

**ANALISIS FAKTOR RISIKO PAPARAN MERKURI (Hg)
PADA PENAMBANG EMAS DI KELURAHAN KAWATUNA
KOTA PALU SULAWESI TENGAH**

***EXPOSURE FACTOR ANALYSIS RISK OF MERCURY (Hg) FOR IN THE
GOLD MINERS VILLAGE KAWATUNA PALU IN CENTRAL SULAWESI***

NOVARIANTI



PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2013

**ANALISIS FAKTOR PAPARAN MERKURI (Hg)
PADA PENAMBANG EMAS DI KELURAHAN KAWATUNA
KOTA PALU SULAWESI TENGAH**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi
Kesehatan Masyarakat

Disusun dan diajukan oleh

NOVARIANTI

Kepada

**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2013

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan Tesis berjudul Analisis Faktor Paparan Merkuri (Hg) pada Penambang Emas di Kelurahan Kawatuna Kota Palu Sulawesi Tengah. Tesis ini penulis ajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin Makassar.

Ucapan terima kasih kepada Dr. Anwar Daud, SKM.,M.Kes selaku Pembimbing I dan sekaligus Ketua Konsentrasi Kesehatan Lingkungan dengan kesabaran dan sikap yang bersahaja telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tesis ini dan kepada Dr. Ida Leida Maria, SKM.,M.Kes.MSc.PH selaku Pembimbing II dengan kesabaran, ketekunan dan kelembutan telah membimbing dalam penyusunan Tesis ini. Di samping itu kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Mursalim, selaku Direktur Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin Makassar
2. Dr. dr. Noer Bachry Noor.,M.Sc selaku ketua program Studi Kesehatan Masyarakat Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin Makassar
3. dr. Hasanuddin Ishak, M.Sc.,PhD selaku penguji yang telah memberi koreksi dan saran demi penyempurnaan Tesis ini.

4. Prof.Dr.dr. Muhammad Syafar, MS selaku penguji yang telah memberi koreksi dan saran demi penyempurnaan Tesis ini.
5. Prof. Dr. Ir. Budimawan, DEA selaku penguji yang telah memberikan koreksi dan saran demi penyempurnaan Tesis ini.
6. Almarhum kedua Orang tuaku, Ayahanda tersayang Zainuddin Dj Maulud dan Ibunda tercinta Sadiyah Mustaqim beserta saudaraku Rustam, Edy Setiawan, Rahmat Sarif serta semua keluarga yang secara tulus dan ikhlas mendoakan, memotivasi serta memberikan perhatian, semangat dan bantuan dalam menyelesaikan pendidikan ini
7. Semua Dosen di program studi kesehatan masyarakat program pasca sarjana Universitas Hasanuddin Makassar, yang telah memberikan ilmu selama penulis menjalani pendidikan.
8. Staf Konsentrasi Kesehatan Lingkungan Universitas Hasanudin: Mustika yang sangat kooperatif melayani kami selama menjalani pendidikan.
9. Udin Djabu, SKM., M.Kes selaku Direktur Poltekkes Palu yang telah memberikan kesempatan kepada penulis guna melanjutkan proses pendidikan Magister di Universitas Hasanuddin Makassar.
10. Kepala Kelurahan Kawatuna yang telah memberi izin kepada peneliti untuk melaksanakan penelitian dan stafnya khususnya seksi Trantib yang membantu peneliti dalam penyelenggaraan penelitian ini di lapangan.

10. Kepala Puskesmas Kawatuna yang juga telah banyak membantu peneliti dalam penyelenggaraan penelitian ini di lapangan.
 11. Tenaga Kesling Puskesmas , yakni sanitarian yang dengan kesabaran dan ketekunan membantu dalam penelitian ini. Semoga Allah SWT membalas kerja keras kalian, amin.
 12. Teman – teman di Konsentrasi Kesling : Mifta, Iksan, Ucu, Debora, Sri Sulastri, Fajar, Abel, Sabril, dan lainnya yang tak dapat kami sebutkan satu persatu, sesungguhnya kebersamaan dengan kalian adalah pengalaman yang tak terlupakan.
 13. Teman – teman di Poltekkes Palu Jurusan Kesling yang juga banyak memberikan masukannya bagi peneliti.
- Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmatnya kepada umatNya yang selalu bermohon kepadaNya. AMIN.

Makassar, 2013

Novarianti

ABSTRAK

NOVARIANTI. *Analisis Faktor Paparan Merkuri (Hg) pada Penambang Emas di Kelurahan Kawatuna Kota Palu Sulawesi Tengah* (dibimbing oleh Anwar Daud dan Ida Leida Maria).

Penelitian ini bertujuan menganalisis faktor paparan (jenis aktivitas penambang, lama kerja, frekuensi paparan, masa kerja, status gizi dan kebiasaan merokok) yang berhubungan dengan konsentrasi merkuri dalam urin penambang emas di Kelurahan Kawatuna.

Jenis penelitian ini adalah *observasional* dengan desain *cross sectional*. Populasi penelitian adalah seluruh pekerja 430 penambang emas di Kelurahan Kawatuna dengan sampel penelitian sebanyak 79 orang sesuai kriteria inklusi. Data penelitian diambil melalui panduan wawancara dengan kuisioner dan pemeriksaan laboratorium kandungan merkuri dalam urin. Kadar merkuri (Hg) urin rata-rata sebesar 3,142 µg/l.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada hubungan antara jenis aktivitas penambang ($p = 0,000$), lama kerja ($p = 0,000$) dan Frekuensi paparan ($p = 0,000$) dengan konsentrasi merkuri dalam urin penambang emas. Tidak ada hubungan antara masa kerja ($p = 0,055$), status gizi ($p = 0,555$), dan kebiasaan merokok ($p = 0,266$) dengan konsentrasi merkuri dalam urin penambang emas. Diperlukan perhatian dalam waktu kerja yakni jam kerja perhari, perminggu dan penggunaan alat pelindung diri.

Kata Kunci : Merkuri, Penambang, Urin.

ABSTRACT

NOVARIANTI. *Exposure Factor Analysis of Mercury (Hg) in the Gold Miners Village Kawatuna Palu in Central Sulawesi* (supervised by Anwar Daud and Ida Leida Maria).

This study aims to analyze some exposure factors (type of mining activity, duration of work, frequency of exposure, period of employment, nutrition and smoking status) related to mercury concentration in the urine of gold miners in Kawatuna Village.

The research was conducted as an observational study with cross-sectional design. The population included 430 gold miners at Kawatuna village, while the samples were 79 gold miners who fulfilled the inclusion criteria. The data were collected from interviews guided with questionnaires and laboratory tests of mercury content in urine. The average level of mercury (Hg) urine was of 3,142 µg/l.

The results reveal that the concentration of mercury in the urine of gold miners is correlated with the type of mining activity ($p = 0.000$), duration of employment ($p = 0.000$) and exposure frequency ($p = 0.000$) It is not correlated with working period ($p = 0.055$), nutrition status ($p = 0.555$), and smoking habit ($p = 0.266$). It is necessary to pay attention on the working hours (daily and weekly working) and the use of personal protective equipment.

Key words: Mercury, Miners, Urine.

This study aims to analyze the exposure factors (type of mining activity, duration of work, frequency of exposure, period of employment, nutrition and smoking status) were associated with the concentration of mercury in the urine of gold miners in the Village Kawatuna.

The study was an observational cross-sectional design. The study population was around 430 workers in the gold mining village with a sample Kawatuna 79 people fit the inclusion criteria. Data empirically taken through a questionnaire and an interview guide with laboratory tests of mercury in the urine. Levels of mercury (Hg) urine average of 3,142 $\mu\text{g} / \text{l}$

The results showed that there is a relationship between the type of mining activity ($p = 0.000$), duration of employment ($p = 0.000$) and frequency of exposure ($p = 0.000$) with the concentration of mercury in the urine of gold miners. There is no relationship between the working period ($p = 0.055$), nutritional status ($p = 0.555$), and smoking ($p = 0.266$) concentrations of mercury in the urine premises gold miners. Care is needed in the working hours of working time per day, per week and use of personal protective equipment.

Key words: Mercury, Miners, Urine.

Pernyataan Keaslian Tesis

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Novianti

Nomor Pokok : P180 121 1502

Program Studi : Kesehatan Masyarakat

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa tesis ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makasar, Agustus 2013

Yang menyatakan

Novianti

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PRAKATA	iii
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	9
C. Tujuan Penelitian	9
D. Manfaat Penelitian	10
E. Ruang Lingkup Penelitian	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	12
A. Tinjauan Umum Penambangan Emas di Desa Kawatuna	12
B. Tinjauan Umum Logam Berat	15
C. Tinjauan Umum Merkuri (Hg)	17
D. Tinjauan Umum Merkuri dalam Urin	33

E. Tinjauan Umum Dampak Merkuri terhadap Kesehatan	38
F. Tinjauan Umum Faktor-Faktor yang mempengaruhi Kadar Merkuri dalam Urin	42
G. Tabel Sintesa	48
H. Kerangka Teori	49
I. Kerangka Konsep	50
J. Hipotesis	51
K. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	52
BAB III METODE PENELITIAN	55
A. Jenis dan Desain Penelitian.....	55
B. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	55
C. Populasi dan Sampel.....	55
D. Teknik Pengumpulan Data	58
E. Pengolahan dan Analisis Data	60
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	62
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	62
B. Hasil Penelitian.....	81
C. Pembahasan	96
D. Keterbatasan Penelitian	102
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	103
A. Kesimpulan	108
B. Saran	109
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Batas Ambang Indeks Massa Tubuh	47
Tabel 2.	Sintesa beberapa Penelitian Merkuri	48
Tabel 3.	Cara Mengukur Variabel	54
Tabel 4.	Distribusi Sepuluh Penyakit Terbesar di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun (2010-2012)	65
Tabel 5.	Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Umur, Tingkat Pendidikan dan IMT di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	67
Tabel 6.	Distribusi Variabel Penelitian Berdasarkan Pemeriksaan Hg dalam Urin di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	68
Tabel 7.	Distribusi Pemeriksaan Hg dalam urin berdasarkan Kelompok Umur di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	69
Tabel 8.	Distribusi Pemeriksaan Hg dalam urin berdasarkan Jenis Pekerjaan di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	70
Tabel 9.	Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Pemeriksaan Hg dalam Urin di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	70

Tabel 10. Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Jenis Pekerjaan di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	71
Tabel 11. Distribusi Pemeriksaan Hg dalam Urin berdasarkan Jenis Pekerjaan dan Jam Kerja di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	72
Tabel 12. Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Jam Kerja di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	73
Tabel 13. Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Frekuensi Paparan di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	73
Tabel 14. Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Masa Kerja yang Dihisap di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	74
Tabel 15. Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Jumlah Rokok Tubuh di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	74
Tabel 16. Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Tingkat IMT di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	75
Tabel 17. Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Indeks Massa Tubuh di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	75

Tabel 18.	Hubungan Jenis Pekerjaan dengan Kadar Hg dalam Urin Pekerja di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	76
Tabel 19.	Hubungan Jami Kerja dengan Kadar Hg dalam Urin Pekerja di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	77
Tabel 20.	Hubungan Frekuensi Kerja dengan Kadar Hg dalam Urin Pekerja di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	78
Tabel 21.	Hubungan Masa Kerja dengan Kadar Hg dalam Urin Pekerja di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	79
Tabel 22.	Hubungan Kebiasaan Merokok dengan Kadar Hg dalam Urin Pekerja di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	80
Tabel 23.	Hubungan Indeks Massa Tubuh dengan Kadar Hg dalam Urin Pekerja di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore Kota Palu Tahun 2013	81

Tabel 24. Rekapitulasi Variabel Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kadar Hg dalam Urin Penambang Emas di Kelurahan Kawatuna Tahun 2013	81
Tabel 25. Hasil Analisis Bivariat yang dijadikan Model Analisis Multivariat	82
Tabel 26. Hasil Analisis Regresi Logistik antara Variabel Potensial dengan Kadar Hg dalam Urin Penambang Emas di Kelurahan Kawatuna Tahun 2013	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Proses Kerja pada Penambangan Emas di Kawatuna	13
Gambar 2.	Skema Toksikokinetik Merkuri dalam Tubuh	30
Gambar 3.	Kerangka Teori	49
Gambar 4.	Kerangka Konsep	50
Gambar 5.	Grafik Tiga Jenis Penyakit Terbesar pada Tiga Tahun Terakhir di Kelurahan Kawatuna	66

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Form Kuesioner Analisis Faktor Paparan Merkuri (Hg) pada Penambang Emas di Kelurahan Kawatuna Kota Palu Sulawesi Tengah
- Lampiran 2. Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri (Hg) dalam Urin
- Lampiran 3. Peta Lokasi Penelitian
- Lampiran 4. Dokumentasi Kegiatan
- Lampiran 5. Master Tabel Penelitian
- Lampiran 6. Hasil Analisis SPSS
- Lampiran 7. Surat Izin Penelitian dari Direktur PPs UNHAS Makassar
- Lampiran 8. Surat Izin Penelitian dari Gubernur Sulawesi Selatan Cq. Balai Penelitian dan Pengembangan Daerah
- Lampiran 10. Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada lima tahun terakhir di Indonesia jumlah titik rawan pertambangan emas skala kecil telah meningkat dua kali lipat hal ini disebabkan tingginya harga emas. Di tahun 2010 ditemukan sekitar 9000 titik rawan dan melibatkan sekitar 250.000 petambang termasuk para perempuan dan anak-anak kecil di bawah umur (Ismawati, 2010).

Kegiatan pertambangan emas memang banyak memberikan perubahan, baik dari sisi positif maupun negatif di suatu daerah. Salah satu dampak positifnya memberikan pendapatan bagi pemerintah, pengusaha, penambang maupun masyarakat disekitarnya, karena material yang dihasilkan bernilai tinggi. Namun tanpa disadari dampak negatifnya dari penggunaan merkuri dalam aktifitas pertambangan emas, yaitu timbulnya pencemaran (air, udara dan tanah) serta memberikan gangguan kesehatan masyarakat dan para penambang.

Merkuri mudah menguap ke atmosfer, diperkirakan bahwa `dalam setiap gram emas yang dihasilkan, terdapat sekitar 1-3 gram merkuri yang terlepas ke lingkungan dari proses amalgamasi konsentrat. Namun demikian praktek yang sudah familiar dilakukan oleh pekerja tambang tradisional adalah *Whole Or Amalgamation (WOA)* yang mana proses ini adalah proses yang melepaskan merkuri lebih banyak ke udara, hingga

mencapai 20-50 gram merkuri per gram emas (Telmer, 2007). Hal ini pekerja penambang tidak menyadari bahwa merkuri bisa masuk ke dalam tubuhnya selama proses kerja berlangsung baik melalui kulit maupun pernapasan.

Merkuri (Hg) dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui inhalasi, yaitu melalui paru-paru yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan kerja dan paparan, biasanya dalam bentuk uap, melalui ingesti, dimana makanan yang terkontaminasi merkuri, dalam bentuk senyawa Hg organik dan terakhir dengan cara peresapan melalui kulit (WHO, 2000).

Jenis pekerjaan dalam kegiatan penambangan emas berkaitan dengan kontak pekerja terhadap merkuri. Kegiatan penggalian batuan emas mempunyai risiko paparan merkuri yang lebih kecil daripada kegiatan penggelandung dan pemijar. Karena proses ini pekerja tidak mengalami kontak langsung dengan merkuri, walaupun diperkirakan terdapat merkuri di alam. Hal ini sesuai dengan penelitian Maywati (2011), bahwa ada hubungan jenis pekerjaan ($p = 0,001$) dengan kadar Hg dalam darah penambang.

Pertambangan emas skala kecil yang ditemukan di berbagai tempat di Indonesia antara lain di Pongkor (Bogor), Karanglayung (Tasikmalaya), Sekotong (Lombok Barat), Tumpang Pitu (Banyuwangi), Talawaan (Sulawesi Utara), Hulawa (Gorontalo) dan Galangan (Kalimantan Tengah). Dalam pengolahan biji emas penambang masih mengandalkan merkuri dalam proses amalgamasi. Batuan yang

mengandung biji emas ditumbuk/diperkecil hingga ukuran 1-2 cm kemudian digiling didalam gelundungan/tromol bersamaan dengan merkuri setelah itu terbentuk amalgam, selanjutnya proses pencucian dan penyaringan untuk memisahkan pasir/batuan halus dari amalgam, kemudian dilanjutkan dengan penggarangan/pemijaran untuk menguapkan merkuri agar mendapatkan emas. Kegiatan ini dibagi menjadi beberapa kelompok jenis pekerjaan yaitu : pekerja penambang urat kuarsa, pengolah proses amalgam dan pekerja penggarangan.

Penelitian Passos (2008), menunjukkan adanya kontaminasi merkuri akibat kegiatan penambangan emas di sekitar sungai Amazon, yaitu adanya toksisitas merkuri (Hg) pada urin dan darah pekerja tambang emas beserta tanda dan gejala keracunan merkuri.

Paparan merkuri yang diterima oleh tubuh tergantung lama jam kerja dalam sehari dan terakumulasi dalam berapa hari kerja selama seminggu. Lama jam kerja berkaitan dengan lamanya pekerja kontak dengan merkuri dalam sehari. Semakin panjang lama kontak maka akan semakin panjang juga jumlah waktu pajanannya. Hal tersebut sesuai dengan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan diantaranya Rianto, dkk., (2012), pada pekerja tambang emas tradisional di Desa Jendi Kecamatan Selogiri Kabupaten Wonogiri, bahwa 66,67% pekerja telah mengalami keracunan merkuri melebihi NAB WHO ($4 - 5 \mu\text{g/L}$) dengan rerata kandungan merkuri di dalam darahnya $53,5 \mu\text{g/L}$ dan terdapat hubungan yang signifikan antara lama kerja ($p = 0,047$), frekuensi

(jumlah hari) kerja dalam seminggu ($p = 0,027$) dengan kadar merkuri dalam darah.

Berdasarkan penelitian Lestarisa (2010), pada penambang emas tanpa ijin di Kecamatan Kurun, rata-rata kadar merkuri di rambut penambang 3,3764 $\mu\text{g}/\text{gr}$ dan telah melebihi nilai ambang batas yang diperbolehkan WHO yaitu 1-2 mg/kg. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa ada hubungan antara lama kerja terhadap kadar merkuri di rambut penambang. Hal yang sama diamati Petasule (2012), pada pemijar dan pengolah emas di Desa Hulawa Kabupaten Gorontalo Utara bahwa ada hubungan antara lama kerja ($p = 0,046$) dengan kadar merkuri dalam rambut, dimana dari 29 orang sampel terdapat 24 orang (82,8%) keracunan merkuri.

Hasil penelitian lain oleh Base-Oreilly (2010), di Indonesia bahwa pencemaran merkuri di dua tempat berbeda yaitu daerah Talawaan (Sulawesi Utara) dan Galangan (Kalimantan Tengah), menunjukkan adanya merkuri telah mengkontaminasi sedimen dan peningkatan kadar merkuri pada ikan lokal di kedua daerah tersebut. Selanjutnya hasil investigasi toksisitas merkuri pada para pekerja tambang menunjukkan 55% di daerah Galangan (Kalimantan Tengah) dan 62% di daerah Talawaan (Sulawesi Utara) dengan tanda dan gejala toksisitas merkuri, seperti gangguan pergerakan (*ataxia, tremor, dysdyadochokinesia*). Hasil pemeriksaan urin dan darah pekerja tambang menunjukkan kadar merkuri

yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan masyarakat sekitar sebagai kelompok kontrol.

Berdasarkan hasil penelitian Ismawati dan Felix (2011), menunjukkan bahwa udara di Kota Palu sudah tercemar dengan merkuri dengan kisaran 20 hingga 5.900 nanogram/m³ sementara di Negara Jepang, standar merkuri hanya 400 nanogram/m³. Konsentrasi merkuri tertinggi berada di dua lokasi pusat pengoperasian tromol di Poboya, Kecamatan Palu Timur dengan konsentrasi rata-rata masing-masing 4.050 dan 5.986 nanogram per meter kubik, dan bahkan di beberapa titik, kadar merkuri mencapai 50 ribu nanogram.

Penggunaan merkuri untuk mengolah tambang emas di Poboya saat ini sudah semakin mengkhawatirkan, tidak saja memberi dampak terhadap pencemaran udara tetapi juga kesehatan bagi penambang emas karena ditemukan kadar merkuri dalam darah dan rambut telah melebihi ambang batas. Dari hasil pemeriksaan 102 orang penambang ditemukan sampel darah sebanyak 23 orang (22,5 %) mikrogram/liter melebihi NAB WHO (5 - 10µg/L) dan sampel rambut sebanyak 33 orang (32,4%) melebihi NAB WHO (10 - 20 µg/L) (Dinkes, 2011).

Untuk memperkirakan atau menghitung pajanan (jumlah yang diabsorpsi atau dosis internal), efek-efek bahan kimia dan kerentanan pada individu menggunakan biomarker yang bertujuan untuk melihat hubungan sebab akibat dan doses-respon dalam assesment risiko, diagnosis klinis dan tujuan monitoring. Biomarker pajanan yang umum

digunakan adalah pemeriksaan kadar Hg dalam darah, urine dan rambut (Hanafiah, 2011). Darah dan urine digunakan sebagai marker, apakah seseorang terpapar oleh Hg metal atau Hg-anorganik. Beberapa hal bisa menjadi faktor resiko terhadap kadar merkuri dalam urin antara lain jenis pekerjaan penambang, lama kontak, frekuensi paparan dengan merkuri, masa kerja dan status gizi (Maywati, 2011).

Ada tiga kelompok gejala keracunan merkuri anorganik adalah pemajanan kadar tinggi uap merkuri, pemajanan berulang uap merkuri dan pemajanan senyawa Merkuri anorganik. Pemajanan ini berpotensi menimbulkan gejala klinik pada manusia berupa : *Respiratory distress* (bronkhitis, *bronkiolitis*, *pneumonitis interstitialis*, sukar bernafas, batuk), kerusakan tubuli ginjal, kasus berat membawa kematian, gejala neurologi (tremor) dan *irritability* (tak dapat tidur, ketidakstabilan emosi dan lain - lain). Bila pemajanan tidak berlangsung lama bisa diharapkan penderita bisa pulih kembali (Depkes, 2006).

Keracunan akut dapat terjadi pada paparan jangka pendek dengan uap Hg logam dalam kadar beberapa mg/m^3 udara menyebabkan iritasi membran mukosa bronkus, stomatitis dengan salivasi yang meningkat, dan pneumonitis yang diikuti demam dan dispnea. Penelanan tak sengaja garam-garam anorganik seperti merkuri (II) klorida (HgCl_2), menyebabkan nekrosis lokal di mulut dan saluran cerna, kolaps sirkulasi, dan gagal ginjal akut dengan oligouria dan anuria. Bronkitis akut, pneumonitis interstisial dan stomatitis yang disebabkan air raksa, dipastikan dengan riwayat

kerja yang relevan, bukti-bukti paparan kerja terhadap kadar tinggi air raksa dalam udara, dan kadar air raksa yang tinggi dalam kemih (WHO, 1995).

Berdasarkan penelitian dari Wardiyatun dkk, 2009, bahwa dari 18 penambang emas yang bekerja dibagian penggelandungan dan pemijaran di Desa Rengas Tujuh Kecamatan Tumpang Titi, terdapat merkuri di dalam urin dengan kisaran antara 2,32 – 45, 29 µg/l dengan rata-rata kadar merkuri 7,618 µg/l. Serta 8 orang (44,4%) yang kandungan merkuri dalam urinnnya sudah melebihi Nilai Ambang Batas. Hal ini berkaitan dengan lama kerja dari penambang emas yaitu 60 jam/minggu, memiliki masa kerja 12 – 15 tahun dan tidak pernah menggunakan alat pelindung diri.

Masa kerja berkaitan dengan akumulasi bahan kimia di dalam tubuh. Semakin lama orang bekerja, semakin sering pula orang tersebut terpapar dan kontak secara langsung dengan merkuri. Toksisitas kronis berupa gangguan sistem pencernaan dan sistem syaraf atau gingivitis. Gangguan sistem syaraf berupa tremor, parkinson, gangguan lensa mata berwarna abu-abu sampai abu-abu kemerahan, serta anemia ringan (Widiowati, dkk, 2008; WHO, 1995).

Faktor lain yang berkaitan dengan keterpaparan merkuri pada seseorang adalah kebiasaan merokok. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Health Canada (2004) mengatakan bahwa kandungan merkuri pada asap *mainstream* rokok mencapai 11,5 nanogram (ng) per

batang, sedangkan pada asap *sidestream* rokok mencapai 16,6 nanogram (ng) per batang rokok. Oleh karena itu, semakin sering seseorang merokok maka tingkat keterpaparannya terhadap merkuri semakin tinggi. Penelitian lain yang dilakukan oleh Hong (2013) mengatakan bahwa merokok berhubungan secara signifikan dengan akumulasi kadar merkuri dalam rambut, dan konsentrasi merkuri berhubungan dengan tekanan darah sistol ($p\text{-value} = 0,005$) dan distol ($p\text{-value}=,0001$).

Selain itu, indeks massa tubuh (IMT) bisa berkaitan dengan keterpaparan seseorang pada merkuri. Dimana orang dengan berat badan yang besar, cenderung kadar racunnya kecil begitu juga sebaliknya pada seseorang dengan berat badan yang rendah, maka kadar racun yang mungkin diterima tubuhnya lebih besar (Donatus, dkk., 2001). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk melihat hubungan IMT dengan kandungan merkuri di dalam tubuh. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ryo, dkk. (2010) dan Barbosa, dkk (2000) mengatakan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara indeks massa tubuh dengan kadar merkuri dalam rambut.

Kelurahan Kawatuna adalah salah satu Kecamatan Mantikulore, Kota Palu, Sulawesi Tengah merupakan areal aktifitas pengolahan tambang emas sejak tahun 2009 hingga sekarang, dimana bahan materialnya berasal dari Kelurahan Poboya, berdasarkan data Badan Lingkungan Hidup (2012), jumlah penambang emas tradisional di

Kawatuna mencapai 430 orang dan jumlah tromol yang beroperasi berkisar 515 unit, alat penumbuk batu 32 buah dan tong 32 buah.

Pengolahan emas di Kawatuna merupakan salah satu dari beberapa tempat pengolahan diluar lokasi penggalian emas Poboya. Para penambang sudah menggeluti pekerjaannya lebih dari 4 tahun dan menggunakan merkuri selama itu tanpa alat pelindung. Hal ini memungkinkan keterpaparan merkuri yang sangat tinggi terhadap para penambang yang dapat menyebabkan keracunan merkuri. Sehingga lokasi ini sangat tepat dijadikan sebagai tempat penelitian untuk mengukur risiko paparan merkuri pada penambang serta faktor-faktor yang mempengaruhinya.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: “ Faktor apa saja yang berhubungan dengan paparan merkuri (Hg) pada penambang emas di Kelurahan Kawatuna Kota Palu?”

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Menganalisis faktor-faktor yang berhubungan dengan konsentrasi merkuri (Hg) pada urin penambang emas di Kelurahan Kawatuna.

2. Tujuan Khusus

- a. Menentukan konsentrasi merkuri (Hg) dalam urin penambang emas.
- b. Menganalisis jenis aktivitas penambang dengan konsentrasi Hg dalam urin.
- c. Menganalisis lama kerja dengan konsentrasi Hg dalam urin penambang emas.
- d. Menganalisis frekuensi paparan dengan konsentrasi Hg dalam urin penambang emas.
- e. Menganalisis masa kerja dengan konsentrasi Hg dalam urin penambang emas.
- f. Menganalisis status gizi dengan konsentrasi Hg dalam urin penambang emas.
- g. Menganalisis kebiasaan merokok dengan konsentrasi Hg dalam urin penambang emas.

D. Manfaat Penelitian

1. Bagi Masyarakat

Sebagai informasi untuk menambah pengetahuan petambang emas tanpa ijin dan masyarakat dalam hal penggunaan bahan merkuri terhadap proses pengelolaan biji emas serta dampak pengaruh merkuri terhadap lingkungan dan bahaya

penyakit terhadap kesehatan masyarakat sekitar lokasi penambangan.

2. Bagi Pemerintah

Sebagai bahan informasi dan pertimbangan kepada pemerintah daerah propinsi khususnya Badan Lingkungan Hidup (BLH), Dinas Kesehatan Propinsi/Kota dalam perencanaan, pemantauan dan pengendalian Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) serta Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan (ADKL).

3. Bagi Pengusaha

Sebagai bahan informasi kepada pengusaha PETI dalam mengambil kebijakan pengaturan manajemen lingkungan khususnya dalam proses biji emas dengan menggunakan bahan merkuri.

4. Bagi Mahasiswa

Dapat dijadikan sebagai tambahan ilmu, pengetahuan dan wawasan yang luas dalam mengetahui risiko yang di timbulkan logam berat pada lingkungan.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini bersifat observasional dengan pendekatan cross sectional studi mengenai faktor risiko paparan merkuri (Hg) pada penambang emas di Kelurahan Kawatuna seperti jenis pekerjaan

penambang, Lama kerja, frekuensi paparan, masa kerja, status gizi dan kebiasaan merokok. Subyek penelitian adalah pekerja pengolah biji emas yang tinggal menetap di Kelurahan Kawatuna dan obyek penelitian adalah kadar merkuri (Hg) dalam urine pekerja.

BAB II

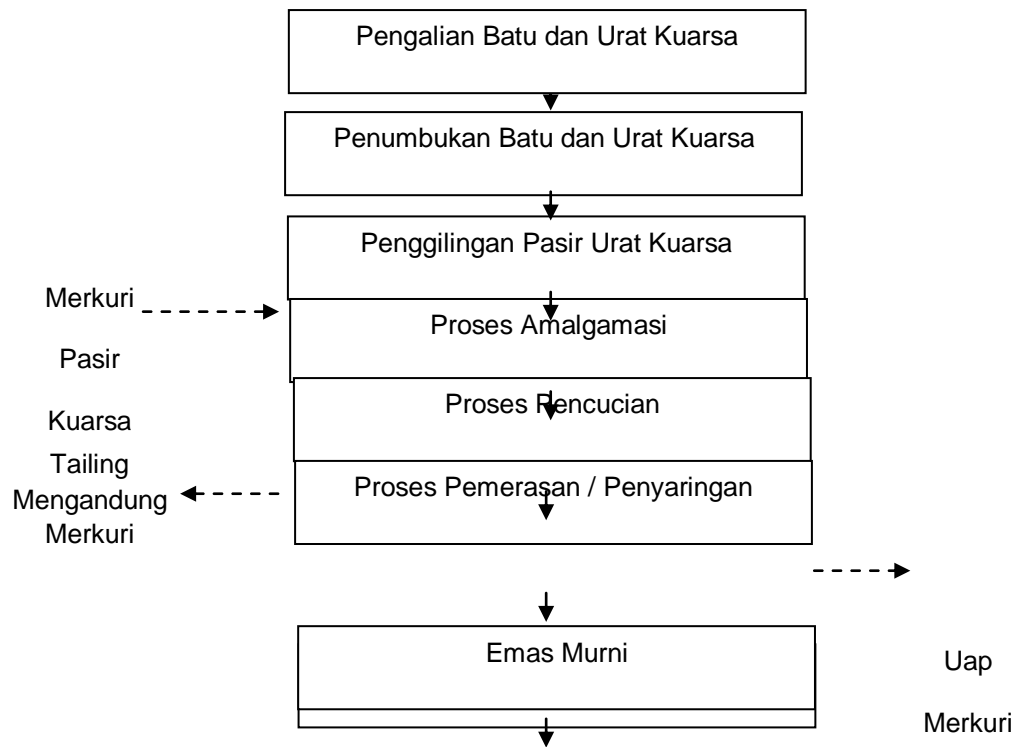
TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Penambangan Emas di Desa Kawatuna

Usaha pertambangan emas rakyat adalah suatu usaha pertambangan emas yang dilakukan oleh masyarakat setempat secara kecil-kecilan atau secara gotong royong dengan alat-alat sederhana untuk pencarian sendiri. Kegiatan pertambangan emas primer secara tradisional yang dilakukan oleh masyarakat dicirikan oleh teknik axplorasi dan exploitasi yang sederhana dan relatif murah. Untuk pekerjaan penggalian atau penambangan masyarakat menggunakan alat tradisional seperti, cangkul, linggis, gancok, palu dan beberapa alat tradisional lainnya (Anonim, 2008)

Kawatuna adalah salah satu kelurahan di Kecamatan Mantikolore, Sulawesi Tengah. Kawatuna telah menjadi areal aktifitas pengolahan tambang emas diawal tahun 2009 hingga sekarang dengan bahan materialnya berasal dari Poboya. Jumlah penambang emasnya sekitar 430 orang, tromol yang beroperasi berkisar 515 unit, tumbuk-tumbuk 36 unit dan tong 32 buah. Metode pengolahan emas yang dilakukan adalah dengan cara tradisional melalui proses amalgamasi. Batuan yang mengandung biji emas ditumbuk sampai berukuran 1 - 2 cm, selanjutnya dimasukkan ke dalam tromol ditambahkan air dan merkuri sebanyak 4 ons (400 gr), kemudian tromol ditutup dengan rapat dan digiling selama 4 sampai 6 jam sampai membentuk emas amalgam (alloy). *Amalgam* kemudian dipisahkan melalui proses pemijaran sampai didapat logam paduan

emas dan perak (*bullion*). Adapun proses pengolahannya dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Proses Kerja pada Penambangan Emas di Kawatuna

Keterangan:

1. Batu dan urat kuarsa diambil dari dasar bumi dengan cara membuat sumur (*vertical shaft*) dan terowongan (*adit*). Penggalian dilakukan mengikuti arah batu dan urat kuarsa yang diperkirakan memiliki kadar emas tinggi.
2. Setelah batu dan urat kuarsanya diangkat ke permukaan, terlebih dahulu batu dan urat kuarsa tersebut ditumbuk hingga berukuran 1-2 cm agar mempermudah dalam proses selanjutnya.

3. Lalu batu dan urat kuarsa tersebut digiling dengan alat gelundungan (*trommel*), sehingga didapat bentuk serbuk pasir urat kuarsa.
4. Serbuk pasir kuarsa dalam gelundungan dicampur dengan merkuri ditambah air sebagai media pencampur, proses *amalgamasi* ini berlangsung selama 6 - 8 jam.
5. Kemudian campuran adonan tersebut dicuci dengan cara menyemprotkan atau disiram air.
6. Lalu dilakukan pemerasan / penyaringan menggunakan kain parasut.
7. Setelah didapat logam paduan (*alloy*), maka dilakukan pengekstraksian bijih emas dengan proses penggarangan atau yang lebih dikenal dengan proses peleburan bijih emas dengan cara memijarkan emas dengan api.
8. Dari keseluruhan proses, akhirnya didapatkan hasil berupa emas murni. Jika jumlahnya banyak, maka akan dicetak dalam bentuk batangan.

Namun, proses yang dilakukan yang dijelaskan memiliki resiko yang sangat besar. Limbah yang dihasilkan sangat berbahaya baik untuk pekerja, maupun untuk alam kita. Maka dalam penambangan ini harus di perhatikan beberapa unsur. Unsur tersebut antara lain :

- a) Lokasi ekstraksi bijih harus terpisah dari lokasi kegiatan penambangan.
- b) Dilakukan pada lokasi khusus baik untuk amalgamasi untuk meminimalkan penyebab pencemar bahan berbahaya akibat peresapan kedalam tanah, terbawa aliran air permukaan maupun gas yang terbawa oleh angin.
- c) Dilengkapi dengan kolam pengendap yang berfungsi baik untuk mengolah seluruh tailing hasil pengolahan sebelum dialirkan ke perairan bebas.

- d) Lokasi pengolahan bijih dan kolam pengendap diusahakan tidak berada pada daerah banjir.
- e) Hindari pengolahan dan pembuangan tailing langsung ke sungai.

Selain itu, setelah proses penambangan selesai harus dilakukan tahapan reklamasi. Proses ini merupakan proses pengembalian hutan atau alam yang rusak kembali seperti semula. Proses ini biasanya dilakukan dengan cara penanaman hutan kembali dengan memanfaatkan tanah humus atau tanah subur yang diangkat untuk mendapatkan cadangan yang di tambang.

Proses reklamasi diharapkan bisa membuat bekas tambang menjadi kembali subur. Hal ini dikarenakan pada proses penambangan pasti akan merusak alam sekitar tambang tersebut.

B. Tinjauan Umum Logam Berat

1. Pengertian Logam Berat

Unsur-unsur logam dibagi menjadi dua golongan berdasarkan bobot jenisnya yaitu logam ringan (natrium, kalsium, aluminium, dan lain-lain) mempunyai bobot jenis lebih kecil dari 5 g/cm^3 , sedangkan logam berat (merkuri, timbal, cadmium, selenium, arsenik, dan lain-lain) mempunyai bobot lebih besar dari 5 g/cm^3 (Palar, 2004).

Widowati, dkk (2008) mengemukakan terdapat 80 jenis logam berat dari 109 unsur kimia di muka bumi ini. Logam berat dibagi ke dalam dua jenis, yaitu :

- a. Logam berat esensial; yaitu logam dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme, tetapi dalam jumlah yang berlebihan logam

tersebut bisa menimbulkan efek toksik. Contohnya adalah Zn, Cu, Fe, Mn, Co, dan lain sebagainya.

- b. Logam berat tidak esensial; yaitu logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat toksik. Contohnya adalah Hg, Cd, Cr, dan Pb.

2. Sumber-sumber Logam Berat

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia tidak terpisahkan dari benda-benda yang berasal dari logam. Logam digunakan untuk membuat alat perlengkapan rumah tangga, seperti sendok, garpu, pisau, dan berbagai jenis peralatan rumah tangga lainnya (Widowati, dkk, 2008).

Kegiatan manusia merupakan suatu sumber utama pemasukan logam ke alam lingkungan perairan, beberapa kegiatan manusia yang menjadi sumber utama masuknya logam berat ke dalam lingkungan yakni (Connel dan Miller, 1995 dalam Fardiaz, 2004) :

- a. Kegiatan pertambangan. Eksploitasi timbunan bijih dengan cara membongkar permukaan tanah atau batuan akan mempercepat proses pelapukan. Sebagai contoh terbukanya mineral pirit dan sulfida lainnya terhadap oksigen atmosfer dan kelembaban mengakibatkan oksidasi mineral ini dan pembentukan air saluran buangan tambang yang asam.
- b. Cairan limbah rumah tangga dan limbah perkotaan. Jumlah logam runtuhan yang cukup besar disumbangkan ke dalam cairan limbah rumah tangga dan juga oleh sampah-sampah metabolik, korosi pipa-pipa air dan produk-produk konsumen (misalnya formula detergen yang mengandung Fe, Mn, Cr, Cd, Ni, Co, Zn)

- c. Limbah dan buangan industri. Emisi logam dari pembakaran bahan bakar fosil juga merupakan sumber utama pemacu logam di udara yang pada akhirnya akan masuk ke dalam perairan.
- d. Aliran pertanian. Tanah-tanah pertanian banyak mengandung limbah logam berat yang berasal dari obat-obatan untuk kegiatan pertanian dan pupuk.

C. Tinjauan Umum Merkuri (Hg)

1. Pengertian Merkuri

Merkuri adalah unsur yang mempunyai nomor atom (NA) 80 sertamempunyai masa molekul relatif (MR =200,59).Merkuri diberikan simbol kimia Hg yang merupakan singkatan yang berasal bahasa Yunani Hydrargyricum,yang berarti cairan perak. Bentuk fisik dan kimianya sangat menguntungkan karena merupakan satu-satunya logam yang berbentuk cair dalam temperatur kamar (25°C), titik bekunya paling rendah (-39°C),mempunyai kecenderungan yang lebih besar ,mudah bercampur dengan logam lain menjadi logam campuran (Amalgam/Alloi), juga dapat mengalirkan arus listrik sebagai konduktor baik tegangan arus listrik tinggi maupun tegangan arus listrik rendah.

Merkuri dilepaskan ke atmosfer melalui pelbagai kegiatan manusia, utamanya berasal dari pembakaran sampah rumah tangga dan limbah industri, dan khususnya pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara. Asap yang mengandung merkuri dapat dengan mudah ditrasportasikan melalui udara dan mengendap di daratan serta air (Palar, 2004).

2. Sifat Merkuri

Logam merkuri atau air raksa mempunyai nama kimia hydragyrum yang berarti perak cair (Palar, 2004). Merkuri dan senyawa-senyawanya tersebar luas di alam, mulai dari batuan, air, udara dan bahkan dalam tubuh organisme hidup. Di alam merkuri biasanya dijumpai dalam bentuk logam merkuri dan ion-ion merkuri.

Secara umum logam merkuri mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (Palar, 2004):

- a. Berwujud cair pada suhu kamar (25°C) dengan titik beku paling rendah sekitar -39°C .
- b. Masih berwujud cair pada suhu 396°C . Pada temperatur 396°C ini telah terjadi pemuaihan secara menyeluruh.
- c. Merupakan logam yang paling mudah menguap jika dibandingkan dengan logam-logam yang lain.
- d. Tahanan listrik yang dimiliki sangat rendah, sehingga menempatkan Hg sebagai logam yang sangat baik untuk menghantarkan daya listrik.
- e. Dapat melarutkan bermacam-macam logam untuk membentuk alloy yang disebut juga dengan amalgam.
- f. Merupakan unsur yang sangat beracun bagi semua makhluk hidup, baik itu bentuk tunggal (logam) ataupun dalam bentuk persenyawaan.

Duffus (1980), menjelaskan bentuk dan penggunaan merkuri. Merkuri berada dalam bentuk senyawa, satu di antaranya yang paling utama adalah Sinabar (HgS) yang sudah ditambang sejak 700 SM. Pada saat ini digunakan dalam industri dalam tiga bentuk : senyawa logam, senyawa organik, dan senyawa anorganik. Penggunaan paling besar adalah dalam produksi alat elektronik. Penggunaan terbesar kedua adalah dalam industri kloro-alkali,

yang memproduksi klorin dan soda kaustik dengan cara elektroforesis larutan sodium klorida dengan menggunakan merkuri sebagai katoda dalam sel elektrolisis. Penggunaan terbesar ketiga di dunia adalah dalam fungisida termasuk pelindung benih (*seed dressings*), meskipun perlu dicatat bahwa di beberapa negara penggunaannya telah dilarang (Palar, 2004).

Merkuri merupakan logam yang dalam keadaan normal berbentuk cairan berwarna abu-abu, tidak berbau dengan berat molekul 200,59. Tidak larut dalam air, alkohol, eter, asam hidroklorida, hidrogen bromida dan hidrogen iodida; Larut dalam asam nitrat, asam sulfurik panas dan lipid. Tidak tercampurkan dengan oksidator, halogen, bahan-bahan yang mudah terbakar, logam, asam, logam karbida dan amine. Toksisitas merkuri berbeda sesuai bentuk kimianya, misalnya merkuri inorganik bersifat toksik pada ginjal, sedangkan merkuri organik seperti metil merkuri bersifat toksik pada sistem syaraf pusat.

3. Sumber Merkuri (Hg)

Merkuri atau air raksa (Hg) muncul di lingkungan secara alamiah dan berada dalam beberapa bentuk yang pada prinsipnya dapat dibagi menjadi 3 bentuk utama yaitu (David K Tan et al, 2006; Clarkson W.Thomas, 2002; WHO, 1989).

- a. **Merkuri metal (elemental mercury) (Hg⁰)** merupakan logam berwarna putih, berkilau dan pada suhu kamar berada dalam bentuk cairan. Pada suhu kamar akan menguap dan membentuk Hg uap yang tidak berwarna dan tidak berbau. Makin tinggi suhu, makin banyak yang menguap. Banyak orang yang telah menghirup Hg mengatakan bahwa terasa logam dimulutnya.

Hg metal masih digunakan dalam beberapa herbal dan obat tradisional di Amerika Latin dan di Asia, digunakan juga dalam acara ritual seperti Voodoo, Santeria dan Espiritismo suku Caribia di Amerika Latin. Digunakan juga untuk bahan pembuat thermometer, barometer. Hg metal banyak digunakan untuk produksi gas chlorine dan caustic soda dan untuk pemurnian emas. Juga digunakan untuk pembuatan baterai, dan saklar listrik. Untuk bahan penambal gigi biasanya mengandung Hg metal 50% (WHO, 1976, 1989).

Estimasi yang dilakukan oleh WHO menyatakan bahwa sekitar 3% dari total konsumsi merkuri digunakan untuk dental amalgam. Dental amalgam ini merupakan campuran dari merkuri yang dicampur dengan perak, dan tin dengan komposisi 45-50% merkuri, 25-35% perak, 2-30% tembaga dan 15-30% tin. Estimasi yang dilakukan terhadap dokter gigi di Amerika menyatakan bahwa penggunaan Hg rata-rata berkisar 0,9–1,4 kg amalgam/tahun. Paparan yang ditimbulkannya adalah Hg uap.

- b. **Senyawa merkuri anorganik** terjadi ketika Hg dikombinasikan dengan elemen lain seperti chlorine (Cl), sulfur atau oksigen. Senyawa-senyawa ini biasa disebut garam-garam Hg. Senyawa Hg anorganik berbentuk bubuk putih atau kristal, kecuali merkuri sulfida (HgS) yang biasa disebut Chinabar adalah berwarna merah dan akan menjadi hitam setelah terkena sinar matahari. Senyawa Hg anorganik digunakan sebagai fungisida. Garam-garam merkuri anorganik termasuk amoniak merkuri chlorida dan merkuri iodide digunakan untuk cream pemutih kulit. Merkuri chlorida (HgCl₂) adalah sebagai antiseptik atau disinfektan.

Pada waktu lampau, merkurous chlorida digunakan dalam dunia kedokteran untuk obat penjahar (urus-urus), obat cacing dan bahan penambal gigi. Senyawa kimia lain yang mengandung Hg masih digunakan sebagai anti bakteri. Produk ini termasuk mercurochrome (mengandung 2% mercuric sulfide) dan mercuric oksida digunakan untuk zat warna pada cat, sedangkan mercuric sulfide digunakan pula sebagai pewarna merah pada tattoo. Merkuri chlorida juga digunakan sebagai katalis, industri baterai kering, dan fungisida dalam pengawetan kayu. Merkuri asetat digunakan untuk sintesa senyawa organomercuri, sebagai katalis dalam reaksi-reaksi polimerisasi organik dan sebagai reagen dalam kimia analisa (IARC, 1993). Senyawa-senyawanya banyak digunakan sebagai disinfektan, pestisida, bahan cat, antiseptik, baterai kering, fotografi, di pabrik kayu dan pabrik tekstil (WHO, 1976; Clarkson W. Thomas, 2002).

- c. **Senyawa Hg organik** terjadi ketika Hg bertemu dengan carbon atau organomercuri. Banyak jenis organomercuri, tetapi yang paling populer adalah metilmercuri (dikenal dengan monometilmercuri) $\text{CH}_3\text{—Hg—COOH}$. Pada waktu yang lampau, senyawa organomercuri yang dikenal adalah penilmercuri yang digunakan dalam beberapa produk komersial. Organomercuri lainnya adalah dimetilmercuri ($\text{CH}_3\text{—Hg—CH}_3$) yang juga digunakan sebagai standar referensi tes kimia. Di lingkungan ditemukan dalam jumlah kecil namun sangat membahayakan bagi manusia dan hewan.

Seperti senyawa Hg organik, metilmercuri dan penilmercuri ada dalam bentuk garam-garamnya seperti metilmercuri chloride dan penilmercuri

acetat. Metilmerkuri dihasilkan dari proses mikroorganisme (bacteria dan fungi) di lingkungan. Sampai tahun 1970an metilmerkuri dan etilmerkuri digunakan untuk mengawetkan biji-bijian dan infeksi fungi. Ketika diketahui adanya efek negatif terhadap kesehatan dari bahan berbahaya metilmerkuri dan etilmerkuri, maka penggunaan selanjutnya sebagai fungisida biji-bijian dilarang.

Sampai tahun 1991an penggunaan penilmerkuri sebagai antifungi pada cat dalam maupun cat luar bangunan masih diperbolehkan, tetapi penggunaan ini selanjutnya juga dilarang karena akan terjadi penguapan Hg dari cat-cat tersebut. Sabun dan krem yang mengandung merkuri telah digunakan dalam waktu yang lama oleh masyarakat kulit hitam di beberapa wilayah untuk pemutih kulit. Sabun biasanya mengandung merkuri 3% sedangkan krem pemutih mengandung merkuri 10%. Sabun dan krem pemutih digosokkan pada kulit dan dibiarkan kering atau digunakan sebelum tidur.

4. Kegunaan Merkuri (Hg)

Pemakaian bahan merkuri telah berkembang sangat luas. Merkuri digunakan dalam bermacam-macam pekerjaan (Palar, 2008).

1. Bidang perindustrian

Dalam industri khlor-alkali, merkuri digunakan untuk menangkap logam natrium (Na). Logam natrium tersebut dapat ditangkap oleh merkuri melalui proses elektrolisa dari larutan garam natrium klorida (NaCl). Sedangkan dalam industri pulp dan kertas banyak digunakan senyawa FMA (fenil merkuri asetat) yang digunakan untuk mencegah pembentukan kapur pada pulp dan kertas basah selama proses

penyimpanan. Merkuri juga digunakan dalam industri cat untuk mencegah pertumbuhan jamur sekaligus sebagai komponen pewarna.

2. Bidang pertanian

Merkuri banyak digunakan sebagai fungisida. Contohnya, senyawa metil merkuri disiano diamida ($\text{CH}_3\text{-Hg-NH-CH}_2\text{NHCN}$), metal merkuri siano ($\text{CH}_3\text{-Hg-CN}$), metil merkuri asetat ($\text{CH}_3\text{-Hg-CH}_2\text{-COOH}$), dan senyawa etil merkuri klorida ($\text{C}_2\text{H}_5\text{-Hg-Cl}$).

3. Bidang pertambangan

Logam merkuri digunakan untuk membentuk amalgam. Contohnya dalam pertambangan emas, logam merkuri digunakan untuk mengikat dan memurnikan emas.

4. Bidang kedokteran

Logam merkuri digunakan untuk campuran penambal gigi.

5. Peralatan fisika

Merkuri digunakan dalam termometer, barometer, pengatur tekanan gas dan alat-alat listrik.

5. Merkuri (Hg) di Lingkungan

Lingkungan merupakan media transmisi penyakit. Komponen lingkungan yang dapat memindahkan agent penyakit pada hakekatnya hanya ada lima yakni: udara, air, tanah/pangan, binatang/serangga dan manusia langsung.

Telah lama diketahui bahwa merkuri dan turunannya sangat beracun, sehingga kehadirannya di lingkungan perairan dapat mengakibatkan kerugian pada manusia karena sifatnya yang mudah larut dan terikat dalam jaringan tubuh organisme air. Selain itu pencemaran perairan oleh merkuri

mempunyai pengaruh terhadap ekosistem setempat yang disebabkan oleh sifatnya yang stabil dalam sedimen, kelarutannya yang rendah dalam air dan kemudahannya diserap dan terakumulasi dalam jaringan tubuh organisme air, baik melalui proses *bioaccumulation* maupun *biomagnifications* yaitu melalui rantai makanan.

Dikatakan pula bahwa fluktuasi merkuri di lingkungan air, terutama di daerah estuarin dan daerah pantai ditentukan oleh proses *precipitation*, *sedimentation*, *floculation* dan *reaksi adsorpsi desorpsi*. Akumulasi merkuri di dalam biota air, yaitu *phytoplankton* (*Chlorella sp*), *Mussel* (genus *Vivipare*) dan ikan herbivore *Gyrinocheilus aymonieri* (fam. *Gyrinocheilidae*) karena *uptake rate* merkuri oleh organisme air lebih cepat dibandingkan proses ekskresi (Gosselin et al, 1984).

Dalam WHO (1989) disebutkan bahwa merkuri di alam umumnya terdapat sebagai metil merkuri ($\text{CH}_3\text{-Hg}$), yaitu bentuk senyawa organik dengan daya racun tinggi dan sukar terurai dibandingkan zat asalnya. Merkuri yang dapat diakumulasi adalah merkuri yang bentuk metil merkuri, yang mana dapat diakumulasi oleh ikan atau shellfish, dan juga merupakan racun bagi manusia. Proses metilasi terpengaruh oleh adanya dominasi unsur sulfur (S), yaitu pada keadaan anaerob dan redokpotensial yang rendah. Faktor-faktor yang sangat berpengaruh di dalam pembentukan metal merkuri antara lain : suhu, kadar ion Cl^- , kandungan organik, derajat keasaman (pH), dan kadar merkuri.

Transfer dan transformasi merkuri dapat dilakukan oleh phytoplankton dan bakteri, disebabkan kedua organisme tersebut relatif mendominasi suatu perairan, dan juga oleh sea grasses. Bakteri dapat

merubah merkuri menjadi metil merkuri , dan membebaskan merkuri dari sedimen. Dalam kegiatannya bakteri membutuhkan bahan organik atau komponen-komponen karbon, nitrogen dan *posphat* sebagai makanannya.

Orang dapat terpapar uap Hg bila bernafas dalam lingkungan yang terkontaminasi oleh uap Hg, menelan atau makan makanan atau minum air yang terkontaminasi oleh Hg, dan melalui kulit yang kontak dengan Hg yang terdapat dalam cream pemutih kulit. Jadi paparan dapat melalui udara, makanan dan kontak dengan kulit (ATSDR, 1999; WHO, 2001). Ketika orang menelan Hg metal dalam jumlah kecil (misalnya dari termometer oral yang pecah) < 0,01% dari Hg tersebut akan masuk ke dalam tubuh melalui pencernaan dan tidak menimbulkan sakit. Bila jumlah lebih besar (misalnya setengah sendok teh = 204 gr) tertelan oleh seseorang, sangat kecil yang akan terserap oleh tubuh (ATSDR, 1999). Ketika menghirup uap Hg, 80% Hg masuk ke dalam aliran darah secara langsung melalui paru-paru, kemudian dengan cepat akan menyebar ke bagian-bagian lain termasuk ke otak dan ginjal.

Senyawa merkuri anorganik (Hg anorganik) seperti HgCl atau HgCl₂ (yang berbentuk bubuk putih) dan tidak teruapkan dalam suhu kamar, bila terhirup tidak diserap oleh tubuh semudah menghirup uap Hg metal. Ketika senyawa Hg anorganik terhirup, kurang dari 10% diserap oleh tubuh.. Hingga 40% masuk ke dalam tubuh melalui jalur pencernaan. Beberapa senyawa Hg anorganik dapat masuk ke dalam tubuh melalui kulit, tetapi hanya dalam jumlah kecil yang diserap oleh tubuh bila dibandingkan dengan Hg-anorganik yang masuk dalam tubuh melalui jalur pencernaan.

Senyawa alkil merkuri diabsorpsi melalui jalur pencernaan, pernapasan dan kulit. Hampir 90% diabsorpsi melalui jalur pencernaan dan ini sangat berbeda dengan Hg-anorganik dan penil merkuri yang hanya sedikit diserap melalui jalur pencernaan. Alkil merkuri dikonsentrasikan dalam liver, darah, otak, rambut. Waktu paruhnya 70 – 90 hari. Pengaruh negatifnya adalah terhadap sistem syaraf pusat. Ekskresi melalui empedu dan di reabsorpsi oleh darah. Hanya 10% yang diekskresikan melalui urine (Bryson D. Peter, 1989).

Metil merkuri (MeHg) sangat mudah diserap tubuh melalui jalur pencernaan (+ 95% diserap oleh tubuh). Setelah seseorang makan ikan atau makanan lain yang terkontaminasi oleh MeHg, maka MeHg akan masuk ke peredaran darah dengan mudah dan cepat tersebar ke seluruh jaringan tubuh. Hanya dalam jumlah kecil MeHg ke peredaran darah melalui kulit, tetapi bentuk lain Hg-organik yaitu dimethylmerkuri dapat dengan cepat masuk ke dalam tubuh melalui kulit. Senyawa Hg-organik dapat menguap secara perlahan-lahan pada suhu kamar dan dapat terhirup oleh orang yang berada di tempat tersebut. Ketika senyawa Hg-organik masuk aliran darah, akan secara cepat masuk ke jaringan-jaringan tubuh lainnya dan siap masuk ke otak.

Karena sifatnya yang sangat beracun, maka U.S. Food and Administration (FDA) menentukan pembakuan atau Nilai Ambang Batas (NAB) kadar merkuri yang ada dalam air sungai, yaitu sebesar 0,005 ppm. Food and Drug Administration (FDA) mengestimasi paparan Hg dari ikan rata-rata 50 µg/kg/hari atau kira-kira 3,5 µg/hari untuk orang dewasa dengan berat badan rata-rata (70 kg). Secara alamiah kandungan Hg di lingkungan

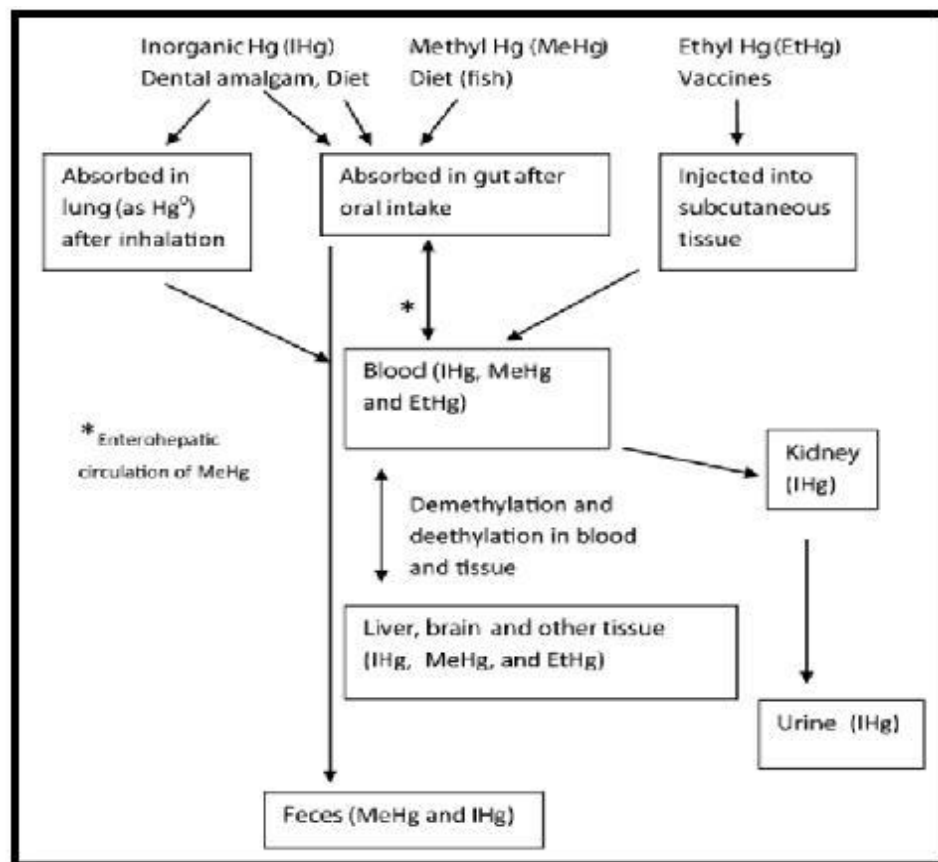
adalah sebagai berikut: Kadar total Hg udara = 10 – 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk udara outdoor di kota. Kadar total Hg air permukaan = 5 ppt = 5 $\mu\text{g}/\text{l}$ dan kadar total Hg dalam tanah 20 – 625 ppb.

6. Proses Masuk ke dalam Tubuh

Ada perbedaan yang cukup besar dalam metabolisme dan proses masuknya antara logam merkuri uap merkuri dan merkuri. Hal ini dikarenakan kelarutannya, uap merkuri menembus membran tubuh dan mudah diserap. Sedangkan uap merkuri dalam tubuh sangat terbatas karena cepat teroksidasi. Beberapa cara masuknya merkuri ke dalam tubuh dapat dilihat pada gambar 2:

a. Penyerapan Inhalasi

Uap merkuri dapat berikatan pada saat penyerapan dari alveolar udara karena difusi cepat uap merkuri melalui membran alveolar dan kapasitas sel darah merah untuk mengikat dan untuk mengoksidasi merkuri untuk merkuri. Oksidasi merkuri dan sel darah merah terjadi, setidaknya sebagian, di bawah pengaruh katalase. Oksidasi ini bisa dihambat oleh alkohol dan aminotriazole, dimana penyerapan dan retensi terhirup berkurang. Mengingat efek deadspace, penyerapan uap merkuri di tingkat menengah akan mencapai sekitar 80% pada konsentrasi di lingkungan kerja. Tingkat penyerapan yang sama adalah diperoleh setelah paparan sejumlah kecil radioaktif uap merkuri.



**Gambar 2. Skema Toksikokinetik Merkuri dalam Tubuh
(Barregard, 2011)**

b. Penelanan/Oral

Logam merkuri dapat diserap dari saluran pencernaan. Uap merkuri secara perlahan dilepaskan dari permukaan logam merkuri pada tingkat yang terkait sesuai luas permukaan. Kecenderungan logam merkuri untuk berikatan dengan sulfida semakin membatasi jumlah uap merkuri yang dapat akan diserap. Hal ini dapat mempengaruhi toksisitas merkuri di dalam tubuh

c. Kulit

Sekitar setengah dari jumlah merkuri yang diserap terjebak di kulit dan kemudian disimpan dalam jaringan bawah kulit. Melalui sistem serapan di daerah kulit dapat menyerap sebesar 1% dari paparan uap merkuri.

Adapun mekanisme kerja dari toksik merkuri/raksa (Hg) adalah sebagai berikut:

1. Absorpsi

Dari beberapa data pada manusia maupun hewan menunjukkan bahwa metal merkuri segera diserap melalui saluran cerna. Sampai 80 % uap senyawa metal merkuri seperti uap metil merkuri klorida dapat diserap melalui pernafasan. Penyerapan metil merkuri dapat juga melalui kulit. Merkuri setelah diabsorpsi di jaringan mengalami oksidasi membentuk merkuri divalen (Hg^{2+}) yang dibantu enzim katalase. Inhalasi merkuri bentuk uap akan diabsorpsi melalui sel darah merah, lalu ditransformasikan menjadi merkuri divalen (Hg^{2+}). Sebagian akan menuju otak, yang kemudian diakumulasi di dalam jaringan. Absorpsi dalam alat gastrointestinal dari merkuri anorganik asal makanan kurang dari 15 % pada mencit dan 7 % pada manusia, sedangkan absorpsi merkuri organik sebesar 90 – 95 %. Konsentrasi merkuri terbesar ditemukan dalam paparan merkuri anorganik dan merkuri uap, sedangkan merkuri organik memiliki afinitas yang besar terhadap otak, terutama korteks posteriorg.

2. Distribusi

Dari segi toksisitas, konsentrasi dalam darah merupakan indikator yang sesuai dari dosis yang diserap dan jumlah yang ada secara sistematis.

Metil merkuri terikat pada haemoglobin, dan daya ikatnya yang tinggi pada hemoglobin janin berakibat tingginya kadar merkuri pada darah uri dibandingkan dengan darah ibunya. Dari analisis, konsentrasi total merkuri termasuk bentuk merkuri organik, merkuri pada dalam bentuk termetilasi yang mudah masuk ke plasenta.

Suatu transport aktif pada sawar darah otak diperkirakan membawa metil merkuri masuk ke dalam otak. Dalam darah, logam yang sangat neurotoksik ini terikat secara eksklusif pada protein dan sulfhidril berbobot molekul rendah seperti sistein.

Asam amino yang penting pada rambut adalah sistein. Metil merkuri yang beraksi dan terikat dengan gugus sulfhidril pada sistein kemudian terserap dalam rambut, ketika pembentukan rambut pada folikel. Tetapi membutuhkan waktu paling tidak sebulan untuk dapat terdeteksi dalam sampel potongan rambut pada pengguntingan mendekati kulit kepala.

3. Metabolisme

Metil merkuri dapat dimetabolisme menjadi metil anorganik oleh hati dan ginjal. Metil merkuri dimetabolisme sebagai bentuk Hg^{++} . Metil merkuri yang ada dalam saluran cerna akan dikonversi menjadi merkuri anorganik oleh flora usus.

4. Eksresi

Ekskresi merkuri dari tubuh melalui urin dan feses dipengaruhi oleh bentuk senyawa merkuri, besar dosis merkuri, serta waktu paparan. Ekskresi metal merkuri sebesar 90 % terjadi melalui feses, baik paparan akut maupun kronis.

D. Tinjauan Umum Merkuri (Hg) dalam Urin

Merkuri (Hg) dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan yang terkontaminasi logam berat Hg yang biasanya dalam bentuk senyawa Hg organik, melalui organ pernafasan atau paru-paru (dipengaruhi oleh faktor lingkungan kerja dan pajanan biasanya dalam bentuk uap Hg) dan yang terakhir dengan cara peresapan melalui kulit seperti penggunaan kosmetika krim pemutih wajah yang mengandung Hg atau seperti yang terjadi pada tukang cat yang biasanya pajanan dalam bentuk senyawa Hg anorganik.

Biomarker dapat digunakan untuk memperkirakan pajanan (jumlah yang diabsorpsi atau dosis internal), efek-efek bahan kimia dan kerentanan pada individu, dan dapat diaplikasikan apakah dari makanan, lingkungan atau tempat kerja. Biomarker dapat digunakan untuk melihat hubungan sebab akibat dan dosis-respon dalam assessment risiko, diagnosis klinis dan tujuan monitoring.

Biomarker pajanan yang umum digunakan adalah pemeriksaan kadar Hg dalam darah, urine dan rambut. Alat yang digunakan untuk pemeriksaan kadar Hg adalah: *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* untuk memeriksa total merkuri dalam makanan, darah, urine rambut dan jaringan. *Gas Chromatography Electron - Capture* untuk memeriksa metil merkuri dalam makanan, jaringan dan cairan biologi. *Neutron Activation* untuk memeriksa total merkuri dalam semua media (World Health Organization, 1990).

Ada 3 bentuk biomarker yaitu (Hanafiah, 2011):

1. Biomarker pajanan: merupakan bahan eksogenus atau metabolitnya atau hasil dari interaksi antara agen xenobiotik dan beberapa molekul atau sel target yang diukur dari bagian dalam suatu organisme.

2. Biomarker efek: sesuatu yang bisa diukur secara kimiawi, fisiologi, perilaku atau perubahan lain dalam organisme yang tergantung pada cakupan, dapat dikenal sebagai asosiasi dengan kerusakan kesehatan atau penyakit.
3. Biomarker kerentanan merupakan suatu indikator dari inheren atau kemampuan yang diperlukan dari organisme untuk merespon suatu tantangan dari pajanan bahan xenobiotik.

Untuk mengetahui kandungan merkuri di dalam tubuh tidaklah mudah, cara yang akurat dan reliabel untuk mengukur Hg dalam tubuh karena pajanan merkuri dan senyawanya adalah tes kadar Hg dalam darah, urine, rambut dan air susu ibu (Mahaffey R. Kathryn, 2005; Grajean Phillippe et al, 2005; Tsuji S. Joyce, 2005; Clarkson W. Thomas, 2002). Tes ini untuk menghitung/memperkirakan dampak negatif kesehatan yang akan muncul oleh pajanan merkuri dalam bentuk senyawa Hg yang berbeda-beda.

Adapun beberapa hal yang perlu diketahui terhadap biomarker merkuri adalah sebagai berikut :

a. Merkuri dalam darah

Sedangkan pemeriksaan sampel darah merupakan pilihan utama pada pemaparan merkuri anorganik jangka pendek dengan konsentrasi tinggi karena merkuri dalam darah meningkat sangat cepat. Waktu paruh merkuri dalam darah \pm 2 hari, dengan demikian evaluasi terhadap merkuri dalam darah dilakukan terbatas jika jangka waktu sesudah pemaparan sangat penting. Sedangkan pemaparan merkuri organik pengukuran dilakukan dengan pengambilan sampel darah dan rambut. Pengukuran merkuri dalam darah biasanya digunakan untuk mengidentifikasi pemaparan metil merkuri.

Kadar merkuri dalam darah pada masyarakat umum biasanya, pemaparan melalui makanan (ikan, kerang, udang) dan air minum. Konsumen ikan kadar merkuri dalam darahnya lebih tinggi dibandingkan dengan yang jarang mengonsumsi ikan. Pemaparan metil merkuri dalam jangka panjang melalui makanan berhubungan linier dengan kadar merkuri dalam darah. Dan kadar merkuri dalam darah 5 - 10 kali lebih rendah dari kadar merkuri dalam otak, (WHO, 1990).

b. Merkuri dalam rambut

Sampel rambut tidak cocok untuk pengukuran paparan merkuri organik. Analisa merkuri dalam rambut biasanya digunakan untuk penilaian paparan yang terjadi pada ibu selama kehamilan.

c. Merkuri dalam urine

Sampel urine merupakan indikator terbaik terhadap kandungan merkuri dalam tubuh pada paparan merkuri anorganik jangka panjang karena paparan uap logam merkuri. Hal ini dikarenakan merkuri dalam urine mencapai puncaknya \pm 2 - 3 minggu setelah pemaparan dan berkurang dengan sangat lambat dengan waktu paruh 40 - 60 hari untuk pemaparan jangka pendek dan 90 hari untuk pemaparan jangka panjang (US. EPA, 2006). Pemaparan pada masyarakat umum kadar merkuri dalam urine jarang melebihi 10 $\mu\text{g/l}$, sedangkan pada pekerja berbanding lurus antara konsentrasi merkuri di udara dan urine.

Beberapa hasil studi menunjukkan bahwa tanda awal pengaruh kurang baik berkenaan dengan sistem syaraf pusat atau ginjal, pada konsentrasi kadar merkuri dalam urine antara 25 - 35 $\mu\text{g/l}$ kreatin. Dan apabila konsentrasi merkuri dalam urine melebihi 100 $\mu\text{g/l}$ kreatin secara pasti

mempunyai risiko efek kurang baik pada kesehatan, terutama pada sistem syaraf pusat, tremor, rasa cemas, erethism dan kerusakan ginjal dengan proteinuria dapat diamati. Sedangkan pada pemaparan antara 50 - 100 µg/l kreatin dalam urine gejalanya kurang terlihat (WHO, 1994).

Analisa atau pemeriksaan terhadap urin disebut urinalisa. Urinalisa merupakan pemeriksaan laboratorium yang penting karena hasil pemeriksaan dapat memberikan nilai diagnostik yang tinggi. Urin merupakan produk dari sistem saluran kemih (tractus urinarius) yang terdiri dari ginjal, ureter, kandung kemih (vesica urianrius) dan uretra, merupakan hasil akhir dari sistem kerja nephron yaitu proses filtrasioleh glomerulus, sekresi dan absorpsi oleh tubuli (Priyana, 2007; Gandasoebrata, 2007). Menurut WHO (1990) standar kadar merkuri (Hg) dalam urine rata-rata yaitu sebesar 4 µg/l.

Metode yang digunakan dalam pemeriksaan total kadar merkuri adalah *Atomic Absorbtion Spectrophotometer* (AAS) baik untuk pemeriksaan kadar merkuri dalam makanan, darah, urine, rambut dan dalam jaringan. *Gas Chomatography Electron Capture* digunakan untuk pemeriksaan metil merkuri dalam makanan, jaringan dan cairan biologis, sedangkan *Neutron Action* digunakan untuk pemeriksaan total merkuri dalam semua media (WHO, 1990).

E. Tinjauan Umum Dampak Merkuri terhadap kesehatan

Sebagian Hg yang tersapat di alam ini dihasilkan oleh sisa industri dalam jumlah ± 10.000 ton setiap tahunnya. Penggunaan Hg sangat luas di mana ±3000 jenis kegunaan dalam induatri pengolahan bahan-bahan kimia, proses

pembuatan obat-obatan yang digunakan oleh manusia serta sebagai bahan dasar pembuatan insektisida untuk pertanian.

Semua komponen baik dalam bentuk metil dan bentuk alkil yang masuk ke dalam tubuh manusia secara terus menerus akan menyebabkan kerusakan permanen pada otak, hati dan ginjal.

Ion Hg menyebabkan pengaruh toksik, karena terjadinya proses presipitasi protein menghambat aktivitas enzim dan bertindak sebagai bahan yang korosif. Hg juga terikat oleh gugus sulfhidril, fosforil, karboksil, amida dan amina, di mana dalam gugus tersebut Hg dapat menghambat fungsi enzim.

Studi epidemiologi menunjukkan bahwa keracunan metil dan etil merkuri sebagian besar disebabkan oleh konsumsi ikan yang diperoleh dari daerah tercemar atau makanan yang berbahan baku tumbuhan yang disemprot dengan pestisida jenis fungisida alkil merkuri. Pada tahun 1968 Katsuna melaporkan adanya epidemi keracunan Hg di Teluk Minamata, dan pada tahun 1967 terjadi pencemaran Hg di sungai Agano di Nigata. Pada saat terjadi epidemi, kadar Hg pada ikan di Teluk Minamata sebesar 11 ug/kg berat basah dan di sungai Agano sebesar 10 ug/kg berat basah. Kejadian di Irak pada tahun 1971-1972 terjadi keracunan alkil merkuri akibat mengkonsumsi gandum yang disemprot dengan alkil merkuri yang menyebabkan 500 orang meninggal dunia dan 6000 orang masuk rumah sakit.

a. Keracunan Akut

Keracunan Hg yang akut dapat menyebabkan terjadinya kerusakan saluran pencernaan, gangguan kardiovaskuler, kegagalan ginjal akut maupun

shock. Pada pemeriksaan laboratorium tampak terjadinya denaturasi protein enzim yang tidak aktif dan kerusakan membran sel.

Gejala keracunan akut antara lain seperti kehilangan nafsu makan, berat badan menurun dan *shyness*. Gejala keracunan kronik ringan adalah erethism, paraesthesia, kehilangan daya ingat, insomnia, tremor dan gingivitis, sweating (World Health Organization, 1976; Hunter et al, 1980).

b. Keracunan Kronis

Keracunan kronik merkuri organik sangat berbahaya karena mengakibatkan gangguan sistem syaraf pusat (central nervous system). Gejala pertama (sindrom) yang dirasakan antara lain rasa kesemutan, rasa baal pada kulit, jarak pandang mata menyempit, pendengaran berkurang, berjalan limbung, tremor, dan daya ingat yang berkurang, gangguan fungsi ginjal dan kesuburan, menimbulkan efek membahayakan terhadap otak janin (teratogenik) dan dapat menimbulkan cacat seumur hidup.

Keracunan metilmerkuri menimbulkan gangguan CNS seperti ataxia, pandangan menyempit, pendengaran menurun, neuropati, sifatnya tembus otak dan plasenta oleh karena itu sangat berbahaya bagi janin (David K Tan, 2006). Kasus keracunan di Jepang oleh metilmerkuri yang masuk ke dalam tubuh melalui makan ikan, terlihat pada 121 pasien menderita paraesthesia (mati rasa, dysarthria, daya ingat menurun, pandangan menyempit, pendengaran menurun, jalan limbung), CNS (ataxia, pandangan menyempit, pendengaran menurun, neuropati), secara fisik: ataxia, pandangan menyempit, pendengaran menurun, dan neuropati.

Anak-anak yang menghirup uap Hg, makan makanan atau bahan lain yang mengandung penilmerkuri atau mengandung garam-garam Hg-

anorganik atau menggunakan salep yang mengandung MeHg akan berkembang menjadi acrodynia atau sakit pink. Acrodynia dapat merupakan kram kaki yang parah, iritabilitas, dan kulit menjadi merah tidak normal diikuti dengan tangan, hidung, tungkai dan kaki yang mengelupas, gatal, bengkak, denyut jantung meningkat, tekanan darah meningkat, air liur atau keringat berlebihan, ruam, resah, sulit tidur dan lemah. Kejadian tersebut hanya pada anak-anak, tetapi baru-baru ini dilaporkan bahwa remaja dan orang dewasa telah menunjukkan gejala acrodynia (ATSDR, 1999). MeHg adalah senyawa kimia yang sangat dikenal dengan risiko terhadap perkembangan anak. Paparan dapat melalui makan ikan, roti yang terkontaminasi MeHg.

Ibu yang terpapar MeHg dapat memapari anaknya melalui air susu ibu. Kadang-kadang efek pada anak tidak begitu terlihat seperti pada perkembangan IQ atau efek pada otak (Ramirez B. Gloria et al, 2000; Oken Emili et al, 2005). Hanya dapat dideteksi dengan tes neuropsichologi. Pada saat lahir, anak terlihat normal, namun selanjutnya mengalami perkembangan bicara atau perkembangan yang lainnya lambat.

Kasus yang terjadi pada anak-anak di Iraq disebabkan karena makan roti yang terkontaminasi oleh pestisida yang mengandung MeHg, pada anak-anak di Jepang disebabkan karena makan ikan yang terkontaminasi MeHg. Penelitian retrospektif kadar Hg darah tali pusat pada 1.000 anak di P. Faroe pada umur 7 tahun yang telah terpapar waktu prenatal telah dilakukan. Setelah di adjust dengan berat badan, kenaikan MeHg darah tali pusat 1 – 10 Ig/l memberi kenaikan diastolik dan sistolik 13,9 dan 14,6 mmHg. Pada anak laki-laki MeHg darah tali pusat naik 1 – 10 Ig/l kecepatan jantungnya turun 47%.

Variasi kecepatan jantung refleksi dari kontrol autoimmune jantung. Kasus keracunan pada seorang anak berumur 19 tahun setelah 8 bulan bekerja di perusahaan tambang emas. Anak tersebut menderita tremor dan fatigue karena terpapar Hg dari tempat kerja. Hasil pemeriksaan menyatakan bahwa anak tersebut menderita tremor, dysdiadochokinesis dan mild rigidity. Hg urine 24 jam terdeteksi 715 nmol/l (= 148 µg/l). Sedangkan no adverse effect pada 250 nmol/l (50 µg/l) (Donoghue A.M., 1998).

F. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kadar Merkuri dalam Urin

1. Jenis Aktivitas Penambang

Aktivitas mendulang emas secara tradisional pada aliran sungai-sungai kecil, seperti : di Palangki, dibawah kaki gunung Serantak, rata-rata didominasi oleh ibu-ibu atau perempuan paruh baya, sementara untuk para laki-laki yang usianya masih muda dan kuat, mereka bekerja di lokasi tambang diatas gunung. Memahat batu dengan menggali lubang sedalam 4 meter. Kemudian batu yang dihasilkan itu dimasukan ke tromol untuk memperoleh butiran emas (Andika, 2010).

Jenis aktivitas penambang merupakan salah satu faktor yang bisa mempengaruhi kadar merkuri dalam urin penambang. Hal ini berkaitan dengan jenis kontak penambang dengan merkuri. Penambang yang bekerja sebagai pencampur merkuri (penggelundung) dan pemijar (penggarang) akan mengalami kontak langsung dengan merkuri. Sedangkan penambang yang bekerja sebagai penggali dan pemikul mengalami kontak tidak langsung dengan merkuri.

2. Lama Kerja

Adalah lama seseorang bekerja setiap harinya (dalam satuan jam) dan berapa hari dalam seminggu (dalam satuan hari), sehingga semakin lama jam kerja orang tersebut dalam sehari maka akan semakin banyak jumlah paparan merkuri yang diterima oleh tubuhnya, dan terakumulasi dalam berapa hari kerja selama seminggu. Lama jam kerja berkaitan dengan lamanya pekerja kontak dengan merkuri dalam sehari. Semakin panjang lama kontak maka akan semakin panjang juga jumlah waktu pajanannya. Akumulasi merkuri (Hg) dalam jaringan tubuh manusia akan sesuai dengan tingkat paparan seiring dengan bertambahnya umur seseorang dan waktu paparan. Gejala klinis keracunan (Me-Hg) sangat tergantung dari dosis dan lama pemajanan, sampai timbulnya gejala keracunan (dose-effect relationship) (Tugaswati, 1997).

3. Frekuensi Paparan

Intensitas pekerja kontak dengan merkuri dalam satu minggu yang dinyatakan dalam satuan hr/mg. Logam merkuri bersifat akumulatif maka semakin sering orang tersebut terpapar maka akan semakin banyak pula jumlah merkuri di dalam tubuhnya. Menurut Undang-Undang Ketenagakerjaan tahun 2003 mengatakan bahwa untuk orang yang bekerja 6 hari dalam seminggu, jam kerjanya adalah 7 jam dalam 1 hari dan 40 jam dalam 1 minggu. Sedangkan untuk karyawan dengan 5 hari kerja dalam 1 minggu, kewajiban bekerja mereka 8 jam dalam 1 hari dan 40 jam dalam 1 minggu.

4. Masa Kerja

Adalah lama seseorang bekerja (dalam satuan tahun), dan selama itu pula orang tersebut terpajan merkuri. Karena merkuri bersifat akumulatif maka

semakin lama orang tersebut bekerja akan semakin banyak pula jumlah merkuri di dalam tubuhnya. Masa kerja berkaitan dengan akumulasi bahan kimia di dalam tubuh. Semakin lama orang bekerja, semakin sering pula orang tersebut terpapar dan kontak secara langsung dengan merkuri. Para penambang pada umumnya tercemar merkuri melalui kontak dengan kulit dan menghirup uap merkuri pada saat proses pengolahan bahan tambang untuk mendapatkan logam emas. Saluran pernapasan merupakan jalan utama penyerapan raksa dalam bentuk unsur. Persen pengendapan dan akumulasinya adalah tinggi, lebih kurang 80% karena sifatnya yang larut di dalam lipida (Berlin 1979 dalam Alfian,2006) .

5. Merokok

Merokok dapat diartikan sebagai suatu kata atau aktivitas menghisap, sedangkan perokok adalah orang yang suka merokok (Kamus Besar Bahasa Indonesia, DEPDIKBUD, 2002). Rokok digunakan dengan cara dibakar pada salah satu ujungnya dan dibiarkan membara agar asapnya dapat dihirup lewat mulut pada ujung yang satunya.

Merokok dapat memberikan kontribusi bagi intake logam berat terhadap tubuh. Hal ini dapat dilihat dari laporan IPCS (1972) yang mengatakan bahwa perokok yang menghisap sekitar 20 batang rokok perhari, intake logam berat cadmium dalam tubuhnya dapat mencapai 5 µg per hari. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Health Canada (2004) mengatakan bahwa kandungan merkuri pada asap *mainstream* rokok mencapai 11,5 nanogram (ng) per batang, sedangkan pada asap *sidestream* rokok mencapai 16,6 nanogram (ng) per batang rokok. Oleh karena itu, semakin sering seseorang merokok maka tingkat keterpaparannya terhadap

merkuri semakin tinggi. Penelitian lain yang dilakukan oleh Hong (2013) mengatakan bahwa merokok berhubungan secara signifikan dengan akumulasi kadar merkuri dalam rambut, dan konsentrasi merkuri berhubungan dengan tekanan darah sistol (p -value = 0,005) dan distol (p -value=,0001). Akibat negatif dari rokok, sesungguhnya sudah mulai terasa pada waktu orang baru mulai menghisap rokok. Dalam asap rokok yang membara karena diisap, tembakau terbakar kurang sempurna sehingga menghasilkan CO (karbon mono oksida), yang disamping asapnya sendiri, tar dan nikotine (yang terjadi juga dari pembakaran tembakau tersebut) dihirup masuk ke dalam jalan napas. CO, Tar, dan Nikotin tersebut berpengaruh terhadap syaraf yang menyebabkan : Gelisah, tangan gemetar (tremor), cita rasa / selera makan berkurang.

Penggolongan kriteria perokok antara lain: (1) tidak merokok, apabila seseorang tidak pernah melakukan aktifitas membakar rokok dan kemudian menghisapnya sejak dari usia anak-anak hingga wawancara dilakukan; (2) perokok ringan, apabila mereka menghabiskan rokok sampai 10 batang per hari (3) perokok sedang, apabila mereka mampu merokok 11-20 batang per hari dan (4) perokok berat, apabila mereka mampu merokok 21 batang per hari atau lebih (Bustan, N.M., 2000).

6. Status Gizi

Adalah keadaan gizi seseorang, akibat dari keseimbangan antara konsumsi, penyerapan zat gizi dan penggunaan zat - zat gizi tersebut. Penilaian status gizi secara langsung dengan mengetahui antropometri (ukuran tubuh) seseorang, melalui perhitungan dengan rumus sebagai berikut (Supriasa, dkk., 2002) :

$$IMT = \frac{\text{Berat badan (kg)}}{\text{Tinggi badan (m)}^2}$$

Keterangan: IMT = Indeks Massa Tubuh

Tabel 1. Batas Ambang Indeks Massa Tubuh

IMT	Kategori	Keterangan
<17,0	Kurus	Kekurangan Berat Badan Tingkat Berat
17,0-18,5	Kurus	Kekurangan Berat Badan Tingkat Ringan
>18,5-25,0	Normal	Normal
>25,0-27,0	Gemuk	Kelebihan Berat Badan Tingkat Ringan
>27,0	Gemuk	Kelebihan Berat Badan Tingkat Berat

Sumber : WHO/FAO, 2003

Gizi berguna untuk mendukung aktifitas fisik maupun mental, sehingga orang tidak akan cepat lelah dalam bekerja dan mampu berfikir secara optimal (Handayani, 2002). Selain itu, orang dengan berat badan yang besar, cenderung kadar racunnya kecil begitu juga sebaliknya pada seseorang dengan berat badan yang rendah, maka kadar racun yang mungkin diterima tubuhnya lebih besar (Donatus, dkk., 2001).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ryo, dkk. (2010) dan Barbosa, dkk (2000) mengatakan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara indeks massa tubuh dengan kadar merkuri dalam rambut.

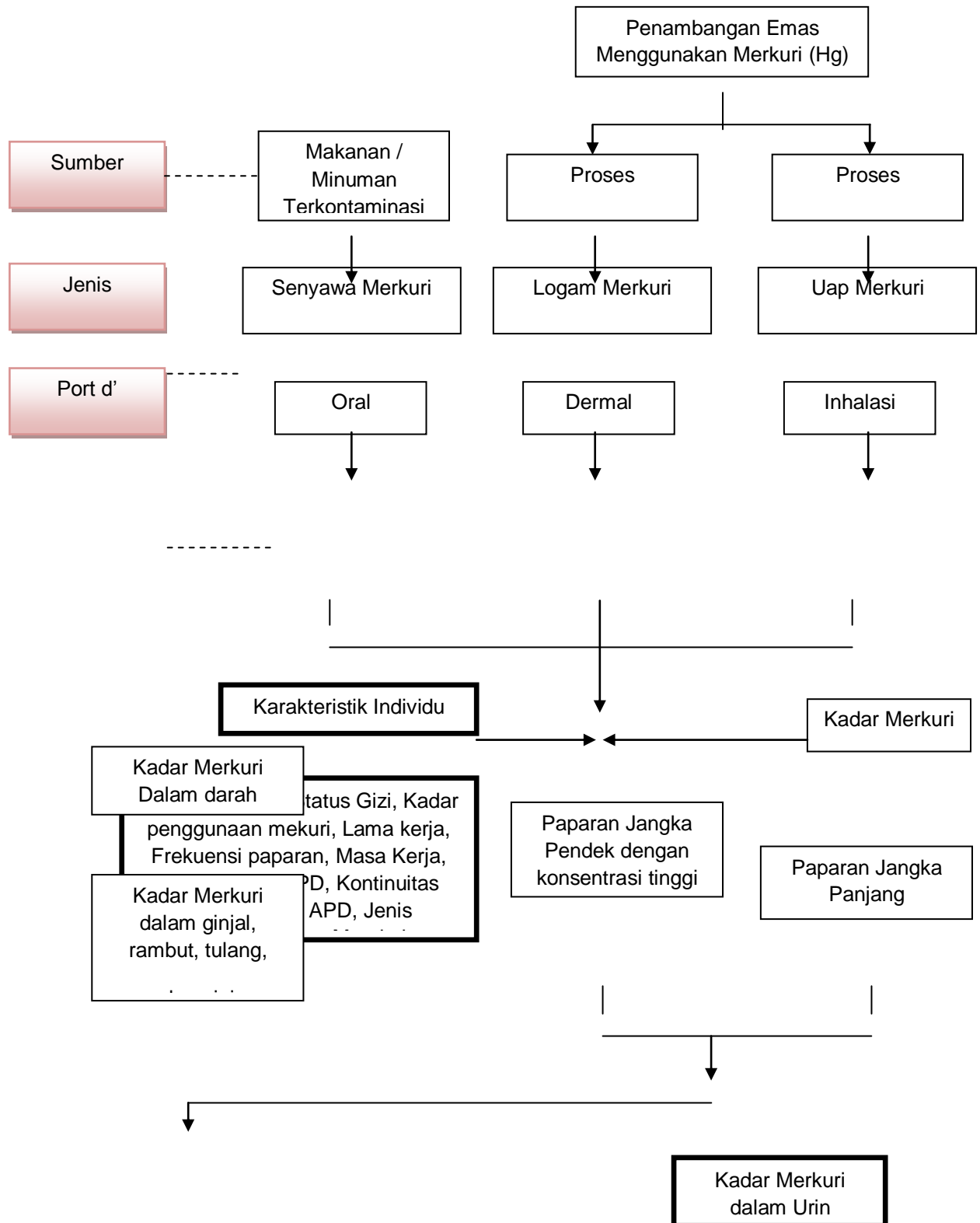
G. Tabel Sintesa

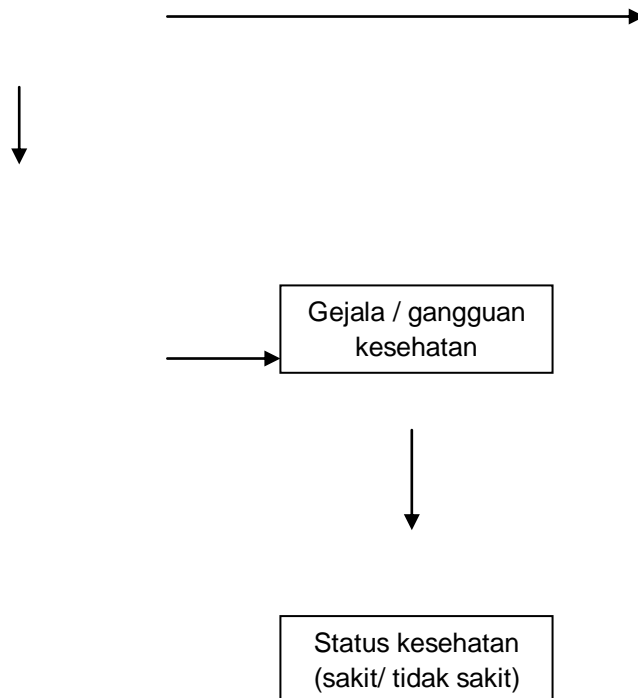
Tabel 2. Sintesis beberapa Penelitian Merkuri

No	Korelasi Studi				Temuan
	Peneliti / Tahun / Desain	Subyek	Lokasi	Tujuan	
1	Lestaris, 2010, <i>Cross sectional</i>	41 orang Pekerja tambang emas tradisional	Kecamatan Kurun, Kabupaten Gunung Mas	Mengetahui faktor-faktor yang berhubungan dengan keracunan Hg	Ada hubungan antara lama kerja/hari dengan keracunan merkuri pada penambang emas tanpa ijin (PETI) ($p=0,002$).
2	Rianto, dkk. 2012, <i>Cross sectional</i>	60 orang Pekerja tambang emas	Desa Jendi, Kabupaten Wonogiri	Mengetahui faktor yang berhubungan dengan keracunan merkuri	Ada hubungan lama kerja/jam kerja ($p=0,047$) dan jumlah hari kerja ($p=0,021$) dengan keracunan merkuri pada penambang emas.
3	Petasule, 2012, <i>Cross sectional</i>	29 orang Pemijar dan pengolah emas	Desa Hulawa Kabupaten Gorontalo Utara	Mengetahui faktor-faktor yang berhubungan dengan kadar Hg dalam rambut	Ada hubungan antara lama kerja/jam kerja ($p=0,046$) dan kelengkapan penggunaan APD terhadap kadar Hg dalam rambut pekerja.
4	Maywati, 2011 <i>Cross sectional</i>	42 orang pekerja tambang emas	Dusun Karangpaningal Desa Karanglayung, Tasikmalaya	Mengetahui faktor pekerjaan dengan kadar merkuri dalam darah	Ada hubungan jenis pekerjaan dengan kadar merkuri dalam darah ($p=0,001$)
5	Hong, 2013, <i>Case control</i>	236 orang yang berobat di rumah sakit pendidikan Ajou University School of	Republik Korea	Mengetahui kadar merkuri pada perokok dan kaitannya terhadap tekanan darah dan metabolisme lemak	Merokok berhubungan secara signifikan dengan akumulasi kadar merkuri dalam rambut, dan konsentrasi merkuri berhubungan dengan tekanan darah sistol (p -value = 0,005) dan distol

		Medicine			(p-value=,0001).
6	Ryo, dkk. 2010.	74 Wanita berusia 26-64 tahun.	Jepang	Mengetahui korelasi konsentrasi merkuri di rambut pada orang yang menambal gigi.	Tidak ada korelasi yang signifikan antara IMT dengan konsentrasi merkuri di rambut ($r = 0,060$).
7	Barbosa, dkk., 2000.	149 orang (dewasa dan anak-anak.)	Brazil	Mengetahui pengaruh jenis kelamin, umur, IMT terhadap kadar merkuri dalam rambut	Tidak ada hubungan signifikan antara kelompok umur dan BMI terhadap kadar merkuri dalam rambut.

H. Kerangka Teori



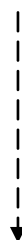


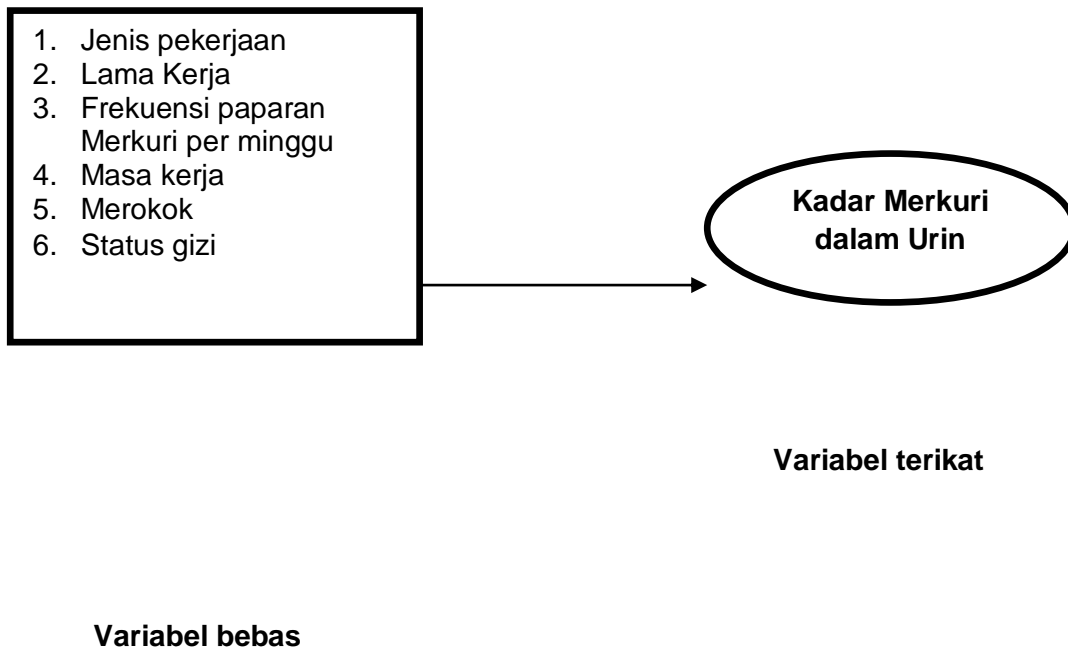
Gambar 3. Kerangka Teori

Sumber : Dari berbagai sumber di tinjauan pustaka

I. Kerangka Konsep

1. Imunitas
2. Kontaminasi merkuri pada makanan/minuma
3. Konsentrasi Hg di Udara
4. Penggunaan APD
5. Kebersihan individu





Gambar 3. Kerangka Konsep Penelitian

Keterangan:



= Variabel yang diteliti / Variabel bebas



= Variabel yang tidak diteliti



= Variabel yang diteliti / Variabel terikat

Dalam terminologi metodologi, variabel dapat diartikan sebagai segala sesuatu penggambaran dari suatu fenomena tertentu yang bervariasi. Variabel dalam penelitian ini, adalah (Sugiyono, 2005) :

1. Variabel bebas (*independent*) adalah variabel yang mempengaruhi variabel terikat meliputi: jenis pekerjaan, lama kerja, frekuensi paparan, masa kerja, merokok, dan status gizi.
2. Variabel terikat (*dependent*) adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas yaitu kadar merkuri dalam urin pada pekerja tambang emas skala kecil di Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikolore, Kota Palu, Propinsi Sulawesi Tengah.

J. Hipotesis

1. Ada hubungan antara jenis pekerjaan dengan kadar merkuri dalam urin pada pekerja tambang emas.
2. Ada hubungan antara lama kerja dengan kadar merkuri dalam urin pada pekerja tambang emas.
3. Ada hubungan frekuensi paparan merkuri dengan kadar merkuri dalam urin pada pekerja tambang emas.
4. Ada hubungan antara masa kerja dengan kadar merkuri dalam urin pada pekerja tambang emas.
5. Ada hubungan antara kebiasaan merokok dengan kadar merkuri dalam urin pada pekerja tambang emas.
6. Ada hubungan antara status gizi dengan kadar merkuri dalam urin pada pekerja tambang emas.

K. DEFINISI OPERASIONAL DAN KRITERIA OBJEKTIF

Definisi operasional dan kriteria objektif masing-masing variabel penelitian sebagai berikut :

1. Kadar Merkuri dalam urin adalah kandungan merkuri yang terdapat dalam urin pekerja bagian pencampuran proses amalgamasi, pemijaran, penggali, pemikul, penumbuk batu dan pengumpul ampas di Kawatuna. Jumlah sampel urin yang diambil sekitar 50 -100 ml.

Kriteria Objektif :

Normal : Jika pada sampel urin yang diperiksa dengan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* di temukan kadar $\leq 4,0 \mu\text{g/L}$ (Standar WHO, 1990).

Tidak Normal : Jika pada sampel urin yang diperiksa dengan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* di temukan kadar $> 4,0 \mu\text{g/L}$ (Standar WHO, 1990).

2. Jenis aktifitas penambang dalam penelitian ini adalah kegiatan atau aktivitas yang dilakukan penambang berkaitan dengan kontak pekerja terhadap merkuri.

Kriteria Objektif :

Kontak Langsung : Jika jenis pekerjaan sebagai pencampur merkuri (penggelundung) dan pemijar (penggarang).

Tidak kontak langsung : Jika jenis pekerjaan sebagai penggali, penumbuk batu, pengumpul ampas dan pemikul

3. Lama kerja dalam penelitian ini adalah lama (jam kerja) responden bekerja setiap hari dalam satuan jam/hari.

Kriteria Objektif :

Tidak normal : Jika jam kerja > 8 jam/hari

Normal : Jika jam kerja ≤ 8 jam/hari

4. Frekuensi paparan dalam penelitian ini adalah intensitas (hari kerja) responden kontak dengan merkuri setiap minggu dalam satuan hari/minggu.

Kriteria Objektif :

Tidak normal : Jika frekuensi paparan > 5 hari per minggu

Normal : Jika frekuensi paparan ≤ 5 hari per minggu

5. Masa kerja dalam penelitian ini adalah lama waktu (tahun) responden bekerja di tambang emas dimulai dari pertama bekerja sampai penelitian dilakukan.

Kriteria Objektif :

Lama : > 2 tahun

Baru : ≤ 2 tahun

6. Merokok dalam penelitian ini adalah kebiasaan responden merokok dalam sehari.

Kriteria objektif :

Tidak normal : Jika merokok > 20 batang per hari (perokok berat)

Normal : Jika merokok ≤ 20 batang per hari (bukan perokok berat).

7. Status gizi dalam penelitian ini adalah keadaan gizi responden yang dihitung dengan menggunakan rumus Indeks Massa Tubuh.

Kriteria objektif :

Tidak normal : Jika perhitungan IMT masuk dalam (skor \leq 18,5 dan \square 25).

Normal : Jika perhitungan IMT masuk dalam (skor \square 18,5– 25).

Tabel 3. Cara Mengukur Variabel

No	Variabel	Cara Ukur	Instrumen	Satuan	Skala Ukur
1	Konsentrasi Merkuri dalam Urin	Uji Laboratorium	Atomic Absorption Spectrophotometer (ASS)	$\mu\text{g/L}$	Nomina
2	Jenis Pekerjaan Penambang	Wawancara	Kuisisioner		Nominal
3	Lama Kerja	Wawancara	Kuisisioner	Jam/hari	Nominal
4	Frekuensi Paparan	Wawancara	Kuisisioner	Hari	Nominal
5	Masa Kerja	Wawancara	Kuisisioner	Tahun	Nominal
6	Status Gizi	Wawancara	Timbangan Injak Standart dan Mikrotis	IMT	Nominal
7	Kebiasaan Merokok	Wawancara	Kuisisioner	Batang/hr	Nominal