

# **PENENTUAN STATUS MUTU AIR PERMUKAAN AKIBAT PEMBUANGAN LIMBAH PENGOLAHAN BIJIH EMAS DENGAN METODE AMALGAMASI DI SUNGAI SANGON KALIREJO KOKAP DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

## ***DETERMINATION OF THE QUALITY WATER SANGON RIVER THAT EFFECTED BY AMALGAMATION GOLD ORE PROCESSING IN KALIREJO KOKAP DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA***

**Erry Sumarjono<sup>1\*</sup>, Agung Dwi Sutrisno<sup>2</sup>, Denanson Ornansah Sinaga<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta  
Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia*

*\*Email Corresponding: erry.sumarjono@itny.ac.id*

<sup>2,3</sup>*Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta  
Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia*

<sup>2</sup>*Email: agungds@itny.ac.id*

<sup>3</sup>*Email: ornansah\_sinaga@itny.ac.id*

**Cara sitasi :** E. Sumarjono, A. D. Sutrisno, dan D. O. Sinaga “Penentuan Status Mutu Air Permukaan Akibat Pembuangan Limbah Pengolahan Bijih Emas dengan Metode Amalgamasi di Sungai Sangon Kalirejo Kokap Daerah Istimewa Yogyakarta”, *Kurvatek*, vol. 7, no. 2 (*Special Issue*), pp. 17 - 24, 2022. doi: [10.33579/krvtk.v7i2.3758](https://doi.org/10.33579/krvtk.v7i2.3758) [Online].

**Abstrak** — Amalgamasi adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk ekstraksi emas dengan menggunakan merkuri. Merkuri merupakan logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Pembuangan limbah pengolahan bijih emas dengan menggunakan metode amalgamasi yang masih mengandung merkuri ke sungai dapat mempengaruhi kualitas air sungai tersebut. Penelitian yang dilakukan di sungai Sangon untuk mengukur kandungan merkuri di dalam air sungai tersebut dan menentukan status mutu air sungai tersebut berdasarkan baku mutu air dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001. Pengambilan sampel dilakukan di sepanjang aliran sungai pada titik SA1, SA2, SA3, SA4, SA5 dan SA6. Pengukuran kandungan merkuri dilakukan uji laboratorium dengan menggunakan metode *Mercury Analyzer*, LPPT Universitas Gadjah Mada. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa kandungan merkuri di dalam air sungai Sangon masih jauh berada di bawah ambang batas yang ditentukan, sehingga masih aman digunakan untuk keperluan sesuai peruntukan mutu air kelas II.

**Kata kunci:** Kontaminasi, Merkuri, pH, Polusi, Polutan

**Abstract** — Amalgamation is one of the methods that used to extract gold from the gold ore. Mercury is used in amalgamation process to form the amalgam. Tailing might contain mercury and it is thrown away to the river. Mercury is one of heavy metals which have a very dangerous effect to human health. The research has been done to determinate the quality of water in Sangon river. The quality of water is determined by Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001. There were 6 sample SA1, SA2, SA3, SA4, SA5 and SA6 which tested by Mercury Analyzer in LPPT Gadjah Mada University. The results of laboratory sample test shown that the mercury contents in water Sangon river is under the quality standard. It's mean that the water of Sangon river is safe to use according to the class II quality standard according to Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001.

**Keywords:** Contamination, Mercury, pH, Pollution, Pollutant

## I. PENDAHULUAN

Metode amalgamasi adalah proses pengolahan bijih emas untuk mendapatkan emas. Prinsip proses amalgamasi adalah pengikatan unsur emas yang terdapat dalam bijih emas dengan menggunakan merkuri. Industri pertambangan besar tidak menggunakan proses amalgamasi dalam mengolah bijih emas, karena pertimbangan dampak yang disebabkan dari penggunaan merkuri, sedangkan merkuri adalah logam berat yang berbahaya, dan dalam kadar tertentu dapat membahayakan kesehatan manusia melalui rantai makanan. Proses amalgamasi digunakan oleh para penambang skala kecil (penambangan tradisional) [9]. Pengolahan bijih emas dengan metode amalgamasi memerlukan biaya yang relatif rendah (skala 2 dari skala 4, jika dibandingkan dengan metode yang lain), tetapi jika dilihat dari segi resiko/akibat yang dihasilkan terhadap lingkungan, merkuri menduduki tingkat tertinggi (skala 4 dari skala 4) [8].

Penggunaan merkuri pada proses pengolahan bijih emas, dengan menggunakan amalgamasi, dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas lingkungan (degradasi lingkungan). Merkuri yang digunakan untuk mengikat emas dapat tertinggal di lingkungan sekitar tempat pengolahan, karena merkuri yang tercampur dengan bijih emas dan menghasilkan amalgam basah, dibebaskan kembali dengan melakukan pemerasan (*squeezing*)/filtrasi untuk menghasilkan amalgam (Au-Hg). Proses pemisahan amalgam (Au-Hg) yang merupakan campuran emas-merkuri tersebut, dilakukan dengan proses pembakaran (*retorting*) untuk menguapkan merkuri.

Penggunaan merkuri dalam proses amalgamasi dapat memberikan dampak pada lingkungan sekitar, karena merkuri adalah logam berat yang berbentuk cair pada suhu kamar. Merkuri memiliki sifat-sifat yang dapat membahayakan bagi lingkungan dan makhluk hidup antara lain : mudah dioksidasi, mudah menguap dan uapnya sangat beracun [11]. Logam berat memiliki sifat-sifat yang tidak dapat dihancurkan oleh mikroorganisme dan dapat terakumulasi pada komponen-komponen lingkungan [13]. Merkuri yang tertinggal di lingkungan sekitar tempat pengolahan dapat menyebabkan kemungkinan peningkatan kadar merkuri dalam tanah, air tanah dan air permukaan. Peningkatan kadar merkuri dalam tanah, air tanah dan air permukaan pada daerah tersebut, memiliki kemungkinan mengubah kelas air (penurunan kualitas air) yang ada di daerah tersebut. Perubahan kelas air (penurunan kualitas air) yang disebabkan oleh meningkatnya kadar merkuri akan berpengaruh terhadap makhluk hidup di daerah tersebut.

*Methylmercury* ( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ) adalah bentuk merkuri yang sangat beracun untuk manusia, merkuri dapat mengganggu perkembangan syaraf pada embrio manusia, janin, balita dan anak-anak. Makanan yang terkontaminasi *methylmercury* dapat dikonsumsi oleh ibu hamil atau wanita dalam usia produktif, zat beracun tersebut yang terdapat dalam air susu ibu (ASI) dikonsumsi oleh balita pada 2 tahun awal masa pertumbuhannya dan mengganggu perkembangan syaraf pada balita tersebut. Hasil studi menunjukkan bahwa konsentrasi *methylmercury* ( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ) yang terdapat dalam janin lebih tinggi dibandingkan dengan dalam tubuh ibu [19].

Perkembangan otak dan memori anak-anak dapat terpengaruh oleh adanya merkuri dalam makanannya, selain itu merkuri yang terdapat dalam makanan yang dikonsumsi anak-anak dapat mempengaruhi perkembangan keterampilan motorik halus, keterampilan ruang visual, perhatian dan penguasaan bahasa. Manusia dewasa juga tidak dapat terlepas dari bahaya yang ditimbulkan oleh adanya merkuri. Kelompok manusia yang memiliki resiko paling tinggi terhadap bahaya merkuri adalah orang-orang miskin, masyarakat adat, komunitas *arctic*, penduduk kepulauan, penduduk pantai yang menerima asupan protein dari ikan dan makanan laut. Kelompok manusia dewasa lain yang memiliki resiko tinggi lainnya adalah pekerja tambang dan keluarganya, terutama penambang emas skala kecil. Organisme-organisme yang ada di lingkungan dan keseimbangan ekosistem juga dapat terganggu dengan adanya merkuri di lingkungan [19].

Urut-urutan bijih emas terdapat di dusun Sangon Kalirejo, Kokap, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penambangan bijih emas dilakukan oleh masyarakat setempat dengan menggunakan metode yang sederhana. Penambang tradisional mendapatkan bijih emas tersebut dengan melakukan penggalian lubang bawah tanah/terowongan dengan mengikuti urat-urat bijih emas tersebut (*gophering*). Metode penyanggaan terowongan yang digunakan juga dengan cara sederhana, yaitu dengan menggunakan kayu atau bambu sebagai tiang penyangga.

Batuan yang mengandung bijih emas tersebut diolah dengan menggunakan metode amalgamasi. Metode pengolahan amalgamasi menggunakan merkuri sebagai unsur pengikat emas (Au) pada bijih emas tentunya menghasilkan merkuri dalam *tailing* dan dalam bentuk gas/uap, ketika *bullion* Au-Hg dipanaskan dalam *retorting*, untuk memisahkan Au dan Hg. Pengolahan bijih emas yang menggunakan proses amalgamasi di dusun tersebut, berdekatan dengan permukiman penduduk dan limbah hasil pengolahan (*tailing*) dibuang pada aliran sungai yang terdapat di daerah tersebut. Oleh karena itu, diperlukan penelitian tentang kadar merkuri di wilayah pengolahan bijih emas dengan metode

amalgamasi pada daerah tersebut, untuk mengetahui keterdapatannya merkuri dalam air permukaan pada daerah tersebut.

## II. METODE PENELITIAN

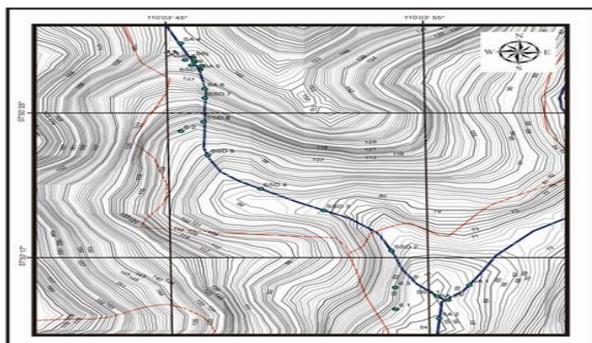
Kegiatan penelitian mutu air permukaan di Dusun Sangon, Kalirejo, Kokap, Daerah Istimewa Yogyakarta dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Kajian pustaka mengenai jurnal-jurnal, makalah ilmiah, penelitian-penelitian terdahulu dan dasar-dasar teori tentang permasalahan yang berhubungan dengan metode amalgamasi, merkuri, air permukaan dan pencemaran air.
- b. *Survey* lapangan untuk melakukan pendataan awal mengenai lokasi penelitian di sepanjang aliran sungai dan menggali informasi-informasi yang mendukung penelitian tentang keberadaan merkuri dan penggunaan merkuri pada proses amalgamasi di daerah penelitian. Informasi-informasi tersebut didapatkan dari masyarakat dan penambang daerah penelitian dengan melakukan wawancara untuk mengumpulkan informasi.
- c. Validasi data dilakukan untuk memastikan data-data yang diperlukan dalam penelitian. Validasi data didasarkan pada ketentuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 01 Tahun 2010 [18], mengenai prioritas lokasi tes lapangan/pengambilan sampel untuk lokasi sumber tertentu (*point sources*). Sumber pencemar pada daerah penelitian termasuk klasifikasi dengan lokasi sumber tertentu, yang berasal dari kegiatan manusia. Kegiatan validasi data dilakukan dengan tinjauan langsung ke lapangan untuk melakukan pengamatan tentang kondisi topografi daerah, arah aliran sungai dan kondisi geologi daerah penelitian.
- d. Pengumpulan data-data sekunder dari jurnal-jurnal, makalah ilmiah, penelitian-penelitian terdahulu dan penentuan lokasi pengambilan sampel air tanah dan sedimen sungai. Pengumpulan data dilakukan dengan cara pemantauan langsung kondisi geologi dan lingkungan tambang. Peta topografi didapatkan dari citra satelit diolah dengan menggunakan Citra Satelit USGS *software* ArcGIS 10.3. Pengukuran lokasi geografis lokasi penambangan dan lokasi pengolahan amalgamasi dilakukan dengan menggunakan GPS (Garmin 60 CSX). Pengamatan geologi didasarkan pada referensi Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa skala 1 : 100.000 [8].
- e. Pengumpulan data geokimia dilakukan dengan mengambil sampel air permukaan sungai Sangon. Metode pengujian sampel air permukaan di laboratorium dengan menggunakan alat *Mercury Analyzer Lab 254* di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu, Universitas Gadjah Mada.
- f. Pengolahan data dan analisis hasil penelitian dilakukan dengan membandingkan hasil uji laboratorium air tanah dengan Baku Mutu Air Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 [17] dan dilakukan perhitungan dengan Metode Indeks Pencemaran untuk menentukan status mutu air berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 [16], sehingga diketahui apakah terjadi penurunan kualitas air atau tidak. Selain hal tersebut, berdasarkan landasan teori, tinjauan pustaka penelitian data dari pengamatan lapangan dan data-data sekunder yang didapatkan dari penelitian-penelitian terdahulu tentang Merkuri yang terdapat dalam air permukaan dianalisis apakah air permukaan/sungai terpengaruh oleh pembuangan *tailing* pengolahan amalgamasi.

## III. HASIL DAN DISKUSI

Pencemaran air dapat terjadi karena masuknya zat-zat/sesuatu lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air sehingga tidak memenuhi persyaratan untuk digunakan sesuai peruntukannya. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 [17], maka dapat ditentukan bahwa sumber pencemaran di aliran sungai Sangon termasuk dalam klasifikasi sumber tertentu dengan menghasilkan limbah non-domestik.

Ditinjau dari cara masuk ke dalam lingkungan, maka sumber pencemaran tersebut dikelompokkan ke dalam polutan antropogenik, polutan yang dihasilkan oleh hasil kegiatan manusia. Ditinjau dari sifat toksiknya maka termasuk dalam kategori polutan toksik, karena sifat merkuri yang sangat beracun. Merkuri merupakan salah satu logam berat yang memiliki tingkat ketoksikan paling tinggi dibandingkan logam-logam berat lainnya. Merkuri yang masuk ke dalam lingkungan memiliki tingkat resiko tinggi terhadap kesehatan manusia dan lingkungan itu sendiri, karena jika merkuri terdapat pada suatu kondisi lingkungan yang mendukung, merkuri dapat berubah bentuk menjadi *methylmercury* ( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ) yang sangat berbahaya untuk kesehatan manusia.



**Gambar 1.** Lokasi pengambilan sampel

Hasil uji laboratorium terhadap sampel air sungai didapatkan bahwa kandungan merkuri pada air sungai pada 6 titik yang diambil sebagai sampel tidak menunjukkan adanya kandungan merkuri yang melebihi baku mutu air. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa pada 6 titik tersebut memiliki kandungan merkuri  $< 0,00006$  mg/L atau ppm. Alat *Mercury Analyzer* Lab 254 yang digunakan LPPT Universitas Gadjah Mada untuk mengukur kandungan merkuri memiliki batas deteksi (LoD merkuri) =  $0,06$   $\mu$ g/L atau  $0,00006$  mg/L (ppm). Hal tersebut menunjukkan bahwa kandungan merkuri yang ada di air sungai masih jauh dibawah  $0,00006$  mg/L, sedangkan baku mutu air yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah [17], untuk kandungan merkuri sesuai peruntukan sungai kelas II adalah  $0,002$  mg/L.

Sampel air sungai 1, 2 dan 3 diberikan kode sampel SA 1, SA 2 dan SA 3. Sampel SA 1 diambil pada titik sebelum pertemuan sungai Sangon dan sungai Plampang, sampel SA 2 di titik setelah pertemuan sungai dan sampel SA 3 tepat di titik pertemuan sungai tersebut. Sampel 4, 5 dan 6 diberi kode sampel SA 4, SA 5 dan SA 6. Sampel SA 4 diambil pada titik sebelum lokasi pembuangan air limbah, sampel SA 5 pada titik pembuangan air limbah dan sampel SA 6 pada titik setelah pembuangan air limbah.

Hasil uji laboratorium terhadap 6 sampel air sungai menunjukkan bahwa mutu air sungai di dusun Sangon masih jauh di bawah ambang batas yang ditentukan, sehingga dapat disimpulkan bahwa air sungai di dusun Sangon masih aman untuk digunakan untuk pengairan sawah, perikanan dan peternakan. Penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Bambang Tjahjono Setiabudi pada tahun 2005 [10] dan Agus Suyono pada tahun 2010 [12], terhadap kondisi air sungai di dusun Sangon, menghasilkan kesimpulan yang sama, yaitu kandungan merkuri dalam air sungai masih jauh di bawah baku mutu yang ditentukan

**Tabel 1.** Perbandingan hasil penelitian merkuri dalam air permukaan/air sungai

Penelitian (Musim Kemarau)			Penelitian (Musim Penghujan)			Penelitian (Musim Kemarau)		
Bambang Tjahjono Setiabudi			Agus Suyono			Erry Sumarjono		
Sampel	Kadar Hg (ppm)	Metode	Sampel	Kadar Hg (ppm) (mg/L)	Metode	Sampel	Kadar Hg (ppm) (mg/L)	Metode
			Air I	0,00077	<i>Mercury Analyzer</i>	SA 1	$<0,00006$	<i>Mercury Analyzer</i>
			Air II	0,00004	<i>Mercury Analyzer</i>	SA 3	$<0,00006$	<i>Mercury Analyzer</i>
			Air III	$<0,00001$	<i>Mercury Analyzer</i>	SA 2	$<0,00006$	<i>Mercury Analyzer</i>
Semua sampel	$< 0,0005$	AAS	4	0,00009	<i>Mercury Analyzer</i>	SA 4	$<0,00006$	<i>Mercury Analyzer</i>
			5	0,00022	<i>Mercury Analyzer</i>	SA 5	$<0,00006$	<i>Mercury Analyzer</i>
			6	0,00028	<i>Mercury Analyzer</i>	SA 6	$<0,00006$	<i>Mercury Analyzer</i>

Tabel 1 menunjukkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui dan mengukur kondisi air sungai di dusun Sangon, dari penelitian-penelitian tersebut dapat diketahui bahwa kandungan merkuri masih berada jauh di bawah baku mutu yang ditetapkan. Penelitian dilakukan dalam musim yang berbeda yaitu kemarau dan penghujan. Debit air sungai yang telah diukur menunjukkan bahwa untuk sungai Sangon pada musim penghujan adalah  $0,59 \text{ m}^3/\text{s}$  (Suyono, Agus., 2011), sedangkan DAS Serang Kulonprogo dengan anak-anak sungainya memiliki debit antara  $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ – $153,6 \text{ m}^3/\text{s}$  [10]. Hal tersebut menggambarkan bahwa pada musim kemarau debit air yang terdapat di sungai-sungai di Kulonprogo (termasuk sungai Sangon) sangat kecil dan menurut pengamatan pada waktu melakukan penelitian, pada aliran sungai–sungai tersebut tidak ada aliran ketika musim kemarau panjang.

Berdasarkan kelimpahan rata-ratanya dalam air, merkuri memiliki kelimpahan (Tabel 2.) rata-rata pada air adalah  $0,01$ – $0,05$  ppb atau  $0,00001$ – $0,00005$  ppm (*Techniques in Mineral Exploration*) [10]. Konsentrasi alamiah merkuri dalam air sungai adalah  $0,07 \text{ }\mu\text{g/L}$  ( $0,00007 \text{ mg/L}$ ) [2] [14]. Kelebihan unsur merkuri dalam air dari kelimpahan rata-ratanya atau konsentrasi alamiahnya dapat dijadikan salah satu pedoman, bahwa terdapat adanya kemungkinan terjadinya mineralisasi pada daerah tersebut (merkuri sebagai *trace element*/unsur penjejak). Menurut data penelitian yang telah dilakukan, kandungan merkuri tidak terdeteksi oleh alat uji laboratorium untuk pengujian sampel air sungai di dusun Sangon.

**Tabel 2.** Kelimpahan rata-rata merkuri

Unsur	Kelimpahan (dalam ppb)		
	Tanah	Air	Sedimen Sungai
Hg	< 10-300	0,01-0,05	<10-100

Sumber: *Techniques in Mineral Exploration*) [10].

Bambang Tjahjono Setiabudi melakukan penelitian pada tahun 2005 [10], merkuri dalam air sungai berada di bawah deteksi alat AAS ( $< 0,0005$  ppm), sedangkan pada penelitian ini, merkuri dalam air sungai berada di bawah deteksi alat uji laboratorium ( $< 0,00006$ , batas deteksi alat uji adalah  $0,00006$  ppm). Merkuri pada air sungai dapat dideteksi berdasarkan hasil uji laboratorium pada penelitian yang dilakukan oleh Agus Suyono pada tahun 2010 dengan alat *Mercury Analyzer* yaitu berkisar antara  $<0,00001$  –  $0,00077$  ppm (batas deteksi alat uji adalah  $0,01$  ppb atau  $0,00001$  ppm) [12]. Penelitian yang dilakukan Agus Suyono dengan menggunakan alat *Mercury Analyzer* memberikan hasil yang berbeda dengan penelitian ini, hal ini disebabkan oleh batas deteksi alat pada penelitian berbeda (batas deteksi alat tahun 2010 adalah  $0,01$  ppb atau  $0,00001$  ppm dan alat pada penelitian ini adalah  $0,06$  ppb atau  $0,00006$  ppm).

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan memiliki beberapa perbedaan antara lain : perbedaan waktu (selang tahun), musim (kemarau dan penghujan) dan perbedaan metode pengujian laboratorium, tetapi ketiga penelitian tersebut memberikan hasil pengukuran uji laboratorium yang hampir sama yaitu nilai kandungan merkuri dalam air sungai masih jauh di bawah  $10^{-4}$  ppm dan baku mutu air yang ditetapkan untuk sungai kelas II adalah  $0,002$  ppm ( $2 \times 10^{-3}$  ppm). Sehingga jika ditinjau berdasarkan baku mutu kelas air, ketiga penelitian menghasilkan kesimpulan yang sama yaitu masih di bawah ambang batas yang ditentukan. Ditinjau dari keaktifan penambangan dan pengolahan bijih emas pada dusun tersebut, dimana penambangan dan pengolahan dilakukan secara berkala (tidak terus menerus), maka dapat disimpulkan bahwa pada dua musim, kandungan merkuri dalam air sungai tetap berada di bawah ambang batas.

Ditinjau dari kondisi debit air sungai (kemarau dan penghujan), maka dapat disimpulkan bahwa debit air sungai tidak memiliki pengaruh yang berarti terhadap kandungan merkuri dalam air sungai di dusun tersebut, karena penelitian yang dilakukan pada kondisi debit air maksimum pada musim penghujan dan minimum pada musim kemarau memberikan hasil yang sama, yaitu masih jauh di bawah ambang batas dari baku mutu kelas air.

Keterbatasan deteksi alat uji laboratorium untuk menguji keberadaan merkuri dalam air merupakan suatu faktor yang harus dipertimbangkan, mengingat pada penelitian tahun 2010, kehadiran merkuri dalam air sungai dapat terdeteksi, walaupun merkuri dalam air sungai masih jauh di bawah ambang batas, tetapi berdasarkan hasil uji laboratorium pada penelitian tahun 2010, terdapat 4 sampel yang melebihi kelimpahan rata-ratanya dalam air (berkisar antara  $0,00009$ – $0,00077$  ppm). Hal tersebut dapat disebabkan oleh adanya aktifitas aktif pengolahan yang menghasilkan *tailing* yang dibuang di sungai

pada saat penelitian dilakukan atau disebabkan oleh terdapatnya mineralisasi di daerah tersebut, karena secara teori, mineralisasi emas pada suatu daerah dapat dideteksi oleh kehadiran merkuri yang melebihi kelimpahan rata-ratanya dalam batuan.

*Tailing* yang dibuang dapat terdiri dari berbagai mineral misalnya ; silika, silikat besi, magnesium, natrium dan sulfida, Keberadaan mineral sulfida dalam *tailing* dapat menyebabkan permasalahan terhadap adanya merkuri, karena sulfida memiliki sifat yang aktif secara kimiawi, apabila bersentuhan dengan udara akan mengalami oksidasi sehingga membentuk garam-garam yang bersifat asam dan aliran asam dapat mengandung logam-logam beracun misalnya ; arsen, merkuri, timbal dan kadmium [3] dan garam-garam yang terbentuk dari merkuri memiliki sifat sangat toksik [2]. Berdasarkan hal tersebut di atas, maka ditinjau dari segi tingkat keasaman (pH) dari aliran sungai Sangon. yang terdapat dalam penelitian sebelumnya, penelitian Bambang Tjahjono Setiabudi tahun 2005 mendapatkan data bahwa berdasarkan hasil pengukuran pH berkisar antara 7,3–8,3, dengan pH rata-rata 7 [10]. Hasil uji laboratorium pada penelitian Agus Suyono tahun 2010 memperoleh hasil pH antara 7,59–8,37 [12]. Hasil pengukuran penelitian dengan menggunakan pH meter diperoleh pH berkisar antara 7,4–8,2.

Hasil uji laboratorium yang dilakukan kedua peneliti sebelumnya serta penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa kondisi pH air sungai adalah antara netral menuju ke basa, sedangkan jika ditinjau secara teori mineralogi, aliran yang dapat menyebabkan kehadiran merkuri dalam air adalah aliran asam. Berdasarkan teori tersebut, maka hal tersebut dapat dipahami sebagai salah satu faktor yang menyebabkan sedikitnya jumlah kandungan merkuri dalam air sungai. Salah satu penyebab aliran tingginya pH (netral – basa) pada air adalah adanya kehadiran bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dan karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) atau hidroksida ( $\text{OH}^-$ ), hal tersebut dimungkinkan oleh adanya proses larutnya batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) ke dalam air [6]. Proses amalgamasi yang dilakukan juga menggunakan kapur dalam proses pengolahan bijih emas. Penggunaan kapur tersebut dengan tujuan untuk mempertahankan pH dalam gelundung putar, sehingga proses pembentukan amalgam tidak terganggu, karena jika pH air yang digunakan dalam gelundung menuju ke tingkat asam, maka dalam kondisi asam, merkuri akan larut ke dalam air dan tidak dapat membentuk amalgam. Air limbah hasil proses amalgamasi yang masih mengandung kapur tersebut dibuang ke aliran sungai di dekat tempat pengolahan bijih emas.

Pengkajian faktor tingkat keasaman (pH) aliran sungai tersebut (kondisinya dari netral–basa), dapat juga dilakukan pendekatan berdasarkan keadaan geologi daerah Kulonprogo yang dikemukakan oleh Van Bemmelen., 1949 [15], menyebutkan bahwa seluruh batuan vulkanik di Kulonprogo sebagai Formasi Andesit Tua (OAF/ *Old Andesite Formation*). Kulonprogo dibentuk oleh batuan berumur tersier sampai kuartar yaitu Formasi Nanggulan, Formasi Kebobutak, Formasi Jonggrangan dan Formasi Sentolo, serta batuan intrusi intermediet–felsik, sementara pada Formasi Nanggulan, Formasi Jonggrangan dan Formasi Sentolo terdapat susunan batu gamping di dalamnya. Batu gamping adalah batuan yang mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), sedangkan kalsium karbonat adalah senyawa yang memberikan sumbangan terbesar terhadap nilai alkalinitas dan kesadahan perairan tawar. Alkalinitas merupakan gambaran kapasitas air untuk menetralkan asam. Alkalinitas juga memberikan gambaran tentang adanya kandungan karbonat dalam tanah, batuan dan sedimen dasar sungai yang dilewati oleh air [4].

Formasi-formasi batuan yang membentuk daerah tersebut, secara geologi menunjukkan adanya keterdapatn batuan gamping disebabkan oleh adanya proses alamiah yang terjadi pada daerah tersebut misalnya ; adanya erosi dan pelapukan pada batuan, sehingga dengan adanya air dapat menyebabkan larutnya batu gamping yang mengandung  $\text{CaCO}_3$  ke dalam aliran sungai, hal tersebut sejalan dengan teori-teori yang telah disampaikan sebelumnya.

Penentuan apakah aliran sungai Sangon telah tercemari polutan atau tidak, Thornton et al., 1995 menyatakan bahwa terdapat perbedaan definisi antara polusi dan kontaminasi, polusi adalah suatu proses yang menyebabkan keracunan, penurunan kualitas lingkungan, kerusakan terhadap infrastruktur dan membahayakan bagi kesehatan manusia, sedangkan kontaminasi adalah suatu proses yang tidak menimbulkan akibat yang membahayakan [5]. Berdasarkan data-data primer yang dibandingkan dengan data sekunder yang didapatkan, maka dapat disimpulkan bahwa air sungai di dusun tersebut dalam kondisi terkontaminasi merkuri, meskipun kandungan merkuri di dalam air sungai masih jauh di bawah ambang batas.

Penentuan status mutu air dengan Metode Indeks Pencemaran dilakukan dengan memberikan evaluasi terhadap hasil perhitungan  $IP_j$  (Indeks Pencemaran bagi peruntukannya), perhitungan  $PI_j$  merupakan fungsi dari  $C_i$  (Konsentrasi parameter kualitas air yang diperoleh dari analisis hasil cuplikan air pada suatu lokasi pengambilan cuplikan air) dan  $L_i$  (Konsentrasi parameter kualitas yang dicantumkan Baku Mutu Peruntukan Air) [16]. Metode Indeks Pencemaran dapat digunakan untuk menghubungkan secara langsung tingkat ketercemaran, dengan dapat atau tidaknya sungai dipakai untuk penggunaan

tertentu dan dengan nilai parameter-parameter tertentu. Klasifikasi mutu air berdasarkan perhitungan Metode Indeks Pencemaran sebagai berikut :

$$IP_j = \frac{\sqrt{\left(\frac{Ci}{Lij}\right)M^2 + \left(\frac{Ci}{Lij}\right)R^2}}{2} \quad (1)$$

dimana,  $IP_j$  = Indeks Pencemaran bagi peruntukannya

$$\left(\frac{Ci}{Lij}\right)M = \text{Nilai } \left(\frac{Ci}{Lij}\right) \text{ Rata-rata} \quad (2)$$

$$\left(\frac{Ci}{Lij}\right)R = \text{Nilai } \left(\frac{Ci}{Lij}\right) \text{ Maksimum} \quad (3)$$

Kriteria hasil perhitungan :

1.  $0 \leq PI_j \leq 1,0$  , artinya memenuhi baku mutu (kondisi baik)
2.  $1,0 \leq PI_j \leq 5,0$  , artinya cemar ringan
3.  $5,0 \leq PI_j \leq 10$  , artinya cemar sedang
4.  $PI_j > 10$  , artinya cemar berat

Penentuan status mutu air berdasarkan Metode Indeks Pencemaran tidak dapat dilakukan perhitungan, hal ini disebabkan hasil pengukuran uji laboratorium kandungan merkuri tidak terdeteksi oleh alat uji laboratorium, sehingga status mutu air tersebut dapat ditentukan dengan cara lain yaitu menggunakan perbandingan dengan ambang batas merkuri dalam air permukaan, yang terdapat baku mutu berdasarkan peraturan pemerintah [17].

Berdasarkan hasil pengamatan peneliti pada survei awal penelitian dan selama melakukan kegiatan penelitian, pemanfaatan air sungai bagi penduduk sekitar sungai Sangon adalah untuk keperluan mandi, cuci, peternakan dan mengairi tanaman (termasuk dalam mutu air kelas II) dan berdasarkan hasil pengukuran dan pengolahan data-data selama penelitian, maka jika ditinjau dari segi pemanfaatannya, air sungai tersebut masih aman untuk digunakan karena kandungan merkuri dalam air sungai masih jauh berada di bawah ambang batas/baku mutu yang ditetapkan.

Air sungai yang terdapat di daerah penelitian dapat dinyatakan aman untuk peruntukkan kelas II sesuai dengan baku mutu dalam peraturan pemerintah, tetapi perlu dilakukan penelitian yang berkelanjutan untuk mengukur dan meneliti kandungan merkuri dalam air tanah, hal ini disebabkan komposisi kimia air tanah merupakan hasil kombinasi komposisi kimia air yang masuk ke dalam akuifer (air permukaan) dan reaksi kimia dengan batuan yang dilaluinya, sehingga dapat merubah komposisi kimianya. Proses-proses alamiah tersebut merupakan faktor yang mengontrol kualitas air tanah, selain itu keterdapat polutan yang masuk ke dalam lingkungan juga berpengaruh terhadap kualitas air tanah [1].

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan untuk menentukan status mutu air permukaan akibat limbah pengolahan bijih emas dengan menggunakan metode amalgamasi di sungai Sangon, Kalirejo, Kokap, Daerah Istimewa Yogyakarta memberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Air sungai di lokasi penelitian terkontaminasi merkuri, tetapi masih jauh dibawah ambang batas yang ditentukan sehingga masih aman untuk digunakan sesuai mutu air kelas II yaitu untuk keperluan mandi, cuci, peternakan dan mengairi tanaman.
2. Kondisi air sungai berdasarkan pengukuran pH didapatkan dalam kondisi netral menuju basa, memberikan kemungkinan merkuri yang terdapat dalam limbah/*tailing* tidak bereaksi secara kimia dengan air sungai tersebut, karena merkuri dapat bereaksi secara kimia dalam lingkungan yang bersifat asam.
3. Merkuri tidak terdeteksi dalam air permukaan/air sungai, untuk itu perlu dilakukan penelitian komposisi kimia dari air tanah dan sedimen sungai di daerah Sangon di waktu mendatang, karena sifat fisik logam berat merkuri dengan berat jenis  $13,6 \text{ gr/cm}^3$ , terdapat kemungkinan merkuri mengendap di sedimen sungai dan komposisi kimia air tanah dapat dipengaruhi oleh air permukaan yang masuk ke dalam akuifer dan reaksi kimia dengan batuan yang dilaluinya. Sehingga kualitas air tanah yang menjadi sumber kehidupan bagi masyarakat dapat diketahui berdasarkan waktu.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian, Pengabdian Masyarakat dan Inovasi (LPPMI), Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. A. J. Appelo and D. Postma, *Geochemistry, Groundwater and Pollution*, A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, pp. 27, 62, 1993.
- [2] Darmono, *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Logam*, Penerbit Universitas Indonesia, pp. 148–150, 2010.
- [3] D. Z. Herman, “*Tinjauan terhadap Tailing Mengandung Unsur Pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dari Sisa Pengolahan Bijih Logam*”, Pusat Sumber Daya Geologi, *Jurnal Geologi Indonesia*, vol. 1, no. 1, Maret 2006, pp. 31–36, 2006.
- [4] Effendi H., *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Penerbit P.T. Kanisius, Yogyakarta, 42–47, 94–97, 179–182, 195–198, 2003.
- [5] Herlambang, Ari, *Pencemaran Air dan Strategi Penanggulangannya*, Peneliti Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT, JAI, vol. 2, no. 1, pp. 16–29, 2006
- [6] Lottermoser, Bernd G., *Mine Waste Characterization, Treatment and Environmental Impacts, 3<sup>rd</sup> Edition*, Springer, pp. 22, 2010.
- [7] Mitchell C. J., Evans E. J., Styles M. T., “*A Review of Gold Particle-Size and Recovery Methods*”, Technical Report WC/97/14, Overseas Geology Series, British Geological Survey, United Kingdom, pp. 1–34, 1997.
- [8] Rahardjo, Wartono, Sukandarrumidi, Rosidi H. M. D., *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*, Direktorat Geologi, Departemen Pertambangan Republik Indonesia, 1977.
- [9] Ridhowati, Sherly, *Mengenal Pencemaran Logam*, Graha Ilmu, Yogyakarta, Hal Pengantar i – vii, 2013.
- [10] Setiabudi B. Tj., “*Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Sangon, Kabupaten Kulon Progo, D. I. Yogyakarta*”, Subdit Konservasi, Kolokium Hasil Lapangan-DIM, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung, 2005.
- [11] Sukandarrumidi, *Geologi Mineral Logam*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2009, hal 27.
- [12] Suyono Agus, *Dampak Penggunaan Hg pada Penambangan Emas Rakyat terhadap Lingkungan (Studi Kasus di Desa Sangon Kelurahan Kalirejo Kecamatan Kokap Kabupaten Kulonprogo Provinsi DIY)*, Skripsi, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta, 2011.
- [13] S. Rianto, O. Setiani dan Budiyo, “*Analisis Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Keracunan Merkuri pada Penambangan Emas Tradisional di Desa Jendi Kecamatan Selogiri Kabupaten Wonogiri*”, *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, vol. 11, no. 1, April, 2012.
- [14] Waldicuk, *Some Biological Concern in Heavy Metals Pollution, Physiology of Marine Organism Academic Press Inc.* New York, 1974.
- [15] Widagdo, Asmoro, dkk. “*Kajian Pendahuluan Kontrol Struktur Geologi terhadap Sebaran Batuan-batuan di Daerah Pegunungan Kulonprogo–Yogyakarta*”, *Proceeding*, Seminar Nasional Kebumihan ke-9, Peran Penelitian Ilmu Kebumihan dalam Pemberdayaan Masyarakat, 6–7 Oktober 2016, Grha Sabha Pramana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2016.
- [16] Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003, tentang *Pedoman Status Mutu Air*, Salinan Deputi Menteri Lingkungan Hidup Bidang Kebijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup, 2003.
- [17] Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, tentang *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*, Sekretaris Negara Republik Indonesia, Lembaran Negara Republik Indonesia 1461, 2001.
- [18] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 01 Tahun 2010, tentang *Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air*, Deputi Menteri Lingkungan Hidup Bidang Penataan Lingkungan, 2010.
- [19] International Pops Elimination Network, *Pandangan IPEN terhadap Perjanjian Global tentang Merkuri*, [Online]. Tersedia : [www.ipen.org](http://www.ipen.org), 2014.



©2022. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).