

# Evaluasi Level Toksik Logam Berat pada Air, Sedimen Tersuspensi, dan Sedimen Dasar di Sungai Winongo, D.I.Yogyakarta

Lintang Nur Fadlillah, Atikah Nian Indrastuti, Afanin Fatkha Azahra, M. Widyastuti\*,

Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

## ABSTRAK

Aktivitas manusia di sekitar Sungai Winongo dapat berdampak pada kontaminasi logam berat dari limpasan permukaan dan buangan langsung. Sifat toksik pada logam perlu diperhatikan karena dapat terakumulasi dalam waktu yang lama dan merusak lingkungan. Evaluasi logam berat dapat dilakukan dengan cara pemantauan kualitas air dan kualitas sedimen untuk mengetahui tingkat pencemaran suatu perairan karena logam berat dan distribusi logam berat itu sendiri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui level toksik perairan dilakukan analisis hasil dengan berbagai indeks, yaitu Faktor Risiko Ekologis (Er) dan Indeks Beban Polusi (PLI). Sampel air, sampel sedimen tersuspensi (TSS), dan sedimen pada dasar permukaan diambil pada masing-masing titik untuk diuji laboratorium menggunakan alat AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry). Hasil analisis menunjukkan bahwa logam Cu dan Cr paling banyak ditemukan pada sedimen dasar, sedangkan logam Pb paling banyak ditemukan terlarut dalam air. Logam pada sedimen tersuspensi ditemukan sangat kecil yaitu <0,031. Konsentrasi logam pada sedimen tersuspensi tertinggi adalah 0,043 mg/L pada titik T4. Berdasarkan perhitungan Er dan PLI, potensi risiko ekologis terhadap logam di Sungai Winongo rendah (Er<40) dan tidak terdapat polusi karena logam berat (PLI<1). Namun, analisis kualitas air menunjukkan untuk nilai Cu dan Pb melebihi baku mutu kelas 2. Penelitian ini dapat dijadikan penelitian awal dalam kajian logam berat di Sungai Winongo secara historis.

**Kata kunci:** Faktor Pengkayaan, Logam Berat, Sumber Polusi, Kualitas Sedimen

## ABSTRACT

The Increase of human activities around the Winongo River can have an impact on decreasing water quality due to pollution from household and small industrial waste. Metal contamination in the aquatic environment is an environmental issue that needs attention due to its toxicity. Moreover, it can be accumulated in aquatic environments for a long time. Monitoring water quality and sediment quality is important to determine the distribution of heavy metals sources and the level of pollution in the waters. This research aims to determine the water toxicity level. An analysis of the results was carried out with various indices, which are the Ecological Risk (Er) and Pollution Load Index (PLI) in the water samples, suspended sediment samples (TSS), and sediment at the bottom of the surface will be taken at each point for laboratory testing using AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry). The concentration of heavy metals for Cu and Cr in the surface sediment respectively was found higher than its concentration in the river water. Meanwhile, Pb contents are found higher in river water. The contents of heavy metals are found less in the suspended sediment samples. The Er and PLI shows low pollution risk and low pollution status, respectively. It indicates that the Code River was still in low pollution status for Cu, Cr, and Pb contamination. On the other hand, the water quality analysis results Cu and Pb over the Water Quality Standard for Class 2. This study may serve as a useful reference and baseline for heavy metals research in Winongo River historically.

**Keywords:** Enrichment factor, Heavy metals, Pollution Source, Sediment Quality

**Citation:** Fadlillah, L.N., Indrastuti, A.N., Azahra, A.F., Widyastuti, M. (2022). Evaluasi Level Toksik Logam Berat pada Air, Sedimen Tersuspensi, dan Sedimen Dasar di Sungai Winongo, D.I.Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 30-36, doi:10.14710/jil.20.1.30-36

## 1. Pendahuluan

Tingginya aktivitas manusia di sekitar sungai memungkinkan adanya pencemaran, salah satunya pencemaran logam berat. Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Pada sistem perairan, logam yang terkandung dalam air dapat terendapkan di dasar perairan karena adanya proses pengendapan sedimen (Rizkiana, 2017). Logam berat bersifat toksik dan

dapat berbahaya bagi makhluk hidup apabila melebihi standar baku mutu (Hadi et al., 2019). Melalui beberapa perantara, logam dapat terdistribusi ke dalam tubuh manusia dan mengikat haemoglobin dan secara terus menerus dapat mengganggu organ manusia (Supriyanto dan Samin, 2006).

Beberapa logam dapat ditemukan secara alami di perairan berasal dari pelapukan batuan atau pengendapan atmosferik. Kontaminan yang berada

\* Penulis korespondensi: mwiwik@ugm.ac.id

alam sedimen tidak serta merta mengendap selamanya, namun dapat mengalami perpindahan karena adanya proses percampuran atau perpindahannya lainnya (Lin et al., 2011). Contoh logam yang dapat ditemukan secara alami adalah Kromium (Cr) Tembaga (Cu), dan Timbal (Pb).

Logam Tembaga (Cu) merupakan logam merah yang lunak dan dapat ditemukan secara alami pada air permukaan, air tanah, air laut maupun air minum dengan kadar sekitar 0,0005–1 mg/L pada air permukaan (ATSDR, 2004). Keberadaan logam Kromium (Cr) secara alami di alam sangat kecil, namun dapat meningkat karena aktivitas industri, limbah rumah domestik, maupun kegiatan pertanian dan lainnya. Karakteristik logam Timbal (Pb) adalah mikroelemen yang terdapat di alam hanya dalam jumlah yang sangat sedikit dengan penyebaran di seluruh lapisan bumi sekitar 0,0002% dari kerak bumi (Palar, 2008). Logam berat sulit terurai dan mudah terakumulasi pada sedimen.

Sungai Winongo merupakan salah satu sungai yang melintasi Kota Yogyakarta. Sungai yang berhulu di lereng Gunung Merapi ini memiliki perbedaan karakteristik penggunaan lahan yang menyebabkan berdampak pada kondisi kualitas air sungai. Kualitas air sungai juga dipengaruhi oleh aktivitas manusia di sekitarnya (Yogafanny, 2015). Kepadatan penduduk tinggi di sekitar sungai memberikan andil terhadap pencemaran limbah rumah tangga. Selain itu pertumbuhan industri juga memberikan andil berupa limbah padat dan limbah cair yang berpotensi terhadap pencemaran logam berat.

Evaluasi logam berat dapat dilakukan dengan cara menguji kadar logam berat pada sampel air, padatan tersuspensi (TSS), dan pada sedimen dasar permukaan. Kualitas sedimen dapat diketahui level toksiknya melalui beberapa parameter indeks pencemaran, yaitu Indeks geoakumulasi (index geoaccumulation). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kondisi Sungai Winongo terhadap kontaminasi logam berat yang ada di air, sedimen tersuspensi (TSS), dan sedimen dasar dengan membandingkan dengan baku mutu air kelas 2 PP No. 82 tahun 2001 dan menghitung level toksisitas dengan Faktor Risiko Ekologis (Er) dan Indeks Beban Polusi (PLI). Berdasarkan analisis kualitas air dan sedimen pada Sungai Winongo, Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan evaluasi level toksik logam berat di Sungai Winongo dengan Indeks Beban Polusi dan Faktor Risiko Ekologis. Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui kondisi pencemaran dan indeks polusi Sungai Winongo yang dapat digunakan untuk menentukan kebijakan strategi peningkatan kualitas air di perairan..

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari botol sampel, water checker, gelas ukur, labu ukur,

kertas saring 0,02, timbangan digital, peralatan titrasi, dan Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Bahan yang digunakan adalah larutan standar untuk uji Kadmium, Besi, Tembaga, Timbal, dan aquades.

### 2.2. Teknik Pengambilan Sampel

Metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *purposive sampling*, dengan cara mengambil sampel air dan sampel sedimen pada sampel sedimen permukaan. Sedimen permukaan adalah sedimen dasar yang diambil di bagian permukaan dengan kedalaman (0-5) cm. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *grab sampling* pada masing masing titik sampel (Looi et al., 2019). Frekuensi pengambilan sampel adalah satu kali. Titik sampel dipilih berdasarkan penggunaan lahan dan adanya aktivitas yang dinilai dapat mencemari sungai dan menghasilkan logam berat. Peta titik sampel dapat dilihat pada Gambar 1. Sampel air dan TSS kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan uji kandungan logam berat dengan alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

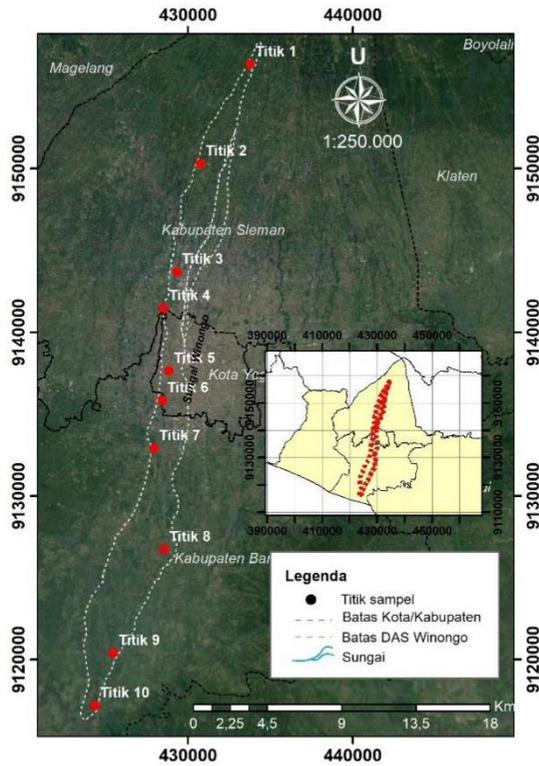
Terdapat 10 titik sampel yang pengambilannya didasarkan pada perubahan penggunaan lahan dan kondisi daerah aliran sungai, titik pemantauan kualitas air, dan keberadaan dan persebaran potensi sumber pencemar. Penggunaan lahan di sekitar sungai didominasi oleh sawah dan pemukiman. Peta titik sampel dapat dilihat pada Gambar 1.

### 2.3. Teknik uji sampel

Pengujian logam berat dilakukan dengan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Untuk sampel air dan sedimen tersuspensi, sampel air yang diambil pada botol 1000 mL selanjutnya disaring dengan kertas sari 0,02-0,04 mm. Selanjutnya sampel air diuji menggunakan alat AAS. Hasil saringan sedimen tersuspensi diambil sebanyak 0,3 gram, selanjutnya ditambahkan HNO<sub>3</sub> sebanyak 10 ml lalu dipanaskan untuk proses destruksi. Sampel kemudian didinginkan dan ditambahkan aquades dan diukur dengan alat AAS. Sampel sedimen dasar terlebih dahulu dikeringkan kemudian diambil 0,3 gram dan dilakukan proses destruksi hingga akhirnya diukur dengan alat AAS.

### 2.4. Analisis Data

Hasil uji laboratorium dan pengukuran lapangan selanjutnya akan dibandingkan dengan baku mutu air untuk Kelas 2 menurut PP No. 82 tahun 2001 (Tabel 1) untuk melihat kondisi pencemaran logam berat, yaitu Besi, Timbal, dan Tembaga pada air. Evaluasi kualitas sedimen didasarkan pada beberapa indikator untuk menghitung kontaminasi logam, diantaranya Faktor Risiko Ekologis (Er) dan Indeks Beban Polusi (PLI) Perhitungan indeks tersebut dapat dilihat pada rumus berikut:



Gambar 1. Peta Titik Sampel

2.4.1. Faktor Risiko Ekologis (Ecological Risk ( $E_r$ ))

Faktor risiko ekologis merupakan indeks untuk mengukur potensi risiko ekologis yang diakibatkan oleh polutan.

$$E_r = T_r - CF \tag{1}$$

$$CF = \frac{C_s}{C_b} \tag{2}$$

Dimana,  $T_r$  merupakan faktor respon toksik untuk elemen yang sudah ada, yaitu As= 10; Cd= 30; Ni, Pb, Cu=5, Cr=2, Zn=1, Fe= 6.  $CF$  merupakan faktor kontaminasi.  $C_s$  merupakan nilai mean kadar logam pada lokasi sampling, dan  $C_b$  adalah nilai acuan. Beberapa nilai acuan yang digunakan adalah Cd=1,0; Cr= 90; Pb=70; Zn=175; dan Cu= 50

Tabel 1. Klasifikasi Faktor Risiko Ekologi

$E_r$	Klasifikasi
$E_r < 40$	Potensial risiko ekologi rendah
$40 \leq E_r < 80$	Potensial risiko ekologi sedang
$80 \leq E_r < 160$	Potensial risiko ekologi besar
$160 \leq E_r < 320$	Potensial risiko ekologi tinggi
$E_r \geq 320$	Potensial risiko ekologi sangat tinggi

(Sumber: Ouchir *et al*, 2016)

2.4.2. Indeks beban polusi (Pollution Load Index (PLI))

Indeks beban polusi merupakan indeks gabungan untuk mengetahui beban polusi pada sedimen. Indeks ini dapat digunakan untuk evaluasi polusi di sedimen akibat logam berat. Rumus perhitungan PLI adalah sebagai berikut

$$PLI = \sqrt[n]{C_F^1 C_F^2 C_F^3 C_F^4 \dots C_F^{1n}} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana  $CF$  merupakan faktor kontaminasi. PLI dapat diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi berikut

Tabel 2. Klasifikasi Indeks Beban Polusi

PLI	Klasifikasi
$PLI < 1$	Tidak ada polusi
$1 < PLI < 2$	Polusi sedang
$2 < PLI < 3$	Polusi berat
$3 < PLI$	Polusi sangat berat

(Sumber: Ouchir *et al*, 2016)

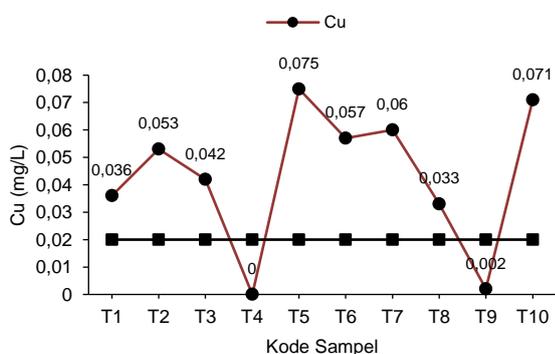
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Logam di Air

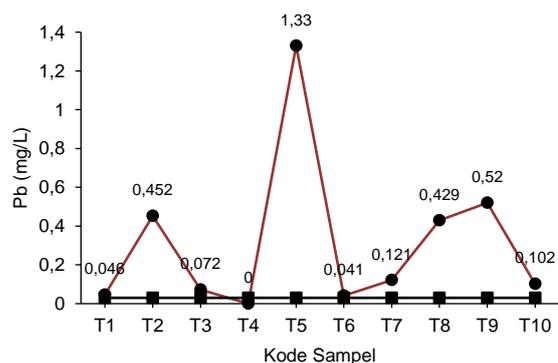
Tembaga (Cu) termasuk klasifikasi logam berat yang dapat berasal dari industri pelapisan logam, soda kaustik, cat, dan pestisida serta ditetapkan sebagai parameter kunci untuk dikendalikan secara efektif (PerMen LH Nomor 1 Tahun 2010). Hasil uji parameter Cu menunjukkan nilai fluktuatif dari T1 sampai T10 (Gambar 2) namun sebagian besar telah melebihi baku mutu air kelas II. Berdasarkan PP No 82 Tahun 2001, kadar Cu yang dapat ditampung oleh badan air adalah 0,02 mg/L. Nilai Cu melebihi baku mutu terdapat pada T1 yang mengindikasikan adanya potensi pencemaran di hulu akibat limbah pestisida pertanian dan kegiatan domestik.

Nilai Cu tinggi banyak ditemukan pada wilayah Kota Yogyakarta di T5 hingga T7. T5 memiliki nilai Cu tertinggi yaitu 0,075 mg/L, sedangkan T4 tidak dapat terdeteksi karena nilainya di bawah deteksi alat yaitu < 0,031 mg/L. Sumber pencemar Cu juga dipengaruhi oleh aktivitas perkotaan contohnya lokasi pengambilan sampel air dekat dengan jalan raya sehingga limpasan permukaannya mengalir ke sungai (Jha *et.al*, 2020).

Menurut PerMen LH Nomor 1 Tahun 2010, Pb termasuk logam berat yang ditetapkan sebagai parameter kunci identifikasi pencemaran air. Secara umum konsentrasi Pb pada semua titik melebihi baku mutu kelas 2, yaitu 0,03 mg/L berdasarkan PP Nomor 82 Tahun 2001. Konsentrasi logam berat timbal (Pb) fluktuatif dari T1 sampai T10 (Gambar 3). Kadar Pb telah melebihi baku mutu sejak T1 yang artinya terdapat sumber pencemar yang berkontribusi terhadap kontaminasi Pb. Seperti kadar Cu, T5 juga mengalami kontaminasi Pb tertinggi daripada titik lain yaitu 1,33 mg/L dan T4 mengalami kontaminasi terendah karena nilai < 0,039 mg/L. Pb dapat berasal dari sumber pencemar industri soda kaustik, industri cat, dan limpasan permukaan jalan raya. Berdasarkan observasi lapangan, T5 mempunyai karakteristik kota seperti penggunaan lahan terbangun, kepadatan penduduk tinggi, terdapat berbagai macam sumber pencemar, dan berada di bawah jembatan jalan raya.



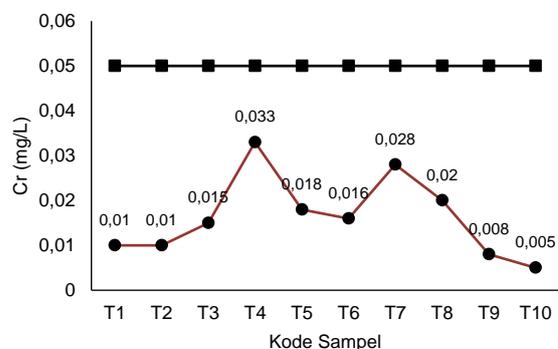
Gambar 2. Konsentrasi Cu di Air



Gambar 3. Konsentrasi Pb di Air

Logam Cr termasuk logam berat dengan daya racun yang tinggi (Asmadi dkk., 2009). Berdasarkan PP Nomor 82 Tahun 2001 yang mengatur mengenai baku mutu air, batas kandungan Cr untuk baku mutu air kelas II yaitu 0,05 mg/L. Hasil penelitian kualitas air menunjukkan kandungan Cr pada semua titik masih di bawah baku mutu air, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Kandungan Cr dari T1 hingga T10 menunjukkan tren yang fluktuatif. Kandungan logam Cr yang ditemukan di badan air dapat disebabkan oleh dua hal yakni (1) secara alamiah karena terjadi erosi dari batuan yang mengandung Cr atau (2) secara non-alamiah dari buangan kegiatan industri seperti pabrik semen, baterai, cat, pelapisan seng, dan pewarnaan atau dari buangan rumah tangga (Taftazani, 2007).

Kandungan Cr pada seluruh badan air dengan kadar bervariasi di atas 0,005 mg/L menandakan adanya pengaruh kontaminasi dari aktivitas manusia. Kandungan Cr tertinggi yaitu pada T4 dengan kadar 0,033 mg/L. Kandungan Cr yang tinggi di titik ini berkaitan dengan wilayah di sekitar pengambilan sampel yang merupakan wilayah dengan permukiman yang padat sehingga banyak yang mengalirkan limbah rumah tangganya ke aliran sungai.



Gambar 4. Konsentrasi Cr di Air

### 3.2. Logam di Sedimen Tersuspensi

Konsentrasi logam Cu pada sedimen suspensi secara umum kurang dari deteksi alat, yaitu <0,031. Konsentrasi tertinggi adalah 0,043 mg/L pada T4. Konsentrasi logam Pb pada sedimen suspensi pada semua titik kurang dari deteksi alat, yaitu <0,039 mg/L. Konsentrasi logam Cr pada sedimen suspensi <0,006 mg/L. Keberadaan logam Cr ditemukan sangat kecil pada sedimen suspensi dan pada air menandakan pengaruh pergerakan pada air sungai yang dinamis yang menyebabkan konsentrasi logam Cr rendah (Nuraini et al., 2017), maupun sumber pencemar penghasil limbah kromium di sekitar Sungai Winongo rendah. Kromium umumnya ditemukan pada wilayah industrial.

Kandungan logam berat pada sedimen tersuspensi terjadi karena adanya pengikatan material sedimen dengan logam berat. Pada Tabel 3 menunjukkan adanya perbedaan konsentrasi antara logam berat di air dan di sedimen suspensi. Konsentrasi logam berat di air lebih tinggi daripada logam berat pada sedimen suspensi yang artinya, karakteristik logam Cu, Pb, dan Cr lebih banyak terlarut di air dari pada di sedimen tersuspensi (Balkis et al. 2010). Tidak ada baku mutu logam berat untuk sedimen suspensi.

### 3.3. Level Toksik Sedimen Dasar

Pengambilan sampel sedimen dasar dilakukan pada 8 titik, karena terdapat kendala pengambilan sampel pada T3 dan T10. Hasil pengukuran kadar logam berat pada Cu, Pb, dan Cr pada sedimen dasar di Sungai Winongo disajikan pada Tabel 4. Konsentrasi Pb banyak ditemukan di sedimen dasar dibandingkan dengan Cu dan Cr. Pb lebih banyak terikat pada sedimen dasar dibandingkan dengan logam Cu dan Cr.

Hasil uji menunjukkan konsentrasi logam Cu dan Cr di sedimen dasar lebih tinggi daripada ketersediaannya di air. Konsentrasi logam Cu dan Cr di wilayah tengah hingga hilir dari T5 hingga T9 memiliki konsentrasi lebih tinggi daripada wilayah hulu, karena akumulasi dari pengaruh perkotaan dan pertanian yang cukup tinggi pada wilayah hilir.

**Tabel 3.** Konsentrasi Logam Berat pada sedimen suspense

Lokasi	Konsentrasi		
	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)
T1	<0,031	<0,039	<0,006
T2	<0,031	<0,039	<0,006
T3	<0,031	<0,039	<0,006
T4	0,043	<0,039	<0,006
T5	<0,031	<0,039	<0,006
T6	<0,031	<0,039	<0,006
T7	<0,031	<0,039	<0,006
T8	<0,031	<0,039	<0,006
T9	<0,031	<0,039	<0,006
T10	<0,031	<0,039	<0,006

**Tabel 4.** Konsentrasi Logam Berat pada Sedimen Dasar

Lokasi	Konsentrasi		
	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)
T 1	0,072	0,263	0,017
T 2	0,033	0,096	0,015
T 4	0,052	0,102	0,06
T 5	0,114	0,916	0,019
T 6	0,076	0,643	0,046
T 7	0,123	0,116	0,026
T 8	0,237	0,2	0,042
T 9	0,112	0,089	0,025

Namun untuk logam Pb ketersediaannya lebih banyak ditemukan di air daripada di sedimen dasar. Beberapa logam berat saling berkorelasi ketersediaannya di air maupun sedimen, seperti Cu dan Pb. Tingginya nilai Pb diakibatkan oleh tingginya pengaruh aktivitas domestik di wilayah perkotaan yang menyebabkan logam berat yang masuk ke perairan melalui *runoff* maupun buangan langsung mengalami pengendapan di dasar perairan (Rizkiana et al., 2017). Tingginya logam Pb dapat berakibat pada kehidupan biota di perairan yang apabila terserap oleh ikan dan kerang maka akan berdampak kesehatan manusia (Budiastuti et al., 2016). Logam Pb dan Cu erat kaitannya dengan sumber polusi yang dihasilkan dari kegiatan industrial dan manufaktur, sedangkan Cr sipengaruhi oleh faktor geologi dan pengolahan tanah (Yang et al., 2020).

Potensi kontaminasi toksik logam pada sedimen dasar dapat dianalisis menggunakan Faktor risiko ekologis (Er). Hasil analisis Er pada Tabel 5 menunjukkan logam yang paling berisiko terhadap ekologis apabila diurutkan adalah sebagai berikut  $Pb < Cu < Cr$ . Berdasarkan nilai Er seluruh lokasi menunjukkan nilai Er untuk seluruh parameter  $Er < 40$ , yang artinya Potensi risiko ekologi logam berat rendah. Nilai Logam tersebut dianggap tidak berdampak banyak terhadap kondisi ekologi perairan. Nilai Er Sungai Winongo relatif rendah jika dibandingkan dengan Sungai Cimadur di Banten dan daerah aliran sungai Serayu hilir dengan klasifikasi faktor risiko ekologi sama, yaitu  $< 40$  sampai  $\geq 320$ . Hasil analisis Sungai Cimadur tahun 2015, nilai Er di lima titik tergolong sangat tinggi dan dua titik tergolong sedang akibat logam merkuri (Hg) (Mulyaningsih dan Suprpti, 2015). Selanjutnya, daerah aliran sungai Serayu hilir mempunyai nilai Er tergolong rendah sampai sedang yang terkontaminasi kadmium (Cd) lebih tinggi daripada logam lainnya (Sukarjo et al., 2021)

**Tabel 5.** Faktor Risiko Ekologis Logam Berat pada Sedimen Dasar

Lokasi	Er		
	Cu	Pb	Cr
T 1	4,9986	4,9962	4,9998
T 2	4,9993	4,9986	4,9998
T 4	4,9990	4,9985	4,9993
T 5	4,9977	4,9869	4,9998
T 6	4,9985	4,9908	4,9995
T 7	4,9975	4,9983	4,9997
T 8	4,9953	4,9971	4,9995
T 9	4,9978	4,9987	4,9997

**Tabel 6.** Indeks Beban Polusi Logam Berat pada Sedimen Dasar

Lokasi	Contamination Faktor			
	Cu	Pb	Cr	PLI
T 1	0,001	0,004	0,000	0,001
T 2	0,001	0,001	0,000	0,001
T 4	0,001	0,001	0,001	0,001
T 5	0,002	0,013	0,000	0,002
T 6	0,002	0,009	0,001	0,002
T 7	0,002	0,002	0,000	0,001
T 8	0,005	0,003	0,000	0,002
T 9	0,002	0,001	0,000	0,001

Beberapa penelitian terkait menyebutkan bahwa nilai Cr di sedimen perairan sungai sangat bergantung pada penggunaan lahan sekitar. Pada Sungai Fuyang, China nilai Er untuk Cr rendah dipengaruhi oleh penggunaan lahan pertanian disekitar sungai. Namun, rentang nilai Er di wilayah tersebut relatif besar (10-30)(Zhao et al., 2021).

Selain Faktor risiko ekologi, Indeks beban polusi juga dapat digunakan dalam analisis untuk indikator gabungan dampak semua parameter logam yang ada di sedimen dasar terhadap perairan. Indeks beban polusi merupakan gabungan dari derajat kontaminasi dan indeks risiko ekologi. Berdasarkan gabungan dari parameter Cu, Pb, dan Cr, nilai Indeks beban polusi (PLI) menunjukkan nilai PLI seluruh lokasi <1. Nilai tersebut menandakan seluruh sampel pada 8 lokasi tidak mengalami kontaminasi logam berat.

Nilai Indeks beban polusi (PLI) Sungai Winongo pada semua titik pengambilan sampel berkisar antara 0,001 hingga 0,002. Jika dibandingkan dengan salah satu sungai lain di Indonesia yaitu Sungai Cimdur di Banten, nilai PLI Sungai Winongo jauh lebih rendah. Nilai PLI Sungai Cimdur pada penelitian Mulyaningsih dan Suprapti (2015), bernilai lebih dari satu (PLI > 1). Hal tersebut menunjukkan bahwa

Sungai Cimdur telah terkontaminasi polusi. Bahkan, pada salah satu titik sampelnya memiliki nilai PLI sebesar 3,98 yang berarti terjadi kontaminasi sangat berat. Pada penelitian tersebut, perhitungan PLI menggunakan gabungan logam berat berupa Hg, As, Cr, Co, dan Zn.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis logam berat Cu, Pb, dan Cr pada sampel air, sedimen suspensi, dan sedimen dasar, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi logam Cu, Cr, dan Pb lebih banyak terlarut di air daripada di sedimen tersuspensi. Namun, beberapa logam seperti Cu dan Cr konsentrasi lebih tinggi ditemukan di sedimen dasar dari pada di air, sedangkan logam Pb banyak ditemukan di air maupun sedimen dasar, menandakan bahwa Pb mudah terlarut dalam air meskipun sudah terendapkan. Hasil analisis faktor risiko ekologis (Er) menunjukkan tidak ada potensi risiko ekologis karena logam berat di Sungai Winongo. Hasil tersebut selaras dengan hasil Indeks beban Polusi untuk semua parameter <1 yang menandakan tidak ada polusi logam berat yang signifikan di Sungai Winongo. Meskipun begitu logam yang terlarut di air untuk logam Pb dan Cu yang ditemukan di Sungai Winongo telah melebihi baku mutu kelas 2, sehingga perlu adanya kebijakan dan program untuk meminimalisasi keterpaparan logam di air.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asmadi, S, E., & Oktawan, W. 2009. Pengurangan Chrom (Cr) Dalam Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali Ca(OH)<sub>2</sub>, NaOH Dan NaHCO<sub>3</sub> (Studi Kasus Pt. Trimulyo Kencana Mas Semarang). *JAI*. Volume 5: 41 – 54.
- ATSDR. 2004. *Toxicological profile for copper*. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Balkis N., Aksu A., Okus E., Apak R. 2010. Heavy Metal Concentrations in Water, Suspended Matter, and sediment from Gokova Bay, Turkey. 167: 359-370. DOI. 10.1007/s10661-006-1055-x
- Budiastuti p., Raharjo M., Dewanti N.A.Y. 2016. Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4 (5): 119-125.
- Jha, P., Banerjee, S., Bhuyan, P., Sudarshan, M., and Dewanji, A. 2020. Elemental distribution in urban sediments of small waterbodies and its implications: a case study from Kolkata, India. *Environ Geochem Health*, 42. Hal: 461-482
- Hadi P., Fadlillah LN., Tifani A.R., Ramdan V K. 2019. Heavy Metal Pollution and Water Quality Assessment in Belik River Yogyakarta. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 256 012014

- Lin C.E., Chen C.T., Kao C.M., Hong A, dan Wu C.Y. 2011. Development of the Sediment and Water Quality Management Strategies for Salt Water, Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*. 63:528-534.
- Looi L.J., Aris A.Z., Yusoff F.M., Isa N.M., Haris H. 2019. Application of Enrichment factor, Geoaccumulation Index, and Ecological Risk Index in assessing the elemental pollution status of surface sediments. *Environmental Geochemical Health*. 41: 27-42.
- Mulyaningsih Th.R., Siti S. 2015. Penaksiran Kontaminasi Logam Berat dan Kualitas Sedimen Sungai Cimadur, Banten. *Jurnal Iptek Nuklir Ganendra*. 18(1):11-21.
- Nuraini R. A. T., Endrawati H., Maulanan I.R. 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) pada air, sedimen dan Kerang hijau (perna Viridis) di Perairan Trimulyo Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. 20(1): 48-55.
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Rizkiana L., Karina S., dan Nurfadillah. 2017. Analisis Timbal (Pb) pada Sedimen dan Air Laut di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*. 2(1):89-96.
- Sukarjo, Ina Z., Elisabeth S.H., Asep N.A. 2021. Penilaian Spasial Potensi Risiko Ekologis Logam Berat di Lapisan Olah Tanah Sawah DAS Serayu Hilir, Jawa Tengah. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 45(1):69-77.
- Supriyanto dan Samin B. K. 2006. Evaluasi Hasil Analisis Logam Berat Cd, Co, Cr dan Pb, dalam Cuplikan Air Sungai Code. *Seminar Nasional II SDM Teknologi Niklir Yogyakarta. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir*. ISSN 1978-0176
- Taftazani, A. 2007. Distribusi Konsentrasi Logam Berat Hg dan Cr Pada Sampel Lingkungan Perairan Surabaya. *Prosiding PPI - PDIPTN Pustek Akselerator dan Proses Bahan - BATAN*. ISSN 0216-3128.
- Yang H.J., Jeong H.J., Bong K.M., Jin D.R., Kang T.W., Ryu H.S., Han J.H., Yang J.W., Jung H., Hwang S.H., Na E.H. 2020. Organic matter and heavy metal in river sediments of southwestern coastal Korea: Spatial distribution, pollution, and ecological risk assessment. *Marine Pollution Bulletin*. 159:111466.
- Yogafanny E. 2015. Pengaruh Aktivitas Warga Sempadan Sungai Terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 7(1):41-50.
- Zhao J., Wu E., Zhang B., Bai X., Lei P., Qiao X., Li X.F., Li B., Wu G. 2021. Pollution characteristics and ecological risk associated with heavy metals in the Fuyang River system in North China. *Environmental Pollution*. 281: 116994.

