

PROPOSAL TUGAS AKHIR

**ANALISIS SEBARAN PENCEMARAN MERKURI
(Hg) PADA AIR SUNGAI DI LOKASI
PERTAMBANGAN DESA SANGON KULON PROGO**

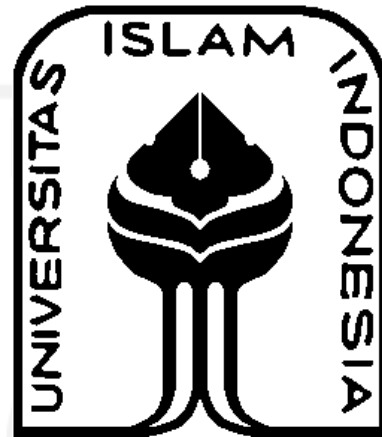
**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



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

TUGAS AKHIR
ANALISIS SEBARAN PENCEMARAN MERKURI
(Hg) PADA AIR SUNGAI DI LOKASI
PERTAMBANGAN DESA SANGON KULON PROGO

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



Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si.,M.Sc.

Nelly Marlina, ST.,M.T.

Tanggal:

Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS SEBARAN PENCEMARAN MERKURI
(Hg) PADA AIR SUNGAI DI LOKASI
PERTAMBANGAN DESA SANGON KULON PROGO**

Telah diterima dan di sahkan oleh tim penguji

Hari : ...

Tanggal :...

Disusun oleh :

**M. RIFQI HIDAYAT
(16513146)**

Tim penguji :

Penguji 1

()

Penguji 1

()

Penguji 1

()

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, November 2020

Yang membuat pernyataan,

M. Rifqi Hidayat
16513146

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu wa ta'ala* atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Topik penelitian yang pada penelitian ini adalah Analisis Sebaran Pencemaran Merkuri(Hg) Air Sungai Di Lokasi Pertambangan Emas Desa Sangon Kulon Progo.

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis mengalami banyak hambatan dan rintangan, namun berkat adanya bantuan dan motivasi dari berbagai pihak baik secara moral maupun spiritual, akhirnya penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan, maka dari itu izinkan penulis menyampaikan ucapan rasa terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan nikmat kesehatan dan kesempatan sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat terselsaikan.
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 Luthfia Isna A,S.si.,M.sc dan Ibu Nelly Marlina, ST.,M.T. serta Bapak Dhandun Wacano,S.si.,M.Sc yang sempat menjadi pembimbing penulis, telah memberi arahan dan bimbingan hingga laporan tugas akhir ini selesai.
5. Teman- teman seperjuangan dalam pengerjajaan tugas akhir, Rizal dan Daris
6. Teman- teman seperjuangan di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah membantu banyak hal dalam menyelsaikan laporan ini.
7. 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 bagi para pembacanya dan dapat ditindak lanjuti dengan pengimplementasian saran.

Wassalamualaikum warrahmatullahi wabarukatuh.

Yogyakarta, November 2020

M. Rifqi Hidayat

ABSTRAK

M. RIFQI HIDAYAT, Analisis Sebaran Pencemaran Merkuri(Hg) Air Sungai Di Lokasi Pertambangan Emas Desa Sangon Kulon Progo. Dibimbing oleh Luthfia Isna A,S.si.,M.sc dan Nelly Marlina, ST.,M.T.

Penambangan Biji Emas terdapat di pegunungan Kulon Progo yaitu Desa Sangon II, Kalirejo, Kokap, yang dilakukan oleh penambangan Emas Skala Kecil (PESK). Proses pengolahan biji emas dapat dilakukan dengan berbagai metode, para penambang tradisional di Desa Sangon masih menerapkan metode amalgamasi yaitu proses ekstraksi emas dengan memanfaatkan merkuri sebagai salah satu campuran yang dilakukan di dalam gelondong. Pengolahan dengan merkuri dilakukan secara langsung di tempat sejak tahun 1990 sampai dengan 2020, untuk saat ini jumlah lubang tambang ataupun pengolahan hasil tambang di Desa Sangon adalah sebanyak 2 buah. Merkuri (Hg) adalah salah satu unsur kimia yang tergolong logam berat dengan tingkat toksisitas cukup tinggi selain Cd, Pb, Cu, dan Zn. Merkuri Hg bersifat toksik karena tidak dapatnya organisme hidup yang ada di lingkungan menghancurkannya sehingga logam berat tersebut terakumulasi di lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan dan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik. Pencemaran merkuri biasanya terjadi pada lingkungan, khususnya pada sungai. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan melakukan pemetaan sebaran konsentrasi merkuri (Hg) pada sungai Cedam Desa Sangon, Kalirejo, Kulon Progo, Yogyakarta . Metode analisis logam berat yang digunakan adalah metode *atomic absorption spectrometry* (AAS) sistem nyala yang sesuai dengan SNI 6989-84 tahun 2019 tentang cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara metode *atomic absorption spectrometry* (AAS). Untuk pemetaan sebaran konsentrasi merkuri menggunakan software QGIS dan ArcGIS. Hasil pengujian menunjukkan besaran nilai kandungan merkuri pada sampel berkisar antara $<0,07 - 0,27 \mu\text{g/L}$, sedangkan baku mutu yang digunakan yaitu PERGUB DIY Tahun 2008 No 20 Tentang air permukaan standarnya adalah $2 \mu\text{g/L}$, kemudian hasil dari pemetaan sebaran kandungan merkuri pada penelitian ini menyatakan bahwa di semua area penelitian kandungan merkurnya masih di bawah baku mutu.

Kata Kunci : Penambangan, Air Sungai, Merkuri, AAS

ABSTRACT

M. RIFQI HIDAYAT, Analysis of the Distribution of Mercury (Hg) Pollution in River Water in the Gold Mining Location of Sangon Kulon Progo Hamlet. Supervised by Luthfia Isna A, S.si., M.sc and Nelly Marlina, ST.,M.T.

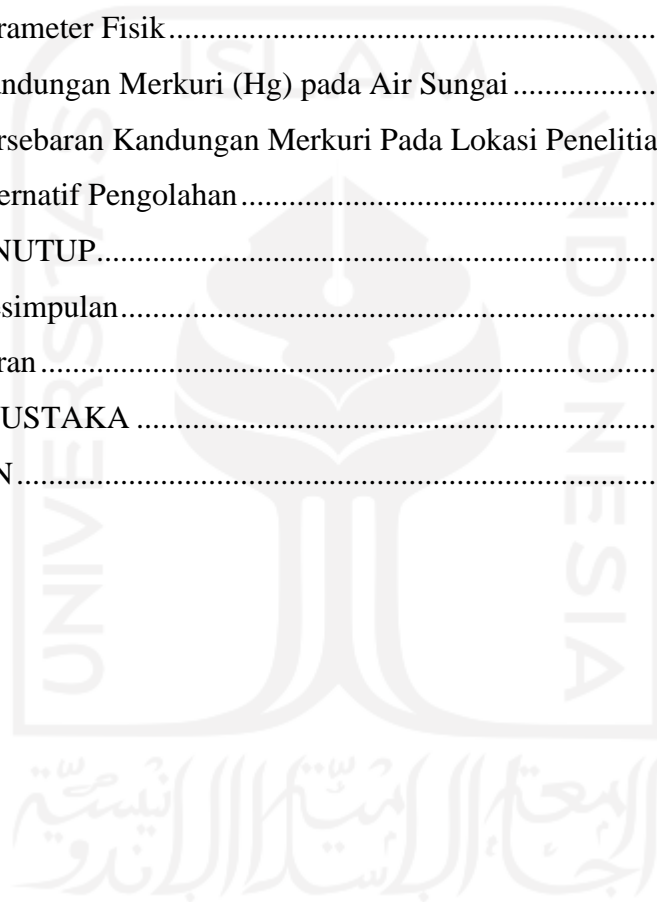
Gold ore mining is located in the Kulon Progo mountains, namely Sangon II Hamlet, Kalirejo, Kokap, which is carried out by small-scale gold mining (PESK). The processing of gold ore can be done using various methods, traditional miners in Sangon Village still apply the amalgamation method, namely the gold extraction process using mercury as a mixture that is carried out in the rolls. Mercury processing has been carried out on-site from 1990 to 2020, for now the mining pits and processing of mining products still active is 2. Mercury (Hg) is a chemical that is classified as a heavy metal with a fairly high level of toxicity besides Cd, Pb, Cu, and Zn. Mercury is toxic because the organisms that destroy it cannot live so that heavy metals accumulate in the environment, especially those that settle on the water bed and form complex compounds with organic and inorganic materials. Mercury pollution usually occurs in the environment, especially in rivers. Therefore, the aim of this study is to identify and map the distribution of mercury (Hg) concentrations in the Cedam river, Desa Sangon, Kalirejo, Kulon Progo, Yogyakarta. The method of heavy metal analysis used is the atomic absorption spectrometry (SSA) method in accordance with SNI 6989-84 of 2019 concerning how to test dissolved metal and total metal levels using the atomic absorption spectrometry (AAS) method. For mapping the distribution of mercury concentrations using QGIS and ArcGIS software. The test results showed that the value of the mercury content in the sample ranged from $<0.07 - 0.27 \mu\text{g} / \text{L}$, while the quality standard used is PERGUB DIY Year 2008 No. 20 Regarding surface water the standard is $2 \mu\text{g} / \text{L}$, then the results of the mapping of mercury content in this study stated that in all research area the mercury content was still below the quality standard.

Keywords: Mining, River Water, Mercury, AAS

DAFTAR ISI

PROPOSAL TUGAS AKHIR	i
PERNYATAAN.....	i
PRAKATA.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tambang Emas dan Dampak terhadap Lingkungan.....	4
2.2 Pertambangan Emas Kulon Progo.....	5
2.3 Sifat Fisik dan Kimia Merkuri.....	6
2.4 Sumber Pencemaran Merkuri	6
2.5 Merkuri di Lingkungan	6
2.6 Air Permukaan (Air Sungai).....	7
2.7 Atomic Absorbsion Spektrofotometri (AAS).....	8
2.8 Sistem Informasi Geografi	8
2.9 Metode Interpolasi Kriging	8
2.10 Hasil Penelitian Sebelumnya.....	9
BAB III METODE PENELITIAN.....	11
2.1 Tahap Penelitian	11
3.2 Lokasi Penelitian	11
3.3 Alat dan Bahan	12
3.3.1 Alat	12

3.3.2	Bahan.....	12
3.3.3	Analisis Data dan Pemetaan	13
3.4	Metode Pengumpulan Data	13
3.5	Metode Analisis Data	14
3.5.1	Analisis Kandungan Merkuri (Hg).....	14
3.5.2	Pemetaan Persebaran Logam Berat	16
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA		17
4.1	Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian.....	17
4.2	Parameter Fisik.....	17
4.3	Kandungan Merkuri (Hg) pada Air Sungai	18
4.4	Persebaran Kandungan Merkuri Pada Lokasi Penelitian	20
4.5	Alternatif Pengolahan.....	22
BAB V PENUTUP.....		24
5.1	Kesimpulan.....	24
5.2	Saran.....	24
DAFTAR PUSTAKA		25
LAMPIRAN.....		28





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

1 Penelitian Pendukung Sebelumnya.....	9
2 Hasil pengukuran Paarameter Fisik.....	17
3 Hasil Pengukuran Merkuri (Hg) Terlarut.....	19





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

1 Bak Penampung <i>Tailing</i> Sementara.....	5
2 Siklus Merkuri di Lingkungan.....	7
3 Diagram Alir Metode Penelitian.....	11
4 Peta Batas Lokasi Penelitian.....	12
5 Peta Lokasi Titik Sampling.....	13
6 Preparasi Sampel.....	15
7 Grafik Konsentrasi Merkuri.....	17
8 Peta Penyebaran Kandungan Merkuri.....	18



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 dokumentasi survei lapangan.....	28
Lampiran 2 dokumentasi Pengambilan Sampel.....	28
Lampiran 3 Hasil Penelitian.....	29



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertambangan emas yang ada di Indonesia memiliki prospek yang cukup menjanjikan, hal tersebut dapat dilihat dari cadangan emas yang dimiliki, yakni diperkirakan cadangan emas di Indonesia mencapai 1300 ton dan produksinya mencapai 126,6 ton. Adapun jalur pertambangan emas Indonesia terbentang dari Papua yang panjang seluruhnya mencapai lebih dari 8.000 kilometer (Sinar Harapan, 2003). Kayanya alam Indonesia oleh mineral menyebabkan banyaknya masyarakat yang melakukan penambangan tanpa izin baik itu perorangan ataupun kelompok, hal tersebut biasanya disebut dengan istilah PETI (pertambangan emas tanpa izin), dalam perkembangan selanjutnya permasalahan PETI tidak hanya pada komoditi bahan galian emas tetapi juga diterapkan pada pertambangan emas tanpa izin untuk bahan galian lain baik golongan A (bahan galian strategis), B (bahan galian vital) maupun C (bahan galian industri). Hal tersebut menyebabkan perkembangan PETI sudah mencapai tahap yang cukup mengkhawatirkan, dikarenakan menimbulkan perdagangan produk pertambangan di pasar-pasar gelap untuk menghindari pajak resmi penjualan produk pertambangan, untuk mengantisipasi hal tersebut pemerintah mengubah status pertambangan tersebut menjadi pertambangan resmi berskala kecil. (Yulis, 1970)

Pertambangan emas skala kecil di daerah Kulon Progo adalah salah satu dari sekian banyak pertambangan emas yang ada di Indonesia, Kulon Progo adalah salah satu daerah yang memiliki kandungan mineral khususnya emas yang cukup banyak. Pegunungan Kulon Progo merupakan bagian dari kompleks pegunungan Seraru Selatan yang terletak di ujung bagian timur. Van Bemmelen, 1949 menyatakan, bahwa pegunungan Kulon Progo merupakan suatu kubah atau *dome* berbentuk persegi panjang. Sumbu panjang kubah (± 32 Km) berarah selatan-barat daya-utara-timur laut, sedangkan sumbu pendek (± 20 Km) berarah barat-barat laut-timur tenggara. Bagian atas kubah merupakan suatu dataran tinggi (859 m dpl) yang terkenal dengan nama *plato* Jonggrangan (Widagdo et al., 2016).

Penambangan biji emas terdapat di pegunungan Kulon Progo yaitu Desa Sangon II, Kalirejo, Kokap, yang dilakukan oleh Penambangan Emas Skala Kecil (PESK) oleh penduduk setempat. Mineralisasi biji emas yang terdapat di daerah Sangon, Kulon Progo terjadi pada urat-urat kuarsa. Urat –urat kuarsa terkontrol oleh struktur geologi berupa rekahan-rekahan yang berkembang dalam batuan induk andesit. Luas sebaran potensi emas pada intrusi batuan beku andesit adalah 4.11,866 Ha di bagian barat daya. Hasil dari penelitian Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta dan Pemerintah Daerah Kulon Progo terdapat sumber daya emas, tetapi belum dapat terukur jumlahnya secara pasti, sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut (Yatin, 2017).

Aspek mineralogi atau geologi merupakan salah satu cara untuk menentukan metode pengolahan emas yang akan digunakan, akan tetapi bukan hanya aspek tersebut yang dapat digunakan untuk menentukan metode pengolahan emas. Beberapa aspek lain seperti metalurgi, lingkungan, geografi, ekonomi, dan politik juga turut berperan untuk menentukan metode pengolahan yang tepat

(Marsden dan House, 2006). Akan tetapi, dikarenakan aspek mineralogi dan metalurgi menangkap respon yang diberikan bijih terhadap metode-metode pengolahan mineral, maka dari itu metode tersebut berdampak secara langsung terhadap penentuan metode pengolahan (Zhou, 2012).

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). Untuk para penambang tradisional di Desa Sangon masih menerapkan metode amalgamasi yaitu proses ekstraksi emas dengan memanfaatkan merkuri (Hg) sebagai salah satu campuran yang dilakukan di dalam gelondong (Kusuma & Budianta, 2017). Pengolahan dengan merkuri dilakukan secara langsung di tempat sejak tahun 1990 sampai dengan 2020, untuk saat ini jumlah lubang tambang ataupun pengolahan hasil tambang di Desa Sangon adalah sebanyak 2 buah. Setelah proses amalgamasi limbah tailing yang dihasilkan dialirkan ke bak penampun yang sangat sederhana tanpa proses pengolah lebih lanjut, hal itu secara otomatis dapat menimbulkan potensi tercemarnya lingkungan menjadi sangat besar, seperti yang telah dijelaskan dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh (Setiabudi, 2005) menunjukkan konsentrasi Hg dalam limbah tersebut sebesar 800-6900 ppm.

Kontaminasi logam berat di tanah dan perairan adalah masalah umum yang dihadapi di banyak lokasi limbah berbahaya. Dikeluarkan ke dalam matriks tanah dan perairan, sebagian besar logam berat sangat tertahan dan efek sampingnya dapat bertahan lama. Kontaminan logam seperti kadmium, tembaga, seng, merkuri dan juga sianida adalah yang paling sering diamati (Hidayati et al., 2016). Dari sekian banyak jenis kontaminan yang ada, pada penelitian ini akan membahas tentang sebaran kandungan logam berat yakni merkuri (Hg).

Merkuri (Hg) adalah salah satu unsur kimia yang tergolong logam berat dengan tingkat toksisitas cukup tinggi, hal itu dikarenakan organime yang ada di lingkungan tidak dapat menghancurkan merkuri (Hg) sehingga menyebabkan terakumulasi atau mengendapnya merkuri (Hg) di lingkungan. Oleh karena itu, kontaminasi merkuri (Hg) terhadap manusia dapat terjadi melalui saluran pernafasan, makanan dan minuman, serta kontak dengan kulit secara langsung (Bettaso & Goodman, 2010).

Selain bermanfaat, merkuri bagi manusia sangatlah berbahaya. Dampak yang terjadi apabila terpapar oleh *methyl mercury*/merkuri (Hg) yakni dapat menyebabkan kelainan janin dan kematian waktu lahir serta dapat menyebabkan Fetal Minamata Disease. Selain itu paparan merkuri (Hg) dapat menyebabkan kerusakan otak, *cerebral palsy*, syaraf motorik dan retardasi mental. Kemudian umumnya apabila laki-laki terpapar oleh merkuri (Hg), utamanya anorganik merkuri (Hg) dapat menyebabkan impotensi dan gangguan libido sedangkan untuk perempuan dapat mengganggu proses menstruasi (Sudarmaji et al., 2006). Selain dikarenakan sifat toksik yang dimiliki merkuri, penelitian ini dilakukan karena pada penelitian sebelumnya hanya dilakukan untuk mengetahui kandungan merkuri (Hg) pada titik yang telah ditentukan, sedangkan pada penelitian ini selain memperbaharui data dari jumlah kandungan merkuri (Hg) pada lingkungan sekitar tambang, penelitian ini juga berfokus pada analisis sebaran kontaminasi merkuri(Hg) pada lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, potensi pencemaran lingkungan oleh merkuri (Hg) sangatlah besar, sehingga diperlukan penelitian tentang analisis kandungan kontaminan yang terakumulasi di lingkungan, yakni

1. Berapa kandungan merkuri (Hg) pada air sungai Cedam Desa Sangon, Kalirejo, Kulon Progo, Yogyakarta ?
2. Bagaimana sebaran merkuri (Hg) pada air sungai Cedam Desa Sangon, Kalirejo, Kulon Progo, Yogyakarta ?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mengidentifikasi kandungan konsentrasi merkuri (Hg) pada sungai Cedam Desa Sangon, Kalirejo, Kulon Progo, Yogyakarta .
2. Melakukan analisis dan pemetaan sebaran kandungan merkuri (Hg) pada sungai Cedam Desa Sangon, Kalirejo, Kulon Progo, Yogyakarta .

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian yang dilakukan dapat dimanfaatkan sebagai bahan studi literatur dalam menganalisis merkuri (Hg) di daerah aliran sungai Cedam sekitar 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.

1.5 Ruang Lingkup

Batasan masalah dalam penelitian meliputi :

1. Penelitian dilaksanakan pada kegiatan penambangan yang berlokasi di Desa Sangon, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Penelitian sebaran kandungan merkuri (Hg) pada air sungai Desa Sangon Kulon Progo.
3. Metode sampling yang digunakan mengacu pada SNI 6989.57 tahun 2008.
4. Metode pengukuran logam berat menggunakan metode *Mercury Analyzer*
5. Pengolahan dan analisis sebaran merkuri (Hg) dilakukan dengan perangkat lunak *Geographic Informatic System (GIS)*.
6. Penelitian dilaksanakan dari bulan Juli sampai Desember 2020.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tambang Emas dan Dampak terhadap Lingkungan

Proses penambangan emas di Indonesia telah terjadi lama baik secara legal maupun ilegal, penambangan emas di Indonesia tersebar dari wilayah timur hingga barat nusantara, hal tersebut dibuktikan dengan ditemukannya lubang-lubang bekas penambangan, tambang emas aluvial dan beberapa bekas kegiatan pertambangan lainnya (Herman, 2006). Kegiatan penambangan yang banyak di Indonesia adalah kegiatan penambangan secara tradisional atau skala kecil, hal itu dikarenakan modal yang dikeluarkan oleh masyarakat relatif kecil, biasanya kegiatan sering disebut dengan istilah PETI (penambangan emas tanpa izin) alias ilegal, meskipun kegiatan PETI sebenarnya telah berumur ratusan tahun di Indonesia, berkembang pesat pasca gerakan reformasi 1998 dan berkembangnya peraturan-peraturan perundangan mengenai Otonomi Daerah. Kegiatan yang disebut sebagai PETI sebenarnya juga telah mulai tumbuh ketika pemerintah memperkenalkan konsep PMA (penanaman modal asing) dan PMDN (penanaman modal dalam negeri) dengan penguasaan wilayah tertentu dalam pengelolaan pertambangan di Indonesia (Budimanta, 2007).

Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua adalah pulau-pulau di Indonesia yang memiliki cebakan emas aluvial. Masyarakat pada umumnya sangat mudah dan sering memanfaatkan cebakan emas aluvial dikarenakan sebarannya yang berada di sekitar permukaan dan memiliki warna kilap yang mudah untuk dikenali. Ciri emas aluvial yang memiliki endapan sedimen yang bersifat lepas dengan kandungan emas berupa butiran itu menyebabkan masyarakat lebih mudah mengolahnya dengan memisahkan kandungan emas secara fisik menggunakan alat yang sederhana. Dalam mengoptimalkan penambangan atau pengolahan emas dapat dilakukan dengan menyesuaikan dimensi cebakan yang ada, seperti cebakan dengan dimensi kecil lebih efisien dalam proses penambangannya menggunakan alat yang sederhana, sedangkan untuk cebakan emas dengan dimensi yang besar dapat ditambang dengan alat yang lebih modern seperti memanfaatkan alat berat (Joko Suprpto, 2007).

Daerah Indonesia yang juga memiliki cebakan emas aluvial adalah pulau Jawa meskipun tidak sebesar atau sebanyak daerah-daerah yang telah dijelaskan pada paragraf sebelumnya, salah satu daerah pulau Jawa yang memiliki cadangan emas berlokasi di Desa Sangon, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Cadangan emas yang dimiliki Desa Sangon membuat masyarakat berdatangan untuk memanfaatkannya, tahapan pertambangan yang dilakukan oleh masyarakat atau penambangpun sangat sederhana yakni melakukan kegiatan penambangan lalu mengolahnya menggunakan metode amalgamasi, selain itu kegiatan penambangan yang ada disana masih merupakan kegiatan pertambang yang ilegal atau tidak memiliki izin (Kusuma & Budianta, 2017).

Kegiatan penambangan emas baik legal maupun ilegal di Indonesia tentu saja berdampak terhadap lingkungan. Ada banyak penelitian yang menyatakan perihal dampak negatif yang disebabkan oleh penambangan emas di Indonesia,

seperti penelitian yang dilakukan oleh (Wohlfart et al.,2017), pada penelitian tersebut menampilkan pemodelan kerusakan yang disebabkan oleh tambang emas skala kecil pada daerah aliran sungai kuning. Kemudian penelitian lain yang dilakukan oleh (Romiyanto et al., 2015) menyatakan bahwa pertambangan emas yang dilakukan tanpa izin akan dapat meningkatkan potensi pencemaran pada lingkungan khususnya perairan. Sejalan dengan penelitian tersebut (Rendondo-Vega et al., 2017) menyatakan bahwa kondisi geografi atau topografi akibat adanya kegiatan pertambang tidak dapat diubah atau dibuat menjadi seperti semula.

2.2 Pertambangan Emas Kulon Progo

Penambangan emas yang terletak di Desa Sangon merupakan kegiatan penambangan yang tidak memiliki izin atau ilegal, penambangan emas di daerah Kulon Progo, menurut sejumlah penambang, berawal pada tahun 1995. Diawali dengan datangnya penambang dari Tasikmalaya, namun berangsur –angsur, sekitar tahun 2000 jumlah penambang berkurang drastis, hal itu disebabkan karena hasil yang didapatkan tidak sepadan dengan modal dan waktu yang dikeluarkan.hingga sampai saat ini penambangan emas Kulon Progo masih ilegal, meskipun sudah ada wacana dari pemerintah setempat untuk melegalkannya. Dalam proses pengolahan hasil tambang menjadi biji emas, penambang tradisional disana masih menggunakan cara yang sederhana yakni memanfaatkan teknologi amalgamasi, dimana proses tersebut menggunakan logam berat merkuri (Hg) untuk dapat mengekstraksi biji emas di dalam gelondongan, dengan menggunakan metode tersebut dapat berdampak buruk bagi lingkungan atau manusia, hal tersebut dikarenakan potensi terakumulasi kontaminan Hg dan logam berat lainnya semakin besar.(Kusuma & Budianta, 2017).



Gambar 1 Bak Penampung *Tailing* Sementara
Sumber: Dokumentasi Pribadi

2.3 Sifat Fisik dan Kimia Merkuri

Merkuri (Hg) merupakan salah satu *trace element* yang mempunyai sifat cair pada temperatur ruang dengan spesifik gravity dan daya hantar listrik yang tinggi, hal tersebut yang membuat merkuri banyak digunakan baik dalam kegiatan perindustrian maupun laboratorium, akan tetapi diluar kegunaan merkuri yang sangat bermanfaat tersebut, disisi lain merkuri juga sangat berbahasa bagi lingkungan khususnya manusia. Merkuri menjadi berbahaya karena dapat teroksidasi menjadi Hg^{2+} oleh sistem biologi dan dapat terucui ke aliran air sehingga mencemari lingkungan dan terakumulasi pada mahluk hidup dalam bentuk metilmerkuri (CH_3Hg^+), garam organomerkuri. Sekali terbentuk metil merkuri ini jumlahnya terus bertambah dan pada top predator seperti ikan, konsentrasinya dapat mencapai jauh di atas batas aman untuk dikonsumsi manusia (Hidayati et al., 2016).

Secara umum logam merkuri memiliki sifat-sifat sebagai berikut (Heryando Palar, 2004).

- a. Berwujud cair pada suhu kamar ($25^{\circ}C$) dengan titik beku paling rendah sekitar $-39^{\circ}C$.
- b. Merupakan logam yang paling mudah menguap jika dibandingkan dengan logam-logam yang lain.
- c. Tahanan listrik yang dimiliki sangat rendah, sehingga menempatkan merkuri sebagai logam yang sangat baik untuk menghantarkan daya listrik.
- d. Dapat melarutkan bermacam –macam logam untuk membentuk alloy
- e. Merupakan unsur yang sangat beracun bagi semua mahluk hidup, baik itu dalam bentuk unsur tunggal (logam) ataupun dalam bentuk persenyawaan.

2.4 Sumber Pencemaran Merkuri

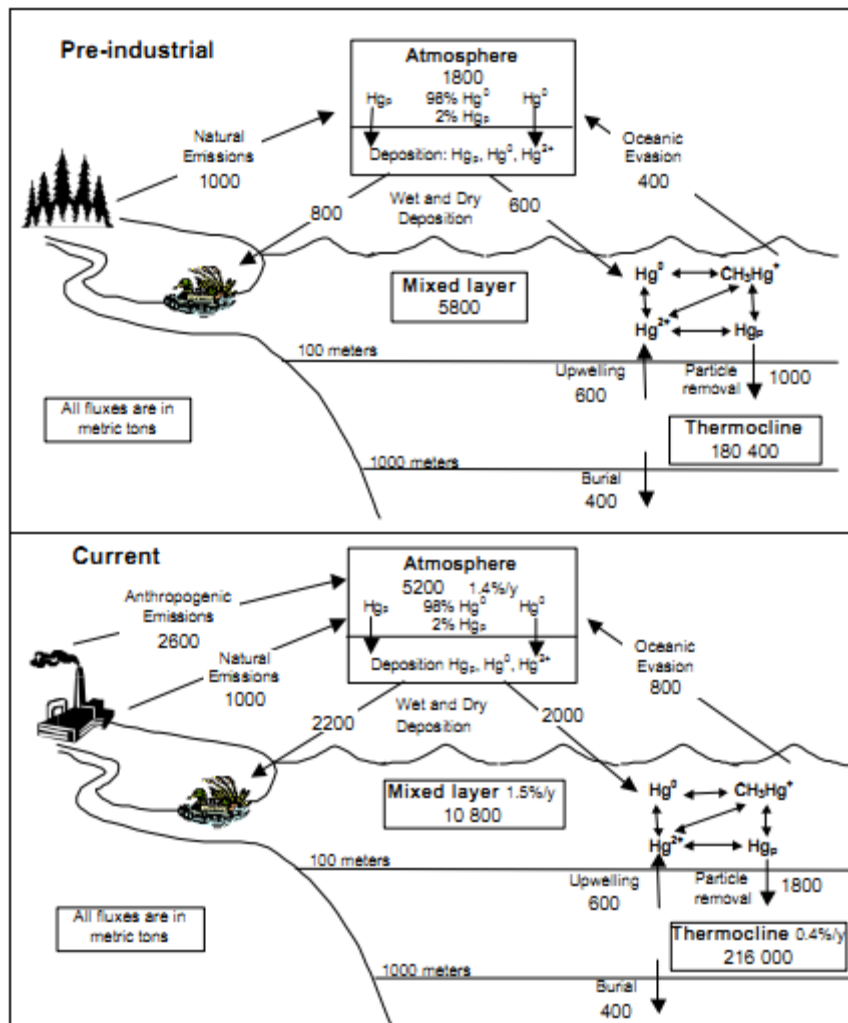
Dampak kesehatan dan sifat toksik yang dimiliki merkuri dapat menjadi permanen, oleh karena itu perlu diperhatikan paradigma kejadian penyakit karena keracunan merkuri mulai dari sumber kontaminan, bentuk kontaminan merkuri yang mencemari, media yang dilalui atau digunakan dalam penyebaran ke manusia, , bioindikator apa yang dipakai sebagai level pajanan hingga penyakit yang ditimbulkannya (WHO, 1991).

Proses geologi dan biologi adalah salah satu kegiatan yang dapat menjadi sumber pencemaran merkuri , akan tetapi tidak sebanding dengan pencemaran yang bersumber dari kegiatan manusia seperti: pembakaran batubara, jenis-jenis produk minyak bumi, penggunaan fungisida, katalisator merkuri dan penambangan emas yang menggunakan merkuri sebagai bahan pengekstraksi emas (Fatimawali et al., 2011).

2.5 Merkuri di Lingkungan

Pembuangan sampah domestik dan industri dapat menjadi salah satu media dari masuknya pencemaran merkuri ke lingkungan (baterai, pembakaran batu bara, lampu infloresen, produk-produk medis, termometer, barometer, dan lain-lain), pembakaran hutan, pembakaran sisa-sisa sampah domestik di tempat pembuangan sampah terutama diperkotaan, rumah sakit, pabrik semen dan peleburan logam serta pengolahan biji emas (Rumbruren et al., 2015). Berikut

adalah skema masuknya merkuri ke dalam lingkungan khususnya pada air permukaan:



Gambar 2 Siklus Merkuri di Lingkungan

Sumber: <http://cumanuliss.blogspot.com/2012/09/siklus-merkuri.html>

Merkuri yang masuk dalam lingkungan perairan dapat berbentuk (Widowati et al., 2008) :

- Merkuri anorganik: berasal dari air hujan atau aliran sungai dan memiliki sifat stabil pH yang rendah.
- Merkuri organik: berasal dari kegiatan pertanian, yaitu penggunaan pestisida.
- Terikat: *suspended soil*.
- Logam merkuri: berasal dari kegiatan industri.

2.6 Air Permukaan (Air Sungai)

Air permukaan adalah bagian dari air hujan yang tidak mengalami infiltrasi (peresapan) atau air hujan yang mengalami peresapan dan muncul kembali ke permukaan tanah. Klasifikasi air permukaan dibagi menjadi beberapa macam

yakni sungai, rawa, danau dan limpasan. Dari beberapa macam jenis air permukaan, sungai merupakan sumber air yang penting dan banyak dimanfaatkan, sepanjang kualitas dan kuantitasnya cukup dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia seperti irigasi, industri, rumah tangga, aktivitas pedesaan dan perkotaan serta kehidupan organisme lainnya dalam suatu ekosistem (Cinar & Merdun, 2009).

Dikarenakan daerah sungai merupakan tempat mengalirnya air secara terbuka dan salah satu daerah paling rendah di permukaan bumi, menyebabkan daerah sungai lebih mudah menjadi tempat terakumulasinya berbagai macam buangan di daerah sekitarnya. Oleh karena itu, hal tersebut menjadikan sungai sangat rentan terkontaminasi oleh pencemaran yang disebabkan oleh berbagai kegiatan atau aktivitas manusia di sekitarnya (Azrina, M.Z et al., 2006).

2.7 Atomic Absorption Spektrofotometri (AAS)

Spektrphotometer Serapan Atom (SSA) adalah suatu alat yang digunakan untuk melakukan analisis penentuan unsur logam atau unsur metalloid yang pengukurannya didasarkan pada penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam. Prinsip dari *Spektrpotometri* Serapan Atom (SSA) adalah absorpsi cahaya oleh atom. Atom tersebut akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya logam yang akan dianalisis. Cahaya yang diserap biasanya merupakan sinar ultra violet dan sinar tampak (Supriyadi, 2016).

2.8 Sistem Informasi Geografi

Sistem Informasi Geografis merupakan suatu sistem informasi yang digunakan untuk menginput, menyimpan, mengolah, menganalisa, dan menghasilkan data yang bereferensi atau geospasial untuk mendukung dalam pengambilan keputusan (Prahasta, 2001). Sistem Informasi Geografis dibagi menjadi dua kelompok yaitu sistem manual (analog), dan sistem otomatis (yang berbasis digital komputer). Perbedaan yang paling mendasar terletak pada cara pengelolaannya. Sistem Informasi manual biasanya menggabungkan beberapa data seperti peta, lembar transparansi untuk tumpang susun (*overlay*), foto udara, laporan statistik dan laporan survei lapangan (Nirwansyah, 2016).

SIG memiliki kemampuan untuk menghubungkan berbagai macam bentuk data berupa titik di bumi, kemudian data tersebut digabungkan dan dianalisa untuk dipetakan hasilnya. Bentuk data yang diolah adalah data spasial yakni sebuah data yang memiliki titik koordinat tertentu dan bentuk penyesuaian geografis. Sehingga aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti; lokasi, kondisi, *trend*, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya (Hartoyo et al., 2010).

2.9 Metode Interpolasi Kriging

Interpolasi adalah suatu metode yang digunakan untuk menduga suatu nilai pada lokasi-lokasi yang datanya tidak tersedia. Dalam pemetaan, interpolasi merupakan cara untuk mendapatkan data dari beberapa data yang sudah didapatkan, sehingga muncul sebaran atau peta nilai pada seluruh wilayah. Setiap metode interpolasi akan memberikan hasil yang berbeda (Pramono, 2008).

Metode interpolasi kriging dapat digolongkan 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 D. et al., 2015).

2.10 Hasil Penelitian Sebelumnya

Pada tabel 1 menjelaskan tentang hasil dari penelitian serupa yang sudah dilakukan, yang berisikan nama peneliti, judul penelitian, metode dan hasil penelitian. Penelitian sebelumnya berfungsi sebagai referensi dan bahan perbandingan antara penelitian sebelumnya dengan penelitian yang sedang dikerjakan sekarang.

Tabel 1 Penelitian Pendukung Sebelumnya

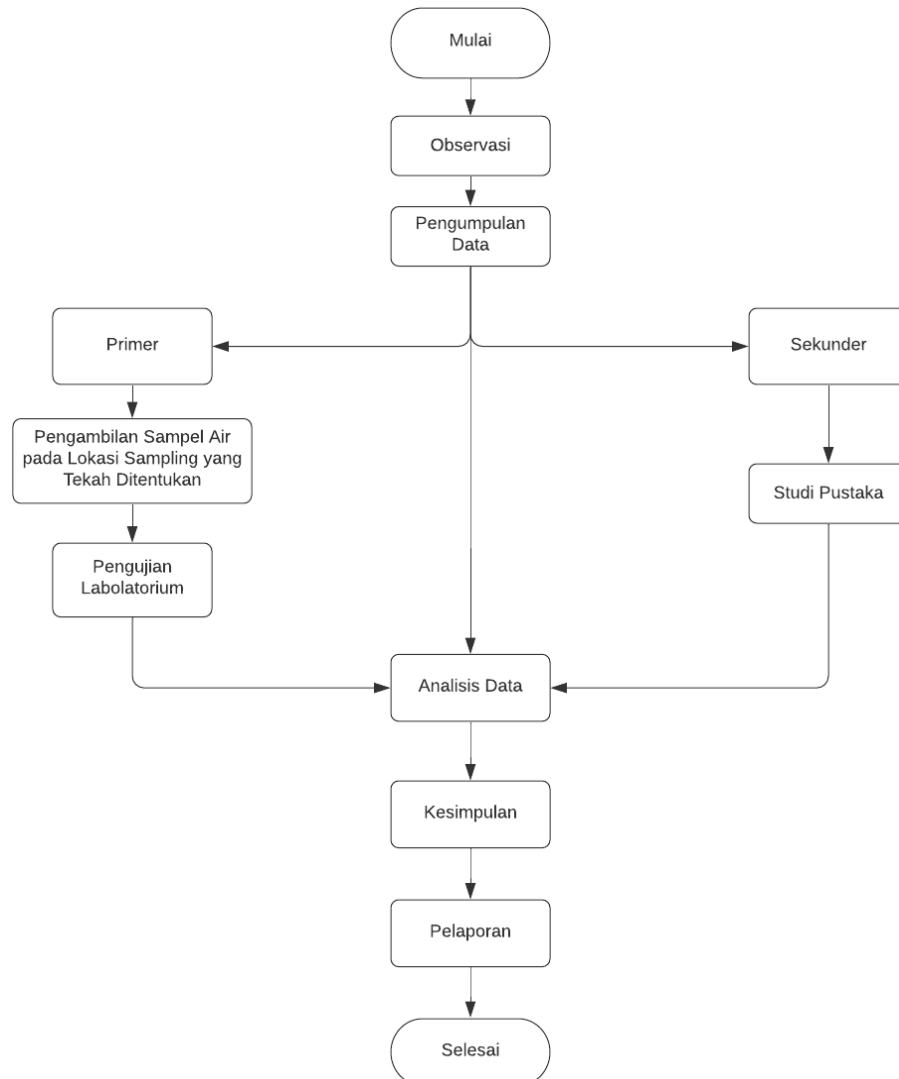
No	Nama peneliti	Judul penelitian	Metode penelitian	Hasil
1	Setiabudi, B. T. (2005)	Penyebaran merkuri akibat usaha pertambangan emas di daerah sangon, kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta.	Pengumpulan data sekunder dan primer (data geokimia), melakukan survei secara langsung di lapangan dan pengambilan contoh sedimen, tanah, air dan batuan. Pengujian sampel menggunakan AAS	Pengolahan emas secara amalgamasi telah menimbulkan kontaminasi merkuri pada sedimen dan sekitarnya. Untuk contoh air menunjukkan tidak terdeteksinya kontaminasi merkuri dimana pada semua contoh air bernilai <0,5 ppb, meskipun demikian akibat kegiatan pertambangan sudah menyebabkan terjadinya kekurangan di beberapa titik pada daerah tersebut.

2	Ratih Chandra Kusuma, Wawan Budianta, Arifudin (2017)	Kajian Kandungan Logam Berat di Lokasi Penambangan Emas Tradisional di Desa Sangon, Kecamatan Kokap, Kulon Progo	Pengambilan data terdiri dari data sekunder dan primer (geologis, survei lapangan). Contoh diambil adalah sedimen dan air permukaan, kemudian contoh diuji menggunakan ICP-AES (<i>Atomic Emission Spectrometry</i>)	Hg atau merkuri adalah logam berat yang paling berbahaya untuk lingkungan. Nilai Hg untuk air permukaan di lokasi penelitian adalah deteksi limit atau masih berada dalam kondisi lingkungan yang baik. Sedangkan nilai Hg untuk sedimen sungai berkisar antara 7,57 – 8,43 ppb dengan lokasi dengan kandungan Hg paling tinggi adalah area upstream.
3	Putri Ade Rahma Yulis	Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) Dan (pH) Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI)	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Penentuan titik sampling dilakukan menggunakan metode purposive sampling yaitu melihat dengan pertimbangan tertentu (dipilih 3 titik sampling dari lokasi hulu tengah dan hilir). Pengujian kadar Hg menggunakan Standar Nasional Indonesia SNI 6989.78.2011. Metode pengujian air raksa (Hg) dalam air dan air limbah secara SSA uap dingin atau Mercury analyzer sesuai SNI 6989.78: 2011	kadar logam merkuri (Hg) sudah melampaui angka baku mutu yang ditetapkan PP No. 82 Tahun 2001, dimana Hg pada lokasi penelitian mencapai 13 ppb sementara batas baku mutu adalah 1 ppb.

BAB III METODE PENELITIAN

2.1 Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis sebaran kandungan merkuri (Hg). Adapun alur pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut :

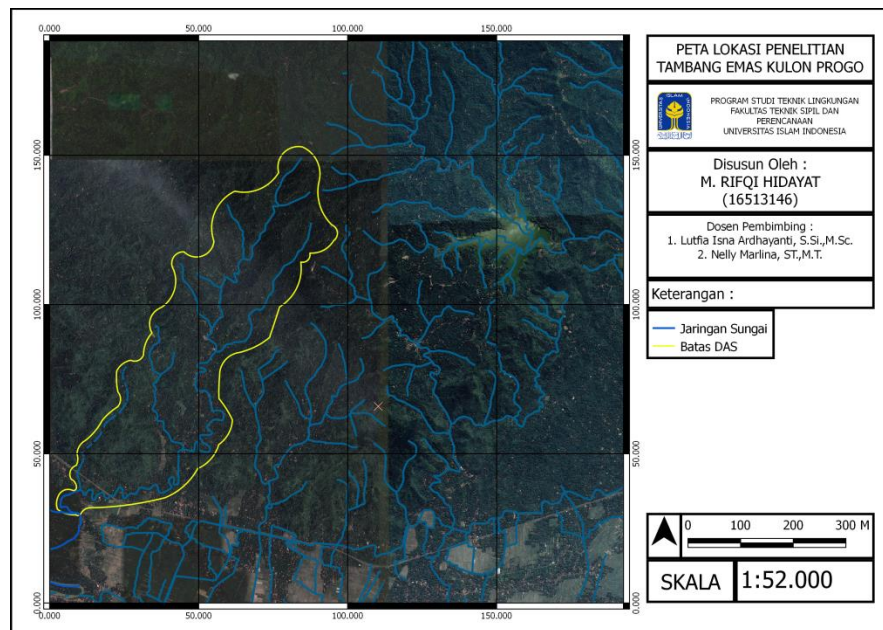


Gambar 3 Diagram Alir Metode Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Desa Sangon, Kalirejo, Kulon Progo, Yogyakarta untuk pembilan sampel dan analisis sampel dilaksanakan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Penelitian dimulai pada Juli 2020 sampai Desember 2020. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4 Peta Batas Lokasi Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

- a. Botol sampel
- b. *Coolbox*
- c. Termometer
- d. Alat tulis
- e. Erlenmeyer 100 ml
- f. Pipet ukur 5 ml
- g. Karet hisap
- h. Corong kaca
- i. Kertas saring 0,45 μ l
- j. Labu ukur 10 ml
- k. Labu ukur 100 ml
- l. Botol vial
- m. *Mercury Analyzer*

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

- a. Aquades
- b. pH universal
- c. Larutan standar merkuri (Hg)

3.3.3 Analisis Data dan Pemetaan

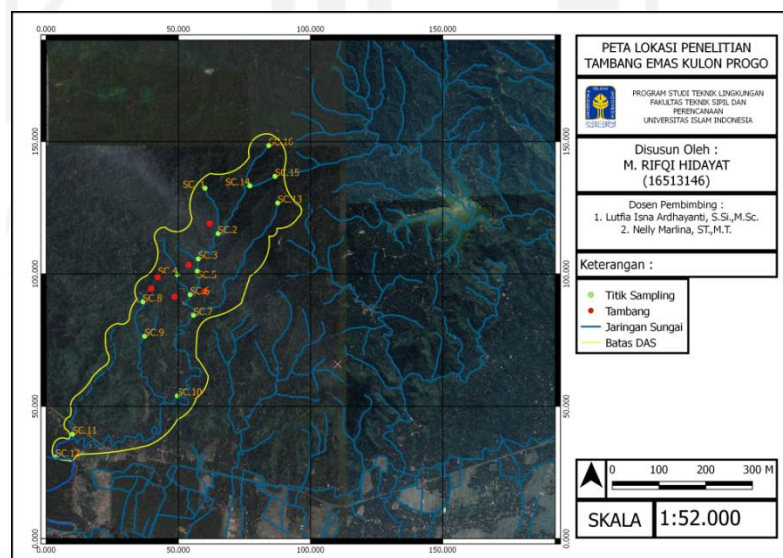
Alat yang digunakan untuk analisis data dan pemetaan adalah sebagai berikut :

- a. Laptop
- b. QGIS
- c. ArcGIS
- d. *Microsoft Word*
- e. *Microsoft Excel*

3.4 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini pengumpulan data terbagi menjadi dua, yakni primer dan sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan melalui terjun langsung di lapangan seperti hasil wawancara dengan masyarakat di sekitar daerah penelitian. Kemudian data sekunder merupakan data yang diperoleh dari refrensi ilmiah seperti jurnal penelitian, buku dan instansi- instansi yang terkait dengan penelitian.

Metode sampling yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan SNI 6989.57 Tahun 2008 tentang Metode Pengambilan Contoh air Permukaan, dimana titik sampling ditentukan secara *Purposive* sampling, yakni mengambil sampel dengan menentukan kriteria atau ciri khusus untuk mendukung penelitian, kriteria khusus pada pengambilan sampel di penelitian ini adalah mengambil sampel pada titik terdekat dengan sumber pencemar, hulu, tengah dan hilir aliran sungai serta setiap pertemuan aliran sungai yang berbeda. Lokasi pengambilan sampel/titik sampel dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 5 Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Adapun teknis pengambilan sampel yang dilakukan berdasarkan SNI 689.57 Tahun 2008 sebagai berikut :

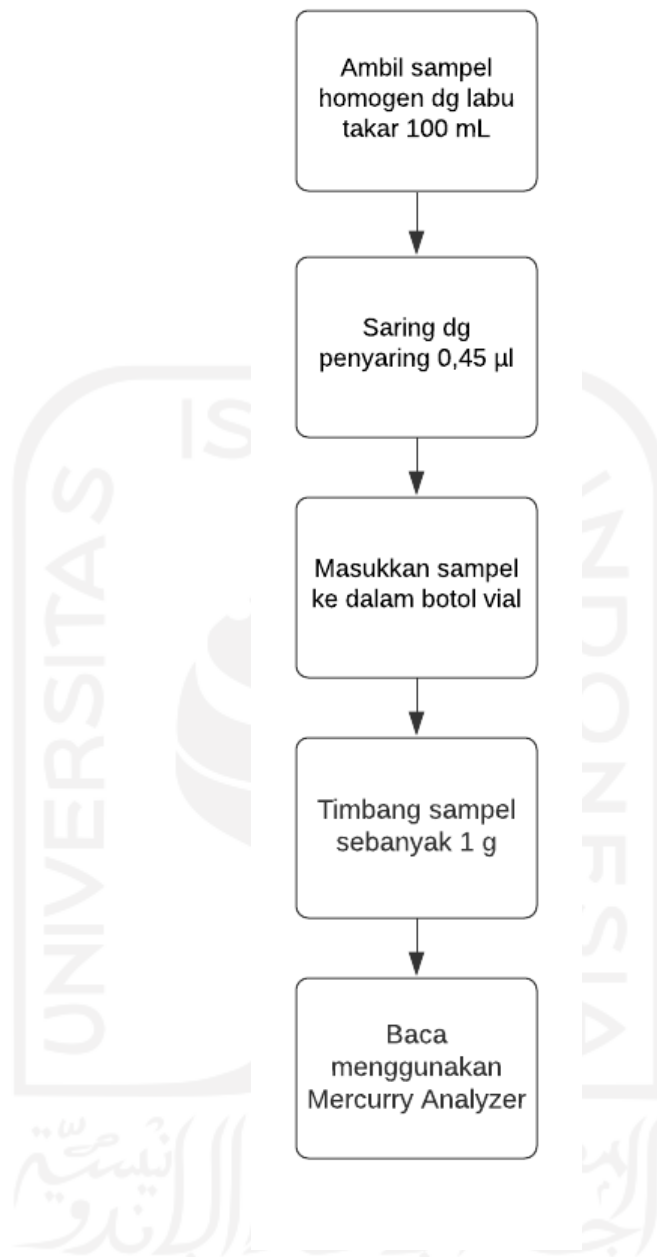
1. Menyiapkan botol yang akan digunakan untuk wadah sampel air.
2. Membilas botol menggunakan air sampel.
3. Memasukkan air sampel ke dalam botol dengan cara mencelupkan botol sampel ke dalam aliran/genangan air.
4. Mengukur pH dan suhu kemudian catat
5. Menutup tutup botol sampel dan menuliskan label sampel.

3.5 Metode Analisis Data

3.5.1 Analisis Kandungan Merkuri (Hg)

Metode analisis logam berat yang digunakan adalah metode *atomic absorption spectrometry* (AAS) sistem nyala yang sesuai dengan SNI 6989-84 tahun 2019 tentang cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara metode *atomic absorption spectrometry* (AAS). Sebelum sampel air permukaan di analisis kandungan merkurnya menggunakan AAS, sampel dipreparasi terlebih dahulu. Teknis preparasi sampel dapat dilihat pada gambar berikut:





Gambar 6 Preparasi Sampel

Sampel air sungai dan air rembesan dari masing-masing parameter yang telah diketahui nilai absorbansi, kemudian diinterpolasikan ke dalam kurva kalibrasi yang telah disiapkan, kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air. Selanjutnya dilakukan pemetaan kandungan merkuri (Hg) dengan menggunakan software pendukung *Geographic Information System* (GIS). Setelah mengetahui kandungan merkuri (Hg) setiap titik sampling dilakukan plotting berdasarkan

tingkat konsentrasi merkuri (Hg) berdasarkan jumlah kandungannya. Agar dapat mengetahui pola penyebaran merkuri (Hg) di lokasi penelitian.

3.5.2 Pemetaan Persebaran Logam Berat

Quantum Geographic Information System (QGIS) dan *ArcGis* adalah *software* yang digunakan peneliti untuk melakukan pemetaan sebaran kandungan merkuri (Hg) yang telah didapatkan dari hasil pengujian. Pemetaan persebaran logam berat dalam penelitian ini menggunakan metode interpolasi krigging. Metode Krigging merupakan metode interpolasi yang dapat digolongkan dalam interpolasi stochastic. Interpolasi stochastic menawarkan penilaian kesalahan dengan nilai prediksi dengan mengasumsikan kesalahan acak. Asumsi dari model ini adalah jarak dan orientasi antara sampel data menunjukkan korelasi spasial (Fajri, 2016).

Metode interpolasi kriging digunakan karena kemampuannya 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, selain itu metode ini dipilih dikarenakan memiliki nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) yang rendah, dimana nilai tersebut merupakan akar kesalahan rata-rata yang digunakan untuk mengevaluasi model regresi linear dengan mengukur tingkat akurasi hasil perkiraan suatu model (Largueche, 2006).

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Desa Sangon, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Pada Desa Sangon sendiri masih terdapat dua pengolahan emas yang masih aktif, biasanya masyarakat lebih banyak melakukan penambangan emas secara tradisional, yakni masih mengandalkan teknik ayakan, kemudian hasil yang didapatkan akan diolah oleh masyarakat yang memiliki alat pengolahan emas dengan menggunakan metode amalgamasi.

Proses kegiatan penambangan yang dilakukan secara tradisional menyebabkan terjadinya pencemaran merkuri di lingkungan, dimana untuk besar kandungan konsentrasi merkuri pada lingkungan khususnya air sangat dipengaruhi oleh musim. Pada penelitian ini, pengambilan sampel dilakukan di pengawal musim hujan, dikarenakan hal tersebut, masih ada beberapa titik pengambilan sampel yang mengalami kekeringan.

4.2 Parameter Fisik

Parameter fisik diukur secara langsung di tempat lokasi pengambilan sampel, parameter yang dimaksud seperti suhu dan pH, hal itu dilakukan untuk mengetahui keadaan atau nilai dari suatu parameter sesuai dengan kondisinya di alam tanpa merubah nilai itu sendiri. Hasil dari pengukuran parameter fisik di lapangan ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 2 Hasil pengukuran Paarameter Fisik

No	Kode Sampel	Koordinat	pH	Suhu
1	SC 1	110,0681873-7,8176728	7	27
2	SC 2	110,0706861-7,8264357	7	27
3	SC 3	110,0669481-7,8314120	7	26
4	SC 4	110,0628728-7,8344053	6	27
5	SC 5	110,0667248-7,8337842	7	27
6	SC 6	110,0653565-7,8383356	6	26
7	SC 7	110,0659724-7,8423004	7	26
8	SC 8	110,0560962-7,8397977	7	28
9	SC 9	110,0565368-7,8463252	7	27
10	SC 10	110,0627270-7,8579227	7	26
11	SC 11	110,0424485-7,8654097	7	26
12	SC 12	110,0390491-7,8697492	6	27
13	SC 13	110,0823493-7,8205274	7	27
14	SC 14	110,0768381-7,8172430	7	27
15	SC 15	110,0817861-7,8153068	7	27

Hasil pengukuran dari parameter suhu yang dilakukan secara langsung di lapangan berkisar antara 26-28 °C, dimana nilai suhu terendah terletak pada kode sampel SC.2, SC.3, SC.6, SC.7 dan SC.14 yakni sebesar 26°C, sedangkan untuk nilai suhu tertinggi terletak pada kode sampel SC.4 yakni sebesar 28°C. Nilai suhu air yang diukur biasanya dipengaruhi oleh waktu pengambilan sampel ataupun kondisi lokasi tempat pengambilan sampel.

Nilai pH pada masing –masing titik berkisar antara 6-7, untuk nilai pH terendah terdapat pada kode sampel SC.4, SC. 6 dan SC. 12 yakni sebesar 6, rendahnya nilai pH pada titik tersebut dapat disebabkan karena dekatnya pengambilan sampel dengan sumber pencemar. Banyaknya buangan yang berasal dari industri- industri kimia, rumah tangga, dan bahan bakar fosil ke dalam perairan dapat mempengaruhi nilai pH di dalamnya, seperti halnya pada penelitian ini, karena kegiatan aktifitas pertambangan yang masih menggunakan merkuri menyebabkan larutnya kandungan merkuri dalam badan air.

Nilai pH pada air dapat mempengaruhi toksisitas logam berat, apabila nilai pH rendah atau terlalu asam dapat menyebabkan logam menjadi lebih terlarut yang artinya bahwa dapat meningkatkan toksisitas logam berat pada air, sedangkan jika nilai pH terlalu basa dapat membentuk amonium hidroksida yang dapat membahayakan organisme (Palar, 1994). Selain itu, dengan nilai pH yang normal kandungan atau kelarutan logam berat akan stabil dan berikatan dengan anion yang menyebabkan terbentuknya kompleks organologam yang akan mengendap ke dasar perairan.

Berdasarkan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 Tentang Baku Mutu Air, nilai pH yang dibolehkan pada kelas II sebesar 6-8,5, yang artinya kandungan pH pada titik sampel yang diambil masih dalam batas wajar atau di bawah baku mutu.

4.3 Kandungan Merkuri (Hg) pada Air Sungai

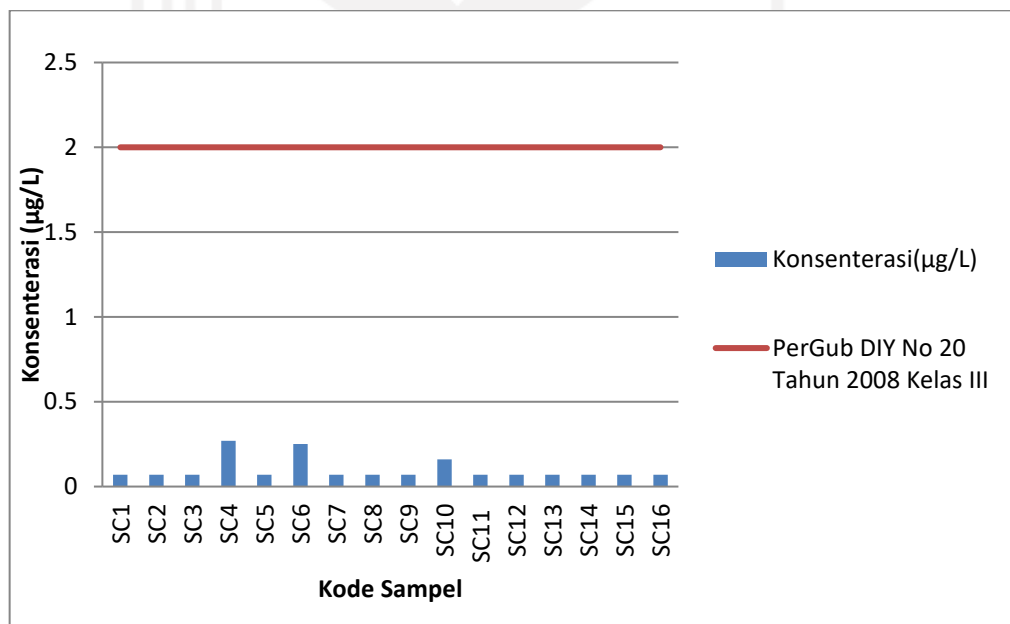
Pengujian sampel dilakukan di Labolatorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gadjah Mada sesuai dengan SNI. Berikut merupakan hasil dari pengujian sampel dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 3 Hasil Pengukuran Merkuri (Hg) Terlarut

No	Kode	Konsentrasi($\mu\text{g/L}$)
1	SC1	<0,07
2	SC2	<0,07
3	SC3	<0,07
4	SC4	0,27
5	SC5	<0,07
6	SC6	0,25

7	SC7	<0,07
8	SC8	<0,07
9	SC9	<0,07
10	SC10	0,16
11	SC11	<0,07
12	SC12	<0,07
13	SC13	<0,07
14	SC14	<0,07
15	SC15	<0,07
16	SC16	<0,07

Hasil pengujian menunjukkan besaran nilai kandungan merkuri pada sampel berkisar antara <0,07 – 0,27 $\mu\text{g/L}$, untuk data yang memiliki nilai di bawah 0,07 $\mu\text{g/L}$ berarti sampel tersebut tidak dapat terbaca dikarenakan nilai dari alat deteksi limit alat yang digunakan hanya dapat membaca nilai di atas 0,07 $\mu\text{g/L}$. Kandungan merkuri terbesar terdapat pada sampel SC.4 yang pengambilan sampelnya dekat dengan area tambang yang masih aktif, sedangkan untuk kandungan merkuri terendah terdapat pada lokasi yang berjarak cukup jauh dengan area tambang yang masih aktif, seperti pada titik- titik yang ada di hulu dan hilir sungai.



Gambar 7 Grafik Konsentrasi Merkuri

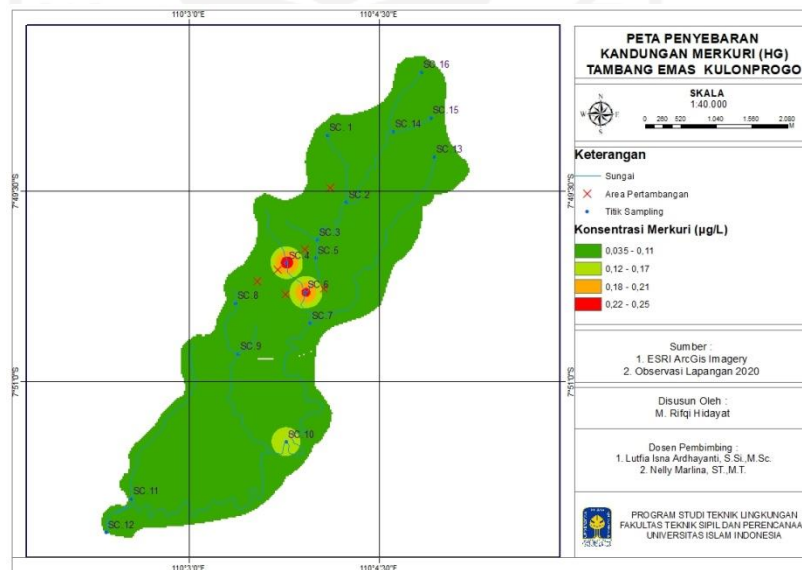
Berdasarkan Peraturan Gubernur DIY Nomer 20 Tahun 2008 tentang baku mutu air permukaan, dimana dalam peraturan tersebut, baku mutu air permukaan dibagi menjadi empat kelas berdasarkan peruntukannya, untuk hasil penelitian

tentang kandungan merkuri pada air permukaan dibandingkan dengan baku mutu kelas tiga yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, perternakan, air untuk mengairi tanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Setelah dibandingkan dengan baku mutu, hasil dari semua sampel dibawah standar baku mutu yang sudah di tetapkan. Standar baku mutu yang sudah ditetapkan untuk parameter merkuri kelas tiga sebesar 2 $\mu\text{g/L}$, meskipun pada semua sampel masih dalam batas aman, tetapi di beberapa titik sampel air sungai, masih memiliki kandungan merkuri yang dapat dibaca oleh merkuri analis.

4.4 Persebaran Kandungan Merkuri Pada Lokasi Penelitian

4.4.1 Pemetaan Sebaran Kandungan Merkuri

Pemetaan sebaran kandungan konsentrasi merkuri pada penelitian ini menggunakan metode interpolasi. Metode ini dilakukan untuk mendapatkan data dengan memanfaatkan kumpulan dari beberapa data yang sudah ada, metode interpolasi yang digunakan adalah kriging, metode interpolasi kriging adalah estimasi stokastik yang mirip dengan metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) yang menggunakan kombinasi linear dari *weighted* untuk memperkirakan nilai diantara sampel data pemetaan dibuat memakai *software Quantum Geographic Information System* (GIS) dan *Arcgis* (Pranomo, 2008). Berikut adalah hasil pemetaan penyebaran kandungan merkuri yang telah dilakukan :



Gambar 8 Peta Penyebaran Kandungan Merkuri

Setelah dilakukan pemetaan menggunakan metode interpolasi kriging, maka akan muncul perbedaan warna dari setiap area penelitian sesuai dengan konsentrasi yang dimiliki, dimana penggunaan warna berfungsi untuk mempermudah dalam membaca atau memahami peta dan yang paling adalah untuk mempermudah membedakan area pada peta yang memiliki kandungan konsentrasi merkuri paling rendah ataupun paling tinggi. Dari gambar 4.1 peta penyebaran kandungan merkuri diklasifikasikan menjadi empat warna

berdasarkan besar konsentrasi merkuri yang telah didapatkan, dapat dilihat bahwa warna hijau tua pada peta sangat mendominasi di area penelitian, dimana pada area yang berwarna hijau tua mengandung konsentrasi merkuri sebesar 0,035-0,11 $\mu\text{g/L}$, kemudian untuk area yang berwarna hijau muda hanya ada di sekitar titik SC.4, SC.6 dan SC 10, yang artinya bahwa pada area tersebut mengandung konsentrasi merkuri sebesar 0,12- 0,17 $\mu\text{g/L}$, selanjutnya warna oranye memiliki kandungan merkuri sebesar 0,18- 0,21 $\mu\text{g/L}$ yang berada pada sekitar titik SC.4 dan SC.6. kandungan merkuri paling tinggi pada peta yaitu area yang berwarna merah disekitar titik sampel SC.4 dan SC.6, kandungan merkuri yang didapatkan sebesar 0,22- 0,25 $\mu\text{g/L}$.

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, konsentrasi merkuri terbesar pada air sungai terletak pada titik pengambilan sampel yang berada di sekitaran tambang yang masih aktif, dimana dari enam tambang yang dicantumkan dalam peta, hanya ada dua tambang yang masih aktif sampai sekarang, tambang tersebut terletak diantara titik sampling SC.4 dan SC.8, meskipun demikian, peta penyebaran kandungan konsentrasi merkuri di atas menunjukkan bahwa di semua daerah penelitian kandungan merkuri yang didapatkan masih di bawah baku mutu yang telah ditetapkan, hal tersebut dapat dikarenakan oleh beberapa faktor seperti, kondisi atau keadaan lapangan saat mengambil sampel. Seperti paada titik SC10, meskipun terletak pada daerah yang cukup jauh dari sumber pencemar, akan tetapi nilai konsentrasi merkuri pada titik tersebut lebih tinggi daripada titik SC 7 yang lebih dekat dengan daerah sumber pencemar, hal itu terjadi kemungkinan dikarenakan kondisi pada saat pengambilan sampel, dimana pada saat itu sampel yang diambil pada titik SC 7 lebih mengarah pada aliran sungai dari hulu daripada aliran dari sumber pencemar dikarenakan sungai yang kering, sedangkan pada titik SC 10 kemungkinan sumber sampel yang diambil berasal dari aliran hulu sungai atau sumber pencemar.

Kondisi lapangan pada saat pengambilan sampel di beberapa area titik sampling mengalami kekeringan, dimana sebelumnya masih jarang terjadinya hujan, yang menyebabkan kemungkinan air sampel yang telah diambil untuk diuji adalah kumpulan air hujan pada hari itu, sehingga dapat dikatakan bahwa kemungkinan besar kandungan merkuri dari hasil pengolahan emas pada daerah penelitian sangat rendah, faktor selanjutnya dapat dipengaruhi oleh sifat alamnya merkuri atau logam berat, dimana logam berat merkuri mudah larut dan mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan partikel pada perairan, kemudian mengendap membentuk lumpur, sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air dikarenakan pengendapan tersebut, sedangkan di dalam air lebih kecil karena proses pengenceran dan pengaruh pola arus (Rochyatun et al., 2006). Kemudian faktor terakhir adalah dikarenakan kandungan merkuri yang rendah pada sumber pencemar yakni titik SC.4 diambil langsung dari bak penampung limbah, sehingga karena hal tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa area titik sampling yang jauh dari sumber pencemar akan memiliki kandungan yang lebih rendah.

4.4.2 Analisis Angka Risiko Paparan Kandungan Merkuri

Hasil penelitian menunjukkan kandungan merkuri yang terdapat pada daerah penelitian masih dalam batas aman atau dibawah standar baku mutu yang telah ditetapkan, meskipun demikian masyarakat harus tetap mewaspadaai atau

meminimalisir paparan dengan merkuri, agar mempermudah hal tersebut, perlu diketahuinya besar risiko yang akan diterima.

Dalam mendapatkan nilai besaran risiko kandungan logam berat khususnya merkuri, maka perlu diketahui atau menghitung nilai intake kontaminan, untuk mendapatkannya dapat menggunakan rumus sebagai berikut (LaGrega, 2001):

$$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED \times 1}{BW \times AT}$$

Keterangan:

- I = Intake harian kronik(mg/kg/hari)
- C = Rata –rata konsentrasi pemaparan pada periode tertentu (mg/l)
- CR = Jumlah kontak media terkontaminasi tiap 1 unit waktu (1/hari atau m³/hari)
- ED = Nilai tinggal yang mewakili paparan tertinggi (tahun)
- EF = Nilai tinggal yang mewakili paparan paling sering terjadi (hari/tahun)
- BW = Berat badan individu yang terpapar (kg)
- AT = Periode waktu rata-rata pemaparan (hari)

Dari persamaan diatas dapat menunjukkan nilai besaran risiko dari kontaminan merkuri pada daerah penelitian. Apabila nilai yang mempengaruhi besarnya nilai intake risiko seperti rata –rata konsumsi air (CR), frekuensi pemaparan (EF), durasi pemaparan (ED) dan juga berat badan setiap individu (BW) diasumsikan semua dengan nilai yang sama pada setiap titik penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa daerah paling tinggi yang dapat menyebabkan kanker terletak pada sekitar daerah titik sampling yang memiliki konsentrasi merkuri paling tinggi yaitu pada titik sampling SC 4 dan SC 6, hal itu dikarenakan semua nilai yang mempengaruhi nilai intake diasumsikan dengan nilai yang sama pada setiap titik kecuali nilai konsentrasi yang disesuaikan dengan hasil penelitian laboratorium.

4.5 Alternatif Pengolahan

Untuk menghilangkan atau mengurangi kandungan merkuri pada air dapat dilakukan dengan cara koagulasi atau mengendapkan polutan dengan memanfaatkan senyawa karbonat, fosfat dan sulfida. Dalam penelitian ini, pengolahan yang tepat dengan konsentrasi yang rendah dan lebih mudah diakses oleh masyarakat adalah menggunakan adsorpsi karbon aktif, dimana proses tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan filter karbon aktif granular. Karbon aktif biasanya terbuat dari bahan baku yang mengandung karbon seperti limbah kayu, arang, batok kelapa, batu bara atau senyawa karbon lainnya.

Ukuran partikel dan cara penggunaannya sangat mempengaruhi daya adsorpsi karbon. Dari besar ukurannya karbon aktif dapat dibagi menjadi dua jenis yakni karbon aktif bubuk dan karbon aktif butiran. Gaya tarik menarik antara molekul karbon aktif dengan molekul *adsorbate* menyebabkan terkonsentrasinya molekul –molekul *adsorbate* di dalam air ke permukaan karbon (Said ,2010).

Proses pengolahan menggunakan karbon aktif diawali dengan menginjeksikan karbon aktif ke dalam air baku sebelum proses koagulasi,

selanjutnya dikarenakan zat polutan yang ada di dalam air baku mengalami kontak dan pencampuran, karbon aktif berperan dalam mengadsorpsi polutan tersebut, kemudian proses adsorpsi dilakukan maka air baku selanjutnya masuk ke tahap koagulasi, dimana tahap ini berfungsi untuk memisahkan air dengan kotoran lainnya seperti lumpur. Untuk partikel-partikel yang belum dapat dipisahkan pada saat proses koagulasi dapat dihilangkan dengan proses filtrasi.

Untuk cara pengaplikasian alternatif ini cukup sederhana, yakni dengan membubuhkan karbon aktif ke dalam air yang sudah ada di dalam wadah khusus seperti tangki atau lainnya dan dilengkapi dengan, atau dapat menyesuaikan dengan peralatan yang ada seperti membuat *grit chamber*, atau menggabungkannya pada saat proses koagulasi.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pemetaan penyebaran kandungan konsentrasi merkuri pada air sungai di pertambangan emas Desa Sangon, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan penelitian, didapatkan kandungan merkuri pada sejumlah titik sampel yang telah ditentukan, meskipun beberapa sampel tidak dapat terdeteksi atau nilai kandungan merkurnya di bawah limit deteksi alat, dapat disimpulkan bahwa disekitar area aliran sungai Cedam terdapat kandungan merkuri. Berdasarkan Peraturan Gubernur DIY Nomer 20 Tahun 2008 tentang baku mutu air permukaan, kandungan merkuri pada aliran sungai Desa Sangon masih dalam batas aman, meskipun demikian masyarakat harus tetap memperhatikan limbah hasil pengolahan emas sebelum di buang ke lingkungan agar dapat lebih meminimalisir pencemaran pada lingkungan.
2. Persebaran kandungan merkuri di daerah aliran sungai Desa Sangon disebabkan oleh aktifitas pertambangan masyarakat, dimana semua pengolahan emas yang masih aktif pada daerah tersebut masih menggunakan teknik amalgamasi, yakni pengolahan menggunakan merkuri, kemudian untuk konsentrasi merkuri tertinggi terletak pada sekitar daerah pertambangan yang masih aktif, hal itu dibuktikan dengan tidak terdeteksinya kandungan merkuri atau dibawah deteksi limit pada titik sampling yang jauh dari pengolahan emas, selanjutnya dari hasil penyebaran kandungan konsentrasi merkuri, area yang memiliki konsentrasi tinggi hampir berdekatan dengan area titik sampling yang memiliki nilai konsentrasi tinggi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, masih terdapat 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 musim hujan pada saat melakukan penelitian, hal itu dikarenakan apabila pada musim kemarau kemungkinan sungai mengalami kekeringan sehingga dapat menghambat penelitian, akan tetapi apabila tetap ingin melakukan penelitian pada musim kemarau sebaiknya sampel yang digunakan adalah sedimen ataupun tanah. selain itu penulis menyarankan untuk titik sampling yang diambil lebih banyak untuk mengoptimalkan hasil penelitian.

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>
- Budimanta, A. (2007). *Kekuasaan dan penguasaan sumber daya alam: studi kasus penambangan timah di Bangka*. Jakarta: Indonesia Center for Sustainable Development.
- Heryando Palar. (2004). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. In *Journal of Chemical Information and Modeling*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Endang Rochyatun, M. Taufik Kaisupy, Abdul Rozak (2006). *Distribusi Logam Berat Dalam Air Dan Sedimen Di Perairan Muara Sungai Cisadane*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta 14430, Indonesia.
- Fatimawali, F., Badaruddin, F., & Yusuf, I. (2011). *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Resisten Merkuri dari Muara Sungai Sario yang dapat Digunakan untuk Detoksifikasi Limbah Merkuri*. *Jurnal Ilmiah Sains*. <https://doi.org/10.35799/jis.11.2.2011.220>
- Hartoyo, G. M. E., Nugroho, Y., Bhirowo, A., & Khalil, B. (2010). *Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis (SIG) Tingkat Dasar*. In *Journal of Regional and City Planning*.
- Herman, D. Z. (2006). *Pertambangan Tanpa Izin (PETI) dan kemungkinan Alih Status Menjadi Pertambangan Skala Kecil*. Kelompok Kerja Konservasi – Pusat Sumber Daya Geologi -Kementerian ESDM
- Hidayati, N., Syarif, F., & Juhaeti, T. (2016). *Pemanfaatan *Salvania Molesta* D.S. Mitchell, Akumulator Merkuri di Sawah Tercemar Limbah Penambangan Emas*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. <https://doi.org/10.29122/jtl.v10i3.1470>
- Joko Suprpto, S. (2007). *Tinjauan Tentang Cebakan Emas Aluvial Di Indonesia Dan Potensi Pengembangan*. *Geologi*.
- 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.
- Marsden, J., dan House, I., 2006, *The Chemistry of Gold Extraction, Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.*
- Nirwansyah, A. W. (2016). *Dasar Sistem Informasi Geografi dan Aplikasinya Menggunakan ARCGIS 9 . 3* (Ed 01, Cet). Sleman: DEEPUBLISH.
- La Grega, M.D. 2001. *Hazardous Waste Management*. Singapore: Mc Graw Hill Company Inc.
- Largueche, F. Z. B. 2006. *Estimating soil contamination with Krigging Interpolation method*. *American Journal of applied sciences*. Vol:3, No. 6.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT Rineka Cipta IKAPI Jakarta. 152 hal.
- Pramono, G. H. (2008). *Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi di Maros, Sulawesi Selatan*. *Forum Geografi*. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v22i2.4988>

- Purnama D., P. M., Sukarsa, K. G., & Dharmawan, K. (2015). *Interpolasi Spasial dengan Metode Ordinary 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>
- Redondo-Vega, J. M., Gómez-Villar, A., Santos-González, J., González-Gutiérrez, R. B., & Álvarez-Martínez, J. (2017). *Changes in land use due to mining in the north-western mountains of Spain during the previous 50 years*. *Catena*, 149, 844–856.
- Romiyanto, Barus, B., & Sudadi, U. (2015). *Model Spasial Kerusakan Lahan dan Pencemaran Air Akibat Kegiatan Pertambangan Emas Tanpa Izin di Daerah Aliran Sungai Raya, Kalimantan Barat*. *Jurnal Tanah Lingkungan*, 17(2), 47–53
- Rumbruren, A. A., Sembel, A., & Raymon, T. C. (2015). *Sampah Di Kecamatan Manokwari Selatan*. *Ejurnal.Unsrat*.
- 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.
- Said, Nusa Idaman (2010). *Metode Penghilangan Logam Merkuri Di Dalam Air Limbah Industri, Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)*. Jakarta Pusat. Gedung II Lt.20.
- Sinar Harapan. 2003. *'Industri Tambang Emas Masih Menjanjikan, Cadangan Emas Indonesia Mencapai 1300 Ton'*.
- Supriyadi. 2016. *Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan Merkuri (Hg) pada Wisata Pantai Akkarena dan Tanjung Bayang Makassar*. Makassar : Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassa
- Suwarno, Yatin., 2017, *Analisis Potensi Wilayah Kabupaten Kulonprogo Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Dari Ekstraksi, Peta Geologi, Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS 2017, Pengolahan Sumberdaya Wilayah Berkelanjutan*, ISBN: 978-602-361-072-3,hal 667
- WHO. (1991). *Inorganic mercury. Environmental Health Criteria 118*. Geneva: *International Program on Chemical Safety. World Health Organization*.
- Widagdo, Asmoro, Pramumijoyo, Subagyo, Harijoko, Agung, Setiawan, Ari., 2016, *Kajian Pendahuluan Kontrol Struktur Geologi Terhadap Sebaran Batuan-batuan di Daerah Pegunungan Kulonprogo Yogyakarta, Proceeding, Seminar Nasional Kebumian ke-9, Peran Penelitian Ilmu Kebumian Dalam Pemberdayaan Masyarakat, 6-7 Oktober 2016, Graha Sabha Pramana, Universitas Gajah Mada, hal. 9*
- Wohlfart, C., Mack, B., Liu, G., & Kuenzer, C. (2017). *Multi-faceted land cover and land use change analyses in the Yellow River Basin based on dense Landsat time series: Exemplary analysis in mining, agriculture, forest, and urban areas*. *Applied Geography*, 85, 73–88
- Yulis, P. A. R. (1970). *Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan (pH) Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI)*. *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*. <https://doi.org/10.19109/ojpk.v2i1.2167>
- Zhou, J., 2012, *Proccess Mineralogy and Application in Mineralogy Proccessing and Extractive Metallurgy. Presented at First International Metallurgical Meeting Peru 2012, October 26th, 2012, Lima, Peru*.



LAMPIRAN

Lampiran 1 dokumentasi survei lapangan:




Lampiran 2 dokumentasi Pengambilan Sampel:





Lampiran 3 Hasil Penelitian:

		LEMBAR KERJA KOMPILASI DATA LABORATORIUM PENGUJIAN "LPPT-UGM"		RDP/5.10.2/LPPT Rev 1	
Nama Sampel	Air Sungai	No Pengujian			
Kode Sampel	20100100927	Tanggal Diterima			
Tanggal Pengujian	5 Oktober 2020	Tanggal Selesai		15 Oktober 2020	
Suhu Ruangan	26	Kelembaban		63	
Metode Uji	1. IKU/7.2/MA-01		2.		
No	Kode	Hg Baca (µg/L)	Hg Akhir (µg/L)	SD, Rata2, RS D	
1	SC1 ul 1	0,010	0,000		
	SC1 ul 2	0,010	0,000	< 0,07	
	SC1 ul 3	0,010	0,000		
2	SC2	0,010	0,000	< 0,07	
3	SC3	0,048	0,038	< 0,07	
4	SC4	0,278	0,268	0,27	
5	SC5	0,010	0,000	< 0,07	
6	SC6	0,260	0,250	0,25	
7	SC7	0,010	0,000	< 0,07	
8	SC8	0,010	0,000	< 0,07	
9	SC9	0,010	0,000	< 0,07	
10	SC10	0,171	0,161	0,16	
11	SC11 ul 1	0,010	0,000		
	SC11 ul 2	0,010	0,000	< 0,07	
	SC11 ul 3	0,010	0,000		
12	SC12	0,010	0,000	< 0,07	
13	SC13	0,010	0,000	< 0,07	
14	SC14	0,010	0,000	< 0,07	
15	SC15	0,010	0,000	< 0,07	
16	SC16	0,010	0,000	< 0,07	
17	Blanko		0,01		