

ANALISIS KONSENTRASI LOGAM BERAT Pb, Cd DAN KESADAHAN DI PERAIRAN SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) GARANG, SEMARANG

Analysis of Heavy Metal Concentration of Pb, Cd and Hardness in Waters of Garang Sub-Watershed (DAS), Semarang

Mayang Rizkiyah¹, Siti Rudiyanthi¹ dan Arif Rahman¹

¹Departemen Sumberdaya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah – 50275, Telp/fax. +6224 747698

Email: mayangrizkiyah@students.undip.ac.id, st_rudiyanthi@yahoo.com, arifbintaryo@live.undip.ac.id

Diserahkan tanggal: 9 Agustus 2021, Revisi diterima tanggal: 23 September 2021

ABSTRAK

Sub DAS Garang terdiri dari waduk dan beberapa sungai yang mengalir dari hulu sampai hilir. Perubahan kualitas air pada Sub DAS Garang hulu akan berpengaruh terhadap daerah hilir. Kondisi DAS Garang rentan terhadap pencemaran logam berat terutama logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd), diakibatkan oleh adanya aktivitas manusia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi Pb dan Cd yang kemudian dibandingkan dengan baku mutu perairan, perbedaan konsentrasi Pb dan Cd pada Sub DAS Garang hulu, Waduk Jatibarang dan Sub DAS Garang Hilir serta hubungan konsentrasi Pb dan Cd dengan kesadahan sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi logam berat. Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei dengan metode analisis deskriptif kuantitatif. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan September 2020 di 13 stasiun dimana stasiun 1-3 bagian hulu, stasiun 4-10 bagian waduk dan stasiun 11-13 bagian hilir. Konsentrasi logam berat Pb tertinggi sebesar 0,52 mg/l terdapat di stasiun 13 sedangkan terendah sebesar 0,252 mg/l terdapat di stasiun 7. Konsentrasi logam Cd tertinggi sebesar 0,116 mg/l terdapat di stasiun 1 dan 3 sedangkan terendah sebesar 0,058 mg/l terdapat pada stasiun 4. Konsentrasi logam berat Pb dan Cd yang diperoleh telah melebihi baku mutu perairan berdasarkan PP. No. 82 Tahun 2001 Kelas II (Pb > 0,03 mg/l dan Cd > 0,01 mg/l). Tidak terdapat perbedaan konsentrasi logam berat Pb dan Cd di hulu, Waduk Jatibarang dan hilir (Sig. > 0,05). Hubungan konsentrasi logam berat Pb dan Cd dengan kesadahan menunjukkan hubungan linear yang sangat lemah, Pb ($r = 0,146$) dan Cd ($r = 0,085$).

Kata Kunci: Kadmium, Kesadahan, Sub DAS Garang, Timbal

ABSTRACT

The Garang Sub-watershed consists of a reservoir and some river that flows from its upstream to downstream. The changes in water quality that occur upstream will affect the downstream. Garang watershed's condition is easily contaminated, especially from element Lead (Pb) and Cadmium (Cd). This condition is caused by human activities that can impact the watershed's water quality. The purpose of this research is to find out Pb's concentration, Cd's concentration and its comparison with quality standards, the difference between Pb's concentration and Cd's concentration at Garang Sub-watershed's upstream, Jatibarang Reservoir and Garang Sub-watershed's downstream, and the correlation of Pb's concentration and Cd's concentration to the water hardness as one of the factors that affect heavy metals. The method of this research is survey method with quantitative descriptive analysis method. The sampling was conducted in 13 stations in September 2020 stations 1-3 were upstream, stations 4-10 were reservoirs and stations 11-13 were downstream. The highest Pb's concentration was 0,52 mg/l at the 13th station, and the lowest Pb's concentration was 0,252 mg/l at the 7th station. The highest Cd concentration was 0,116 mg/l at the 1st station and 3rd station, and the lowest Cd concentration was 0,058 mg/l at the 4th station. Based on the regulation (PP. No. 82, 2001), the concentration of heavy metals exceeds the water quality standards (Pb > 0,03 mg/l and Cd > 0,01 mg/l). There is no difference between Pb and Cd concentrations at the upstream, Jatibarang reservoir, and downstream (Sig.>0.05). There are a correlation of heavy metal Pb's concentration and Cd's concentration with the water hardness shows a very low correlation, Pb ($r = 0.146$) and Cd ($r = 0.085$).

Key words: Cadmium, Garang Sub-watershed, Hardness, Lead

PENDAHULUAN

DAS Garang merupakan daerah aliran sungai yang melewati 3 Kabupaten yaitu Kabupaten Kendal, Kabupaten Semarang, dan Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. DAS Garang terdiri atas 4 (empat) Sub DAS, yaitu Sub DAS Garang Hulu, Sub DAS Garang Hilir, Sub DAS Kreo dan Sub DAS Kripik (Fatahillah, 2013). Perubahan-perubahan yang terjadi pada Sub DAS Garang Hulu akan berpengaruh lebih lanjut pada daerah yang ada di bawahnya (hilir), sehingga perubahan yang terjadi di hulu akan terasa dampaknya pada bagian hilir. Letak dari DAS Garang berada dekat dengan beberapa aktivitas manusia, seperti dibagian hulu terdapat tempat wisata, pabrik, pemancingan dan limbah yang berasal dari rumah tangga, sedangkan bagian hilir terdapat banyak pabrik, peternakan dan limbah lain yang berasal dari rumah tangga. Menurut Haeruddin *et al.* (2019), bahwa DAS Garang dimanfaatkan oleh manusia untuk berbagai keperluan seperti pertanian, pemukiman dan industri. Adanya aktivitas tersebut meningkatkan pencemaran dan berpengaruh terhadap kualitas air di sekitar Sub DAS Garang. Banyaknya sumber limbah tersebut berpotensi menyebabkan pencemaran, yang salah satunya adalah logam berat pada perairan Sub DAS Garang.

Logam berat merupakan limbah berbahaya dan beracun yang menyebabkan menurunnya kualitas air Sub DAS Garang, dan berbahaya jika manusia mengkonsumsi air yang berasal dari perairan yang tercemar logam berat. Contoh jenis logam berat berbahaya adalah jenis timbal (Pb) dan kadmium (Cd). Timbal merupakan kelompok logam berat yang bersifat toksik atau beracun dan berbahaya karena tidak dapat dihancurkan oleh organisme hidup dan hanya dapat terakumulasi di lingkungan (Natsir *et al.*, 2019). Kadmium merupakan bahan yang bersifat karsinogen, beresiko tinggi terhadap tulang, pembuluh darah, sistem saraf, sehingga dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal sehingga ginjal mengalami disfungsi. Keracunan kadmium dapat mengakibatkan beberapa gangguan seperti mengalami kerusakan jaringan testicular, tekanan darah tinggi, dan sel-sel jaringan darah merah (Rosnani dan Rasman, 2019). Perairan yang tercemar logam berat akan menurunkan kualitas perairan tersebut.

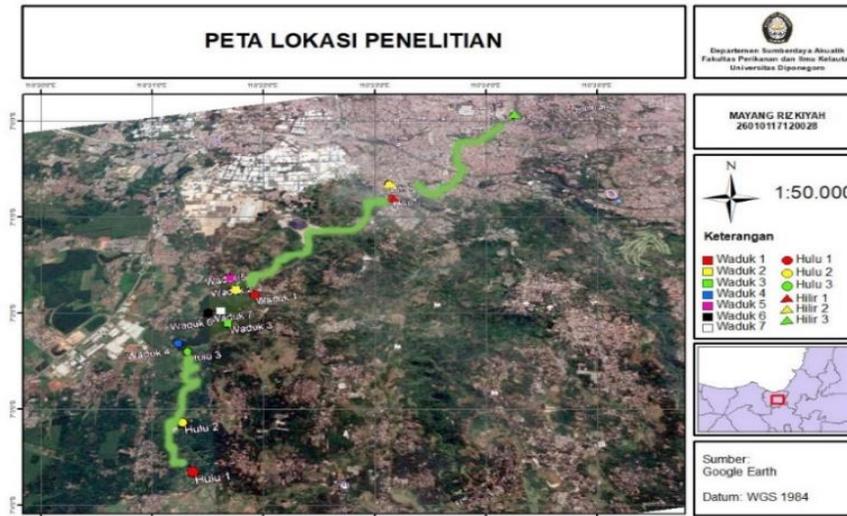
Kualitas perairan dinyatakan dengan beberapa parameter seperti parameter kimia, parameter fisika dan parameter biologi. Salah satu parameter kimia dalam pengukuran kualitas air adalah kesadahan. Kesadahan merupakan suatu keadaan dimana kandungan kapur yang terdapat secara berlebihan di dalam air. Kesadahan pada dasarnya disebabkan oleh adanya kontaminasi pada air dengan unsur logam seperti kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) (Rahayu *et al.*, 2019). Tinggi rendahnya konsentrasi kesadahan pada suatu perairan akan berpengaruh terhadap logam berat diperairan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan konsentrasi logam Pb dan Cd pada hulu, Waduk Jatibarang dan hilir yang kemudian dibandingkan dengan baku mutu perairan diperairan Sub DAS Garang, Semarang serta mengetahui hubungan logam berat dengan kesadahan. Oleh sebab itu, penting sekali untuk mengetahui konsentrasi logam berat yang mencemari perairan Sub DAS Garang, Semarang.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2020 di Perairan Sub DAS Garang, Semarang (Gambar 1). Air sampel diambil di tiga belas stasiun yang dimulai dari hulu, Waduk Jatibarang dan hilir. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1. Materi yang digunakan dalam pengukuran konsentrasi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) di perairan Sub DAS Garang, Semarang adalah sampel air, disertai pengukuran parameter fisika kimia perairan yang diambil dari lokasi sampling. Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini menggunakan metode survei. Metode survei merupakan pengamatan dan pengambilan sampel secara langsung pada saat di lapangan (Irsadi *et al.*, 2017), dengan metode analisis deskriptif kuantitatif. Teknik pengambilan sampel air dilakukan dengan metode *Composite Area Integrated* di 13 stasiun pengamatan (Gambar 1), selanjutnya dilakukan analisa di laboratorium. Metode *sampling* yang digunakan adalah *Purposive Sampling* atau berdasarkan tujuan tertentu (Tabel 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Tabel 1. Titik Koordinat Lokasi Penelitian

No	Stasiun	*Segmen	Posisi koordinat		
			Lintang Selatan	Bujur Timur	Keterangan
1	Hulu 1	IV	07°04'16"	110°22'031"	River Tubing
2	Hulu 2	IV	07°03'47"	110°20'26"	Dekat Peternakan
3	Hulu 3	IV	07°03'01"	110°20'28"	Mulut Waduk
4	Waduk 4	IV	07°02'25"	110°21'04"	Dermaga Waduk
5	Waduk 5	IV	07°02'19"	110°20'54"	Dekat Dermaga
6	Waduk 6	IV	07°02'44"	110°20'49"	Inlet dari Kecebondong
7	Waduk 7	IV	07°02'54"	110°20'23"	Inlet dari Kreo
8	Waduk 8	IV	07°02'09"	110°20'51"	Outlet Waduk
9	Waduk 9	IV	07°02'34"	110°20'45"	Bagian Barat dari Waduk
10	Waduk 10	IV	07°02'34"	110°20'39"	Tengah Waduk
11	Hilir 11	IV	07°01'14"	110°22'30"	Jembatan Kalipancur
12	Hilir 12	V	07°01'01"	110°23'15"	Tugu Soeharto
13	Hilir 13	VI	07°00'04"	110°24'01"	Dekat Sam Poo Kong

*Peraturan Gubernur Nomor 156 Tahun 2010 Tentang Peruntukan Air dan Pengelolaan Kualitas Air Sungai Kali Garang.

Prosedur penelitian

Sampel air dimasukkan kedalam botol 600 ml, kemudian dimasukkan ke dalam *coolbox* untuk menjaga kualitasnya. Sampel air logam berat Pb dan Cd dilakukan analisis di Laboratorium MIPA Universitas Negeri Semarang, menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) mengacu pada SNI 6989.8:2009 tentang Cara Uji Timbal (Pb) dan SNI 6989.16:2009 tentang Cara Uji Kadmium (Cd) secara Spektrofotometri Serapan Atom tipe nyala atau *flame* AAS. Metode AAS menggunakan proses penyerapan radiasi oleh atom bebas dalam menentukan unsur-unsur logam dan metalloid. Batas limit deteksi hingga nilai Pb < 0,003 dan Cd < 0,001 dengan satuan mg/l. Hasil analisis yang

diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu lingkungan menurut PP No. 82 Tahun 2001.

Analisis data

Analisis data yang digunakan adalah analisis *One-Way Anova* yang digunakan untuk mengetahui perbedaan konsentrasi Pb dan Cd pada hulu, Waduk Jatibarang dan hilir di perairan Sub DAS Garang, Semarang. Selain itu menggunakan analisis korelasi *pearson* dan analisis regresi untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi logam berat Pb dan Cd serta pengaruh dari kesadahan terhadap tinggi rendahnya konsentrasi logam berat di perairan Sub DAS Garang, Semarang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Parameter Fisika dan Kimia Air

Berdasarkan hasil pengukuran parameter fisika dan kimia perairan pada Tabel 3 diperoleh suhu air berkisar antara 27-30 °C, nilai kecerahan pada satu stasiun hulu dan dua stasiun hilir yaitu 100% karena kecerahan terlihat sampai dasar perairan sedangkan pada stasiun 3 sebesar 39,8% dan stasiun 13 sebesar 36,6%, sementara pada waduk berkisar antara 5,23-19,3%. Kecepatan arus yang diperoleh berkisar antara 0,002-

0,138 m/s. Angka pH yang didapat berkisar antara 7,1 - 8,9 pH tertinggi terdapat pada stasiun 8 , dan nilai DO air berkisar 8,4 – 10,5 mg/l, DO tertinggi terdapat di hilir pada stasiun 11 serta nilai kesadahan sebesar 150-210 mgL⁻¹ kesadahan tertinggi terdapat pada stasiun 2.

Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cd

Hasil pengukuran konsentrasi logam berat Pb dan Cd pada setiap stasiun di sepanjang perairan Sub DAS Garang, Semarang untuk Pb dapat dilihat pada (Tabel 2) sedangkan Cd dapat dilihat pada (Tabel 3).

Tabel 2. Konsentrasi Logam Berat Pb di Perairan Sub DAS Garang

Lokasi	Konsentrasi Logam Berat (mg/l) pada stasiun		
	Stasiun	Logam Berat Timbal (Pb) (mg/l)	Baku Mutu* (mg/l)
Hulu	1	0,30	0,03
	2	0,464	
	3	0,354	
Waduk Jatibarang	4	0,274	0,03
	5	0,267	
	6	0,318	
	7	0,252	
	8	0,337	
	9	0,304	
	10	0,36	
	11	0,397	
Hilir	12	0,469	0,03
	13	0,52	

*Baku Mutu Logam Berat Kelas II Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 82 Tahun 2001.

Berdasarkan data Tabel 2, dapat diketahui bahwa hasil pengukuran logam berat Pb di perairan Sub DAS Garang berkisar antara 0,252-0,52 mg/l. Konsentrasi logam berat Pb tertinggi berada pada stasiun 13 sebesar 0,52 mg/l, sedangkan konsentrasi terendah berada pada

stasiun 7 yaitu 0,252 mg/l. konsentrasi logam berat Pb pada semua stasiun di perairan DAS Garang, Semarang relatif tinggi yaitu menunjukkan angka lebih dari 0,03 mg/l yang dapat diartikan melebihi baku mutu perairan Kelas II menurut PP No. 82 Tahun 2001.

Tabel 3. Konsentrasi Logam Berat Cd di Perairan Sub DAS Garang

Lokasi	Konsentrasi Logam Berat (mg/l) pada stasiun		
	Stasiun	Logam Berat Timbal (Cd) (mg/l)	Baku Mutu* (mg/l)
Hulu	1	0,116	0,01
	2	0,107	
	3	0,116	
Waduk Jatibarang	4	0,058	0,01
	5	0,061	
	6	0,069	
	7	0,08	
	8	0,077	
	9	0,092	
	10	0,081	
	11	0,107	
Hilir	12	0,11	0,01
	13	0,113	

*Baku Mutu Logam Berat Kelas II Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 82 Tahun 2001.

Berdasarkan data Tabel 3, dapat diketahui bahwa hasil pengukuran logam berat Cd di perairan Sub DAS Garang berkisar antara 0,058-0,116 mg/l. Konsentrasi logam berat Cd tertinggi berada pada stasiun 1 dan 3 sebesar 0,116 mg/l, sedangkan konsentrasi terendah berada pada stasiun 4 yaitu 0,058 mg/l. Konsentrasi logam berat Cd pada perairan Sub DAS Garang, Semarang, menunjukkan angka lebih dari 0,01 mg/l yang dapat diartikan melebihi baku mutu perairan Kelas II menurut PP No.82 Tahun 2001.

Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi Logam Berat pada Hulu, Waduk Jatibarang dan Hilir di Perairan DAS Garang, Semarang

Hasil uji *One Way Anova* menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada konsentrasi Pb dan Cd di bagian hulu, Waduk Jatibarang dan hilir (Sig. > 0,05). Hasil analisis perbedaan konsentrasi logam berat Pb pada bagian hulu, Waduk Jatibarang dan hilir dapat dilihat di Tabel 4, sedangkan analisis terhadap logam Cd dapat dilihat di Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Uji One Way Anova Konsentrasi Logam Berat Pb pada Hulu, Waduk Jatibarang dan Hilir di Perairan Sub DAS Garang, Semarang

ANOVA					
Logam Berat Pb					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5392.388	2	2696.194	.097	.908
Within Groups	276874.381	10	27687.438		
Total	282266.769	12			

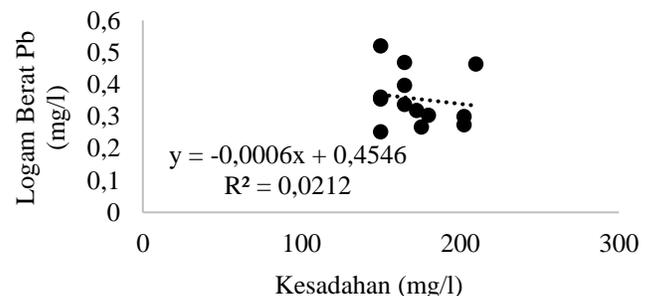
Tabel 5. Hasil Uji One Way Anova Konsentrasi Logam Cd pada Hulu, Waduk Jatibarang dan Hilir di Perairan Sub DAS Garang, Semarang

ANOVA					
Logam Berat Cd					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5106.264	2	2553.132	2.310	.150
Within Groups	11053.429	10	1105.343		
Total	16159.692	12			

Berdasarkan hasil uji *One Way Anova* pada Tabel 4 dan Tabel 5 dengan menggunakan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada konsentrasi Pb dan Cd di tiga lokasi tersebut bagian hulu, Waduk Jatibarang dan hilir (Sig. > 0,05).

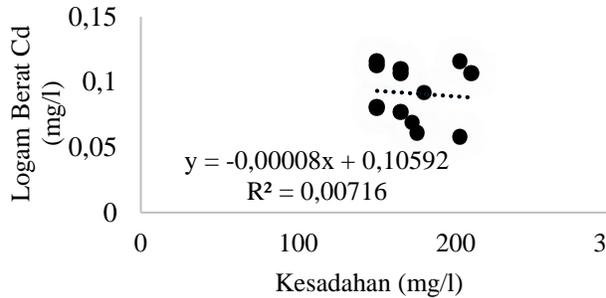
Hubungan Logam Berat Pb dan Cd dengan Kesadahan

Uji yang digunakan untuk mengetahui hubungan konsentrasi logam berat Pb dan Cd dengan kesadahan adalah uji korelasi *pearson*. Hasil yang diperoleh dari uji korelasi dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Berdasarkan Gambar 2, persamaan regresi yang dihasilkan yaitu $Y = -0,0006x + 0,4546$ menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 mg/l kesadahan maka akan menurunkan logam berat Pb sebesar -0,0006 mg/l, sedangkan konstanta sebesar 0,4546 menunjukkan jika kesadahan bernilai konstan (0) maka logam berat Pb adalah 0,4546 mgL⁻¹



Gambar 2. Hubungan Pb dengan Kesadahan

Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,021 menunjukkan hanya 2,1% konsentrasi Pb dipengaruhi oleh kesadahan, sedangkan 97,9% dipengaruhi oleh faktor lain. Hal tersebut sesuai dengan nilai korelasi (r) yang didapatkan sebesar 0,146 menunjukkan adanya korelasi yang sangat lemah antara logam berat Pb dengan kesadahan (0,0-0,19). Sementara itu analisis logam berat Pb dengan menggunakan taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$) dimana angka signifikansi yang diperoleh sebesar 0,635 atau lebih besar dari $\alpha = 0,05$ yang berarti tidak signifikan.



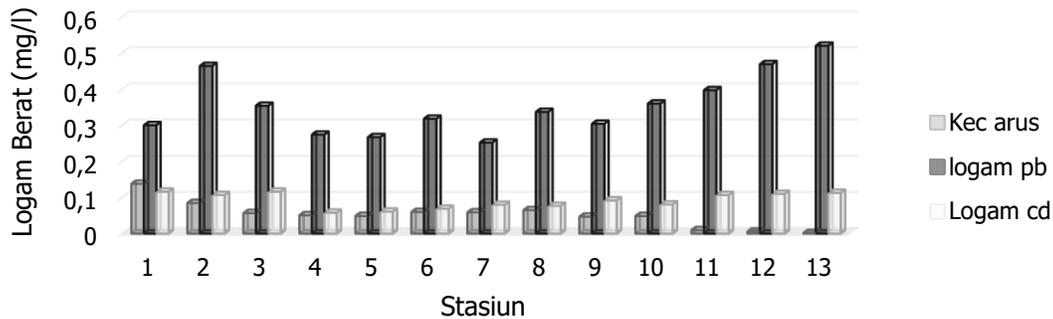
Gambar 3. Hubungan Cd dengan Kesadahan

Berdasarkan Gambar 3, persamaan regresi yang dihasilkan yaitu $Y = -0,00008x + 0,1059$ menunjukkan setiap kenaikan 1 mg/l kesadahan maka akan menurunkan logam berat Cd sebesar -0,00008 mg/l, konstanta sebesar 0,1059 dimana jika kesadahan bernilai konstan (0) maka logam berat Cd adalah 0,1059 mgL⁻¹. Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,007 yang

menunjukkan hanya 0,7% konsentrasi Cd dipengaruhi oleh kesadahan, sedangkan 99,3% dipengaruhi oleh faktor lain. Hal tersebut sesuai dengan nilai korelasi (r) yang didapatkan yaitu sebesar 0,085 (Lampiran 8) menunjukkan adanya korelasi yang sangat lemah antara logam berat Cd dengan kesadahan (0,0-0,19). Sementara analisis logam Cd dengan menggunakan taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$) angka signifikansi yang diperoleh sebesar 0,783 atau lebih besar dari $\alpha = 0,05$ yang berarti tidak signifikan.

Hubungan Logam Berat Pb dan Cd dengan Kecepatan Arus

Tinggi rendahnya konsentrasi logam berat Pb dan Cd di perairan dipengaruhi juga oleh kecepatan arus sungai. Berikut hasil yang didapatkan berdasarkan pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4:



Gambar 4. Hubungan Logam Berat dengan Kecepatan Arus

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa logam berat Pb dan Cd memiliki hubungan dengan kecepatan arus. Semakin tinggi arus pada suatu perairan maka konsentrasi logam berat semakin rendah. Kecepatan arus yang tinggi terdapat pada stasiun 1 dimana terletak pada hulu sungai sedangkan kecepatan terendah pada stasiun 13 yang terletak pada hilir sungai.

Mastur dan Rokhman, (2012) bahwa kadar timbal yang ditemukan yaitu sebesar 0,0667 mg/l dan kadmium sebesar 0,1637 mg/l. Berdasarkan penelitian oleh Dewi *et al.* (2014), bahwa hasil analisis kadar logam berat di Sungai Kaligarang menunjukkan rata-rata kadar Cd dan Pb di perairan cukup rendah masing-masing sebesar 0,006 mg/L dan 0,01 mg/L.

PEMBAHASAN

Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cd di Sub DAS Garang

Konsentrasi logam berat Pb yang diperoleh berdasarkan penelitian di tiga belas stasiun berkisar antara 0,252-0,52 mg/l, sedangkan konsentrasi logam berat Cd berkisar antara 0,058-0,116 mg/l. Konsentrasi logam berat Pb dan Cd tersebut sudah melebihi baku mutu kelas 2 berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 yaitu Pb > 0,03 mg/l dan Cd > 0,01 mg/l. Hasil konsentrasi Pb terbilang cukup tinggi sedangkan Cd lebih rendah jika dibandingkan penelitian oleh Zainuri *et al.*, (2010) dalam

Tingginya konsentrasi logam berat di seluruh stasiun penelitian pada Sub DAS Garang diakibatkan oleh beberapa sumber, seperti limbah dari aktivitas manusia di sepanjang DAS Garang. Salah satu limbah yang dihasilkan berasal dari limbah industri yang dibuang ke dalam perairan dan mempengaruhi konsentrasi logam berat Pb dan Cd di Sub DAS Garang. Menurut Effendy (2003) dalam Nurfadhilla *et al.* (2020); Selmi *et al.* (2019), bahwa limbah dari aktivitas kehidupan manusia diantaranya air buangan limbah industri seperti pertambangan bijih timah, sisa industri baterai, buangan gas kendaraan bermotor dan pembakaran batu bara. Limbah dari aktivitas masyarakat sehari-hari tersebut merupakan sumber logam berat Pb, dimana jika limbah

tersebut masuk ke dalam perairan semakin banyak, maka semakin besar juga konsentrasi timbal (Pb) pada perairan tersebut

Perbedaan Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cd di Perairan Sub DAS Garang

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi logam berat timbal (Pb) yang diperoleh dari tiga belas stasiun berkisar antara 0,252-0,52 mg/l dan untuk logam kadmium (Cd) berkisar antara 0,058 - 0,116 mg/l. Berdasarkan hasil Uji *One Way Anova* menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat di tiga tempat yaitu di Sub DAS Garang hulu, Waduk Jatibarang dan Sub DAS Garang hilir tidak terdapat perbedaan secara signifikan atau relatif sama. Hal tersebut dikarenakan logam berat bersifat persisten, tidak dapat terdegradasi sehingga keberadaannya ada di lingkungan. Menurut Irawati *et al.* (2020), pencemaran logam berat di perairan mengancam kehidupan organisme karena sifat dari logam berat yang persisten yaitu tidak dapat terdegradasi sehingga keberadaannya tetap ada di lingkungan.

Konsentrasi logam berat timbal maupun kadmium yang dihasilkan di seluruh stasiun sudah melebihi baku mutu perairan menurut PP. Nomor. 82 Tahun 2001. Namun rata-rata logam berat yang paling tinggi terdapat pada Sub DAS Garang hilir. Hal tersebut berasal dari faktor pertama yaitu pengaruh limbah yang mengalir dari perairan bagian hulu, sehingga kadar logam berat di hilir relatif lebih tinggi yang mengakibatkan tingkat pencemaran terakumulasi di sungai bagian hilir yang kemudian mengalir ke laut. Hal ini diperkuat oleh Purwanto *et al.* (2020), bahwa distribusi logam berat di sungai dipengaruhi oleh adanya pola aliran sungai. Kadar logam berat dari sungai hulu ke hilir semakin meningkat dikarenakan bertambahnya jumlah polutan yang masuk ke sungai dan menjadi sumber pencemaran logam berat. Faktor kedua dikarenakan daerah hilir dalam penelitian ini sudah terjadi proses pengendapan dan sedikit erosi. Sehingga logam berat terakumulasi di dalam air maupun sedimen (Wijayanti, 2017).

Aktivitas industri yang membuang langsung limbah ke perairan sangat mempengaruhi tingginya logam berat Pb dan Cd di perairan DAS Garang hilir. Berdasarkan penelitian oleh Mastur dan Rokhman (2012), bahwa tingginya konsentrasi logam berat Pb, dan Cd di perairan Tugu Suharto (stasiun 12) diakibatkan karena dioperasikannya berbagai jenis industri di Kali Garang Hulu, yaitu terutama dari industri Galvanis di daerah Jatingaleh. Hal tersebut berpengaruh terhadap penurunan kualitas air. Menurut Poedjiastoeti *et al.* (2017), bahwa banyaknya aktivitas pembangunan di wilayah Sub DAS Garang bagian hilir menimbulkan permasalahan seperti pemukiman yang memanfaatkan

sempadan sungai untuk permukiman, limbah domestik dan industri, dan terjadinya sedimentasi yang membuat kualitas air menurun.

Konsentrasi logam berat yang ditemukan di stasiun Sub DAS Garang hulu didapatkan bahwa logam berat timbal maupun kadmium memiliki nilai yang melebihi baku mutu. Hal tersebut dikarenakan lokasi penelitian dekat dengan beberapa sumber limbah yang berasal dari aktivitas manusia seperti limbah domestik, limbah pertanian, limbah peternakan dan juga aktivitas transportasi. Stasiun 2 merupakan stasiun yang dekat dengan peternakan yang cukup besar yang dapat menghasilkan logam berat di perairan. Menurut Setyawati *et al.* (2015), logam berat dari limbah ternak dihasilkan dari feses hewan ternak, dimana berasal dari makanan yang dikonsumsi. Logam berat juga berasal dari pengaruh lingkungan yang sudah tercemar sehingga hewan ternak dapat keracunan oleh pengaruh pencemaran tersebut. Residu logam berat pb dan cd akan terakumulasi didalam jaringan tubuh ternak, logam yang tidak diserap akan di ekskresikan melalui feses. Sumber pencemaran lainnya berasal dari limbah pertanian, dimana stasiun 1 merupakan stasiun yang dekat pertanian, hal ini diperkuat oleh Hidayah *et al.* (2014), bahwa sumber pencemaran logam berat di perairan dapat berasal dari aktivitas pertanian yang menggunakan pupuk atau peptisida.

Logam berat Pb dan Cd yang terkandung di Waduk Jatibarang lebih rendah dibandingkan logam berat di hulu dan hilir. Hal ini dikarenakan limbah yang masuk ke waduk lebih sedikit dibandingkan limbah di sungai. Walaupun demikian masih terdapat konsentrasi logam berat di Waduk Jatibarang, bahkan sudah melebihi baku mutu perairan kelas 2. Keberadaan logam berat tersebut diakibatkan oleh beberapa sumber. Menurut Ikhsan *et al.* (2020), bahwa logam berat jenis timbal keberadaannya dapat berasal dari berbagai proses geokimia dan proses antropogenik. Limbah yang ada di Waduk Jatibarang berasal dari kegiatan antropogenik seperti limbah domestik dari pemukiman, limbah industri makanan dan minuman kemasan, hotel dan rumah sakit seperti di sekitar sungai yang masuk ke Waduk Jatibarang. Limbah tersebut mengalir dari sungai ke waduk dan menyebabkan tercemarnya waduk.

Aktivitas pariwisata seperti kapal atau perahu wisata yang ada di waduk Jatibarang menghasilkan logam berat timbal. Menurut Nurfadhilla *et al.*, (2020) kapal atau perahu menyebabkan timbulnya kadar logam berat timbal (Pb) di waduk dikarenakan kapal atau perahu ini menggunakan bahan bakar minyak, yang diberi tambahan bahan *tetraethyl* dimana mengandung kadar timbal (Pb). Penambahan bahan *tetraethyl* dimaksudkan

untuk meningkatkan kualitas dari bahan bakar perahu atau kapal tersebut.

Hubungan Kesadahan dengan Logam Berat Pb dan Cd

Hasil uji korelasi *pearson* logam berat Pb dengan nilai korelasi sebesar 0,146 mengartikan bahwa logam berat Pb dengan kesadahan memiliki hubungan yang sangat lemah. Kesadahan yang didapatkan termasuk air sadah namun belum melebihi batas baku mutu perairan yaitu 500 mgL⁻¹ (PP No. 82 Tahun 2001). Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,021 yang menunjukkan hanya 2,1% konsentrasi Pb dipengaruhi oleh kesadahan, sedangkan 97,9% dipengaruhi oleh faktor lain. Faktor lain yang mempengaruhi logam berat Pb di perairan menurut Andayani *et al.* (2020), adanya pengaruh dari aktivitas manusia seperti emisi dari bahan bakar minyak bumi yang dihasilkan oleh kegiatan transportasi dan industri, pembuatan baterai dan pembakaran batubara yang merupakan sumber dari logam berat Pb.

Hubungan yang sangat lemah antara logam berat Pb dengan kesadahan dikarenakan ketika kesadahan tinggi pada suatu perairan maka berpengaruh terhadap menurunnya logam berat di perairan namun akan berpengaruh buruk terhadap biota perairan dikarenakan biota tidak tahan terhadap air yang terlalu sadah. Kesadahan berpengaruh langsung terhadap kehidupan organisme perairan. Hal ini diperkuat oleh Purbonegoro (2017), toksisitas logam dipengaruhi oleh kesadahan. Kesadahan yang tinggi akan mengakibatkan penurunan konsentrasi logam berat. Namun tingginya kesadahan akan berakibat buruk untuk kehidupan organisme perairan.

Hasil uji korelasi *pearson* logam berat Cd dengan nilai korelasi sebesar 0,085 mengartikan bahwa logam berat Cd dengan kesadahan juga memiliki hubungan yang sangat lemah. Kesadahan yang didapatkan termasuk air sadah namun belum melebihi batas baku mutu perairan yaitu 500 mgL⁻¹ (PP No. 82 Tahun 2001). Hubungan yang rendah dikarenakan banyak faktor lain yang lebih besar mempengaruhi logam berat di perairan, dimana sesuai dengan hasil koefisien determinasi (R^2) yaitu sebesar 0,007 yang menunjukkan hanya 0,7% konsentrasi Pb dipengaruhi oleh kesadahan, sedangkan 99,3% dipengaruhi oleh faktor lain. Faktor lain yang berpengaruh terhadap logam berat yaitu parameter fisika kimia seperti suhu, oksigen dan pH. Menurut Wali *et al.* (2020), penurunan pH yang semakin asam menyebabkan daya racun logam berat semakin tinggi di suatu perairan tersebut. Hal ini dikarenakan logam memiliki sifat yang sukar larut, sehingga logam lebih banyak diendapkan di sedimen dasar perairan.

Kecepatan arus juga mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi logam berat di sungai, dimana semakin tinggi arus maka konsentrasi logam berat semakin rendah. Pernyataan ini dibuktikan dengan hasil penelitian bahwa pada stasiun 1 yaitu sungai hulu memiliki konsentrasi logam berat yang cukup rendah dibandingkan stasiun di hilir dikarenakan arus yang cukup tinggi. Menurut Mirawati *et al.* (2016) dalam Azizah *et al.* (2018), sebaran logam berat di suatu perairan dipengaruhi oleh cepat lambatnya arus perairan. Perbedaan kecepatan arus di sungai hulu dan hilir disebabkan beberapa faktor seperti lebar sungai. Hal ini diperkuat oleh Djumanto *et al.* (2013), kecepatan arus sungai berbeda-beda di setiap stasiun, hal ini dipengaruhi oleh tipe dasar, lebar sungai dan adanya hambatan aliran. Sungai yang memiliki dasar sungai yang curam mempunyai kecepatan air yang lebih tinggi dari pada yang sungai yang landai.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan yaitu konsentrasi logam berat Pb berkisar antara 0,252-0,52 mg/l. Konsentrasi logam Cd yang diperoleh yaitu berkisar antara 0,058-0,116 mg/l. Konsentrasi tersebut sudah melebihi baku mutu Kelas II berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 yaitu Pb > 0,03 mg/l dan Cd > 0,01 mg/l. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi logam berat Pb dan Cd pada hulu, Waduk Jatibarang dan Hilir di Perairan Sub DAS Garang, Semarang. Terdapat hubungan linear yang sangat lemah antara konsentrasi logam berat Pb dan Cd dengan kesadahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Churun Ain, S.Pi, M.Si selaku dosen penanggung jawab dari penelitian Waduk Jatibarang Tahun 2020 atas kepercayaan dan pemberian dana pada penelitian ini dan Bapak Dr. Ir. Haeruddin, M.Si yang telah memberikan segala kritik dan saran dalam hasil penelitian ini, serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, A., I. Koesharyani., U. Fayumi., Rasidi dan K. Sugama. 2020. Akumulasi Logam Berat pada Kerang Hijau di Perairan Pesisir Jawa. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 5(2) :135-144.
- Azizah, R., R. Malau., A. B. Susanto., G. W. Santosa., R. Hartati., Irwani., dan Suryono. 2018. Konsentrasi

- Timbal Pada Air, Sedimen, Dan Rumput Laut *Sargassum* sp. di Perairan Jepara, Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(2): 155-156.
- Dewi, N. K., R. Prabowo., dan N. K. Trimartuti. 2014. Analisis kualitas fisiko kimia dan kadar logam berat pada ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus* L.) di Perairan Kaligarang Semarang. *Biosaintifika: Journal of Biology dan Biology Education*, 6(2) : 109-116.
- Djumanto, D., N. Probosunu., dan R. Ifriansyah. 2013. Indek biotik famili sebagai indikator kualitas air sungai gajahwong yogyakarta. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 15(1) : 26-34.
- Fatahilah, M. 2013. Kajian Keterpaduan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Das) Garang Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 10(2):136-153.
- Haeruddin., P.W.Purnomo, dan S.Febrianto. 2019. Beban Pencemaran, Kapasitas Asimilasi dan Status Pencemaran Estuari Banjir Kanal Barat, Kota Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 9(3):723-735.
- Hidayah, A. M., P. Purwanto., dan T. R. Soeprbowati. 2014. Biokonsentrasi Faktor Logam Berat Pb, Cd, Cr Dan Cu Pada Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus* Linn.) Di Karamba Danau Rawa Pening. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 16(1) : 1-9.
- Ikhsan, F., Herayati., S. Abdullah., dan Y. Rukmayadi. 2020. Eksplorasi bakteri penyerap logam Pb dari air Sungai Ciujung. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 16(2): 261-266.
- Irawati, W., A. Hasthosaputro., dan L. Kusumawati. 2020. Multiresistensi dan Akumulasi *Acinetobacter* sp. IrC2 terhadap Logam Berat. *Jurnal Biologi Papua*, 12(2) : 114-122.
- Irsadi, A., Martuti, N. K. T., dan Nugraha, S. B. 2017. Estimasi Stok Karbon Mangrove Di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Sainteknologi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 15(2) : 119-128.
- Mastur, Z., dan F. Rokhman. 2012. Dampak Pengoperasian Industri Tekstil Di Das Garang Hilir Terhadap Kualitas Air Sumur Dan Air Pasokan Pdam Kota Semarang. *Sainteknologi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 10(2) : 173-182.
- Natsir, N. A., Y. Hanike, M. Rijal., dan S. Bachtiar. 2019. Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Air, Sedimen Dan Organ Mangrove Di Perairan Tulehu. *BIOSEL Jurnal Penelitian Science dan Pendidikan*, 8(2):149-159.
- Nurfadhilla, N., I. Nurruhwati., Sudianto., dan Z. Hasan. 2020. Tingkat Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Tutut (*Filopaludina javanica*) di Waduk Cirata Jawa Barat. *Akuatika Indonesia*, 5(2) : 61-70.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Poedjiastoeti, H., Sudarmadji, Sunarto dan S. Suprayogi. (2017). Penilaian Kerentanan Air Permukaan terhadap Pencemaran di Sub DAS Garang Hilir Berbasis Multi-Indeks. *dalam Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 5(3):168-180.
- Purbonegoro, T. 2017. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Toksisitas Bahan Pencemar Terhadap Organisme Perairan. *Oseana*, 42(2):12-22.
- Purwanto, A. I., G. Prihatmo., dan S. Pakpahan. 2020. Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Ikan Bawal (*Colossoma macropomum*) di Sungai Winongo, Yogyakarta. *SCISCITATIO*, 1(2): 70-78.
- Rahayu, R., Y. Amri., dan T. Harmawan. 2019. Analisis pH dan Kesadahan Total pada Air Umpan Boiler di PMKS PT. SISIRAU Aceh Tamiang. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 1(1):1-4.
- Rosnani dan Rasman. 2019. Analisa Konsentrasi Kadmium (Cd) Pada Bawang Merah (*Allium Cepa*) Di Kelurahan Mataran Kecamatan Anggeraja Kabupaten Enrekang. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 19(2):239-245.
- Selmi., Wiharto., dan Patang. 2020. Analisis Air, Substrat Tanah dan Cemar Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Pada Waduk Tunggu Pampang Kelurahan Bitoa, Kota Makassar. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(2) : 36-46.
- Setyawati, R. R. 2015. Deteksi Logam Zn, Cu, Pb Dan Cd Pada Feses Sapi Potong Sebelum Dan Sesudah Proses Pembentukan Biogas Pada Digester Fixed-Dome. *Students E-Journal*, 4(4) : 1-10.
- Wali, W., Emiyarti dan L.O.A. Afu. 2020. Konsentrasi Logam Berat Nikel (Ni) Pada Sedimen Dan Air Di Perairan Desa Tapuemea Kabupaten Konawe Utara. *Jurnal Sapa Laut Jurnal Ilmu Kelautan*, 5(1):37-47