



BERKALA PERIKANAN
TERUBUK

Journal homepage: <https://terubuk.ejournal.unri.ac.id/index.php/JT>

ISSN Printed: 0126-4265

ISSN Online: 2654-2714

ANALISIS FAKTOR PENGAYAAN DAN FAKTOR KONTAMINASI LOGAM BERAT Cr, Cd DAN Cu DI SUNGAI BANJIR KANAL BARAT KOTA SEMARANG, PROPINSI JAWA TENGAH

ANALYSIS OF ENRICHMENT FACTORS AND CONTAMINATION FACTORS OF Cd, Cr AND Cu IN WESTERN FLOOD CANAL SEMARANG, CENTRAL JAVA

Adam Putrarama Suyatno^{a*}, Norma Afiati, Max Rudolf Muskananfolo^a

^aProgram Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima: 10 Juni 2021

Distujui: 20 Juni 2021

Keywords:

Sungai Banjir Kanal Barat, Cr, Cd, Cu, Faktor Pengayaan, Faktor Kontaminasi dan Makrozoobentos.

ABSTRACT

Pencemaran merupakan perubahan kualitas perairan menjadi buruk yang memiliki dampak negatif bagi biota perairan tersebut. Salah satu jenis cemaran di perairan yang berasal dari kegiatan domestik maupun industri adalah logam berat yang memiliki sifat toksik bagi biota perairan seperti misalnya Cr, Cd dan Cu. Logam berat memiliki sifat mengendap sehingga diakumulasi dalam sedimen perairan yang menjadi habitat makrozoobentos. Makrozoobentos umumnya berfungsi sebagai bioindikator yang peka karena cara hidupnya yang menetap di dasar perairan. Sungai Banjir Kanal Barat mengalir melewati Kota Semarang, membawa berbagai macam limbah domestik dan industri. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui potensi cemaran 3 jenis logam berat berdasarkan faktor pengayaan dan faktor kontaminasinya. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2021 menggunakan metode *purposive sampling*. Logam berat Cr, Cd dan Cu dianalisis menggunakan alat Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Hasil penelitian menunjukkan kandungan logam kadmium pada air, sedimen dan bentos berkisar 0,019-0,078 mg/L; 1,133-2,761 mg/kg dan 5,302-8,033 mg/kg. Kandungan logam krom pada air, sedimen dan bentos pada rentang 0,460-1,481 mg/L; 36,137-49,918 mg/kg dan 53,178-54,177 mg/kg, sedangkan kandungan logam tembaga pada air, sedimen dan bentos sebesar 1,070-1,339 mg/L; 0,052-0,063 mg/kg dan 0,343-0,640 mg/kg. Hasil analisis data didapatkan faktor pengayaan logam kadmium pada rentang 2,538-6,186. Sedangkan faktor pengayaan logam krom sebesar 0,269-0,372. Faktor pengayaan logam tembaga sebesar 0,0007-0,0009. Faktor kontaminasi logam kadmium didapatkan pada rentang 3,776-9,203. Faktor kontaminasi logam krom sebesar 0,415-0,803. Sedangkan faktor kontaminasi logam tembaga sebesar 0,0011-0,0014. Logam kadmium pada perairan tersebut terindikasi mengalami input antropogenik dan zat toksik yang tinggi, sedangkan logam krom dan tembaga mengindikasikan pengayaan minimal dan tingkat kontaminasi rendah.

1. PENDAHULUAN

Kegiatan industri merupakan sumber dari pencemaran yang terjadi di daerah muara. Limbah yang dihasilkan oleh pabrik-pabrik dan industri berakumulasi dalam perairan dan sebagian mengendap ke sedimen di dasar. Pemukiman di sekitar muara sungai dapat menyumbang limbah pencemar seperti limbah rumah tangga. Pencemaran perairan termasuk juga disebabkan oleh masuknya logam-logam

* Corresponding author. Tel.: +6281226628061

E-mail address: putrarama.adam@gmail.com

berat ke dalam perairan dalam jumlah di atas normal sehingga menyebabkan pencemaran (Garvano *et al.*, 2017). Logam berat memiliki sifat yang mudah mengikat dan mengendap pada dasar perairan dan terakumulasi dalam sedimen, oleh karena itu kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan di air. Menurut Ashayeri dan Keshavarsi (2019) kandungan logam berat Pb, Zn dan Cu banyak ditemukan di perairan dekat jalan raya yang memiliki banyak aktivitas manusia. Logam berat As, Al, Mo dan Se banyak ditemukan di sekitar pelabuhan. Adapun logam berat Ni, V, Co, Cr dan Fe dengan konsentrasi tinggi ditemukan di aliran pembuangan limbah industri. Logam berat yang ditemukan di estuari antara lain Cr, Cu, Ni, Pb, Cd dan Zn (Ta dan Babel, 2020). Muara sungai merupakan zona ekoton, yaitu transisi antara ekosistem sungai dengan ekosistem laut (Chang *et al.*, 2020). Kawasan muara sungai ini dapat disebut juga kawasan pesisir (Purwono *et al.*, 2020). Kawasan pesisir banyak dimanfaatkan masyarakat untuk sektor pariwisata, budidaya perikanan, pertanian dan pelabuhan. Semakin tinggi intensitas masyarakat dalam memanfaatkan muara maka semakin berat dampak negatif bagi kawasan tersebut apabila tidak diimbangi oleh kesadaran masyarakat dalam menjaga lingkungan sekitar muara, seperti menumpuknya sampah maupun cemaran limbah industri (Pesulima *et al.*, 2018).

Sungai Banjir Kanal Barat melintasi Kota Semarang dan membawa berbagai macam limbah dalam air maupun sedimennya dan menuju ke muara sungai. Muara Sungai Banjir Kanal Barat merupakan wilayah pesisir yang dikelilingi oleh ekosistem mangrove, tambak serta pemukiman penduduk (Nurimansyah *et al.*, 2015).

Makrozoobentos merupakan salah satu biota yang terdapat di dasar perairan. Makrozoobentos mempunyai fungsi sebagai bio-indikator pencemaran (Muskananfola *et al.*, 2020). Sifat hidup makrozoobentos yang cenderung menetap menyebabkan mereka tidak menghindari bahan-bahan pencemar. Hal ini memberikan kontribusi kemungkinan terakumulasinya pencemar seperti logam berat pada organisme makrozoobentos yang dapat diketahui melalui analisis faktor biokonsentrasi atau *Bioconcentration Factor* (BCF).

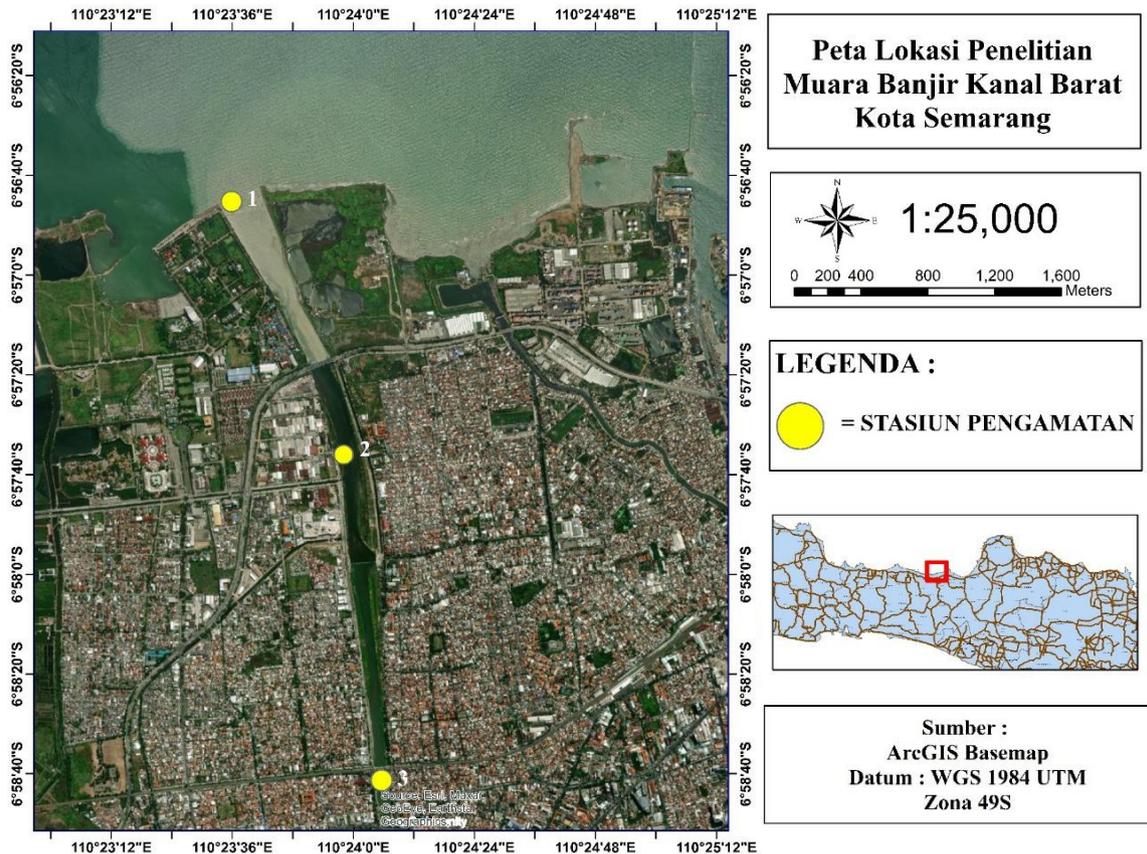
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor pengayaan dan faktor kontaminasi logam Cd, Cr dan Cu di Muara Sungai Banjir Kanal Barat.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Pengambilan sampel dilakukan di Muara Sungai Banjir Kanal Barat (Gambar 1) pada 27 Januari 2021 yang dilakukan pada 3 stasiun. Jarak antar stasiun sampling 2 km dengan tujuan ada perbedaan karakteristik tiap stasiun dan dengan demikian tingkat akumulasi logam berat pada tiap stasiun sampling. Analisis logam berat dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.

Stasiun 1 berada di mulut Muara Sungai Banjir Kanal Barat berbatasan dengan Laut Jawa terdapat hutan mangrove, tambak-tambak nelayan, serta tempat bersandar kapal-kapal nelayan berukuran kecil. Stasiun 2 berjarak 2 km ke arah hulu dari Stasiun 1. Karakteristik dari Stasiun 2 terdapat pemukiman warga dan beberapa pabrik industri. Stasiun 3 berjarak 2 km ke arah hulu dari Stasiun 2. Karakteristik dari Stasiun 3 terdapat pemukiman warga, pasar, rel kereta api.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Materi dan Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode deskriptif. Metode deskriptif merupakan metode penelitian dengan tujuan untuk mendeskripsikan Muara Sungai Banjir Kanal Barat sesuai dengan karakteristik dan kegiatan di sekitar muara.

Sampel yang diambil adalah air, sedimen dan makrozoobentos. Pengambilan sampel air dilakukan terlebih dahulu menggunakan botol sampel 250 ml agar sampel air tidak tercampur dengan sedimen dasar perairan. Pengambilan sampel sedimen menggunakan *Ekman grab* berukuran 15,5x15,5cm. Pengambilan sampel bentos menggunakan *Ekman grab* yang ditenggelamkan ke dasar perairan lalu memisahkan bentos dengan sedimen dengan cara menyaring sedimen menggunakan ayakan saring.

Sampel sedimen dan bentos diberi perlakuan destruksi basah. Sampel ditimbang sebanyak 5 gram menggunakan neraca analitik lalu dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer. Larutan asam klorida (HCl) ditambahkan sebanyak 9 ml dan larutan asam nitrat sebanyak 3 ml ditambahkan. Sampel dipanaskan dengan suhu 100°C lalu sampel disaring ke dalam gelas ukur dan menambahkan *aquadest* hingga volume 50 ml. Ukur menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

Analisis Data

Faktor pengayaan adalah faktor yang digunakan untuk mendeteksi sumber bahan tercemar logam yang berasal dari aktivitas antropogenik atau sumber ilmiah. Menurut Li *et al.* (2021) keberadaan logam yang bersumber dari antropogenik atau alami, dapat dihitung dengan persamaan:

$$EF (\text{Enrichment factor}) = \frac{\left(\frac{x}{Fe}\right) \text{ sedimen}}{\left(\frac{x}{Fe}\right) \text{ kerak bumi}}$$

$\frac{x}{Fe}$ *sedimen* : Konsentrasi logam Cd, Cr dan Cu sedangkan Fe merupakan konsentrasi besi di sedimen

$\frac{x}{Fe}$ *kerak bumi* : Konsentrasi logam Cd, Cr dan Cu sedangkan besi di kerak bumi

Menurut Turekian dan Wedepohl (1961) konsentrasi logam di kerak bumi adalah sebagai berikut:

Fe kerak bumi: 47,2 mg/kg

Cd kerak bumi: 0,3 mg/kg

Cr kerak bumi: 90 mg/kg

Cu kerak bumi: 45 mg/kg

Faktor kontaminasi merupakan rasio konsentrasi logam berat yang diukur dalam sedimen dan pra industrial dengan nilai referensi untuk logam yang sama. Menurut Usese *et al.* (2017) persamaan dari faktor kontaminasi adalah sebagai berikut:

$$CF = \frac{Cx(\text{logam berat})}{C(\text{alam})}$$

Keterangan:

Cx: (logam berat): Konsentrasi logam Cd, Cr dan Cu dalam sampel sedimen

C(alam): Konsentrasi logam Cd, Cr dan Cu di alam.

Faktor Biokonsentrasi atau *Bioconcentration Factor* (BCF) mempunyai tujuan untuk mengetahui kemampuan bentos untuk mengakumulasi logam berat dari air dan sedimen dalam akumulasi logam berat. Menurut Wang *et al.* (2020) persamaan faktor biokonsentrasi adalah sebagai berikut:

$$BCF = \frac{Cbentos}{C}$$

Keterangan:

C bentos: Konsentrasi logam Cd, Cr dan Cu di cangkang bentos

C: Konsentrasi logam Cd, Cr dan Cu di air atau di sedimen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabel Lingkungan Air

Variabel air yang diukur yaitu variabel fisika dan kimia yaitu *Dissolved Oxygen* (DO), suhu, pH, salinitas, kedalaman serta kecerahan. Hasil pengukuran variabel tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa Variabel Fisika Kimia di Muara Sungai Banjir Kanal Barat, Semarang 27 Januari 2021 saat Air Keadaan Surut

Variabel	Stasiun			Kepmen LH No. 51 tahun 2004
	1	2	3	
<i>Dissolved Oxygen</i> (mg/L)	9,5	9,6	9,5	>5
Suhu Air (°C)	29,5	28,3	28,8	28-30
pH Air	7,98	7,63	7,77	7,0-8,5
Salinitas Air (‰)	7	0	0	-
Kedalaman Air (m)	1,8	1	0,5	-
Kecerahan (cm)	16,5	21	32	>3

Sumber: Data Penelitian 2021

Kandungan DO berkisar antara 9,5-9,6 mg/L yang dikategorikan memenuhi standar baku mutu Kepmen LH No. 51 tahun 2004 untuk perairan sebesar ≥ 5 mg/L. Kondisi oksigen terlarut pada suhu 28,3-29,5°C melewati batas jenuh dimana didapatkan kandungan oksigen terlarut > 9 . Kondisi oksigen jenuh (saturasi) akan tercapai apabila konsentrasi oksigen terlarut di perairan sama dengan konsentrasi oksigen secara teoritis (Adiwilaga, 2009). Kondisi oksigen jenuh dipengaruhi suhu, tekanan dan konsentrasi ion. Kondisi oksigen pada perairan apabila melewati batas jenuh akan dilepaskan ke udara.

Suhu perairan pada rentang 28,3-29,5°C dimana sesuai dengan standar baku mutu Kepmen LH No. 51 tahun 2004 untuk perairan pada rentang 28-30°C. Semakin dalam pengukuran suhu, maka akan didapatkan suhu yang semakin rendah. Tinggi rendahnya suhu perairan yang diperoleh berhubungan dengan waktu pada saat pengambilan data. Pengukuran suhu lingkungan dilakukan pada pukul 09.00-10.00. Intensitas cahaya pada waktu tersebut tidak terlalu terik sehingga suhu permukaan yang didapatkan optimal untuk biota perairan.

Pengukuran pH didapatkan pada rentang 7,63-7,98 yang mengindikasikan bahwa perairan tersebut tidak bersifat asam maupun basa. Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004, perairan yang mempunyai pH antara 7,0-8,5 merupakan perairan yang baik untuk pertumbuhan biota perairan. Kondisi pH dalam perairan dipengaruhi oleh variabel lingkungan lainnya. Kondisi pH berkaitan erat dengan oksigen terlarut dalam perairan. Perairan yang memiliki pH rendah akan berbanding lurus oksigen terlarut yang rendah akan tetapi pH berbanding terbalik dengan suhu.

Hasil pengukuran salinitas berkisar antara 7,0 0 ‰. Pengaruh air laut pada Stasiun 2 dan 3 sangat minimal sehingga didapatkan salinitas 0 ‰. Salinitas di Sungai Banjir Kanal Barat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kedalaman perairan dan pasang surut air laut. Air laut memiliki berat jenis yang lebih besar daripada berat jenis air tawar. Hal ini akan mengakibatkan salinitas pada dasar perairan lebih besar daripada di permukaan perairan. Saat pasang purnama pergerakan air asin yang berasal dari air laut akan lebih besar ke arah sungai pada saat pasang purnama mencapai 2900 meter ke arah hulu sungai (Anggara *et al.*, 2014).

Kedalaman pada Stasiun 1 adalah 1,8 m dengan kecerahan 16,5 cm. Kedalaman pada Stasiun 2 yaitu 1 m dengan kecerahan 21 cm, pada Stasiun 3 kedalaman adalah 0,5 dengan kecerahan 32 cm. Kecerdahan berkaitan erat dengan kedalaman perairan, semakin dalam perairan tersebut maka intensitas

cahaya matahari yang masuk akan semakin berkurang (Pancawati *et al.*, 2013). Kecerahan dipengaruhi beberapa faktor seperti kedalaman, kekeruhan, hingga oksigen terlarut. Kecerahan berpengaruh terhadap oksigen terlarut karena apabila kecerahan kecil maka hal ini dipengaruhi oleh kekeruhan air akibat tingginya kandungan bahan organik serta anorganik tersuspensi. Semakin rendah kecerahan maka penetrasi sinar matahari akan berkurang sehingga akan berpengaruh terhadap fotosintesis fitoplankton di perairan tersebut sehingga oksigen terlarut akan turun.

Kandungan Logam Kadmium, Krom dan Tembaga pada Sampel Air, Sedimen dan Bentos di Muara Sungai Banjir Kanal Barat

Pengukuran logam berat Cd, Cr dan Cu pada sampel air, sedimen dan bentos di Muara Sungai Banjir Kanal Barat disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Kadar Logam Cd, Cr dan Cu di Muara Sungai Banjir Kanal Barat

Logam	Sampel	Stasiun			Baku Mutu/Pedoman
		1	2	3	
Cd	Air (mg/L)	0,032	0,019	0,078	0,001 (Kepmen LH No. 51 Tahun 2004)
	Sedimen (mg/kg)	1,133	1,519	2,761	1,5 (ANZECC, 2000)
	Bentos (mg/kg)	8,033	7,380	5,302	1,0 (SNI 7387:2009)
Cr	Air (mg/L)	1,481	1,015	0,460	0,005 (Kepmen LH No. 51 Tahun 2004)
	Sedimen (mg/kg)	49,918	36,137	37,399	80 (ANZECC, 2000)
	Bentos (mg/kg)	53,629	53,178	54,177	1,0 (Food Adulteration Metallic Contamination, 1977)
Cu	Air (mg/L)	0,063	0,061	0,052	0,008 (Kepmen LH No. 51 Tahun 2004)
	Sedimen (mg/kg)	1,339	1,153	1,070	65 (ANZECC, 2000)
	Bentos (mg/kg)	0,362	0,343	0,640	2 (Food Adulteration Metallic Contamination, 1977)

Sumber: Data Penelitian 2021

Kadar logam berat kadmium pada sampel air adalah 0,032; 0,019 dan 0,078 mg/L. Konsentrasi

logam berat krom pada sampel air sebesar 1,481; 1,015 dan 0,460 mg/L, untuk kadar logam tembaga sebesar 0,063; 0,061 dan 0,052 mg/L. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 yaitu untuk kadmium sebesar 0,001 mg/L, untuk logam krom sebesar 0,005 mg/L dan untuk logam tembaga sebesar 0,008 mg/L.

Konsentrasi logam berat terbesar terdapat pada Stasiun 1, dimana terdapat berbagai macam aktivitas masyarakat di sepanjang muara, bahan bakar minyak kapal nelayan, obyek wisata Pantai Marina, gor stadion olahraga serta tambak-tambak nelayan merupakan beberapa faktor yang menyebabkan tingginya konsentrasi logam kadmium, krom serta tembaga. Menurut Singh et al. (2020) aktivitas manusia seperti emisi udara, industri pelapisan logam, galangan kapal, serta pertambangan menyebabkan masuknya logam berat ke perairan.

Konsentrasi logam kadmium pada sedimen adalah 1,133; 1,519 dan 2,761 mg/kg. Logam krom sebesar 49,918; 36,137 dan 37,399 mg/kg, sedangkan kadar logam tembaga adalah 1,339; 1,153 dan 1,070 mg/kg. Konsentrasi logam kadmium, krom dan tembaga pada sebagian besar stasiun sesuai dengan pedoman yang ditetapkan oleh ANZECC untuk logam kadmium sebesar 1,5 mg/kg; untuk logam krom sebesar 80 mg/kg dan untuk logam tembaga sebesar 65 mg/kg. Logam kadmium di Stasiun 3 adalah 2,761 mg/kg yang mengindikasikan tercemar berat karena diatas pedoman ANZECC. Logam berat pada sedimen didapatkan cenderung lebih besar kandungannya daripada di air. Hal ini disebabkan adanya akumulasi logam berat pada sedimen. Logam berat yang masuk ke dalam perairan akan mengendap dan terakumulasi dalam sedimen dasar suatu perairan.

Konsentrasi logam krom pada sedimen lebih besar dibanding pada air karena logam krom memiliki sifat mudah mengikat bahan organik dan cenderung mengendap pada dasar perairan yang akan terabsorpsi dengan sedimen (Nuraini, 2017). Hal ini yang menyebabkan konsentrasi logam krom pada sedimen paling besar, sedangkan konsentrasi logam kadmium didapatkan paling kecil.

Konsentrasi logam kadmium pada sampel bentos adalah 8,033; 7,380 dan 5,302 mg/kg. Logam krom yaitu 53,629; 53,178 dan 54,177 mg/kg, sedangkan konsentrasi logam tembaga adalah 0,362; 0,343 dan 0,640 mg/kg. Logam krom merupakan kandungan logam terbesar pada bentos, sedangkan logam tembaga merupakan logam dengan kandungan terkecil pada bentos. Logam krom merupakan kandungan logam terbesar pada bentos, sedangkan logam tembaga merupakan logam dengan kandungan terkecil pada bentos. Logam krom memiliki sifat mudah terabsorpsi dalam sedimen maupun bentos. Kandungan logam pada bentos yang terkandung dalam cangkang maupun jaringan bentos memiliki perbedaan. Kandungan logam bentos pada jaringan berasal dari makanan yang dicerna oleh bentos, sedangkan kandungan logam pada cangkang berasal dari pengendapan bahan pencemar di air (Afiati, 2005).

Faktor Biokonsentrasi atau Bioconcentration Factor (BCF)

Analisis faktor biokonsentrasi atau *Bioconcentration Factor* (BCF) logam pada sampel bentos terhadap air dan sedimen disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Faktor Biokonsentrasi atau *Bioconcentration Factor* (BCF)

Faktor Biokonsentrasi Bentos dengan Air			
Logam	Stasiun		
	1	2	3
Cd	251,03	388,42	67,97
Cr	36,21	52,39	117,77
Cu	5,74	5,62	12,30
Faktor Biokonsentrasi Bentos dengan Sedimen			
Logam	Stasiun		
	1	2	3
Cd	7,09	4,85	1,92
Cr	1,07	1,47	1,44
Cu	0,27	0,29	0,59

Sumber: Data Penelitian 2021

Pengukuran *Bioconcentration Factor* (BCF) pada bentos mengukur logam pada bagian cangkang bentos. Nilai BCF pada bentos mengindikasikan bahwa terdapat akumulasi logam kadmium. Nilai BCF bentos dengan air adalah 251,03; 388,42 dan 67,97. Sedangkan nilai BCF bentos dengan sedimen adalah 7,09; 4,85 dan 1,92. Menurut Esch, V. (1977) sifat polutan dikelompokkan ke dalam 3 kategori yaitu sangat akumulatif ($BCF > 1000$), akumulatif sedang ($BCF 100-1000$) dan akumulatif rendah ($BCF < 100$). Logam kadmium bersifat akumulatif sedang pada badan perairan tetapi bersifat akumulatif rendah pada sedimen. Nilai BCF logam kadmium bentos dengan air di Stasiun 1, 2 dan 3 disebabkan oleh sumber kadmium yang berasal dari limbah rumah tangga serta pupuk fosfat yang digunakan untuk dalam pertanian serta tambak nelayan. Adanya industri obat Intibios di Stasiun 2 dapat memberikan limbah kadmium ke badan perairan.

Nilai BCF logam krom di bentos dengan air adalah 36,21; 52,39 dan 117,77. Sedangkan nilai BCF di bentos dengan sedimen adalah 1,07; 1,47 dan 1,44. Bentos mengakumulasi logam krom lebih tinggi pada badan perairan daripada sedimen, dikarenakan nilai BCF bentos dengan air lebih tinggi daripada bentos dengan sedimen. Logam krom di air dan sedimen bersifat akumulatif rendah karena nilai $BCF < 100$ (Esch, 1977). Nilai BCF di Stasiun 3 lebih tinggi daripada Stasiun 1 dan 2 disebabkan oleh di sepanjang Stasiun 3 terdapat Pasar Kokrosono yang mengakibatkan banyaknya limbah pasar yang masuk ke badan perairan.

Nilai BCF logam tembaga di bentos dengan air adalah 5,74; 5,62 dan 12,30. Sedangkan nilai BCF di bentos dengan sedimen adalah 0,27; 0,29 dan 0,59. Bentos mengakumulasi logam tembaga lebih besar dari badan perairan daripada dari sedimen, Karen nilai BCF di bentos dengan air lebih tinggi daripada dengan sedimen. Logam tembaga di air dan sedimen bersifat akumulatif rendah karena nilai $BCF < 100$ (Esch, 1977).

Faktor Pengayaan dan Faktor Kontaminasi

Analisis faktor pengayaan dan faktor kontaminasi logam berat Cd, Cr dan Cu pada sampel

sedimen dapat disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Faktor Pengayaan dan Faktor Kontaminasi Logam Berat Cd, Cr dan Cu pada Sampel Sedimen

Stasiun	Logam	Faktor Pengayaan	Faktor Kontaminasi
1	Cd	2,538	3,776
	Cr	0,372	0,554
	Cu	0,0009	0,0014
2	Cd	3,403	5,063
	Cr	0,269	0,803
	Cu	0,0009	0,0013
3	Cd	6,186	9,203
	Cr	0,279	0,415
	Cu	0,0007	0,0011

Sumber: Data Penelitian 2021

Hasil perhitungan faktor pengayaan (EF) untuk logam kadmium adalah 2,538; 3,404 dan 6,186. Faktor pengayaan untuk logam krom yaitu 0,372; 0,269 dan 0,279, sedangkan faktor pengayaan untuk logam tembaga adalah 0,0009; 0,0009 dan 0,0007. Logam kadmium berdasarkan kriteria faktor pengayaan Sutherland (2000) pada Stasiun 1 dan 2 mengindikasikan pengayaan sedang, karena faktor pengayaan didapatkan berada pada rentang $2 \leq EF \leq 5$, sedangkan pada Stasiun 3 didapatkan pengayaan cukup, karena faktor pengayaan yang didapatkan pada rentang $5 \leq EF \leq 20$. Faktor pengayaan logam krom dan tembaga berdasarkan Sutherland (2000) mengindikasikan pada tingkat pengayaan minimal, karena faktor pengayaan pada kisaran ≤ 2 . Faktor pengayaan logam kadmium pada Stasiun 3 mengindikasikan bahwa logam kadmium terkontaminasi sumber antropogenik secara sedang. Logam kadmium pada Stasiun 3 memiliki sumber antropogenik pada limbah rumah tangga dan adanya pasar di sekitar sungai memungkinkan terjadinya kontaminasi logam.

Analisis faktor kontaminasi bertujuan untuk mengetahui tingkat kontaminasi yang disebabkan oleh unsur toksik seperti logam. Hasil perhitungan faktor kontaminasi logam kadmium adalah 3,776; 5,063 dan 9,203. Faktor kontaminasi untuk logam krom yaitu 0,554; 0,803 dan 0,415. Faktor kontaminasi logam tembaga adalah 0,0014; 0,0013 dan 0,0011. Tingkat kontaminasi logam kadmium pada Stasiun 1 dan 2 menurut Hakanson (1979) mengindikasikan bahwa logam kadmium memiliki tingkat kontaminasi cukup, karena faktor kontaminasi terdapat pada rentang $3 \leq CF \leq 6$, sedangkan pada Stasiun 3 mengindikasikan bahwa terjadi tingkat kontaminasi yang sangat tinggi, karena hasil perhitungan $CF > 6$. Logam krom dan tembaga pada Stasiun 1, 2 dan 3 menurut Hakanson (1979) mengindikasikan bahwa tingkat kontaminasi rendah, karena hasil perhitungan $CF < 1$. Stasiun 3 memiliki kandungan logam kadmium yang terindikasi bahwa logam tersebut memiliki tingkat kontaminasi yang sangat tinggi yang disebabkan oleh masuknya bahan toksik (beracun) ke dalam perairan lingkungan. Kondisi lingkungan pada Stasiun 3 ini terdapat pemukiman warga di sekitar sungai serta adanya pasar yang mengakibatkan adanya limbah rumah tangga maupun limbah industri yang masuk ke badan perairan tersebut.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah potensi pencemaran logam berat kadmium, krom dan tembaga di Muara Sungai Banjir Kanal Barat berdasarkan faktor pengayaan dan faktor kontaminasi bahwa untuk logam kadmium mengindikasikan adanya input antropogenik, sedangkan untuk logam krom dan tembaga mengindikasikan pengayaan minimal. Selain itu kandungan logam berat pada bentos lebih tinggi dibandingkan pada sedimen dan air. Kandungan logam berat pada air memiliki nilai paling kecil daripada sedimen dan bentos.

Saran yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu melakukan bioremediasi menggunakan mikroalga dengan memanfaatkan sifat absorpsi logam untuk perairan Sungai Banjir Kanal Barat. Selain itu dilakukan juga pengawasan terhadap industri, pasar dan Pantai Marina di sekitar Sungai Banjir Kanal Barat agar tidak membuang limbah atau zat antropogenik ke perairan secara langsung.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pro. Dra. Norma Afiati, M.Sc., Ph.D dan Bapak Dr. Ir. Max Rudolf Muskananfolo, M.Sc yang telah membantu dalam proses penyusunan dan telah memberikan semangat, saran, dan kritik selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adiwilaga, E. M. 2009. Pengaruh Percampuran Berbagai Kolom Air Terhadap Kadar DO (*Dissolved Oxygen*) di Keramba Jaring Apung (KJA) di Waduk Saguling, Kabupaten Bandung. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 16(2): 145-151.
- Afiati, N. 2005. Bioaccumulation of Trace Metals in The Blood of *Anadara granosa* (Arcidae) and Their Implications for Indicator Studies. Second International Seminar on Environmental Chemistry and Toxicology, 26-27 April 2005. Yogyakarta.
- Anggara, D.W., S. Saputro dan S. Widada. 2014. Distribusi Salinitas Akibat Pengaruh Pasang Surut Pasca Normalisasi di Sungai Banjir Kanal Barat Semarang. *Jurnal Oseanografi*, 3(4): 618-627.
- Ashayeri, N.Y. dan B. Keshavarzi. 2019. Geochemical Characteristics, Partitioning, Quantitative Source Apportionment, and Ecological and Health Risk of Heavy Metals in Sediments and Water: A Case Study in Shadegan Wetland, Iran. *Marine Pollution Bulletin*, 146: 1-16.
- Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC). 2000. Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. Volume 1. Canberra.
- Chang, J., G.H. Lee, C. K. Harris, Y. Song, S. M. Figueroa, N. W. Schieder dan K. D. Lagamayo. 2020. Sediment Transport Mechanism in Altered Depositional Environments of the Anthropocene Nakdong Estuary: A Numerical Modeling Study. *Marine Geology*, 430(106364): 1-18.
- Garvano, M.F., S. Saputro dan Hariadi. 2017. Sebaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sedimen Dasar di Sekitar Perairan Muara Sungai Waridin, Kabupaten Kendal. *Jurnal Oseanografi*, 6(1): 100-107.
- Hakanson, L. 1980. An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control A Sedimentological approach. *Water Research*, 14(8): 975-1001.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut. Kementrian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia.

- Li, Y., H. Zhou, B. Gao dan D. Xu. 2021. Improved Enrichment Factor Model for Correcting and Predicting the Evaluation of Heavy Metals in Sediments. *Science of The Total Environmental*, 755: 142437.
- Muskananfolo, M. R., P. W. Purnomo dan B. Sulardiono. 2020. Impact of Environmental Factors on Macrobenthos Distribution and Abundance in Mangrove Ecosystems on the Northern Coasts of Java. *AACL Bioflux*, 13(5): 2745-2756.
- Nuraini, R. A. T., H. Endrawati dan I. R. Maulana. 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.
- Nurimansyah, E., T.R. Soeprbowati dan Murningsih. 2015. Distribusi Vertikal Diatom Epipelik di Muara Sungai Banjir Kanal Timur Semarang. *Jurnal Biologi*, 4(4):1-7.
- Pancawati, D. N., D. Suprpto dan P. W. Purnomo. 2014. Karakteristik Fisika Kimia Perairan Habitat Bivalvia di Sungai Wisu Jepara. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(4): 141-146.
- Pesulima, Y.M., P.J. Kunu dan A. Siregar. 2018. Analisis Bahan Pencemar Dominan di Muara Way Tomu dan Muara Way Lela Wilayah Pesisir Kota Ambon. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 14(2) 55-65.
- Purwono, N,A,S,M A, Barkah, D. Triyanto dan P. Handino. 2020. Analisis Karakteristik Pola Sedimentasi dan Perubahan Morfologi Muara Sungai Serayu. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Teuku Umar*, 6(1): 42-51.
- Singh, P., T. J. Purakayastha, S. Mitra, A. Bhowmik dan D. C. W. Tsang. 2020. River Water Irrigation with Heavy Metal Load Influences Soil Biological Activities and Risk Factors. *Journal of Environmental Management*, 270, 110517.
- Sutherland, R. A. 2000. Bed Sediment-Associated Trace Metals in a Urban Stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology*, 39(6): 611-627.
- Ta, A.T. dan S. Babel. 2020. Microplastics Pollution with Heavy Metals in the Aquaculture Zone of the Chao Phraya River Estuary, Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, 161(111747): 1-9.
- Turekian, K. K. dan K. H. Wedephol. 1961. Distribution of Elements in Some Units of The Earth Crust. *Geological Society of American Bulletin*, 72: 175-192.
- Usese, A., O. L. Chukwu, M. M. Rahman, R. Naidu, S. Islam dan E. O. Oyewo. 2017. Enrichment, Contamination and Geo-Accumulation Factors for Assessing Arsenic Contamination in Sediment of a Tropical Open Lagoon, Southwest Nigeria. *Environmental Technology & Innovation*, 8(126-131).
- Van Esch, G. J. 1977. Aquatic Pollutant and Their Potential Ecological Effect in Aquatic Pollution. Transformation and Biological Effect Ohutzinger, IH Van Lelyuccid and B.C.J. Zoetemen, ed. Aquatic Pollution: Transformation and Biological Effects, Proceeding of the 2nd Int. Symp. On Aquatic Pollutans. Amsterdam. Pergamon Press, New York. P. 1-12.