

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Merkuri adalah zat berbahaya dan beracun yang menyerupai logam berat cair yang berwarna putih keperakan, tidak berbau, dan mudah menguap pada suhu kamar atau temperatur ruang. Pengaruh merkuri terhadap tubuh manusia dibedakan berdasarkan jenis atau bentuk merkuri yang masuk. Ada tiga jenis merkuri yaitu merkuri elemental, anorganik, dan organik (metilmerkuri). Konsumsi ikan yang berasal dari air yang tercemar limbah membuat manusia terpapar merkuri organik, sedangkan menghirup uap merkuri ialah cara utama manusia terpapar merkuri anorganik. Jenis merkuri pada industri emas yang dihasilkan adalah merkuri murni atau air raksa (Hg) berbentuk uap (Muryani et al, 2020).

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor: PER.01/MEN/1981, penyakit yang timbul karena hubungan kerja adalah penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan atau lingkungan kerja. Keracunan akut yang disebabkan oleh logam merkuri umumnya terjadi pada pekerja-pekerja industri, pertambangan, pertanian yang menggunakan merkuri sebagai bahan baku, katalis dan pembentuk amalgam atau pestisida. Komponen merkuri mempunyai karakteristik yang berbeda-beda untuk daya racunnya, distribusi dan akumulasi serta pengumpulan dan waktu resistensinya di dalam tubuh. Dikarenakan logam merkuri sangat toksik, sehingga merkuri tidak dapat dihancurkan oleh organisme dalam lingkungan hidup. Merkuri seringkali dipergunakan pada industri pertambangan emas untuk memisahkan kadar emas dengan kadar logam lainnya, merkuri sendiri berfungsi sebagai pengikat kadar emas yang masih bercampur dengan logam lainnya atau material tanah agar bisa terpisah.

Sebanyak 37% pekerja dalam industri emas merupakan sumber terbesar polusi Hg antropogenik. Di seluruh dunia, sekitar 14 hingga 19 juta orang bekerja di pertambangan emas rakyat dan skala kecil ialah sumber terbesar emisi dan pelepasan merkuri di seluruh dunia (UNEP, 2018). Perincian emisi Hg antropogenik berdasarkan sektor menunjukkan bahwasanya sektor sumber utama ialah berasal dari industri emas (sekitar 38%) diikuti oleh pembakaran batu bara stasioner (sekitar 21%). Meskipun Hg bersifat toksik, amalgamasi merupakan metode yang banyak diterapkan, karena proses penanganannya yang sederhana, cepat, dan hemat biaya (Calao-Ramos et al. 2021).

Masalah pencemaran merkuri telah mendapatkan perhatian internasional.



Optimized using
trial version
www.balesio.com

logam merkuri di seluruh dunia yang paling terkenal adalah di Jepang pada tahun 1950. Metil merkuri dan polutan berat dari industri kimia di dekatnya mencemari teluk. Mayoritas orang yang terkena dampak adalah penduduk pesisir Minamata, terjelek. Penyakit termasuk tangan dan kaki mati rasa, melemahnya sistem motorik yang buruk, masalah penglihatan, bicara, dan gangguan kelumpuhan sampai tingkat tertentu yang mengakibatkan

kematian, menjangkiti hampir 2000 penduduk. Sektor perikanan di perairan sekitar Minamata juga dirugikan oleh bencana ini (Aryantie et al. 2020).

Salah satu prosedur amalgamasi yang diterapkan dalam proses pengolahan emas ialah penggabungan bijih dan merkuri. (Hidayanti Andi Wawo et al. 2017). Metode amalgamasi merupakan salah satu prosedur yang diterapkan dengan menerapkan alat spindel, bijih emas dan merkuri digabungkan untuk membuat campuran yang dikenal sebagai metode amalgamasi (Desimal, 2018). Menurut Cheng, et al (2022), proses amalgamasi konsentrat diperkirakan melepaskan satu hingga tiga gram merkuri ke atmosfer untuk setiap gram emas yang diproduksi. Namun, Whole Or Amalgamation (WOA), teknik terkenal yang diterapkan pada proses peleburan emas, melepaskan lebih banyak merkuri ke atmosfer selama proses ini hingga 20–50 gram per gram emas (Cheng et al. 2022). Hal ini disebabkan oleh ketidaktahuan pekerja bahwasanya merkuri dapat masuk ke tubuh mereka melalui kulit atau sistem pernapasan saat mereka bekerja.

Operasi pengolahan emas menggunakan merkuri ini mengubah masyarakat dalam banyak cara, baik secara positif maupun negatif. Karena nilai material yang dihasilkan sangat tinggi. Meskipun demikian, pekerja berisiko besar mengalami masalah kesehatan jika mereka tidak menyadari dampak buruk penggunaan merkuri dalam operasi peleburan emas yang mencakup perkembangan kontaminasi di tanah, air, dan udara.

Gejala neurologis merupakan salah satu tanda masalah kesehatan. Karena merkuri menyebabkan gejala keracunan kronis yang bersifat permanen dan menumpuk seiring waktu, merkuri merupakan racun yang berbahaya di dalam tubuh. Sebagai akibat dari paparan senyawa merkuri yang berbahaya, gejala neurologis dikaitkan dengan kelainan pada sistem saraf pusat dan perifer. Banyak penelitian telah mendokumentasikan dampak paparan merkuri pada gangguan neurologis, termasuk gangguan neurologis akut yang bermanifestasi sebagai sakit kepala 38 (48,7%), labilitas emosional 7 (9,0%), dan gangguan pendengaran 3 (3,8%). Sementara itu, masalah neurologis yang terus-menerus termasuk kelainan somatosensori sebanyak 3 (3,8%), kehilangan memori 7 (9,0%), tremor 8 (10,3%), dan insomnia 29 (37,2%) (Sofia et al, 2017).

Penelitian lain yang dilakukan di Ghana menunjukkan kurangnya perhatian terhadap penggunaan alat pelindung diri termasuk masker, sarung tangan, sepatu, dan helm sering kali diabaikan. Oleh karena itu, sebagian besar pekerja yang bekerja meleburkan emas menggunakan mesin diesel dalam waktu lama mengeluhkan rasa pusing. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menunjukkan



pekerja emas yang terpapar bahan partikulat diesel (DPM) kepala, mual, iritasi mata, dan asma (Utembe et al., 2015; 22).

Salah satu cara untuk mendeteksi tingkat merkuri pada manusia adalah dengan mengukur konsentrasi merkuri pada rambut. Analisis pada rambut digunakan dalam mendeteksi keberadaan logam berat, karena dapat mengidentifikasi logam beracun dalam jangka panjang hingga

bertahun-tahun. World Health Organization (WHO) menyatakan bahwa kadar normal merkuri (Hg) dalam rambut berkisar antara 1 mg/kg–2 mg/kg dan batas konsentrasi merkuri pada rambut adalah 1 µg/g (Rumatoras et al., 2016).

Lamanya seseorang bekerja setiap hari menentukan seberapa banyak merkuri yang mereka hadapi, yang terakumulasi selama setahun. Jumlah waktu yang dihabiskan karyawan dalam kontak dengan merkuri selama hari kerja berkorelasi dengan lamanya jam kerja mereka. Lamanya waktu paparan meningkat seiring dengan lamanya kontak. Hal ini sejalan dengan temuan sejumlah penelitian, seperti penelitian terhadap pekerja emas di Myanmar oleh Wongsasuluk et al. (2021), yang menemukan bahwasanya pekerja di daerah tersebut memiliki konsentrasi total merkuri di rambut dan urin mereka yang lebih tinggi dari standar WHO dan bahwasanya durasi paparan mereka telah lebih dari lima tahun (rata-rata = 5,4 tahun).

Menurut Mahmud dkk (2018), konsentrasi merkuri pada rambut sering kali mengungkapkan informasi tentang paparan MeHg. Paparan merkuri pada pekerja berkorelasi dengan jenis pekerjaan yang dilakukan dalam emas. Dibandingkan dengan penggilingan dan pembakaran, pekerja yang melakukan proses dekorasi dan desain emas memiliki risiko paparan merkuri yang lebih rendah, karena pekerja tidak bersentuhan langsung dengan merkuri. Selama proses ini rambut manusia dapat diterapkan untuk mengukur kadar merkuri dalam tubuh seseorang. Karena pelurus rambut mengandung asam tioglikolat yang memiliki efek menurunkan MeHg dalam rambut, konsentrasi merkuri dalam rambut dapat turun hingga 30 hingga 50% jika rambut dikeriting atau diluruskan. Namun, konsentrasi merkuri dalam rambut sangat persisten sehingga tidak dapat dihilangkan dengan keramas atau diwarnai.

Paparan merkuri pada pekerja emas di Mojana, Kolombia menunjukkan bahwa secara historis telah mengalami paparan merkuri tingkat tinggi di lingkungan pekerjaan. Di lokasi pembakaran amalgam, konsentrasi merkuri di atmosfer telah mencapai nilai yang sangat tinggi dan biasanya melebihi batas paparan manusia yang ditetapkan oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) (1,0 µg/m³). Sebanyak 55,9% mengalami kontak dengan 50-1000g merkuri per hari, dan 24,8% mengalami kontak dengan 1000 hingga 10.000g per hari. Tingkat merkuri rata-rata dari hasil penelitian adalah 5,5 µg/L dalam darah, 8,15 µg/L dalam urin, dan 1,5 µg/L pada rambut.

Menurut hasil penelitian Lestaris (2010) dalam (Pinontoan et al. 2019), mayoritas pekerja yang melakukan aktivitas pembakaran amalgam dan pencampuran merkuri memiliki tingkat keracunan merkuri yang paling tinggi.



merkuri pada rambut ialah 3,37649 µg/gr, lebih tinggi dari batas paparan WHO yakni 1-2 mg/kg. Hal ini dikarenakan kulit pekerja langsung dengan merkuri saat melakukan proses kerja. Selain itu, pekerja dapat menghirup asap hasil pembakaran langsung melalui sistem pernapasan yang kemudian akan masuk ke paru.

Penelitian sebelumnya juga pernah dilakukan untuk melihat hubungan antara kadar merkuri pada urin dengan masalah neurologis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri dalam urin tukang emas berkisar antara 0,93-64,59 µg/L. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebanyak 63% tukang emas mengalami gangguan neurologis, seperti tremor (9,1%) dan *knee pass reflex* (6,8%). Masalah neurologis yang paling umum ditemukan adalah perubahan warna gusi (31,8%) (Suhelmi et al., 2020).

Ada dua jenis pekerja emas di Kota Makassar yaitu tukang emas dan pelebur emas. Sementara pelebur emas mengumpulkan partikel emas halus yang dicampur dengan limbah dari pekerjaan tukang emas, tukang emas merancang dan membuat perhiasan emas. Pelebur emas menerapkan teknik pemulihan limbah setelah mengumpulkan limbah dari tukang emas. Dalam proses pemulihan ini, metode amalgamasi diterapkan untuk memisahkan partikel emas yang tercampur. Limbah merkuri dilepaskan ke dalam sistem drainase, mengalir melalui kanal atau saluran utama lainnya dan berakhir di sungai (Abbas dkk, 2017).

Dalam kegiatannya, peleburan emas mengumpulkan limbah yang kemudian memproses lebih lanjut limbah tersebut untuk memisahkan partikel emas halus yang tercampur. Teknik pemulihannya mirip dengan yang digunakan dalam penambangan emas tradisional, yang meliputi pendulangan, penggabungan, dan peleburan. Proses ini sebagian besar dilakukan di halaman rumah pekerja.

Beberapa pabrik peleburan emas menggunakan piring dangkal untuk mendulang lumpur. Pada tahap pendulangan ini, para pelebur emas menambahkan merkuri cair untuk mengekstrak dan memisahkan emas dari limbah lainnya. Beberapa pekerja di perkotaan menggunakan tromol berputar berkapasitas rendah, meskipun tromol lebih efisien untuk mendapatkan emas amalgam dibandingkan dengan mendulang. Kelebihan raksa diperas melalui kain dan dapat digunakan kembali 2-3 kali sebelum akhirnya dibuang. Amalgam kemudian dibakar dalam mangkuk tanah liat terbuka. Merkuri menguap, meninggalkan butiran emas di dalam mangkuk dan selanjutnya emas tersebut dijual kepada pedagang emas.

Berdasarkan pengamatan awal peneliti, para pekerja masih menerapkan teknik sederhana dan tidak memiliki perlengkapan keselamatan pribadi apa pun. Selama ini, para pekerja terus mengolah material dengan menerapkan merkuri tanpa batasan. Hal ini memungkinkan merkuri yang dibuang bersama limbah berakhir di tanah dan air serta menguap ke atmosfer, yang dapat berakhir di rantai makanan dan membahayakan kesehatan para pekerja emas. Selain itu,

nkan para pekerja terpapar merkuri dalam kadar yang sangat tinggi yang mengakibatkan penyakit saraf.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki faktor-faktor yang berkontribusi terhadap penyakit yang menyebabkan gangguan saraf pada pekerja emas skala mikro di Kecamatan Tallo, Kota Makassar, berdasarkan pengamatan mereka terhadap pengolahan emas tradisional yang diterapkan di sana, temuan penelitian sebelumnya, dan berbagai peraturan penggunaan merkuri.



1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh paparan merkuri terhadap gejala neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di kecamatan Tallo Kota Makassar?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan penelitian ini secara umum untuk menganalisis determinan paparan merkuri terhadap gejala neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar.

1.3.2 Tujuan Khusus

Untuk mengetahui pengaruh determinan internal (umur), determinan pekerjaan (masa kerja dan lama kerja), determinan perilaku pekerja (kebiasaan merokok dan penggunaan APD) terhadap gejala neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Ilmiah

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang kesehatan lingkungan kerja dan toksikologi lingkungan, khususnya yang berkaitan dengan paparan merkuri dan dampaknya terhadap sistem saraf manusia.

1.4.2 Manfaat Institusi

Memberikan data dasar untuk merancang kebijakan dan intervensi dengan tujuan untuk melindungi kesehatan pekerja emas terutama pada sektor informal.

1.4.3 Manfaat Praktis

Memberikan informasi penting bagi pekerja mengenai risiko kesehatan akibat paparan merkuri, serta pentingnya penggunaan alat pelindung diri dan pengelolaan waktu kerja. Selain itu, mendorong perubahan perilaku dan peningkatan kesadaran pekerja emas terhadap pentingnya keselamatan dan kesehatan kerja terutama dalam pengelolaan bahan berbahaya seperti merkuri.

1.5 Tinjauan Umum tentang Merkuri

1.5.1 Pengertian Merkuri

Unsur berat yang sangat beracun dan berbahaya bagi manusia maupun biota perairan ialah merkuri. Merkuri dapat terakumulasi dalam air karena tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Unsur merkuri memiliki massa molekul relatif ($M_R = 200,59$) dan nomor atom (N_A) 80.



Unsur merkuri ialah Hg, akronim yang berasal dari bahasa Yunani *hydrargyrum* yang berarti perak cair. Karena merkuri merupakan satu-satunya logam yang berwujud cair pada suhu ruangan (25°C), memiliki titik leleh paling rendah (-39°C), memiliki kecenderungan lebih besar, bercampur dengan logam lain membentuk paduan (paduan logam/Alloy), dan dapat menghantarkan arus listrik sebagai

penghantar arus listrik tegangan tinggi maupun rendah, maka bentuk fisika dan kimianya sangat menguntungkan (Pratiwi 2020).

Merkuri merupakan logam berat yang terdapat di alam, menurut Titis (2012). Merkuri yang terdapat di udara berasal dari kawasan industri dan sumber daya mineral. Sedangkan merkuri yang terdapat di tanah dan air berasal dari aktivitas gunung berapi, pembuangan sampah, dan endapan alam. Paparan merkuri pada manusia dapat mengakibatkan keracunan akut maupun kronik. Muntah, tidak sadarkan diri, tidak nyaman di lambung, diare disertai darah pada tinja, albuminuria, anuria, uremia, ulserasi, dan stomatitis merupakan tanda-tanda keracunan akut akibat merkuri anorganik (Dewi 2022). Karena bersifat racun dan persisten, merkuri merupakan logam berat yang tergolong limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang dapat menimbulkan risiko baik bagi manusia maupun lingkungan (MENLH, 2013). Menurut Pasal 69 Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, setiap orang dilarang keras membuang limbah B3 ke media lingkungan hidup, termasuk badan sungai. Sampah B3 tersebut tentunya akan mencemari air sungai dan membahayakan kesehatan masyarakat yang memanfaatkannya untuk minum dan keperluan lainnya jika dibuang ke badan sungai (Soprma, Kusnopranto, dan Inswiasri 2016).

1.5.2 Sifat dan Karakteristik Merkuri

Merkuri merupakan neurotoksin yang apabila diterapkan dalam dosis tinggi dapat mengakibatkan kerusakan permanen pada otak, ginjal, dan gangguan perkembangan janin. Bahkan penggunaan dalam dosis tinggi dalam jangka pendek dapat menyebabkan kerusakan paru-paru, muntah-muntah, dan diare. Merkuri juga merupakan zat karsinogenik yang dapat menyebabkan kanker, menurut Gatot (2017) dalam Shinta et al, (2022).

Sebagaimana yang dikemukakan oleh Palar dalam Rosihan dan Husaini (2017), logam merkuri secara umum memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Berwujud cair pada suhu kamar (250°C) dengan titik beku paling rendah sekitar -390°C .
 - b. Masih berwujud cair pada suhu 3960°C pada temperatur 3960°C ini telah terjadi pemuain secara menyeluruh.
 - c. Merupakan logam yang paling mudah menguap jika dibandingkan an logam-logam yang lain.
- nan listrik yang dimiliki sangat rendah, sehingga menempatkan uri sebagai logam yang sangat baik untuk menghantarkan daya .
- t melarutkan bermacam-macam logam untuk membentuk alloy disebut juga dengan amalgam.



f. Merupakan unsur yang sangat beracun bagi semua makhluk hidup, baik itu dalam bentuk unsur tunggal (logam) ataupun dalam bentuk persenyawaan.

Merkuri yang menempel pada kulit akan masuk ke aliran darah melalui pori-pori kulit. Merkuri anorganik akan menguap pada suhu ruangan (antara 26 dan 30 derajat Celsius). Jika merkuri sering diterapkan, uapnya dapat masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernapasan (inhalasi) dan akhirnya mencapai aliran darah. Merkuri dalam darah memiliki waktu paruh dua hari, sehingga keberadaannya merupakan tanda sementara bahwasanya zat tersebut telah masuk ke dalam tubuh. Merkuri kemudian akan mengalami biotransformasi, berubah menjadi metabolit, yang sebagian akan menuju organ sasaran seperti ginjal dan saraf.

Merkuri dapat masuk ke dalam tubuh melalui kontak cairan, seperti mata, selain melalui pori-pori kulit atau sistem pernapasan. Cara merkuri masuk ke dalam tubuh juga mempengaruhi jenis masalah yang dapat timbul. Orang yang terpapar uap merkuri dapat mengalami gangguan paru-paru atau saluran pernapasan serta gangguan yang mengakibatkan penurunan fungsi otak. Penyakit kortikal merupakan sumber kerusakan ini. Ketika merkuri masuk ke dalam tubuh melalui mulut atau hidung, hal itu akan membahayakan ginjal, hati, dan sistem pencernaan. Paparan merkuri melalui kulit akan mengakibatkan dermatitis lokal, tetapi jika tubuh menyerap sejumlah besar logam dari waktu ke waktu, hal ini berpotensi menyebar luas.

1.5.3 Jenis-Jenis Merkuri

Menurut Bernhoft dalam Afriza (2022) menyatakan bahwasanya terdapat beberapa jenis merkuri, yakni sebagai berikut:

a. Merkuri Elemental

Merkuri elemental (Hg), pada suhu kamar terdapat dalam bentuk cair yang dengan cepat berubah menjadi uap ketika dipanaskan di atas suhu kamar. Volatilitas tinggi Hg memperpanjang efek pelepasan antropogenik dan Hg dapat tetap tersuspensi di atmosfer hingga satu tahun. Merkuri elemental atau logam merupakan satu-satunya unsur logam yang cair pada suhu kamar dan sangat mudah menguap pada suhu yang relatif rendah. Sumber utama logam merkuri bagi manusia ialah amalgam gigi dan paparan di tempat kerja. Organ target untuk uap merkuri yang terhirup ialah

Uap merkuri elemental yang terhirup mudah diserap melalui mulut lendir dan paru-paru dan dengan cepat teroksidasi menjadi merkuri organik lain. Paparan akut yang besar terhadap uap merkuri elemental dapat menyebabkan pneumonitis parah yang dalam kasus ekstrem bisa berakibat fatal.



b. Senyawa Merkuri Anorganik

Karena lipofilisitasnya yang rendah, bentuk anorganik memiliki kapasitas terbatas untuk melewati membran sel. Sistem pernapasan menyerap sebagian besar merkuri anorganik, dengan jumlah yang sedikit juga masuk ke kulit (5%–8%) dan sistem gastrointestinal (3%–5%). Karena merkuri anorganik tidak dapat melewati sawar darah-otak, merkuri sering kali menumpuk di ginjal. Waktu paruh merkuri anorganik dalam tubuh biasanya sekitar 40 hari, dan saluran ekskresi utamanya ialah urin dan feses.

Ketika merkuri anorganik dilepaskan ke lingkungan, merkuri biasanya berakhir di sungai atau laut. Plankton dan bakteri di dalam air mengubah sampah menjadi logam merkuri. Merkuri kemudian menumpuk di tubuh makhluk akuatik, seperti ikan dan kerang. Cara terakhir merkuri memasuki tubuh manusia ialah melalui makanan laut, ketika merkuri bermanifestasi sebagai logam merkuri.

c. Senyawa Merkuri Organik

Bentuk utama merkuri organik yang dapat menjadi racun yang mematikan bagi manusia ialah metilmerkuri. Monometilmerkuri dan dimetilmerkuri ialah bentuk yang paling umum ditemukan di lingkungan alami. Metilmerkuri mudah diserap oleh sistem pernapasan (80%) dan sistem gastrointestinal (295%). Kurang dari 10% metilmerkuri dikeluarkan melalui urin, dan 90% dikeluarkan melalui empedu. Dalam waktu 30 jam, merkuri yang diserap akan tersebar ke seluruh jaringan. Memiliki waktu paruh 45-70 hari. Merkuri dapat dikeluarkan melalui ASI dan diteruskan ke janin karena merkuri metalik dan organik dapat dengan mudah melewati sawar plasenta dan darah-otak. Karena senyawa merkuri organik lebih larut dalam lemak daripada yang anorganik, mereka dapat lebih mudah menembus lapisan lipid membran biologis dan meningkatkan potensinya untuk menimbulkan toksisitas.

1.5.4 Kegunaan Merkuri

Pemakaian bahan merkuri telah berkembang sangat luas. Merkuri diterapkan dalam bermacam-macam pekerjaan (Palar, 2008), yakni sebagai berikut:

a. Bidang Industri

Merkuri diterapkan untuk mengumpulkan logam natrium (Na) dalam bisnis manufaktur klor-alkali, dimana perusahaan air m menerapkan klorin untuk desinfeksi dan pemurnian air. luektrolisis larutan garam natrium klorida (NaCl), merkuri t menyerap logam natrium. Sementara itu, senyawa FMA (fenil uri asetat) umumnya diterapkan di sektor pulp dan kertas untuk ghentikan pembentukan kapur pada pulp dan kertas basah na proses berlangsung.



b. Bidang Pertanian

Merkuri merupakan bahan pengawet yang baik untuk produk pertanian karena diterapkan dalam pertanian untuk membunuh jamur. Hama pada tanaman dan hama pada padi diberantas dengan merkuri organik. Metil merkuri klorida ($\text{C}_2\text{H}_5\text{-Hg-Cl}$), merkuri logam siano ($\text{CH}_3\text{-Hg-CN}$), metil merkuri asetat ($\text{CH}_3\text{-Hg-CH}_2\text{-COOH}$), dan metil merkuri disiano diamida ($\text{CH}_3\text{-Hg-NH-CH}_2\text{NHCN}$) ialah beberapa contohnya.

c. Bidang Pertambangan

Merkuri atau air raksa sering digunakan dalam pertambangan emas, terutama pada kegiatan pertambangan emas skala kecil (PESK) atau artisanal. Fungsi utamanya adalah memisahkan emas dari bijih dengan proses yang disebut amalgamasi. Amalgam terbuat dari logam merkuri. Logam merkuri, misalnya, diterapkan untuk mengikat dan memurnikan emas dalam industri pertambangan.

d. Bidang Kedokteran

Sejak abad ke-15, merkuri telah diterapkan untuk mengobati sifilis dan infeksi menular seksual lainnya. Ini juga diterapkan sebagai bahan dalam kosmetik, obat diuretik, dan campuran tambalan gigi.

1.5.5 Batas Aman Merkuri

Jika kadar merkuri dalam tubuh manusia naik di atas titik tertentu, akan mengakibatkan sejumlah masalah kesehatan. Setiap biomarker yang kadar merkurnya dievaluasi memiliki Nilai Ambang Batas (NAB) yang unik. Tubuh menerapkan darah, urin, rambut, dan kuku sebagai biomarker yang akurat dan dapat dipercaya untuk pengukuran.

WHO dan UNEP (2008) menyatakan bahwasanya kadar merkuri darah normal rata-rata 5–10 mg/l, 1-2 ppm untuk rambut dan kuku, dan 4 $\mu\text{g/g}$ untuk biomarker urin (Rosita dan Suharika 2019). Swedish Export Group menyatakan bahwasanya 50 $\mu\text{g/g}$ merkuri ialah tingkat aman untuk rambut. Ketika kadar merkuri dalam tubuh manusia, khususnya pada rambut, melampaui batas yang dapat diterima yakni 1 $\mu\text{g/g}$, itu dianggap keracunan merkuri, menurut Program Internasional tentang Keamanan Kimia (IPCS) (Desimal, 2018).

Komisi Pemantauan Hayati Manusia dari Badan Lingkungan Hidup Federal Jerman menetapkan kadar merkuri rambut normal 0–1 ppm, kadar alarm 1–5 ppm, dan kadar tinggi >5 ppm. Komite Ahli Gabungan

Otentang Bahan Tambahan Pangan (JECFA) telah menetapkan kadar aman untuk asupan makanan atau minuman yang mengandung atau terkontaminasi merkuri. Menurut JECFA, Menurut Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), kadar konsumsi merkuri adalah 4 mikrogram per kilogram berat badan per minggu untuk merkuri anorganik dan 1,6 mikrogram per kilogram berat badan per minggu untuk metilmerkuri.



1.5.6 Metabolisme Merkuri di dalam Tubuh

Merkuri dapat masuk ke dalam tubuh melalui kulit atau saluran pencernaan, kemudian diserap dan diangkut ke seluruh tubuh oleh darah. Merkuri kemudian dapat dikeluarkan melalui berbagai jalur, termasuk urin, keringat, air liur, susu, feses, kuku, dan rambut (W. Hartono, 2003).

a. Absorpsi dan Distribusi

Sistem pencernaan manusia tidak menyerap atau mengubah unsur merkuri (Hg) secara berarti. Namun, karena jaringan paru-paru akan menyerap sekitar 80% uap yang dihirup, penyerapan merkuri melalui paru-paru terjadi secara efektif dan cepat dalam kasus paparan inhalasi (UNEP dan WHO, 2008). Sel darah merah dan plasma dalam darah mengandung merkuri. Beberapa di antaranya teroksidasi untuk membentuk ion dan menumpuk di ginjal, sementara yang lain memasuki jaringan otak tanpa teroksidasi. Sementara merkuri anorganik cenderung menumpuk di ginjal, merkuri organik dan unsur cenderung terakumulasi di saraf. Kelarutan lemak yang tinggi merupakan karakteristik merkuri unsur. Karakteristik ini membuat merkuri unsur mudah melewati sawar plasenta dan otak.

b. Ekskresi

Meskipun dapat juga dihilangkan oleh arsenic, selenium, lead (Pb, timbal), merkuri ionik terutama dihilangkan melalui urin dan feses. Sebaliknya, ekskresi utama metil merkuri terjadi melalui rambut dan feses, dengan urin yang menyumbang kurang dari sepertiga dari total ekskresi (UNEP dan WHO, 2008). Waktu paruhnya memiliki dampak yang signifikan terhadap proses ekskresi yang terjadi. Waktu yang dibutuhkan untuk ekskresi mencapai setengah dari kadar dalam tubuh ialah definisi waktu paruh yang dipermasalahkan. Merkuri memiliki waktu paruh biologis sekitar 60 hari atau 35 hingga 90 hari (W. Hartono, 2003). Rute utama ekskresi metil merkuri ialah empedu dan feses, dengan waktu paruh sekitar 70 hari. Ekskresi merkuri terutama terjadi dalam bentuk urin dan feses, dengan waktu paruh 40 hingga 60 hari (Cakrawati, 2002).

1.5.7 Toksisitas Merkuri

Jenis merkuri, cara merkuri masuk ke dalam tubuh, dan lamanya paparan, semuanya memengaruhi seberapa berbahaya merkuri bagi

Keracunan uap merkuri kronis dapat memengaruhi ginjal, dan keracunan pernapasan sering kali menargetkan sistem saraf

keracunan Merkuri

Keracunan yang disebabkan oleh logam merkuri dibagi menjadi dua jenis yakni sebagai berikut:



1) Keracunan Akut

Keracunan akut dicirikan sebagai jenis keracunan yang terjadi dengan cepat. Dosis dan jumlah besar senyawa beracun yang terhirup atau tertelan oleh seseorang atau biota dapat menyebabkan peristiwa keracunan akut ini. Paparan merkuri dalam jumlah tinggi mengakibatkan keracunan akut. Paparan uap merkuri tingkat tinggi dapat menyebabkan batuk, kesulitan bernapas, dan nyeri dada. Rasa logam, mual, muntah, diare, sakit kepala, dan albuminuria merupakan tanda-tanda. Grandjean (2005) menyatakan bahwasanya dalam tiga atau empat hari, terjadi pembengkakan kelenjar ludah, radang gusi, dan tanda-tanda nefritis dan gastroenteritis. Pasien mungkin merasakan kelegaan dalam satu hingga dua minggu dalam situasi sedang. Tremor otot dan tanda-tanda psikopatologis akan muncul dalam situasi yang lebih parah. Kasus paparan akut sering terjadi pada nilai antara 1,2 dan 8,5 mg/m³ (Sari, 2002).

Gejala proteinuria dini, seperti gagal ginjal, dapat mengindikasikan keracunan merkuri pada ginjal. Paparan alkil merkuri memengaruhi sistem saraf secara bertahap, dengan tanda-tanda pertama berupa kekakuan pada bibir dan anggota badan. Selain itu, kemungkinan lainnya ialah ataksia, tremor, kehilangan mobilitas yang baik, penurunan lapang pandang, kehilangan pendengaran sentral, kekakuan otot, spastisitas, refleks tendon yang berlebihan, dan hilangnya kendali terkoordinasi dengan kaki (Washington 2005).

2) Keracunan Kronis

Menghirup atau mengonsumsi zat beracun dalam jumlah kecil dapat mengakibatkan keracunan kronis, yang berkembang secara bertahap dan berlangsung lama. Pekerja tambang lebih mungkin mengalami keracunan kronis (Sari, 2002). Hingga batas kekebalan mereka, mereka yang mengalami keracunan kronis biasanya tidak menyadari bahwasanya mereka telah terpapar berbagai racun dalam sistem mereka. Jumlah merkuri yang masuk ke dalam tubuh selama keracunan kronis sangat sedikit sehingga tidak berdampak langsung. Namun karena masuknya merkuri secara terus-menerus, tubuh akhirnya menyerap dan menahan merkuri dalam jumlah yang signifikan, melampaui batas toleransinya, yang menyebabkan

nya gejala keracunan. Orang-orang yang tinggal di dekat industri yang banyak menerapkan merkuri berada dalam bahaya keracunan kronis, selain pekerja yang terpapar langsung dengan merkuri.

Gejala keracunan kronis dapat muncul dalam hitungan minggu bagi karyawan yang memiliki kontak langsung dengan merkuri. Di sisi lain, keracunan merkuri kronis tidak diketahui oleh



mereka yang tidak terpapar secara fisik selama bertahun-tahun. Gangguan pada sistem saraf dan pencernaan merupakan dua organ tubuh yang paling sering terkena keracunan kronis. Sistem saraf pusat dan perifer dapat rusak oleh merkuri. Ginjal, paru-paru, dan sistem kekebalan tubuh juga dapat terpengaruh.

Setelah terhirup, tertelan, atau terkena kulit, gejalanya dapat berupa tremor, sulit tidur, kehilangan ingatan, migrain, efek neuromuskular, serta disfungsi kognitif dan motorik. Karena merkuri menumpuk dan sulit dihilangkan oleh tubuh, biasanya sulit untuk menyembuhkan keracunan merkuri segera. Dermatografi, kulit memerah, dan peningkatan keringat merupakan gejala neurologis lainnya. Kehilangan gigi, pembesaran kelenjar ludah, dan ekskresi merkuri dalam air liur merupakan konsekuensi dari radang gusi kronis. Cedera ginjal jarang terjadi, meskipun tingkat penumpukan merkuri di ginjal sangat tinggi. Bayangan berwarna coklat keabu-abuan atau kuning dihasilkan oleh endapan merkuri pada kapsul anterior lensa mata (Butscher et al. 2020).

1.6 Tinjauan Umum terkait Determinan yang Mempengaruhi Kadar Merkuri

Adapun determinan yang dapat mempengaruhi kadar merkuri sebagai berikut:

1.6.1 Determinan Internal

a. Umur

Usia dapat memengaruhi kadar merkuri dalam tubuh karena risiko akumulasi paparan merkuri meningkat seiring bertambahnya usia, terutama pada masa pertumbuhan dan usia lanjut. Hal ini disebabkan karena seiring bertambahnya usia, ginjal, hati, dan otak tidak lagi berfungsi dengan baik, sedangkan pada anak muda, organ-organ tubuh masih berkembang dalam ukuran dan fungsi, sehingga rentan terhadap hal-hal yang masuk ke dalamnya.

Hartono (2003) menegaskan bahwasanya fungsi organ seseorang menurun seiring bertambahnya usia. Kinerja metabolisme juga akan menurun seiring dengan menurunnya fungsi organ. Ekskresi merupakan salah satunya. Laju filtrasi glomerulus berperan besar dalam ekskresi senyawa merkuri oleh ginjal. Laju Filtrasi Glomerulus (LFG) atau yang dikenal juga dengan istilah glomerular filtration rate (GFR) rata-rata 20/menit dalam keadaan normal. Namun, GFR akan menurun setelah usia 25 tahun. Laju filtrasi glomerulus menurun drastis setelah usia lima puluh tahun. Laju filtrasi rata-rata pada usia 70 hanya setengahnya, atau 65 mililiter per menit. Ekskresi merkuri melalui urin menurun sebagai akibat dari laju filtrasi glomerulus yang menurun. Akibatnya, kadar merkuri darah yang tinggi



menyebabkan peningkatan ekskresi merkuri melalui rute tambahan (Reza, Siti Rabbani Karimuna 2016).

b. Status Gizi

Keadaan tubuh seseorang sebagai akibat dari pola makan dan penggunaan zat gizinya dikenal sebagai status gizinya. Dengan meningkatkan aktivitas mental dan fisik, gizi membantu orang berpikir lebih jernih dan menghindari kelelahan selama bekerja (Handayani, 2002).

Seseorang yang kekurangan gizi akan lebih rentan terhadap penyakit (Inswiasri dan Sintawati, 2011). Hal ini juga konsisten dengan pernyataan Suma'mur (1996) bahwasanya kesehatan dan produktivitas pekerja terkait erat dengan status gizinya. Lebih jauh lagi, kemampuan seseorang untuk menahan paparan logam berat juga dapat dipengaruhi oleh status gizi mereka. Telah diketahui dengan baik bahwasanya mengonsumsi makanan yang mengandung banyak Cad dan Fe akan menurunkan kemampuan tubuh untuk menyerap logam berat. Lebih jauh lagi, telah diketahui dengan baik bahwasanya makanan yang mengandung banyak antioksidan dan vitamin E dapat mengurangi toksisitas merkuri (Dhurjad et al. 2020).

1.6.2 Determinan Pekerjaan

a. Masa Kerja

Penumpukan merkuri dalam tubuh pekerja berkorelasi dengan masa kerja mereka, semakin sering seseorang terpapar merkuri, semakin tinggi jumlah merkuri dalam tubuh mereka (Suma'mur, 2009). Karena kontak langsung dengan kulit dan inhalasi selama proses amalgamasi, pekerja yang menggunakan merkuri dalam proses pekerjaannya berisiko tinggi mengalami keracunan merkuri. Paparan inhalasi dapat mengakibatkan hingga 80% penyerapan merkuri tubuh (Sonata, 2021).

Masa kerja, sebagaimana didefinisikan oleh Berlin (1979) dalam Alfian (2006), ialah durasi pekerjaan seseorang (diukur dalam tahun). Penumpukan kimia dalam tubuh berkorelasi dengan jam kerja. Paparan dan kontak langsung dengan merkuri meningkat seiring dengan lamanya pekerjaan. Selama proses pengolahan mineral pertambangan untuk mendapatkan logam emas, pekerja biasanya terpapar merkuri melalui kontak kulit dan inhalasi uap merkuri. Jalur utama untuk penyerapan merkuri unsur ialah sistem pernapasan. Karena bersifat larut dalam lemak, persentase pengendapan dan akumulasinya cukup besar sekitar 80%.



b. Lama Kerja

Salah satu variabel yang dapat memengaruhi peningkatan kadar merkuri dan kejadian keracunan merkuri pekerja emas ialah jam kerja. Jumlah waktu yang dihabiskan pekerja di tempat kerja mereka setiap hari berkorelasi dengan jam kerja mereka. Secara umum, seseorang harus bekerja enam hingga delapan jam sehari, menurut Suma'mur (1996). Jam kerja pekerja emas termasuk dalam ketentuan jam kerja normal yang berlaku, yakni 40 jam per minggu atau 8 jam per hari selama 5 hari kerja. Jika pekerja terlibat dalam kegiatan pengrajin emas setiap hari pada waktu yang sama, lamanya bekerja per hari dapat memberikan indikasi tingkat paparan merkuri mereka (Inswiasri dan Sintawati, 2011).

Menurut Tugaswati (1997), jam kerja harian seseorang (diukur dalam jam) dan jumlah hari kerja dalam seminggu (diukur dalam hari) menentukan berapa banyak paparan merkuri yang diterima dan terakumulasi selama seminggu. Lamanya waktu yang dihabiskan karyawan dalam kontak dengan merkuri selama hari kerja berkorelasi dengan lamanya jam kerja mereka. Lamanya waktu paparan bertambah seiring dengan lamanya kontak. Banyaknya merkuri yang terakumulasi dalam jaringan tubuh manusia akan bergantung pada tingkat paparan, usia, dan lamanya paparan. Banyaknya dan lamanya paparan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap manifestasi klinis keracunan Me-Hg sebelum gejala (hubungan dosis-efek) muncul.

c. Jenis Aktivitas

Wibisono (2000) menyatakan dalam (Kristianingsih 2019) bahwasanya salah satu faktor yang mempengaruhi kadar merkuri dalam tubuh ialah jenis pekerjaan. Kemungkinan penumpukan merkuri dalam darah lebih tinggi untuk pekerjaan yang berhubungan langsung atau berkontak langsung dengan merkuri dibandingkan dengan pekerjaan yang tidak. Akumulasi kandungan keracunan merkuri dalam tubuh bertambah seiring dengan lamanya waktu bekerja di wilayah yang terpapar (International Labor Office).

Warsono (2000) menegaskan bahwasanya salah satu variabel yang mempengaruhi kadar merkuri dalam tubuh ialah jenis pekerjaan. Lingkungan tempat orang bekerja menentukan hal tersebut. Kemungkinan penumpukan merkuri dalam darah lebih tinggi untuk pekerjaan yang berhubungan langsung atau bersentuhan langsung dengan merkuri dibandingkan dengan pekerjaan yang tidak berhubungan langsung.



Merkuri akan bersentuhan langsung dengan pekerja yang beroperasi sebagai pencampur merkuri (penggulung) dan lampu pijar (pembakar). Paparan merkuri secara tidak langsung terjadi pada pekerja yang beroperasi sebagai pengangkut dan penggali. Lestaris (2010) menyatakan bahwasanya mayoritas pekerja yang melakukan pembakaran amalgam dan pencampuran merkuri memiliki tingkat keracunan merkuri yang paling tinggi. Hal ini karena kulit pekerja bersentuhan langsung dengan merkuri sehingga menyebabkan terjadinya pencampuran. Tanpa sarung tangan, pekerja emas dapat memperparah keadaan ini. Selain itu, pekerja dapat langsung menghirup uap dari hasil pembakaran amalgam melalui sistem pernapasan dan masuk ke paru-paru. Merkuri kemudian dapat menempel pada darah dan menyebar ke seluruh tubuh.

1.6.3 Determinan Perilaku Pekerja

a. Konsumsi Ikan

Selain kontak langsung dan terhirup, merkuri juga dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui rantai makanan. Ketika tailing dibuang langsung ke sungai, merkuri dapat menumpuk di tubuh ikan dan mencemari biota laut, termasuk ikan. Setelah itu, manusia memakan ikan tersebut, sehingga merkuri dapat masuk dan menumpuk di dalam tubuh manusia.

Sebagai gejala keracunan merkuri, peningkatan asupan merkuri kemungkinan besar akan mengakibatkan parestesia, mati rasa di tangan dan kaki, sesak napas, batuk berdarah, dan nyeri dada. Lebih jauh lagi, peningkatan kadar merkuri mengakibatkan kondisi neurologis, kelainan perilaku dan kognitif, dan kerusakan yang tidak dapat dipulihkan (Kortei et al. 2020). Salah satu hal yang dapat memengaruhi keracunan merkuri pada manusia ialah mengonsumsi ikan. Hal ini karena merkuri merupakan logam berat yang dapat terakumulasi secara biologis dalam organisme hidup, termasuk ikan, karena tidak dapat diurai. Berbeda dengan konsentrasi bahan kimia yang ditemukan di alam, bioakumulasi didefinisikan oleh Arsentina (2008) dalam Agustina (2010) sebagai peningkatan bahan kimia yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup dalam jangka waktu yang lama. Aktivitas bakteri dalam air dan sedimen dapat mengubah merkuri menjadi metilmerkuri, suatu bentuk organik. Molekul metilmerkuri mudah berdifusi dan menempel pada protein dalam biota akuatik. Protein yang ditemukan dalam jaringan otot termasuk dalam hal ini. Ikan tidak menunjukkan penyakit atau gangguan kesehatan yang disebabkan merkuri meskipun memiliki hingga 3000 kali jumlah metil merkuri dalam jaringan lemaknya dibandingkan dengan



kadar di dalam air (Polii dan Sonya, 2002). Oleh karena itu, mungkin ada kemungkinan keracunan merkuri yang lebih tinggi jika orang memakan makanan laut yang telah tercemar merkuri.

b. Kebiasaan Merokok

Merokok dapat meningkatkan asupan logam berat dalam tubuh. Makalah IPCS dari tahun 1972 menggambarkan hal ini, yang menyatakan bahwasanya individu yang merokok sekitar 20 batang sehari dapat mengonsumsi hingga 5 µg logam berat kadmium setiap hari.

Konsentrasi merkuri dalam asap rokok utama ialah 11,5 nanogram (ng) per batang, sedangkan dalam asap rokok sampingan ialah 16,6 ng per batang, menurut penelitian yang dilakukan oleh Health Canada (2004). Akibatnya, paparan seseorang terhadap merkuri meningkat seiring dengan frekuensi merokoknya. Menurut penelitian lain oleh Hong (2013), merokok secara substansial terkait dengan penumpukan kadar merkuri di rambut, dan konsentrasi merkuri terkait dengan tekanan darah diastolik (nilai $p = 0,0001$) dan sistolik (nilai $p = 0,005$).

c. Pemakaian Kosmetik

Kadar merkuri dalam tubuh dapat berubah akibat penyerapan kulit dari penggunaan kosmetik yang mengandung merkuri. Salah satu komponen aktif berbahaya yang ditemukan dalam krim pemutih ialah merkuri. Merkuri dapat mengakibatkan masalah ginjal, kerusakan otak yang tidak dapat dipulihkan, kelainan perkembangan janin, dan perubahan warna kulit termasuk bercak hitam, alergi, dan iritasi. Produk pemutih, juga disebut sebagai krim pemutih atau lotion pemutih tubuh, ialah kategori kosmetik yang paling banyak diterapkan oleh masyarakat umum, terutama Wanita saat ini. Karena kecenderungan mereka untuk lebih fokus pada penampilan daripada potensi efek negatif, orang mungkin tidak selalu menyadari dampak negatif dari penggunaan kosmetik (Lamakarate et al. 2022).

Tresna (2010) menyatakan dalam Praningsih et al. (2022) bahwasanya berbagai pengujian mengungkapkan adanya berbagai senyawa logam berat dalam berbagai produk kosmetik, terutama lotion tubuh. Biasanya, logam berat yang ditemukan dalam kosmetik ialah kontaminan yang ditemukan dalam bahan dasar. Konsentrasi logam berat yang tinggi dalam kosmetik, baik disengaja maupun tidak, tidak dapat diterima karena logam berat tersebut akan secara aktif dan berulang kali bersentuhan dengan kulit sehingga logam tersebut dapat masuk ke dalam aliran darah dan menyerang organ-organ



tubuh sehingga dapat menimbulkan masalah kesehatan. Kosmetik sering kali mengandung logam berat yang harus dihindari, seperti hidrokuinon, merkuri, dan berbagai zat lain yang sangat berbahaya bagi kesehatan.

d. Penggunaan APD

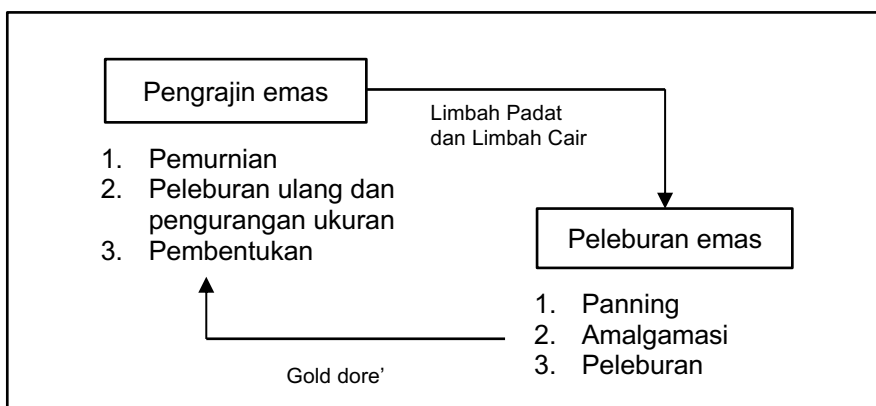
Penggunaan alat pelindung diri (APD) dapat membantu mengurangi paparan bahan beracun atau berbahaya dan mencegah kecelakaan di tempat kerja. Kadar merkuri akan menurun jika pekerja lebih sering menerapkan alat pelindung diri. Namun, bahaya paparan merkuri dalam tubuh pekerja emas meningkat seiring dengan frekuensi penggunaan APD (Rianto, 2010).

Ricky (2014) menyatakan bahwasanya merkuri murni (Hg) dalam bentuk uap merupakan jenis merkuri yang dihasilkan dalam bisnis emas. Selama proses peleburan dan pembakaran, pekerja emas bersentuhan langsung dengan merkuri tanpa menerapkan APD apa pun. Selain itu, tempat kerja yang tidak bersih dan tidak memperhatikan keselamatan kerja jangka panjang dapat membuat pekerja dan masyarakat sekitar berisiko terpapar bahaya merkuri. Sebab, merkuri akan langsung terkontaminasi pada kulit saat alat pelindung diri tidak diterapkan, sehingga dapat menimbulkan penyakit kulit yang menular. Penggunaan APD merupakan salah satu cara untuk mencegah penyakit saluran pernapasan atau keracunan akibat debu industri. Menurut Apriliani et al, (2021), APD harus nyaman dipakai, tidak mengganggu kinerja saat bekerja, dan memberikan perlindungan yang cukup terhadap berbagai risiko yang dihadapi.



1.7 Tinjauan Umum tentang Pekerja Emas Skala Kecil

Kegiatan pekerja emas skala kecil yang banyak dilakukan di berbagai daerah khususnya kota Makassar terbagi menjadi dua kelompok yaitu pengrajin emas dan peleburan emas, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Proses dan hubungan antara pengrajin emas dan peleburan emas

Sumber: Abbas, et al (2017)

1.7.1 Kegiatan Pengrajin Emas

Pengrajin emas bertugas mendesain, menghias perhiasan yang terbuat dari emas secara artistik. Emas batangan diperoleh dari pedagang emas atau pekerja tambang emas. Mereka mendesain dan membentuk emas tersebut sesuai bentuk dan ukuran yang diinginkan dan menghias secara artistik menggunakan alat dan proses yang masih tradisional. Emas batangan dimurnikan dengan menggunakan bor api dalam mangkuk tanah liat secara terbuka yang kemudian ditambahkan dengan Ag dan Cu. Butiran emas kemudian dicetak ke dalam cetakan dengan bentuk sesuai yang diinginkan. Setelah itu, dilanjutkan dengan proses pembentukan seperti memotong dan memoles hingga mencapai bentuk perhiasan yang tepat.

1.7.2 Kegiatan Peleburan Emas

Dalam kegiatannya, peleburan emas mengumpulkan limbah emas, kemudian memproses lebih lanjut limbah tersebut untuk menghasilkan partikel emas halus yang tercampur. Teknik ulihannya mirip dengan yang digunakan dalam penambangan tradisional, yang meliputi pendulangan, penggabungan, dan penyaringan. Mangkuk tanah liat bekas dan cetakan gypsum digunakan yang kemudian dicampur dengan air limbah dan tanah



Optimized using
trial version
www.balesio.com

untuk membentuk bubur di kolam yang dibanjiri air. Kolam ini menempati area seluar sekitar 1-2 m² dan sedalam 30-40 cm. proses ini sebagian besar dilakukan di halaman rumah.

Beberapa tempat peleburan emas menggunakan piring dangkal untuk mendulang lumpur. Pada tahap pendulangan ini, para pelebur emas menambahkan merkuri cair untuk mengekstrak dan memisahkan emas dari limbah lainnya. Berbeda dengan beberapa pekerja di perkotaan yang menggunakan tromol yang lebih efisien untuk mendapatkan emas amalgam dibandingkan dengan mendulang. Rasio berat merkuri terhadap emas dalam amalgam yang dihasilkan diperkirakan mencapai 50:1. Setelah itu, lebihan raksa diperas menggunakan kain dan dapat digunakan Kembali 2-3 kali sebelum akhirnya dibuang. Amalgam kemudian dibakar dalam mangkuk tanah liat terbuka. Merkuri menguap, meninggalkan butiran emas di dalam mangkuk dan selanjutnya emas tersebut dijual kepada pedagang emas.

Metode amalgamasi, yang menerapkan merkuri sebagai media pengikat emas, merupakan cara pengrajin emas mengolah bijih emas (Suhandi, 2006). Proses pengikatan bijih emas dan merkuri dengan alat amalgamator untuk membuat amalgam dikenal sebagai amalgamasi. Alat amalgamator berfungsi sebagai tempat untuk proses amalgamasi, yang memperkecil ukuran bijih emas. Selain itu, amalgam dipisahkan dengan memanfaatkan merkuri melalui proses pencucian dan pendulangan. Agar merkuri jatuh ke tanah selama proses pencucian, diterapkan kain parasut. Setelah itu, amalgam menjadi pijar, menghasilkan campuran logam perak dan emas. Amalgam akan terurai menjadi unsur emas mentah dan merkuri saat dipanaskan. Dalam tabung yang dikenal sebagai retort, amalgam dipanaskan. Uap merkuri akan menghilang dan dapat diambil kembali melalui kondensasi. Sementara itu, Au-Ag tetap ada sebagai logam dalam retort.

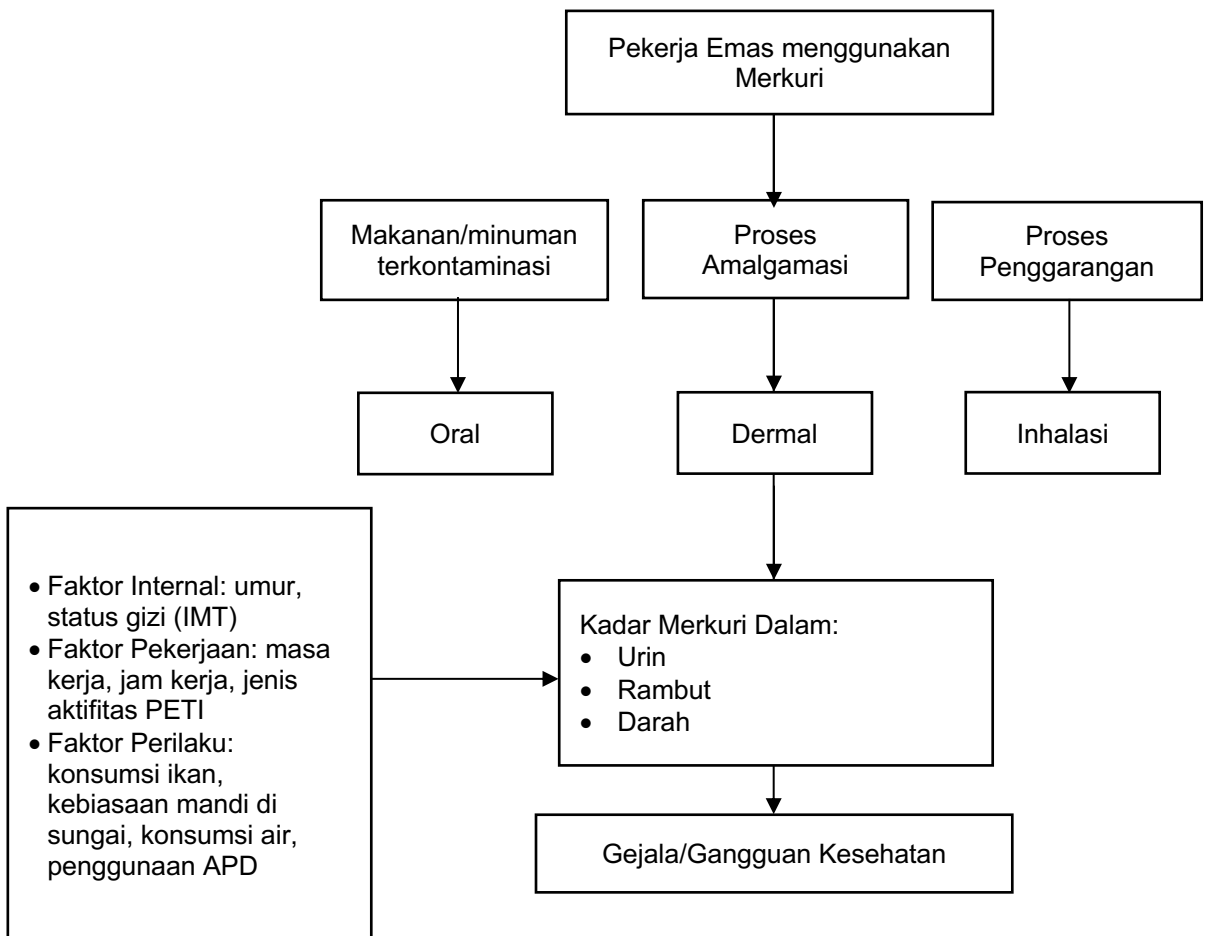
1.8 Kerangka Teori

Kerangka teori pada gambar 2.2 menunjukkan alur bagaimana merkuri (Hg), terutama dari aktivitas pekerja emas dapat masuk ke dalam tubuh manusia dan mempengaruhi status kesehatan. Sumber utama merkuri berasal dari proses pengolahan untuk mendapatkan emas yang menggunakan merkuri dalam bentuk logam atau uap. Merkuri ini terbagi



dua jenis, yaitu senyawa merkuri organik dan merkuri anorganik. Merkuri organik umumnya masuk ke tubuh melalui jalur oral (makanan dan minuman yang terkontaminasi), sementara merkuri anorganik bisa masuk melalui jalur dermal (kontak kulit) dan inhalasi (menghirup uap merkuri). Faktor-faktor yang menentukan kadar merkuri dalam tubuh, yang juga dipengaruhi oleh karakteristik individu seperti lama kontak, frekuensi

paparan, masa kerja, sistem imun, tingkat kerentanan, dan penggunaan alat pelindung diri (APD). Paparan merkuri bisa bersifat jangka pendek dengan konsentrasi tinggi atau jangka Panjang dan kadar merkuri yang masuk akan terdistribusi dalam darah, ginjal (urin), rambut, tulang, serta gigi. Akumulasi merkuri ini kemudian dapat menimbulkan gejala atau gangguan kesehatan yang pada akhirnya memengaruhi status kesehatan individu secara keseluruhan.



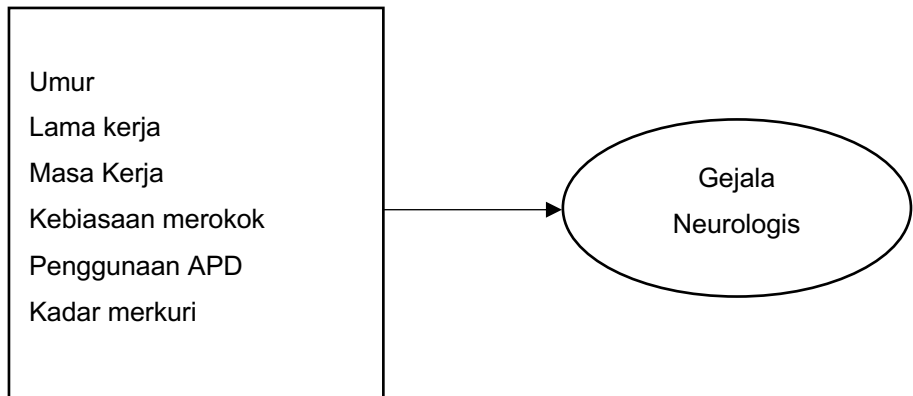
Gambar 2.2 Kerangka Teori

Sumber: Rianto (2010)



1.9 Kerangka Konsep

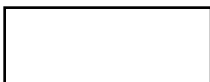
Kerangka konsep ini terdiri dari variabel independent (umur, lama kerja, masa kerja, kebiasaan merokok, penggunaan APD dan kadar merkuri) dan variabel dependen yaitu gejala neurologis pada pengrajin emas. Hubungan antara variabel dependen dan variabel independen digambarkan dalam bagan dibawah ini:

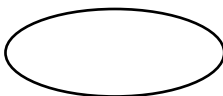


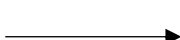
Gambar 2.3 Kerangka Konsep

Sumber: Data Primer, 2024

Ket

 : Variabel Independen

 : Variabel Dependen

 : Arah Hubungan

Variabel dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel bebas (*independen*) adalah variabel yang mempengaruhi variabel terikat meliputi kadar merkuri dalam rambut, umur, lama kerja, masa kerja, merokok, dan penggunaan APD.



2. Variabel terikat (*dependen*) adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas yaitu gejala gangguan neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Selayang, Kota Makassar.

1.10 Hipotesis Penelitian

Hipotesis ialah dugaan sementara yang masih dibuktikan kebenarannya melalui penelitian. Berdasarkan beberapa pemaparan di atas maka pada penelitian ini diuraikan beberapa hipotesis:

1. Hipotesis Nol (H_0)

- a. Ada hubungan antara pajanan merkuri terhadap gangguan neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar
- b. Ada hubungan antara umur terhadap gangguan neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar
- c. Ada hubungan antara masa kerja terhadap gangguan neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar
- d. Ada hubungan antara lama kerja terhadap gangguan neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar
- e. Ada hubungan antara kebiasaan merokok terhadap gangguan neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar
- f. Ada hubungan antara penggunaan APD terhadap gangguan neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar

2. Hipotesis Alternatif (H_a)

- a. Tidak ada hubungan antara pajanan merkuri terhadap gangguan neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar
- b. Tidak ada hubungan antara umur terhadap gangguan neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar
- c. Tidak ada hubungan antara masa kerja terhadap gangguan neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar
- d. Tidak ada hubungan antara lama kerja terhadap gangguan neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar
- e. Tidak ada hubungan antara kebiasaan merokok terhadap gangguan neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar
- f. Tidak ada hubungan antara penggunaan APD terhadap gangguan neurologis pada Pekerja Emas Skala Kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar



Operasional dan Kriteria Objektif

Definisi variabel yang akan bermanfaat secara operasional untuk pengukuran dan pengamatan variabel untuk pengembangan likenel sebagai definisi operasional. Cakupan atau definisi operasi dan penelitian menjadi lebih terkonsentrasi ketika ada

definisi operasional yang tepat. Definisi operasional dan kriteria objektif setiap variabel penelitian ialah sebagai berikut:

1.11.1 Gejala Neurologis

Pemeriksaan tanda dan gejala neurologis yang dilakukan langsung oleh dokter pada saat pengambilan data penelitian dengan melakukan 10 pemeriksaan gejala neurologis yaitu tanda perubahan warna kebiruan pada gusi, kekakuan & ataksia (berjalan & berdiri), tes gerakan bergantian atau tes untuk dysdiadokokinesia, tes untuk gerakan mata yang tidak teratur, tes bidang penglihatan, refleks sentakan lutut dan refleks biseps, refleks patologis, air liur dan disartria, pemeriksaan sensorik, dan tremor.

Kriteria Objektif:

1. Ada gejala, jika mengalami satu atau lebih gejala dari hasil pemeriksaan oleh dokter
2. Tidak ada gejala, jika tidak mengalami satupun gejala dari hasil pemeriksaan oleh dokter

1.11.2 Umur

Umur yang dimaksud dalam penelitian ini ialah usia akhir responden dihitung sejak tanggal kelahiran hingga pada saat penelitian berlangsung dalam hitungan tahun.

1. Pekerja muda, apabila umur ≤ 50 tahun
2. Pekerja tua, apabila umur > 50 tahun

(Permenaker No. 5 Tahun 2018 tentang K3 Lingkungan Kerja)

1.11.3 Kadar Merkuri dalam Rambut

Jumlah kandungan merkuri dalam rambut pekerja yang diketahui dari hasil pengukuran laboratorium menggunakan alat Spektrometri Massa Plasma (ICP-MS).

Kriteria Objektif:

1. Normal, apabila hasil uji laboratorium $\leq 1 \mu\text{g/g}$
2. Tinggi, apabila hasil uji laboratorium $> 1 \mu\text{g/g}$
(WHO, 1990)

1.11.4 Lama Kerja

Lama kerja yang dimaksud dalam penelitian ini ialah durasi pajanan atau lama waktu rata-rata responden melakukan pekerjaan.

Kriteria Objektif:

1. Tidak berisiko, jika durasi pajanan pada responden dibawah atau sama dengan 8 jam/hari

iko, jika durasi pajanan pada responden diatas 8 jam/hari
aturan Pemerintah No.35 Tahun 2021)



1.11.5 Masa Kerja

Rentang waktu responden bekerja mulai dari menjadi pekerja sampai dengan waktu penelitian berlangsung yang dinyatakan dalam hitungan tahun.

Kriteria Objektif:

1. >5 tahun, jika masa kerja responden saat pengambilan data diatas 5 tahun
2. $\leq$ 5 tahun, jika masa kerja responden saat pengambilan data sama dengan atau dibawah 5 tahun
(Permenaker No.5 Tahun 2018)

1.11.6 Kebiasaan Merokok

Rata-rata kebiasaan merokok responden baik dalam keadaan istirahat atau dalam keadaan tidak bekerja (batang/hari).

Kriteria Objektif:

1. Ya, apabila memiliki kebiasaan merokok
2. Tidak, apabila tidak memiliki kebiasaan merokok

1.11.7 Penggunaan APD

Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dalam penelitian ini adalah alat pelindung diri yang digunakan pekerja emas berupa masker, sarung tangan karet, baju lengan panjang saat proses pencampuran merkuri yang diukur menggunakan wawancara/kuesioner.

Kriteria Objektif:

1. Tidak lengkap, jika responden tidak menggunakan salah satu atau semua alat pelindung diri tersebut
2. Lengkap, jika responden menggunakan salah satu atau semua alat pelindung diri tersebut



BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode observasional analitik dengan pendekatan desain cross-sectional, yakni pengukuran dilakukan bersamaan dengan pengamatan tunggal pada setiap objek. Untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat diterapkan desain penelitian observasional. Variabel terikat dalam penelitian ini ialah gejala neurologis, sedangkan faktor bebasnya ialah usia, lama bekerja, masa kerja, perilaku merokok, dan penggunaan alat pelindung diri (APD).

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Tallo Makassar, Sulawesi Selatan. Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2024.

2.3 Populasi dan Sampel Penelitian

2.3.1 Populasi

Seluruh partisipan dalam penelitian ini ialah pekerja emas skala kecil di Kecamatan Tallo Kota Makassar. Jumlah pasti pekerja emas tidak diketahui karena tidak adanya pencatatan resmi, mengingat sebagian besar kegiatan mereka berlangsung di luar sistem formal.

2.3.2 Sampel

Jumlah populasi pekerja tidak diketahui secara pasti, maka penentuan jumlah sampel dicari dengan menggunakan rumus Cochran (Sugiyono, 2017) untuk populasi yang tidak diketahui:

$$\begin{aligned}n &= \frac{Z^2 pq}{e^2} \\n &= \frac{(1,96)^2 (0,5)(0,5)}{(0,2)^2} \\n &= \frac{(3,8416)(0,5)(0,5)}{0,04} \\n &= \frac{0,9604}{0,04} \\n &= 24,1\end{aligned}$$

Keterangan :

n = Jumlah sampel yang diperlukan

Z = Harga dalam kurve normal untuk simpanan 5%, dengan

1,96

eluang Benar 50% = 0,5 q = Peluang Salah 50% = 0,5

ngkat Kesalahan Sampel (*sampling error*), dalam penelitian ini gunakan 20%

Berdasarkan perhitungan di atas, untuk mengantisipasi ingkinan non-responden, data yang tidak lengkap atau iruan saat pengumpulan data di lapangan, jumlah sampel



ditingkatkan menjadi 30 responden. Hal tersebut bertujuan untuk meningkatkan reliabilitas dan validitas data yang dikumpulkan, serta memastikan hasil analisis lebih representative terhadap kondisi di lapangan. Kriteria inklusi yang ditetapkan untuk menentukan sampel sebagai berikut:

1. Kriteria Inklusi

Kriteria atau syarat yang harus dipenuhi oleh responden untuk menjadi sampel dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

- a. Bersedia menjadi responden penelitian
- b. Merupakan pekerja emas yang masih aktif melakukan proses pengolahan emas

2. Kriteria Eksklusi

Responden akan dikeluarkan dari penelitian apabila:

- a. Mengalami gangguan mental atau kognitif yang dapat mempengaruhi kemampuan memberikan jawaban yang valid
- b. Tidak bersedia mengikuti prosedur penelitian termasuk pengambilan sampel biomarker rambut

2.4 Pengumpulan Data

2.4.1 Jenis Data

1. Data Primer

Data yang diperoleh dari temuan penelitian langsung pada item yang diteliti. Daftar pertanyaan (kuesioner) yang dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian diterapkan untuk mengumpulkan data. Karakteristik responden, durasi kerja, kebiasaan merokok, penggunaan alat pelindung diri, dan apakah responden menderita gejala neurologis atau tidak termasuk data primer penelitian.

2. Data Sekunder

Data sekunder yakni data yang diperoleh dari instansi serta literatur-literatur yang berkaitan dengan penelitian.

2.4.2 Instrumen Penelitian

Kuesioner, spektrometri massa plasma (ICP-MS), dan pernyataan kesediaan untuk berpartisipasi ialah alat yang diterapkan dalam penelitian ini. Kuesioner menanyakan terkait variabel independen yang akan diperiksa, seperti durasi kerja, kebiasaan merokok, dan penggunaan alat pelindung diri (APD), dan

mencakup informasi tentang identitas pekerja emas. Seorang er melakukan pemeriksaan langsung untuk mengukur gejala isi neurologis responden. Sementara itu, spektrometri massa na (ICP-MS) diterapkan untuk mengukur tingkat merkuri an memanfaatkan biomarker rambut.



2.4.3 Proses Pengumpulan Data

1. Alat dan Bahan yang diterapkan:

Alat dan Bahan yang diterapkan untuk melakukan pengambilan sampel rambut ialah sebagai berikut:

- 1) Gunting
- 2) Label
- 3) *Handscoop*
- 4) Plastik Klip
- 6) *Alcohol Swab*

2. Teknik Sampling Rambut

Pengumpulan sampel rambut dilakukan dengan menggunakan gunting yang telah disterilkan, yang digunakan untuk memotong rambut pada bagian kepala responden. Pemotongan dilakukan sedekat mungkin dengan kulit kepala, dengan jumlah sampel rambut yang diambil berkisar antara 0,2 hingga 0,5 gram. Rambut yang telah dipotong kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik kecil, ditutup rapat, dan diberi label yang memuat informasi berupa nama responden, nomor sampel, serta waktu pengambilan. Setelah itu, sampel rambut dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis kadar merkurnya.

2.5 Pengolahan dan Analisis Data

2.5.1 Pengolahan Data

Aplikasi program statistik komputer akan diterapkan untuk memproses data yang terkumpul. Setelah analisis, temuan penelitian akan ditampilkan dalam bentuk tabel. Langkah-langkah berikut terlibat dalam pemrosesan data:

1. Pemeriksaan Data (*Editing*)

Penyuntingan data ialah proses meninjau dan merevisi konten kuesioner. Pada titik ini, setiap halaman kuesioner diperiksa untuk melihat apakah responden telah mengisinya secara lengkap

2. Pengkodean Data (*Coding*)

Ketika data dimasukkan ke dalam program komputer, pengkodean atau penyandian data berlangsung. Pemrosesan data dibuat lebih sederhana dengan ketentuan kode ini.

3. Pemasukan Data (*Entry*)

Data yang diperoleh akan dimasukkan sebagai kode ke dalam aplikasi SPSS selama fase entri data. Jumlah responden dalam kuesioner menentukan urutan data yang dimasukkan.

4. Pengindeksan Data (*Tabulating*)

Proses pembuatan tabel dengan data yang mudah ditambahkan, terstruktur, dan disajikan untuk analisis dikenal sebagai transfer data.



5. Pembersihan Data (*Cleaning*)

Mengoreksi dan menghilangkan data yang salah dari tabel yang mungkin muncul selama proses input data ialah tujuan pembersihan data.

2.5.2 Analisis Data

Proses mengubah data penelitian menjadi pengetahuan yang dapat diterapkan pada formulasi temuan penelitian dikenal sebagai analisis data. Analisis univariat dan bivariat akan diterapkan untuk mengolah data yang terkumpul. Tabel dan narasi akan diterapkan untuk menyajikan temuan analisis. Kriteria signifikansi untuk pengujian statistik ialah $p < 0,05$.

1. Analisis Univariat

Setiap variabel dari temuan penelitian dianalisis menerapkan analisis univariat. Untuk memperoleh perspektif yang luas dan mengamati distribusi frekuensi variabel penelitian dalam bentuk tabel distribusi frekuensi dan narasi, analisis dilakukan dengan memberikan deskripsi setiap variabel penelitian. Faktor-faktor tersebut meliputi usia, lama bekerja, penggunaan alat pelindung diri (APD), dan jumlah merkuri pada rambut responden.

2. Analisis Bivariat

Uji statistik Chi-Square yang dilakukan dengan menerapkan perangkat lunak SPSS dalam bentuk crosstab merupakan metode yang diterapkan dalam analisis bivariat untuk mengetahui hubungan antara variabel dependen dan independen.

3. Analisis Multivariat

Variabel untuk mengetahui variabel mana yang memiliki korelasi paling kuat dengan gejala kondisi neurologis responden, penelitian ini menerapkan regresi logistik.

2.6 Penyajian Data

Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel distribusi frekuensi dan narasi untuk membahas hasil dari penelitian.

2.7 Alur Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, peneliti menggunakan data primer. Data primer didapatkan dari hasil observasi, wawancara, dan pengukuran langsung dari responden dan hasil uji laboratorium. Adapun alur penelitian yang dilakukan terkait faktor risiko paparan merkuri sebagai berikut:



p Persiapan

Survei awal dilakukan untuk melakukan koordinasi dengan : setempat untuk mendapatkan izin penelitian dan melihat isi tempat pengrajin emas di Kecamatan Tallo Makassar, wesi Selatan.

2.7.2 Tahap Pelaksanaan

1. Mengumpulkan data menerapkan kuesioner dan wawancara yang dilakukan dengan bertanya secara langsung oleh peneliti
2. Melakukan pengambilan sampel rambut untuk diperiksa kadar merkuri yang terkandung dengan cara memotong rambut sekitar 0,2 - 0,5 gram. Pengambilan sampel rambut dilakukan pada rambut dekat kulit kepala pada bagian belakang telinga. Setelah itu, sampel rambut ditempatkan dalam plastik dan ditutup serta diberi tanda (kode responden)

2.7.3 Analisis Kadar Merkuri

Selanjutnya, sampel dibawa ke Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar (BBLK) untuk dilakukan pengukuran dan analisis kadar merkuri menggunakan alat ICP-MS. Tahap pertama adalah melakukan destruksi sampel rambut. Masing-masing sampel ditimbang menggunakan timbangan analitik, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml dan ditambahkan 10 ml campuran asam nitrat (HNO_3) dan asam perklorat (HClO_4) dengan perbandingan 1:1. Selanjutnya, erlenmeyer dipanaskan hingga larutan menjadi jernih dan mengeluarkan asap putih selama kurang lebih lima jam. Setelah itu, larutan disaring, kemudian ditambahkan air deionisasi (akuades) ke dalam labu ukur 50 ml. Larutan dalam labu ukur ditutup dan diaduk dengan cara dibolak-balik hingga homogen. Larutan hasil destruksi ini kemudian dianalisis menggunakan alat ICP-MS untuk menentukan kadar merkuri dalam sampel rambut masing-masing responden.

