

Analisis Hubungan Kadar Merkuri (Hg) dan Derajat Keasaman Saliva Terhadap Indeks DMF-T Pada Penambang Emas Skala Kecil di Desa Ramang Pulang Pisau

by Agnes Frethernety

Submission date: 28-Jul-2025 08:08AM (UTC+0700)

Submission ID: 2721496121

File name: Agnes_Frethernety.docx (105.73K)

Word count: 4686

Character count: 30282

Analisis Hubungan Kadar Merkuri (Hg) dan Derajat Keasaman Saliva Terhadap Indeks DMF-T Pada Penambang Emas Skala Kecil di Desa Ramang Pulang Pisau

Agnes Fretherhety^{1*}, Helena Jelita¹, Shinta Nugrahini¹, Francisca Diana Alexandra², Benedikta Cemara Raninai Jakung³

¹Department of Dentistry and Oral Medicine, Faculty of Medicine, Palangkaraya University

²Departemen of Pharmacotherapy Faculty of Medicine, Palangkaraya University

³Student Faculty of Medicine, Palangkaraya University

*Corresponding author: agnes@med.upr.ac.id

Info Artikel: Diterima ...bulan...20XX; Disetujui ...bulan 20XX; Publikasi ...bulan ..20XX *tidak perlu diisi

ABSTRAK

Latar Belakang: Aktivitas penambangan emas skala kecil di sekitar Sungai Kahayan menyebabkan kontaminasi merkuri yang dapat masuk ke tubuh manusia melalui air atau makanan. Merkuri bersifat toksik dan dapat memengaruhi kondisi saliva, termasuk pH, yang turut berperan dalam proses terbentuknya karies gigi. Studi tentang hubungan langsung kadar merkuri dan keasaman saliva terhadap karies masih terbatas, khususnya pada kelompok penambang emas. Tujuan studi ini menganalisis hubungan kadar merkuri dan derajat keasaman saliva terhadap indeks DMF-T pada penambang emas skala kecil di Desa Ramang, Kecamatan Banama Tingang, Kabupaten Pulang Pisau.

Metode: Jenis penelitian ini merupakan studi observasional analitik dengan pendekatan *cross-sectional study* dengan 30 Jenis penelitian ini adalah observasional analitik dengan desain *cross-sectional* yang dilakukan pada bulan Mei 2024. Sebanyak 30 responden penambang emas dipilih secara *purposive sampling*. Variabel kadar merkuri dalam saliva diukur menggunakan *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)*, pH saliva menggunakan pH meter digital, dan indeks DMF-T diperoleh melalui pemeriksaan klinis gigi. Analisis data dilakukan dengan menggunakan uji korelasi Spearman.

Hasil: Rerata kadar merkuri dalam saliva adalah 290,6 µg/L, yang tergolong sangat tinggi dibanding ambang batas aman dalam tubuh (20 µg/L). Rerata pH saliva sebesar 4,8 menunjukkan kondisi asam ($pH < 5,5$), dan indeks DMF-T sebesar 13,4 mengindikasikan tingkat kerusakan gigi yang sangat tinggi ($DMF-T \geq 9,0$). Hasil uji Spearman menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kadar merkuri dengan indeks DMF-T ($p = 0,704$) maupun antara pH saliva dengan indeks DMF-T ($p = 0,403$).

Simpulan: Meskipun kadar merkuri dan pH saliva cukup bervariasi di antara responden, keduanya tidak memiliki hubungan signifikan dengan indeks DMF-T. Keterbatasan penelitian ini tidak memasukan faktor lain seperti pola makan dan kebersihan gigi yang dapat memengaruhi kejadian karies gigi pada penambang emas skala kecil di Desa Ramang, Kabupaten Pulang Pisau.

Kata kunci: Merkuri; Saliva; Karies; Penambang

Title: Correlation between Mercury (Hg) Levels and Salivary Acidity with DMF-T Index among Small-Scale Gold Miners in Ramang Village, Pulang Pisau Regency

ABSTRACT

Background: Small-scale gold mining activities around the Kahayan River have led to mercury contamination, which can enter the human body through water or food. Mercury is toxic and can affect salivary conditions, including pH, which plays a role in the development of dental caries. Studies investigating the direct relationship between mercury levels and salivary acidity in relation to caries are still limited, particularly among gold miners. This study aims to analyze the relationship between mercury levels and salivary pH with the DMF-T index among small-scale gold miners in Ramang Village, Banama Tingang Subdistrict, Pulang Pisau Regency.

Methods: This research is an analytical observational study with a cross-sectional design conducted in May 2024. A total of 30 small-scale gold miners were selected through purposive sampling. Mercury levels in saliva were measured using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS), salivary pH was assessed using a digital pH meter, and the DMF-T index was obtained through clinical dental examinations. Data analysis was performed using Spearman's correlation test.

Results: The average mercury level in saliva was 290.6 µg/L, which is considered very high compared to the safe threshold (20 µg/L). The mean salivary pH was 4.8, indicating an acidic condition ($pH < 5.5$), and the DMF-T index averaged 13.4, suggesting a very high level of dental caries ($DMF-T \geq 9.0$). Spearman's test showed no significant correlation between mercury levels and the DMF-T index ($p = 0.704$), nor between salivary pH and the DMF-T index ($p = 0.403$).

Conclusion: Although mercury levels and salivary pH varied among respondents, neither showed a significant relationship with the DMF-T index. This study is limited by not accounting for other influencing factors such as dietary habits and oral hygiene, which may contribute to the occurrence of dental caries among small-scale gold miners in Ramang Village, Pulang Pisau Regency.

Keywords: Mercury; Saliva; Caries; Miners

PENDAHULUAN

Pertambangan emas skala kecil (PESK) merupakan salah satu penyumbang utama emisi merkuri secara global. Menurut laporan *United Nations Environment Programme* (UNEP), sektor PESK merupakan penyumbang sekitar 37 % dari total emisi merkuri antropogenik dunia[1]. Di Indonesia praktik ini marak terjadi yang termasuk salah satunya di wilayah Sungai Kahayan, Kalimantan Tengah dimana penggunaan merkuri dalam proses amalgamasi emas masih dijumpai[2]. Penelitian terdahulu melaporkan bahwa kadar merkuri dalam air Sungai Kahayan telah meningkat signifikan, mencapai 0,082 mg/L, melebihi baku mutu lingkungan menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 yang menetapkan ambang batas merkuri sebesar 1 µg/L[3].

Penggunaan merkuri merupakan metode yang digunakan dalam penambangan emas skala kecil dalam mengekstraksi emas di seluruh dunia. Ketika emas dipisahkan dari merkuri dalam proses peleburan, konsentrasi tinggi uap merkuri dilepaskan sehingga penambang emas terpapar merkuri terutama melalui penghirupan uap merkuri. Selain itu debu merkuri mengendap pada permukaan (dinding, pakaian, peralatan) dan sebagian dilepaskan ke lingkungan, sehingga mikroorganisme di dalam air dan tanah dapat mengubah merkuri menjadi metilmerkuri organik[4]. Merkuri (Hg) merupakan logam berat yang bersifat toksik dan dapat terakumulasi dalam tubuh melalui beberapa cara, yaitu inhalasi uap, penyerapan melalui kulit, dan konsumsi ikan yang berasal dari perairan yang terkontaminasi merkuri[5][6].

Selama ini, pemeriksaan sampel biologis akibat paparan merkuri umumnya dilakukan melalui pengukuran kadar merkuri dalam darah dan urin. *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) menetapkan kadar merkuri pada rambut tidak melebihi ambang 1 µg/g, dan 25 µg/L untuk sampel urin. Penelitian sebelumnya terkait kadar merkuri rambut dan urin pada populasi penambang emas menemukan $6,59 \pm 0,01$ µg/g, kadar rambut melebihi ambang 1 µg/g yang ditetapkan USEPA sedangkan kadar merkuri urin tercatat $6,97 \pm 0,06$ µg/L, masih dibawah batas 25 µg/L untuk sampel urin[7]. Meskipun WHO belum menetapkan batas normal untuk kadar merkuri dalam sampel saliva, beberapa penelitian menyarankan ambang batas tertentu, tidak lebih dari 5 µg/L pada praktik kedokteran gigi yang menggunakan bahan tambal amalgam[8]. Pada paparan kronis merkuri elemental dalam bentuk uap dapat menyebabkan efek pada kelenjar ludah dengan megaktivasi stres oksidatif sehingga terjadi kematian jaringan kelenjar saliva, menyebabkan hiposalivasi serta perubahan pH rongga mulut[9][10][11]. Semua keadaan tersebut dapat mengganggu keseimbangan mikrobioma mulut, termasuk bakteri penyebab karies atau gigi berlubang.

Keberadaan merkuri pada rongga mulut dapat berperan dalam meningkatkan prevalensi *Streptococcus mutans* dan *Prevotella* di rongga mulut[12]. *Streptococcus mutans* diketahui menghasilkan asam dari fermentasi karbohidrat, yang dapat menurunkan pH saliva dan mempercepat proses demineralisasi enamel, sehingga menyebabkan karies pada gigi. Terkonfirmasi bahwa bakteri *Streptococcus* memiliki gen operon *mer* yang dapat memfasilitasi reduksi ion Hg^{2+} menjadi Hg^0 yang sebelumnya bersifat toksik menjadi kurang toksik[13][14] sehingga bakteri tersebut menunjukan mampu tumbuh di lingkungan plak gigi manusia yang mengandung merkuri.

Rentang pH saliva yang optimal adalah di antara 6,0 – 7,5 untuk dapat mendukung remineralisasi pada gigi. Namun bila terjadi perubahan pH rongga mulut menjadi asam ($pH < 5,5$) dapat menyebabkan penurunan kapasitas *buffer* alami saliva sehingga mempercepat demineralisasi enamel. Terbentuknya kondisi pH mulut yang asam akan mendukung pertumbuhan bakteri kariogenik penyebab karies[15]. Beberapa kondisi yang dapat memengaruhi pH saliva adalah kebiasaan makan tinggi gula,[16] [17] hidrasi,[18] dan kondisi kesehatan sistemik.[19][20] Kombinasi antara keberadaan merkuri pada saliva dan pH saliva yang asam dapat menjadi faktor risiko memperparah kerusakan gigi melalui mekanisme gangguan multifaktorial pada fisiologi kelenjar saliva dan menciptakan kondisi ideal untuk pertumbuhan bakteri kariogenik.

Hubungan antara aktivitas penambangan emas dan kejadian karies gigi merupakan isu yang kompleks dan bersifat multidisipliner, mencakup aspek kesehatan lingkungan, risiko kerja, dan patologi karies gigi. Karies gigi atau gigi berlubang merupakan penyakit jaringan keras gigi yang terjadi karena adanya aktivitas demineralisasi

pada jaringan keras gigi akibat hasil metabolisme karbohidrat dari sisa makanan oleh mikroorganisme didalam rongga mulut. Asam hasil metabolisme karbohidrat ini akan menyebabkan demineralisasi pada permukaan gigi sehingga terbentuknya karies atau gigi berlubang [21][22].

Penggunaan merkuri pada pengolahan emas dalam jangka waktu lama akan memengaruhi fungsi kelenjar ludah dan komposisi saliva, yang berpotensi meningkatkan risiko terjadinya karies gigi. Bila keadaan ini disertai aktivitas metabolisme bakteri kariogenik yang menghasilkan asam dalam lingkungan mulut dan pola makan yang tinggi gula akan memperburuk kondisi karies gigi. Namun hingga saat ini belum ada secara spesifik penelitian yang hubungkan antara paparan merkuri pada penambang emas dan kejadian karies gigi dengan mengukur indeks DMF-T (*Decay Missing Filling – Teeth*) yaitu gambaran keadaan gigi seseorang yang mengalami kerusakan, kehilangan dan perbaikan akibat penyakit karies gigi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan kadar merkuri dalam saliva dan derajat keasaman (pH) saliva terhadap karies gigi dengan mengukur Indeks DMF-T pada penambang emas skala kecil di Desa Ramang, Kecamatan Banama Tingang, Kabupaten Pulang Pisau

MATERI DAN METODE

Penelitian ini merupakan studi observasional analitik dengan desain *cross-sectional*, dilakukan pada bulan Mei 2024 di Desa Ramang, Kecamatan Banama Tingang, Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. Populasi target adalah penambang emas skala kecil yang aktif bekerja selama lebih kurang 3 tahun dan bersedia mengikuti prosedur penelitian. Pada penelitian ini penentuan jumlah sampel minimal berdasarkan rumus Lemeshow (gambar 1) dengan asumsi prevalensi *outcome* sebesar 50% (P), tingkat kepercayaan 95% (Z), dan presisi 20% (d). Setelah mempertimbangkan potensi *drop out* sebesar 20% maka jumlah akhir ditetapkan pada penelitian ini sebanyak 30 responden. Hal ini dikarenakan jumlah total populasi tidak diketahui secara pasti dan sebagai penelitian eksploratif awal.

$$n = \frac{Z^2 \cdot P(1-P)}{d^2}$$

Gambar 1. Rumus Lemeshow

Kuesioner digunakan sebagai instrumen pada penelitian untuk memastikan populasi sampel termasuk dalam kriteria inklusi. Sebanyak 30 responden dipilih menggunakan metode *purposive sampling* dengan kriteria inklusi: laki-laki dan perempuan usia 20–65 tahun, bekerja aktif sebagai penambang emas di wilayah penelitian; tidak sedang menjalani pengobatan dengan antibiotik atau obat kumur antiseptik tidak menggunakan bracket gigi, menyikat gigi 2 kali atau lebih dalam sehari dan sering menggunakan air sungai, serta bersedia memberikan sampel saliva dan melakukan pemeriksaan karies gigi. Keterbatasan penelitian ini tidak memasukan konsumsi gula, merokok serta akses ke pelayanan kesehatan gigi sebagai faktor-faktor lain yang dapat menyebabkan karies gigi.

Alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu peralatan kedokteran gigi berupa sonde, kaca mulut, pinset eksavator kemudian pot obat sebagai penampung saliva. Alat-alat di laboratorium berupa *Rotatory Evaporator*, *sentrifuge*, *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* (ICP-MS), pH meter, mikropipet, neraca elektrik, lampu bunsen, penjepit keras, pipet *ependorf*, alat tulis, tissue, sarung tangan steril, *headcap*, jas lab, dan masker. Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu, alkohol 70%, aquadest, Na CMC 1%, buffer fosfat.

Pemeriksaan saliva dilakukan dengan mengunyah permen karet selama 5 menit, kemudian saliva dikumpulkan dalam pot obat. Saliva yang telah terkumpul dilakukan pemeriksaan pH dengan menggunakan pH meter. Sebagian saliva dilakukan untuk pemeriksaan kadar merkuri di Laboratorium Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya dengan menggunakan alat ICP-MS (*Inductively coupled plasma mass spectrometry*). Karies gigi diukur dengan menggunakan Indeks DMF-T pada masing-masing responden dengan alat sonde dan kaca mulut. Penilaian dilakukan dengan cara menjumlahkan gigi yang rusak (*decay*), gigi yang hilang (*missing*) dan gigi yang ditambal (*filling*), kemudian dibagi dengan total jumlah responden yang diperiksa. Katagori karies pada populasi sangat rendah bila nilai Indeks DMF-T berkisar 0,0 – 0,1, nilai 1,2 – 2,6 karies di katagorikan rendah, nilai 2,7 – 4,4 karies dikatagorikan sedang, nilai 4,5 – 6,5 karies dikatagorikan tinggi dan nilai diatas 6,6 dikatagorikan sangat tinggi.

Setelah diperoleh data hasil pH saliva, kadar merkuri saliva dan Indeks DMF-T maka dilanjutkan dengan dianalisa menggunakan uji statistik Spearman dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$, yang sebelumnya dilakukan uji normalistas data untuk melihat data terdistribusi normal dengan uji Kolmogrov-Smirnov ($p=0,00$; $p<0,05$) dan homogenitas dengan uji Levene's Test ($p=0,00<0,05$). Penelitian ini telah mendapatkan izin dari Komite Etik Fakultas Kedokteran Universitas Palangkaraya dengan kelaikan etik nomor: 129/UN24.9/LL/2024.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Responden

Karakteristik responden penambang pada penelitian ini dikaji berdasarkan katagori usia, jenis kelamin, dan lama bekerja di sektor penambangan yang memiliki dampak besar terhadap risiko akibat paparan merkuri. Metode penggunaan merkuri dalam penambangan emas pada saat proses peleburan konsentrasi tinggi uap merkuri akan dilepaskan sehingga penambang emas terpapar merkuri terutama melalui penghirupan uap merkuri[23]. Karakteristik responden pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Responden

No	Katagori	Frekuensi	Persentase (%)
1.	Usia		
	26-36 tahun (dewasa awal)	7	23,34%
	37-48 tahun (dewasa pertengahan)	16	53,33%
	49-60 tahun (dewasa akhir)	6	20,00%
	>61 tahun (usia lanjut)	1	3,33%
2.	Jenis Kelamin		
	Laki-laki	21	70,00%
	Perempuan	9	30,00%
3.	Lama Bekerja		
	5 – 10 tahun	8	26,67%
	10 – 20 tahun	15	50,00%
	>20 tahun	7	23,33%

Sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 1, mayoritas responden berada dalam kategori dewasa pertengahan (37–49 tahun) sebanyak 53,33%. Kelompok usia dewasa awal (26–37 tahun) mencapai 23,34%, diikuti oleh kategori dewasa akhir (49–61 tahun) sebanyak 20,00%, dan hanya 3,33% responden yang berusia di atas 61 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar penambang emas skala kecil di Desa Ramang berada pada rentang usia produktif. Sedang katagori jenis kelamin mayoritas pekerja tambang adalah laki-laki yaitu 70%, tingginya proporsi laki-laki sebagai penambang emas mengindikasikan bahwa pekerjaan ini lebih didominasi oleh laki-laki, meskipun terdapat pula perempuan yang terlibat dalam kegiatan penambangan pada penelitian ini. Terkait karakteristik lamanya bekerja sebagai penambang pada penelitian ini sebanyak 50 responden telah bekerja selama 10–20 tahun, menunjukkan bahwa setengah dari penambang telah memiliki pengalaman panjang dalam aktivitas pertambangan emas dan terdapat 23,33% responden telah bekerja lebih dari 20 tahun.

Analisis Hubungan Kadar Merkuri Saliva dengan DMF-T

Rerata kadar merkuri (Hg) dalam saliva penambang emas skala kecil di Desa Ramang pada penelitian ini adalah 290,6 µg/L (tabel 2), hasil ini melebihi ambang batas maksimum kadar merkuri yang dapat diterima dalam tubuh orang dewasa yaitu 20 µg/L[24]. Di penelitian lain yang dilakukan pada pasien dengan tambalan amalgam nilai kadar merkuri di saliva diperkirakan 1 – 19 µg/L sebelum mengunyah dan meningkat setelah mengunyah kisaran 6 – 500 µg/L[12]. Maka dengan rerata kadar merkuri sebesar 290,6 µg/L pada penambang diperkirakan kadar merkuri yang hampir sama dengan pasien yang memiliki tambalan amalgam setelah mengunyah dan menurut penelitian Davis, dkk meskipun kadar logam merkuri pada saliva dalam konsentrasi rendah, tetap dapat memengaruhi kesehatan mulut[12].

Tabel 2 Nilai Rerata Kadar Merkuri, pH Saliva dan DMF-T Penambang Emas Sekala Kecil

Variabel	Rerata±SD	Median
Kadar Merkuri (µg/L)	290,6±805,6	98,90
pH Saliva	4,8±0,637	5,0
Indeks DMF-T	13,40±33,99	13,00

Pada tabel 3 memperlihatkan hasil analisis statistik uji Spearman hubungan kadar merkuri dalam saliva terhadap indeks DMF-T yang menunjukkan tidak terdapat hubungan yang signifikan $p=0,704$ ($p>0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun paparan merkuri cukup tinggi, tetapi dampaknya terhadap karies gigi tidak berhubungan langsung pada penambang emas di penelitian ini.

Tabel 3 Hasil Analisis uji statistik kadar merkuri saliva dengan DMF-T

Uji Spearman	Nilai p
Kadar Merkuri Saliva dengan DMF-T	0,704 ($p>0,05$)

Berdasarkan studi lain menunjukkan bahwa paparan merkuri, terutama dalam bentuk uap dan senyawa anorganik seperti merkuri klorida, dapat merusak sel-sel kelenjar ludah, menyebabkan hiposalivasi (penurunan

produksi saliva), dan mengubah pH saliva[10][11]. Perubahan ini dapat mengurangi kapasitas *buffer* saliva, sehingga menciptakan lingkungan mulut yang lebih asam dan mendukung pertumbuhan bakteri kariogenik, yang pada akhirnya meningkatkan risiko karies gigi. Selain itu, paparan merkuri juga dapat memicu stres oksidatif dan disfungsi mitokondria dalam sel-sel kelenjar ludah, yang berkontribusi pada apoptosis (kematian sel) dan gangguan fungsi kelenjar[9]. Dilihat dari sisi pengaruh mikroba menunjukkan bahwa kadar logam berat termasuk merkuri, dapat mengubah komposisi mikroba saliva dan menyebabkan gangguan fisiologis pada rongga mulut[12].

Paparan merkuri secara kronis dan berkepanjangan dapat meningkatkan stres oksidatif dalam fibroblas periodontal, yang berkontribusi pada kerusakan jaringan oral[25]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa pekerja tambang emas memiliki kadar merkuri yang jauh lebih tinggi dalam jaringan biologis mereka, tetapi penelitian tersebut lebih banyak berfokus pada efek sistemik dan belum secara spesifik mengkaji dampaknya terhadap kesehatan gigi[7]. Sehingga meskipun tidak ada hubungan paparan merkuri pada penambang terhadap indeks DMT-T namun hal ini menunjukkan paparan merkuri dapat memengaruhi faktor-faktor yang berperan dalam perkembangan karies gigi. Serta perlu diperhatikan variasi dampak toksisitas paparan merkuri bagi penambang yang tergantung pada bentuk merkuri, dosis, dan tingkat lama paparannya. Pada penelitian ini lama bekerja sebagai penambang diatas 3 tahun dimana paparan merkuri sudah cukup lama dan dapat menjadi faktor risiko terhadap tingkat paparan merkuri kumulatif. Responden dengan pengalaman kerja di atas satu dekade berpotensi mengalami bioakumulasi merkuri dalam tubuhnya, yang dapat berdampak pada berbagai sistem organ, termasuk sistem saraf, ginjal, serta kesehatan gigi dan mulut.

Analisis Hubungan pH Saliva dengan DMF-T

Hasil rerata pH saliva pada penelitian ini sebesar 4,8 yang ditunjukan pada tabel 2, hasil ini memperlihatkan bahwa saliva para penambang berada dalam kondisi asam, melebihi ambang batas demineralisasi enamel pada pH kritis yaitu 5,5[26]. Secara teoritis pH saliva sendiri merupakan faktor penting yang telah lama dikenal dalam etiologi karies gigi, pH yang asam menurunkan kapasitas buffer alami saliva, mempercepat demineralisasi enamel, dan menciptakan kondisi yang mendukung pertumbuhan bakteri penyebab karies[15][27] dan berdasarkan literatur rentang pH saliva yang optimal adalah 6,0 – 7,5 untuk dapat mendukung remineralisasi pada gigi[28].

Sedangkan dari hasil analisis statistik pada tabel 3 menunjukkan tidak ada hubungan yang bermakna antara pH saliva dan indeks DMF-T (p = 0,403) pada penambang. Hal ini menunjukan Iselain jalur biokimia, faktor sosial ekonomi dan lingkungan di komunitas penambang emas juga dapat memperburuk risiko karies. Minimnya akses terhadap layanan kesehatan gigi, rendahnya praktik kebersihan mulut, serta pola makan yang tidak sehat merupakan penyebab karies yang telah terdokumentasi secara luas[29]. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan pada mahasiswa di kota Tasikmalaya menunjukan bahwa pH saliva tidak berhubungan dengan DMF-T[30].

Tabel 4 Hasil Analisis uji statistik pH saliva dengan DMF-T

Uji Spearman	Nilai p
pH Saliva dengan DMF-T	0,403 (p>0,05)

Paparan merkuri, terutama dari sumber seperti air yang terkontaminasi atau makanan yang tercemar, juga dapat secara langsung mempengaruhi pH saliva. Perubahan komposisi mikrobioma saliva juga menunjukan berkorelasi dengan pajanan toksin logam berat seperti merkuri dalam lingkungan mulut yang dapat menyebabkan perubahan komposisi saliva dan pH saliva[12]. Logam berat yang bersifat neurotoksik seperti merkuri dapat mengganggu fungsi fisiologis normal dan berdampak pada karakteristik saliva, termasuk tingkat keasamannya[31].

Keberadaan logam berat dalam tubuh dapat mengganggu fungsi kelenjar saliva, yang berpotensi menurunkan laju aliran saliva sehingga tidak dapat menetralkan keasaman di rongga mulut dengan baik[32]. Berbagai faktor eksternal lainnya, seperti konsumsi minuman tertentu, juga dapat berkontribusi terhadap perubahan pH saliva termasuk rokok, dimana pada penelitian yang dilakukan tahun 2022 oleh Fathallh & Mahmood menunjukkan bahwa merokok dan penggunaan pipa rokok dapat menyebabkan penurunan pH saliva karena efek berbahaya tembakau pada kelenjar saliva[4]. Selain itu kebiasaan makan tinggi gula,[16] [17] hidrasi,[18] dan kondisi kesehatan sistemik[19][20] dapat memengaruhi pH saliva.

Proses karies dapat terjadi apabila saliva berada pada kondisi asam dengan pH $\pm$ 5, pH saliva yang asam juga dapat mempercepat proses demineralisasi[26]. Saliva dengan pH rendah dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri kariogenik dan mempercepat demineralisasi enamel gigi[27]. Sejalan dengan teori multifaktorial karies, dimana karies tidak hanya dipengaruhi oleh satu faktor biokimia atau toksikologi, melainkan merupakan hasil interaksi antara mikroorganisme kariogenik, substrat fermentabel (gula), permukaan gigi yang rentan, serta waktu[33]. Paparan merkuri dapat mengganggu keseimbangan mikrobioma mulut dan menurunkan fungsi fisiologis saliva, seperti daya *buffer* dan pertahanan imun lokal.

Indeks DMF-T Responden

Pada Tabel 2 menunjukkan dari hasil pemeriksaan Indeks karies (DMF-T) didapatkan nilai rerata 13,4 dimana nilai tersebut menggambarkan setiap responden memiliki sekitar 13,4 gigi yang mengalami kerusakan (*Decayed*) dan hilang (*Missing*), dan hampir semua responden tidak ada gigi yang ditambal (*Filled*). Nilai indeks DMF-T sebesar 13,4 menandakan tingkat keparahan karies yang tinggi pada penambang emas skala kecil di Desa Ramang. Sebagian besar kerusakan gigi pada responden adalah pada kategori rusak dan hilang dengan sangat minim gigi yang tertambal, hal ini mengindikasikan rendahnya akses atau pemanfaatan layanan kesehatan gigi dan menguatkan argumen bahwa faktor sosial-ekonomi dan perilaku kesehatan turut memainkan peran penting dalam kondisi kesehatan gigi penambang emas[34][35]. Namun keterbatasan penelitian ini tidak memasukan faktor-faktor tersebut dan tidak menggunakan kelompok kontrol sebagai pembanding.

Nilai skor DMF-T yang tinggi menunjukkan kesehatan mulut yang buruk dan prevalensi karies gigi yang lebih tinggi dalam suatu populasi, sedangkan skor yang rendah biasanya mencerminkan kondisi kesehatan gigi yang lebih baik[36][37]. World Health Organization (WHO) mengklasifikasikan skor indeks DMF-T (*Decayed, Missing, and Filled Teeth*) berdasarkan standar epidemiologi kesehatan gigi dibagi menjadi lima kategori, yaitu sangat rendah (1,0–1,1), rendah (1,2–2,6), sedang (2,7–4,4), tinggi (4,5–6,5), dan sangat tinggi (≥6,6)[38].

Meskipun tidak ada hubungan antara kadar merkuri dalam saliva maupun pH saliva dan indeks DMF-T pada penambang emas namun efek negatif merkuri terhadap proses biologis dalam rongga mulut dapat memengaruhi kualitas saliva dan integritas jaringan gigi secara subklinis, sehingga diperlukan pendekatan berbasis biomarker tambahan untuk mendapatkan evaluasi yang lebih menyeluruh mengenai dampak merkuri terhadap kesehatan mulut.

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa tidak terdapat hubungan signifikan antara kadar merkuri dalam saliva maupun derajat keasaman (pH) saliva terhadap indeks karies gigi (DMF-T) pada penambang emas skala kecil di Desa Ramang, Kecamatan Banama Tingang, Kabupaten Pulang Pisau. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun para penambang terpapar merkuri dalam aktivitas sehari-hari, faktor tersebut tidak secara langsung memengaruhi tingkat kejadian karies gigi yang diukur melalui indeks DMF-T. Namun keterlibatan pemerintah daerah dan organisasi kesehatan dalam menyediakan program penyuluhan mengenai bahaya merkuri bagi kesehatan umum, gigi dan mulut di komunitas pertambangan juga sangat diperlukan.

Selain itu disarankan agar penelitian selanjutnya mengkaji faktor-faktor lain yang lebih berperan, seperti perilaku *hygiene oral*, pola konsumsi gula, jarak layanan kesehatan serta status sosial ekonomi, yang mungkin menjadi determinan utama dalam kejadian karies di populasi ini. Penelitian lanjutan dengan desain yang lebih komprehensif juga diperlukan untuk memahami peran biomarker saliva lain dalam konteks paparan merkuri dan kesehatan gigi secara umum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yoga GP, Sari AA, Nurhati IS, Yustiwati, Andreas, Hindarti D. Mercury Contamination on Aquatic Organisms in related to Artisanal Small-scale Gold Mining Activity in Indonesia: A Mini Review. IOP Conf Ser Earth Environ Sci 2022;1062:012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1062/1/012023>.
- [2] Nurfitriani S, Arisoelaningsih E, Nuraini Y, Handayanto E. Biofilm Formation by Mercury Resistant Bacteria From Polluted Soil Small-Scale Gold Mining Waste. Biodiversitas J Biol Divers 2022;23. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230242>.
- [3] Suoth AE, Masitoh S, Harianja AH, Junaidi E, Purwati, dan Sri Unon. Kandungan Merkuri Dalam Beberapa Media Sekitar Penambangan Emas Skala Kecil (PESK) 2020;14:43–52. DOI: 10.20886/jklh.2020.14.1.43-52
- [4] Fathallh A, Mahmood M. The Levels of Salivary IgA and Lactoferrin and Some Salivary Parameters in Waterpipe Smokers and Cigarette Smokers. Indian J Forensic Med Toxicol 2022;16. <https://doi.org/10.37506/ijfimt.v16i1.17466>.
- [5] Elvince R. Kandungan Merkuri Pada Ikan Air Tawar Dan Resiko Bagi Kesehatan Masyarakat Di Kota Palangka Raya Kalimantan Tengah 2024;12:47–52. DOI: <https://doi.org/10.26418/jtlhb.v12i1.73295>
- [6] Musafira, Rasol E. Analisis Kadar Merkuri (Hg) pada Rambut Pekerja Tambang di Pertambangan Emas Tanpa Ijin (PETI) Kabupaten Parigi Moutong dalam Hubungannya dengan Frekuensi Konsumsi Ikan. KOVALEN J Ris Kim 2022;8:308–13. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2022.v8.i3.16121>.
- [7] Kwaansa-Ansah EE, Armah EK, Opoku F. Assessment of Total Mercury in Hair, Urine and Fingernails of Small-Scale Gold Miners in the Amansie West District, Ghana. J Heal Pollut 2019;9. <https://doi.org/10.5696/2156-9614-9.21.190306>.
- [8] Behrooz RD, Khammar S, Rajaei F, Burger J. Concentration of Mercury Levels in Saliva, Milk and Hair

- of Nursing Mothers in Southeastern Iran 2023. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3612364/v1>.
- [9] Meeenas P, Teixeira FB, Fagundes NCF, Miranda GHN, Bittencourt LO, Paraense RS de O, et al. Chronic Intoxication by Methylmercury Leads to Oxidative Damage and Cell Death in Salivary Glands of Rats. *Metallomics* 2017;9:1778–85. <https://doi.org/10.1039/c7mt00168a>.
- [10] Wu YS, Osman AI, Hosny M, Elgarahy AM, Eltaweil AS, Rooney DW, et al. The Toxicity of Mercury and Its Chemical Compounds: Molecular Mechanisms and Environmental and Human Health Implications: A Comprehensive Review. *ACS Omega* 2024;9:5100–26. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c07047>.
- [11] Aragão WAB, Costa NMM da, Fagundes NCF, Silva MCF, Júnior S de MA, Pinheiro J de JV, et al. Chronic Exposure to Inorganic Mercury Induces Biochemical and Morphological Changes in the Salivary Glands of Rats. *Metallomics* 2017;9:1271–8. <https://doi.org/10.1039/c7mt00123a>.
- [12] Davis E, Bakulski KM, Goodrich JM, Peterson KE, Marazita ML, Foxman B. Low levels of salivary metals, oral microbiome composition and dental decay. *Sci Rep* 2020;10:1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71495-9>.
- [13] Kambey DF, Fatimawali ., Manampiring AE. Isolasi bakteri resisten merkuri dalam urin pasien dengan tumpatan amalgam di Puskesmas Bahu Manado. *J e-Biomedik* 2016;4. <https://doi.org/10.35790/ebm.4.2.2016.14724>.
- [14] Budiarto S, Ottay RI. Identifikasi Bakteri Resistensi Merkuri Dalam Urine, Feses, Dan Karang Gigi Pada Individu Di Daerah Pesisir Pantai Desa Pulisan Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. *J e-Biomedik* 2014;2. <https://doi.org/10.35790/ebm.2.2.2014.5002>.
- [15] Rusu L-C, Roi A, Roi C-I, Tîgmeanu C V, Ardelean LC. The Influence of Salivary pH on the Prevalence of Dental Caries 2022. <https://doi.org/10.5772/intechopen.106154>.
- [16] Hartman H, Fithriyah RE, Soerachman B, Rahmah SA. Effect Of Cariogenic Food Intake on Salivary pH in Children (Pengaruh Konsumsi Makanan Kariogenik Terhadap pH Saliva Pada Usia Anak) 2022;1:275–88. <https://doi.org/10.54052/jhds.v1n3.p275-288>.
- [17] Sulastri S, Sulistyani H. Differences in Saliva pH Before and After Drinking Packed Cow's Milk in Children Aged 6 -12 Years. *J Drug Deliv Ther* 2022;12:27–30. <https://doi.org/10.22270/jddt.v12i6.5792>.
- [18] Abdelrahman H, Ammar N, Hassan MG, Essam W, Amer H. Erosive Tooth Wear and Salivary Parameters Among Competitive Swimmers and Non-Swimmers in Egypt: A Cross-Sectional Study. *Clin Oral Investig* 2023;27:7777–85. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05367-7>.
- [19] Risdiana N, Aidina U. The Oral Health Status, Salivary Flow Rate and pH in Diabetic Patients 2022;248–57. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-070-1_30.
- [20] Shetty J, Hegde MN, Kumari NS, Dsouza N, Shetty SS. Salivary Analysis in Adults With and Without Root Caries in South Coastal Population of India - A Cross-Sectional Analytical Study 2025;28:406–11. https://doi.org/10.4103/jcde.jcde_791_24.
- [21] Satrio R, Supriyati S, Ashar F, Az-Zahra S, Sari DNI, Ichsyani M. Isolasi dan karakterisasi bakteri kariogenik pada pasien di Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Jenderal Soedirman. *J Kedokt Gigi Univ Padjadjaran* 2023;35:62. <https://doi.org/10.24198/jkg.v35i1.41439>.
- [22] Wulandari, Widodo, Hatta I, K L. Hubungan Antara Jumlah Koloni Bakteri Streptococcus Mutans Saliva Dengan Indeks Karies (DMF-T). *J Kedokt Gigi* 2022;7:173–80. DOI: <https://doi.org/10.20527/dentin.v6i3.6826>
- [23] World Health Organization. Developing public health strategies for artisanal and small-scale gold mining within the Minamata Convention on Mercury: 2021.
- [24] Hadjesfandiari N, Serrano K, Richardson-Sanchez T, Barakauskas V, Yi Q, Murphy M, et al. Measurement of Lead, Mercury, and Cadmium in Blood Donors in Canada. *Transfusion* 2024;64:1243–53. <https://doi.org/10.1111/trf.17872>.
- [25] Nogueira LS, Vasconcelos CP, Mitre GP, Kataoka MS da S, Lima M d. O, Oliveira EHC de, et al. Oxidative Damage in Human Periodontal Ligament Fibroblast (hPLF) After Methylmercury Exposure. *Oxid Med Cell Longev* 2019;2019:1–7. <https://doi.org/10.1155/2019/8470857>.
- [26] Pitts N, Zero D, Marsh P, Ekstrand K, Weintraub J, Ramos-Gomez F, et al. Dental caries. *Nature Reviews Disease Primers*. *Nat Rev Dis Prim* 2017;4:5.
- [27] Prasad S, Pancharethinam D, Gokulraj S, Kumar A. Oral Health and Salivary pH Changes in Menopausal Women: A Cross-Sectional Study. *Int J Orofac Res* 2023;7:27–32. <https://doi.org/10.56501/intjorofacres.v7i1.845>.
- [28] Dawes C, Wong DTW. Role of Saliva and Salivary Diagnostics in the Advancement of Oral Health. *J Dent Res* 2019;98:133–41. <https://doi.org/10.1177/0022034518816961>.
- [29] Trailokya A, Shirsat A. Role of Calcium Sucrose Phosphate (CaSP) in Dental Caries. *J Orofac Heal Sci* 2024;11:152–9. <https://doi.org/10.18231/j.johs.2024.030>.
- [30] Dewi TK, Kamelia E. Hubungan Ph Saliva Dengan Dmf-T Pada Mahasiswa Tingkat I Program Diii Keperawatan Gigi Poltekkes Kemenkes Tasikmalaya. *Media Inf* 2016;12:115–9. <https://doi.org/10.37160/bmi.v12i1.21>.
- [31] Patel NB, Xu Y, McCandless LC, Chen A, Yoltan K, Braun JM, et al. Very Low-Level Prenatal Mercury

Exposure and Behaviors in Children: The HOME Study. *Environ Heal* 2019;18. <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0443-5>.

[32] Barry MJ, Almotawah FN, Pani SC, Ingle NA. A Comparison of Salivary Mercury Levels in Children With Attention Deficit/Hyperactivity Disorder When Compared to Age-Matched Controls: A Case-Control Observational Study. *J Contemp Dent Pract* 2020;21:129–32. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2747>.

[33] Jepsen S, Blanco J, Buchalla W, Carvalho JC, Dietrich T, Dörfer C, et al. Prevention and control of dental caries and periodontal diseases at individual and population level: consensus report of group 3 of joint EFP/ORCA workshop on the boundaries between caries and periodontal diseases. *J Clin Periodontol* 2017;44:S85–93. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12687>.

[34] Bakır EP, Çitaker ÖK, Bakır Ş. Relationship of Socioeconomic Status and Oral-Dental Health in the Southeastern Anatolia. *J Heal Sci Med* 2021;4:622–9. <https://doi.org/10.32322/jhsm.945517>.

[35] Nyamuryekung'e K, Mbawalla HS, Mlangwa MM. Evaluating Adults' Dental Caries Burden Through the DMFT Index: Results From the Tanzanian 5th National Oral Health Survey 2024. <https://doi.org/10.1101/2024.06.28.24309650>.

[36] Kim S, Gu S, Kim J-A, Im Y, Cho JY, Kim Y, et al. Association Between Oral Health and Airflow Limitation: Analysis Using a Nationwide Survey in Korea. *J Korean Med Sci* 2023;38. <https://doi.org/10.3346/jkms.2023.38.e241>.

[37] Schill H, Wölflé UC, Hickel R, Krämer N, Standl M, Heinrich J, et al. Distribution and Polarization of Caries in Adolescent Populations. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18:4878. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094878>.

[38] World Health Organization. Oral Health Surveys: Basic Methods. Geneva SWHO 2013. Basic methods. Geneva, Switz World Heal Organ 2013 2013;5:33–58. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15352-5_3.

Analisis Hubungan Kadar Merkuri (Hg) dan Derajat Keasaman Saliva Terhadap Indeks DMF-T Pada Penambang Emas Skala Kecil di Desa Ramang Pulang Pisau

ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

17%

INTERNET SOURCES

13%

PUBLICATIONS

7%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	2%
2	ejurnal.poltekkestasikmalaya.ac.id Internet Source	1%
3	Submitted to iGroup Student Paper	1%
4	Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta Student Paper	1%
5	www.mdpi.com Internet Source	1%
6	text-id.123dok.com Internet Source	1%
7	docplayer.info Internet Source	1%
8	Submitted to Universitas Negeri Surabaya Student Paper	<1%
9	www.liputansbm.com Internet Source	<1%
10	Ni Wayan Mariati, Damajanty H. C. Pangemanan, Liasma K. Bangun. "Hubungan Derajat Keasaman Saliva dan Karies Gigi pada Siswa SMA", e-GiGi, 2025 Publication	<1%

11	repository.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
12	Dewinta Putri Utami, Andriani Andriani, Mardhia Mardhia, Virhan Novianry, Mistika Zakiah. "EFEK HEPATOPROTEKTOR ANDROGRAPHOLIDE TERHADAP AKTIVITAS ALANIN AMINOTRANSFERASE DALAM SERUM Rattus norvegicus JANTAN GALUR WISTAR YANG DIINDUKSI KARBON TETRAKLORIDA", Jurnal Fitofarmaka Indonesia, 2021 Publication	<1 %
13	www.scribd.com Internet Source	<1 %
14	ojs.unud.ac.id Internet Source	<1 %
15	repository.poltekkes-kdi.ac.id Internet Source	<1 %
16	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
17	drgwindy.blogspot.com Internet Source	<1 %
18	repository.unair.ac.id Internet Source	<1 %
19	Baba Imoro Musah. "The impact of artisanal small-scale mining on environmental sustainability: implications for the attainment of the sustainable development goals (SDGs) in Ghana", Environmental Science and Pollution Research, 2025 Publication	<1 %
20	staffnew.uny.ac.id Internet Source	<1 %

21	Nohemí Ventura Canaviri, Ismael Morales Ojeda, Ramon Gelabert. "Contaminación atmosférica y enfermedades respiratorias en Cochabamba, Bolivia", Revista Cuidarte, 2019 Publication	<1 %
22	ejournal3.undip.ac.id Internet Source	<1 %
23	jmk.stikesmitrakeluarga.ac.id Internet Source	<1 %
24	link.springer.com Internet Source	<1 %
25	prosiding.respati.ac.id Internet Source	<1 %
26	www.sciencegate.app Internet Source	<1 %
27	adoc.pub Internet Source	<1 %
28	ditppu.menlhk.go.id Internet Source	<1 %
29	journal-jps.com Internet Source	<1 %
30	pdkji.org Internet Source	<1 %
31	putusan3.mahkamahagung.go.id Internet Source	<1 %
32	e-journal.unair.ac.id Internet Source	<1 %
33	jurnal.poltekkespalu.ac.id Internet Source	<1 %
34	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %

35	www.frontiersin.org Internet Source	<1 %
36	www.mongabay.co.id Internet Source	<1 %
37	123dok.com Internet Source	<1 %
38	Etty Yuniarly, Quroti Ayun, Dewi Erwanti Kumalasari, Dwi Eni Purwati. "Knowledge about Dental Caries and The DMF-T Index in Adolescents", Dental Therapist Journal, 2024 Publication	<1 %
39	Hams H. Abdelrahman, Nour Ammar, Mohamed G Hassan, Wafaa Essam, Hala Amer. "Erosive tooth wear and salivary parameters among competitive swimmers and non-swimmers in Egypt: a cross-sectional study", Clinical Oral Investigations, 2023 Publication	<1 %
40	Mehdi Akafzadeh, Bahar Bonakdar, Yasin Nazari, Atefe Ali Moradi, Shakiba Akbarian. "Genetic polymorphisms and enamel caries susceptibility: A comprehensive review", Gene Reports, 2025 Publication	<1 %
41	ejournal.poltekkes-smg.ac.id Internet Source	<1 %
42	eprints.ulm.ac.id Internet Source	<1 %
43	erepository.uwks.ac.id Internet Source	<1 %
44	garuda.ristekbrin.go.id Internet Source	<1 %

45	id.123dok.com Internet Source	<1 %
46	meridian.allenpress.com Internet Source	<1 %
47	ppjp.ulm.ac.id Internet Source	<1 %
48	repository.unej.ac.id Internet Source	<1 %
49	Apolinaras Zaborskis, Aistė Kavaliauskienė, Jaunė Razmienė, Augustė Razmaitė et al. "Pathways Between Parental Attitudes and Early Childhood Caries in Preschool Children", <i>Dentistry Journal</i> , 2025 Publication	<1 %
50	James Pontonuwu. "Gambaran Status Karies Anak Sekolah Dasar di Kelurahan Kinilow 1 Kecamatan Tomohon Utara", <i>e-GIGI</i> , 2013 Publication	<1 %
51	Naning K. Utami, Bainah Bainah, Muhammad Pahrudin. "Perbedaan Rata-Rata DMF-T Pada Masyarakat Yang Mengonsumsi Air Minum Kemasan Isi Ulang Dan Air Sungai Yang Diendapkan", <i>JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan</i> , 2020 Publication	<1 %
52	journal.poltekkes-mks.ac.id Internet Source	<1 %
53	Siti Nur Hasanah, Ta'adi Ta'adi, Furaida Khasanah. "Hubungan antara tingkat pengetahuan karies gigi dengan indeks DMF-T pada siswa kelas V SD Negeri Walitelon Utara	<1 %

Temanggung", Journal of Oral Health Care, 2019

Publication

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

Analisis Hubungan Kadar Merkuri (Hg) dan Derajat Keasaman Saliva Terhadap Indeks DMF-T Pada Penambang Emas Skala Kecil di Desa Ramang Pulang Pisau

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

GENERAL COMMENTS

/0

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8