

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**ANALISIS SEBARAN PENCEMARAN MERKURI (Hg) PADA  
IKAN WADER (*Rasbora argyrotaenia*) DI SUNGAI SEKITAR  
LOKASI PERTAMBANGAN EMAS DUSUN SANGON KULON  
PROGO**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**Disusun Oleh:  
Fahrur Rizal Ahmad (16513025)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2020**

## TUGAS AKHIR

# ANALISIS SEBARAN PENCEMARAN MERKURI (Hg) PADA IKAN WADER (*Rasbora argyrotænia*) DI SUNGAI SEKITAR LOKASI PERTAMBANGAN EMAS DUSUN SANGON KULON PROGO

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Mem peroleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



Disusun Oleh:

**Fahrur Rizal Ahmad (16513025)**

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

**Nelly Marlina, S.T., M.T.**

Tanggal : 9 April 2021

**Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.  
Biotech, M.Agr., Ph.D.**

Tanggal : 9 April 2021

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



**Eko Siswovo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D**

Tanggal : 12 April 2021

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS SEBARAN PENCEMARAN MERKURI (Hg) PADA IKAN

#### WADER (*Rasbora argyrotaenia*) DI SUNGAI SEKITAR LOKASIPERTAMBANGAN EMAS DUSUN SANGON KULON PROGO

Telah diterima dan disahkan oleh tim penguji

Hari : Jumat

Tanggal : 9 April 2021

Disusun oleh :

Fahrur Rizal Ahmad (16513025)

Tim penguji :

Penguji 1



Nelly Marlina, S.T., M.T.

Penguji 2



Annisa Nur Lathifah, S.Si.,  
M. Biotech, M.Agr., Ph.D.

Penguji 3



Dewi Wulandari, S.Hut.,  
M.Agr., Ph.D.

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun Perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas di cantumkan dalam daftar Pustaka
4. Program Software computer yang digunakan dalam penelitian sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah di peroleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Maret 2021

Yang membuat pernyataan,



Fahrur Rizal Ahmad  
16513025

## PRAKATA

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan kepada penulis, sehingga bisa menyelesaikan tugas akhir dengan judul “ANALISIS SEBARAN PENCEMARAN MERKURI (Hg) PADA IKAN WADER (*Rasbora argyrotaenia*) DI SUNGAI SEKITAR LOKASI PERTAMBANGAN EMAS DUSUN SANGON KULON PROGO.

Dalam penyusunan tugas akhir ini banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi namun pada akhirnya dapat melaluinya berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral maupun spiritual. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan nikmat kesehatan dan kesempatan sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan bantuan doa, semangat, dan materi dalam penyusunan tugas akhir ini
3. Program studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Pembimbing tugas akhir I dan II, Ibu Nelly Marlina, ST.,M.T. dan Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M. Biotech, M.Agr., Ph.D. yang telah memberi arahan dan bimbingan sehingga laporan tugas akhir ini dapat selesai.
5. Penguji tugas akhir, Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. yang telah memberi arahan dan masukan sehingga laporan tugas akhir ini dapat selesai.
6. Teman- teman seperjuangan dalam pengerjaan tugas akhir, Rifqi dan Daris
7. Teman- teman seperjuangan di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah membantu banyak hal dalam menyelesaikan laporan ini.
8. Pihak-pihak terkait yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan ,oleh sebab itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat di harapkan demi menyempurnakan laporan ini. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk semua khalayak.

*Wassalamualaikum warrahmatullahi wabarukatuh.*

## ABSTRAK

FAHRUR RIZAL AHMAD, Analisis Sebaran Pencemaran Merkuri (Hg) pada Ikan Wader (*Rasbora argyrotaenia*) Di Sungai Sekitar Lokasi Pertambangan Emas Dusun Sangon Kulon Progo. Dibimbing oleh Nelly Marlina, ST.,M.T. dan Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech, Ph.D.

Pertambangan emas yang terdapat di Dusun Sangon, Desa Kalireja, Kokap, Kulon Progo dilakukan oleh Penambang emas skala kecil. Penambangan dilakukan dengan metode amalgamasi, yaitu proses ekstraksi emas dengan memanfaatkan air raksa atau merkuri sebagai pengikat bijih emas yang dilakukan di dalam gelondong. Saat ini terdapat dua lokasi pertambangan emas yang masih aktif. Merkuri adalah unsur kimia sangat beracun (*toxic*), dapat bercampur dengan enzim didalam tubuh manusia yang menyebabkan hilangnya kemampuan enzim untuk bertindak sebagai katalisator metabolisme di dalam tubuh. Logam Hg ini dapat terserap kedalam tubuh melalui saluran pencernaan dan kulit. Uap merkuri sangat berbahaya jika terhisap karena sifatnya beracun dan cukup volatil meskipun dalam jumlah yang sangat kecil. Dalam jangka waktu lama merkuri dalam tubuh akan menimbulkan bahaya karena racun bersifat kumulatif. Merkuri mudah saja untuk mencemari lingkungan, terutama pada air sungai yang terdapat banyak sekali biota yang hidup didalamnya, seperti contohnya ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memetakan sebaran pencemaran merkuri pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) di Sungai Cedam Dusun Sangon, Kalirejo, Kulon Progo. Kandungan merkuri dianalisis menggunakan metode *atomic absorption spectrometry* (AAS) sistem nyala yang mengacu pada SNI 2354.6 Tahun 2016. Pemetaan persebaran pencemaran merkuri dianalisis menggunakan *software* QGIS dan ArcGIS. Hasil pengujian konsentrasi merkuri pada sampel ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) berkisar antara 0.04382 - 0.140563 mg/kg. Hasil pemetaan persebaran kandungan merkuri pada penelitian ini menyatakan bahwa di semua area penelitian, ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) yang hidup di sungai sekitar pertambangan emas ini sudah terpapar oleh merkuri dengan konsentrasi sudah melewati baku mutu menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 57 Tahun 2016.

Kata Kunci : Tambang Emas, Merkuri, Ikan Wader (*Rasbora argyrotaenia*), AAS

## DAFTAR ISI

COVER .....	
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
Latar Belakang.....	1
Perumusan Masalah .....	5
Tujuan Penelitian .....	5
Manfaat Penelitian.....	6
Ruang Lingkup .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	8
Tambang Emas di Indonesia .....	8
Dampak Pertambangan Emas ke Lingkungan.....	9
Sifat Merkuri .....	10
Merkuri di Ikan .....	11
Hasil Penelitian Sebelumnya .....	14
Ikan Wader ( <i>Rasbora argyrotaenia</i> ) .....	23
Atomic Absorbsion Spektrofotometri (AAS ).....	24
Sistem Informasi Geografi .....	25
Metode Interpolasi Kriging .....	26
BAB III METODE PENELITIAN .....	27
Tahap Penelitian .....	27

Lokasi Penelitian .....	28
Alat dan Bahan .....	29
Alat .....	29
Bahan .....	29
Analisis Data dan Pemetaan .....	29
Metode Pengumpulan Data .....	29
Metode Sampling .....	30
Metode Analisis Data.....	32
Analisis Kandungan Merkuri (Hg) .....	32
Pemetaan Persebaran Logam Berat .....	34
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA.....</b>	<b>36</b>
Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian.....	36
Parameter Fisik.....	44
Persebaran Kandungan Merkuri Pada Lokasi Penelitian.....	47
Alternatif Pengolahan.....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>56</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>60</b>



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Table 2.1 Hasil Penelitian Sebelumnya .....	6
Tabel 4.1 <i>Timeline</i> Kegiatan penelitian .....	20
Table 4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....	21





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.4 Siklus Biogeokimia Merkuri di Lingkungan Perairan .....	6
Gambar 3.1. Diagram Alir Metode Penelitian Gambar .....	14
Gambar 3.2. Peta Batas Lokasi Penelitian .....	15
Gambar 3.3. Peta Lokasi Titik Sampling .....	17
Gambar 3.3 Preparasi Sampel .....	18





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Di Indonesia banyak daerah-daerah yang memilih memanfaatkan sumberdaya alam (pertambangan) untuk dijadikan sumber mata pencaharian. Hal ini tentu saja akan berdampak langsung ke lingkungan. Meskipun dampak dari eksplorasi pertambangan ini tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kesejahteraan (Rahma Ma'mun, 2016)

Indonesia memiliki berbagai macam jenis pertambangan, seperti contohnya pertambangan migas ataupun mineral. Salah satu kegiatan pertambangan mineral di Indonesia yang memiliki potensi cukup besar adalah pertambangan emas. Jalur tambang emas yang ada di Indonesia merentang dari Aceh sampai Sulawesi Utara, Irian Jaya dan Kalimantan, yang seluruhnya mencapai lebih dari 8.000 kilometer. Hal ini melatarbelakangi adanya penambangan secara ilegal baik oleh perorangan ataupun kelompok, yang disebut dengan istilah PETI (pertambangan emas tanpa izin) (Siallagan, 2010).

Dari sekian banyak pertambangan emas di Indonesia terdapat pertambangan emas skala kecil yang berada di Kabupaten Kulon Progo, tepatnya di Dusun Sangon Kecamatan Kokap. Kulon Progo merupakan daerah yang memiliki kandungan mineral khususnya emas yang cukup banyak, pegunungan Kulon Progo merupakan kompleks bagian timur dari

pegunungan Serayu Selatan. Proses pertambangan dan pengolahan emas di Dusun Sangon ini berada di sekitar aliran sungai Cedam, Kulon Progo (Widagdo *et al.*, 2016).

Proses penambangan ataupun pengolahan biji emas dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti menggunakan metode flotasi, konsentrasi gravitasi atau yang sering digunakan oleh perusahaan-perusahaan tambang besar di Indonesia yaitu mengikat emas menggunakan sianida (CN), sedangkan para penambang tradisional di Dusun Sangon masih memanfaatkan merkuri (Hg) pada proses ekstraksi emas dengan sebagai salah satu campuran yang dilakukan di dalam gelondong atau dengan metode amalgamasi (Kusuma & Budianta, 2017). Pengolahan dengan merkuri dilakukan sejak tahun 1990 sampai dengan saat ini, jumlah lubang tambang ataupun pengolahan hasil tambang di Dusun Sangon saat ini adalah sebanyak dua buah. Di pertambangan emas dusun Sangon ini setelah proses amalgamasi limbah tailing yang dihasilkan dialirkan ke bak penampungan dan langsung mengalir ke sungai. Hal ini tentu saja akan berdampak buruk terhadap lingkungan sekitar terutama kualitas air permukaan sungai dan biota yang ada di dalam sungai

Kontaminasi logam berat di lingkungan adalah masalah umum yang dihadapi di berbagai daerah. Pada lingkungan tanah dan perairan, sebagian besar logam berat akan terakumulasi dan efek sampingnya bertahan lama. Logam berat seperti Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Arsen (As), Seng (Zn), Chrome (Cr) dan timbal (Pb) ini sangat beracun bagi organisme. Pada

umumnya logam berat bersifat akumulasi di tanah dan berbahaya terhadap mikroorganisme tanah. (Li *et al.*, 2017). Terdapat banyak sekali jenis kontaminan yang ada di lingkungan, kontaminan logam seperti kadmium, tembaga, seng, merkuri dan juga sianida adalah beberapa kontaminan yang paling sering diamati (Hidayati *et al.*, 2016). Pada penelitian ini akan membahas tentang sebaran kandungan logam berat merkuri (Hg).

Merkuri (Hg) merupakan unsur kimia yang tergolong logam berat dengan tingkat toksisitas cukup tinggi selain Cd, Pb, Cu, dan Zn. Logam berat merkuri (Hg) bersifat toksik karena organisme tidak dapat menghancurkannya sehingga logam berat tersebut terakumulasi di lingkungan. Konsentrasi merkuri sulit untuk diprediksi dan dilacak di ekosistem air karena mereka interaksi kompleks dengan beberapa faktor fisik dan biogeokimia (Martinez *et al.*, 2018). Kontaminasi logam berat merkuri akan berdampak terhadap lingkungan dan manusia. (Bettaso and Goodman, 2010)

Kontaminasi merkuri pada manusia bisa terjadi melalui makanan, minuman, pernafasan, serta kontak kulit. Paparan logam berat merkuri (Hg) pada manusia sangatlah berbahaya yaitu meningkatkan risiko kelainan janin dan kematian waktu lahir serta dapat menyebabkan *Fetal Minamata Disease*, seperti yang terjadi pada nelayan Jepang di teluk Minamata. Selain itu merkuri juga dapat menyebabkan kerusakan pada otak, kerusakan syaraf motorik, *cerebral palsy*, dan retardasi mental, impotensi dan gangguan libido pada pria, sedangkan pada wanita akan

menyebabkan gangguan menstruasi (Prasasti *et al.*, 2006). Oleh karena itu sangatlah penting untuk dilakukan penelitian terkait pencemaran logam berat merkuri pada lingkungan. Khususnya pada lingkungan sekitar pertambangan emas di Dusun Sangon, Kulon Progo.

Pencemaran logam berat merkuri pada lingkungan dapat dikendalikan dengan langkah pertama yang perlu diketahui yaitu penyebarannya. Data penyebaran pencemaran logam berat merkuri pada lingkungan sangat penting dalam upaya pengendalian pencemaran lingkungan. Begitu juga lingkungan di sekitar pertambangan emas di Dusun Sangon Kulon Progo. Karena dengan adanya data tersebut dapat diketahui dimana saja pencemaran lingkungan tersebut terjadi sebelum melakukan pengendalian. Data penyebaran pencemaran dapat dalam bentuk gambar pemetaan zona penyebaran pencemaran tersebut. Gambar pemetaan zona penyebaran pencemaran dapat disajikan dengan SIG (Sistem Informasi Geografis) untuk mempermudah dalam mengaplikasikannya di lapangan. Sistem Informasi Geografis merupakan suatu sistem komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, memeriksa, mengintegrasikan, dan menganalisa informasi-informasi yang berhubungan dengan permukaan bumi (Prahasta, 2002). Istilah sistem informasi geografi merupakan gabungan dari tiga unsur pokok yaitu sistem, informasi, dan geografi. SIG merupakan suatu sistem yang menekankan pada unsur informasi geografi. Kata “geografis” mempunyai makna suatu persoalan mengenai bumi: permukaan dua atau tiga dimensi.

Istilah “informasi geografis” mengandung pengertian informasi mengenai tempat-tempat yang terletak di permukaan bumi, pengetahuan mengenai posisi dimana suatu objek terletak di permukaan bumi, serta informasi mengenai keterangan- keterangan atau atribut yang terdapat di permukaan bumi.

### **Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka permasalahan pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana kandungan logam merkuri (Hg) pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) di Sungai Cedam Dusun Sangon, Kalirejo, Kulon Progo, Yogyakarta ?
2. Bagaimana sebaran logam merkuri (Hg) berdasarkan pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) air Sungai Cedam Dusun Sangon, Kalirejo, Kulon Progo, Yogyakarta ?

### **Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sebaran dampak pencemaran yang ada pada lingkungan, seperti:

- a. Mengidentifikasi kandungan konsentrasi logam merkuri (Hg) pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) di Sungai Cedam Dusun Sangon, Kalirejo, Kulon Progo, Yogyakarta .
- b. Memetakan sebaran kandungan logam merkuri (Hg) pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) di Sungai Dusun Sangon, Kalirejo, Kulon Progo, Yogyakarta .

### **Manfaat Penelitian**

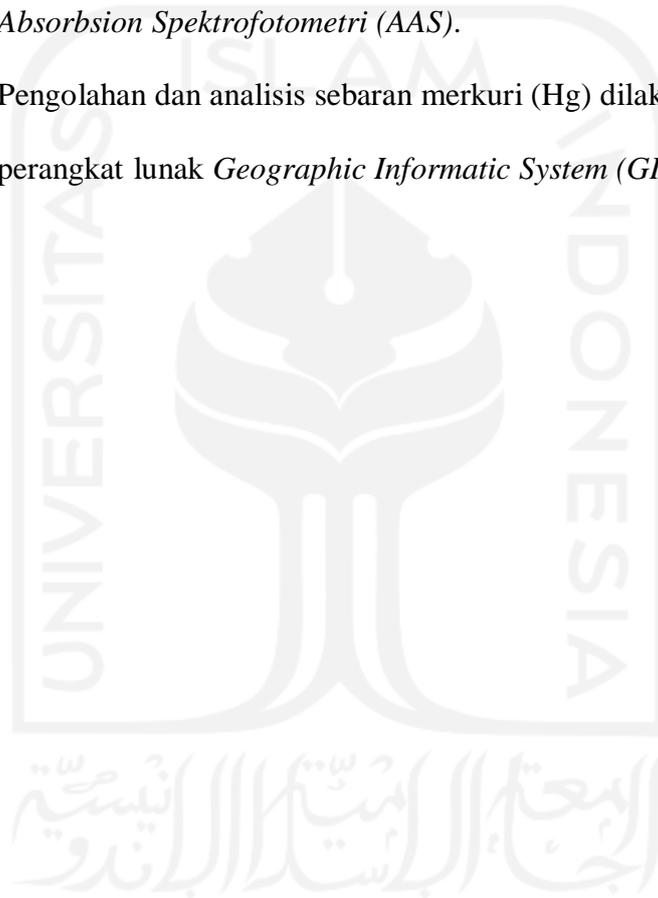
Hasil penelitian yang dilakukan dapat dimanfaatkan sebagai bahan studi literatur dalam menganalisis pencemaran logam merkuri (Hg) yang terdapat pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) di daerah aliran sungai Cedam Desa Sangon Kulon Progo dan sebagai inovasi dalam penyajian data sehingga mempermudah dalam melihat hasil analisis penelitian serta memberikan bahan pertimbangan untuk pemerintah dan masyarakat dalam pengelolaan pertambangan emas pada daerah tersebut.

### **Ruang Lingkup**

Batasan masalah dalam penelitian meliputi :

1. Penelitian dilaksanakan pada kegiatan penambangan yang berlokasi di Dusun Sangon, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

2. Penelitian sebaran kandungan merkuri (Hg) pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) di Sungai Cedom Dusun Sangon Kulon Progo.
3. Metode sampling yang digunakan mengacu pada SNI 2354.6 Tahun 2016
4. Metode pengukuran logam berat menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)*.
5. Pengolahan dan analisis sebaran merkuri (Hg) dilakukan dengan perangkat lunak *Geographic Information System (GIS)*.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **Tambang Emas di Indonesia**

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan sumberdaya alam. Salah satu kekayaan alam yang paling besar dan merupakan andalan setelah pertanian yaitu pertambangan, dan salah satu kegiatan pertambangan yang banyak ditemui di Indonesia yaitu pertambangan emas (Kasworo, 2015). Kegiatan pertambangan emas di Indonesia telah ada sejak lama baik secara legal maupun ilegal, pertambangan ini tersebar dari timur hingga ke barat wilayah Indonesia. Di Sumatera, dalam dokumen kuno yang telah ada sejak zaman kolonial Belanda menyebutkan bahwa kegiatan penambangan emas di wilayah ini telah ada sejak abad ke 17, hal ini ditandai dengan adanya bekas-bekas tambang emas aluvial, lubang-lubang tambang (*tunnels*), penggalian, *shafts* dan *sluices* merupakan bukti dari adanya kegiatan tersebut (Herman, 2006).

Pulau Jawa merupakan pulau di Indonesia yang juga memiliki cadangan emas aluvial meskipun tidak sebesar dan sebanyak daerah lain. Salah satu daerah pulau Jawa yang memiliki cadangan emas berlokasi di Dusun Sangon, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Cadangan emas yang dimiliki Dusun Sangon membuat masyarakat memilih untuk memanfaatkannya, kegiatan penambangan oleh masyarakat di Dusun Sangon ini merupakan

pertambangan ilegal atau pertambangan emas tanpa izin (PETI). Tahapan penambangan yang dilakukan oleh masyarakat atau penambang pun sangat sederhana yakni melakukan kegiatan penambangan lalu mengolahnya menggunakan metode amalgamasi. Metode amalgamasi ini adalah metode pengolahan emas yang memanfaatkan air raksa atau merkuri. (Kusuma & Budiarta, 2017).

### **Dampak Pertambangan Emas ke Lingkungan**

Kegiatan penambangan emas di Indonesia tentu saja berdampak terhadap lingkungan baik itu penambangan legal maupun ilegal. Lingkungan yang terkontaminasi oleh merkuri dapat berbahaya bagi kehidupan manusia jika terpapar melalui proses rantai makanan. Merkuri terakumulasi dalam mikroorganisme yang hidup di air (sungai, danau, laut) melalui proses metabolisme. Bahan-bahan yang mengandung merkuri yang terbuang ke dalam sungai atau laut dimakan oleh mikroorganisme tersebut dan secara kimiawi berubah menjadi senyawa methyl-merkuri. Mikroorganisme dimakan ikan sehingga methyl-merkuri terakumulasi dalam jaringan tubuh ikan. Ikan kecil menjadi rantai makanan ikan besar dan akhirnya dikonsumsi oleh manusia. Berdasarkan penelitian, konsentrasi merkuri yang terakumulasi dalam tubuh ikan diperkirakan 40-50 ribu kali lipat dibandingkan konsentrasi merkuri dalam air yang terkontaminasi (Sunarto, 2006). Oleh karenanya, usaha pengolahan emas dengan menggunakan merkuri seharusnya tidak langsung membuang

limbahnya (tailing) kedalam aliran sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, sehingga tidak terjadi kontaminasi merkuri pada lingkungan disekitarnya.

### **Sifat Merkuri**

Merkuri memiliki simbol kimia Hg yang berarti “perak cair” (liquid silver) adalah jenis logam berat yang berbentuk cair pada temperatur kamar, berwarna putih-keperakan, memiliki sifat konduktor listrik yang cukup baik, namun memiliki sifat konduktor panas yang kurang baik. Merkuri memiliki titik beku pada temperatur  $-38.9^{\circ}\text{C}$  dan titik didih pada temperatur  $357^{\circ}\text{C}$ . Merkuri adalah unsur kimia sangat beracun (*toxic*), dapat bercampur dengan enzim didalam tubuh manusia menyebabkan hilangnya kemampuan enzim untuk bertindak sebagai katalisator untuk fungsi tubuh yang penting. Logam Hg ini dapat terserap kedalam tubuh melalui saluran pencernaan dan kulit. Uap merkuri sangat berbahaya jika terhisap karena sifatnya beracun dan cukup volatil meskipun dalam jumlah yang sangat kecil. Dalam jangka waktu lama merkuri dalam tubuh akan menimbulkan bahaya karena racun bersifat kumulatif. Logam berat merkuri (Hg) menempati urutan ketiga dari unsur paling beracun bagi manusia (Budnik & Casteleyn, 2019). Bahaya penyakit yang ditimbulkan oleh senyawa merkuri diantaranya adalah kerusakan rambut dan gigi, hilang daya ingat dan terganggunya sistem syaraf (Setiabudi, 2005).

## **Merkuri pada Ikan**

Konsentrasi merkuri dalam daging ikan didominasi oleh merkuri organik (metilmerkuri) hingga 80-90 %. Hanya sedikit konsentrasi merkuri anorganik dalam tubuh ikan baik di air tawar maupun air laut, meskipun pada perairan dengan konsentrasi merkuri anorganik terlarut yang tinggi. Bioakumulasi metilmerkuri terjadi akibat laju eliminasi sangat lambat dibandingkan laju penyerapan (Wiener, 2003). Pengamatan terhadap beberapa jenis spesies air laut dan air tawar mengindikasikan konsentrasi total merkuri dalam jaringan tubuh ikan meningkat seiring dengan peningkatan umur, berat, dan panjang tubuh ikan (Torowati *et al.*, 2008). Ikan jantan umumnya memiliki konsentrasi merkuri yang lebih tinggi dibandingkan ikan betina (Boening, 2000). Namun pada ikan betina yang sedang dalam fase reproduksi, konsentrasi merkuri lebih tinggi dibandingkan pada jantan, karena ikan betina akan lebih banyak mengonsumsi pakan untuk menunjang produksi telur (Eisler, 2005). Di alam, penyerapan melalui makanan berperan sebesar 90 % total penyerapan metilmerkuri pada ikan. Sebagian besar peneliti menyatakan konsentrasi merkuri dalam organ hati lebih tinggi dibandingkan pada otot ikan (Wiener, 2003).

Konsentrasi pencemaran merkuri pada ikan akan lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi pencemaran dalam air yang terkontaminasi. Konsentrasi merkuri yang terakumulasi dalam tubuh ikan diperkirakan 40-50 ribu kali lipat dibandingkan konsentrasi merkuri dalam

air yang terkontaminasi (Sunarto, 2006). Hal ini terjadi karena adanya proses biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi pada tubuh ikan. Biokonsentrasi sendiri adalah masuknya kontaminan secara langsung dari air oleh makhluk hidup melalui jaringan seperti insang atau kulit. Biokonsentrasi faktor merupakan kecenderungan suatu bahan kimia yang diserap oleh organisme akuatik. BCF merupakan rasio antara konsentrasi bahan kimia dalam organisme akuatik dengan konsentrasi bahan kimia di dalam air (La Grega, 2001).

$$\mathbf{BCF = C_{org} / C}$$

dimana :

$C_{org}$  = Konsentrasi logam berat dalam organisme (mg/kg atau ppm)

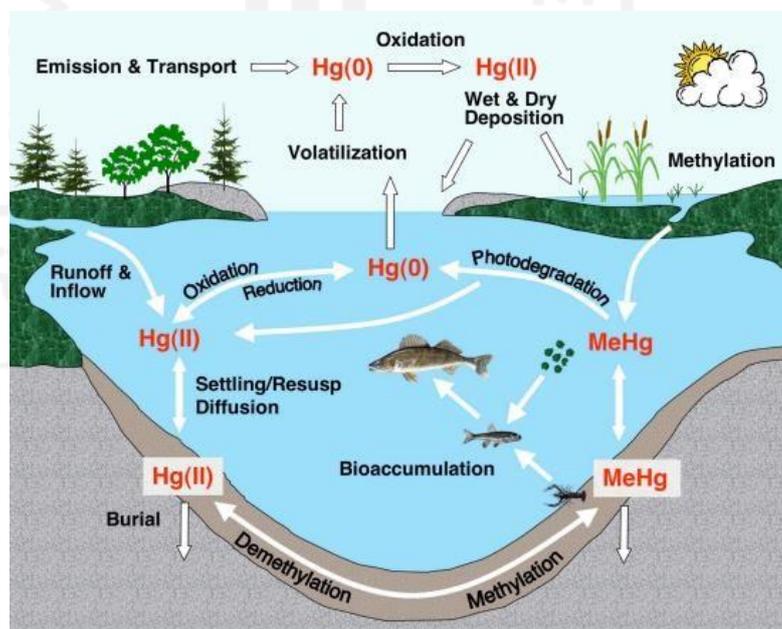
$C$  = Konsentrasi logam berat dalam air (ppm)

Sedangkan bioakumulasi adalah masuknya bahan pencemar oleh makhluk hidup dari suatu lingkungan melalui suatu mekanisme atau lintasan. Sementara biomagnifikasi merupakan proses dimana bahan pencemar konsentrasinya semakin meningkat dengan meningkatnya posisi makhluk hidup pada suatu rantai makanan (Connel, 2006).

Akumulasi logam berat dalam tubuh ikan tergantung pada konsentrasi logam berat dalam air atau lingkungan, suhu, pH, oksigen terlarut. Akumulasi logam berat pada ikan biasanya berasal dari air maupun makanan ikan yang telah terkontaminasi (Zainuri, 2011). Nilai konsentrasi merkuri tertinggi yang terkandung dalam organ tubuh ikan adalah pada insang karena akumulasi merkuri paling aktif melalui insang. Selain itu, hati

merupakan organ yang mampu menetralkan racun yang masuk ke dalam tubuh ikan atau memiliki kemampuan untuk detoksikasi, yaitu proses hilangnya sifat beracun suatu zat beracun sehingga merkuri yang terakumulasi di hati berkadar relatif rendah (Riani, 2010).

Tanda-tanda toksisitas akut merkuri pada ikan antara lain; *inflamasi* (peradangan) pada insang, peningkatan frekuensi pernafasan, hilangnya keseimbangan, sekresi mukosa berlebih, warna tubuh berubah gelap, dan pergerakan yang lamban. Sementara itu, tanda-tanda toksisitas kronik meliputi: hilangnya nafsu makan, luka pada otak, respon yang berkurang pada perubahan intensitas cahaya, timbulnya katarak, ketidak mampuan menangkap makanan, koordinasi motorik abnormal, dan perilaku yang tidak menentu (Eisler, 2005)



Gambar 2.4 Siklus biogeokimia merkuri di lingkungan perairan (Selin *et al.*, 2018)

## Hasil Penelitian Sebelumnya

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Sebelumnya

No	Nama Penulis	Judul	Metode	Hasil
1	Setiabudi B.T (2005)	Penyebaran merkuri akibat usaha pertambangan emas di daerah sangon, kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta.	CV-AAS	Tidak terdeteksi adanya pencemaran merkuri dalam air sungai,
2	Simbolon D. (2010)	Kandungan Merkuri dan Sianida pada Ikan yang Tertangkap dari Teluk Kao, Halmahera Utara	AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer)	Kontaminasi merkuri terakumulasi lebih tinggi pada organ hati dibandingkan bagian daging. Kandungan merkuri pada bagian daging berkisar

				0,03-0,25 ppm, sedangkan pada organ hati 0,13- 0,51 ppm.
3	Marsyalita F. (2012)	Analisis Kandungan Merkuri (Hg) Pada Air, Sedimen, Ikan Kepiting ( <i>Arius caelatus</i> ), dan Ikan Mujair ( <i>Oreochromis mossambicus</i> ) di Kali Jagir Surabaya	Metode penelitian deskriptif, penelitian yang menghubungkan penelitian dengan menggunakan keberadaan data atau bukan penelitian eksperimen dengan suatu hipotesis pendahuluan.	Berdasarkan hasil penelitian tentang analisis kandungan merkuri (Hg) pada ikan keting dan ikan mujair di kali jagir Rata-rata kandungan merkuri (Hg) pada ikan keting ( <i>Arius caelatus</i> ) di Kali Jagir Surabaya

				<p>adalah sebesar 0.0096 ppm dan berada di bawah ambang batas. Rata-rata kandungan merkuri (Hg) pada ikan mujair (<i>Oreochromis mossambicus</i>) di Kali Jagir Surabaya adalah sebesar 0.0112 ppm dan berada di bawah ambang batas.</p>
4.	Erdward.E. (2017)	Kajian awal kadar merkuri (Hg) dalam ikan dan kerang di Teluk	Analisis merkuri dalam daging ikan dan kerang dilakukan	Kadar merkuri dalam daging ikan dan kerang di

		Kao, Pulau Halmahera	berdasarkan metode yang ditetapkan oleh <i>The Association of Analytical Communities</i> (AOAC)	Teluk Kao ini relatif lebih tinggi dibandingkan dengan Teluk Jakarta, Teluk Lada Banten dan perairan Tanjung Balai, namun masih di bawah nilai ambang batas yang aman untuk dikonsumsi.
5.	Riani. E. (2010)	Kontaminasi Merkuri (Hg) Dalam Organ Tubuh Ikan Petek ( <i>Leiognathus equulus</i> ) Di Perairan Ancol,	Merkuri yang diamati adalah kadar merkuri pada insang, hati, ginjal dan daging, dengan <i>atomic absorption</i>	Kandungan merkuri (Hg) pada organ ikan petek ( <i>Leiognathus equulus</i> ), hanya terdeteksi

		Teluk Jakarta	<i>spectrophotometer</i> (AAS) pada panjang gelombang 253.7 nm dan batas deteksi 0,00001 ppm.	pada insang dan hati ikan yang diambil di stasiun 1, yang merupakan indikasi bahwa stasiun 1 terkontaminasi merkuri. Hati ikan petek mengalami nekrosis, sebagai akibat pencemaran air oleh merkuri.
6	Martinez. G. (2018)	<i>Mercury Contamination in Riverine Sediments</i>	Metode US EPA	<i>Hgfish</i> tidak ditemukan meningkat di

		<p><i>and</i></p> <p><i>Fish Associated</i></p> <p><i>with Artisanal and</i></p> <p><i>Small-Scale Gold</i></p> <p><i>Mining in Madre de</i></p> <p><i>Dios, Peru</i></p>		<p>Sungai</p> <p>Malinowski .</p> <p>Konsentrasi</p> <p>hgfish</p> <p>adalah indikator</p> <p>yang baik dari</p> <p>paparan Hg ke</p> <p>komunitas</p> <p>sungai yang</p> <p>sangat</p> <p>bergantung</p> <p>pada ikan</p> <p>sebagai</p> <p>sumbernya</p> <p>makanan dan</p> <p>protein; namun,</p> <p>nilai-nilai ini</p> <p>saja bukanlah</p> <p>representasi</p> <p>penuh dari</p> <p>kesehatan</p> <p>ekosistem.</p>
7	Xiaoqi. L. (2017)	<p><i>Response of soil</i></p> <p><i>microbial</i></p> <p><i>communities and</i></p>	<p><i>Atomic Absorption</i></p> <p><i>Spectrophotometer</i></p> <p>(AAS)</p>	<p>Hasilnya</p> <p>menunjukkan</p> <p>bahwa, secara</p>

		<p><i>microbial interactions to long-term heavy metal contamination</i></p>		<p>umum, archaea toleran terhadap logam berat, archaea mungkin memainkan peran penting dalam membantu mikroba lain beradaptasi dengan kontaminasi logam berat dengan membuat kerabat Lingkungan yang nyaman bagi mereka.</p>
8	Budnik L.T. (2019)	<p><i>Mercury pollution in modern times and its socio-medical consequences</i></p>	<p>Metode penelitian deskriptif, penelitian yang menghubungkan</p>	<p>Polusi merkuri menyebabkan kesehatan manusia dan</p>

			<p>penelitian dengan menggunakan keberadaan data atau bukan penelitian eksperimen dengan suatu hipotesis pendahuluan.</p>	<p>lingkungan global resiko. Masih ada kesenjangan pengetahuan pada eksposur dan efek kesehatan dan penerjemahan menjadi tindakan pencegahan tertunda.</p>
9	Selin H. (2018)	<p><i>Linking science and policy to support the implementation of the Minamata Convention on Mercury</i></p>	<p>Penulis menggunakan data kualitatif, data yang diperoleh dianalisis dengan deskriptif analisis</p>	<p>Pengelolaan Hg dilakukan di konteks yang lebih luas dari pembangunan berkelanjutan global agenda, terkait dengan Tujuan Pembangunan</p>

				<p>Berkelanjutan PBB untuk kesehatan dan kesejahteraan yang baik, air bersih dan sanitasi, energi yang terjangkau dan bersih, konsumsi yang bertanggung jawab dan produksi, dan keberlanjutan kehidupan di bawah air.</p>
10	Djumanto (2009)	<p><i>Food Habits of The Yellow Rasbora, Rasbora lateristriata, (Family Cyprinidae) Broodfishh During</i></p>	<p>Metode numerik dan kemunculan untuk menghitung numerik (NF%) dan kemunculan (OF%) fr persamaan setiap item makanan</p>	<p>Rasbora kuning adalah omnivora, makanan tersusun fitoplankton dan</p>

		<p><i>Moving To</i></p> <p><i>Spawning Groud</i></p>	<p>dengan kelas</p> <p>panjang total. Kami menganalisis kesamaan dalam diet melalui spesies</p>	<p>zooplankton, proporsi usus panjang total panjang adalah kesatuan. Peningkatan panjang total akan mengikuti mulut menganga dan ukuran makanan, berapapun besar ikan cenderung untuk selektif terhadap jenis makanannya.</p>
--	--	--	---	---

### **Ikan Wader (*Rasbora argyrotaenia*)**

Ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) merupakan ikan air tawar yang hidup berkelompok di dasar sungai-sungai kecil berbatu yang berarus sedang dengan kisaran suhu antara 22° - 24°C dan pH perairan antara 6,0 – 6,5 (Hartoto, 1996). Ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) ini termasuk ke

dalam subfamili *Rasborinae*, Famili *Cyprinidae* yang merupakan famili ikan terbesar di perairan tawar. Subfamili *Rasborinae* tersebar di daerah Afrika dan bagian tenggara Eurasia, termasuk Indonesia (Nelson, 2015). Ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) merupakan salah satu jenis ikan yang kerap ditemukan di sungai Cedom, Dusun Sangon, Kokap, Kulon Progo. Ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) merupakan ikan konsumsi dengan cita rasa daging yang lezat sekaligus alternatif sumber protein yang penting bagi masyarakat sekitar (Djumanto, 2018)

#### **Atomic Absorption Spektrofotometri (AAS )**

Spektrofotometri serapan atom (AAS) merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan unsur-unsur dalam suatu sampel yang berbentuk larutan. Prinsip dari analisis dengan AAS ini berdasarkan proses penyerapan energi oleh atom yang berada pada tingkat tenaga dasar (*ground state*). Penyerapan energi akan menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat tenaga yang lebih tinggi (*excited state*). Jadi dari proses penyerapan radiasi tersebut elektron dari atom bebas tereksitasi tidak stabil dan kembali ke kondisi semula dengan memancarkan energi radiasi dengan panjang gelombang tertentu dan karakteristik untuk setiap unsur (Torowati *et al.*, 2008).

## **Sistem Informasi Geografi dan *ArcGIS***

Sistem Informasi Geografis merupakan suatu sistem komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, memeriksa, mengintegrasikan, dan menganalisa informasi-informasi yang berhubungan dengan permukaan bumi (Prahasta, 2002). Istilah sistem informasi geografi merupakan gabungan dari tiga unsur pokok yaitu sistem, informasi, dan geografi. SIG merupakan suatu sistem yang menekankan pada unsur informasi geografi. Kata “geografis” mempunyai makna suatu persoalan mengenai bumi: permukaan dua atau tiga dimensi. Istilah “informasi geografis” mengandung pengertian informasi mengenai tempat-tempat yang terletak di permukaan bumi, pengetahuan mengenai posisi dimana suatu objek terletak di permukaan bumi, serta informasi mengenai keterangan-keterangan atau atribut yang terdapat di permukaan bumi.

SIG dapat merepresentasikan dunia nyata di atas monitor komputer sebagaimana lembaran peta dapat merepresentasikan dunia nyata di atas kertas. Namun SIG memiliki kekuatan lebih dan fleksibilitas dari pada lembaran peta kertas. Peta merupakan representasi grafis dari dunia nyata, objek yang direpresentasikan di atas peta disebut unsur peta. Karena peta mengorganisasikan unsur-unsur berdasarkan lokasi-lokasinya, peta sangat baik dalam memperlihatkan hubungan atau relasi yang dimiliki oleh unsur-unsurnya (Harseno, 2007)

*ArcGIS* adalah perangkat yang sangat populer dalam melakukan tugas-tugas Sistem Informasi Geografis (GIS). Meskipun cukup banyak

perangkat lunak alternatif yang lebih murah dan bahkan gratis, tetapi *ArcGIS* masih menjadi perangkat lunak GIS yang utama. Keandalan *ArcGIS* tidak saja dalam hal membuat peta, melainkan yang lebih utama adalah membantu praktisi SIG melakukan analisis, pemodelan, dan pengelolaan data spasial secara efektif dan efisien (Raharjo, 2015).

### **Metode Interpolasi Kriging**

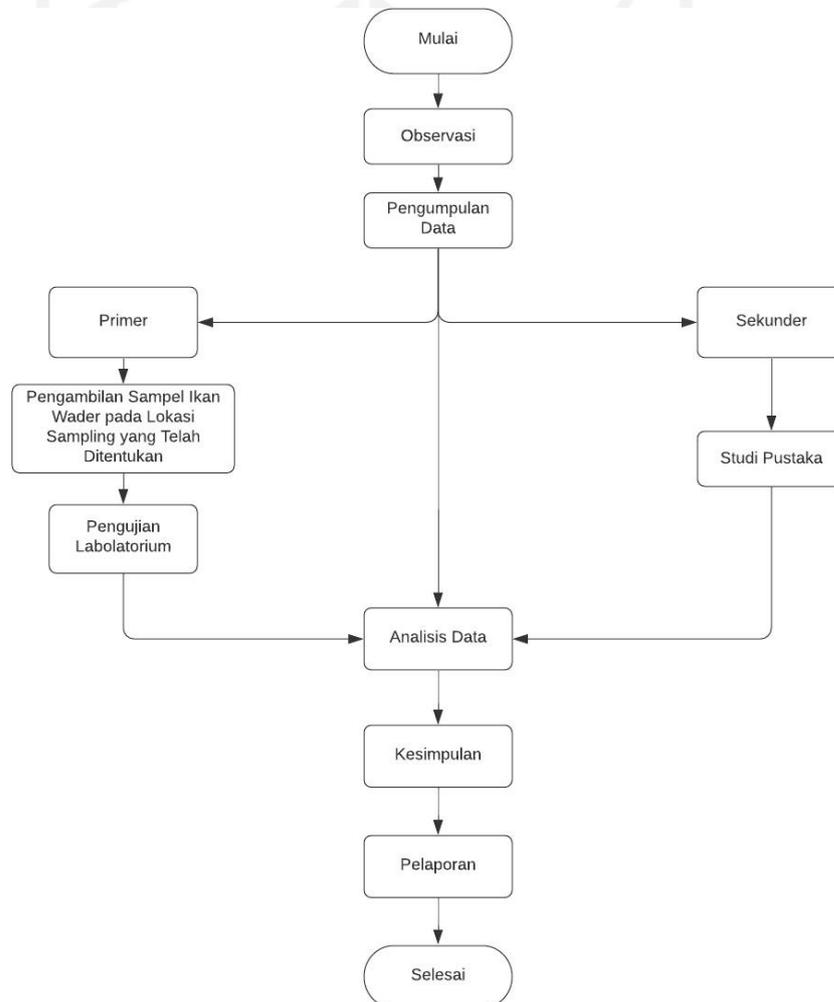
Interpolasi merupakan suatu metode yang digunakan untuk menduga suatu nilai pada lokasi-lokasi yang datanya tidak tersedia. Dalam pemetaan, interpolasi adalah proses estimasi nilai pada wilayah yang tidak disampel atau diukur, sehingga muncul sebaran atau peta nilai pada seluruh wilayah. Setiap metode interpolasi akan memberikan hasil yang berbeda (Wiener, 2003). Metode interpolasi kriging tergolong dalam interpolasi stochastic. Interpolasi stochastic menawarkan penilaian kesalahan dengan nilai prediksi dengan mengasumsikan kesalahan acak. Metode ini merupakan metode yang memberikan suatu penaksir linear tak bias terbaik (*best linear unbiased estimator (BLUE)*) (Purnama *et al.*, 2015).

# BAB III

## METODE PENELITIAN

### Tahap Penelitian

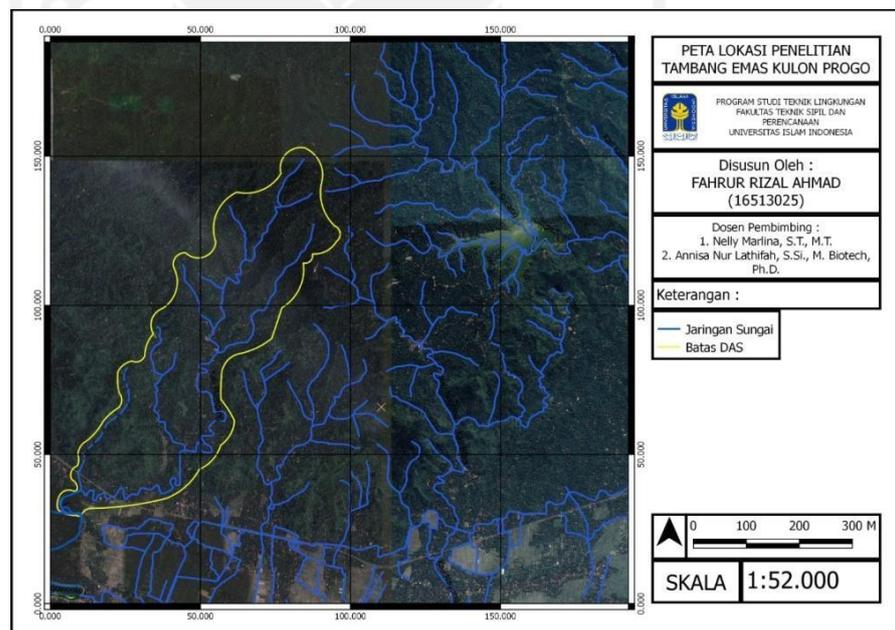
Penelitian dilakukan dengan berbagai tahapan, alur tahapan pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 3.1.** Diagram Alir Metode Penelitian

## Lokasi Penelitian

Pengambilan sampel penelitian dilaksanakan di Dusun Sangon, Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kulon Progo, Yogyakarta dan analisis sampel dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, dan analisis kandungan merkuri (Hg) dilakukan di Laboratorium Pengujian dan Penelitian Terpadu Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. Penelitian dimulai pada September 2020 sampai Februari 2021. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 3.2.** Peta Lokasi Penelitian

## **Alat dan Bahan**

Dalam penelitian ini dibutuhkan alat serta bahan. Alat yang digunakan antara lain: jaring ikan, *Coolbox*, alat tulis, timbangan analitik ketelitian 0,0001g, pipet ukur 1mL, 5mL, 10mL, 20mL, 50mL, mikropipet, pipet tetes, wadah *polystyrene*, botol *polypropylene*, sendok plastik, cawan petri 15mm x 100mm, pisau, aluminium foil, gelas piala 25mL, 100mL, 250mL, corong gelas, penyangga dan statif, desikator, pemanas listrik, blender, oven, *refrigerator*, labu alas bulat kapasitas 250mL, labu takar 50mL, 100mL, 1000mL, Spektrofotometer Serapan Atom (AAS), dan *microwave digester*. Bahan yang digunakan antara lain: akuades, asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ), asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), dan larutan standar merkuri (Hg). Adapun alat yang digunakan untuk analisis data dan pemetaan yaitu: laptop, QGIS, *Microsoft Word*, *Microsoft Excel*

## **Metode Pengumpulan Data**

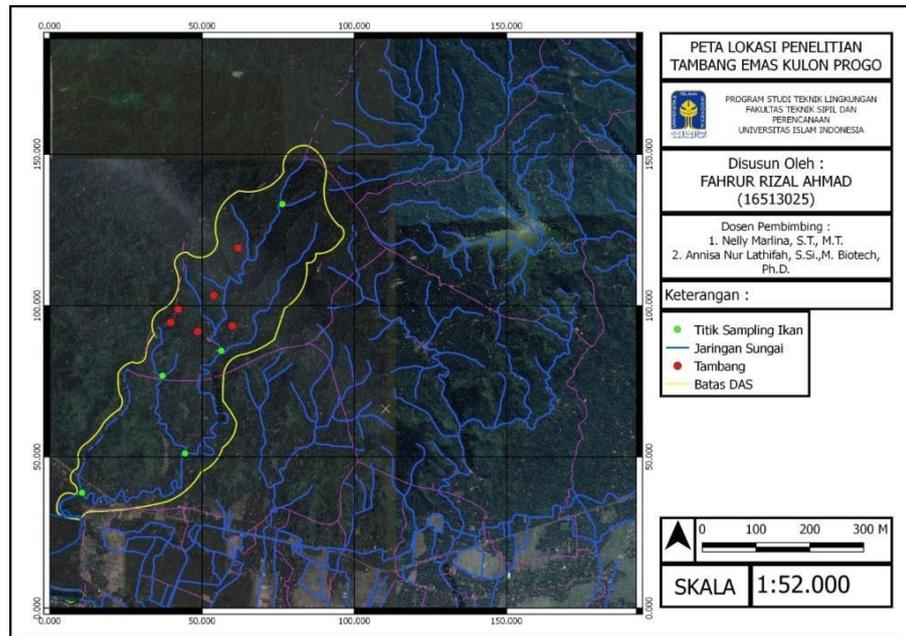
Pada penelitian ini pengumpulan data terbagi menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diambil dari pengamatan fisik secara langsung terhadap objek di lapangan dan wawancara dengan masyarakat sekitar lokasi penelitian. Adapun contoh dari data primer yang akan diambil dalam penelitian ini yaitu berupa sampel ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*), yang akan diambil hati dan dagingnya. Selanjutnya dilakukan pengujian sampel di laboratorium. Sedangkan data sekunder yang digunakan pada penelitian ini diambil dari SNI 2354.6 Tahun

2016 dan beberapa jurnal nasional maupun internasional. Data sekunder yang digunakan seperti metode pengambilan, pengujian sampel, dan pemetaan penyebaran kontaminan.

Pada penelitian ini lebih mengutamakan data primer karena meliputi sampel dan pengamatan langsung ke objek di lapangan. Untuk data sekunder sendiri sebagai sarana pendukung data primer yang meliputi data-data dari berbagai literasi seperti buku, jurnal, artikel dan wawancara masyarakat sekitar penelitian untuk mencari informasi eksisting maupun masalah di lingkungan penelitian.

### **Metode Sampling**

Metode sampling yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 2354.6 Tahun 2016 tentang Penentuan kadar logam berat merkuri (Hg) pada produk ikan. Sampel ikan yang diambil sebanyak 5 ekor per titik pengambilan sampel, 3 ekor untuk diuji dan 2 ekor sebagai *savety*, selanjutnya sampel dibawa ke laboratorium dengan menggunakan *coolbox*. Pada saat penelitian di laboratorium sampel ikan di ambil bagian daging dan hatinya saja untuk diamati. Lokasi titik pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 3.3.** Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Terdapat 5 titik pengambilan sampel, yaitu satu titik di bagian hulu, 3 titik di daerah dekat dengan pertambangan dan 1 titik di bagian hilir sungai. Koordinat lokasi titik pengambilan sampel dapat dilihat pada tabel 3.3.

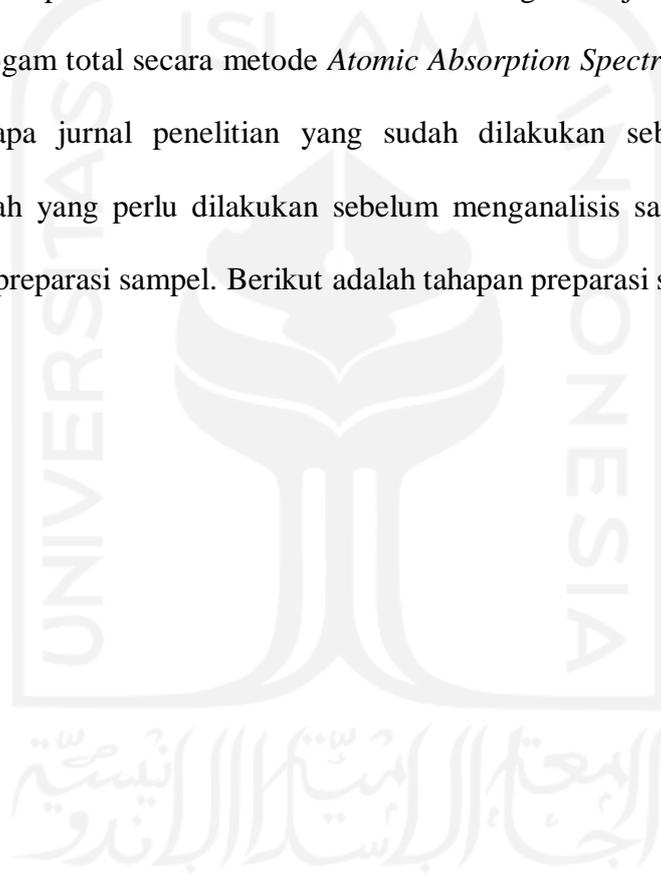
**Tabel 3.3** Lokasi dan Koordinat Pengambilan Sampel

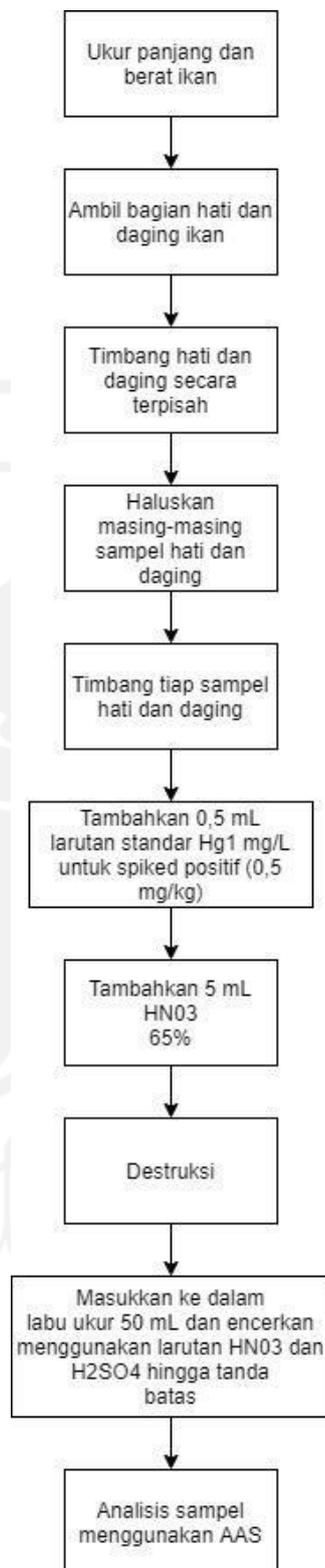
No	Titik Sampling	Lokasi	Radius(km)	Koordinat	
				x	y
1	IW1	Hilir	6	110.0425376	-78661158
2	IW2	Dekat pertambangan emas	1	110.0564865	-78463448
3	IW3	Dekat pertambangan emas	2	110.0601943	-78592688
4	IW4	Dekat pertambangan emas	1	110.06596	-78422908
5	IW5	Hulu	2	110.0768377	-78172386

## **Metode Analisis Data**

### **Analisis Kandungan Merkuri (Hg)**

Dalam menganalisis kandungan logam berat merkuri pada ikan ini menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) sistem nyala, mengacu pada SNI 6989-84 tahun 2019 tentang cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara metode *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS), dan beberapa jurnal penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Adapun langkah yang perlu dilakukan sebelum menganalisis sampel dengan AAS yaitu preparasi sampel. Berikut adalah tahapan preparasi sampel :





**Gambar 3.4.** Preparasi Sampel

## Pemetaan Persebaran Logam Berat

Setelah mengetahui konsentrasi merkuri (Hg) pada setiap ikan di titik sampling yang telah ditentukan dan telah dilakukan pengujian selanjutnya plotting dilakukan berdasarkan tingkat konsentrasi logam berat merkuri (Hg), agar mengetahui pola penyebaran merkuri (Hg) pada lokasi penelitian, dilakukan pemetaan dengan bantuan software Quantum Geographic Information System (QGIS). Selanjutnya hasil dari pemetaan persebaran logam berat ini digunakan untuk metode interpolasi krigging. Dengan metode ini untuk mengkuantifikasi variansi dari nilai yang diestimasi sehingga tingkat presisi dari hasil estimasi dapat diketahui. Metode Kriging tetap dapat digunakan meskipun tidak ditemukan korelasi spasial antar data (Largueche, 2006). Estimator kriging  $\hat{Z}(s)$  dari  $Z(s)$  dengan bobot  $\lambda_i$  adalah sebagai berikut:

$$\hat{Z}(s) - m(s) = \sum_{i=1}^n \lambda_i [Z(S_i) - m(S_i)]$$

Keterangan:

$S$  = lokasi untuk estimasi

$S_i$  = salah satu lokasi data yang berdekatan

$m(s)$  = nilai ekspektasi dari

$m(S_i)$  = nilai ekspektasi dari  $Z(S_i)$

$\lambda_i$  = pembobot yang menentukan ukuran jarak antar titik

$n$  = banyaknya data sampel yang digunakan untuk estimasi



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

#### Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Dusun Sangon, Desa Kalireja, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Di Dusun Sangon saat ini terdapat dua penambangan emas yang masih aktif, dengan cara teknik pengayakan pasir sungai secara langsung dan teknik menggali sebuah terowongan. Mayoritas masyarakat Dusun Sangon melakukan penambangan emas secara tradisonal, dengan menggunakan teknik ayakan untuk menangkap bijih emas yang ada pada pasir sungai. Kemudian bijih emas hasil pengayakan maupun hasil galian diolah dengan metode amalgamasi menggunakan cairan merkuri.

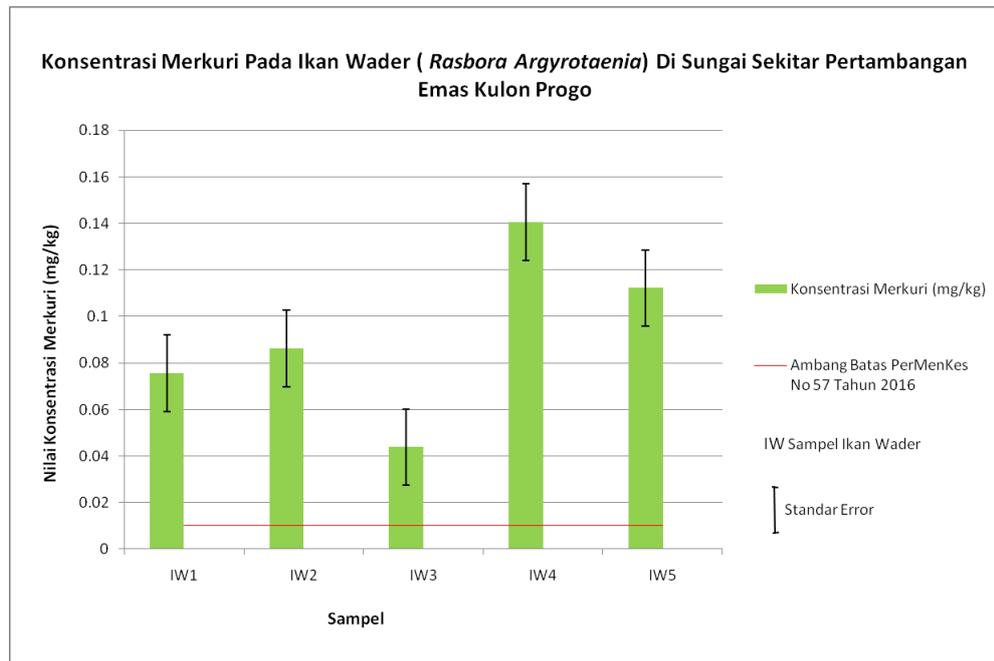


**Gambar 4.1** Pengolahan Bijih Emas dengan Metode Amalgamasi

Metode amalgamasi dapat menyebabkan terjadinya pencemaran merkuri di lingkungan karena limbahnya yang langsung dibuang ke sungai. Seperti yang terjadi di pertambangan emas Dusun Sangon ini, limbah dari proses amalgamasi dialirkan secara langsung ke sungai terdekat yaitu Sungai Cedom. Terdapat 2 desa yang dilewati oleh sungai Cedom ini, yaitu Desa Kalirejo dan Desa Hargomulyo. Pada Sungai Cedom terdapat beberapa spesies ikan yang hidup, seperti ikan wader, gabus, dan udang. Namun spesies ikan yang paling sering ditangkap dan dikonsumsi oleh masyarakat sekitar Dusun Sangon sendiri yaitu ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*). Sepanjang tahun Sungai Cedom tidak pernah mengalami kekeringan, walaupun air hanya mengalir kecil pada musim kemarau. Penelitian ini dilakukan pada pergantian musim dari kemarau ke musim penghujan, sehingga saat pengambilan sampel ikan wader cukup mudah dikarenakan air yang mengalir tidak terlalu deras.

#### **Kandungan Merkuri (Hg) pada Ikan Wader (*Rasbora argyrotaenia*)**

Pengujian sampel ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gadjah Mada sesuai dengan SNI. Berikut merupakan hasil rerata tiap titik dari pengujian sampel terdapat pada gambar 4.2



**Gambar 4.2** Hasil Uji Laboratorium Kandungan Merkuri pada Ikan Wader (*Rasbora argyrotaenia*) di sungai sekitar pertambangan emas desa Sangon Kulon Progo. IW1: sampel Ikan Wader pada titik sampling 1 (n=3); IW2: sampel Ikan Wader pada titik sampling 2 (n=3); IW3: sampel Ikan Wader pada titik sampling 3 (n=3); IW4: sampel Ikan Wader pada titik sampling 4; IW5 sampel Ikan Wader pada titik sampling 5 (n=3).

Hasil dari pengujian laboratorium menunjukkan nilai rata-rata konsentrasi kandungan merkuri pada sampel ikan (*Rasbora argyrotaenia*) berkisar antara 0.04– 0.14 mg/kg. Konsentrasi kandungan merkuri terbesar ditunjukkan pada area dengan kode titik sampling IW4 dengan nilai konsentrasi 0.14 mg/kg, dimana lokasi titik sampling ini tepat berada di sekitar wilayah pertambangan aktif. Sedangkan konsentrasi kandungan merkuri terendah terdapat pada titik sampling dengan kode IW3 dengan nilai konsentrasi 0.04mg/kg.

Data pada gambar 4.2 dapat menggambarkan persebaran pencemaran merkuri pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) yang ada di Sungai Cedom. Menurut data tersebut kandungan konsentrasi pencemaran tertinggi terdapat pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) yang hidup di area tedekat dengan pertambangan aktif. Kemudian pada radius semakin jauh dari area pertambangan aktif maka konsentrasi pencemaran juga semakin rendah. Namun sebenarnya pada keseluruhan sampel ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) sudah terdapat kandungan merkuri yang berbahaya.

Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA), logam berat dengan kandungan yang cukup tinggi pada tubuh ikan dapat menyebabkan keracunan, dan kerusakan metabolisme dalam organ ikan itu sendiri, bahkan dapat menyebabkan kematian (EPA, 1987). Logam berat juga mengalami biokonsentrasi kompleks pada dalam tubuh ikan yang juga dapat meracuni manusia yang memakannya. Merkuri di dalam Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 74 Tahun 2001 tentang Bahan Berbahaya dan Beracun termasuk kategori Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dengan karakteristik beracun, karsinogenik dan berbahaya bagi lingkungan.

Apabila masuk ke dalam perairan, merkuri mudah berikatan dengan klor yang ada dalam air dan membentuk ikatan HgCl. Kemudian Hg mudah masuk ke dalam plankton dan dapat berpindah ke biota air lain. Merkuri anorganik (HgCl) akan berubah menjadi merkuri organik (Metil merkuri) oleh peran mikroorganisme yang terjadi pada sedimen dasar perairan. Mikroorganisme kemudian dimakan oleh ikan sehingga konsentrasi merkuri

dalam ikan meningkat. Metil merkuri memiliki kelarutan tinggi dalam tubuh hewan air sehingga terakumulasi melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi dalam jaringan tubuh hewan air, dikarenakan pengambilan Hg oleh organisme air yang lebih cepat dibandingkan proses ekskresi (Rosliana, 2015).

Merkuri dalam tubuh ikan yang masuk melalui mulut atau membran insang akan merusak enzim seperti *cytokrom oksidase* pembawa oksigen ke sel-sel tubuh ikan. Akibatnya ikan akan mengalami keracunan dalam sel dan dapat menyebabkan kematian. Toksisitas akut merkuri pada ikan ditandai antara lain dengan; *inflamasi* (peradangan) pada insang, peningkatan frekuensi pernafasan, hilangnya keseimbangan, sekresi mukosa berlebih, warna tubuh berubah gelap, dan pergerakan yang lamban. Sedangkan tanda toksisitas kronik antara lain; hilangnya nafsu makan, luka pada otak, respon yang berkurang pada perubahan intensitas cahaya, timbulnya katarak, ketidak mampuan menangkap makanan, koordinasi motorik abnormal, dan perilaku yang tidak menentu (Eisler, 2005)

Pada manusia dalam jangka waktu lama merkuri dalam tubuh akan menimbulkan bahaya karena racun bersifat kumulatif. Logam berat merkuri (Hg) menempati urutan ketiga dari unsur paling beracun bagi manusia (Budnik & Casteleyn, 2019). Beberapa penyakit yang ditimbulkan oleh senyawa merkuri antara lain adalah kerusakan rambut dan gigi, hilang daya ingat dan terganggunya sistem syaraf (Setiabudi, 2005).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 57 Tahun 2016 Tentang Rencana Aksi Nasional Pengendalian Dampak Kesehatan Akibat Paparan Merkuri, telah menetapkan ambang batas kandungan merkuri pada makanan jenis ikan yaitu 0.01mg/kg. Setelah dibandingkan dengan baku mutu yang sudah ditetapkan, hasil uji kandungan merkuri pada sampel seperti pada gambar diagram batang tabel 4.2 telah melewati ambang batas.

Apabila dibandingkan dengan baku mutu menurut EPA (*Environmental Protection Agency*) yang telah menentukan ambang batas konsentrasi merkuri rata-rata tertinggi yang diijinkan pada ikan dengan 3 kali makan per minggunya yaitu 0,15  $\mu\text{g} / \text{g}$  atau 0,15 mg/kg. Sampel ikan masih dikatakan belum melewati atau masih dibawah ambang batas konsentrasi yang telah ditentukan, dengan catatan maksimal dikonsumsi sebanyak tiga porsi sekali.

Hasil uji kandungan merkuri pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) ini memiliki konsentrasi pencemaran yang cukup tinggi, jika dibandingkan penelitian uji kandungan pencemaran merkuri pada air sungai yang telah dilakukan sebelum-sebelumnya. Penelitian uji konsentrasi kandungan merkuri yang dilakukan dengan contoh sampel air di Sungai Cedam sekitar pertambangan emas ini cenderung rendah, atau masih dibawah baku mutu yang telah ditentukan. Seperti contohnya penelitian yang telah dilakukan oleh Bambang Tjahjono Setiabudi yang memiliki kesimpulan; hasil analisis kimia dengan sampel air menunjukkan tidak

terdeteksi adanya kontaminasi merkuri dan logam berat lainnya dalam air permukaan (Setiabudi, 2005).

Hal ini terjadi dikarenakan berat jenis dari merkuri ini lebih besar daripada berat jenis air. Sehingga merkuri akan lebih mudah untuk mengendap bersama sedimen di dasar sungai. Oleh karena itu wajar jika hasil pengujian kadar merkuri pada sedimen sungai lebih tinggi dibanding dengan pengujian pada air sungainya. Selain sedimen, ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) yang ada di air sungai memiliki kadar merkuri yang lebih tinggi, karena ikan telah memakan mikroorganisme yang berasal dari sedimen tersebut dan mengalami proses bioakumulasi dan biomagnifikasi. Merkuri anorganik (HgCl) akan berubah menjadi merkuri organik (Metil merkuri) oleh peran mikroorganisme yang terjadi pada sedimen dasar perairan. Mikroorganisme kemudian dimakan oleh ikan sehingga konsentrasi merkuri dalam ikan meningkat (Rosliana, 2015)

Biokonsentrasi faktor adalah kecenderungan organisme akuatik menyerap suatu bahan kimia. BCF merupakan rasio antara konsentrasi bahan kimia dalam organisme akuatik dengan konsentrasi bahan kimia di dalam air (La Grega, 2011). Faktor biokonsentrasi atau *Bioconcentration Factor* (BCF) dianalisis berdasarkan konsentrasi logam yang terkandung di dalam air dan biota yang ada pada sungai. BCF diukur untuk mengetahui kemampuan bioakumulasi logam dari kerang dalam air dan sedimen (Potipat, 2015).

Perhitungan faktor biokonsentrasi menggunakan rumus:

$$BCF = \frac{C \text{ Biota}}{C}$$

Ket: C Biota adalah konsentrasi logam berat merkuri pada biota ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) dan C adalah konsentrasi logam berat merkuri pada air sungai (Amelia, 2019).

Pada penelitian di sekitar pertambangan emas di Desa Sangon Kulon Progo didapatkan nilai BCF sebagai berikut;

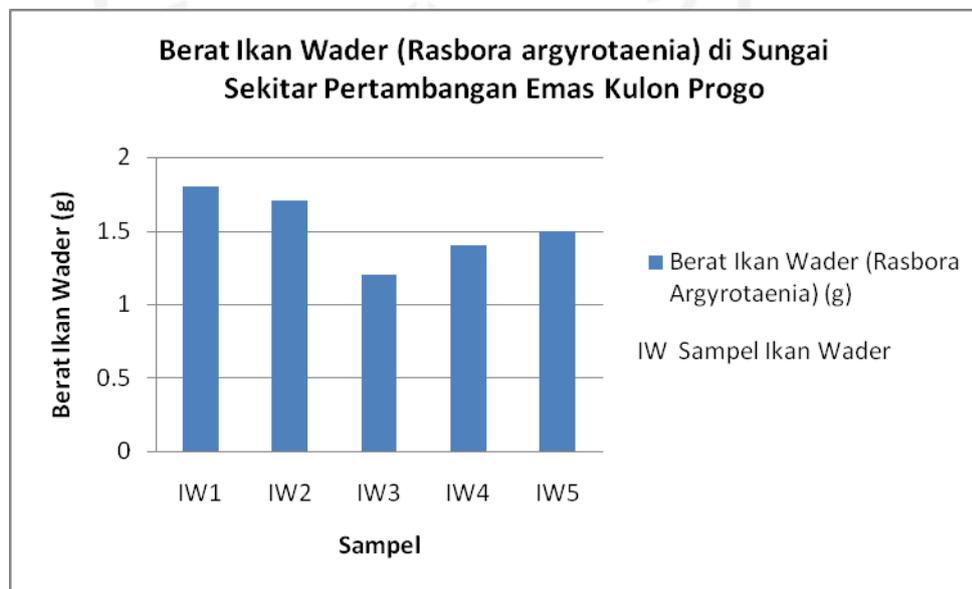
**Tabel 4.2** Nilai BCF pada penelitian di sekitar pertambangan emas di Desa Sangon Kulon Progo

No	Titik Sampling	Konsentrasi Merkuri Pada Ikan (mg/kg atau ppm)	Konsentrasi Merkuri Pada Air (mg/kg atau ppm)	BCF
1	IW1	0.075547	0.00007	1079.242857
2	IW2	0.086353	0.00007	1233.614286
3	IW3	0.04382	0.00016	273.875
4	IW4	0.140563	0.00007	2008.042857
5	IW5	0.11226	0.00007	1603.714286

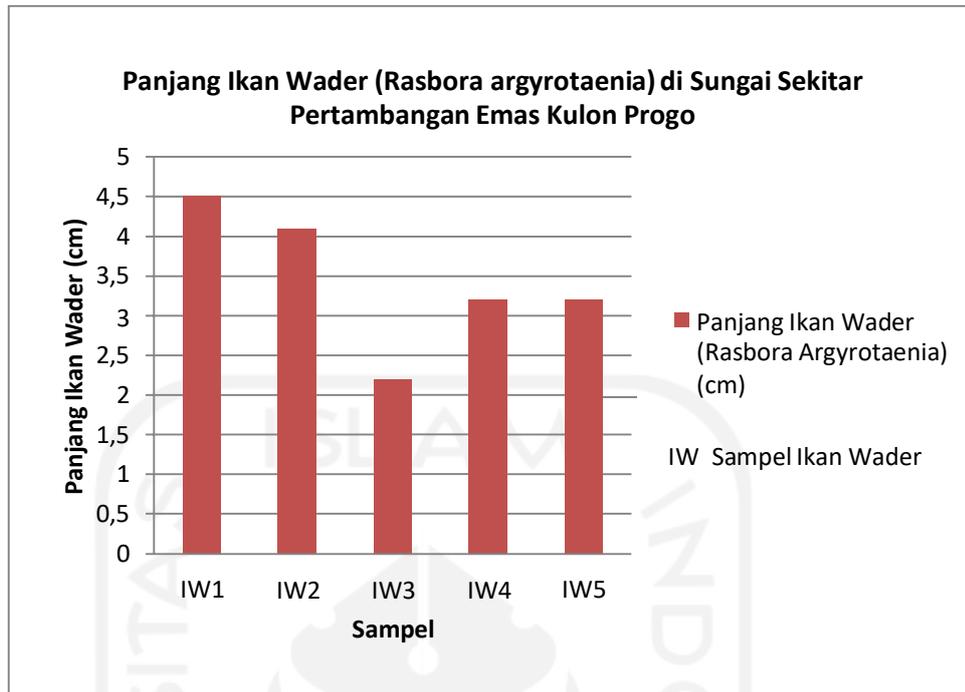
Nilai BCF tertinggi terdapat pada titik sampling IW4 yaitu titik sampling terdekat dengan lokasi pertambangan emas aktif. Dan nilai BCF terendah terdapat pada titik sampling IW 3 yaitu titik sampling yang terdapat pada bagian hilir. Kemampuan suatu organisme dalam mengakumulasi logam berbeda-beda. Akumulasi logam berat dalam tubuh organisme tergantung pada konsentrasi logam berat dalam air/lingkungan, suhu, pH dan oksigen terlarut (Zainuri, 2011).

## Parameter Fisik

Parameter fisik adalah parameter yang diukur langsung setelah sampel diambil sebelum dilakukan uji lab. Parameter yang diambil yaitu panjang dan berat dari masing-masing sampel ikan perekor. Pengukuran parameter fisik ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari sampel ikan itu sendiri. Hasil dari pengukuran parameter fisik sampel ditunjukkan pada gambar 4.3 dan gambar 4.4.



**Gambar 4.3** Hasil Pengukuran Parameter Fisik Berat Ikan Wader (*Rasbora argyrotaenia*) di Sungai sekitar pertambangan emas Desa Sangon Kulon Progo. IW1: sampel Ikan Wader pada titik sampling 1 (n=3); IW2: sampel Ikan Wader pada titik sampling 2 (n=3); IW3: sampel Ikan Wader pada titik sampling 3 (n=3); IW4: sampel Ikan Wader pada titik sampling 4; IW5 sampel Ikan Wader pada titik sampling 5 (n=3).



**Gambar 4.4** Hasil Pengukuran Parameter Fisik Panjang Ikan Wader (*Rasbora argyrotaenia*) di Sungai sekitar pertambangan emas Desa Sangon Kulon Progo. IW1: sampel Ikan Wader pada titik sampling 1 (n=3); IW2: sampel Ikan Wader pada titik sampling 2 (n=3); IW3: sampel Ikan Wader pada titik sampling 3 (n=3); IW4: sampel Ikan Wader pada titik sampling 4; IW5 sampel Ikan Wader pada titik sampling 5 (n=3).

Hasil pengukuran parameter fisik yang pertama yaitu berupa berat dari sampel ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) rata-rata berkisar antara 1,2-1,8 gr. Berat terendah terdapat pada sampel ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) yang berada pada titik sampling IW3, dan berat tertinggi terdapat pada sampel ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) yang diambil dari titik sampling dengan kode IW1. Selain itu parameter fisik yang lain yaitu panjang dari sampel ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*), pada titik sampling dengan

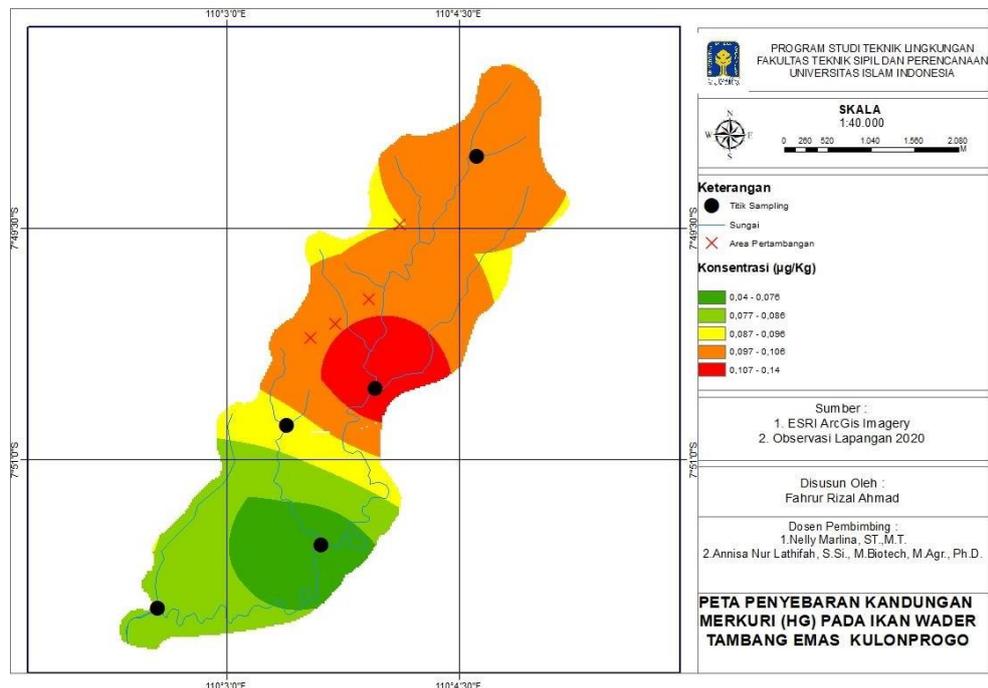
kode IW1 merupakan titik sampling dimana ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) yang diambil memiliki panjang yang lebih, jika dibandingkan dengan ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) yang ada pada titik sampling yang lain dengan panjang rata-rata 4,5 cm. Dan titik sampling dengan kode IW3 menjadi area titik sampling dengan rata - rata panjang terendah dengan rata-rata panjang 2,2 cm.

Menurut data gambar 4.3 dan 4.4 dapat menggambarkan kemungkinan efek pencemaran merkuri juga mempengaruhi terhadap fisik dari ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) itu sendiri. Secara morfologi, ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) mudah dikenal dari bentuk badan yang panjang dan agak pipih pada bagian perutnya, sedangkan bagian punggungnya mengembung. Ukuran ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) rata-rata berkisar dari 7 sampai dengan 20 cm (Pratiwi, 2014). Sedangkan ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) yang ada di Sungai Cedom rata-rata hanya memiliki panjang dibawah 5 cm. Kemungkinan dengan adanya pencemaran merkuri yang terjadi ini berpengaruh terhadap metabolisme dari ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*). Ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) jadi tidak dapat tumbuh dengan baik sehingga mengakibatkan ikan jadi kerdil atau lebih kecil daripada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) pada umumnya. Merkuri akan merusak sistem enzimatik pada biota air yang berakibat dapat menimbulkan penurunan kemampuan adaptasi, merkuri dapat menggumpalkan lendir pada permukaan insang dan merusak lensa mata sehingga tidak dapat hidup normal (Mason, 2005)

## **Persebaran Kandungan Merkuri Pada Lokasi Penelitian**

Pemetaan persebaran kandungan merkuri pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) di sekitar pertambangan emas ini menggunakan metode interpolasi kriging. Kriging merupakan salah satu metode prediksi dan interpolasi dalam geostatistika, interpolasi adalah metode untuk menghasilkan sebuah prediksi awal yang bersifat kontinu dari sekelompok sampel data. Interpolasi analisis diperlukan karena data tidak mungkin diambil dari semua lokasi yang ada. Teknik interpolasi dengan mengambil data di sebagian lokasi dan menghasilkan nilai prediksi untuk lokasi lainnya (Rokhana, 2012). Kemudian hasil dari interpolasi kriging ini dengan menggunakan *softwear Quantum Geographic Information System (QGIS)* dan *Arcgis* akan menghasilkan sebuah peta persebaran kandungan merkuri pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) di sekitar pertambangan emas.

Berikut adalah hasil dari pemetaan persebaran kandungan merkuri pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) di sekitar area pertambangan emas dusun Sangon, Kulonprogo.



Gambar 4.5 Peta Persebaran Kandungan Merkuri Pada Ikan Wader (*Rasbora argyrotaenia*)

Pemetaan dengan menggunakan metode kriging menggunakan *software Quantum Geographic Information System (QGIS)* dan *Arcgis* akan memunculkan perbedaan warna menurut konsentrasi merkuri tiap zona pada peta area sekitar pertambangan emas. Warna pada peta ini berfungsi untuk menunjukkan tingkat kandungan pencemaran merkuri yang terjadi pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) di area pertambangan emas dusun Sangon Kulonprogo. Sehingga pembaca lebih mudah untuk mengetahui persebaran pencemaran merkuri yang terjadi dengan melihat warna dan keterangan konsentrasi tiap warnanya.

Pada gambar 4.4 peta persebaran kandungan merkuri pada ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) terdapat lima warna klasifikasi menurut rentang konsentrasi merkuri. Warna yang digunakan adalah gradasi dari

warna hijau tua yang menunjukkan konsentrasi pencemaran merkuri yang rendah, hingga warna merah yang menunjukkan konsentrasi pencemaran merkuri yang tinggi. Menurut peta persebaran yang telah dibuat, area terdekat dengan pertambangan emas secara langsung berwarna merah dimana konsentrasi merkuri pada rentang 0,107 - 0,116 mg/kg. Kemudian keliling terdekat dari pertambangan menunjukkan warna oranye dengan konsentrasi merkuri pada rentang 0,097 - 0,106 mg/kg. Setelah itu terdapat warna kuning di sekitar pertambangan namun jaraknya cukup jauh, warna kuning memiliki rentang konsentrasi merkuri 0,087 – 0,096 mg/kg. Dan warna hijau muda hingga hijau tua berada di area hilir sungai yang lokasinya cukup jauh dari pertambangan emas, dengan rentang konsentrasi merkuri 0,077 – 0,086 mg/kg untuk warna hijau muda dan pada rentang 0,066 – 0,076 mg/kg untuk hijau tua.

Menurut hasil penelitian yang dilakukan, konsentrasi kandungan merkuri pada ikan wader tertinggi (*Rasbora argyrotaenia*) terdapat pada area terdekat dengan pertambangan emas. Hal ini terjadi karena memang limbah dari proses pertambangan emas dibuang langsung ke sungai dimana ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) ini hidup. Namun sebenarnya tidak menutup kemungkinan jika ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) ini berenang atau berpindah-pindah tempat, sehingga wajar jika hasil penelitian sampel berbeda-beda tiap titik samplingnya.

## **Alternatif Pengolahan**

Pertambangan emas dengan metode amalgamasi berdampak buruk terhadap lingkungan, karena pada proses pengolahannya menggunakan air raksa atau merkuri. Limbah dari proses pengolahan emas yang mengandung merkuri ini dialirkan secara langsung ke sungai tanpa ada pengolahan limbah terlebih dahulu. Padahal jika merkuri sudah larut dengan air sungai maka usaha untuk memisahkan cukup sulit, memerlukan metode-metode khusus. Logam berat merkuri mudah larut dan mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan partikel pada perairan, kemudian mengendap membentuk lumpur (Harahap, 1991).

Melihat hasil dari penelitian, semua sampel ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) memiliki kandungan merkuri melebihi ambang batas yang telah ditetapkan. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 57 Tahun 2016 Tentang Rencana Aksi Nasional Pengendalian Dampak Kesehatan Akibat Paparan Merkuri, ambang batas kandungan merkuri pada makanan jenis ikan yaitu 0.01mg/kg. Sedangkan hasil dari penelitian sampel ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) sekitar 0.02134 – 0,20197 mg/kg.

Maka untuk menanggulangi pencemaran merkuri oleh pertambangan emas ini perlu adanya peraturan khusus bagi kegiatan penambangan emas tanpa izin mengingat tingginya kandungan logam merkuri yang sangat berbahaya ini. Kemudian penyuluhan kepada masyarakat terkait dampak

terhadap lingkungan khususnya sungai dan makhluk hidup yang ada di dalamnya. Selain itu perlu juga dikembangkan sebuah metode untuk menanggulangi limbah sehingga kadar kualitas air sungai tersebut dapat pulih seperti kondisi semula.

Mengembalikan kualitas air seperti semula dapat dilakukan dengan cara menghilangkan kandungan merkuri itu sendiri. Menghilangkan merkuri dengan proses adsorpsi dengan karbon aktif umumnya digunakan untuk penghilangan merkuri dengan konsentrasi yang rendah. Selain karbon aktif proses adsorpsi dapat dilakukan dengan menggunakan adsorbent yang lain misalnya *fly ash*, silika aktif atau lainnya. Untuk proses adsorpsi dengan karbon aktif dapat dilakukan dengan filter karbon aktif granular. Karbon aktif biasanya dibuat dari bahan baku yang mengandung karbon (C) misalnya, batok kelapa, limbah kayu, arang, batu bara atau senyawa karbon lainnya, dengan cara memanaskan tanpa oksigen pada suhu tinggi (distilasi kering) serta diaktifkan dengan proses tertentu sehingga mempunyai sifat adsorpsi yang lebih spesifik (Said, 2010).

Pada proses awal pengolahan dengan karbon aktif diinjeksikan kedalam air baku sebelum proses koagulasi. Dengan adanya kontak dan pencampuran, zat polutan yang ada dalam air baku, akan teradsorp oleh karbon aktif. Kemudian pisahkan karbon aktif yang telah menyerap zat-zat polutan dengan cara koagulasi dan sedimentasi sehingga keluar berupa lumpur (sludge) berwarna hitam. Selanjutnya dilakukan proses filtrasi untuk

memisahkan partikel-partikel karbon aktif yang belum dapat terpisahkan oleh proses koagulasi dan sedimentasi.

Keuntungan dari proses pengolahan air dengan karbon aktif antara lain yaitu;

1. Fasilitas pengolahan dapat disesuaikan dengan peralatan yang sudah ada.
2. Sangat ekonomis untuk pengolahan dalam keadaan darurat (emergency) atau untuk pengolahan jangka pendek.
3. Luas permukaan spesifik dari karbon aktifnya besar, sehingga daya adsorpsinya juga besar.
4. Kemungkinan tumbuh mikroorganisme kecil sekali.

Pemanfaatan sianida dapat menjadi alternatif sebagai pengganti merkuri dalam pengolahan tambang emas. Proses pengolahan tambang emas menggunakan bahan sianida dinilai lebih aman bagi penambang dan lingkungan sekitarnya. Tidak hanya ramah lingkungan, namun menggunakan sianida mampu memberikan hasil emas yang lebih banyak dari pada merkuri. Dimana proses ekstraksi emas menggunakan merkuri hanya mencapai 40%, sedangkan sianida bisa mencapai hingga 91% sehingga emas yang dihasilkan lebih banyak (Fajar, 2020). Sehingga pengelolaan limbah pertambangan emas lebih mudah, dan tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan sekitar pertambangan emas jika dibandingkan dengan menggunakan merkuri.

## BAB V

### PENUTUP

#### Kesimpulan

1. Setelah dilakukan penelitian, didapatkan konsentrasi kandungan merkuri pada sampel ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) berkisar antara 0.02134 – 0,20197 mg/kg. Sedangkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 57 Tahun 2016 Tentang Rencana Aksi Nasional Pengendalian Dampak Kesehatan Akibat Paparan Merkuri, ambang batas kandungan merkuri pada makanan jenis ikan yaitu 0.01mg/kg. Sehingga dapat disimpulkan khususnya ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) mengandung merkuri dan tidak layak untuk dikonsumsi.

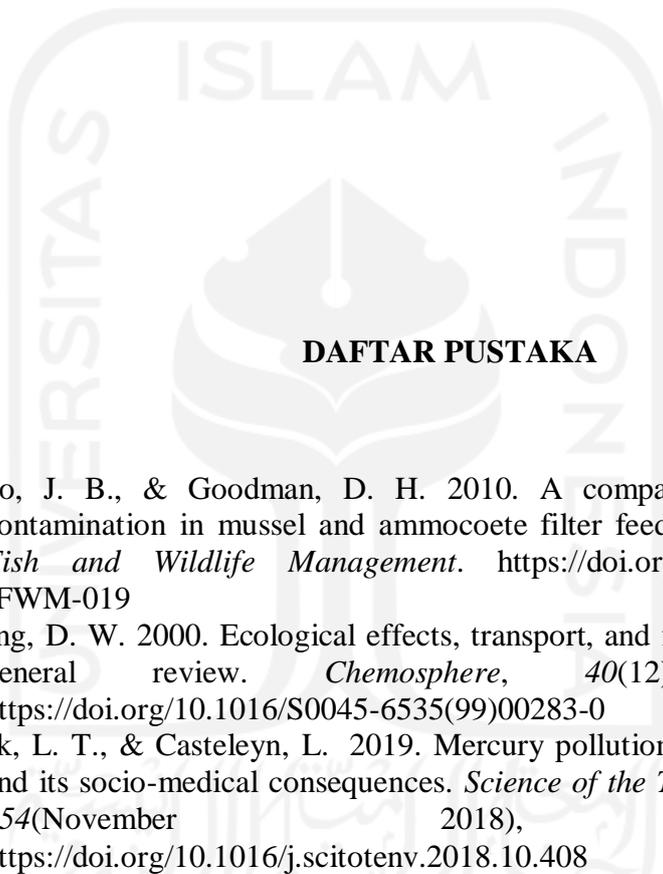
2. Konsentrasi merkuri tertinggi terletak pada sampel ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) yang hidup di area terdekat dengan pertambangan emas yang masih aktif.

### **Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, masih banyak kekurangan baik dari segi penelitian maupun penulisan laporan. Apabila ingin melakukan penelitian dengan topik yang sama, penulis menyarankan agar penelitian dilakukan dengan memperkirakan musim yaitu dengan memilih waktu pergantian musim kemarau ke musim hujan pada saat melakukan penelitian. Karena pada waktu itu air sungai tidak terlalu banyak sehingga proses penangkapan ikan atau pengambilan sampel ikan akan lebih mudah. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih optimal, penulis menyarankan untuk memperbanyak titik sampling. Penulis juga menyarankan untuk meneliti makhluk hidup dengan tingkatan yang lebih tinggi contohnya ikan gabus (*Channa striata*) yang ada di sungai pada penelitian selanjutnya.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR PUSTAKA

- Bettaso, J. B., & Goodman, D. H. 2010. A comparison of mercury contamination in mussel and ammocoete filter feeders. In *Journal of Fish and Wildlife Management*. <https://doi.org/10.3996/112009-JFWM-019>
- Boening, D. W. 2000. Ecological effects, transport, and fate of mercury: A general review. *Chemosphere*, 40(12), 1335–1351. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(99\)00283-0](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00283-0)
- Budnik, L. T., & Casteleyn, L. 2019. Mercury pollution in modern times and its socio-medical consequences. *Science of the Total Environment*, 654(November 2018), 720–734. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.408>
- Djumanto. 2018. Full Paper. *Jurnal Civic Hukum*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.22219/jch.v3i1.7739>
- Eisler, R. 2005. Mercury hazards from gold mining to humans, plants, and animals. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 181, 139–198. [https://doi.org/10.1007/0-387-21733-9\\_4](https://doi.org/10.1007/0-387-21733-9_4)
- Hartoto. 1996. *Hubungan Parameter Kualitas Air Dengan Struktur IKH110FAVNA Perairan Darat Pulau Siberut*. 19.
- Herman, D. Z. 2006. *Kelompok Kerja Konservasi – Pusat Sumber Daya Geologi*.
- Hidayati, N., Syarif, F., & Juhaeti, T. 2016. Pemanfaatan *Salvinia Molesta* D.S. Mitchell, Akumulator Merkuri di Sawah Tercemar Limbah Penambangan Emas. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. <https://doi.org/10.29122/jtl.v10i3.1470>

- Kasworo Yerrico. 2015. *RechtsVinding Online Pertambangan Emas Tanpa Izin (PETI), Dapatkah Ditanggulangi ? Oleh : Yerrico Kasworo \**.
- Kusuma, R. C., & Budianta, W. 2017. *Kajian Kandungan Logam Berat di Lokasi Penambangan Emas Tradisional di Desa Sangon , Kecamatan Kokap , Kabupaten Kulon Progo*. 322–327.
- Li, X., Meng, D., Li, J., Yin, H., Liu, H., Liu, X., Cheng, C., Xiao, Y., Liu, Z., & Yan, M. 2017. Response of soil microbial communities and microbial interactions to long-term heavy metal contamination. *Environmental Pollution*, 231, 908–917. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.057>
- Martinez, G., McCord, S. A., Driscoll, C. T., Todorova, S., Wu, S., Araújo, J. F., Vega, C. M., & Fernandez, L. E. 2018. Mercury contamination in riverine sediments and fish associated with artisanal and small-scale gold mining in Madre de Dios, Peru. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(8), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ijerph15081584>
- Nelson, J. . 2015. *Fish Diversity and Fish Assemblage Structure in Seagrass Meadows at Sikao Bay, Trang Province, Thailand*. 66(2), 37–39.
- Prasasti, C., Mukono, J., & Sudarmaji, S. 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Unair*, 2(2), 3956.
- Purnama D., Putu Mirah Sukarsa, Komang Gede Dharmawan, K. 2015. Interpolasi Spasial dengan Metode Kriging Menggunakan Semivariogram Isotropik pada Data Spasial (Studi Kasus: Curah Hujan di Kabupaten Karangasem). *E-Jurnal Matematika*. <https://doi.org/10.24843/mtk.2015.v04.i01.p084>
- Rahma Ma'mun, S. 2016. Pertambangan Emas Dan Sistem Penghidupan Petani: Studi Dampak Penambangan Emas Di Bombana Sulawesi Tenggara. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 4(3). <https://doi.org/10.22500/sodality.v4i3.14437>
- Selin, H., Keane, S. E., Wang, S., Selin, N. E., Davis, K., & Bally, D. 2018. Linking science and policy to support the implementation of the Minamata Convention on Mercury. *Ambio*, 47(2), 198–215. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-1003-x>
- Setiabudi, B. T. 2005. Penyebaran merkuri akibat usaha pertambangan emas di daerah sangon, kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta. *Kolokium Hasil Lapangan DIM*, 61.1-61.17.
- Siallagan, M. B. A. 2010. *Emas Di Gunung Pongkor (Studi Kasus : Desa Cisarua , Malasari , dan Bantarkaret di Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor )*.
- Sunarto. 2006. *Keanekaragaman hayati dan degradasi ekosistem terumbu karang*. 1–31.
- Torowati, Asminar, & Rahmiati. 2008. Analisis Unsur Pb, Ni dan Cu dalam Larutan Uranium Hasil Stripping Efluen Uranium Bidang Bahan Bakar Nuklir. *Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – Batan Abstrak*, 1–6. <http://jurnal.batan.go.id/index.php/pin/article/download/2531/2318>

- Widagdo, A., Paramumijono, S., Harijoko, A., & Setiawan, A. 2016. Kajian Pendahuluan Kontrol Struktur Geologi terhadap Sebaran Batuan-batuan di Daerah Pengunungan Kulonprogo Yogyakarta. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan*, 9–20.
- Wiener, J. . 2003. *Ecotoxicology of mercury*. eRC Press. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v22i2.4988>





## LAMPIRAN

**Lampiran 1** Dokumentasi lokasi penelitian :



**Lampiran 2** Dokumentasi pengambilan sampel :



**Lampiran 3** Dokumentasi sampel ikan wader (*Rasbora argyrotaenia*) :



**Lampiran 4** Data fisik sampel ikan

No	Kode Sampel	Koordinat		Panjang (cm)	Berat (gr)
		x	y		
1	IW 1.1	110.0425376	-78661158	4,6	1,8
2	IW 1.2	110.0425376	-78661158	5	2,1
3	IW 1.3	110.0425376	-78661158	4	1,6
4	IW 2.1	110.0564865	-78463448	4,7	1,9
5	IW 2.2	110.0564865	-78463448	5,2	2,2
6	IW 2.3	110.0564865	-78463448	2,6	1,2
7	IW 3.1	110.0601943	-78592688	2,4	1,2
8	IW 3.2	110.0601943	-78592688	2,4	1,2
9	IW 3.3	110.0601943	-78592688	2	1,2
10	IW 4.1	110.06596	-78422908	3,6	1,5
11	IW 4.2	110.06596	-78422908	4,1	1,6
12	IW 4.3	110.06596	-78422908	2,1	1,2
13	IW 5.1	110.0768377	-78172386	3,3	1,6
14	IW 5.2	110.0768377	-78172386	3,7	1,5
15	IW 5.3	110.0768377	-78172386	2,6	1,4

**Lampiran 5** Data konsentrasi merkuri hasil penelitian

No	Kode Sampel	Koordinat		Konsentrasi (mg/kg)
		x	y	
1	IW 1.1	110.0425376	-78661158	0.0257
2	IW 1.2	110.0425376	-78661158	0.12333
3	IW 1.3	110.0425376	-78661158	0.07761
4	IW 2.1	110.0564865	-78463448	0.04488
5	IW 2.2	110.0564865	-78463448	0.15433
6	IW 2.3	110.0564865	-78463448	0.05985
7	IW 3.1	110.0601943	-78592688	0.0613
8	IW 3.2	110.0601943	-78592688	0.04882
9	IW 3.3	110.0601943	-78592688	0.02134
10	IW 4.1	110.06596	-78422908	0.20197
11	IW 4.2	110.06596	-78422908	0.15591
12	IW 4.3	110.06596	-78422908	0.06381
13	IW 5.1	110.0768377	-78172386	0.12425
14	IW 5.2	110.0768377	-78172386	0.16176
15	IW 5.3	110.0768377	-78172386	0.05077



**Lampiran 6** Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 57 Tahun 2016

-16-

C. Batas Aman Paparan Merkuri

Pencemaran merkuri, akan terakumulasi di berbagai media lingkungan seperti air, udara, tanah dan terakumulasi salah satunya dalam rantai makanan akibat dari paparan merkuri. Sebagai acuan dalam melakukan pemantauan paparan akibat pencemaran merkuri adalah adanya nilai batas aman terkait kadar merkuri atau kadar maksimum yang diperkenankan, baik yang berada dalam lingkungan ataupun dalam biomarker.

Tabel 2. Batas Aman Paparan Merkuri

Batasan yang ditentukan	Institusi terkait/Dokumen	Tahun disahkan	Batas Ambang Paparan
Paparan udara yang diperbolehkan*	OSHA NOSH		0.05 mg Hg/m <sup>3</sup> /8-h (organik) 0.1 mg Hg/m <sup>3</sup> /8-h (elemental) 0.05 mg Hg/m <sup>3</sup> /10-h (elemental)
Kriteria udara ambien*	NAAQS-Clean Air Act (EPA)	1970 (rev.1990)	0.00006 mg Hg/m <sup>3</sup> air
Ambang batas*	ACGH		≤ 0.05 mg Hg/m <sup>3</sup> of air/40-h
Kriteria kualitas air ambien*	Clean Water Act (EPA)	1977 (rev.2000)	144 ng/L (ppt)
Beban badan total*			20-30 mg
Produk makanan (ikan dan biji-bijian)*	FDA EPA (rekomendasi yang diajukan)	1979 1996	≤ 1 mg/kg (ppm) CH <sub>3</sub> Hg ≤ 0.01 mg/kg

(\*sumber : Broussard, L.A., dkk. 2002)

## Lampiran 7 SNI Pengujian Merkuri (Hg) Pada Ikan

**SNI**  
Standar Nasional Indonesia

SNI 2354.6:2016

**Cara uji kimia - Bagian 6: Penentuan kadar logam berat merkuri (Hg) pada produk perikanan**

ICS 67.050

Badan Standardisasi Nasional



"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penayangan di [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id) dan tidak untuk di komersialkan"

## Cara uji kimia - Bagian 6: Penentuan kadar logam berat merkuri (Hg) pada produk perikanan

### 1 Ruang lingkup

Standar ini digunakan untuk menentukan kadar logam berat merkuri pada produk perikanan.

### 2 Istilah dan definisi

#### 2.1

##### air deionisasi

air yang mempunyai kualifikasi sebagai berikut: total organik karbon lebih kecil dari 3 µg/L, daya resistensinya lebih besar atau sama dengan 18 megaohm-cm

#### 2.2

##### destruksi

proses perombakan jaringan daging dengan bantuan panas dan asam

#### 2.3

##### gas mulia

gas yang tidak bereaksi dengan medium disekelilingnya manusia

#### 2.4

##### atomisasi

proses pelepasan suatu atom dari suatu senyawa dengan bantuan energi panas

#### 2.5

##### produk perikanan

ikan termasuk biota perairan lainnya yang ditangani dan/atau diolah untuk dijadikan produk akhir yang berupa ikan segar, ikan beku dan olahan lainnya yang digunakan untuk konsumsi

### 3 Prinsip

Unsur merkuri (Hg) dilepaskan dari matriks contoh melalui tahap destruksi refluks dengan menggunakan asam sulfat pekat dan nitrat pekat dengan bantuan pemanas listrik atau destruksi *microwave* dengan menggunakan asam nitrat untuk mendapatkan unsur merkuri bermuatan positif (Hg<sup>+</sup> atau Hg<sup>++</sup>). Penetapan jumlah merkuri dilakukan dengan spektrofotometer serapan atom tanpa nyala (*flameless SSA*) dimana unsur merkuri positif ini selanjutnya direduksi dengan *Natrium borohidrid* menjadi Hg netral dalam bentuk kabut uap merkuri. Kabut uap merkuri didorong oleh gas mulia argon menuju sel penyerapan pada SSA, dan berinteraksi dengan sinar yang berasal dari lampu katoda merkuri HDL (*Hallow Cathode Lamp*) atau EDL (*Electric Discharge Lamp*). Interaksi tersebut berupa serapan sinar yang besarnya dapat dilihat pada layar monitor SSA. Jumlah serapan sinar sebanding dengan kadar merkuri yang ada dalam contoh

### 4 Peralatan

- Timbangan analitik ketelitian 0,0001 g
- Pipet volumetri 1 mL, 5 mL, 10 mL, 20 mL, 50 mL\*
- Mikropipet\*
- Pipet tetes\*
- Wadah *polystyrene*

- f) Botol *Polypropylene*\*
- g) Sendok plastik\*
- h) Cawan Petri ukuran 15 mm x 100 mm\*
- i) Pisau\*
- j) Aluminium foil
- k) Gelas piala 25 mL, 100 mL, dan 250 mL\*
- l) Corong gelas\*
- m) Penyangga dan statif
- n) Desikator
- o) Pemanas listrik
- p) *Blender/homogenizer*
- q) Oven
- r) *Refrigerator*
- s) Labu alas bulat kapasitas 250 mL dengan pendingin\*
- t) Labu takar kapasitas 50 mL, 100 mL, 1000 mL\*
- u) Seperangkat alat *flameless* spektrofotometer serapan atom (*Atomic Absorption Spectrophotometer*)
- v) *Microwave digester*

**CATATAN\*** Semua peralatan yang dipergunakan harus terlebih dahulu direndam dalam HNO<sub>3</sub> : air deionisasi (1 : 9) kemudian dibilas dengan air deionisasi

## 5 Pereaksi

- a) Air deionisasi
- b) Asam klorida (HCl), *fuming* 37%
- c) Larutan HCl 3% (v/v)  
Pipet 84 mL HCl 37% (pekat) larutkan dalam labu takar 1 L dan tepatkan dengan air deionisasi
- d) *Natrium hidroksida* (NaOH) pellets
- e) NaOH 0,005% (w/v)  
Larutkan 0,05 g NaOH dalam 1 L air deionisasi dan tepatkan dengan air deionisasi
- f) *Natrium borohidrid* (NaBH<sub>4</sub>)  
NaBH<sub>4</sub> 0,02% (w/v) dalam NaOH 0,005% (w/v) (larutan reduktan)
- g) Larutkan 0,2 g NaBH<sub>4</sub> dalam 1 L NaOH 0,005%. Larutan disiapkan pada saat akan dilakukan analisa
- h) Asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) 65%
- i) Asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 95%-97%
- j) larutan pengencer contoh HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
Campurkan 58 mL HNO<sub>3</sub> dengan 67 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dalam labu takar 1 L dan tepatkan dengan air deionisasi sampai tanda batas
- k) Larutan pengencer standar HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1+1) 20% (v/v)  
Campurkan 100 mL HNO<sub>3</sub> dengan 100 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, encerkan dengan air deionisasi dan tepatkan sampai 1 L
- l) Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 30%
- m) Batu didih
- n) Larutan standar Merkuri
  - Larutan standar primer: 1000 mg/L
  - Larutan standar sekunder pertama (i): 10 mg/L  
Pipet 1 mL dari larutan standar primer 1000 mg/L, masukkan ke dalam labu takar 100 mL dan encerkan dengan larutan HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1+1) 20% (v/v)  
Larutan standar ini dapat disimpan selama 1 bulan di dalam botol *polypropylene* pada *refrigerator*.
  - Larutan standar sekunder kedua (ii): 1 mg/L  
Pipet 5 mL dari larutan standar sekunder pertama (i) masukkan ke dalam labu takar 50 mL dan encerkan dengan larutan HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1+1) 20% (v/v). Larutan standar ini dapat disimpan selama 1 bulan di dalam botol *polypropylene* pada

8/15

*refrigerator*

- Larutan standar sekunder ketiga (ii); 0,1 mg/L  
Pipet 5 mL dari larutan standar sekunder kedua (i) masukkan ke dalam labu takar 50 mL dan encerkan dengan larutan HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1+1) 20% (v/v). Larutan standar ini dapat disimpan selama 1 minggu di dalam botol *polypropylene* pada *refrigerator*
- Larutan standar kerja (1 µg/L, 5 µg/L, 10 µg/L, 15 µg/L dan 20 µg/L)  
Pipet 0,5 mL, 2,5 mL, 5 mL, 7,5 mL dan 10 mL dari larutan standar sekunder ketiga (iii), masukkan ke dalam labu takar 50 mL dan encerkan dengan larutan HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1+1) 20% (v/v). Larutan standar kerja ini dibuat ketika akan melakukan analisa.
- Larutan standar kerja dapat dibuat sesuai dengan kondisi sampel

**6 Preparasi contoh****6.1 Produk basah**

Lumatkan/haluskan contoh hingga homogen dan tempatkan homogenat dalam wadah *polystyrene* yang bersih dan tertutup. Jika contoh tidak langsung diuji, simpan contoh dalam *freezer* sampai saatnya untuk dianalisa. Pastikan contoh masih tetap homogen sebelum ditimbang. Jika terjadi pemisahan antara cairan dan contoh, maka dilakukan pemisahan antara cairan dan contoh.

**6.2 Produk Kering**

Lumatkan/haluskan contoh hingga menjadi partikel kecil. Tempatkan contoh dalam wadah *polystyrene* yang bersih dan tertutup. Jika contoh tidak langsung diuji, simpan contoh dalam suhu ruang sampai saatnya untuk dianalisa

**7 Prosedur****7.1 Destruksi contoh menggunakan refluks**

- Timbang produk basah (subpasal 6.1) sebanyak 5 g atau produk kering (subpasal 6.2) sebanyak 0,2 g dan catat beratnya (W).
- Siapkan kontrol positif dengan cara sebagai berikut:
  - Untuk kontrol positif contoh basah (*spiked* 0,1 mg/kg), tambahkan 0,5 mL larutan standar merkuri 1 mg/L ke dalam contoh.
  - Untuk kontrol positif contoh kering (*spiked* 0,5 mg/kg), tambahkan 0,1 mL larutan standar merkuri 1 mg/L ke dalam contoh.
  - Untuk kontrol positif dengan konsentrasi *spiked* yang berbeda, tambahkan volume larutan standar sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan.
- Tambahkan 3 buah - 5 buah batu didih.
- Tambahkan 10 mg - 20 mg V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- Tambahkan berturut-turut 10 mL HNO<sub>3</sub> 65% dan 10 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 95% - 97%.
- Lakukan pemanasan dengan panas yang rendah sampai mendidih secara perlahan

selama kurang lebih 6 menit (untuk mencegah tumpahnya contoh), kemudian pemanasan dilanjutkan dengan panas yang lebih tinggi untuk menghasilkan larutan berwarna cokelat kekuningan yang bening (*clearly yellowish brown*). Goyangkan labu selama digesti berlangsung sampai zat padat tidak ada lagi kecuali apungan lemak yang tampak setelah didinginkan pada suhu ruang selama kurang lebih 4 menit.

- g) Bilas pendingin dengan 15 mL air deionisasi. Tambahkan 2 tetes  $\text{H}_2\text{O}_2$  30% melalui ujung atas pendingin, kemudian bilas pendingin dengan 15 mL air deionisasi.
- h) Dinginkan larutan pada suhu ruang (labu alas bulat dan pendingin harus tetap bersatu).
- i) Angkat labu dari pendingin, bilas leher labu alas bulat dengan air deionisasi. Pindahkan larutan ke dalam labu takar 100 mL kemudian tepatkan dengan air deionisasi.

### 7.2 Destruksi contoh menggunakan *microwave*

- a) Timbang contoh basah sebanyak 1 g atau contoh kering sebanyak 0,2 g – 0,3 g ke dalam tabung sampel (vessel) kemudian dicatat beratnya (W).
- b) Untuk kontrol positif (*spiked* 0,5 mg/kg), tambahkan 0,5 mL larutan standar Hg 1 mg/L ke dalam contoh kemudian divortex selama 1 menit.
- c) Untuk kontrol positif dengan konsentrasi *spiked* yang berbeda, tambahkan volume larutan standar sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan.
- d) Tambahkan 5 mL  $\text{HNO}_3$  65%.
- e) Lakukan destruksi dengan menggunakan program *microwave* yang sesuai dengan sampel yang digunakan.
- f) Pindahkan hasil destruksi ke labu takar 50 mL dan tepatkan sampai tanda batas dengan larutan pengencer  $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ .

### 7.3 Tahap pembacaan SSA

- a) Siapkan larutan standar minimal dengan lima titik kadar 1  $\mu\text{g/L}$ , 5  $\mu\text{g/L}$ , 10  $\mu\text{g/L}$ , 15  $\mu\text{g/L}$  dan 20  $\mu\text{g/L}$ .
- b) Contoh, *spiked* dan larutan standar kemudian dibaca pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 253,7 nm.
- c) Tentukan kadar contoh berdasarkan kurva kalibrasi

### 8 Perhitungan produk kering dan produk basah

Masukkan nilai masing-masing area contoh dari hasil pembacaan ke persamaan garis kurva baku.

$$Y = a + bX$$

Keterangan:

- Y adalah absorbansi;
- a adalah intersep;
- b adalah *slope* (kemiringan garis);
- X adalah konsentrasi contoh yang didapat ( $\mu\text{g/L}$ )

Setelah didapat nilai X, kalikan dengan volume akhir dan dibagi dengan berat contoh.

$$\text{Kadar Merkuri (ug/g)} = \frac{(D - E) \times FP \times V \text{ (mL)} \times \frac{L}{1000 \text{ mL}}}{W \text{ (g)}}$$

Dengan:

D adalah kadar contoh (µg/L) dari hasil pembacaan SSA

E adalah kadar blanko contoh (µg/L) dari hasil pembacaan SSA

W adalah berat contoh (g)

V adalah volume akhir larutan contoh yang disiapkan (mL)

Fp adalah faktor pengenceran

**CATATAN 1** Jika hasil pembacaan kadar contoh dan *spiked* pada SSA lebih tinggi dari kadar larutan standar yang digunakan, maka lakukan pengenceran

**CATATAN 2** µg/g setara dengan mg/kg

## 9 Pelaporan

Jika angka desimal kurang dari 5, maka pembulatan ke bawah, tetapi bila lebih dari 5 pembulatan keatas.

### CONTOH

14,454 dibulatkan menjadi 14,45

14,466 dibulatkan menjadi 14,47

Jika angka ketiga di belakang koma 5, dan angka kedua genap, maka angka 5 tersebut menjadi hilang tetapi bila angka kedua ganjil maka pembulatan keatas.

### CONTOH

14,765 dibulatkan menjadi 14,76

14,475 dibulatkan menjadi 14,48

## 10 Keamanan dan keselamatan kerja

Untuk menjaga keamanan dan keselamatan kerja selama melakukan analisa maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a) Cuci tangan sebelum dan sesudah melakukan analisa
- b) Gunakan jas laboratorium selama bekerja
- c) Pastikan blower lemari asam dan blower SSA berfungsi dengan baik
- d) Pastikan aliran gas ditutup kembali setelah selesai analisa

11/15