkuri diketahui memiliki rata-rata kadar merkuri pada rambut sebesar $3,57 \pm 4,134 \mu\text{g/g}$ dan urin $24,08 \pm 46,322 \mu\text{gHg/g-kreatinin}$. Sedangkan kadar rambut pada pekerja non-amalgamasi diketahui $6,37 \pm 11,951 \mu\text{g/g}$ dan urin $19,72 \pm 38,542 \mu\text{gHg/g-kreatinin}$. Berdasarkan hasil uji Chi-Square pada tingkat kepercayaan 95% terdapat 1 faktor yang secara statistik memiliki hubungan signifikan dengan kadar merkuri pada rambut penambang yaitu jam kerja pekerja non-amalgamasi terhadap kadar merkuri rambut ($p=0,0302$) ($OR=1,250$). Sedangkan hasil uji Chi-Square terhadap faktor lainnya diketahui tidak ada yang menyatakan hubungan yang signifikan antar variabel uji dengan kadar merkuri pada urin dan rambut pekerja amalgamasi maupun pekerja non-amalgamasi.

Kata kunci: DAS Batanghari, PETI, Paparan Merkuri, Urin, Rambut.

Abstract : Artisanal Small-Scale Gold Mining (ASGM) in Desa Pasar Terusan, Kecamatan Muara Bulian has been ongoing since the 1980's. The mining activities that took place in DAS Batanghari lead to environmental degradation and health problems for the workers and people residing the mining areas. This research aims to find out the factors influencing the mercury exposure in gold miners. Methode we conducted a Cross-Sectional study, with a quantitative and observational analytical approaches that aiming to determine the relationship the factors that influencing mercury levels in urin and hair of the miners. Interviews were conducted to determine the characteristics of respondents. Urine and hair sampling is conducted on miners who are directly and indirectly exposed to mercury. Total Mercury in urine and hair (T-Hg) is examined using CV-AAS method and Creatinine Urine (U-Creatinine) is analysed using Jaffe Reaction method. Mine workers with direct contact to the mercury found having average mercury levels in the hair of $3.57 \pm 4.134 \mu\text{g/g}$ and urine $24.08 \pm 46.322 \mu\text{gHg/g-creatinine}$. While urine level in non-amalgamation workers known to $19.72 \pm 38.542 \mu\text{gHg/g creatinine}$ and hair $6.37 \pm 11.951 \mu\text{g}$

169

LAMPIRAN ABSTRAK LITERATURE REVIEW

BAHAYA MERKURI PADA MASYARAKAT DIPERTAMBANGAN EMAS SKALA KECIL (PESK) LEBAKSITU

Yuli Kristianingsih

Program studi DIII-Analis Kesehatan Universitas MH Thamrin, Jakarta

ABSTRAK

Pertambangan emas Lebaksitu adalah Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK). Sistem pengolahannya menggunakan merkuri yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan bagi masyarakat. Merkuri memiliki sejumlah efek yaitu antara lain mengakibatkan terganggunya fungsi hati dan ginjal, mengganggu sistem enzim dan mekanisme sintetik, merusak janin pada wanita hamil sehingga menyebabkan cacat bawaan, kerusakan DNA dan kromosom, mengganggu saluran darah ke otak serta menyebabkan kerusakan otak (Darmono, 2001). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar merkuri dalam darah pada masyarakat terpapang merkuri di desa Lebaksitu. Desain studi yang digunakan ini adalah *cross sectional*. Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2017, terdapat 68 responden yang termasuk dalam sampel penelitian ini setelah dilakukan penentuan kriteria inklusi dan eksklusi. Data diperoleh dari hasil uji laboratorium sampel darah dan hasil wawancara responden. Hasil penelitian dapat dijelaskan 77,9% responden memiliki merkuri darah lebih dari 10 µg/l dan variabel lama tinggal mempengaruhi kadar merkuri dalam darah masyarakat di Lebaksitu.

Kata Kunci : PESK, Merkuri

PENDAHULUAN

Pertambangan emas skala kecil atau pertambangan emas rakyat tersebar sebanyak 850 titik di Indonesia (Ratnasari, 2014). Pemilahan emas pada pertambangan tersebut dilakukan dengan menggunakan merkuri (Setiabudi, 2005; Ratnasari, 2014). Menurut United Nations Environment Programme (2012), pemakaian merkuri dari pertambangan emas rakyat diestimasi sekitar 1400 ton/tahun sehingga menjadi sektor permintaan terbesar secara global. Sektor ini menghasilkan 12-15% dari emas dunia. Selain itu, pertambangan emas rakyat adalah mata pencaharian bagi jutaan orang dan sumber pencemaran merkuri yang utama (Sippl, 2015). Penggunaan merkuri pada pemilahan emas ini disebut dengan proses amalgamasi. 25-30% merkuri yang ditambahkan dalam proses ini hilang ke lingkungan (Veiga et al., 2009).

Emisi merkuri dari tambang emas rakyat merupakan masalah lingkungan serius di negara-negara berkembang (Bose-O'Reilly, 2010). Penelitian di Indonesia banyak orang yang bekerja atau tinggal di area pertambangan emas sangat rentan terkena merkuri anorganik. Survei oleh Rianto tahun 2010 di Wonogiri diketahui rata-rata kandungan merkuri dalam darah pekerja 53,5 µg/l (Rianto, 2010). Penelitian yang dilakukan Dewanti (2013) 97,56% kadar merkuri dalam darah pada masyarakat sudah melebihi standar WHO (5-10 µg/l) (Dewanti, 2013).

Proses pengolahan emas yang menggunakan amalgamasi dengan merkuri dalam gelundung mudah ditemui di hampir seluruh titik rawan PESK di Indonesia, termasuk wilayah pemukiman di Desa Lebaksitu Banten. Hampir seluruh rumah tangga memiliki unit gelundung sendiri di halaman depan, halaman belakang, samping rumah atau dekat sawah untuk memproses biji emas. Gelundung-gelundung tersebut dioperasikan sepanjang hari tanpa menggunakan peralatan pengaman pribadi. Penelitian yang telah dilakukan di daerah ini diketahui kadar merkuri di air, tanah, dan ikan masing-masing sebesar 0,00392 ppm, 5,709 ppm, dan 0,5175 ppm menunjukkan kadar merkuri yang telah melebihi ambang batas dan mengindikasikan telah terjadi pencemaran lingkungan akibat merkuri (Agung dan Hutamadi, 2012).

LAMPIRAN ABSTRAK LITERATURE REVIEW

Rosa Devitria dan Harni Sepriyani / Jurnal Analis Kesehatan Klinikal Sains 7(2) (2019)



**JURNAL ANALIS KESEHATAN
KLINIKAL SAINS**

<http://jurnal.univrab.ac.id/index.php/klinikal>

Klinikal Sains 7 (2) (2019)



**IDENTIFIKASI KANDUNGAN MERKURI (Hg) PADA URINE PENGGUNA
SERUM PEMUTIH WAJAH DENGAN UJI KUALITATIF**

Rosa Devitria dan Harni Sepriyani
Teknologi Laboratorium Medis, Akademi Analis Kesehatan Yayasan Fajar Pekanbaru
Jl. Riau Ujung No. 73 Pekanbaru
Telp 0823 9029 9978
Email: rosa.devitria@univrab.ac.id

<p>Info Artikel</p> <p><i>Sejarah Artikel:</i> Diterima November 2019 Disetujui November 2019 Dipublikasikan Desember 2019</p> <p><i>Keywords:</i> Merkuri, Urine, Serum, Uji Kualitatif</p>	<p>Abstrak</p> <p>Perawatan kulit dan wajah menjadi hal yang paling utama untuk mendapatkan penampilan yang menarik. Salah satu cara agar wanita tersebut terlihat lebih cantik yaitu menggunakan kosmetik. Selama kosmetik tidak mengandung bahan berbahaya yang secara farmakologis aktif mempengaruhi kulit, penggunaan kosmetik jenis ini menguntungkan dan bermanfaat untuk kulit itu sendiri. Salah satu bahan yang berbahaya yang terdapat di dalam kosmetik yaitu merkuri. Merkuri adalah logam berat yang sangat berbahaya. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui ada atau tidaknya merkuri dalam urin pada pengguna serum pemutih wajah. Desain penelitian ini adalah intervensional dengan jenis penelitian berbasis uji eksperimental merupakan suatu percobaan untuk mengetahui adanya kandungan merkuri di dalam sampel dengan menggunakan uji reaksi warna. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan tentang identifikasi kandungan merkuri (Hg) pada urine pengguna serum pemutih wajah dengan uji kualitatif terhadap 15 sampel yang diperiksa sampel A positif mengandung merkuri dan sampel B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O negatif yang tidak mengandung merkuri.</p> <p>Kata Kunci: Merkuri, Urine, Serum, Uji Kualitatif</p> <p>Abstract</p> <p><i>Skin and facial care is the most important thing to get an attractive appearance. One way for these women to look more beautiful is to use cosmetics. As long as cosmetics do not contain pharmaceutically harmful ingredients that affect the skin, this type of cosmetic use is beneficial and beneficial for the skin-itself. One of the dangerous ingredients contained in cosmetics, namely mercury. Mercury is a very dangerous heavy metal. The purpose of this study was to determine the presence or absence of mercury in urine in users of face whitening serum. The design of this study is interventional with experimental research which is an experiment to determine the presence of mercury in the sample using the color reaction test. From the results of research that has been carried out on the identification of mercury (Hg) in urine serum users face whitening with a qualitative test of 15 samples examined by sample A positive containing mercury and samples B, C, D, E, F, G, H, I, Negative J, K, L, M, N, O that do not contain mercury.</i></p> <p>Key Words: Mercury, Urine, Serum, Qualitative Test.</p> <p style="text-align: right;">© 20xx Universitas Abdurrah</p>
---	---

¹⁾Alamat korespondensi: ISSN 2338-4921

83

LAMPIRAN ABSTRAK LITERATURE REVIEW

JURNAL PENDIDIKAN KIMIA (JPKim)
ISSN: 2085-3653

Vol.7, No.2, Agustus 2015, 7-12
<http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jpk>

**Pengaruh Lama Kerja Terhadap Kadar Merkuri (Hg) Dalam Urin
Pekerja Tambang Emas (Studi kasus di Desa Panton Luas
Kecamatan Sawang Kabupaten Aceh Selatan)**

**Nur Asiah^{1*}; Zul Alfian²; Jazanul Anwar²; Yahwardiah Siregar³
dan Datten Bangun³**

¹Dosen Fakultas Keperawatan, Universitas Sumatera Utara

²Dosen Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara

³Dosen Fakultas Kedokteran, Universitas Sumatera Utara

*Korespondensi: asiahn18@yahoo.com

Abstract. Mercury (Hg) is a heavy metal that is a major concern in terms of health because it is toxic to humans. This study aims to determine the effect of long working on levels of mercury (Hg) in the urine of a gold miner in the village of Pantan Luas Sawang District of South Aceh. The sampling technique is total sampling as many as 30 people. The results showed that the levels of mercury in the urine of the highest gold mine workers was 3.8 µg/l and the lowest was 2.0 µg/l with mean 2.82 µg/l (SD ± 0.57), the results Chi-square test showed that the length of work to give effect to the levels of mercury in the urine of miners ($p = 0.046$). Further research is recommended in order to see the difference in mercury levels in people who are exposed to mercury directly with a gold miner who was not involved in the amalgamation process and the local community at risk of exposure to mercury pollution from mining activities in the village and examine the population residing in other villages in the district mentioned.

Keywords: length of work, levels of mercury, urin

PENDAHULUAN

Merkuri (Hg) merupakan salah satu unsur logam berat yang mendapat perhatian utama dalam segi kesehatan karena bersifat toksik terhadap manusia (Lu, 2006). Sebelum diketahui beracun, merkuri telah banyak digunakan oleh manusia untuk kebutuhan hidup, misalnya sebagai pengobatan penyakit sifilis pada abad ke-15; sebagai pembersih luka (merkurokrom, kalomel/HgCl₂), komponen merkuri organik digunakan sebagai diuretika dan sampai bertahun-tahun digunakan sebagai bahan kosmetika. Dalam bidang pertanian merkuri digunakan sebagai fungisida, pembasmi hama pada tanaman apel, tomat dan kentang (Darmono, 2009).

Toksitas kronis akibat merkuri yang pernah terjadi adalah kasus keracunan di Irak pada tahun 1961, kasus keracunan di Minamata Jepang pada tahun 1953, kasus keracunan di Pakistan Barat pada tahun 1963, kasus keracunan di Guatemala pada tahun 1966 dan kasus keracunan di Nigata Jepang pada tahun 1968 (Palar, 2004). Kasus pencemaran merkuri yang pernah terjadi di Indonesia adalah kasus pencemaran merkuri di Teluk Buyat dan Teluk Manado Sulawesi Utara, Sungai Kapuas dan Sungai Kahayan di

Kalimantan, Sumatera Barat dan Jambi (Wurdiyanto, 2007) dan Kabupaten Wonogiri (Rianto & Lestaris, 2010).

Salah satu penyebab pencemaran oleh merkuri adalah pembuangan *tailing* (limbah penambangan) pengolahan emas yang diolah secara amalgamasi (International Agency for research on cancer World Health Organization dalam Lestaris, 2010). Para penambang pada umumnya tercemar merkuri melalui kontak langsung dengan kulit, menghirup uap merkuri pada saat proses amalgamasi dan memakan makanan yang telah tercemar merkuri. Masalah kesehatan utama akibat uap merkuri terjadi pada otak, paru-paru, sistem syaraf pusat dan ginjal (Darmono, 2009; Lu, 2006).

Ginjal merupakan organ ekskresi utama cairan yang tidak digunakan lagi oleh tubuh. Pemaparan suatu zat terhadap ginjal sangat dipengaruhi oleh faal ginjal sebagai organ ekskresi, semua buangan yang berbentuk cairan atau larutan dikeluarkan melalui ginjal. Ginjal sangat peka terhadap logam karena membentuk kompleks atau khelat dengan ligand organik, misalnya merkuri membentuk kompleks dengan grup sulfhidral (Soemirat, 2009). Kerusakan sering terjadi pada sel epitel tubulus proksimal karena

LAMPIRAN ABSTRAK LITERATURE REVIEW

Mulyadi et al (2021): Hair mercury content on gold miners Jan 2021 Vol. 24 Issue 01

Mercury content on hair as an indication of mercury exposure on gold miners in Tambang Sawah Village, Lebong Regency

Irwan Mulyadi^{1*}, FadlyPutrajaya², Nur Hasanah², Sri Sumiyati³

¹Department of Chemical Engineering, Pamulang University, Pamulang, South Tangerang, Banten, Indonesia

²Department of Pharmacy, Collage of Health Science Kharisma Persada, Pamulang, South Tangerang, Banten, Indonesia

³Department of Environmental Engineering, Diponegoro University, Semarang, Central Java, Indonesia

***Corresponding author:**

IrwanMulyadi
Griya Indah Serpong Blok K-8 No 8. Gunungsindur. Bogor
Phone numbers: +6282298804710
E-mail address: irwanmulyadi12@gmail.com

Abstract

Background: The gold mine located at Tambang Sawah Village, Lebong Regency, has been in existence since the Dutch colonial era. The mine is currently managed independently by the local populace using the amalgamation method, which causes environmental pollution and health problems to the miners and surrounding communities. **Aims:** This study aims to determine the effect of mercury exposure on miners. **Settings and Design:** The purposive sampling method was used to obtain information and research data needed on illegal gold miners. **Methods and Material:** Data were obtained through observation, interviews, and documentation. **Statistical analysis used:** The interview results were analyzed and further examined using a descriptive statistical test. **Results:** The result showed that the amalgamation activity is carried out from 7:00 a.m. 7:00 a.m. until 4:00 p.m. 4:00 p.m., thereby culminating in 9 hours per day. Furthermore, the highest, lowest, and average mercury level obtained from a miner's hair sample was 8.72 mg/kg, 1.42 mg/kg, and 3.06 mg/kg. **Conclusions:** The high levels of mercury in the hair samples of miners were influenced by the length of exposure affected by the working periods and work difficulty level.

Keywords: Mercury, Hair, Miners, Village

Key Messages:

Gold mining using an amalgamation method tends to affect the health of miners and local people adversely. Furthermore, the high mercury level in miners' hairs is due to the prolonged working hours and difficulty level.

Annals of Tropical Medicine & Public Health <http://doi.org/10.36295/ASRO.2021.24103>

LAMPIRAN ABSTRAK LITERATURE REVIEW

Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Vol. 8 No. 2 (Agustus 2018): 235-240

KONSENTRASI MERKURI PADA RAMBUT KEPALA DAN KESEHATAN MASYARAKAT PADA LOKASI PENAMBANGAN EMAS TRADISIONAL BULADU KABUPATEN GORONTALO UTARA

Mercury Concentration on Hair and Health of Community Location in the Traditional Gold Mining Buladu District Gorontalo North

Marike Mahmud^a, Fitriane Lihawa^b, Beby Banteng^c, Frice Desei^c, Yanti Saleh^d

^aFakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Jalan Jenderal Sudirman No 6, Kota Gorontalo, Indonesia –marikenahmud@yahoo.com

^bPSLK, Universitas Negeri Gorontalo, Jalan Jenderal Sudirman No 6, Kota Gorontalo, Indonesia

^cFakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Jalan Jenderal Sudirman No 6, Kota Gorontalo, Indonesia

^dPSLK, Universitas Negeri Gorontalo, Jalan Jenderal Sudirman No 6, Kota Gorontalo, Indonesia

Abstract. This study aims to identify mercury concentrations in head hair and its effect on public health at the traditional gold mining. The study was conducted at the gold mining Buladu Village, North Gorontalo Regency. Samples were taken randomly from human head hair. Samples of public health condition were taken from respondents who served as the samples of mercury concentrations in the head hair. The number of respondents was 20 people. The samples of mercury in the head hair were analyzed at the Integrated Research and Testing Laboratory of UGM by using mercury analyzer. The quality standard used as a reference to the mercury concentrations in the head hair was the recommendation of the National Research Council (NCR), i.e. 12 ppm. The results of the analysis of the public health were tabulated and then interpreted. The results of the analysis indicated that the highest mercury concentration in the head hair was 952.85 mg/kg and the lowest was 0.03 mg/kg with an average mercury concentration of 55.09 mg/kg. This result was above the threshold quality standards established by NCR, i.e. 12 ppm. Many factors affect the mercury concentrations in humans, including education, income, environmental sanitation and food consumption. Waste dumped directly into the river will affect river water and marine aquatic animals. The consumption of food taken from the waters of Sulawesi Sea affects influence the mercury concentrations in the head hair.

Keywords: Mercury in head hair, public health.

Diterima: 20-03-2017; Disetujui: 07-11-2017

1. Pendahuluan

Merkuri merupakan unsur yang sangat beracun. Pada keracunan tingkat ringan timbul pusing, sakit kepala dan mudah lelah. Pada keracunan tingkat berat menyebabkan kerusakan ginjal, sendi-sendi kaku, penglihatan terganggu, kelainan sistem syaraf dan dapat menimbulkan kematian seperti yang terjadi pada kasus di Minamata.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Mahmud *et al.* (2014) menunjukkan bahwa jumlah tromol yang berada di Desa Sumalata sebesar 152 tromol, Desa Padengo sebesar 52 tromol, Desa Hangata Barat sebesar 133 tromol dan Desa Hangata sebesar 128 tromol. Total sebanyak 204 tromol sisa limbah yang dibuang dan dialirkan ke sungai yang aliran limbahnya mengalir dan masuk ke Laut Sulawesi. Sebanyak 261 tromol mencemari air tanah di daerah sekitar Hangata. Total jumlah tromol di ke dua lokasi di Gorontalo Utara berjumlah 465 tromol. Berdasarkan hasil penelitian ini maka dikhawatirkan akan membahayakan masyarakat yang hidup di Kabupaten Gorontalo Utara. Jumlah ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan jumlah tromol yang terdapat di Kecamatan Tulabolo yang berjumlah 188 tromol (Mahmud, 2012).

Hasil penelitian awal yang dilakukan oleh Mahmud *et al.* (2014) menunjukkan bahwa kualitas air pada

muara Laut Sulawesi juga sebesar 0.008 mg/l. KepMen LH No. Kep 51 Tahun 2004 tentang baku mutu kualitas air laut bagi kehidupan biota laut untuk parameter air raksa sebesar 0.001 mg/l. Konsentrasi merkuri sebesar 0.008 mg/l sudah berada di atas ambang yang disyaratkan. Hal ini akan membahayakan utamanya manusia yang mengkonsumsi hewan akuatik yang hidup di perairan Laut Sulawesi. Tingginya konsentrasi merkuri pada air laut akan mencemari ikan di sekitarnya. Hal ini akan masuk pada tubuh manusia dan terakumulasi. Penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui berapa besar konsentrasi merkuri masuk pada tubuh manusia.

Penelitian yang dilakukan oleh Panda *et al.* (2003) di Sungai Kahayan menunjukkan bahwa merkuri di sepanjang Sungai Kahayan mengancam penduduk yang mengkonsumsi ikan di sungai tersebut. Akumulasi merkuri tertinggi dalam sedimen sungai (0.336 ug) dikutip dalam daging *M. numerus* (0.303 ug/g ± 0.342) dan air (0.058 mg/l). Asupan merkuri mingguan yang dapat ditoleransi menurut WHO adalah 24.4 ug sehari jika dimungkinkan seseorang mengkonsumsi 100g daging *M. Numerus* sehari. 30.3 ug/g yang masuk ke tubuh. Penelitian yang dilakukan oleh Brabo *et al.* (2003) konsentrasi merkuri di sedimen dasar tanpa dipengaruhi kegiatan antropogenik di Acre State sebesar 0.042 mg/kg.

235

doi: 10.29244/jpsl.8.2.235-240

LAMPIRAN ABSTRAK LITERATURE REVIEW

JES-01383; No of Pages 8		ARTICLE IN PRESS	
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES XX (2017) XXX-XXX			
		Available online at www.sciencedirect.com  www.elsevier.com/locate/jes	
			
<p>01 Mercury levels in human population from a mining district in Western Colombia</p> <p>2</p> <p>03 02 Harry Gutiérrez-Mosquera^{1,5}, S.B. Sujitha², M.P. Jonathan^{2,*}, S.K. Sarkar³, Fairy Medina-Mosquera⁴, Helcias Ayala-Mosquera⁴, Gladis Morales-Mira⁵, Laura Arreola-Mendoza²</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6 1. Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica del Chocó, Carrera 22 No.18B-10, Quibdó, Colombia</p> <p>7 2. Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIEMAD), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Calle 30 de junio de 1520, Barrio la Laguna Ticomán, Del. Gustavo A. Madero, C.P.07340 Ciudad de México, Mexico</p> <p>8 3. Department of Marine Science, University of Calcutta, 35 Ballygunge Circular Road, Calcutta 700 019, India</p> <p>9 4. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP), Carrera 6 No. 37-39, Quibdó, Colombia</p> <p>10 5. Facultad de Ingeniería, Universidad de Medellín, Carrera 87 No. 30-65, Medellín, Colombia</p> <p>11</p> <p>12</p>			
14 ARTICLE INFO		15 ABSTRACT	
<p>16 Article history:</p> <p>17 Received 5 August 2017</p> <p>18 Revised 22 November 2017</p> <p>19 Accepted 6 December 2017</p> <p>20 Available online xxx</p> <p>21</p> <p>22</p> <p>23</p> <p>24</p> <p>25</p> <p>26</p> <p>27</p> <p>28</p> <p>29</p> <p>30</p> <p>31</p> <p>32</p> <p>33</p> <p>34</p> <p>35</p> <p>36</p> <p>37</p> <p>38</p> <p>39</p> <p>40</p> <p>41</p> <p>42</p> <p>43</p> <p>44</p> <p>45</p> <p>46</p> <p>47</p> <p>48</p> <p>49</p> <p>50</p> <p>51</p> <p>52</p> <p>53</p> <p>54</p> <p>55</p> <p>56</p> <p>57</p>		<p>A biomonitoring study was carried out to examine the adverse impacts of total mercury in 21 the blood (HgB), urine (HgU) and human scalp hair (HgH) on the residents of a mining 22 district in Colombia. Representative biological samples (scalp hair, urine and blood) were 23 collected from volunteered participants (n = 63) to estimate the exposure levels of THg 24 using a direct mercury analyzer. The geometric mean of THg concentrations in the hair, 25 urine and blood of males were 15.98 µg/g, 21.85 µg/L and 11.29 µg/L respectively, whereas 26 the females presented values of 8.55 µg/g, 5.37 µg/L and 8.80 µg/L. Chronic urinary Hg (HgU) 27 levels observed in male workers (32.53 µg/L) are attributed to their long termed exposures to 28 inorganic and metallic mercury from gold panning activities. On an average, the levels 29 of THg are increasing from blood (10.05 µg/L) to hair (12.27 µg/g) to urine (14.63 µg/L). 30 Significant positive correlation was found between hair and blood urinary levels in both 31 male and female individuals. Thus the present biomonitoring investigation to evaluate the 32 Hg levels and associated health issues would positively form a framework for further 33 developmental plans and policies in building an ecofriendly ecosystem. 34 © 2017 The Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences. 35 Published by Elsevier B.V. 36</p>	
<p>58</p> <p>59</p> <p>60 Introduction</p> <p>61 Mercury (Hg) is regarded as the sixth most toxic element on earth and it is a naturally occurring element with varied chemical forms (elemental, organic and inorganic) (Hui-Wen et al., 2011) and of significant ecological and public health concern. Natural processes like degassing of the earth's mantle crust, evasion from soils, vegetation, wildfires, volcanic eruptions and geothermal activities are the sources of Hg (Riaz et al.,</p>		<p>62 2016). On the other hand, Hg also occurs in occupational 58 environments due to its extensive use in gold panning, 59 pharmacology, industries and agriculture, enhancing its pres- 60 ence resulting in a lethal situation (WHO, 2003). Ultimately, Hg 61 can enter human bodies through respiratory or digestive tracts 62 and dermal absorption (Eqani et al., 2016). The transformation 63 of inorganic to organic Hg (methylmercury MeHg) is regarded as 64 the most toxic form and is more often intensified by bioaccu- 65 mulation and biomagnification routes in the aquatic food webs 66</p>	
<p>05 04 * Corresponding author. E-mail: mpjonathan7@yahoo.com (M.P. Jonathan).</p>			
<p>https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.12.007 1001-0742 © 2017 The Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences. Published by Elsevier B.V.</p>			
<p>Please cite this article as: Gutiérrez-Mosquera, H., et al., Mercury levels in human population from a mining district in Western Colombia, J. Environ. Sci. (2017), https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.12.007</p>			

LAMPIRAN ABSTRAK LITERATURE REVIEW



International Journal of
Environmental Research
and Public Health



Article

The Relationship between Mercury Exposure Indices and Dietary Intake of Fish and Shellfish in Women of Childbearing Age

Jeong-wook Seo ¹, Byoung-gwon Kim ^{1,2} and Young-seoub Hong ^{1,2,*}

¹ Environmental Health Center, Dong-A University, Busan 49201, Korea; jwseo@dau.ac.kr (J.-w.S.); medikim@dau.ac.kr (B.-g.K.)
² Department of Preventive Medicine, Dong-A University, Busan 49201, Korea
 * Correspondence: yshong@dau.ac.kr

Received: 16 May 2020; Accepted: 6 July 2020; Published: 7 July 2020



Abstract: Women of childbearing age who are susceptible to mercury exposure were studied to understand the relation between mercury intake through fish and shellfish consumption and mercury exposure indices from blood, hair, and urine samples. A total of 711 women of childbearing age from coastal areas with a high concentration of mercury exposure in Korea were studied. Data were collected on demographic characteristics, dietary intake of fish and shellfish using the simple Food Frequency Questionnaire. Mercury concentration was estimated from the collected samples of blood, hair, and urine. The geometric mean of blood methyl mercury concentration of mercury exposure through seafood was 3.06 µg/L for the low tertile, 3.12 µg/L for the middle tertile, and 3.60 µg/L for the high tertile, indicating a clear tendency of blood methyl mercury to increase as the mercury exposure by fish and shellfish intake ascended. For total blood mercury and hair mercury, the middle and high tertiles had higher values than the low. Mercury exposure through fish and shellfish intake is a main factor for an increase of blood methyl mercury concentration in women of childbearing age. More attention needs to be paid to mercury exposure through seafood intake, considering the serious effect mercury concentration has on women of childbearing age.

Keywords: total blood mercury; blood methyl mercury; hair mercury; urine mercury; women of childbearing age

1. Introduction


Mercury (Hg) toxicity varies depending on many factors including the type of chemical and the way it infiltrates the system, the amount and duration of exposure, and one's susceptibility. Particularly in pregnant women, elemental Hg (E-Hg) and inorganic Hg (I-Hg) might pass through the blood-placenta barrier [1] and cause hereditary toxicity to the fetus [2]. High-dose exposure to I-Hg in a fetus can result in a comprehensive range of developmental disorders such as mental retardation, cerebellar ataxia, dysarthria, limb deformities, altered physical growth, sensory impairments, and cerebral palsy [3]. Given that a fetus is more sensitive to toxins relative to children or adults and blood methyl Hg (MeHg) in a fetus tends to be higher than that in the childbearing mother [4], there could be a heightened risk for miscarriage and fetal deformity when the mother is exposed to the toxic compound, even though the amount of exposure was below the permitted level with no indication of poisoning [5]. It is therefore necessary for women of childbearing age to be cautious, as all have the potential to become child bearers.

Hg exposure in women of childbearing age has various clinical indications. Exposure to MeHg is understood to be mainly due to consumption of seafood, causing biological magnification of Hg in the





Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 4907; doi:10.3390/ijerph17134907

www.mdpi.com/journal/ijerph

LAMPIRAN SURAT PERNYATAAN KESEDIAAN PEMBIMBING



**INSTITUT TEKNOLOGI KESEHATAN & SAINS
WIYATA HUSADA SAMARINDA**
Izin Menristekdikti RI Nomor : 1040/KPT/1/2019

 itkeswhs
 itkeswhs
 www.itkeswhs.ac.id
 info@itkeswhs.ac.id


Jl. Kadrie Oening No. 77 Samarinda - Kalimantan Timur, Telp/Fax (0541) 7272431

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan kesediaan saya untuk menjadi Pembimbing Pertama dari mahasiswa berikut :

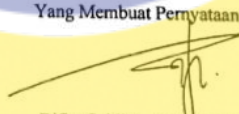
Nama	: Hakim Sinaga
NIM	: 18.200.019.03
Program Studi	: D-III Analis Kesehatan
Judul Karya Tulis Ilmiah	: Gambaran Efektivitas Pemeriksaan Keracunan Merkuri Dengan Perbandingan Sampel Biologis

Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya dan penuh kesadaran



Samarinda, 16 Febuari 2021

Yang Membuat Pernyataan



Rifky Saldi A. Wahid, S.Farm., M.Kes
NIK. 1141049219148

Institut Teknologi Kesehatan & Sains Wiyata Husada Samarinda

"Hold The Future N..."

Abstract Surat Pernyataan Kesediaan Pembimbing 1

LAMPIRAN SURAT PERNYATAAN KESEDIAAN PEMBIMBING



**INSTITUT TEKNOLOGI KESEHATAN & SAINS
WIYATA HUSADA SAMARINDA**
Izin Menristekdikti RI Nomor : 1040/KPT/1/2019

 itkeswhs
 itkeswhs
 www.itkeswhs.ac.id
 info@itkeswhs.ac.id

Jl. Kadrie Oening No. 77 Samarinda - Kalimantan Timur, Telp/Fax (0541) 7272431

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan kesediaan saya untuk menjadi Pembimbing Kedua dari mahasiswa berikut :

Nama : Hakim Sinaga
 NIM : 18.200.019.03
 Program Studi : D-III Analis Kesehatan
 Judul Karya Tulis Ilmiah : Gambaran Efektivitas Pemeriksaan Keracunan Merkuri Dengan Perbandingan Sampel Biologis

Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya dan penuh kesadaran

Samarinda, 16 Febuari 2021
 Yang Membuat Pernyataan


Siti Raudah, S.Si., M.Si
 NIK. 1141048510012



Institut Teknologi Kesehatan & Sains Wiyata Husada Samarinda

"Hold The Future Now"

Abstract Surat Pernyataan Kesediaan Pembimbing 2

RIWAYAT HIDUP



Hakim Sinaga adalah nama penulis Karya Tulis Ilmiah Literature Review ini. Lahir pada tanggal 3 Mei 1993 di Kota Pematangsiantar, Sumatera Utara. Penulis merupakan anak terakhir dari 7 bersaudara, putra bungsu dari pasangan Bapak Herman Sinaga dan Ibu Risma Siagian. Tempat tinggal penulis beralamatkan di Jalan Pangeran Suryanata, Perumahan Bukit Pindang, Blok AH-01, Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur.

Riwayat pendidikan penulis pada tahun 1998 memulai jenjang pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 01 Tanjung Redeb, Kabupaten Berau dan lulus pada tahun 2004. Pada Tahun 2004 melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri 03 Tanjung Redeb, Kabupaten Berau dan lulus pada tahun 2007. Selepas SMP penulis pun melanjutkan jenjang pendidikan di Sekolah Menengah Atas Swasta Kesatuan 1, Kota Samarinda dan lulus pada tahun 2010. Pada Tahun 2018 penulis melanjutkan jenjang pendidikan dan terdaftar sebagai mahasiswa Perguruan Tinggi Swasta di ITKES Wiyata Husada Samarinda dengan mendalami jurusan Analisis Kesehatan dan lulus pada tahun 2021.

Dengan ketekunan serta motivasi yang tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir Karya Tulis Ilmiah Literature Review yang berjudul **“Gambaran Efektivitas Pemeriksaan Keracunan Merkuri Dengan Sampel Biologis”**. Semoga dengan penulisan tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan khususnya dalam Program Studi Analisis Kesehatan.