

## Hubungan Paparan Merkuri Dengan Gejala Neurologis Pada Penambang Emas Tradisional Di Kecamatan Mantikulore Kota Palu

Murniwati Bagia\*, Onny Setiani, Mursid Raharjo, Tri Joko, Yusniar Hanani Darundiati

Magister Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

\*Corresponding author: [murni201277@gmail.com](mailto:murni201277@gmail.com)

Info Artikel: Diterima 9 Desember 2022 ; Direvisi 19 Februari 2023 ; Disetujui 20 Februari 2023

Tersedia online : 14 April 2023 ; Diterbitkan secara teratur : Juni 2023

**Cara sitasi (Vancouver):** Bagia M, Setiani O, Raharjo M, Joko T, Darundiati YH. Hubungan Paparan Merkuri Dengan Gejala Neurologis Pada Penambang Emas Tradisional Di Kecamatan Mantikulore Kota Palu. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia [Online]. 2023 Jun;22(2):142-152. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.2.142-152>.

### ABSTRAK

**Latar belakang:** Menggunakan merkuri pada proses amalgamasi dapat menyebabkan gejala neurologis pada penambang emas tradisional. Penelitian awal ditemukan 5 orang bergejala neurologis. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hubungan paparan merkuri dengan gejala neurologis penambang emas tradisional di Kecamatan Mantikulore Kota Palu.

**Metode:** Merupakan penelitian observasi analitik dengan metode kuantitatif dan desain cross-sectional. Populasi adalah penambang emas tradisional di Kecamatan Mantikulore Kota Palu. Subjek penelitian adalah rambut 41 penambang emas tradisional di Kecamatan Mantikulore Kota Palu. Data diperoleh dengan wawancara dan pengukuran sampel rambut responden yang diukur di laboratorium dengan metode ICP-MS. Data dianalisis menggunakan SPSS dengan uji-square untuk melihat ada tidaknya hubungan antar variabel.

**Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan kadar merkuri rambut responden ditemukan terendah 0,8038 µg/gr dan tertinggi 99,6737 µg/g dengan rata-rata 9,76 µg/g. Menurut WHO, ambang batas kadar Hg di rambut adalah 2 ppm. Penambang emas tradisional di Kecamatan Mantikulore Kota Palu telah mengalami gejala neurologis berjumlah 63% yaitu sakit kepala, pelupa, mudah lelah, tremor, mati rasa, kesulitan berkonsentrasi. Variabel yang berhubungan signifikan dengan gejala neurologis yaitu kadar merkuri 26(81,3%) dengan  $p\text{-value}=0,001$ , masa kerja >5 tahun ada 18(81,8%) dengan  $p\text{-value}=0,047$ , lama kerja >8 jam/hari 17(85,0%) dengan  $p\text{-value}=0,028$ , frekwensi paparan >4 kali/hari 14(87,5%) dengan  $p\text{-value}=0,045$ , usia >40 tahun 14 (87,5%) dengan  $p\text{-value}=0,45$ . Analisis multivariat menjelaskan variabel yang sangat berisiko menimbulkan gejala neurologis pada penambang emas tradisional yaitu kadar merkuri rambut dan masa kerja.

**Simpulan:** Ada hubungan signifikan antara kadar merkuri, masa kerja, lama kerja, frekuensi paparan dan usia dengan gejala neurologis pada penambang emas tradisional di Kecamatan Mantikulore, Kota Palu.

**Kata kunci :** Paparan merkuri; kadar merkuri pada rambut; gejala geurologis; tambang emas tradisional

### ABSTRACT

**Title:** *The Relationship Between Mercury Exposure and Neurological Symptoms On Traditional Gold Miners in Mantikulore District, Palu City*

**Background:** *Using mercury in amalgamation can cause neurological symptoms in traditional gold miners. Preliminary research found five people with neurological symptoms. This study aimed to determine the relationship between mercury exposure and neurological symptoms of conventional gold miners in Mantikulore District, Palu City.*

**Methods:** This is an analytic observational study with a quantitative approach and a cross-sectional design. The population is traditional gold miners in Mantikulore District, Palu City. The research subject was the hair of 41 conventional gold miners in Mantikulore District, Palu City. Data were obtained by interviewing and measuring respondents' hair samples in the laboratory using the ICP-MS method. Data were analyzed using SPSS with a chi-square to see whether there was a relationship between the variables.

**Results:** Measurement of mercury levels in respondents' hair found the lowest was 0.8038 µg/gr, and the highest was 99.6737 µg/g. Traditional gold miners in Mantikulore Subdistrict, Palu City, experienced neurological symptoms totaling 63%, namely headaches, forgetfulness, fatigue, tremors, numbness, difficulty concentrating. Independent variables have a significant relationship ( $\alpha=0.05$ ) with neurological symptoms, namely, concentration of mercury 26(81.3%) of respondents with  $p$ -value=0,001, year's of service >5 years, 18(81.8%) of respondents with  $p$ -value=0.047, length of work > 8 hours/day, 17( 85.0%) of respondents  $p$ -value= 0.028, frequency of exposure >4 times/day 14(87.5%) of respondents with  $p$ -value=0.045, age >40 year's 14 (87,5%) of respondent with  $p$ -value=0,045. Analysis multivariate describes the variables that are very at risk of causing neurological symptoms in traditional gold miners, namely hair mercury levels and years of service.

**Conclusion:** There is a significant relationship between mercury levels, year's of service, length of work frequency of exposure, and age, with neurological symptoms in traditional gold miners in Mantikulore sub-district, Palu city.

**Keywords :** Mercury exposure; mercury concentration in hair; neurological symptom; traditional gold miner

## PENDAHULUAN

Merkuri (Hg) adalah salah satu logam berat yang digunakan industri-industri, pertanian, kedokteran dan pertambangan seperti penambangan emas tradisional yaitu pada proses amalgamasi. Merkuri terdiri dari 3 bentuk yaitu merkuri elemental bentuk cair berwarna keperakan (*quicksilver*), merkuri anorganik berwarna putih dan merkuri organik (metilmerkuri) yang sering ditemukan pada biota air. Merkuri elementel merupakan Hg yang diproses dari biji cinnabar, mudah pecah menjadi tetesan dan pada suhu kamar mudah menguap menjadi uap tidak berwarna sehingga dapat dengan mudah dihirup, merkuri jenis ini mudah melintasi hambatan darah / otak dan plasenta dan dapat memasuki ASI dan merupakan neurotoksin kuat yang berdampak pada sistem saraf pusat.<sup>1</sup>

Penambangan emas skala kecil dengan menggunakan merkuri (Hg) masih dilakukan oleh beberapa negara. seperti Columbia, Tanzania, Gana, Brazilia, Peru, Peruvian, Burkina Fazo, Afrika dan Indonesia. Di Indonesia, hampir disemua provinsi terdapat penambangan emas skala kecil atau secara tradisional yang dilakoni oleh masyarakat secara manual dan pada umumnya tidak memiliki standar keamanan antara lain di Aceh, Sumatera Utara, Riau, Banten, Jawa Barat, Sulawesi Tengah, Sulawesi Utara, Gorontalo, Sulawesi Tenggara, Bengkulu, Maluku.

Penambangan emas tradisional dapat memberi perubahan positif dan perubahan negatif. Perubahan Positif dapat menambah pendapatan bagi masyarakat, pengusaha dan pemerintah tetapi perubahan negatif dapat merusak lingkungan dan menimbulkan gejala-gejala gangguan kesehatan salah satunya gejala neurologis. Gejala neurologis berhubungan dengan gangguan pada sistem saraf baik sistem saraf pusat maupun sistem saraf tepi sebagai akibat dari pajanan bahan-bahan toksik Hg.

Beberapa penelitian menunjukkan adanya gejala gangguan neurologis sebagai efek dari pajanan merkuri

seperti gangguan neurologis akut berupa sakit kepala 38(48,7%), labilitas emosional 7(9,0%), gangguan pendengaran 3(3,8%). Sedangkan gangguan neurologis kronis yang dialami adalah gangguan insomnia 29(37,2%) responden, tremor 8(10,3%), kehilangan memori 7(9,0%), dan gangguan somatosensori 3(3,8%).<sup>2</sup> Sebuah penelitian menjelaskan bahwa 26,7% orang melebihi dosis referensi Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (USEPA) sebesar 1,2 g/g-1. Kadar Hg pada beberapa sampel rambut wanita juga melebihi NOAEL (10 g g-1) yang terkait dengan neurotoksisitas janin. Masyarakat di sekitar pertambangan mungkin memiliki sumber makanan yang tidak terduga atau dapat terpapar Hg. Karena Hg di rambut biasanya didominasi oleh spesies MeHg.<sup>2</sup> Gejala lain neurologis yang dialami oleh penambang yaitu tremor, gangguan penglihatan, refleks lambat, kekakuan tidak seimbang dan ataksia.<sup>3</sup> Perubahan warna gusi berjumlah 34% dari 68%, 6 % Gangguan neurologis yang tertinggi adalah adanya perubahan warna gusi sebanyak 34% dari 68,6% pengrajin emas.<sup>4</sup>

Di Kota Palu, tepatnya di Kecamatan Mantikulore terdapat 2 (dua) lokasi pengolahan emas yaitu di Poboya dan Kawatuna dan 1 (satu) lokasi penambangan emas yang terdapat di Poboya. Dalam proses pengolahan emas tradisional di Kecamatan Mantikulore pengolahan emas menggunakan merkuri untuk mengikat emas, pekerja rata-rata tidak memakai alat pelindung diri (APD) seperti masker berlapis, sarung tangan safety (tidak tembus air dan bahan kimia), helm, sepatu karet tinggi, pakaian safety (baju panjang, lengan panjang dan tidak tembus cairan) dan pelindung telinga sehingga pekerja sangat berpeluang terpajan merkuri (Hg). Konsentrasi merkuri pada tanah dengan konsentrasi 0,057 ppm – 8,19 ppm dan pada tailing 84,15 ppm – 575,16 ppm.<sup>5</sup> Air minum masyarakat Poboya telah mengandung kadar merkuri 0,001 mg/L – 0,003 mg/L dan dalam urin masyarakat Poboya telah mengandung merkuri 0,1165 mg/L – 7,313 mg/L.<sup>6</sup> Pada kacang tanah telah ditemukan konsentrasi

Hg 0,098 ppm – 0,45 ppm, pada jagung 0,07 ppm – 0,43 ppm, padi 0,03 ppm – 0,21 ppm dan pada bawang merah 0,01 ppm – 0,32 ppm.<sup>7</sup> Tanah sekitar pertambangan rakyat Poboya telah tercemar Hg dengan konsentrasi 2,3742 ppm – 114,0101 ppm.<sup>8</sup> Oleh sebab itu udara wilayah Kawatuna, Petobo hingga Kecamatan Palu Utara telah tercemar oleh uap merkuri dan berisiko gejala neurologis.<sup>9</sup> Dalam aturan Pemerintah Republik Indonesia, penambang yang menambang tanpa izin akan dipidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan denda paling banyak Rp100.000.000.000,00 (seratus miliar rupiah).<sup>10</sup>

Dengan mengamati proses pengolahan emas tradisional yang dilakukan di Kecamatan Mantikulore, Kota Palu dan hasil penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan serta beberapa aturan yang mengatur tentang penggunaan merkuri, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang hubungan pajanan merkuri dengan gejala neurologis pada penambang emas di Kecamatan Mantikulore Kota Palu.

## MATERI DAN METODE

Penelitian ini merupakan observasi analitik dengan metode kuantitatif menggunakan desain cross-sectional. Populasi penelitian ini adalah seluruh penambang emas tradisional dan pekerja tromol serta pembeli emas yang ada di Kecamatan Mantikulore Kota Palu. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik *convenience sampling*, dimana penentuan sampel hanya berdasarkan populasi yang ditemui peneliti dan bersedia menjadi sampel dengan menggunakan rumus Lemeshow sehingga jumlah sampel adalah 41 penambang dan rambut penambang. Variabel independent yang diteliti adalah kadar merkuri, masa kerja, lama kerja, frekuensi pajanan, pemakaian alat pelindung diri, usia dan variabel dependen adalah gejala neurologis. Penelitian dilakukan 2 (dua) tahap yaitu penelitian awal dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan bulan April tahun 2022 untuk memperoleh data sekunder tentang data geografi dan demografi, data primer tentang ada tidaknya penambang yang bergejala neurologis. Penelitian inti dilaksanakan pada bulan Agustus sampai dengan bulan Oktober tahun 2022. Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etical clearance.

Untuk mengukur gejala gangguan neurologis pada responden kami menggunakan kuesioner Q18 Versi Jerman. Pengukuran sampel rambut menggunakan teknik hair sampling. Sampel rambut yang dibutuhkan 0,01 gram - 0,1 gr dikumpulkan dengan memotong rambut dari daerah oksipital kepala maksimal 2 cm memakai gunting baja tahan karat dan sarung tangan vinil sekali pakai untuk menghindari kontaminasi. Rambut tumbuh pada tingkat rata-rata 1 (satu) cm per bulan.<sup>11</sup> Sampel rambut kemudian dimasukkan ke dalam kantong zip-lock polietilen, satu sampel 1 kantong dengan diberi kode dan lebel lalu disegel kemudian dikirim ke balai besar laboratorium kesehatan Kota Makassar Provinsi Sulawesi Selatan.

Cara pemeriksaan kadar merkuri di rambut yaitu rambut diukur dengan metode ICP\_MS dimana metode ini dapat mengukurb sampel rambut ukuran 0,01 gr – 0,1 gr. Sebelum diukur, terlebih dahulu dilakukan preparasi sampel menggunakan destruksi basah yaitu proses mengubah sampel padat menjadi bentuk larutan agar dapat diukur sehingga kandungan unsur Hg dapat dianalisis. Apabila proses destruksi kurang sempurna maka hasil analisis tidak akurat

Analisis data yang dilakukan yaitu melihat keterkaitan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat gejala neurologis menggunakan uji *Chi-Square*. Hasil uji Chi-Square kemudian di uji dengan regresi logistik untuk memperoleh variabel independen yang berhubungan paling kuat dengan gejala neurologis diantara semua variabel independen. Perhitungan tingkat kepercayaan atau taraf signifikansi atau kemaknaan *p-value* sebesar 5%. Apabila *p-value* <  $\alpha = 0,05$  maka ada hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat dan apabila hasil analisis *p-value* >  $\alpha = 0,05$  maka tidak ada hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di penambangan emas tradisional yang berada di Kecamatan Mantikulore, Kota Palu yaitu di Kelurahan Poboya RT 003 RW 005. Hasil observasi yang diperoleh terdapat penambang laki-laki 90% dan penambang wanita 10%. Peran penambang laki-laki ada yang penggalian batuan, proses amalgamasi, pemurnian (pembakaran) emas, penambang wanita yaitu menimbang Hg dipakai untuk proses amalgamasi dan proses pemurnian atau pemakaran emas. Sebagian penambang memiliki pekerjaan ada sebagai petani (34%) dan driver (2%), fokus sebagai penambang 64%. Teknik pengolahan emas secara tradisional yang digunakan yaitu tromol menggunakan Hg untuk mengikat Au. Air limbah hasil proses amalgamasi dialirkan pada kolam penampungan dimana air akan meresap ke tanah, lumpur limbah akan dikeringkan untuk diolah kembali untuk mendapatkan emas dalam amalgam yang terbuang terbawah air pada saat mengeluarkan amalgam dari silinder tromol. Data penambang yang diperoleh melalui sampel rambut dan dengan kuesioner di analisis dan disajikan pada tabel 1, tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 1. Distribusi karakteristik penambang emas tradisional di Kecamatan Mantikulore Kota Palu

Variabel	Mean	SD	Median	Min	Max
Kadar Hg ( $\mu\text{g/g}$ ) rambut	9,76	21,14	3,50	0,80	99,67
Masa Kerja (tahun)	7	5,94	6	1	27
Lama Kerja (jam/hari)	11	4,26	8	8	18
Frekwensi Pajanan (kali/hari)	5	5,67	3	1	30
Kelengkapan APD	0	0,00	0	0	1
Usia	37	11,58	36	20	69

Pada tabel 1, hasil pengukuran kadar merkuri dirambut dengan metode ICP-MS yang diukur di balai besar laboratorium kesehatan Kota Makassar Provinsi Sulawesi Selatan bahwa rambut responden mengandung

kadar merkuri paling rendah 0,8038 µg/gr dan yang tertinggi 99,6737 µg/g. Masa kerja responden paling lama adalah 27 tahun dan paling kurang adalah 1 tahun dengan rata-rata 9 tahun. Demikian halnya lama kerja, paling sedikit 8 jam/hari dengan rata-rata 11 jam/hari dan paling lama kerja 18 jam/hari, sedangkan frekuensi pajanan yang paling rendah adalah 1 kali/hari dan frekuensi pajanan tertinggi adalah 30 kali/hari dengan rata-rata 5 kali/ hari. Frekuensi pajanan lebih dari 4 kali/hari adalah responden yang bekerja sebagai pengolah emas dimana dalam sehari terpajan Hg 5–18 kali karena 1 kali mengolah paling lama 8 jam dengan frekuensi pajanan max 6 kali sehingga 6 kali pajanan x 3 kali putaran dalam sehari adalah 18 kali terpajan Hg selama 24 jam. Adapun 30 kali dalam sehari adalah frekuensi pajanan pada pembeli emas yang mana ketika penambang datang menjual emas, pembeli akan membakar dahulu agar emas bersih dari Hg. 30 (tiga puluh) kali adalah rata-rata bagi mereka, kadang kala bisa lebih dari 30 bisa kurang dari 30 tergantung jumlah penambang yang akan menjual emas.

Berdasarkan hasil observasi pada penambang emas tradisional di Kecamatan Mantikulore, Kota Palu menggunakan *The German Q18 Questionnaire* dengan titik potong 5 gejala maka ditemukan responden yang mengalami gejala neurologis berjumlah 60,98% lebih dominan dibanding responden yang tidak mengalami gejala neurologis yang berjumlah 39,02%. Gejala gangguan neurologis  $\geq 50\%$  dialami responden adalah sakit kepala 27(66%), pelupa 25 (61%) dan sering merasa lelah yang tidak biasa 21(51%). Gejala lainnya yang dialami responden berupa tremor 15(37%), mengalami kesulitan mengerti yang dibaca 14(34%), mati rasa tangan atau kaki (kebal) 12(29%), kessulitan dalam berkonsentrasi 11(27%), merasakan jantung

berdebar tanpa tekanan atau beraktifitas 7(22%), gairah seksualitas berkurang 7(17%), lengan atau kaki terasa lemah 6(15%), sering merasa emosi tanpa sebab yang jelas 4(10%), sering merasa sesak atau sakit dada seperti ditekan 1(2%).

Sistem saraf manusia terdiri dari sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Sistem saraf pusat dibagi menjadi dua bagian penting, yaitu otak dan medulla pinalis sedangkan sistem saraf tepi terdiri dari saraf motorik, saraf otonom dan saraf enterik.<sup>12</sup> Gangguan neurologis (gangguan saraf) dapat diakibatkan oleh dosis toksik dari berbagai zat seperti logam berat, pelarut, pestisida, dan bahan kimia lainnya (dalam hal ini Merkuri). Efek kronis biasanya kurang dapat diamati seperti efek akut, namun dapat menyebabkan kerusakan berbahaya seperti gangguan saraf pusat. Uap merkuri dapat langsung terhirup pada saat proses pengolahan merkuri yaitu pada saat proses burning amalgam untuk mendapatkan emas murni juga dapat membuat uap merkuri yang berbahaya lepas ke udara, akibatnya para pekerja dan masyarakat sekitar dapat terpajan uap merkuri tersebut. Makanan dan minuman merupakan agent merkuri yang masuk melalui mulut ke dalam tubuh. Jumlah merkuri yang masuk lewat minuman bisa berkali lipat lebih tinggi dibandingkan jumlah merkuri yang masuk melalui tanaman. Uap merkuri yang lepas ke atmosfer akan teroksidasi dan tersimpan di tanah, danau, sungai, dan samudera. Bakteri dapat mengubah merkuri yang dilepaskan ke lingkungan menjadi metil merkuri yang terakumulasi dalam rantai makanan sehingga mempengaruhi ikan dan kerang. Hal ini menyebabkan merkuri mengalami pelipatgandaan dari jumlah awal yang masuk akibat proses bakterial terhadap merkuri yang terdapat di dasar perairan.<sup>13</sup>

Tabel 2. Hasil analisis bivariat antar variabel

Variabel		F n=41	Bergejala n=41	Tidak Bergejala n=41	P-Value
Kadar Hg dirambut	Melebihi >2 µg/g	32(78%)	26 (81,3%)	6 (18,7%)	0,001**
	Tidak Melebihi $\leq 2$ µg/g	9(22%)	1 (11,1%)	8 (88,9%)	
	Total	41(100%)	27 (65,9%)	14 (34,1%)	
Masa Kerja	Lama >5 Tahun	22(54%)	18 (81,8%)	4 (18,2%)	0,047*
	Baru $\leq 5$ Tahun	19(46%)	9 (47,4%)	10 (52,6%)	
	Total	41(100%)	27 (65,9%)	14 (34,1%)	
Lama Kerja	Tidak Normal >8 Jam/hari	19(46%)	16 (84,2%)	3 (15,8%)	0,048*
	Normal $\leq 8$ Jam/hari	22(54%)	11 (50,0%)	11 (50,4%)	
	Total	41(100%)	27 (65,9%)	14 (34,1%)	
Frekuensi pajanan	Tinggi >4 kali/hari	16(39%)	14 (87,1%)	2 (12,5%)	0,045*
	Rendah $\leq 4$ kali/hari	25(61%)	13 (52,0%)	12 (48,8%)	
	Total	41(100%)	27 (65,9%)	14 (34,1%)	
Pemakaian APD	Tidak pakai	37(90%)	24 (64,9%)	13 (35,1%)	1,000
	Pakai	4(10%)	3 (75,0%)	1 (25,0%)	
	Total	41(100%)	27 (65,9%)	14 (34,1%)	
Usia	>40-70 Tahun	16 (39%)	14 (87,5%)	2 (12,5%)	0,045*
	$\leq 20$ -40 Tahun	25(61%)	13 (52,0%)	12 (48,0%)	
	Total	41(100%)	27 (65,9%)	14 (34,1%)	

Keterangan : \* (signifikan), \*\* (sangat signifikan)

Tabel 2 menyajikan 4 (empat) variabel bebas yaitu kadar Hg di rambut dengan  $p$ -value = 0,001, masa kerja dengan  $p$ -value=0,047, lama kerja dengan  $p$ -value

= 0,028, frekuensi pajanan dengan  $p$ -value=0,045 dan usia dengan  $p$ -value=0,045, sedangkan variabel yang tidak berhubungan signifikan dengan gejala neurologis yaitu pemakaian alat pelindung diri dengan  $p$ -value=1,000. Hasil pengukuran kadar merkuri di rambut dengan metode ICP-MS yang diukur di balai besar laboratorium kesehatan Kota Makassar Provinsi Sulawesi Selatan bahwa rambut yang memiliki kadar merkuri aman berjumlah 9 (21,95%) responden dan yang telah melebihi NAB berjumlah 32 (78,05%) responden.

Adanya hubungan antara kadar Hg dengan gejala neurologis dapat disebabkan beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu masa kerja responden, lamanya kerja dalam sehari, frekuensi pajanan dan yang paling penting adalah pada saat bekerja menimbang Hg, mencuci Hg, memasukkan Hg ke dalam silinder tromol, mengeluarkan amalgam dan slurry dari dalam silinder, ekstraksi amalgam, roasting amalgam penambang tidak menggunakan APD sehingga Hg dengan mudah masuk ke dalam tubuh dan terakumulasi dalam otak, kemudian terdistribusi ke saraf, apabila terjadi hambatan Hg pada SSP dan SST maka akan terjadi gangguan neurologis.

Pajanan merkuri pada penambang emas terjadi karena 78% penambang emas tidak memakai APD, oleh karenanya untuk meminimalisir terjadinya pajanan tinggi, penambang seharusnya memakai APD seperti masker, sepatu karet atau kulit, *apron* atau jas hujan serta sarung tangan karet untuk melindungi kontak langsung merkuri. Agar lebih aman dari pajanan merkuri, sebaiknya teknik amalgamasi dengan bahan merkuri diganti dengan teknik lainnya tanpa merkuri seperti teknik tiourea, tiosulfat, teknik iGoli, teknik flotasi.

Biomarker rambut memiliki keunggulan dibanding biomarker lainnya seperti darah, urin dan kuku karena dalam rambut banyak mengandung protein struktural yang tersusun oleh asam amino sistin yang mengandung ikatan sulfida yang berkemampuan mengikat logam berat dalam hal ini Hg yang masuk ke dalam tubuh. Pemeriksaan kadar merkuri yang baik yang berkaitan dengan pajanan kronis merkuri adalah biomarker rambut. Keunggulan biomarker rambut pada jangka panjang dapat memperlihatkan kadar merkuri dalam tubuh, memperlihatkan kekurangan nutrisi sebagai akar penyakit, dapat menyatakan logam berat yang berpotensi menimbulkan penyakit, menjelaskan informasi nomor dan type serta logam berat.<sup>18</sup>

Hasil yang sama dengan penelitian Yuyu I.A bahwa konsentrasi Hg dalam rambut memiliki hubungan dengan gejala neurologis penduduk Gorontalo Utara, dimana konsentrasi Hg yang terendah 2,1  $\mu\text{g/g}$  dan tertinggi 144,8  $\mu\text{g/g}$  dengan hasil pemeriksaan tim dokter ditemukan beberapa gejala umum pada penambang emas skala kecil dan penduduk yaitu gusi kebiruan 1 responden, refleks babinski 8 responden, refleks labia 9 responden, tremor 12 responden, kekakuan dan ataksia 2 responden, gerakan bolak-balik 3 responden dan gerakan mata tidak teratur 4 responden.<sup>15</sup> Selanjutnya penelitian Irwan M bahwa kadar merkuri dirambut penambang emas tradisional Tambang Sawah, Lebong, menunjukkan adanya hubungan dengan gejala neurologis dimana kadar

merkuri dirambut penambang yang terendah 1,42 ppm dan tertinggi 8,72 ppm, rata-rata 3,06 ppm dan hasil wawancara menunjukkan penyakit yang diderita oleh masyarakat di sekitar lokasi penambangan yaitu 20% gangguan liver 2%, 65% sakit kepala, 20% pusing, 15% tremor, 15% asma, 50% kelelahan, 5% gangguan ginjal, 40% sakit perut 5% sakit punggung an tumit. Hal ini disebabkan sudah ada gejala asiklik akibat keracunan merkuri. Penyakit ini disebabkan oleh akumulasi merkuri berdasarkan jumlah toksisitas pada manusia, yang bergantung pada bentuk komposisi, jalur yang digunakan untuk masuk ke dalam tubuh, dan lama paparan.<sup>16</sup> Penelitian Hasriwiani H.A dalam penelitiannya menemukan adanya hubungan antara konsentrasi merkuri total dengan gejala neurologis (Pearson,  $r = -0,49$ ;  $p = 0,004$ ). Gejala umum pada kelompok kontrol adalah tremor pada lidah, kelopak mata, hidung jari, dan tes Romberg mencapai 62% kejadian, sedangkan yang paling sering adalah tes gerakan mata yang tidak teratur, bidang penglihatan, refleks sentakan lutut dan refleks bisep. Gejala dominan kedua 31%–44% kejadian. Kadar merkuri dirambut penambang emas di Makassar Sulawesi Selatan terendah 2,5  $\mu\text{g/g}$ , tertinggi 43  $\mu\text{g/g}$  dengan rata-rata konsentrasi merkuri total pada rambut pekerja emas adalah 8,9  $\mu\text{g/g}$  berkisar antara 2,5 hingga 43,0  $\mu\text{g/g}$ .<sup>3</sup> Penelitian Marike M menemukan konsentrasi Hg pada rambut berhubungan dengan gejala neurologis berupa gangguan hati 2%, sakit kepala 65%, pusing-pusing 20%, tremor 15%, asma 15%, cepat lelah 50%, gangguan ginjal 5%, sakit perut 40% dan nyeri tumit dan sakit pinggang 5%. Konsentrasi merkuri di rambut 20 responden yang hidup di lokasi penambangan emas Buladu merkuri tertinggi sebesar 952.85 mg/kg dan terendah sebesar 0.03 mg/kg dengan rata-rata konsentrasi merkuri sebesar 55.09 mg/kg.<sup>17</sup>

Masa kerja yaitu lama bekerja yang dihitung dalam tahunan. Semakin panjang masa kerja penambang akan semakin sering kontak langsung dengan merkuri maka pajanan merkuri makin banyak merkuri masuk dan terakumulasi dalam tubuh karena merkuri bersifat akumulatif. Penambang dapat terpajan merkuri dengan menghirup uap merkuri pada proses pembakaran juga dapat melalui kontak kulit pada saat proses amalgamasi. Pernapasan merupakan jalur masuknya Hg Elementer ke dalam tubuh.<sup>19</sup> Masa kerja dibagi 2 kategori yaitu masa kerja >5 tahun masa kerja dan masa kerja  $\leq 5$  tahun. Responden penambang emas tradisional Kecamatan Mantikulore Kota Palu yang telah bekerja > 5 tahun berjumlah 22(54%) lebih besar jumlahnya dari responden yang bekerja  $\leq 5$  tahun yang berjumlah 19(46%). Hasil analisis bivariat terdapat 27 responden yang bergejala neurologis, diantara 27 responden terdapat 18(81,8%) responden dengan masa kerja >5 tahun dan 9(47,4%) responden yang memiliki masa kerja  $\leq 5$  tahun. Sedangkan responden yang tidak bergejala berjumlah 14 responden, diantara 14 responden terdapat 4(18,2%) responden masa kerjanya >5 tahun dan 10(52,6%) responden masa kerjanya  $\leq 5$  tahun sehingga dihasilkan nilai  $p$ -value 0,47 <  $\alpha = 0,05$  (tabel 4.5), ini menunjukkan

masa kerja berhubungan signifikan dengan gejala neurologis (tabel 2).

Masa kerja sangat berperan akan timbulnya gejala neurologis karena semakin panjang masa kerja semakin besar merkuri yang terakumulasi dalam otak, hati dan ginjal. Untuk meminimalisir pajanan, penambang seharusnya memakai APD. Jumlah merkuri terakumulasi dalam otak, hati dan ginjal berbeda meskipun masa kerja beberapa penambang sama sebab frekuensi pajanan berpengaruh di dalmnya. Masa kerja dapat menentukan gejala neurologis penambang. Jika penambang dengan masa kerja 5 tahun dan/atau sama dengan 5 tahun dan bergejala neurologis, maka gejala yang dirasakan penambang adalah neurologis akut, jika gejala neurologis dirasakan >5 tahun maka gejala yang dirasakan penambang adalah gejala neurologis kronis.

Berbeda dengan penelitian Sofia bahwa masa kerja tidak memiliki hubungan signifikan ( $p\text{-value} > \alpha = 0,05$ ) dengan gejala neurologis dimana penambang yang mengalami gejala neurologis akut dengan masa kerja >5 tahun 6(16%) dan masa kerja  $\leq 5$  tahun 9(22%), responden yang mengalami gejala neurologis kronik dengan masa kerja >5 tahun 20(54%) dan  $\leq 5$  tahun 18(44%), sedangkan responden yang tidak mengalami gejala neurologis dengan masa kerja >5 tahun 11(30%) dan masa kerja  $\leq 5$  tahun 14(34%).<sup>2</sup> Hal disebabkan jumlah masa kerja >5 tahun yang mengalami gejala neurologis lebih sedikit dibanding masa kerja  $\leq 5$  tahun.

Penelitian Meilya F.I juga menemukan bahwa masa kerja tidak memiliki hubungan signifikan ( $p = 0,552 < 0,001$ ) dimana dari pada 40 responden yang masa kerjanya >5 tahun berjumlah 36(90%) responden dan masa kerjanya  $\leq 5$  tahun berjumlah 4(10%) responden.<sup>20</sup> Masa kerja tidak berhubungan dengan gejala neurologis kemungkinan disebabkan frekuensi pajanan merkuri setiap responden yang berbeda-beda. Masa kerja perlu diperhatikan karena masa kerja yang lama memungkinkan penambang emas lebih lama terpajan merkuri sehingga berpotensi untuk terjadi bioakumulasi merkuri di dalam tubuhnya. Selain masa kerja yang lama, perilaku penambang yang tidak memperhatikan keselamatan dan kesehatan kerja dapat berpotensi menyebabkan keracunan pada penambang emas.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Izza H menemukan juga bahwa masa kerja tidak memiliki hubungan bermakna dengan kejadian gangguan tiroid sebagai salah satu gejala neurologis dengan  $p = 0,101 > 0,05$ . Rata-rata masa kerja responden 11 tahun dengan masa kerja mulai 1 tahun hingga 25 tahun. Kadar Hg responden terendah 4,40 ppb dan yang tertinggi 9,37 ppb, rata-rata 7,81 ppb.<sup>21</sup> Tidak adanya hubungan kemungkinan penambang yang masa kerjanya  $\leq 5$  tahun jumlahnya lebih banyak dibanding penambang yang masa kerjanya >5 tahun, sebab masa kerja sangat berperan akan timbulnya gejala neurologis karena semakin panjang masa kerja semakin besar merkuri yang terakumulasi dalam otak, hati dan ginjal. Untuk meminimalisir pajanan, penambang seharusnya memakai APD. Jumlah merkuri terakumulasi dalam otak, hati dan ginjal berbeda meskipun masa kerja

beberapa penambang sama sebab frekuensi pajanan berpengaruh didalmnya. Masa kerja dapat menentukan gejala neurologis penambang. Jika dalam 5 tahun masa kerja penambang dan telah merasakan gejala neurologis maka gejala yang dirasakan adalah neurologis akut, jika gejala neurologis dirasakan >5 tahun, gejala yang dirasakan gejala neurologis kronis.

Lama Kerja adalah lama seseorang bekerja setiap harinya (dalam satuan jam) dan berapa hari dalam seminggu (dalam satuan hari). Lama bekerja dalam penelitian ini adalah lama kerja dalam satu hari. Dalam 1 (satu) hari kewajiban seluruh karyawan untuk bekerja 7(tujuh) jam, apabila jumlah hari kerjanya dalam satu minggu 6 hari, sedangkan kewajiban karyawan yang bekerja 8 jam dalam sehari jumlah hari kerjanya 5 hari dalam 1 minggu sehingga total jam kerja dalam 1 (satu) minggu sama-sama 40 jam.<sup>22</sup> Pada tabel 2, responden yang mengalami gejala neurologis berjumlah 27 responden. Di antara 27 responden terdapat 16(84%) responden yang memiliki lama kerja >8 jam/hari dan 11(50%) responden yang memiliki lama kerja  $\leq 8$  jam/hari. Sedangkan responden yang tidak bergejala berjumlah 14 responden, diantara 14 responden terdapat 3(15,8%) responden yang memiliki lama kerja >8 jam/hari dan 11(50%) responden memiliki lama kerja  $\leq 8$  jam/hari sehingga dihasilkan nilai  $p\text{-value} = 0,48$ , ini menunjukkan masa kerja berhubungan signifikan dengan gejala neurologis. Penambang yang bekerja lebih dari jam kerja normal (>8 jam/hari) adalah penambang yang jenis pekerjaannya sebagai pekerja tromol dan penambang emas yang juga mengolah sendiri batuan serta pembeli emas dipenambangan emas Kecamatan Mantikulore, Kota Palu.

Responden yang bekerja lebih dari 8 jam adalah responden yang bekerja pada pengolahan emas yang dikenal dengan pekerja tromol karena timbunan batuan penambang telah antri di tromol sehingga dalam 1 kali pengolahan pekerja butuh waktu 1 jam proses memasukan bahan material dan merkuri (Hg) ke dalam gelundungan, min 6 (enam) proses amalgamasi menggunakan merkuri (Hg) dan 1 jam proses mengeluarkan bahan dari tabung-tabung atau silinder tromol. Pekerjaan tersebut adalah pekerjaan rutin pekerja tromol namun kadangkala penambang juga ada yang mengolah sendiri dengan menyewa tromol. Pekerjaan lainnya yaitu ekstraksi amalgam, pekerjaan ini bisa dikerjakan oleh penambang pemilik material dan apabila penambang tidak mampu karena pekerjaan ini perlu tenaga extra dalam memeras amalgam. Sekali pengolahan membutuhkan waktu 8 jam, maka untuk menghabiskan batuan yang telah bertumpuk setiap harinya pekerja tromol melakukan pengolahan 3 (tiga) kali/hari (8 jam x 3 kali) sehingga jumlah jam kerjanya mencapai 24 jam. Waktu pekerja tromol beristirahat hanya pada saat mesin tromol telah dinyalakan untuk proses amalgamasi.

Lama kerja dapat mempengaruhi adanya gejala neurologis dengan didukung oleh frekuensi pajanan merkuri. Meskipun bekerja hanya 2 jam/hari tetapi apabila setiap hari terpajan dengan uap merkuri dalam

jumlah banyak terutama jika dalam 2 jam membakar amalgam dengan tidak memakai APD terutama masker maka akumulasi merkuri dalam tubuh akan semakin besar jumlah Hg yang terakumulasi dalam otak. Selain pajanan uap pembakaran amalgam, pada saat mengeluarkan amalgam dari tromol dan proses ekstraksi pajanan merkuri juga terjadi dengan bersentuhan langsung dengan kulit karena penggunaan Hg yang secara kontinyu dengan kontak langsung dengan kulit dan menghirup Hg secara terus menerus akan mempercepat terakumulasinya Hg pada otak. Kulit dan Pernapasan merupakan jalan masuk merkuri ke dalam tubuh, merkuri yang berada pada kulit akan masuk melalui pori-pori kulit masuk ke saluran darah kemudian terakumulasi pada otak.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian Sugeng Rianto bahwa jumlah lama kerja (jam/hari) memiliki hubungan yang signifikan dengan gejala neurologis sebagai dampak keracunan merkuri ( $p=0,047<0,05$ ) dimana secara kontinyu mulai jam 08.00 – 16.00 dengan lama kerja  $>8$  jam/hari penambang terpajan Hg akan berisiko tinggi keracunan merkuri.<sup>23</sup> Berbeda dengan penelitian Izza H bahwa lama kerja tidak berhubungan dengan gejala neurologis fungsi hati dengan  $p=0,594$  dengan rata-rata lama kerja responden 6 jam/hari, paling kurang 3 jam/hari dan paling lama 12 jam/hari. Hal ini disebabkan oleh jam kerja yang lama dimana rata-rata lama kerja responden 6 jam/hari, paling kurang 3 jam/hari dan paling lama 12 jam/hari.<sup>21</sup> Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh lama kerja, pada penelitian Izza H, responden bekerja paling kurang 3 jam/hari dan paling lama 12 jam/hari, sedangkan penelitian ini lama kerja penambang paling kurang 8 jam/hari dan paling lama 18 jam/hari.

Frekuensi Pajanan adalah jumlah pajanan yang terjadi dalam satu jam kemudian diakumulasikan dalam waktu satu hari yang dinyatakan dalam satuan kali/hari. Responden yang mengalami gejala neurologis ada 27 responden, di antaranya responden yang memiliki frekuensi pajanan tinggi ( $>4$  kali/hari) berjumlah 14(87,5%) dan responden yang memiliki frekuensi pajanan normal ( $\leq 4$  kali/hari) berjumlah 13(52,0%). Sedangkan 14 responden yang tidak bergejala di antaranya 2(12,5%) di antaranya responden yang memiliki frekuensi pajanan tinggi ( $>4$  kali/hari) dan 12(48,0%) lainnya adalah responden yang memiliki frekuensi pajanan normal ( $\leq 4$  kali/hari) dengan  $p$ -value=0,45, yang menunjukkan ada hubungan yang signifikan antara frekuensi pajanan dengan gejala neurologis (pada tabel 2), maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak.

Frekuensi pajanan dapat berhubungan dengan gejala neurologis karena responden yang frekuensi pajanan merkuri yang tinggi lebih dominan dari pada yang frekuensi pajanan merkuri yang rendah. Dalam waktu 8 jam/hari batas pajanan jangka pendek yang diperkenankan 15 menit dan tidak boleh melebihi 4 kali pajanan/60 menit.<sup>24</sup> Namun dalam pelaksanaan dilapangan responden bekerja lebih dari 8 jam dengan frekuensi lebih dari 4 kali dalam sehari. Untuk

menentukan frekuensi pajanan merkuri terhadap responden yaitu pada saat pengolahan emas (menimbang, amalgamasi, mengeluarkan amalgam dari gelundungan, ekstraksi amalgam, pembakaran emas). Penambang terpajan Hg dapat melalui kulit dan menghirup uap merkuri pada saat amalgamasi, ekstraksi dan pembakaran.

Frekuensi Pajanan yang tinggi akan mempercepat akumulasi Hg dalam otak yang kemudian akan terdistribusi ke saraf dan akan menghambat kinerja sistem saraf pusat (SSP) dan sistem saraf tepi (SST) sehingga mengakibatkan gangguan fungsi organ-organ tubuh seperti otak, jantung, paru-paru, mata lambung, limpa, pankreas, ginjal, hati, usus, kulit dan uterus. Gejala-gejala seperti iritasi paru-paru, iritasi mata, ruam kulit, muntah dan diare, kelelahan, sakit kepala, reproduksi seperti kerusakan sperma, cacat lahir, dan keguguran merupakan dampak dari organ tubuh yang terganggu. Penurunan kemampuan belajar, perubahan kepribadian, tremor, perubahan penglihatan, ketulian, inkoordinasi otot dan kehilangan memori merupakan gangguan kesehatan karena fungsi otak yang rusak.

Proses pengolahan emas di Kecamatan Mantikulore Kota Palu ada 5 (lima) tahapan yang dilakukan yaitu menimbang merkuri yang akan digunakan untuk mengikat emas, proses amalgamasi, ekstraksi, membakar atau menguapkan merkuri dari emas, menimbang dan mencuci Hg yang telah dipakai amalgamasi. Pada proses amalgamasi ada 2 (dua) kali kontak langsung dengan merkuri yaitu pada saat mencampur atau memasukan batuan halus dan merkuri kedalam tabung atau silinder tromol dan setelah amalgamasi yaitu pada saat mengeluarkan air, amalgam yang telah menyatu, sehingga frekuensi pajanan sekali pengolahan ada 6 kali kontak langsung. Dalam sekali pengolahan membutuhkan waktu min 8 jam, sedangkan pekerja tromol untuk menghabiskan material yang telah bertumpuk setiap harinya dalam sehari 3 (tiga) kali melakukan pengolahan (8 jam x 3 kali pengolahan) sehingga dalam sehari (24 jam) pekerja tromol kontak langsung dengan Hg sebanyak 18 kali terpajan.

Berbeda dengan pembeli emas yang ada di penambangan. Pembeli emas sebelum membayar ke penambang, emas tersebut dibakar kembali oleh pembeli emas agar emas yang dibeli tidak mengandung Hg lagi, jika dalam sehari 30 penambang emas yang menjual emasnya maka 30 kali pembeli emas terpajan merkuri dengan menghirup uap bakaran merkuri, jika lebih dari 30 penambang yang akan menjual emasnya maka sebanyak itulah pembeli emas dipenambangan terpajan merkuri. Responden yang paling tinggi terpajan merkuri yaitu pada pembeli emas sedangkan penambang yang pekerjaannya hanya mencari tanah dan batuan kurang kontak langsung dengan Hg, dalam sehari ada yang hanya 1 hari kontak langsung dengan Hg. Merkuri akan terakumulasi dalam tubuh apabila bekerja dengan waktu lama dan sering kontak secara langsung dengan merkuri.

Batas pajanan dalam jangka pendek (*Short term Exposure Limit*) adalah konsentrasi rata-rata tertinggi dalam waktu 15 menit yang diperkenankan dan tidak

boleh terjadi lebih dari 4 kali, dengan periode antar pajanan minimal 60 menit selama pekerja melakukan pekerjaannya dalam 8 jam kerja per hari.<sup>24</sup> Dalam pelaksanaannya, responden bekerja lebih dari 8 jam/hari dengan frekuensi lebih dari 4 kali/hari. Observasi frekuensi pajanan merkuri terhadap responden dapat dilakukan pada proses amalgamasi ekstraksi dan pembakaran amalgam.

Penelitian yang sama oleh Rizki Srimaulia Hartati tahun 2018, bahwa frekuensi pajanan merkuri berhubungan signifikan dengan neurologis ( $p=0,001<0,05$ ). Jumlah responden yang diteliti 95 responden dengan pajanan minimal 6 minggu/tahun dan tertinggi 52 minggu/tahun. Frekuensi pajanan lebih dari 4 kali/hari adalah responden yang bekerja sebagai pengolah emas dimana dalam sehari terpajan Hg 5 – 18 kali dimana jam kerjanya bisa mencapai 24 jam karena 1 kali mengolah paling lama 8 jam dengan frekuensi pajanan max 6 kali sehingga 6 kali pajanan x 3 kali putaran dalam sehari = 18 kali terpajan Hg selama 24 jam. Adapun frekuensi pajanan yang mencapai 30 kali/hari adalah frekuensi pajanan pada pembeli emas yang berada di lokasi penambangan yang mana ketika penambang datang menjual emasnya, pembeli akan membakar dahulu agar mendapatkan emas murni. Setiap hari penambang yang menjual emas ke penjual emas rata-rata 30 (tiga puluh) penambang sehingga secara otomatis pembeli emas akan membakar emas 30 kali/hari bahkan lebih dari 30 kali.

Usia dapat mempengaruhi ketahanan atau kemampuan fisik untuk merespon pajanan merkuri yang masuk kedalam tubuh. Usia penambang dibagi dalam 2 kelompok yaitu >40 tahun dan 20-40 tahun. Responden berusia >40 tahun berjumlah 16(39%) dan responden berusia 20-40 tahun 25(61%). Pada tabel 2, hasil analisis bivariat menjelaskan dari 27 responden yang mengalami gejala neurologis terdapat 14(87,5%) responden berusia >40 tahun (risiko tinggi) dan 13(52,0%) responden berusia 20-40 tahun (risiko rendah), sedangkan dari 14 responden yang tidak mengalami gejala neurologis terdapat 2(12,5%) di antaranya responden bersusia >40 tahun (risiko tinggi) dan 12(48%) responden berusia 20-40 tahun (risiko rendah) dengan  $p\text{-value}=0,045$ . Ini menunjukkan usia berhubungan signifikan dengan gejala neurologis.

Usia dapat berhubungan karena usia penambang yang berusia >40 tahun lebih dominan dibanding usia ≤40 tahun. Usia merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi timbulnya gejala neurologis apabila penambang telah berusia di atas usia produktif (>40 tahun) karena telah terjadi penurunan fisik sehingga kemampuan fisik telah terbatas, daya tahan tubuh telah menurun. Hal ini karena usia mempengaruhi kesehatan seseorang, fraksi massa tubuh, penurunan fungsi hati dan ginjal, peningkatan jaringan lemak, dan penurunan kecepatan aliran darah, sehingga memperpanjang keberadaan racun dalam tubuh. Toksisitas Hg dalam tubuh dapat dipengaruhi oleh bentuk Hg yang masuk dalam tubuh sehingga usia lebih kecil pengaruhnya terhadap gejala karena pajanan merkuri

masih dipengaruhi oleh faktor lain seperti kadar merkuri yang masuk, frekuensi pajanan dan masa kerjusia yang beresiko tinggi (>40 tahun) yang bergejala neurologis berjumlah 14(87,5%) responden lebih besar dibanding usia yang beresiko rendah (20-40 tahun) yang berjumlah 12(48%) responden dengan  $p\text{-value}<0,05$ , maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  di tolak yang berarti Usia memiliki hubungan yang signifikan dengan gejala neurologis. Penelitian yang sama dengan Meilya F.I, bahwa umur berhubungan signifikan dengan gejala neurologis dengan nilai  $p\text{-value} 0,001<0,01$ . Meilya membagi usia dalam dua kategori yaitu >35 tahun dan ≤35 tahun. Umur responden antara 36 - 45 tahun sebanyak 22(55%) responden.

Usia >40 tahun lebih dominan dibanding usia ≤40 tahun sehingga memungkinkan berhubungan dengan gejala neurologis karena semakin bertambah umur semakin besar resiko akumulasi pajanan merkuri seiring dengan semakin lama jam kerja dan masa kerja penambang emas yang panjang terutama pada usia lanjut karena menginjak usia lanjut fungsi organ-organ tubuh seperti ginjal, hati dan otak telah berkurang, selain itu usia >40 tahun telah terjadi penurunan kemampuan fisik dan daya tahan tubuh.

Berbeda dengan penelitian Rizki S.H bahwa hasil uji korelasi Spearman, usia tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan neuropsikologi sebagai salah satu gejala neurologis ( $p=0,589>0,05$ ). Tidak adanya hubungan kemungkinan disebabkan penelitian Rizki, usia penambang masih tergolong usia produktif dimana rata-rata 33 tahun, dimana usia penambang termuda 18 tahun dan yang tertua 49 tahun, kelompok usia ≤40 tahun lebih banyak dibanding penambang yang berusia >40 tahun. Usia 20-40 tahun merupakan usia produktif, rata-rata masih memiliki kematangan kemampuan yang kuat dan mempunyai tingkat produktifitas lebih tinggi dibanding usia >40 tahun.<sup>25</sup>

Tabel 3. Hasil analisis multivariat antar variabel

Variabel	P-Value	Exp (B)	95% CI	
			lower	Upper
Kadar Hg dirambut	0,003	69,333	4,231	1136,181
Masa Kerja	0,034	11,250	1,198	105,651

Keterangan : \* signifikan.

Hasil analisis multivariat yang menggunakan regresi logistik metode *backward conditional*, ditemukan hasil bahwa variabel yang memiliki hubungan paling dominan terhadap gejala gangguan neurologis penambang emas tradisional Kecamatan Mantikulore, Kota Palu adalah kadar merkuri  $p\text{-value}=0,003$  (PR 69.333 dengan 95% CI =4.231–1136.181), masa kerja  $p\text{-value} =0,034$  (PR 11,250 dan 95% CI = 1.198–105.651). Dengan demikian variabel yang sangat signifikan dan berisiko 69,333 kali terjadinya gejala neurologis adalah variabel kadar Hg di rambut dibandingkan dengan masa kerja responden.

Penambang emas yang memiliki kadar Hg rambut dibawah ≤2 ppm dan masa kerja penambang ≤ 5 tahun memiliki probabilitas sebesar 51,27 % untuk mengalami

gejala neurologis, sedangkan penambang emas yang memiliki kadar Hg rambut dibawah >2 ppm dan masa kerja penambang > 5 tahun memiliki probabilitas sebesar 100 % untuk mengalami gejala neurologis. Dengan demikian penambang emas dengan kadar Hg rambut dibawah >2 ppm dan masa kerja penambang > 5 tahun memiliki probabilitas yang besar untuk mengalami gejala gangguan neurologis dibanding penambang emas yang memiliki kadar Hg rambut dibawah  $\leq$ 2 ppm dan masa kerja penambang  $\leq$  5 tahun.

Dengan hasil temuan ini, pemakaian merkuri pada proses pengolahan emas pada penambangan emas tradisional di Kecamatan Mantikulore sudah harus menjadi perhatian khusus Pemerintah Kota Palu agar pemakaian merkuri tidak diperbolehkan lagi. Selain mengancam lingkungan dan kesehatan masyarakat penambang, kesehatan seluruh masyarakat Kota Palu juga terancam oleh cemaran merkuri yang berasal dari lokasi penambangan emas yang terbawa aliran sungai yang tercemar merkuri dimana sungai tersebut bermuara di laut yang masih dalam kawasan perkotaan sehingga akan mencemari biota laut yang dikonsumsi oleh masyarakat Kota Palu.

Tahun 2022 United Nation Framework Convention On Climate Change (UNFCCC) pada konferensi COP-4.2 di Bali yang dilaksanakan pada tanggal 21-26 Maret tahun 2022 yang menyepakati (1) EE konvensi minamata yang akan mulai dilakukan pada tahun 2023, (2) pengarusutamaan gender yaitu perlindungan pekerja wanita diindustri penambangan emas skala kecil (PESK), (3) Deklarasi Bali yaitu memerangi perdagangan ilegal merkuri.<sup>26</sup> Hal ini menunjukkan keseriusan secara internasional dalam memerangi penggunaan merkuri pada industri-industri yang membahayakan kesehatan manusia. Implementasi dari konvensi minamata, Pemerintah Republik Indonesia telah membuat Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (PERMENKES RI) nomor 41 Tahun 2019 tentang penghapusan dan penarikan alat kesehatan bermerkuri difasilitas pelayanan kesehatan sebagai wujud dari Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (PERMENKES RI) nomor 56 Tahun 2016.<sup>27</sup> Dengan demikian diperlukan keseriusan Pemerintah Kota Palu dalam memerangi penggunaan merkuri pada pengolahan emas di penambangan emas Kota Palu.

## SIMPULAN

Kadar Hg rambut penambang di Kecamatan Mantikulore, Kota Palu yang telah melebihi standar WHO yaitu 2 ppm berjumlah 78% responden, dengan kadar Hg terendah 0,8038  $\mu\text{g}/\text{gr}$  yang tertinggi 99,6737  $\mu\text{g}/\text{g}$ . Responden yang mengalami gejala gangguan neurologis berjumlah 63%. Gejala yang dialami responden adalah sakit kepala, pelupa, sering merasa lelah yang tidak biasa, tremor, mengalami kesulitan mengerti isi buku atau surat kabar, mati rasa tangan atau kaki, kesulitan berkonsentrasi, merasakan jantung berdebar tanpa ada tekanan atau tanpa melakukan aktifitas apapun, kemampuan seksual berkurang, lengan dan kaki terasa lemas. Terdapat hubungan antara kadar

Hg, masa kerja, lama kerja, frekuensi pajanan dengan gejala neurologis. Tidak ada hubungan antara Pemakaian APD dengan gejala neurologis.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Puji Syukur kepada Allah yang maha pengasih atas kemurahanNya artikel ini boleh dipublish. Terimakasih kami ucapkan kepada Dekan, wakil Dekan, Ketua Prodi, seluruh Dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan, Pemerintah Kota Palu serta seluruh pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah mengizinkan dan mendukung pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Ilmu Kimia. 10 Sifat Merkuri dan Penjelasannya. In: Materi Kimia Dari Pakarakar. Jakarta, Indonesia: pakarkimia; 2022.
2. Sofia S, Ibrahim T, Risqa M. Neurological Status Disturbances Caused by Mercury Exposures from Artisanal Gold Mining Area in West Aceh, Aceh Province. 2017;1(PHICo 2016):57–61. <https://doi.org/10.2991/phico-16.2017.53>
3. Abbas HH, Sakakibara M, Sera K, Arma LH. Mercury exposure and health problems in urban artisanal gold mining (UAGM) in Makassar, South Sulawesi, Indonesia. Geosci [Internet]. 2017;7(3). <https://doi.org/10.3390/geosciences7030044>
4. Suhelmi R, Amqam H, Thaha RM. Distribusi Gejala Neurologi Pada Pengrajin Emas Di Kecamatan Wajo Kota Makassar. J Kesehat Masy Marit. 2020;3(1). <https://doi.org/10.30597/jkmm.v3i1.10285>
5. Mirdat, Patadungan YS, Isrun. Status of Heavy Metal Mercury (Hg) in Soil in the Gold Mine Processing Area in Poboya Village, Palu City. E-journal Agrotekbis. 2013;1(2):127–34.
6. Albasar MI, Daud A, Maria IL. Pajanan Merkuri (Hg) pada Masyarakat di Kelurahan Poboya Kota Palu Sulawesi Tengah. E\_Journal Progr Pascasarj Univ Hasanuddin. 2013;14(23):11.
7. Santoso FJ, Wahyudi HI, Isrun. Evaluasi Kandungan Logam Berat Merkuri ( Hg ) Pada Beberapa Tanaman Pangan Dan Palawija Di Sekitar Areal Pengolahan Tambang Emas Di Kelurahan Poboya , Kota Palu. e-J Agrotekbis. 2014;2(2):138–45.
8. Hidayanti R, Wawo A, Widodo S, Jafar N, Yusuf FN. Analisis Pengaruh Penambangan Emas Terhadap Kondisi Tanah Pada Pertambangan Rakyat Poboya Palu, Provinsi Sulawesi Tengah. 2017;5(3). <https://doi.org/10.33536/jg.v5i3.141>
9. Nirmalasari R, Jaya AI, Ratianingsih R. Prediksi Pola Penyebaran Merkuri (Hg) Di Udara Pada Kondisi Steady State Di Kawasan Pertambangan Emas Poboya, Kota Palu Menggunakan Metode Beda Hinga. J Ilm Mat Dan Terap. 2016;10(1):89–97. <https://doi.org/10.22487/2540766X.2013.v10.i1.7456>
10. Pemerintah Republik Indonesia. Undang-Undang

- Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pengusahaan Tambang Mineral Batubara 2020. <https://doi.org/10.56301/cs.j.v3i2.476>
11. Astolfi ML, Protano C, Marconi E, Massimi L, Piamonti D, Brunori M, et al. Biomonitoring of mercury in hair among a group of eritreans (Africa). *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph17061911>
  12. Nurhastuti MI. Anatomi Tubuh dan Sistem Persarafan Manusia. Pena T, editor. Goresan Pena. 2018;236.
  13. Hartati RS. Analisis Risiko Paparan Merkuri Terhadap Efek Neuropsikologis Pada Masyarakat Di Lokasi Pengolahan Emas Desa Krueng Kalee Kecamatan Pasie Raja Kabupaten Aceh Selatan Tahun 2018. Repositori Institusi Universitas Sumatera Utara. Universitas Sumatera Utara; 2018.
  14. Syafruddin. Dampak Lama Bekerja Terhadap Kadar Merkuri ( Hg ) dalam Darah pada Pekerja Tambang Emas Tradisional di Desa Pantan Luas Kabupaten Aceh Selatan. Vol. 79, Repositori Institusi USU, Universitas Sumatera Utara. Universitas Sumatera Utara; 2015.
  15. Arifin YI, Sakakibara M, Sera K. Impacts of artisanal and small-scale gold mining (ASGM) on environment and human health of Gorontalo utara regency, Gorontalo Province, Indonesia. *Geosci*. 2015;5(2):160–76. <https://doi.org/10.3390/geosciences5020160>
  16. Mulyadi I, Putrajaya F, Hasanah N, Sumiyati S. Mercury content on hair as an indication of mercury exposure on gold miners in Tambang Sawah Village, Lebong Regency. *Ann Trop Med Public Heal*. 2021;24(01). <https://doi.org/10.36295/ASRO.2021.24103>
  17. Mahmud M, Lihawa F, Banteng B, Desei F, Saleh Y. Konsentrasi Merkuri Pada Rambut Kepala Dan Kesehatan Masyarakat Pada Lokasi Penambangan Emas Tradisional Buladu Kabupaten Gorontalo Utara. *J Pengelolaan Sumberd Alam dan Lingkung*. 2018;8(2):235–40. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.2.235-240>
  18. Agung Taufiqur Rokhman SY. Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kadadr Merkuri Dalam Rambut Masyarakat Sekitar Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) Di Desa Malasari, Kecamatan Nanggung Kabupaten Bogor [Internet]. *J Conserv Dent*. 2013; Vol. 16.
  19. Novarianti. Analisis Faktor Risiko Paparan Merkuri ( Hg ) Pada Penambang Emas Di Kelurahan Kawatuna. Hasanuddin, Makassar; 2013.
  20. Indah MF, Agustina N. Analisis Kadar Merkuri, Derajat Keasaman dan Faktor Risiko Kesehatan Pada Penambang Emas Tanpa Izin di Kecamatan Cempaka. *Bul Penelit Kesehat*. 2021;48(4):281–90. <https://doi.org/10.22435/bpk.v48i4.3452>
  21. Izza HSN. Hubungan Paparan Merkuri (Hg) Dengan Gangguan Fungsi Tiroid Pada Penambang Emas Tradisional Di Desa Jendi Kecamatan Selogiri Kabupaten Wonogiri. *J Kesehat Lingkung Indones*. 2013;12(1):58–63.
  22. Kementerian perindustrian. Undang - Undang RI No 13 Tahun 2003. Jakarta, Indonesia; 2003.
  23. Rianto S, Setiani O. Analisis Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Keracunan Merkuri Pada Penambang Emas Tradisional di Desa Jendi Kecamatan Selogiri Kabupaten Wonogiri. *J Kesehat Lingkung Indones* [Internet]. 2012;11(1):54–60.
  24. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2016 Tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri. Jakarta; 2016.
  25. Aprilyanti S. Pengaruh Usia dan Masa Kerja Terhadap Produktivitas Kerja (Studi Kasus: PT. OASIS Water International Cabang Palembang). *J Sist dan Manaj Ind*. 2017;1(2):68. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v1i2.413>
  26. Kementerian Luar Negeri. COP4.2 Konvensi Minamata di Bali Sukses Berikan Hasil Strategis dan Monumental [Internet]. Jakarta, Indonesia; 2022.
  27. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2019 Tentang Penghapusan dan Penarikan Alat Kesehatan Bermerkuri di Fasilitas Pelayanan Kesehatan. Jakarta: [sitkb3.menlhk.go.id](http://sitkb3.menlhk.go.id); 2019.



©2023. This open-access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.