

# PAJANAN HG PADA PETAMBANG EMAS TRADISIONAL DI KABUPATEN GUNUNG MAS, KALIMANTAN TENGAH

## *Mercury Exposure Of Traditional Miners In Gunung Mas District, Central Kalimantan*

Inswiasri\*, Haryoto Kusnopranto\*\*

**Abstract.** *Increasing traditional gold mining activities can cause environmental pollution and affected the public health. So that, the study was needed in order to assess the determinants that influenced Hg exposure biomarker of population working in or living near gold mining and processing in Gunung Mas District, Central Kalimantan. Subjects in cross sectional study were 112 traditional miners and 112 living near gold mining and processing. The content of mercury in ambient, water and fish were measured; and the subjects were interviewed by using questionnaires. Subjects completed the questionnaire and provided urinary, hair and blood samples. Detection of mercury using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) and cold vapour method was conducted at Ecology Health Research Center Laboratory. The result showed that; the mean concentration of ambient mercury was  $0.072 \pm 0,0198$  mg/m<sup>3</sup> in mining area and  $0.0369 \pm 0,0092$  mg/m<sup>3</sup> in outside of mining area respectively. The highest mean level of mercury in fish 0.3167 ppm from market in Kurun District. Intake of inhalation mercury 0.02285 mg/kg, day for miners and 0.01406 mg/kg, day for non-miner living near the mining and processing. Mean of urinary mercury was 0.0547 ppm, mean of mercury in hair was 22.1134 ppm, and mean of mercury in blood was 0.0267 ppm. Over all, regression analysis showed a significant association.  $\text{Log (Urinary Hg)} = -3,507 + 379,745 (\text{intake Hg inhalation}) - 0.170 (\text{living})$  with 85,3% predicted.  $\text{(Hair mercury)} = 2.013 + 0.007 (\text{living time}) + 0.642 (\text{intake Hg inhalation}) + 0.102 \text{ log(intake Hg from fish)} - 558 (\text{job})$  with  $r = 0.890$ .  $\text{Blood mercury} = -1.627 + 9.046 (\text{intake Hg inhalation}) - 0.141 (\text{job})$  with  $r = 0.404$ . Intake of Hg inhalation was highly influenced by Hg exposure biomarker*

**Keywords:** *Traditional gold miner, air pollution, mercury*

## PENDAHULUAN

Kegiatan tambang emas rakyat yang pada umumnya menggunakan proses amalgamisasi akan menghasilkan dampak positif berupa emas yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia, tetapi juga menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran lingkungan oleh uap Hg. Sebanyak 10%-30% Hg yang digunakan dalam kegiatan tersebut akan terlepas/hilang ke lingkungan (Alpers *et al*, 2006).

Pengaruh Hg pada kesehatan bergantung pada bentuk senyawanya. Senyawa Hg anorganik dan Hg metalik dalam *International Agency for Research on Cancer (IARC)* masuk grup 3 yaitu kelompok bahan berbahaya yang tidak menimbulkan kanker pada manusia; sedangkan metilmerkuri dan senyawa-senyawanya masuk dalam grup 2B yaitu kelompok bahan berbahaya yang mungkin bersifat karsinogen terhadap manusia. Merkuri merupakan neurotoksik yaitu racun terhadap sistem syaraf pusat (*Central Nervous System- CNS*) (WHO,1976;1990;2001). Efek dari Hg

organik adalah pada gangguan syaraf, walaupun organ lain juga terlibat seperti sistem pencernaan, sistem pernapasan, hati, immunitas, kulit dan ginjal (Risher *et al*, 2002). Keracunan Metilmerkuri menimbulkan gangguan CNS seperti *ataxia*, pandangan menyempit, pendengaran menurun, *neuropathy*.

Propinsi Kalimantan Tengah terdiri atas 14 kabupaten/kota. Luas wilayah 53.564 km<sup>2</sup> yang merupakan wilayah terluas nomor 3 setelah Kalimantan Timur dan Papua, atau dapat dikatakan luasnya  $\pm 1,5$  kali P. Jawa. Jumlah rumah tangga 454.521 dengan total penduduk 1.913.788 jiwa. Kegiatan penambang emas rakyat di Propinsi Kalimantan Tengah tersebar di 12 kabupaten. Salah satu kabupaten yang akan mengatur tentang kegiatan tambang emas rakyat adalah kabupaten Gunung Mas yang mempunyai luas wilayah 10.804 km<sup>2</sup> dengan jumlah rumah tangga 16.600 terdiri atas 83.530 jiwa (BPS, 2006).

Kabupaten Gunung Mas merupakan wilayah pemekaran dari Kabupaten Kapuas

\* Peneliti pada Puslitbang Ekologi & Status Kesehatan

\*\* Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

pada tahun 2002 sesuai dengan Undang-undang no.5 tahun 2002 tentang Pembentukan Kabupaten Katingan, Kabupaten Seruyan, Kabupaten Sukamara, Kabupaten Lamandau, Kabupaten Gunung Mas, Kabupaten Pulang Pisau, Kabupaten Murung Raya dan Kabupaten Barito Timur di Propinsi Kalimantan Tengah. Luas wilayah Kabupaten Gunung Mas 10.804 km<sup>2</sup> dengan jumlah penduduk 81.933 jiwa pada akhir tahun 2005 dan terdiri atas 42.736 laki-laki dan 39.197 perempuan. Kepadatan penduduk 7,58 jiwa per km<sup>2</sup>(BPS, 2006).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut: adanya kegiatan tambang emas rakyat yang jumlahnya besar mencapai 3.630 petambang dengan 726 mesin penyedot, dalam proses amalgamisasi dan pemijaran akan menimbulkan masalah pencemaran uap Hg ke udara. Apabila buangan bahan berbahaya uap Hg tersebut tidak dikelola dengan baik akan terakumulasi di lingkungan melebihi nilai ambang batas,

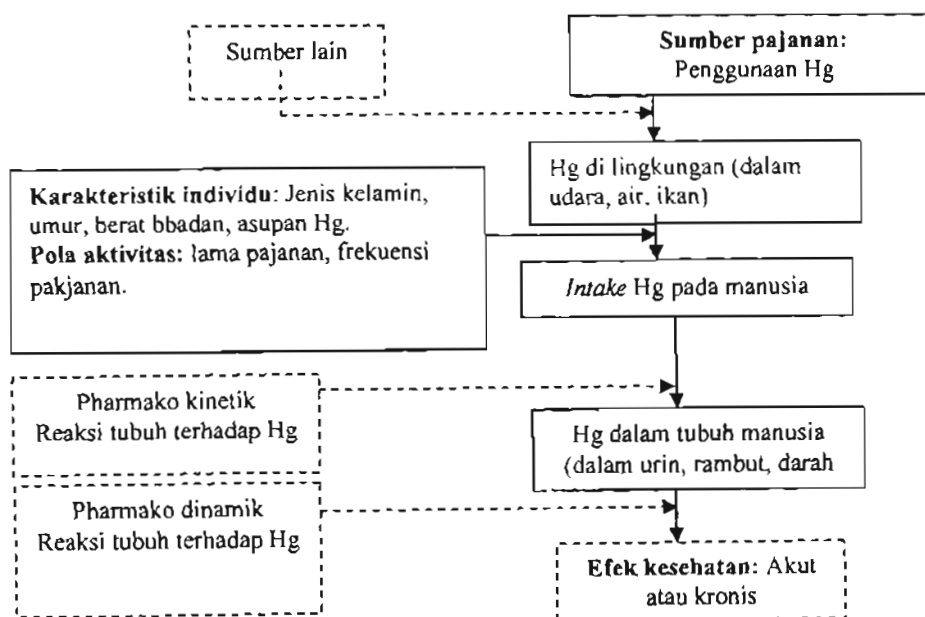
maka akan dapat mengakibatkan terganggunya kesehatan masyarakat di sekitar wilayah tersebut. Sebelum timbul gangguan kesehatan masyarakat, dengan kondisi lingkungan yang demikian, maka perlu penelitian yang mempelajari tentang faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap biomarker pajanan Hg pada masyarakat yang tinggal di wilayah tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji faktor-faktor yang berpengaruh terhadap biomarker pajanan logam berbahaya Hg yang digunakan dalam kegiatan tambang emas rakyat di Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah.

## BAHAN DAN CARA

### Kerangka Teori

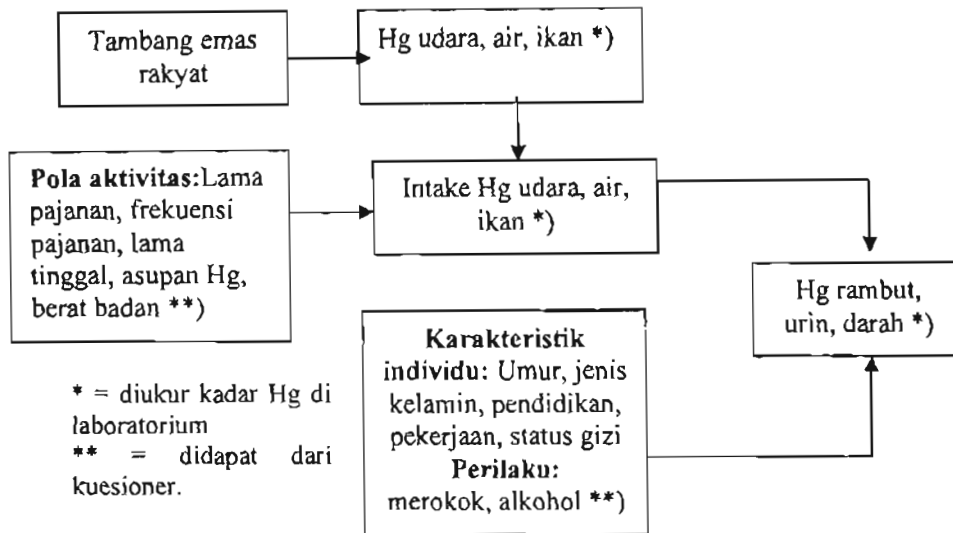
Kerangka teori tentang hubungan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap variabel Hg dalam tubuh manusia seperti gambar 2.1



Gambar 1. Kerangka Teori Hubungan Variabel-Variabel yang Berpengaruh Terhadap Variabel Hg dalam Tubuh Manusia

### Kerangka Konsep Analisis Pajanan

Kerangka konsep dalam melaksanakan penelitian, dapat dilihat seperti dalam Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka Konsep Hubungan Variabel-Variabel Yang Berpengaruh terhadap Variabel Hg dalam Tubuh Manusia

Di wilayah tambang emas rakyat diidentifikasi atau diukur kadar Hg dalam lingkungan yang meliputi kadar Hg dalam udara, air, dan ikan untuk menghitung *intake* Hg yang berpengaruh terhadap kadar Hg dalam tubuh manusia (Hg dalam urin, rambut, dan darah). Selain itu perlu dipertimbangkan sebagai variabel-variabel lain yang berpengaruh adalah karakter individu meliputi jenis kelamin, umur, status gizi, perilaku merokok dan minum minuman beralkohol. Pola aktivitas digunakan untuk menghitung *intake* Hg ke dalam tubuh manusia.

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan bahwa kadar Hg di lingkungan berpengaruh terhadap kadar Hg dalam biomarker.

#### Disain Penelitian

Dalam tinjauan pustaka telah diuraikan bahwa penelitian ini dilakukan dengan design potong lintang mengukur kadar Hg di udara, air dan ikan sebagai pajanan yang ada di lingkungan, dan mengukur kadar Hg dalam urin, darah dan rambut sebagai dampak pajanan tersebut dengan mempertimbangkan karakteristik dan perilaku responden (digali dengan

menggunakan kuesioner). Data dalam penelitian ini dapat dianalisis untuk melihat adanya hubungan antara kadar Hg di lingkungan dengan kadar Hg dalam urin, darah dan rambut. Selanjutnya dilakukan estimasi risiko kesehatan yang dinyatakan dengan *Risk Quotient* (RQ). Pengendalian RQ dilakukan dengan analisis *system dynamics*.

#### Populasi Dan Sampel

Populasi adalah penduduk setempat yang terpajan langsung maupun yang terpajan tidak langsung oleh Hg dalam kegiatan proses tambang emas. Sampel adalah penduduk setempat di Gunung Mas dengan kriteria inklusi sebagai berikut:

Bertempat tinggal di Desa petambang emas yang berlokasi di sekitar tambang atau sepanjang sungai Kahayan dan telah tinggal di daerah tersebut minimal 5 tahun.

Berumur lebih dari 15 tahun (usia kerja), laki-laki atau perempuan mempunyai kesempatan yang sama.

Kriteria eksklusi:

Memenuhi kriteria inklusi tetapi rambutnya beruban atau dicat.

**Besar Sampel**

Dalam penelitian ini akan dibuktikan bahwa ada perbedaan kadar Hg dalam urin

Besar sampel dihitung dengan rumus sebagai berikut (Lemeshow *et al*, 1997):

$$n = \frac{2\sigma^2(z_{1-\alpha} + z_{1-\beta})^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

Karena  $\sigma^2$  tidak diketahui maka dihitung dengan cara:

$$S_p^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2}{(n_1-1)} + \frac{(n_2-1)S_2^2}{(n_2-1)}$$

$$Z_{(1-\alpha)} = 1,645; Z_{(1-\beta)} = 0,842.$$

Dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Jasmin *et al*, 2006 diketahui bahwa  $\mu_1 = 321,45 \pm 186,71 \mu\text{g/l}$  dengan  $n = 27$

$$\mu_2 = 252,639 \pm 1,75 \mu\text{g/l}$$
 dengan  $n = 6$

$$s^2 = S_p^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2}{(n_1-1)} + \frac{(n_2-1)S_2^2}{(n_2-1)}$$

$$= \frac{26(186,71)^2 + 5(1,75)^2}{26 + 5}$$

$$= \frac{906391,5385}{31} = 29238,4367$$

$$31$$

$$n = \frac{2(29238,4367)(1,645 + 0,842)^2}{(321,45 - 251,54)^2}$$

$$= \frac{361691,1574}{4887,4081} = 74,005$$

Jumlah sampel adalah 74 untuk satu kelompok. Jumlah sampel ini akan baik hasilnya bila dilakukan sampling dengan *simple random sampling*. Pada komunitas yang berada di 3 kecamatan sangat sulit melakukan sampling dengan cara *simple random sampling*. Alternatif design sampling

berdasarkan pekerjaan sebagai petambang lebih tinggi dibanding bukan petambang.

Bila  $\mu_1$  adalah kadar Hg rata-rata dalam urin petambang dan  $\mu_2$  adalah kadar Hg rata-rata dalam urin bukan petambang (kontrol) dengan variansi  $\sigma^2$ , kesalahan tipe 1 ( $\alpha$ ) 5% dan kesalahan tipe 2 ( $\beta$ ) 20%, maka  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$  dan  $H_a = \mu_1 - \mu_2 > 0$ .

adalah cluster yang dibatasi oleh kecamatan. Oleh karena itu besarnya sampel perlu dikoreksi dengan efek design (DEFF) yang besarnya berkisar 1,5 – 2,0. Dengan demikian besar sampel dengan sampling non simple random sampling adalah  $74 \times 1,5 = 111$  untuk satu kelompok. Jadi jumlah sampel seluruhnya adalah  $2 \times 111 = 222$ .

Media lingkungan adalah komponen lingkungan yang menjadi media Hg untuk bisa masuk ke dalam tubuh manusia, meliputi: Udara yang dihirup oleh manusia setiap hari, air yang menjadi sumber air minum (Air yang digunakan oleh masyarakat sehari-hari). Air badan air (sungai), sedimen sungai, dan ikan yang dimakan oleh penduduk sehari-hari.

Responden dikumpulkan di tempat yang sudah ditentukan untuk mengikuti penelitian. Setelah responden menandatangani *informed consent*, dicatat identitasnya dan dilakukan wawancara dengan menggunakan kuesioner yang telah disediakan. Selanjutnya responden ditimbang dengan menggunakan timbangan badan dan diukur tingginya untuk mendapatkan informasi tentang status gizi. Pemeriksaan kesehatan oleh dokter, diukur tekanan darah dan gula darah sewaktu, diminta sampel rambut, urin dan darah untuk pemeriksaan kadar Hg. Terakhir responden diberi susu dan vitamin sebagai ucapan terima kasih.

Pengambilan sampel lingkungan, spesimen urin, rambut, dan darah, serta pemeriksaan kadar Hg mengikuti *US-EPA standard method* edisi 19, tahun 1995 dan Standar Nasional Indonesia (SNI)

### Analisis Data

Analisis statistik dilakukan secara univariate, bivariate, dan multivariate. Untuk membuktikan hipotesis yang telah dibuat yaitu:

Kadar Hg udara berisiko terhadap populasi digunakan *odds ratio* yang dapat dicari dengan membuat tabel 2 x 2 dengan pengelompokan lebih dari nilai ambang (berisiko) dan di bawah nilai ambang (tidak berisiko).

Ada perbedaan kadar Hg dalam urin, darah dan rambut berdasarkan pekerjaan, jenis kelamin, merokok, dan minum alkohol digunakan uji t dan uji manova

Ada hubungan antara kadar merkuri dalam urin, darah dan rambut dengan *intake* merkuri. Untuk membuktikan hipotesis 3 dilakukan normalisasi kadar Hg dalam urin, darah dan rambut. Normalisasi *intake* Hg dari udara dan factor-faktor lain (karakteristik dan perilaku responden). Selanjutnya dilakukan

uji korelasi. Apakah ada korelasi antara kadar Hg dalam urin, darah dan rambut dengan *intake* Hg dalam udara, ikan dan air serta faktor-faktor karakteristik dan perilaku responden. Terakhir dilakukan uji regresi linier antara kadar Hg dalam urin, darah dan rambut dengan *intake* Hg dari udara, ikan dan air serta factor-faktor karakteristik dan perilaku responden. Uji asumsi multivariate dilakukan untuk mengetahui adanya linieritas, multikolinieritas, independensi eksistensi variabel-variabel. Bila kadar Hg dalam variable dependen tidak normal, dilakukan pengelompokan (variabel kategorik) dan selanjutnya dilakukan uji regresi logistik.

### HASIL

#### Lingkungan

Hasil pengukuran kadar Hg di udara dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kadar Hg dalam Udara wilayah penelitian di Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah

Keterangan	Kadar Hg di Udara (mg/m <sup>3</sup> )
Minimum	0,0047
Maksimum	0,1733
Rata-rata	0,0567
Median	0,0460
Std. Deviasi	0,0426
Std. Error	0,0055

Kadar Hg di udara ambien wilayah penelitian maksimum terukur adalah 0,1733 mg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata 0,0567 ± 0,0110 mg/m<sup>3</sup>. Kadar rata-rata tersebut sudah

melebihi nilai normal wilayah pemukiman yang berkisar 10-20 ng/m<sup>3</sup>. Bila dibedakan berdasarkan wilayah tambang dan non-tambang, hasilnya seperti dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kadar Merkuri Dalam Udara Wilayah Tambang dan Non-Tambang Kabupaten Gunung Mas

Keterangan	Kadar Hg dalam Udara (mg/m <sup>3</sup> )	
	Tambang	Non-Tambang
Jumlah sampel	30	30
Minimum	0,0132	0,0047
Maksimum	0,1780	0,0823
Rata-rata	0,0725	0,0369
Median	0,0565	0,0358
Standard Deviasi	0,0489	0,0254
Standard Error	0,0089	0,0046

Kadar Hg rata-rata udara wilayah tambang (rata-rata  $\pm$  2 SE) adalah  $0,0725 \pm 0,0198$  mg/m<sup>3</sup> dan kadar rata-rata Hg udara wilayah non-tambang  $0,0369 \pm 0,0092$  mg/m<sup>3</sup>. Bila dibandingkan dengan kadar maksimal yang diperbolehkan untuk wilayah kerja menurut *American Conference of Governmental Industrial Hygienist* (ACGIH, 1999) yaitu  $0,05$  mg/m<sup>3</sup>, maka kadar Hg di

udara wilayah petambang sudah melebihi kadar tersebut.

Bila dikelompokkan dalam 2 kelompok yaitu kadar Hg udara yang melebihi nilai ambang tempat kerja ( $0,05$  mg/m<sup>3</sup>) dan yang tidak melebihi nilai ambang, maka dapat dilihat seperti dalam Tabel 3.

Tabel 3. Kadar Hg Udara Berisiko dan Tidak Berisiko Berdasarkan Wilayah Di Kabupaten Gunung Mas

Wilayah	Kadar Hg udara		Total	OR
	Berisiko	Tidak berisiko		
Tambang	17 (56,7%)	13 (43,3%)	30 (100%)	2,615
Non-tambang	10 (33,3%)	20 (66,7%)	30 (100%)	
Total	27 (45%)	33 (55%)	60 (100%)	

Kadar Hg udara yang melebihi ambang batas di wilayah tambang ada 56,7% sedangkan di wilayah non-tambang ada 33,3%. *Odds ratio* risiko terkena dampak kesehatan berupa neurotoksik kelompok

petambang adalah 2,615 kali dibanding kelompok non-petambang (dengan 95% CI: 0,917 - 7,457). Kadar Hg dalam air dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4 Kadar Merkuri Dalam Air Bersih di Kabupaten Gunung Mas

Keterangan	Kadar Hg dalam air (ppb)		
	PAM	Sumur	Sungai
Jml sampel	30	30	30
Minimum	0,0800	0,0400	0,09
Maksimum	1,8300	2,1900	9,1200
Rata-rata	0,4780	0,5290	2,8495
Median	0,1100	0,1200	1,6800
Std. deviasi	0,5799	0,6637	2,7845
Std. Error	0,1059	0,1212	0,5084

Berdasarkan Tabel 4.4, kadar Hg rata-rata dalam air bersih masyarakat paling tinggi terdapat dalam air sungai yaitu  $2,8495 \pm 1,0168$  ppb (rata-rata  $\pm$  2 SE). Kadar Hg rata-rata dalam air PAM adalah  $0,4780 \pm 0,2118$  ppb, dan kadar Hg rata-rata dalam air sumur adalah  $0,5290 \pm 0,2424$  ppb.

Kadar Hg maksimum yang diperbolehkan menurut Permenkes no. 907/2002 dan no 416/1990 adalah  $0,001$  mg/l atau  $1,00$  ppb.

Kadar Hg dalam ikan dapat dilihat seperti dalam Tabel 5.

Tabel 5. Kadar Merkuri Dalam Ikan Yang Dikonsumsi Masyarakat di Kabupaten Gunung Mas

Keterangan	Kadar Hg dalam ikan (ppm)		
	Kahayan Hulu	Kurun	Sepang
Jml sampel	10	10	10
Minimum	0,000	0,050	0,03
Maksimum	0,650	0,680	0,57
Rata-rata	0,2700	0,3167	0,2064
Median	0,2638	0,2803	0,0995
Std. deviasi	0,2653	0,2456	0,2181
Std. Error	0,0839	0,0777	0,0690

Kadar Hg rata-rata dari pasar di kecamatan Kurun paling tinggi bila dibandingkan dengan kadar Hg dalam ikan yang didapat dari pasar di lokasi lain.

Bila kadar Hg dalam ikan tersebut dibandingkan dengan kadar Hg yang diperbolehkan dalam ikan menurut keputusan Badan Pengawasan Obat dan Makanan no. 3725/B/SK/VII/89 yaitu 0,5 ppm, maka kadar Hg dalam ikan yang melebihi batasan tersebut ada 26,7%.

**Analisis Paparan**

Berdasarkan kadar Hg dalam udara, ikan dan air dan asupan udara melalui inhalasi, konsumsi air minum setiap hari serta konsumsi ikan yang digali dari kuesioner dapat dihitung intake Hg melalui masing-masing jalur paparan. Hasil perhitungannya dapat dilihat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Intake Hg dari Udara, Air, dan Ikan ke dalam Tubuh Responden

Keterangan	Intake Hg dari udr (mg/kg,hari)	Intake Hg dari air (mg/kg,hari)	Intake Hg dari ikan (mg/kg,hari)
Minimum	0,0026	0,0000	0,00001
Maksimum	0,0552	0,0003	0,00125
Rata-rata	0,0184	0,000059	0,00030
Median	0,0175	0,000043	0,00023
Std. Deviasi	0,0089	0,000053	0,0004
Std. Error	0,0006	0,000004	0,00002

Intake rata-rata Hg dari udara adalah paling tinggi  $0,0184 \pm 0,0012$  mg/kg,hari bila dibandingkan dengan intake Hg dari air maupun intake Hg dari ikan. Bila dikelompokkan antara petambang dan non-petambang berdasarkan jalur paparan, dapat dilihat seperti dalam Tabel 7.

Intake Hg rata-rata melalui udara kelompok petambang adalah 0,0228 mg/kg, hari dan kelompok non-petambang 0,0141 mg/kg, hari. Rata-rata intake Hg melalui air

kelompok petambang maupun non-petambang hampir sama sekitar 0,0000619 mg/kg, hari untuk kelompok petambang dan 0,0000567 mg/kg,hari untuk kelompok non-petambang. Rata-rata intake Hg melalui makan ikan kelompok petambang 0,000322 mg/kg,hari dan intake Hg melalui konsumsi ikan untuk kelompok non-petambang hampir 0,000273 mg/kg,hari. Apakah intake Hg melalui udara, air dan ikan berbeda? Hal ini dapat dilihat dalam Tabel 8.

Tabel 7. *Intake* Hg ke Dalam Tubuh Manusia

Keterangan	<i>Intake</i> Hg udara (x 10 <sup>-4</sup> mg/kg, hari)		<i>Intake</i> Hg air (x 10 <sup>-4</sup> mg/kg, hari)		<i>Intake</i> Hg ikan (x 10 <sup>-4</sup> mg/kg, hari)	
	Ptambang	Non-Ptambang	Ptambang	Non-Ptambang	Ptambang	Non-Ptambang
Jml sampel	112	114	112	114	112	114
Minimum	70,2	25,7	0,0	0,0	0,2	0,1
Maksimum	555,2	304,1	2,5	2,8	12,5	12,4
Rata-rata	228,5	140,6	0,619	0,567	3,22	2,73
Median	214,5	136,7	0,579	0,363	2,43	2,36
Std. deviasi	89,9	63,3	0,52	0,53	2,61	2,16
Std. Error	8,5	5,9	0,049	0,050	0,25	0,20

Tabel 8. Perbedaan *Intake* Hg Kelompok Petambang dan no Petambang di Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah

<i>Intake</i> Hg (mg/kg, hari)	Petambang	Bukan Petambang	p
Melalui Udara	0,02285	0,01406	P = 0,002
Melalui konsumsi air	0,0000619	0,0000567	P = 0,868
Melalui konsumsi ikan	0,000322	0,000273	p = 0,007

Berdasarkan Tabel 4.8 terlihat bahwa *intake* Hg melalui udara dan ikan berbeda secara bermakna dengan p = 0,002 dan p = 0,007. *Intake* Hg melalui konsumsi air minum kelompok petambang maupun non-petambang tidak berbeda secara bermakna dengan p = 0,868.

Kadar Hg dalam urin merupakan indikator atau petanda biologi pajanan uap Hg yang masuk ke dalam tubuh manusia melalui udara. Kadar Hg dalam urin, rambut dan darah merupakan petanda biologi adanya pajanan Hg. Hasil pemeriksaan Hg dalam urin, rambut dan darah dapat dilihat dalam Tabel 9.

Tabel 9. Kadar Hg dalam Urin, Rambut, dan Darah Responden Di Wilayah Tambang Emas Rakyat di Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah

	Hg urin (ppm)	Hg Rambut (ppm)	Hg darah (ppm)
Minimum	0,0092	1,9448	0,0020
Maksimum	0,1560	73,5000	0,0760
Rata-rata	0,0547	22,1134	0,0267
Median	0,0378	12,5000	0,0230
Std. Deviasi	0,0416	20,6867	0,0188
Std. Error	0,00423	2,0348	0,0019

Kadar Hg dalam urin rata-rata 0,0547 ± 0,00846 ppm, kadar Hg dalam rambut 22,1134 ± 4,0696 ppm dan kadar Hg dalam darah adalah 0,0267 ± 0,0038 ppm.

Perbedaan kadar Hg dalam urin, rambut dan darah dapat dilihat dalam Tabel 10.

Tabel 10. Perbedaan Kadar Hg dalam Urin, Rambut, dan Darah Berdasarkan Kelompok Petambang dan No-Tambang

Keterangan	Kadar Hg (ppm)		
	Urin	Rambut	Darah
Pekerjaan: Petambang	0,0753	36,1560	0,0360
Non-Petambang	0,0246	8,0280	0,0200
p	0,000	0,000	0,000

Berdasarkan Tabel 4.10, kadar Hg dalam urin, rambut dan darah kelompok petambang dan non-petambang berbeda bermakna dengan  $p = 0,000$ .

Hubungan variabel dependen (Hg urin, rambut dan darah) dengan variabel independen adalah sebagai berikut.

Kadar Hg dalam urin tidak berdistribusi normal, oleh karena itu hubungan antara variabel Hg urin dengan variabel independen digunakan uji regresi logistik. Hasil uji tersebut adalah sebaagai berikut.

$$\text{Log (Hg urin)} = - 3,507 + 379,745 (\text{Intake Hg udara}) - 0,170 (\text{lama tinggal})$$

Model tersebut mempunyai ketepatan prediksi 85,3% dengan  $p = 0,000$

Uji normalitas Hg dalam rambut didapat bahwa log Hg rambut adalah normal sehingga uji hubungan antara Hg dalam rambut menggunakan regresi linier. Hasil uji regresi linier adalah sebagai berikut.

$$\text{Log Hg rambut} = 2,013 + 0,007 (\text{lama tinggal}) + 0,642 (\text{intake Hg udara}) + 0,102 \log (\text{intake Hg ikan}) - 558 (\text{pekerjaan})$$

$$r = 0,890$$

$$r^2 = 0,793$$

$$p = 0,000$$

Uji normalitas Hg dalam darah adalah normal, sehingga hubungan antara variabel Hg dalam darah dengan variabel independen menggunakan uji regresi linier. Hasil uji dapat dilihat sebagai berikut.

$$(\text{Hg darah}) = - 1,627 + 9,046 (\text{intake Hg udara}) - 0,141 (\text{pekerjaan})$$

$$r = 0,404$$

$$r^2 = 0,163$$

$$p = 0,000$$

Untuk mengetahui hubungan antara kadar Hg dalam urin dengan kadar Hg dalam rambut; Hg dalam urin dengan Hg dalam darah dilakukan uji regresi logistik. Hubungan Hg dalam rambut dengan Hg dalam darah digunakan analisis regresi linier. Hasil uji tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Log (Hg urin)} = - 1,790 + 58,517 \text{ Hg darah dengan ketepatan prediksi } 69,5\% \text{ deng } p = 0,000.$$

$$\text{Log (Hg urin)} = - 12,141 + 8,921 (\log \text{ Hg rambut}) \text{ dengan ketepatan prediksi } 89,8\%, p = 0,000$$

$$\text{Hg darah} = - 2,071 + 0,328 \log (\text{Hg rambut})$$

$$r = 0,399$$

$$r^2 = 0,159$$

$$p = 0,000$$

Hubungan yang paling kuat adalah hubungan antara Hg urin dan Hg rambut.

## PEMBAHASAN

### Kadar Hg di Lingkungan

Kisaran kadar Hg di udara wilayah penelitian berkisar antara 0,0567 – 0,1733 mg/m<sup>3</sup>. Kadar tersebut sudah melebihi kadar normal wilayah pemukiman yang berkisar

antara  $10 \text{ ng/m}^3$  -  $20 \text{ ng/m}^3$ . Kalau dibedakan kadar Hg di udara wilayah tambang dan wilayah non-tambang di sekitarnya terlihat bahwa kadar Hg di udara di wilayah tambang berkisar antara  $0,0132 \text{ mg/m}^3$  -  $0,1780 \text{ mg/m}^3$  sedangkan kadar Hg di wilayah non-tambang berkisar antara  $0,0047 \text{ mg/m}^3$  -  $0,0842 \text{ mg/m}^3$  seperti yang terlihat dalam tabel 4.2. Kalau kadar tersebut dibandingkan dengan kadar maksimum Hg di udara tempat kerja yaitu  $0,05 \text{ mg/m}^3$  menurut ACGIH tahun 1999, maka kadar Hg di udara wilayah tambang memberi risiko kesehatan terhadap petambang 2,615 kali dibanding kadar Hg di udara wilayah non-tambang. Pada penelitian lain juga menunjukkan bahwa kadar Hg di wilayah tambang emas tradisional lebih tinggi dibandingkan wilayah bukan tambang (Donoghue A.M., 1998; Akagi H. *et al*, 2000; Frery N., 2001; Brian S.J.Ho *et al*, 2003)

Kadar Hg dalam air bersih wilayah penelitian yang berasal dari sungai paling tinggi kadar Hg rata-rata nya dibandingkan kadar Hg dari sumur maupun PAM. Kadar Hg rata-rata yang berasal dari sungai  $2,8495 \text{ mg/l}$ . Kadar maksimum Hg dalam air bersih menurut Permenkes no 416/1990 adalah  $0,001 \text{ ppm}$ .

Kadar Hg dalam ikan rata-rata masih di bawah kadar maksimum yang diperbolehkan menurut keputusan BPOM no. 3725/B/SK/VII/89 yaitu  $0,5 \text{ ppm}$ . Penelitian lain yang juga mengukur kadar Hg dalam air, dan ikan adalah Aspinall C., 2001; Burger Joanna *et al*, 2005; Doreo G. Jose *et al*, 2003; Jennings S. Norman (ed), 2003. Dalam penelitian tersebut didapatkan bahwa kadar Hg dalam air maupun ikan di sekitar wilayah tambang emas umumnya di atas batas normal.

Dilihat kadar Hg dalam air, ikan, dan udara, intake Hg dari udara paling tinggi dibanding intake Hg dari air maupun ikan. (seperti terlihat dalam tabel 8). Apakah intake Hg dari udara ini berpengaruh terhadap biomarker pajanan Hg dalam tubuh manusia di wilayah penelitian?

#### Kadar Hg dalam biomarker

Kadar Hg dalam urin, rambut dan

darah kelompok petambang lebih besar dibanding kadar Hg dalam urin, rambut, dan darah seperti terlihat dalam tabel 4.9. Setelah dilakukan uji regresi logistik, kadar Hg dalam rambut dan urin sangat dipengaruhi oleh intake Hg dari udara dengan prediksi kontribusinya sebesar 85,3%. Sedangkan pengaruh intake Hg dari udara terhadap kadar Hg dalam darah mempunyai keeratan hubungan yang rendah yaitu 0,163 dengan kontribusi 40%. Hal ini membuktikan bahwa Hg dalam udara berpengaruh terhadap kadar Hg dalam urin, dan rambut yang merupakan biomarker pajanan Hg secara kronis. Biomarker tersebut juga digunakan dalam penelitian-penelitian terdahulu seperti dalam penelitian Counter S. Allen *et al*, 2005; Doreo G. Jose *et al*, 2003, Tsuji S. Joyce *et al*, 2003.

#### KESIMPULAN

Kadar Hg udara rata-rata di wilayah petambang maupun wilayah non-petambang telah melebihi standar WHO untuk pemukiman yaitu  $10 - 20 \text{ ng/m}^3$  maupun untuk tempat kerja  $0,05 \text{ mg/m}^3$ . Kadar Hg rata-rata di udara wilayah petambang lebih tinggi dan mempunyai risiko bagi petambang terhadap gangguan syaraf 2,615 kali (CI 95%: 0,917 - 7,457) dibanding wilayah non-petambang.

Intake Hg rata-rata dari udara adalah  $0,0184 \pm 0,0012 \text{ mg/kg, hari}$ , intake Hg rata-rata melalui air minum  $0,000059 \pm 0,000008 \text{ mg/kg, hari}$ , dan intake Hg rata-rata melalui konsumsi ikan  $0,00030 \pm 0,00004 \text{ mg/kg, hari}$ . Intake Hg melalui udara dan ikan berbeda secara bermakna dengan  $p = 0,002$  dan  $p = 0,007$  sedangkan intake Hg melalui konsumsi air minum kelompok petambang maupun non-petambang tidak berbeda secara bermakna dengan  $p = 0,868$ . Intake Hg dari udara sangat berpengaruh terhadap kadar Hg dalam urin, dan rambut.

Kadar Hg dalam urin rata-rata responden  $0,0547 \pm 0,00846 \text{ ppm}$ . Kadar Hg rata-rata dalam rambut responden  $22,1134 \pm 4,0696 \text{ mg/kg}$ . Kadar Hg rata-rata dalam darah responden  $0,0267 \pm 0,0038 \text{ mg/l}$ . Kadar Hg rata-rata dalam urin, rambut dan darah kelompok petambang dan non-petambang berbeda secara bermakna.

Hubungan kadar Hg dalam urin dengan intake Hg dari udara mempunyai ketepatan prediksi 85,3% setelah dikontrol dengan lama tinggal. Hubungan antara Hg urin, rambut dan darah yang paling kuat adalah hubungan antara kadar Hg dalam urin dan kadar Hg dalam rambut dengan ketepatan prediksi 89,8%.

## SARAN

Untuk Pemerintah Daerah Penataan ruang wilayah setempat terpisah antara pemukiman dan proses penambangan sehingga Hg di udara dapat terendapkan/jatuh ke tanah di lokasi proses penambangan (tidak di pemukiman).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Ibu Kapuslit Ekologi dan Status Kesehatan dr. Faizati Karim, MPH, yang telah memberi kepercayaan melaksanakan penelitian tersebut. Dan kepada teman-teman sejawat peneliti yang sangat membantu dalam pelaksanaan penelitian tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akagi H. and Akira N. (2000). Human exposure to mercury and the accumulation of methyl mercury that is associated with gold mining in the Amazon Basin, Brazil. *Journal of Health Science*, 46(5); 323 – 328, 2000.
- Alpers N. Charles and Michael P. Humerlach, (2006). Mercury Contamination from Historic Gold Mining in California. <http://ca.water.usgs.gov/mercury/fs06100.html>, 2 april 2006
- Aspinall C., (2001). Small-scale mining in Indonesia. Report of MMSD Project, no. 79. September 2001.
- Biro Pusat Statistik, (2006). Profil Propinsi Kalimantan Tengah.
- Brian S.J.Ho et al. (2003). Mercury vapor inhalation from chinese red (cinnabar). *Journal of Toxicology Clinical Toxicology* vol. 41, no. 1, 75 – 78, 2003.
- Burger Joanna, Alan H. Stern, and Michael G., (2005). Mercury in Commercial Fish: Optimizing Individual Choices to Reduce Risk. *Environmental Health Perspectives* vol. 113(3): 266 - 271, March 2005.
- Counter S. Allen, Leo H. Buchanan, Fernando Ortega (2005). Mercury Level in Urine and Hair of Children in an Andean Gold-mining Settlement. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 11(2), 132 – 137, April/June 2005.
- Donoghue A.M., (1998). Mercury toxicity due to the Smelting of placer gold recovered by mercury amalgam (Case report) . *Occupational Medicine* vol. 48, no. 6: 413 – 415, 1998.
- Doreo G. Jose et al, (2003). Mercury in hair and fish consumed by Riparian women of the Rio Negro, Amazon, Brazil. *International Journal of Environmental Health Research* 13(3), 239 – 248, September 2003.
- Frery N. et al, (2001). Gold- mining activities and mercury contamination of native communities in French Guiana. *Environmental Health Perspectives* May 2001.
- International Agency for Research on Cancer World Health Organization, (1993). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 58. Beryllium, Cadmium, Mercury, and Exposures in the Glass Manufacturing Industry.
- Jasmin Hurtado, Gustavo F. Gonzales, Kyle Steenland, (2006). Mercury exposures in informal gold miner and relatives in Southern Peru. *International Journal of Occupation Environmental Health* 2006; 12: 340 – 345.
- Lemeshow Stanley, (1997). Besar Sample Dalam Penelitian Kesehatan. Diterjemahkan oleh Dibyo Pramono, Gadjah Mada University Press.
- Risher J.F., Murray H.E., and Prince G.R., (2002). Organic Mercury Compounds: Human Exposure and its Relevance to Public Health. *Journal of Toxicology and Industrial Health*, 2002, vol.18, no. 3: 109 – 160.
- Tsuji S. Joyce et al, (2003). Evaluation of Mercury in Urine as an Indicator of Exposure to Low Levels of Mercury Vapor. *Environmental Health Perspectives* vol. 111 no. 4, April 2003.
- United State Departement of Health and Services, Public Health Service, (1999). Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Toxicological Profile for Mercury, 1999.
- World Health Organization, (1989). *Environmental Health Criteria 86; Mercury – Environment Aspect*, IPCS, Geneva.
- World Health Organization (1976); *Environmental Health Criteria 1, Mercury*.
- World Health Organization, (1990). *Environmental Health Criteria 101; Methyl- Mercury*. IPCS. Geneva.
- World Health Organization, (2001). *Environmental Health Criteria 118: Inorganic Mercury*. IPCS, Geneva.