
**ANALISIS RISIKO LOGAM BERAT Cd, Cr, dan Cu PADA DAS GELIS
(STUDI KASUS: SUNGAI GELIS, KABUPATEN KUDUS)**

Debby Valentina^{*)}, Winardi Dwi Nugraha^{)}, Anik Sarminingsih^{**)}
Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H Tembalang, Semarang, Indonesia, 50275
email: deby_vamor@yahoo.com**

Abstrak

Banyaknya aktivitas yang dilakukan di sepanjang DAS Gelis, seperti aktivitas rumah tangga, industri dan pertanian yang dapat menyebabkan pencemaran logam berat, terutama Cd, Cr dan Cu pada DAS Gelis. Tujuan penelitian ini untuk mengukur dan membandingkan konsentrasi logam berat Cd, Cr dan Cu terhadap standar yang berlaku serta menganalisis risiko logam berat tersebut terhadap pengguna sungai. Penelitian ini menggunakan sampel air Sungai Gelis pada 5 titik yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar konsentrasi logam berat Cd, Cr dan Cu pada titik sampling masih di bawah baku mutu, kecuali konsentrasi Cd pada titik 5 sebesar 0.029 dan Cu pada titik 4 yang cenderung melewati batas baku mutu, yaitu sebesar 0.02. Nilai risiko yang lebih dari 1, $RQ > 1$ yaitu adalah nilai risiko Cd pada titik 5 sedangkan untuk nilai risiko lainnya masih dibawah 1, sehingga masih dikatakan tidak berisiko.

Kata kunci: Sungai Gelis, Logam Berat, Cd, Cr, Cu, Analisis Risiko

Abstract

[Risk Analysis of Heavy Metals Cd, Cr and Cu (Case Study : Gelis River, Kudus District)]. *Various activities that happen along Gelis watershed, such as household activities, industries and agriculture can cause heavy metal pollution, especially for Cd, Cr and Cu. The aim of this study is to measure and compare the concentration of Cd, Cr and Cu against the valid standard and analyze the risk of heavy metals towards people who use the river. This study use Gelis river samples in five different spots. The results showed that most of the Cd, Cr and Cu concentration at the sampling points are still below the standard, except the concentration of Cd in fifth spot is 0.029 mg/l and Cu in fourth spot is almost exceed the standard limit which is 0.02 mg/l. Risk quotient which more than 1, $RQ > 1$ is in spot 5, risk quotient for Cd while for other risk quotients are still below 1, so it is still not at risk.*

Keywords: Gelis River, Heavy Metals, Cd, Cr, Cu, Risk Analysis

PENDAHULUAN

Sungai Gelis merupakan sungai yang membelah di tengah Kabupaten Kudus sehingga terdapat dua penyebutan nama untuk dua bagian wilayah tersebut, yakni Kudus Kulon (barat) dan Kudus Wetan (timur). Sungai Gelis terletak sepanjang Desa Rahtawu Kecamatan Gebok hingga bagian hilir terletak di Desa Jati Wetan Kecamatan Jati. Panjang Sungai Gelis sebesar 32 km, luas DAS sebesar 140,94 km² dengan debit banjir yang dimiliki 1,17 m³/dtk. Bangunan yang ada di sekitar Sungai Gelis adalah Bendung Suru dan Bendung Kedung (BPSDA Seluna, 2002). Dalam upaya untuk mengetahui risiko beban pencemar pada Sungai Gelis terhadap kesehatan pengguna sungai, maka dilakukan penelitian terhadap kandungan pencemar yang berada di sungai dan selanjutnya dilakukan analisis risiko terhadap beban pencemar. Dengan adanya berbagai aktivitas disekitar Sungai Gelis maka dapat menyebabkan pencemaran air yang akan berpotensi menghasilkan logam berat yang dapat menyebabkan penyakit kepada masyarakat yang menjadikan air Sungai Gelis sebagai air baku untuk keperluan sehari – hari. Salah satu pencemaran logam berat seperti Cd, Cr, dan Cu yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Sungai Gelis Kabupaten Kudus. Letak hulu Sungai Gelis berada di Desa Rahtawu Kecamatan Gebog sampai dengan hilir Sungai Gelis yang terletak di Jembatan Desa Jati Kulon Kecamatan Jati. Pengambilan sampel dilaksanakan 2 (dua)

kali pada tanggal 1 Juni 2016 dan 24 Oktober 2016. Logam berat yang akan diukur adalah Cd, Cr dan Cu. Sungai Gelis dibagi menjadi 4 segmen dengan 5 titik pengambilan sampling. Teknik pengumpulan data terdiri dari dua jenis yaitu pengumpulan data primer (observasi, hasil pengujian parameter air sungai, dokumentasi kegiatan observasi dan kuesioner), pengumpulan data sekunder (data fisik sungai, data debit Sungai Gelis, RTRW Kab. Kudus, data tata guna lahan Kab. Kudus).

Teknik analisis data pada penelitian ini dibagi menjadi analisis kualitas air sungai dengan mengacu pada PP Nomor 82 tahun 2001 yang bertujuan membandingkan konsentrasi logam berat yang terukur dengan baku mutu, dan melakukan perhitungan analisis risiko.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hasil Logam Berat

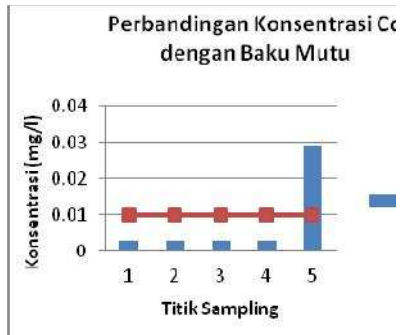
Tabel 1 Konsentrasi Logam Berat

Titik Sampling	Konsentrasi (mg/l)		
	Cd	Cr	Cu
Titik 1	0.003	0.008	0.004
Titik 2	0.003	0.008	0.004
Titik 3	0.003	0.008	0.004
Titik 4	0.003	0.008	0.02
Titik 5	0.029	0.02	0.01

Logam Berat Cd

Cadmium banyak digunakan dalam industri ringan seperti pada proses pengolahan roti, pengolahan ikan,

pengolahan minuman, industri tekstil dan lain – lain.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Konsentrasi Cd pada Setiap Titik Sampling dengan Baku Mutu PP No. 82 Tahun 2001 Kelas II

Dapat dilihat bahwa nilai konsentrasi Cd tertinggi dihasilkan oleh titik 5 yaitu sebesar 0.029 mg/l dan untuk titik 1 sampai 4 menghasilkan konsentrasi Cd yang sama yaitu sebesar 0.003 mg/l. Setelah dilakukan perbandingan dengan baku mutu PP No 82 Tahun 2001 Kelas II, didapat titik dengan konsentrasi di atas baku mutu yaitu pada titik 5.

Penyebab tingginya kandungan Cd pada titik 5 yaitu disebabkan oleh air buangan industri, adanya permukiman di sekitar titik 5 yang menghasilkan limbah domestic dan juga terdapat lahan pertanian.

Logam Berat Cr

Kromium (Cr) termasuk unsure yang jarang ditemukan pada perairan alami. Kerak bumi mengandung kromium sekitar 100 mg/kg sedangkan jumlah kromium di perairan secara alami adalah sebesar 0.0005 – 0.002 mg/l. Sumber kromium pada umumnya yaitu berasal dari kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga serta dari pembakaran.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Konsentrasi Cr pada Setiap Titik Sampling dengan Baku Mutu PP No. 82 Tahun 2001 Kelas II

Tingginya nilai konsentrasi Cr pada titik 5 dipengaruhi oleh banyaknya aktivitas warga yaitu pembuangan limbah domestic ke sungai dan masih adanya masyarakat yang BAB di sekitar sungai, buangan industri dari industri di sekitar titik 5 dan pertanian. Limbah yang mengandung kromium val 6, sampah dari hasil rumah tangga apabila dibuang langsung ke sungai akan menjadikan kadar kromium val 6 meningkat.

Logam Berat Cu

Konsentrasi tembaga pada air permukaan berkisar antara 0.0005 – 1 mg/l, dengan rata – rata 0.01 mg/l (ATSDR, 2002).



Gambar 3. Grafik Perbandingan Konsentrasi Cu pada Setiap Titik Sampling dengan Baku Mutu PP No. 82 Tahun 2001 Kelas II

Nilai konsentrasi Cu tertinggi berada pada titik 4 yaitu di Jembatan Desa Ploso, Kecamatan Jati dan memiliki nilai yang sama dengan baku mutu. Hal ini dipengaruhi karena adanya air buangan limbah pertanian, limbah industri tahu dan tempe yang berada disekitar titik 4 dan juga banyaknya permukiman yang menyebabkan tingginya konsentrasi Cu.

Analisis Risiko

1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Tahap pertama dalam analisis risiko adalah mengidentifikasi bahaya, yang membahas identifikasi sumber – sumber bahaya yang ada pada lokasi penelitian. Unsur logam berat Cd, Cr dan Cu yang terdapat pada DAS Gelis sebagian besar berasal dari limbah domestik rumah tangga, limbah cair industri dan hasil limpasan pertanian.

2. Penilaian Paparan (*Exposure Assessment*)

Pada tahap kedua dalam analisis risiko adalah dengan melakukan perkiraan penyebaran dan akan dilakukan perhitungan dosis intake. Perkiraan dosis intake dapat dihitung menurut persamaan di bawah ini :

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

Dimana :

- I = intake (asupan), jumlah risk agent yang masuk (mg/kg/hari)
- C = konsentrasi risk agent (mg/l)
- CR = laju (rate) asupan. Rata – rata konsumsi air minum diasumsikan 2 L/hari

ED = Exposure Duration, yaitu nilai tunggal yang mewakili paparan tertinggi (tahun)

EF = Exposure Frequency, yaitu nilai tunggal yang mewakili paparan paling Sering terjadi, nilai 365 hari/tahun

BW = Body weight, berat badan individu yang terpapar (kg)

AT = Average time, periode waktu rata – rata pemaparan (hari) yaitu 365 hari x ED untuk efek non karsinogen

Dosis intake logam berat Cd tertinggi berada di titik 5 di Jembatan Desa Jati Kulon, segmen 4 yang diterima oleh R43 berjenis kelamin perempuan, dengan nilai intake sebesar 0.00121 mg/kg/hari dan intake terendah untuk logam berat Cd berada pada titik 4 di Jembatan Desa Ploso sebesar 0.000075 mg/kg/hari yang diterima oleh R31 berjenis kelamin laki-laki.

Dosis intake logam berat Cr tertinggi berada di titik 5 Jembatan Desa Jati Kulon, segmen 4 yang diterima oleh R43 berjenis kelamin perempuan dengan nilai intake sebesar 0.00083 mg/kg/hari dan intake terendah berada pada titik 4 di Jembatan Desa Ploso sebesar 0.00020 mg/kg/hari yang diterima oleh R31 berjenis kelamin laki-laki.

Dosis intake logam berat Cu tertinggi berada pada titik 4 Jembatan Desa Ploso, segmen 3 yang diterima oleh R34 berjenis kelamin perempuan sebesar 0.00098 mg/kg/hari dan intake terendah berada pada titik 2 di Jembatan Desa Jurang dan pada titik 3 di Bendung Kedunggupit yang diterima oleh R13 berjenis kelamin laki-laki, R16 berjenis kelamin laki – laki, R22 berjenis kelamin perempuan, R 23 berjenis

kelamin laki-laki dan R26 berjenis kelamin laki-laki sebesar 0.000118 mg/kg/hari.

3. Perkiraan Daya Racun (Toxicity Assessment)

Tabel 2. Dosis Standar Logam Berat Cd, Cr dan Cu

No	Parameter	RfD (Reference Dose) US- EPA (mg/kg/day)	PERMENKES No 492 Tahun 2010 (mg/l)
1	Cd	0.0005	0.003
2	Cr	0.003	0.05
3	Cu	0.04	2

Sumber : Chemical reference dose and slope factor US EPA, PERMENKES No 492 Tahun 2010

4. Karakteristik Risiko (Risk Characterization)

Risiko cemaran logam berat Cd tertinggi dialami oleh R43 yang berada di titik 5 (Jembatan Jati Kulon, segmen 4) sebesar 2.417 sedangkan untuk risiko logam berat terendah dialami oleh R31 yang berada di titik 4 (Jembatan Desa Ploso) sebesar 0.150.

Risiko cemaran logam berat Cr tertinggi dialami oleh R43 yang berada di titik 5 (Jembatan Jati Kulon, segmen 4) sebesar 0.278 sedangkan risiko cemaran logam berat Cr terendah dialami oleh R31 yang berada di titik 4 (Jembatan Desa Ploso) sebesar 0.067.

Risiko cemaran logam berat Cu tertinggi dialami oleh R34 sebesar 0.02439 pada titik 4 (Jembatan Desa Ploso, segmen 3). Untuk risiko cemaran logam berat Cu terendah dialami oleh R13 dan R16 pada titik 2 kemudian R22, R23 dan R26 di titik 3 sebesar 0.00294.

Tingkat risiko dikatakan aman jika nilai risiko ≤ 1 dan tingkat risiko dikatakan tidak aman jika nilai risiko > 1 . Dari nilai risiko ketiga logam berat Cd, Cr dan Cu nilai risiko > 1 dihasilkan oleh logam berat Cd, yang berarti responden tersebut memiliki probabilitas lebih besar bagi terjadinya suatu efek kesehatan dari cemaran logam berat Cd.

Analisis Deskriptif Kuesioner

1. Data Diri

Dalam hal usia sebagian besar responden berusia 31-50 tahun. Pada berat badan sebagian besar responden memiliki berat badan 51-70 kg.

2. Gaya Hidup

Dalam hal lama tidur, sebagian besar responden memiliki lama tidur selama 3-6 jam sehingga dapat disimpulkan bahwa responden memiliki kebiasaan tidur yang kurang baik yaitu masih kurang dari delapan jam, sehingga dapat mempengaruhi kesehatan. Sebagian besar konsumsi air bersih responden berasal dari sumur galian/bor yaitu sebesar 66%, sedangkan responden yang menggunakan PDAM sebagai sumber air bersih masih minim yaitu hanya sebesar 4%. Dalam hal penggunaan sungai, responden masih sering menggunakan sungai yaitu sebanyak 68%.

3. Kesehatan

Sebagian besar responden tidak pernah berolahraga dan hanya 10% dari 50 responden yang melakukan olahraga setiap harinya. Dalam hal riwayat penyakit, sebagian besar responden tidak memiliki riwayat penyakit, namun terdapat tujuh responden yang memiliki riwayat penyakit

anemia, satu penyakit gagal ginjal dan satu responden yang memiliki riwayat penyakit kanker.

4. Persepsi terhadap Kondisi Lingkungan DAS Gelis

Kualitas air sungai Gelis menurut responden cukup buruk, serta beberapa responden merasa kualitas air di Sungai Gelis sangat buruk namun sebagian besar responden merasa kualitas air di Sungai Gelis masih baik karena responden masih menggunakan air sungai tersebut untuk keperluan sehari – hari.

Sebagian besar responden mengatakan bahwa sumber pencemar di DAS Gelis adalah dari sampah yang dibuang sembarangan ke sungai, sedangkan sebagian responden mengatakan sumber pencemar berasal dari limbah industri dan limbah rumah tangga. Mengenai pengetahuan tentang bahaya logam berat Cd, Cr dan Cu sebagian besar responden tidak mengetahui namun ada beberapa yang hanya mendengar mengenai logam berat.

Analisis Statistik Kuesioner

1. Analisis Korelasi Sederhana

Hasil analisis korelasi didapatkan korelasi antara nilai risiko logam berat Cd, Cr dan Cu dengan usia adalah 0.217, 0.182, dan 0.037 dimana menurut Sugiyono (2007) hal ini menunjukkan terjadi hubungan yang rendah antara nilai risiko logam berat Cd, Cr dan Cu dengan usia responden sedangkan arah hubungan yang searah karena nilai r positif. Berarti semakin tinggi usia seseorang maka nilai

risiko logam berat Cd, Cr dan Cu akan semakin naik.

Untuk korelasi antara nilai risiko Cd, Cr dan Cu terhadap berat badan diperoleh hasil -0.56, -0.268 dan -0.183 dimana menurut Sugiyono (2007) hal ini menunjukkan terjadi hubungan yang sedang antara nilai risiko Cd dengan berat badan dan hubungan yang rendah antara nilai risiko Cr dan Cu terhadap berat badan. Sedangkan arah hubungan yang berlawanan arah karena nilai r negatif, berarti semakin besar berat badan seseorang maka akan semakin menurun nilai risiko yang terpapar.

Untuk korelasi antara nilai risiko Cd, Cr, dan Cu terhadap lama tinggal diperoleh hasil -0.167, -0.14, dan -0.322 dimana menurut Sugiyono (2007) hal ini menunjukkan terjadi hubungan yang sedang antara nilai risiko Cd, Cr dan Cu dengan lama tinggal.

2. Analisis Regresi Linier Sederhana

Hubungan usia responden dengan nilai risiko logam berat Cd, Cr dan Cu disimpulkan hubungan antara usia responden dengan nilai risiko Cd, Cr dan Cu memiliki garis lurus atau berbanding lurus dengan sebaran nilai usia. Sebaran nilai usia disebabkan karena nilai koefisien determinasi (R^2) pada masing – masing titik kurang dari 1 yang berarti bahwa tidak ada hubungan yang kuat antara nilai risiko dengan usia. Titik 1 memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) Cd, Cr dan Cu sama yaitu sebesar 0.4139. Hal ini menunjukkan kemampuan variable usia dalam mempengaruhi nilai risiko Cd, Cr dan Cu sebesar 41.39% sedangkan sisanya 58.61% dipengaruhi oleh faktor lain.

Berat badan berbanding terbalik dengan besarnya risiko yang terpapar. Semakin rendah berat badan maka nilai risiko semakin tinggi. Hal ini dapat dilihat pada arah grafik regresi linear yang turun dan nilai negatif koefisien arah regresi linear. Sebaran nilai berat badan tidak menyebar dan sesuai dengan garis linear disebabkan karena nilai R² pada tiap titik mendekati 1 yang berarti terdapat hubungan yang kuat antara berat badan dengan nilai risiko.

Lama tinggal responden berbanding terbalik dengan besarnya risiko. Nilai koefisien determinasi pada masing – masing titik kurang dari 1 menjelaskan bahwa tidak ada hubungan yang kuat antara nilai risiko dengan lama tinggal responden.

Daya Tampung Beban Pencemar Logam Berat

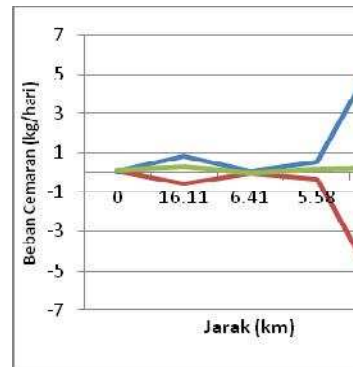
Daya tampung beban cemaran ini dihitung berdasarkan kondisi debit terukur yang dilakukan saat pengambilan sampel. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung beban cemaran logam berat Cd, Cr dan Cu pada kelas II yang diatur oleh Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001.

Beban cemaran yang diijinkan (kg/hari) = debit (m³/s) x BM Kelas (mg/l) x 86.4

Tabel 3. Baku Mutu Beban Cemaran Cd, Cr dan Cu Kelas II Berdasarkan PP No 82 Tahun 2001

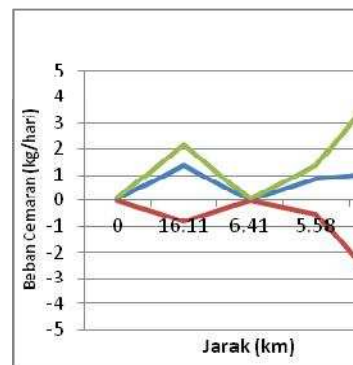
Titik	Debit (m ³ /s)	Konsentrasi (mg/l)			Beban Cemaran yang Dijinkan (kg/hari)		
		Cd	Cr	Cu	Cd	Cr	Cu
1	0.15	0.001	0.005	0.02	0.1296	0.0648	0.2592
2	3.16	0.001	0.005	0.02	0.273	1,365	5.46
3	0.08	0.001	0.005	0.02	0.0069	0.034	0.138

Titik	Debit (m ³ /s)	Konsentrasi (mg/l)			Beban Cemaran yang Dijinkan (kg/hari)		
		Cd	Cr	Cu	Cd	Cr	Cu
4	1.98	0.001	0.005	0.02	0.171	0.855	3.421
5	2.58	0.001	0.005	0.02	0.223	1.114	4.458



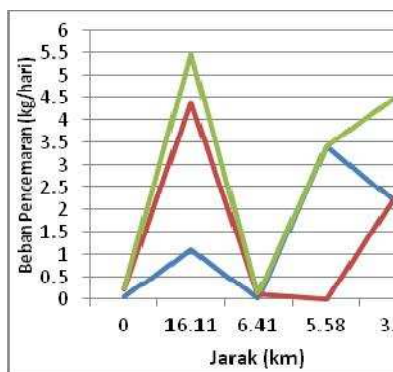
Gambar 4. Daya Tampung Beban Cemaran Cd Pada Debit Eksisting Dibandingkan Dengan Baku Mutu Kelas II

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa hampir semua titik tidak memenuhi baku mutu kelas II. Berdasarkan perhitungan, daya tampung Cd tertinggi berada pada titik I yaitu sebesar 0.0916 kg/hari. Daya tampung logam berat Cd terendah berada pada titik 5 yaitu sebesar -6.237 kg/hari. Kondisi ini dipengaruhi oleh beban cemaran Cd yang masuk ke sungai telah melampaui baku mutu.



Gambar 5. Daya Tampung Beban Cemaran Cr Pada Debit Eksisting Dibandingkan Dengan Baku Mutu Kelas II

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat semua titik tidak memenuhi beban cemaran Cr yang diijinkan untuk kelas II. Berdasarkan hasil perhitungan, daya tampung beban cemaran Cr tertinggi terdapat pada titik 3 yaitu sebesar -0.021 kg/hari. Kondisi ini dipengaruhi oleh beban cemaran yang masuk masih berada dibawah baku mutu. Beban cemaran yang rendah dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi logam berat Cu dan debit yang rendah. Daya tampung beban cemaran Cr terendah berada pada titik 5 yaitu sebesar -3.344 kg/hari. Kondisi ini dipengaruhi oleh beban cemaran yang masuk telah melebihi baku mutu.



Gambar 6. Daya Tampung Beban Cemaran Cu Pada Debit Eksisting Dibandingkan Dengan Baku Mutu Kelas II

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat semua titik masih memenuhi beban cemaran Cu yang diijinkan untuk kelas II. Berdasarkan hasil perhitungan, daya tampung beban cemaran Cu tertinggi terdapat pada titik 2 yaitu sebesar 4.36 kg/hari. Kondisi ini dipengaruhi oleh beban cemaran yang masuk masih berada dibawah baku mutu. Beban cemaran yang rendah dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi logam berat Cu dan debit yang

rendah. Daya tampung beban cemaran Cu terendah berada pada titik 4 yaitu sebesar 0 /hari. Kondisi ini dipengaruhi oleh beban cemaran yang masuk telah melebihi baku mutu.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil pengukuran di DAS Gelis diperoleh konsentrasi logam berat Cd, Cr dan Cu pada setiap titik yaitu titik 1 sebesar 0.003 mg/l, 0.008 mg/l dan 0.004 mg/l. Di titik 2 sebesar 0.003 mg/l, 0.008 mg/l dan 0.004 mg/l. Titik 3 sebesar 0.003 mg/l, 0.008 mg/l dan 0.004 mg/l. Titik 4 sebesar 0.003 mg/l, 0.008 mg/l dan 0.02 mg/l dan di titik 5 sebesar 0.029 mg/l, 0.02 mg/l dan 0.01 mg/l.
2. Konsentrasi logam berat Cd di DAS Gelis pada titik 5 telah melebihi standar baku mutu, untuk logam Cr masih memenuhi standar baku mutu untuk semua titik sedangkan untuk logam berat Cu tertinggi berada pada titik 4 yang memiliki nilai yang sama dengan baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001.
3. Berdasarkan perhitungan analisis risiko pada setiap titik sampling diperoleh hasil risiko pencemaran logam berat Cd yang terbesar terdapat pada responden 43 di titik 5 sebesar 2.417 sedangkan risiko yang terendah terdapat pada responden 31 sebesar 0.15. Untuk hasil risiko pencemaran logam berat Cr yang terbesar terdapat pada responden 43 di titik 5 sebesar 0.278 dan yang terkecil terdapat pada responden 31 sebesar 0.067

Untuk hasil risiko pencemaran logam berat Cu yang terbesar terdapat pada responden 34 di titik 4 sebesar 0.02439 dan yang terkecil terdapat pada responden 13,16,22, 23 dan 26 sebesar 0.00294. Nilai risiko pencemaran logam berat Cd telah melebihi 1, yaitu $RQ > 1$ sehingga disimpulkan berisiko. Untuk logam berat Cr dan Cu masuk dalam kategori $RQ \leq$ sehingga disimpulkan tidak berisiko.

SARAN

1. Perlu dilakukan peringatan terhadap bahaya cemaran logam berat dan cemaran lainnya yang mempengaruhi kualitas air sungai agar masyarakat dapat terhindar dari risiko cemaran yang dapat menyebabkan masalah kesehatan.
2. Untuk pengukuran selanjutnya, agar dilakukan juga pengukuran logam berat yang terdapat pada sedimen sungai agar didapatkan hasil analisis risiko yang lebih akurat

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Rukaesih. 2004. *Kimia Lingkungan*. Andi Yogyakarta: Yogyakarta.
- Apriadi, D. 2005. *Kandungan Logam Berat Hg, Pb dan Cr pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (Perna viridis L.) di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta*. IPB : Bogor
- Asdak, Chay. 2002. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajah Mada University Press: Yogyakarta
- Darmono, 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran (Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam)*, Universitas Indonesia Press : Jakarta
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Cetakan Kelima. Yogyakarta: Kanisius .
- Kodoatie, J.R dan R. Syarif, 2005. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Andi Offset: Yogyakarta.
- LaGrega, M.D., Buckingham, P.L, dan Evans, J.C. 2001. *Hazardous Waste Management*. Edisi ke – 2. New York: McGraw Hill
- Palar. H, 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta: Jakarta
- Pemerintah Republik Indonesia, 2001. *Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*: Jakarta
- Pemerintah Republik Indonesia, 2012. *Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan DAS*: Jakarta.
- Rahman, A., 2007. *Model Kajian Prediktif Dampak Lingkungan Dan Aplikasinya Untuk Manajemen Risiko Kesehatan*. Pusat Kajian Kesehatan Lingkungan dan Industri FKM-UI: Jakarta
- Richardson J.T. 1989. *Principles of Catalyst Development*. Plenum Press : New York
- Standar Nasional Indonesia, SNI 6989-57-2008. *Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan*.
- Sudarmaji, J. Mukono dan Corie LP. 2006. *Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*.



- Kesehatan Lingkungan FKM:
Unair
- Suriawiria, U. 2003. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. PT. Alumni: Bandung
- Tafangenyasha C and Dzinomwa T. 2005. *Land-use Impacts on River Water Quality in Lowveld Sand River Systems in South-East Zimbabwe*. Land Use and Water Resources Research 5 : 3.1-3.10
- U.S. EPA. 2005. *Risk Assessment Process*. <https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidelines>
- Watts, R J. 1997. *Hazardous Waste – Sources, Pathway, Receptors*. John Wiley & Sons Inc: New York
- Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Cetakan Keempat. Yogyakarta: Penerbit ANDI
- Widowati, W. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Wiwiho, 2005. *Tesis. Model Identifikasi Daya Tampung Beban Cemar Sungai Dengan QUAL2E*. Semarang: Universitas Diponegoro.