



## **Analisis Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada Matriks Air di Sungai Pelus Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah**

### ***Analysis of Cadmium (Cd) and Chromium (Cr) Heavy Metal Content in the Water Matrix in the Pelus River, Banyumas Regency, Central Java***

**R. Cynan Lukmanulhakim<sup>1\*</sup>, Muhammad Baedowi<sup>2</sup>, Nuning Vita Hidayati<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Kampus Karangwangkal, Jl. dr. Suparno, Purwokerto 53123, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Kampus Karangwangkal, Jl. dr. Suparno, Purwokerto 53123, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Magister Sumber Daya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Kampus Karangwangkal, Jl. dr. Suparno, Purwokerto 53123, Indonesia.

\*Corresponding Author: [cynanlukman@gmail.com](mailto:cynanlukman@gmail.com)

Diterima: 15 Maret 2023; Disetujui: 28 Maret 2023

#### **ABSTRAK**

Sungai Pelus merupakan salah satu sungai yang terletak di Kabupaten Banyumas, sungai yang memiliki panjang ±28 km dan melalui 8 wilayah ini mengalir dari lereng Gunung Slamet sampai Sungai Serayu. Penelitian ini mengkaji konsentrasi dan tingkat pencemaran logam berat Cd dan Cr pada Sungai Pelus Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah. Logam berat yang dihasilkan oleh industri ataupun limbah rumah tangga memiliki dampak yang berbahaya bagi Kesehatan manusia dan lingkungan. Kandungan Cr dan Cr secara alami terdapat dalam batuan, tanah, dan air kemudian terdistribusi pada media air dan terakumulasi dalam sedimen dan biota. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode survei dengan teknik pengambilan data yaitu Purposive Random Sampling, penelitian ini terdiri dari 7 stasiun mulai dari hulu hingga hilir sungai serayu. Data dibandingkan dengan baku mutu kemudian dianalisis dan dihitung menggunakan Nemerrow Index. Kandungan Logam Berat Cd pada matriks air tertinggi bernilai 25,59 mg/l pada stasiun 4 yang berada di tengah sungai pelus dengan aktivitas warga yang cukup padat, sedangkan kandungan Cr pada matriks air tertinggi bernilai 11,05 mg/l pada stasiun 6. Tingkat pencemaran pada sungai pelus melebihi status baku mutu logam berat pada matriks air dengan nilai rerata 16,119 mg/l dan sungai ini dapat dikategorikan sebagai sungai yang sangat tercemar. Penanganan mengenai pencemaran pada Sungai Pelus perlu dilakukan oleh semua kalangan demi keberlangsungan perairan yang aman bagi masyarakat sekitar sungai dan dapat dimanfaatkan dengan baik.

**Kata Kunci:** Air, Kadmium (Cd), Kromium (Cr), Logam Berat, Sungai Pelus

#### **ABSTRACT**

*The Pelus River is one of the rivers located in Banyumas Regency, a river which has a length of ±28 km and flows through 8 of these areas from the slopes of Mount Slamet to the Serayu River. This study examined the concentration and level of pollution of the heavy metals Cd and Cr in the Pelus River, Banyumas Regency, Central Java. Heavy metals produced by industry or household waste hurt human health and the environment. The content of Cr and Cr naturally occurs in rocks, soil, and water, then is distributed in the water medium and accumulates in sediments and biota. The method used in this study*

was a survey method with a data collection technique, namely Purposive Random Sampling. This study consisted of 7 stations from upstream to downstream of the Serayu River. The data is compared with the quality standards and then analyzed and calculated using the Nemerow Index. The Cd heavy metal content in the highest water matrix is 25.59 mg/l at station 4, which is in the middle of the Pelus River with dense community activities. In comparison, the Cr content in the highest water matrix is 11.05 mg/l at station 6. Pollution in the Pelus River exceeds the status of heavy metal quality standards in the water matrix with an average value of 16.119 mg/l. This river can be categorized as a highly polluted river. Handling of pollution in the Pelus River needs to be carried out by all groups for the sake of the sustainability of waters that are safe for the people around the river and can be put to good use.

**Keywords:** Water, Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Heavy Metal, Pelus River

## PENDAHULUAN

Sungai Pelus merupakan salah satu sungai yang terletak di Kabupaten Banyumas. Sungai ini secara geografis terletak antara 7°12'30" LS sampai 7°21'31" LS dan 109°12'31" BT sampai 109°19'10" BT, dengan ketinggian 24 - 810 m dari permukaan laut dan memiliki panjang ±28 km dan melalui 8 wilayah di Kabupaten Banyumas. Sungai ini sangat vital bagi penduduk pedesaan yang dilaluinya karena kerap digunakan untuk keperluan sehari-hari masyarakat seperti Mandi, Cuci, Kakus (MCK), penggunaan lahan pertanian dengan penggunaan pupuk fosfat pada sungai pelus juga cukup aktif dari hulu sampai hilir sungai seperti lahan hutan, perkebunan, sawah, alang-alang, dan belukar (Noktavia et al, 2019). Oleh karena itu, determinasi terhadap kondisi kualitas air sungai menjadi sangat penting. Salah satu faktor yang menentukan kualitas air sungai adalah kandungan logam berat pada badan air (PP No. 22 Tahun 2021). Logam berat adalah unsur logam yang mempunyai densitas > 5 g/cm<sup>3</sup>, bahan ini berbahaya dan beracun yang biasanya dihasilkan oleh industri, aktivitas warga sekitar sungai seperti pembuatan lahan pertanian, dan buangan rumah tangga yang menghasilkan limbah (Adhani et al, 2017; Rosihan et al, 2017). Air limbah menjadi tempat paling sering ditemukannya logam berat seperti arsenik, kadmium, kromium, tembaga, timah, nikel, dan seng, yang semuanya menimbulkan risiko bagi

kesehatan manusia dan lingkungan (Lambertetal.,2000). Secara umum perairan sungai pelus memiliki aktivitas penghasil limbah dan berpotensi menghasilkan logam berat seperti kadmium (Cd) dan kromium (Cr) (Rahman et al, 2017).

Logam berat seperti Cd dan Cr hadir dalam batuan, tanah, hewan, dan tumbuhan. Secara umum logam berat masuk ke lingkungan berasal dari dua sumber, yaitu sumber alami dan antropogenik. Menurut Okocha dan Adedeji (2011), total logam berat di lingkungan 10% berasal dari sumber alami dan sisanya 90% berasal dari aktivitas antropogenik. Sumber alami terjadi akibat adanya letusan gunung berapi, proses erosi tanah, partikel tanah yang terbawa ke udara, pelapukan batuan dan kebakaran hutan (Patang, 2018). Sedangkan sumber antropogenik berasal dari buangan berbagai industri seperti industri pelapisan logam dan krom, pabrik tekstil dan cat, pigmen, stabilisator untuk plastik, dan industri baterai (ATSDR, 2012). Sumber logam di perairan juga berasal dari kegiatan pertambangan, pembuatan dan penggunaan pupuk fosfat, pembakaran bahan bakar fosil, tumpahan solar dari perahu nelayan (Nadia et al., 2017), limbah rumah tangga seperti sampah-sampah metabolik dan korosi pipa-pipa air yang mengandung logam berat (Pratiwi, 2016). Logam berat yang masuk ke perairan dapat berdampak terhadap penurunan kualitas air dan membahayakan organisme akuatik.

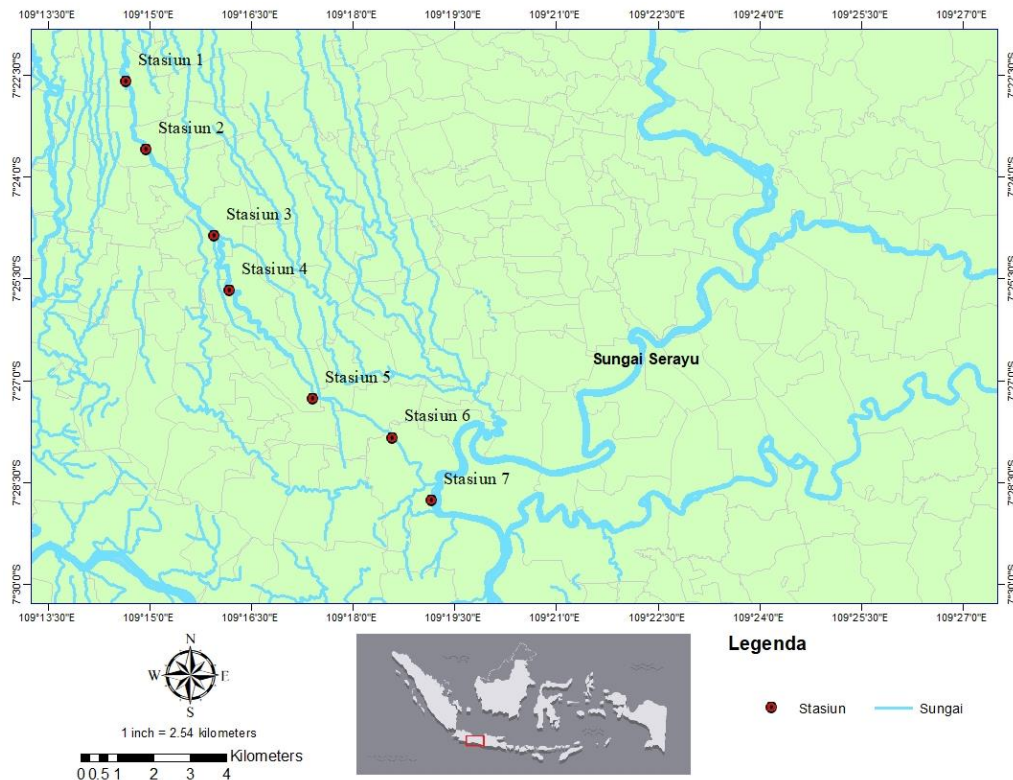
Pada kadar yang tinggi logam berat dapat mengakibatkan kematian berbagai jenis biota perairan. Adanya peningkatan logam berat yang melebihi ambang batas didalam air dapat bersifat toksik bagi organisme. Selain itu, logam berat juga akan terakumulasi dalam biota melalui proses biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi (Adhani dan Husaini, 2017). Dampak logam berat yang diberikan tidak hanya terhadap biota saja, namun berpengaruh juga terhadap kesehatan manusia jika terakumulasi pada tubuh manusia. Logam berat yang menumpuk di dalam tubuh dapat menyebabkan berbagai kerusakan terhadap organ respirasi dan dapat juga menyebabkan timbulnya kanker pada manusia (Suprapti, 2008). Menurut Chen (2009) dalam Istarani (2014), kadmium memiliki efek yang tidak baik bagi manusia yaitu menaikkan resiko terjadinya kanker payudara, penyakit jantung, kegagalan fungsi ginjal, encok, dan pembentukan artritis. Terakumulasinya krom dalam jumlah besar di tubuh manusia jelas-jelas mengganggu kesehatan karena krom memiliki dampak negatif terhadap organ hati, ginjal serta bersifat racun bagi protoplasma makhluk hidup. Selain itu juga bersifat karsinogen (penyebab kanker), teratogen (menghambat pertumbuhan janin) dan mutagen (mutasi genetik) (Schiavon et al., 2008). Dampak negatif yang ditimbulkan oleh logam berat menjadi masalah utama di perairan khususnya pada Sungai Pelus, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi logam berat Cd dan Cr pada matriks air dan tingkat pencemarannya di Sungai Pelus, Kabupaten Banyumas Jawa Tengah.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di sepanjang Sungai Pelus Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah yang terdiri dari 7 stasiun mulai dari hulu yang berlokasi di Bewok, Karanggantung, Kec. Sumbang hingga hilir

sungai yang berada pada pertemuan sungai serayu di Suro, Kec. Kalibagor pada bulan Februari 2021 (Gambar 1). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei, sedangkan teknik pengambilan sampel menggunakan Purposive Random Sampling, sampel air diambil pada bagian permukaan air secara komposit dari berbagai bagian sungai menggunakan botol plastik sebanyak  $\pm 600$  mL, kemudian botol sampel diberi label. Untuk mengikat logam berat, pH air sampel diturunkan menjadi 1 atau 2 dengan menambahkan larutan HNO<sub>3</sub> pekat sebanyak  $\pm 0,75$  ml (15 tetes), kemudian sampel air di masukkan ke dalam box stereofom. Selanjutnya, dilakukan analisis di Laboratorium (Hutagalung, 1997 dalam Hidayati et al, 2014).

Pengujian logam berat dilakukan dengan cara sampel air diambil sebanyak 50 mL, kemudian ditambah 5 mL HNO<sub>3</sub> pekat, sampel selanjutnya dipanaskan menggunakan hot plate hingga volume larutan sampel tersisa 15-20 mL. Sampel air Cd setelah dipanaskan akan terjadi perubahan warna dari keruh menjadi jernih, kemudian sampel disearing menggunakan kerta Whatman No. 41 dan dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambah akuades sampai tanda tera kemudian dihomogenkan, untuk sampel Cr setelah dipanaskan hingga terbentuk endapan putih kemudian tambahkan 2 mL HNO<sub>3</sub> pekat kedalam labu ukur dan dipanaskan kurang lebih 10 menit kemudian ditambah akuades hingga tepat tanda tera. Setelah itu, sampel air dimasukkan kedalam AAS dengan panjang gelombang 228,8 nm untuk sampel Cd dan 357,54 nm untuk sampel Cr (SNI, 2009 ; Kristianto et al, 2017). Kemudian dianalisis antar stasiun dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup untuk logam Cd yaitu 0,01 mg/L, sedangkan



Gambar 1. Lokasi stasiun pengambilan sampel di Sungai Pelus, Kabupaten Banyumas Jawa Tengah (Google Earth, 2021).

untuk logam Cr dibandingkan dengan Australia Environment Protection (Water Quality) Policy 2003 (Aquaculture) yaitu 0,02 mg/L yang kemudian dianalisis dan dihitung menggunakan Nemerrow Index dengan rumus dibawah ini.

$$P_n = \sqrt{((mP_i)^2 + (P_i \max)^2)}$$

Keterangan:

Si = Standard value of every metals

mPi = Average value of Pi

Pi max = Maximum value of Pi

Pn = Nemerrow index

Nilai  $P_n < 0.7$  = Perairan tidak tercemar,  
 $0.7 \leq P_n \leq 1$  = Perairan tercemar,  $P_n > 1$  = Perairan sangat tercemar

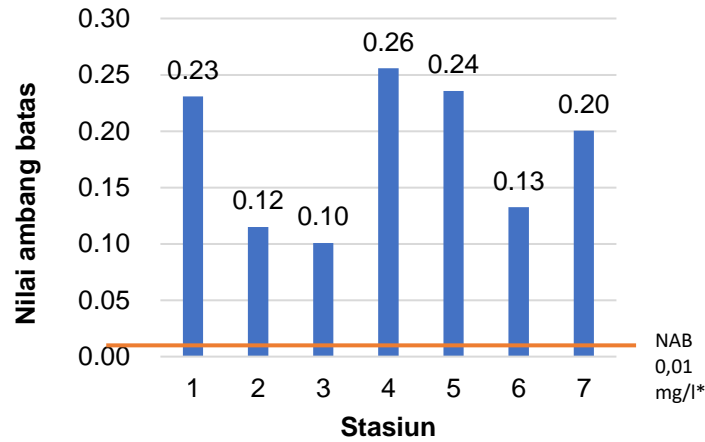
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kandungan Kadmium (Cd)

beresiko tinggi terhadap pembuluh darah, Kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya

hati dan ginjal. Menurut Palar (2004) Kadmium memiliki karakteristik berwarna putih keperakan seperti logam aluminium, tahan panas, tahan terhadap korosi. Kadmium digunakan untuk elektrolisis, bahan pigmen untuk industri cat, enamel, dan plastik (Istarani, 2014). Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai indeks faktor tunggal logam Cd pada media air yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa stasiun 4 memiliki nilai konsentrasi logam Cd paling tinggi di bandingkan dengan stasiun lainnya yaitu sebesar 0,26 mg/l dan paling rendah berada di stasiun 3 sebesar 0,10 mg/l, semua stasiun berada diatas nilai ambang batas PP 22/2021 yaitu sebesar 0,01 mg/l untuk kelas 1 sampai dengan 4. Kelas satu merupakan air yang peruntukannya untuk air baku minum, kelas dua untuk rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawa, peternakan, pertanian, kelas tiga masih bisa digunakan untuk



Gambar 2. Grafik hasil pengujian konsentrasi Cd pada media air antar Stasiun (\* Nilai ambang batas untuk kelas 1-4 PP No. 22 tahun 2021)

pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, pertanian, sedangkan kelas empat hanya untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Tingginya konsentrasi logam berat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah aktivitas masyarakat sekitar sungai yang tinggi seperti Mandi, Cuci, Kakus (MCK) dan tempat pembuangan sampah. Cd bersifat racun dan merugikan semua organisme hidup, termasuk untuk manusia. Kelarutan Cd dalam konsentrasi 1 ppm dapat membunuh biota perairan (Tarigan et al. 2003).

Keracunan Cd kronis menyebabkan kerusakan pada fisiologis tubuh, yaitu ginjal, paru-paru, darah, jantung, kelenjar reproduksi, indera penciuman dan kerapuhan tulang. Pengamatan terhadap kandungan logam berat menunjukkan untuk kandungan Cd secara berturut-turut dari yang terbesar terdapat pada Sungai Pelus yaitu 0,26 ppm. Ambang batas logam berat Cd untuk kehidupan organisme sungai adalah 0,001 ppm. Dengan demikian perairan di Sungai Pelus mempunyai kandungan Cd di atas ambang batas normal baik untuk

kehidupan organisme (Setiawan dan Subiandono, 2015). Logam berat Cd juga dapat berasal dari aktivitas manusia, seperti limbah pasar dan limbah rumah tangga, aktivitas transportasi laut dan aktivitas perbaikan kapal laut. Implikasi klinik akibat kontaminasi Cd adalah sakit di dada, nafas sesak (pendek), batuk-batuk dan lemah (Sudarmaji et al., 2006). Efek klinis lainnya adalah gejala mual, muntah, diare, kram, otot, anemia, dermatitis, pertumbuhan lambat, kerusakan ginjal dan hati, gangguan kardiovaskuler, empisema dan degenerasi testicular. Selain itu gangguan kesehatan seperti kulit gatal dan bersisik merupakan gejala alergi yang erat kaitannya dengan pencemaran Cd (Irfandi et al, 2013).

### Kandungan Kromium (Cr)

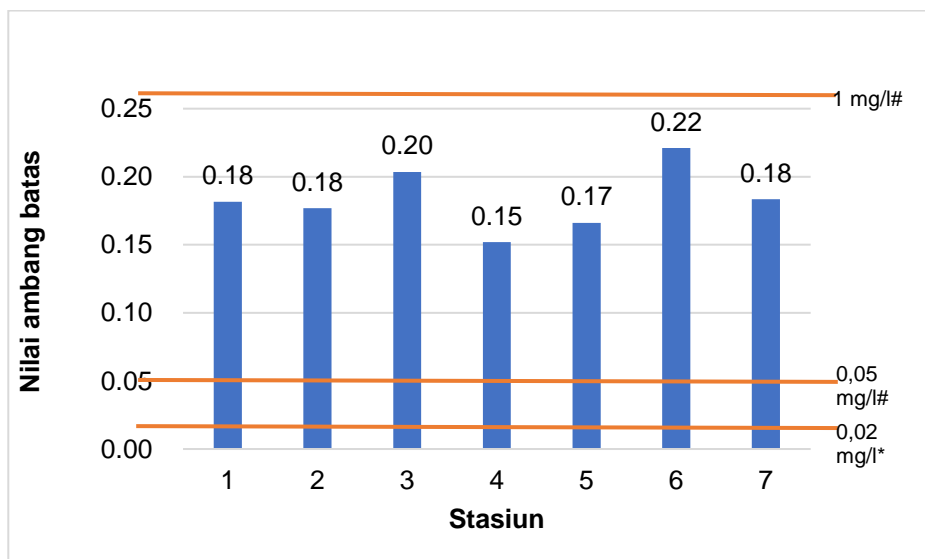
Logam berat Kromium dalam suatu perairan berasal dari alam dalam jumlah yang sangat kecil seperti proses pelapukan batuan dan run-off dari daratan, namun logam berat Kromium dapat meningkat dengan jumlah yang besar akibat oleh kegiatan manusia seperti kegiatan industri, limbah rumah tangga dan kegiatan lainnya melalui limbah yang masuk ke dalam perairan. Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai indeks faktor tunggal

logam Cd pada media air yang dapat dilihat pada tabel dan grafik yang disajikan Gambar 3.

Berdasarkan grafik didapatkan nilai kadar logam berat kromium yang tertinggi berada pada stasiun 6 dengan nilai sebesar 0,22 mg/l dan yang terendah berada pada stasiun 4 hanya sebesar 0,15 mg/l. Hal ini disebabkan oleh lebih tingginya perairan pada stasiun 6 oleh limbah yang mengakibatkan kadar logam kromium pada stasiun 6 lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun 4. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Nuraini et al (2017) yang menyatakan bahwa tinggi rendahnya kandungan logam Kromium (Cr) di perairan disebabkan oleh jumlah masukan limbah logam berat Kromium ke perairan. dan rendahnya kadar Kromium (Cr) di lingkungan perairan disebabkan karena pergerakan air yang dinamis. Menurut Palar (2008) dalam badan perairan terjadi bermacam-macam proses kimia, mulai dari proses pengomplekan, jenis dan konsentrasi logam berat dan komponen mineral teroksida serta sistem lingkungan redoks. Logam berat yang dilimpahkan ke perairan, akan dipindahkan dari badan airnya melalui beberapa proses, yaitu: pengendapan, pengenceran, dispersi dan adsorpsi serta adsorpsi oleh

organisme-organisme perairan. Proses ini juga terjadi pada logam kromium yang di perairan. Selain itu faktor yang memengaruhi tingkat toksisitas logam berat antara lain suhu, salinitas, pH, dan kesadahan.

Adanya logam berat di perairan menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat dalam tubuh makhluk hidup air. Akumulasi dapat terjadi melalui absorpsi terhadap logam berat yang terdapat dalam air. Logam berat kromium yang terlarut di dalam air dan yang terendap di sedimen akan masuk ke dalam tubuh ikan sehingga logam berat tersebut akan terakumulasi dalam tubuh ikan melalui rantai makanan. Widowati (2008) menjelaskan rantai makanan pada organisme perairan berawal dari fitoplankton yang akan dimakan oleh zooplankton, zooplankton dimakan oleh ikan-ikan kecil, ikan-ikan kecil dimangsa oleh ikan-ikan besar dan akhirnya ikan ikan besar dimakan oleh manusia. Proses ini terjadi terus menerus sehingga terjadi akumulasi logam berat pada tubuh manusia. Penelitian Wisnu (2000) juga menjelaskan jika bioakumulasi logam berat pada lingkungan perairan dapat terjadi melalui 3 (tiga) cara, yakni: (1) akumulasi logam berat dari partikulat tersuspensi atau sedimen, (2)



Gambar 3. Grafik hasil pengujian kandungan Cr pada media air antar Stasiun(\*Nilai ambang batas *Australia Environment Protection (Water Quality) Policy 2003 (Aquaculture)*)(#Nilai ambang batas untuk kelas 1-3 0,05 mg/l dan kelas 4 1 mg/l)

akumulasi logam berat dari makanan ikan (sistem rantai makanan), dan (3) akumulasi logam berat yang terlarut dalam air. Hal tersebut membenarkan bahwa kandungan logam berat Cr yang berada pada perairan dapat memberikan efek buruk organisme perairan seperti ikan dan ikan yang sudah terkontaminasi logam berat Cr akan berakibat bagi manusia yang mengkonsumsinya.

### Tingkat Pencemaran

Tingkat toksisitas logam berat dibuktikan dengan meningkatnya toksisitas sejalan dengan meningkatnya pH. Hal ini dipengaruhi oleh faktor menurunnya kompetisi antara ion logam dengan ion hidrogen dengan naiknya pH larutan (Argawala 2006). Perairan dengan salinitas rendah terdapat kandungan logam berat yang tinggi, sedangkan pada salinitas yang tinggi dijumpai kandungan logam berat yang rendah (Supriharyono 2003). Sumber pencemar dapat berasal dari pencemar alamiah (dari alam) dan pencemar antropogenik (kegiatan manusia). Pencemar antropogenik adalah polutan yang masuk ke perairan akibat aktivitas manusia seperti kegiatan domestik (rumah tangga), perkotaan dan industri. Intensitas polutan antropogenik dapat dikendalikan dengan mengontrol aktivitas yang menyebabkan timbulnya pencemar tersebut (Effendi, 2003).

Berdasarkan gambar 4, kandungan logam berat di perairan pelus melebihi ambang batas dimana perairan memiliki nilai nemerrow index  $P_n < 0,7$  untuk kategorisasi perairan yang tidak tercemar,  $0,7 \leq P_n \leq 1$  untuk kategori perairan terancam terkontaminasi,  $P_n < 1$  dengan kategorisasi perairan sangat tercemar. Nilai rerata pada perairan pelus sebesar 16,119 mg/l, dengan nilai tersebut perairan di sungai pelus di kategorikan sebagai perairan sangat tercemar. Sungai pelus bukan satu-satunya sungai di Jawa Tengah dengan nilai  $P_n$  melebihi 1 atau di kategorikan dengan perairan sangat

tercemar, berdasarkan data yang diperoleh Asaf et al (2020) Sungai Tayu, Pati memiliki nilai 1110,27 mg/l, Azhar et al (2012) Sungai Wedung, Demak memiliki nilai 19,54 mg/l, Falah et al (2018) Sungai Morosari, Kab. Demak memiliki nilai 7,90 mg/l, Setiyowati (2020) Sungai Serayu memiliki nilai 16,68 mg/l, Utomo et al (2010) Sungai Bengawan Solo memiliki nilai 5,07 mg/l.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan penelitian, dapat disimpulkan bahwa kandungan logam berat Cd pada media air tertinggi berada di stasiun 4 dengan nilai 25,59 mg/l, pada stasiun ini tingkat aktivitas warga cukup padat untuk kegiatan MCK sehingga menimbulkan limbah detergen dan limbah rumah tangga lainnya. Pada logam berat Cr nilai tertinggi berada di stasiun 6 dengan nilai 11,05 mg/l dikarenakan limbah yang dihasilkan lebih besar jika dibandingkan dengan stasiun lainnya. Tingkat pencemaran pada sungai pelus dapat di kategorikan sebagai perairan yang sangat tercemar dengan nilai rerata 16,119 mg/l. Berdasarkan hasil tersebut perlu adanya penanganan mengenai pencemaran pada Sungai Pelus oleh semua kalangan demi keberlangsungan perairan yang aman bagi masyarakat sekitar sungai dan dapat dimanfaatkan dengan baik.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Nuning Vita Hidayati, S.Pi, M.Si, Ph.D atas bantuan pendanaan dan bimbingannya sehingga penelitian ini dapat berjalan dari awal pengambilan sampel hingga akhir pembuatan laporan penelitian

### DAFTAR PUSTAKA

Adhani, R., dan Husaini. 2017. Logam Berat di Sekitar Manusia. Lambung

- Mangkurat University Press. Banjarmasin.
- Ainna, R.T. 2013. Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air Sungai Kelay Kab. Berau Kalimantan Timur Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Skripsi. Fakultas Ilmu Kesehatan. Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar. 73 hal.
- Amalia, W.R., Halang, B., Naparin, A. 2016. Kandungan Kadmium (Cd) pada Air, Daging serta Mikroanatomi Insang Ikan Kelabau (*Osteochillus melanopleurus*) Di Muara Sungai Martapura. Prosiding Seminar Nasional "Mengubah Karya Akademik Menjadi Karya Bernilai Ekonomi Tinggi". 84-92.
- Asaf, R., Athirah, A., Hasnawi. 2019. Identifikasi Konsentrasi Logam pada Air di Perairan Sekitar Tambak Kecamatan Tayu Kabupaten Pati Provinsi Jawa Tengah. *Gorontalo Fisheries Journal*. Vol. 2 No.1.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2012. Toxicological Profile for Cadmium. US Department of Human and Health Services.
- Azhar, H., Widowati, I., Suprijanto, J., 2012. Studi Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Cd, Cr pada Kerang Simpson (*Amusium pleuronectes*), Air dan Sedimen di Perairan Wedung, Demak Serta Analisis Maximum Tolerable Intake pada Manusia. *Journal of Marine Research*. Vol. 1 (1) 36.
- Bradl, H.B. 2005. Heavy Metals in the Environment: Origin, Interaction and Remediation. Elsevier Academic Press. Amsterdam.
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. UI-Press. Jakarta.
- Day. R.A, JR. & Underwood.A.L. Analisis Kimia Kuantitatif Edisi ke Enam. Terjemahan Oleh Iis Sopyan. Erlangga. Jakarta. 2002.
- Effendi, H. 2000. Telaahan Kualitas Air. Bogor :IPB.
- Herman, D.Z. 2006. Tinjauan terhadap tailing mengandung unsur pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari sisa pengolahan bijih logam. *Jurnal Geologi Indonesia*. 1(1) Maret 2006: 31-36.
- Hutabarat, S dan S.M. Evans. 1986. Pengantar Oseanografi. Jakarta : UI Press.
- Istarani, F., Pandebesie, E. S. 2014. Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(1): 53-58.
- Irfandi A, Taufik A, dan Indra C. (2013). Analisis kandungan kadmium (cd) dan timbal (pb) pada air sumur gali penduduk di sekitar industri daur ulang aki dan gangguan kesehatan pada masyarakat Desa Bandar Khalipah Kabupaten Deli Serdang tahun 2013.
- Khopkar S.M. Konsep Dasar Kimia Analitik. Terjemahan oleh Saptorahardjo. UI-Press. Jakarta. 2010.
- Kristianto S, Wilujeng S, Wahyudiarto D. 2017. Analisis Logam Berat Kromium (Cr) Pada Kali Pelayaran Sebagai Bentuk Upaya Penanggulangan Pencemaran Lingkungan Di Wilayah Sidoarjo. Surabaya. *Jurnal Biota* Vol.3( 2 Edisi Agustus 2017).
- Lambert M, Leven B.A., Green R.M. (2000). New methods of cleaning up heavy metal in soils and water. Environmental science and technology briefs for citizens. Kansas State University, Manhattan, KS.
- Larashati, S. 2004. Reduksi Krom (Cr) Secara In Vitro oleh Kultur Campuran Bakteri yang diisolasi dari Lindi Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA). Thesis : ITB.
- Martin S, Griswold W. (2009) .Human health effects of heavy metals. Environmental Science and Technology Briefs for Citizens;(15): 1-6.
- Morais S, Costa F. G., Pereira M. L. (2012). Heavy metal sand human health, in Environmental health-emerging issues and practice (OosthuizenJed), pp.227-246, InTech.
- Mulyani, B. 2004. Analisis Variasi Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* Terhadap Serapan Logam Krom. *Sain*. 2 (4) : 1-9.



- Nadia, N., Rudyanti, S., Haeruddin. 2017. Sebaran Spasial Logam Berat Pb Dan Cd Pada Kolom Air Dan Sedimen di Perairan Muara Cisadane, Banten. *Journal of Maquares*. Vol. 6. (4).
- Nuraini. Tri. R.A., Endrawati. Hadi, dan Maulana. I. R., 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Pada Air, Sedimen Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Trimulyo Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis* Maret 2017 Vol. 20(1):48–55
- Okocha, R.C., and Adedeji, O.B. 2011. Overview of Cadmium Toxicity in Fish. *Journal of Applied Sciences Research*, 7(7): 1195-1207.
- Palar, H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.
- Palar, Heryandon. 2008. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta. 152 hal.
- Patang. 2018. Dampak Kadmium dan Timbal pada Perairan. Badan Penerbit UNM. Makassar.
- Perkin, Elmer. Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy. Perkin-Elmer Co. USA. 1996.
- Pratiwi, D. F. 2016. Tingkat Pencemaran Logam Kadmium (Cd) dan Kobalt (Co) pada Sedimen di Sekitar Pesisir Bandar Lampung. Skripsi. Universitas Lampung, Bandar Lampung. 64 hal.
- Rahman, M,U., Gul S., UIHaq, M.Z. (2007). Reduction Of Chromium (VI) by Locally Isolated Pseudomonas sp. C171“ *Turkey Journal Biol* ” 31. 2007 : 161-166.
- Rosihan, A., Husaini. 2017. Logam Berat Sekitar Manusia. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat Press.
- Schiavon, M. E. A. H. Pilon. Smits, M. Wirtz, R. Hell and M. Malagoli. 2008. Interactions Between Chromium And Sulfur Metabolism In Brassica juncea. *Journal Of Enviromental Quality*. 37 : 1536-1545.
- Setaiawan, Heru dan Subiandono, Endro. 2015. Konsentrasi Logam Berat Padaair dan Sedimen di Perairan Pesisir Provinsi Sulawesi Selatan. *Forest Rehabilitation Journal*, 3(1): 67-79
- Sharma, H. Mathew, B.B., Rawal, N. 2015. The Characteristics, Toxicity and Effects of Cadmium. *International Journal of Nanoscience*, 3: 1-9.
- Skoog. D. A., Donald M. West, F. James Holler, Stanley R. Crouch, 2000. *Fundamentals of Analytical Chemistry* .Hardcover: 992 pages, Publisher: Brooks Cole
- SNI 6989.16:2009. Air dan air limbah – Bagian 16: Cara Uji Kadmium (Cd) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – Nyala. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Sudarmaji. Mukono, J., Corie, I.P. (2006). Toksikologi logam berat B3 dan dampaknya terhadap kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2 (2), 129-142.
- Sugeng. 2006. Estimasi Daya Tampung Beban Pencemaran Organik di Daerah Aliran Sungai Pelus Banyumas Jawa Tengah. <http://www.scribd.com/doc/12909189/Tesis-Sugeng-Abdullah>. (Diakses Kamis 23 Maret 2021, Pukul : 17.21 WIB).
- Suprpti, N. H. Kandungan Chromium pada Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sungai Sayung, Desa Morosari Kabupaten Demak Jawa Tengah. *Bioma J*. 10 (2) : 53-56
- Supriharyono. 2003. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Sutamihardja. 2006. Toksikologi Lingkungan (Buku I). Jakarta: Program Ilmu Studi Lingkungan Universitas Indonesia.
- Suyanto, A., Kusmiyati, S., Retnaningsih, C. 2010. Residu Logam Berat Ikan Dari Perairan Tercemar Di Pantai Utara Jawa Tengah. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 1(2): 33-38.
- Waldichuk, M. 1974. Some Biological Concern in Heavy Metals Pollution. *Pollution and Physiology of Marine Organism*. Editor KJ Vernberg dan WB Vernberg. New York: Academic Press.
- Widowati, Wahyu, dkk. 2008. Efek Toksik Logam. Yogyakarta: ANDI

Wisnu, M.A., Hartati, A. 2000. Penyerapan logam berat merkuri dan Cadmium pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Purifikasi*. 1(2)

Yudo, S. 2006. Kondisi Pencemaran Logam Berat Di Perairan Sungai Dki

Jakarta. Pusat Teknologi Lingkungan-BPPT. *JAI*. 2(1)

ZhitkovichA.(2005). Importance of chromium-DNA adductsin mutagenicity and toxicity of chromium (VI). *ChemResToxicol*; 18(1):3–11.