SCIENCE TECH: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

Volume : 6, No. 1, Februari 2020, hal. 33-42
ISSN : 2460-6286 (Print)
ISSN : 2579-3624 (Online)

Analisis Kondisi Aktual Pencemaran Merkuri Berdasarkan Peta Kerentanan Pencemaran Air Permukaan pada Penambangan Emas Rakyat Desa Pancurendang, Kecamatan Ajibarang, Banyumas

Analysis of Actual Conditions of Mercury Pollution Based on Surface Vacification of Surface Water Pollution in The Gold Mining of Pancurendang Village, Ajibarang District, Banyumas

Eni Muryani[1], *Dian Hudawan Santoso[2], Dayu Aviana Rahmah[3]
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta[1]
enimuryani@gmail.com[1]
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta[2]
**dian.hudawan@upnyk.ac.id*[2]
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta[3]

Abstract

The mining and processing of people's gold produces impacts on the surrounding environment. Some residents immediately dumped the waste gold processing results into the environment. It is necessary to analyze the actual condition of mercury pollution based on a map of the level of pollution vulnerability to determine the size of the level of difficulty and the ease of polluted substances to affect surface water quality. The purpose of this study is to analyze the actual condition of the level of vulnerability of surface water pollution around the study area. The method used in this study is a survey method and field mapping, sampling methods: purposive sampling, laboratory analysis methods, mathematical methods, and descriptive evaluation methods. Calculation of the level of vulnerability of surface water is the PCSM (Point Count System Model) method with 3 parameters, namely land use, slope, and rainfall. Overlay is done between the level of pollution vulnerability map with the actual conditions of pollution in the field. The results showed the study area has a level of vulnerability to surface water pollution in the study area including the classification of quite vulnerable and very vulnerable. Based on the results of the study it can be concluded that the total score of 36-43 included in the vulnerability class is quite vulnerable. The total score of 43 - 50 is included in the very vulnerable vulnerability class. Actual mercury levels in the study area were known in a row AP1-AP6 samples were 0,00046 mg / L; <0.00006 mg / L; <0.00006 mg / L; <0.00006 mg / L; 0,00039 mg / L and <0,00006 mg / L. These results indicate that surface water in the study area has not been contaminated with mercury because its value is brought to all quality standards.

Keywords: Mercuri, Surface water, Pollution

Abstrak

Kegiatan penambangan dan pengolahan emas rakyat menghasilkan dampak pada lingkungan sekitar. Masyarakat penambang membuang limbah hasil pengolahan emas ke lingkungan. Penting diketahui untuk menganalisis kondisi aktual pencemaran merkuri berdasarkan peta tingkat kerentanan pencemaran untuk menentukan ukuran tingkat kesulitan dan kemudahan bahan-bahan yang tercemar untuk mempengaruhi kualitas air permukaan.

*Corresponding Author

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kondisi aktual tingkat kerentanan pencemaran air permukaan di sekitar wilayah penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei dan pemetaan lapangan, metode pengambilan sampel: purposive sampling, metode analisis laboratorium, metode matematika, dan metode evaluasi deskriptif. Perhitungan tingkat kerentanan air permukaan adalah metode PCSM (*Point Count System Model*) dengan 3 parameter, yaitu penggunaan lahan, kemiringan lereng, dan curah hujan. Overlay dilakukan antara tingkat kerentanan peta polusi dengan kondisi aktual polusi di lapangan. Hasil penelitian menunjukkan daerah penelitian memiliki tingkat kerentanan terhadap pencemaran air permukaan di wilayah penelitian termasuk klasifikasi yang cukup rentan dan sangat rentan. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa skor total 36-43 termasuk dalam kelas kerentanan cukup rentan. Skor total 43 - 50 termasuk dalam kelas kerentanan yang sangat rentan. Tingkat merkuri aktual di daerah penelitian diketahui secara berurutan. Sampel AP1-AP6 adalah 0,00046 mg / L; <0,00006 mg / L; <0,00006 mg / L; <0,00006 mg / L; 0,00039 mg / L dan <0,00006 mg / L. Diketahui bahwa air permukaan di daerah penelitian belum terkontaminasi merkuri karena nilainya tidak melebihi ambang batas baku mutu.

Kata kunci : Air permukaan, Merkuri, Pencemaran

Pendahuluan

Saat ini kebutuhan logam dasar dan logam mulia di Indonesia semakin meningkat. Pemanfaatannya yang semakin meningkat menuntut adanya eksploitasi akan sumberdaya mineral, khususnya logam mulia dan logam dasar (Kilian, Abdullah, 2018). Usaha pertambangan, oleh sebagian masyarakat sering dianggap sebagai penyebab kerusakan dan pencemaran lingkungan. Sebagai contoh, kegiatan pertambangan emas skala kecil, pengolahan bijih dilakukan dengan proses amalgamasi dimana merkuri (Hg) digunakan sebagai media untuk mengikat emas. Mengingat sifat merkuri yang berbahaya, maka penyebaran logam ini perlu diawasi agar penanggulangannya dapat dilakukan sedini mungkin secara terarah (Widagdo, Asmoro, 2015).

Proses amalgamasi sering digunakan karena metodenya sederhana dan biayanya relatif lebih murah dibandingkan dengan proses lainnya (Alimano, Marsen 2011). Merkuri dalam bentuk metil merkuri dapat terserap oleh makhluk hidup hingga 95%. Apabila merkuri sudah masuk ke dalam tubuh berpotensi menyebabkan kerusakan pada organ pencernaan, hati, limfa, ginjal, syaraf yang dapat menyebabkan mati rasa, dan kehilangan keseimbangan (Alimano dan Darmutji, 2007).

Pertambangan emas tradisional sudah banyak dilakukan sebagaimana seperti pertambangan emas tradisional yang terdapat di Desa Pancurendang. Kegiatan penambangan emas tradisional dilakukan dengan membuat lubang tambang dalam bentuk sumur vertikal maupun horizontal di sekitar sungai dekat dengan areal ladang dan pemukiman warga.
Pencemaran lingkungan yang dapat terjadi akibat penyebaran merkuri adalah pencemaran air permukaan. Beberapa warga Desa Pancurendang masih membuang limbah.hasil pengolahan emas langsung ke lingkungan, sehingga perlu adanya penelitian tentang tingkat kerentanan pencemaran pada permukaan.

Tingkat kerentanan pencemaran pada permukaan dirasa penting untuk diteliti karena airpermukaan di didaerah penelitian dimanfaatkan oleh masyarakat untuk irigasi pertanian dan aktivitas domestik lainnya. Oleh karena itu tujuan peneitian ini adalah untuk menganlaisis seberapa besar tingkat kerentanan air permukaan disekitar daerah penelitian.

Metode

Data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data sekunder meliputi peta citra *google earth*, peta Rupa Bumi Indonesia, peta geologi regional dan peta jenis tanah, curah hujan, monografi desa dsb. Data primer berupa kedalaman muka air tanah, kualitas air tanah, kemiringan lereng, konduktivitas hidrolika, tekstur tanah dsb. Pengambilan sampel data primer dilakukan dengan teknik *purposive sampling*. Metode survei dan pengamatan digunakan sebagai metode untuk pembuatan beberapa jenis peta diantaranya peta kemiringan lereng dan penggunaan lahan.

Metode yang digunakan untuk perhitungan tingkat kerentanan pencemaran air permukaan adalah metode PCSM (*point count system model*). Metode ini juga menekankan pada pembobotan tiap parameter dan skor dari tiap variabel yang digunakan. Parameter yang digunakan ialah kemiringan lereng, penggunaan lahan, dan curah hujan. Variabel dari parameter yang digunakan diberi skor 1-10. Skor yang tinggi dari suatu variabel menggambarkan semakin rentan variabel tersebut terhadap pencemaran dan berlaku sebaliknya.

Pembobotan parameter tingkat kerentanan air permukaan berdasarkan Eimers, et al, 2000 dalam Nurkholis, 2016 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Pembobotan Parameter Air Permukaan

Parameter	Bobot
Penggunaan Lahan	3
Kemiringan Lereng	1
Curah Hujan	2

:

Tabel 2. Skoring Parameter Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Skor
Tubuh Air	1
Semak Belukar	4
Kebun	5
Tegalan	6
Sawah	7
Permukiman	8

Tabel 3. Skoring Parameter Kemiringan Lereng

Kemiringan Lereng (%)	Skor
<8	2
8-15	4
15-25	6

Tabel 4. Skoring Parameter Curah Hujan

Curah Hujan (mm)	Skor
1500 - 2000	5
2000 - 2500	7
2500 - 3000	9
>3000	10

Penaksiran terhadap kerentanan air permukaan dapat dilakukan pada setiap bentuklahan berdasarkan parameter yang terdapat pada setiap bentuklahan. Pemberian bobot dan skor setiap parameter dilakukan menggunakan ArcGIS. Sehingga dapat diketahui indeks kerentanan air permukaan terhadap pencemaran dengan rumus:

$$VI = RwRt + TwTr + LwLr \qquad (1)$$

Keterangan:
VI = Indek Kerentanan
Rt = Skor Curah Hujan
Tr = Skor Kemiringan Lereng
Lt = Skor Penggunaan Lahan
Rw = Bobot Curah Hujan
Tw = Bobot Kemiringan Lereng
Lw = Bobot Penggunaan Lahan

Penentuan kelas kerentanan berdasarkan nilai indeks kerentanan diperoleh berdasarkan klasifikasi Tabel 5

Tabel 5. Kelas Kerentanan Air Permukaan terhadap Pencemaran

Kelas	Interval
Tidak Rentan	15 - 22
Agak Rentan	22 – 29
Rentan	29 – 36
Cukup Rentan	36 – 43
Sangat Rentan	43 - 50

Sumber**:** Eimers, et al, 2000 dalam Nurkholis, 2016

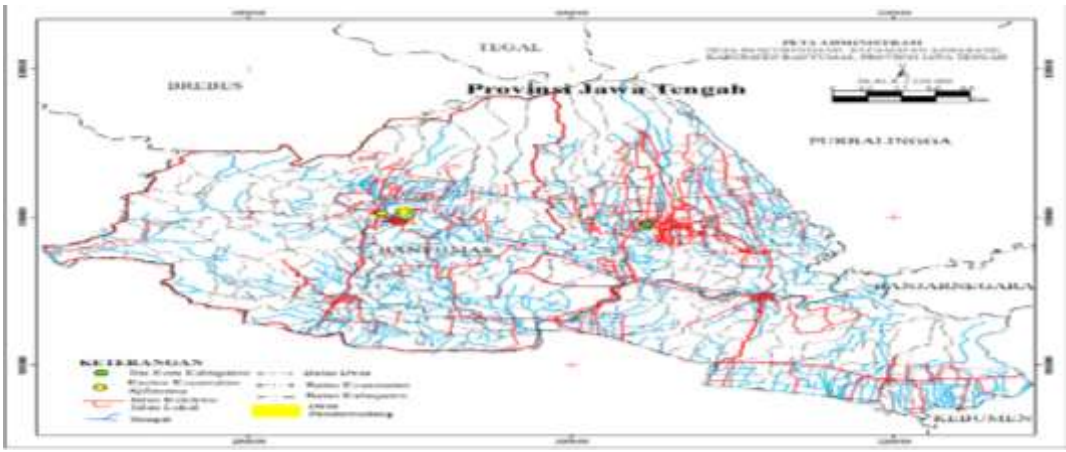
Setelah diketahui tingkat kerentanan pencemaran merkuri pada air permukaan di derah penelitian, selanjutnya dilakukan pengambilan sampel secara aktual pada lokasi-lokasi yang diperkirakan berpotensi tercemar oleh merkuri berdasarkan peta kerentanan air permukaan. Pengambilan sampel berdasarkan unit area yang dapat mewakili tingkat kerentanan merkuri pada air permukaan.

Pengujian air permukaan dilakukan dengan parameter merkuri (Hg) dengan metode *Mercury Analyzer*. Pengujian kualitas air dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gadjah Mada. Hasil dari pengujian kualitas air ini kemudian disesuaikan dengan baku mutu dari peraturan terkait. Baku mutu merkuri (Hg) dalam airtanah sebesar 0,001 mg/L mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/MenKes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Baku mutu merkuri (Hg) dalam air permukaan sebesar 0,002 mg/L mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Setelah diketahui kondisi aktual tingkat ketercemaran air permukaan berdasarkan hasil analisis laboratorium, kemudian dilakukan analisis secara deskriptif antara kondisi aktual dengan potensi kerentanan pencemaran air permukaan.

Hasil dan Pembahasan

Lokasi penelitian berada di Desa Pancurendang, Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah. Daerah ini memiliki letak geografis antara 7º 38’ 42” LS - 7º 59’ 03” LS dan 110º 01’ 37” BT - 110º 16’ 26” BT. Desa Pancurendang berada di bagian tengah dari wilayah Kecamatan Ajibarang. Batas-batas wilayah sebagai berikut: sebelah utara dan barat laut Desa Lesmana, sebelah timur Desa Kalibenda, sebelah selatan Desa Sawangan sebelah barat Desa Ajibarang Wetan, dan sebelah barat daya berbatasan dengan Desa Pancasan.



Gambar 1. Peta Administrasi Desa Pancurendang Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas Provinsi Jawa Tengah

Lokasi penelitian berjarak 198 km dan dapat ditempuh dengan waktu 4 jam 2 menit dengan jalur darat dari kampus UPN “Veteran” Yogyakarta. Lokasi penelitian berjarak 13 km dari Ibu Kota Banyumas dan dapat ditempuh dengan jarak 29 menit dengan jalur darat. Lokasi penelitian berjarak 2 km dari kantor kecamatan Ajibarang.

Kondisi Kemiringan Lereng

Daerah penelitian memenuhi 4 klasifikasi Van Zuidam. Kemiringan lereng datar (0-2%) terletak di bagian barat daerah penelitian dan memenuhi 20% dari daerah penelitian. Kemiringan lereng agak curam (15-30%) terletak di bagian timur daerah penelitian dan memenuhi 10% dari daerah penelitian. Kemiringan lereng curam (30-70%) mendominasi daerah penelitian dan memenuhi 60% dari daerah penelitian. Kemiringan lereng terjal (70-140%) terletak di bagian tenggara dan barat daya daerah penelitian dan memenuhi 10% dari daerah penelitian. Kemiringan lereng memiliki nilai bobot terendah diantara parameter kerentanan lainnya, yaitu nilai satu.

Tabel 6. Skor untuk Kemiringan Lereng Metode PCSM

Kemiringan Lereng (%)	Nilai	Bobot	Skor
>8	2	1	2
15-25	6	1	6

Kemiringan lereng yang semakin terjal menyebabkan tingkat kerentanan semakin tinggi. Semakin besar kemiringan lereng, maka potensi hujan yang jatuh untuk menjadi *runoff* akan semakin besar. Sementara apabila kemiringan lereng yang kecil, proses infiltrasi akan lebih intensif terjadi, sehingga runoff yang dihasilkan lebih kecil. Laju pencampuran zat pencemar ke dalam air akan berlangsung lebih cepat saat kemiringan lereng besar, dikarenakan aliran air akan semakin cepat dan proses pencampuran terjadi.

Kondisi Penggunaan Lahan

Daerah penelitian memiliki 3 penggunaan lahan, yaitu sawah irigasi, kebun dan pemukiman. Sawah irigasi terletak di bagian barat dan timur daerah penelitian dengan ketinggian 87,5 hingga 112,5 mdpl. Sawah irigasi memenuhi 40% dari daerah penelitian. Kebun terletak menyebar di daerah penelitian dan memenuhi 40% dari daerah penelitian. Kebun terletak di sekitar pemukiman warga. Pemukiman warga terletak di bagian utara, timur, dan selatan daerah penelitian dan memenuhi 20% dari daerah penelitian.

Tabel 7. Skor untuk penggunaan lahan Metode PCSM

Kemiringan Lereng (%)	**Nilai**	**Bobot**	**Skor**
Kebun	5	3	15
Sawah	7	3	21
Pemukiman	8	3	24

Penggunan lahan memiliki nilai bobot tertinggi diantara parameter kerentanan lainnya, yaitu nilai 3. Penggunaan lahan mempengaruhi aktivitas yang terjadi di permukaan tanah, sehingga mempengaruhi kecenderungan air yang menjadi *runoff*. Penggunaan lahan pemukiman memiliki nilai tertinggi daripada penggunaan lahan lainnya. Tanah yang berada di pemukiman sudah mengalami perubahan fisik yaitu menjadi lebih padat, sehingga mengurangi potensi air yang akan terinfiltrasi dan memperbesar potensi *runoff*.

Penggunaan lahan didominasi kebun yang minim pengolahan oleh manusia dan tidak berpotensi menghasilkan limbah, akan memiliki skor tingkat kerentanan yang rendah. Penggunaan lahan sawah dan permukiman merupakan jenis penggunaan lahan yang rentan terhadap pencemaran. Limbah yang dihasilkan akan lebih tinggi jika dibandingkan dengan limbah yang dihasilkan oleh jenis penggunaan lahan lainnya. Limbah-limbah yang dihasilkan biasanya berbentuk padat, cair, dan gas. Limbah yang dihasilkan oleh permukiman biasanya adalah limbah domestic. Limbah ini mampu masuk ke dalam sistem airtanah dengan media air (infiltrasi dan perkolasi) (Nurkholis, 2016).

Kondisi Curah Hujan

Berdasarkan hasil analisis peta isohyet yang bersumber dari data curah hujan pada 3 stasiun curah hujan terdekat dari daerah penelitian, maka curah hujan di daerah penelitian berkisar >3000 mm/tahun yang termasuk kategori curah hujan tinggi. Curah hujan memiliki nilai bobot 2. Tingkat curah hujan tinggi berpengaruh terhadap pencemaran air permukaan karena pengenceran oleh air hujan maka menyebabkan kontaminan mudah terlarut dan membesar *runoff*.

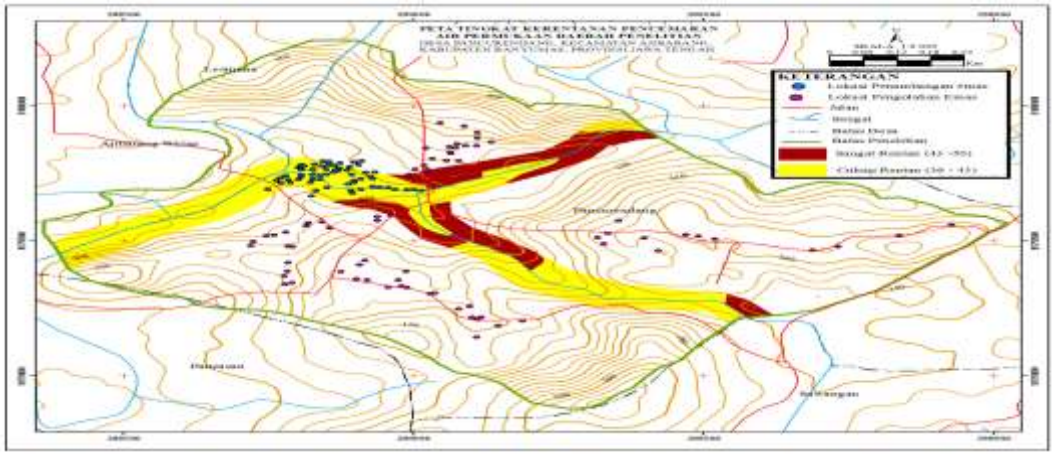
Tabel 8. Skor untuk curah hujan Metode PCSM

Curah Hujan (mm/thn)	Nilai	Bobot	Skor
>3000	10	2	20

Faktor curah hujan akan menentukan besarnya jumlah sumber air yang tertransport melalui permukaan lahan menuju sungai atau danau. Curah hujan rerata tahunan yang semakin tinggi pada suatu wilayah maka tingkat kerentanan semakin tinggi. Air hujan merupakan media pelarut dan pembawa zat pencemar ataupun sedimen yang berada di permukaan melalui *runoff* dan infiltrasi.

Tingkat Kerentanan Pencemaran Air Permukaan Daerah Penelitian

Hasil dari tumpang susun (*overlay*) dari setiap parameter tingkat kerentanan air permukaan menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki 5 total skor yang berbeda dan masuk ke dalam 2 tingkat kerentanan yang berbeda. Total skor yang didapat ialah 43, 47, 41, 46, dan 50. Total skor 36-43 termasuk dalam kelas kerentanan cukup rentan. Total skor 43 – 50 termasuk dalam kelas kerentanan sangat rentan. Peta tingkat kerentanan ditunjukkan pada Peta Tingkat Kerentanan Air Permukaan.



Gambar 2. Peta Tingkat Kerentanan Pencemaran Air Permukaan di Daerah Penelitian

Daerah penelitian dengan tingkat kerentanan cukup rentan memiliki dominasi kemiringan lereng <8%, penggunaan lahan sawah dan kebun, dan curah hujan >3000 mm/tahun. Kemiringan lereng yang landai memperkecil *runoff* dan proses infiltrasi terjadi lebih intensif. Penggunaan lahan sawah dan kebun juga terjadi proses infiltrasi yang lebih intensif daripada pemukiman. Daerah penelitian dengan tingkat kerentanan sangat rentan memiliki dominasi kemiringan lereng 15-25%, penggunaan lahan sawah dan pemukiman, dan curah hujan >3000 mm/tahun. Kemiringan lereng yang terjal akan mempercepat laju pencampuran zat pencemar ke dalam air dan memperbesar terjadinya *runoff*. Penggunaan lahan pemukiman juga akan memperbesar terjadinya *runoff*.

Analisis Kondisi Aktual Pencemaran Merkuri pada Air Permukaan

Tabel 9. Hasil Pengukuran pH dan Suhu Aktual di Air Permukaan

Nama	X	Y	Suhu	pH	Baku Mutu pH
AP1	288719	9179704	28	7	6-9
AP2	288829	9179783	27	5	6-9
AP3	289125	9179748	28	5	6-9
AP4	289180	9179772	28	5	6-9
AP5	289026	9179571	28	7	6-9
AP6	289109	9179500	28	7	6-9

Sumber: Hasil Analisis Lab dan Data Lapangan, 2019

Kondisi kandungan kadar merkuri di permukaan juga perlu dilakukan pengukuran aktual untuk menkonfirmasi bahwa keberadaan potensi pencemaran merkuri pada air permukaan yang telah dipetakan pada tahap sebelumnya. Air permukaan di daerah penelitian yaitu berupa air sungai saja. Parameter yang diukur pada air permukaan adalah pH, suhu dan kadar merkuri. Jumlah sampel yang diambil adalah 6 buah dengan lokasi berdasarkan peta potensi kerentanan air tanah yang dianggap mewakili. Diketahui suhu aktual di daerah penelitian adalah sebesar 28°C dan 27°C. Hal ini dipastikan bahwa kondisi permukaan di daerah penelitian masih dalam standar yang normal. Sedangkan pH aktual air permukaan diketahui AP1 sebesar 7, AP2 – AP4 = 5, AP5 dan AP 6 adalah 7. Hasil ini menunjukkan nilai pH pada lokasi sampel AP2-AP4 lebih rendah dari bakumutu. Lokasi pengambilan sampel air permukaan tersebut merupakan lokasi area penambangan, air sungai dekat dengan parit yang dialiri lumpur pengolahan dan lokasi inlet. Sedangkan dua lokasi lainnya masih menunjukkan kadar yang pH yang normal.

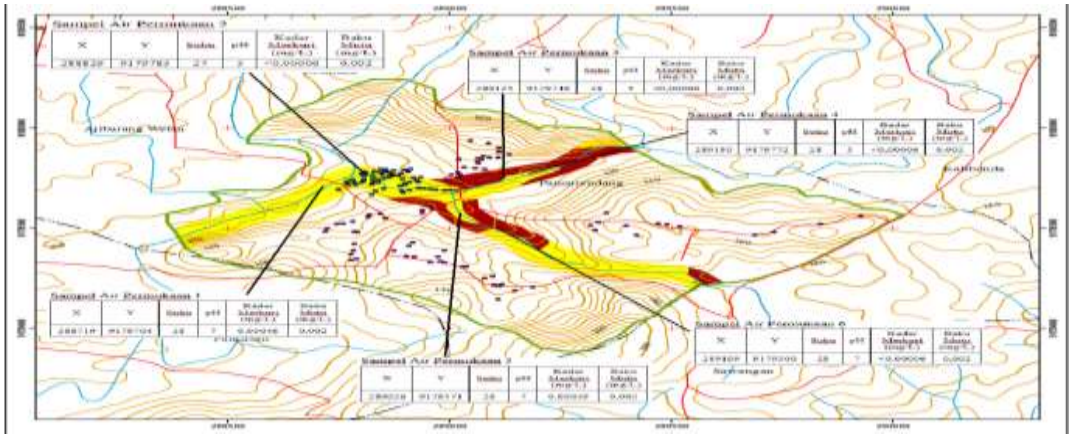
Tabel 10. Hasil Pengukuran Kadar Merkuri di Air Permukaan

Nama	Kadar Merkuri (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)	Keterangan
AP1	0,00046	0,002	Outlet
AP2	<0,00006	0,002	Area penambangan
AP3	<0,00006	0,002	Air sungai dekat parit yang dialiri lumpur pengolahan
AP4	<0,00006	0,002	Inlet
AP5	0,00039	0,002	Dekat sawah di pemukiman yang terdapat bak penampung
AP6	<0,00006	0,002	Inlet

Sumber: Hasil Analisis Lab dan Data Lapangan, 2019

Kadar merkuri aktual pada daerah penelitian diketahui secara berturut-turut sampel AP1-AP6 adalah 0,00046 mg/L; <0,00006mg/L; <0,00006mg/L; <0,00006mg/L; 0,00039 mg/L dan <0,00006 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa air permukaan di daerah penelitian belum tercemar merkuri karena nilainya dibawa baku mutu semua. Namun mengingat aktivitas penambangan yang cukup intensif jika tidak dikendalikan dan diantisipasi sejak awal maka

kemungkinan terjadinya pencemaran merkuri terhadap air permukaan cukup terbuka. Peta kondisi aktual pencemaran Hg pada air permukaan ditunjukkan pada



Gambar 3.Peta Kondisi Aktual Pencemaran Air Pemukaan

Dari hasil analisis diketahui tingkat kerentanan pencemaran merkuri terhadap air permukaan di daerah penelitian terdiri dari dua kelas yaitu kelas kerentanan cukup rentan dan sangat rentan. Berdasarkan analisis kondisi aktual dan laboratorium diketahui bahwa pencemaran merkuri di daerah penelitian secara eksisiting belum tercemar oleh merkuri sebab nilai pengukuran air permukaan terhadap parameter merkuri semua di bawah bakumutu.

Berdasarkan analisis di atas perlu diperhatikan bahwa meskipun kondisi eksisting air permukaan saat ini belum tercemar oleh merkuri, namun dimasa yang akan datang jika tidak dikendalikan dan dikelola dengan baik, air permukaan akan tercemar oleh merkuri dan dapat membahayakan lingkungan.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian memiliki 2 klasifikasi tingkat kerentanan pencemaran permukaan, yaitu klasifikasi tingkat kerentanan cukup rentan dan klasifikasi tingkat kerentanan sangat rentan. Total skor 36-43 termasuk dalam kelas kerentanan cukup rentan. Total skor 43 – 50 termasuk dalam kelas kerentanan sangat rentan. Kadar merkuri aktual pada daerah penelitian diketahui secara berturut-turut sampel AP1-AP6 adalah 0,00046 mg/L; <0,00006mg/L; <0,00006mg/L; <0,00006mg/L; 0,00039 mg/L dan <0,00006 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa air permukaan di daerah penelitian belum tercemar merkuri karena nilainya dibawa baku mutu semua.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta atas dukungan dan bantuan yang telah dibrikan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

Alimano, Marsen, M. Lutfi, Retno Dmayanti. 2011. *Rancangan Pengolahan Limbah Pertambangan Emas Rakyat dengan Eceng Goncok (Eichhornia crassipes) di Bolaang Mongondow*. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara Volume 7, Nomor 3.

Alimano, M. dan Darmutji S. 2007. *Evaluasi Proses Amalgamasi Emas Terhadap Kesehatan Masyarakat*. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara Nomor 40 Tahun 15. ISSN 0854-7890. Bandung. Hal 25-31.

Gunawan, Wayan Andi Frederich, Diang Sisinggih, dan Very Dermawan. 2012. *Studi Kerentanan Airtanah terhadap Kontaminan di Cekungan Airtanah Negara Kabupaten Jembrana Provinsi Bali*. Jurnal Pengairan Universitas Brawijaya Vol 4, No 2.

Kilian, Abdullah, Sri Widodo, Nurliah Jafar. 2018. *Analisis Karakteristik Limbah Pengolahan Emas dan Potensi Pemicu Air Asam Tambang pada Pertambangan Rakyat Keluruhan Poboya Kab. Donggala, Prov. Sulawesi Tengah*. Jurnal Geomine, Vol 6, No. 2.

Muryani, Eni. Dian Hudawan Santoso dan Dayu Afiana Rahmah. 2019. *Analisis Tingkat Kerentanan Pencemaran Air Permukaan Di Wilayah Penambangan Emas Rakyat Desa Pancurendang, Banyumas.*Prosiding LPPM UPN "Veteran" Yogyakarta.

Nurkholis, Afid, Yuli Widyaningsih, Ayu Dyah Rahma, Amalya Suci, Ardian Abdillah, Gina Aprila Wagge, Arum Sari Widiastuti, Deka Ayu Maretya. 2016. *Analisis Kerentanan Air Permukaan DAS Sembung, Kabupaten Sleman, DIY*. Yogyakarta: Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.

Poedjiastoeti, Hermin, Sudarmadji, Sunarto, Slamet Suprayogi. 2017. *Penilaian Kerentanan Air Permukaan terhadap Pencemaran di Sub DAS Garang Hilir Berbasis Multi-Indeks*. Jurnal Wilayah dan Lingkungan Volume 5 Nomor 3.

Sugianti, Khori, Dedi Mulyadi, Rizka Maria. 2015. *Analisis Kerentanan Pencemaran Airtanah dengan Pendekatan Metode DRASTIC di Bandung Selatan*. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi. Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI-Bandung.

Widagdo, Asmoro, Rachmad Setijadi. 2015. *Potensi Bencana Geologi pada Penambangan Emas dan Lempung di Desa Cihonje Kecamatan Gumelar Kabupaten Banyumas*. Dinamika Rekayasa Vol. 11, No.1.