

Korelasi Konsentrasi Kadmium (Cd) pada *Melanoides turricula* dan Air Sungai Wangan yang Terkontaminasi Limbah Batik

Sri Lestari^{1*}, Diana Retna Utarini Suci Rahayu¹, Achmad Iqbal², Edy Suyanto³, Farah Saskia Hadi¹

¹Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. dr. Suparno 63 Purwokerto 53122

²Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. dr. Soeparno 61 Purwokerto 53122

³Fakultas ISIP, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. HR Bunyamin Purwokerto 53122

*email : srilestari.bio@unsoed.ac.id

Rekam Jejak Artikel:

Diterima : 25/07/2021

Disetujui : 17/06/2022

Abstract

Cadmium usually use as a commound in coloring agents that commonly used in industry. Cadmium is toxic and undistangleable in water. The polluted water will give the bad effects to the biota and human too. *Melanoides turricula* is kind of gastropod, acts as a strong bio accumulator in accumulating heavy metals. The purpose of this research is to analyze the concentration of kadmium and its correlation with the existence of *M turricula* on Wangan River. This research was done in Wangan River, Sokaraja. The research method that is used is survey between the concentration of cadmium in *M. turricula*'s body and the water of Wangan River is analyzed by *Spearman Rank's Correlation Analysis*. The result of the research shows that there are lowest cadmium method. The objects of the research are *M. turricula* and Wangan River's water. The independent variable that has been observed is the concentration of cadmium in Wangan River's water and the dependent variable is the concentration of cadmium in *M. turricula*'s body. *M. turricula* is selected which is mature and has an intact shell. The main parameters measured were the concentration of cadmium in water and *M. turricula* tissue while the supporting parameters included temperature, pH, and BOD (Biochemical Oxygen Demand). The samples are taken four times in four months on three observations station. Those are the unclouded area, the polluted area and the waste disposal area. The correlation concentration on the *M. turricula* and river's water, before given any waste, around 2.08 µg/g and 0.75 µg/L. In the area of waste disposal station, there are the highest cadmium concentration on the *M. turricula* and also on the river's water around 6.45 µg/g and 1.05 µg/L. Meanwhile the cadmium concentration on the *M. turricula* and on the river's water, after given waste, are around 4.60 µg/g and 0.88 µg/L. Based on Spearman's Rank Correlation Analysis, it is shown that there is a correlation between cadmium concentration with *M. turricula* and river's water.

Key Words: *cadmium, concentration, correlation, Melanoides tuurricula, river.*

Abstrak

Kadmium merupakan salah satu komponen penyusun zat pewarna dalam industri batik, bersifat toksik dan sulit terurai. Perairan yang tercemar kadmium dapat berdampak pada biota air. *Melanoides turricula* merupakan gastropoda yang banyak ditemukan di Sungai Wangan, dan bersifat bioakumulator kuat dalam mengakumulasi logam berat. Penelitian bertujuan untuk menganalisis konsentrasi dan korelasi kadmium pada *M. turricula* dan air sungai Wangan. Penelitian dilakukan dengan metode survai di Sungai Wangan, Sokaraja. Obyek penelitian yang digunakan yaitu *M. turricula* dan air Sungai Wangan. Variabel bebas yang diamati yaitu konsentrasi kadmium air Sungai Wangan dan variabel terikat yaitu konsentrasi kadmium dalam tubuh *M. turricula*. *M. turricula* dipilih yang sdh dewasa dan memiliki cangkang yang utuh. Parameter utama yang diukur adalah konsentrasi kadmium pada air dan jaringan *M. turricula* sedangkan parameter pendukung meliputi suhu, pH, dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*). Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 4 kali ulangan selama 4 bulan pada 3 stasiun pengamatan, yang terdiri dari area sebelum dan setelah mendapat masukkan limbah, serta di area pembuangan limbah. Hubungan korelasi kadmium pada *M. turricula* dan di air Sungai Wangan dianalisis menggunakan *Spearman's Rank Correlation Analysis*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadmium di *M. turricula* maupun air sungai pada area stasiun sebelum mendapat masukkan limbah memiliki konsentrasi kadmium yang terendah sebesar 2,08 µg/g dan 0,75 µg/L. Area stasiun pembuangan limbah memiliki konsentransi kadmium tertinggi pada *M. turricula* maupun air sungai yaitu sebesar 6,45 µg/g dan 1,05 µg/L, sedangkan konsentransi kadmium air sungai dan *M. turricula* di area setelah mendapat masukkan limbah sebesar 4,60 µg/g dan 0,88 µg/L. Berdasarkan *Spearman's Rank Correlation Analysis* menunjukkan adanya korelasi kuat antara konsentrasi kadmium *M. turricula* dengan air sungai.

Kata kunci: *sungai, kadmium, konsentrasi, korelasi, Melanoides turricula.*

PENDAHULUAN

Sungai Wangan merupakan sungai yang terletak di Sokaraja, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah. Sokaraja merupakan salah satu daerah penghasil batik sehingga Sungai Wangan dimanfaatkan sebagai tempat pembuangan limbah batik. Warga yang tinggal di sekitar Sungai Wangan juga memanfaatkan air tersebut untuk mandi, mencuci, dan irigasi. Limbah batik dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan karena mengandung logam berat pada bahan kimia yang digunakan saat proses pewarnaan dan pencelupan batik. Salah satu logam berat yang terkandung pada proses pembuatan batik adalah kadmium (Cd) (Zammi *et al.*, 2018).

Kadmium terdapat dalam kandungan pewarna sebagai zat reaktif dan mordant yang umumnya digunakan dalam proses pembatikan maupun kegiatan industri, seperti industri tekstil dan elektroplating. Kadmium termasuk logam berat golongan I B dan mudah bereaksi dengan gugus -SH dan ligan yang mengandung unsur oksigen (O), sulfur (S), dan nitrogen (N) (Muhtadi, 2009). Paparan kadmium dapat meningkatkan radikal bebas dan menyebabkan stress oksidatif yaitu ketidakseimbangan antara radikal bebas dengan antioksidan endogen (Hernayanti *et al.*, 2018). Kadmium yang terakumulasi dengan jumlah tinggi akan berbahaya bagi kesehatan manusia. Inhalasi kadmium dengan konsentrasi melebihi 5 mg/m³ menyebabkan kerusakan sel epitel paru, edema paru, trakeobronkitis, dan pneumonia.

Indikator adanya pencemaran dapat diketahui melalui pengukuran kualitas air secara langsung pada parameter fisik, kimia, dan biologi. Parameter fisik misalnya suhu, kekeruhan, TSS, TDS sedangkan parameter kimia, misalnya BOD, CO, pH. Analisis kualitas perairan secara biologi dilakukan menggunakan bioindikator. Bioindikator adalah kelompok organisme yang keberadaan atau perilakunya berhubungan dengan kondisi lingkungan tertentu. *Melanoides turricula* merupakan makrozoobentos digunakan sebagai indikator tingkat pencemaran suatu perairan karena bersifat *filter feeder* dan menetap (Mushthofa *et al.*, 2014).

Melanoides turricula merupakan makrozoobentos yang memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat dari lingkungan akuatik melalui mekanisme bioakumulasi dan biomagnifikasi (Galan *et al.*, 2015). Berdasarkan penelitian Orabi & Khalifa (2020), daerah Port Said (saluran Bahr EL-Baqr) Mesir memiliki konsentrasi logam pada siput *Melanoides tuberculata* dan bergantung dari aktivitas industri yang dibuang ke perairan. *M. tuberculata* mengalami biokonsentrasi logam berat di jaringannya, sehingga dapat dijadikan sebagai bioindikator pencemaran logam berat pada perairan. *M. turricula* dijadikan bioindikator pada penelitian karena jumlahnya sangat melimpah di Sungai

Wangan, hidup di dasar perairan, bergerak relatif lambat, menetap dan daur hidup relatif lama, sehingga memiliki kemampuan untuk merespon kondisi kualitas air. Moluska *M. turricula* memiliki cangkang yang memanjang dengan rata-rata sekitar 20-27 mm, berbentuk kerucut, hidup di air tawar dan bersifat kosmopolitan. *M. turricula* dapat bertahan hidup pada suhu berkisar 18-32°C. *M. turricula* cenderung aktif pada malam hari dan memakan banyak alga (Orabi & Khalifa, 2020). Habitat dengan dasar perairan berlumpur dan berpasir disukai oleh famili Thiaridae. *M. turricula* memiliki sifat distribusi berkelompok dan berkembang dengan baik di air tawar (Basit & Annawaty, 2019).

Oleh karena itu, pengukuran konsentrasi logam berat perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran yang berpengaruh terhadap biota air. Berdasarkan uraian di atas, penelitian bertujuan untuk mengkaji status mutu air Sungai Wangan, Sokaraja berdasarkan konsentrasi kadmium dan mengkaji korelasi konsentrasi kadmium di *M. turricula* dan di air Sungai Wangan, Sokaraja. Hasil riset dapat digunakan sebagai *early warning system* dampak pencemaran limbah cair batik pada Sungai Wangan.

MATERI DAN METODE

Materi, Waktu, dan Lokasi Penelitian

Alat-alat yang digunakan adalah botol sampel, jerigen, oven, botol Winkler, tabung *falcon*, corong, kertas saring *Whatman 42*, *celcius thermometer*, *hot plate*, BOD inkubator, timbangan analitik, pH meter, *Automic Absorption Spectrophotometry* (AAS), *muffle furnace*, dan buku identifikasi.

Bahan-bahan yang digunakan adalah *Melanoides turricula*, sampel air sungai, akuades, larutan FeCl₃, CaCl₂, MgSO₄, MnSO₄, KOH-KI, H₂SO₄, Na₂S₂O₃ 0,025 N, HNO₃, indikator amilum. Penelitian dilakukan di Sungai Wangan, Desa Sokaraja Kulon, Kecamatan Sokaraja, Kabupaten Banyumas. Sampling air dan biota di Sungai Wangan dilakukan pada bulan September-Desember 2020.

Rancangan Penelitian

Metode penelitian yaitu metode survei. Penentuan stasiun dan pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling*. Sampel air sungai dan *M. turricula* diambil dari 3 stasiun pengamatan, yaitu (1) sebelum mendapat masukkan limbah, (2) area pembuangan limbah, (3) setelah mendapat masukkan limbah (Gambar 1). Jarak antar stasiun ±330 m. Pengambilan sampel *M. turricula* dilakukan dengan metode transek 1 x 1 m². Sampling diulang sebanyak 4 kali dengan interval waktu 1 bulan. Konsentrasi kadmium di air dan *M. turricula* diukur menggunakan AAS.

Variabel yang diamati adalah konsentrasi kadmium di *M. turricula* dan di air Sungai Wangan. Variabel bebas yang diamati yaitu konsentrasi

kadmium di air Sungai Wangan dan variabel terikat yaitu konsentrasi kadmium di tubuh *M. turricula*. Parameter utama yang diukur yaitu konsentrasi kadmium di tubuh *M. turricula* dan konsentrasi kadmium di air Sungai Wangan. Parameter pendukung yaitu suhu, pH, dan BOD.

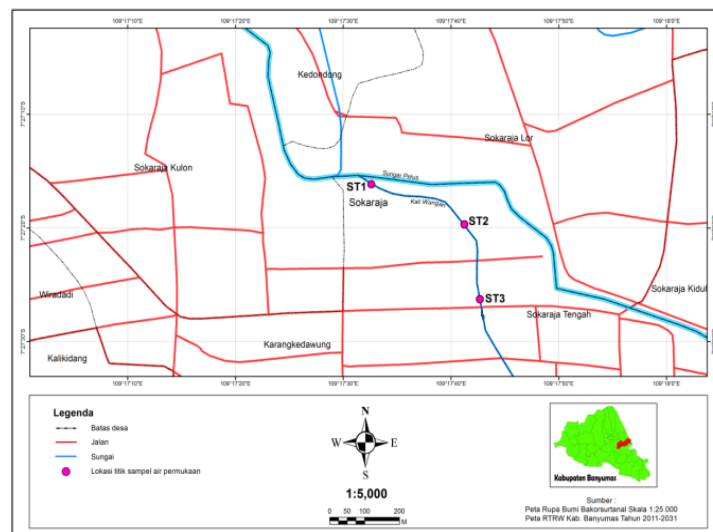
Sampel air sungai diambil sesuai dengan SNI 03-7016-2004. Pengukuran suhu air sesuai SNI 06-6989.23:2005 dan pH air sesuai dengan SNI 06-6989.11-2004. Pengukuran BOD sesuai dengan SNI 6989.72:2009. Pengukuran konsentrasi Cd pada air sesuai SNI 6989.16:2009 dan pengukuran konsentrasi Cd pada jaringan sesuai Riani *et al.*, 2017. Pengukuran konsentrasi Cd menggunakan AAS dengan panjang gelombang 228,8 nm, kuat arus 800A 10V. Sampel *M. turricula* diambil dan dikumpulkan pada lokasi penelitian dengan 3 stasiun pengamatan dan sebanyak 4 kali ulangan. *M. turricula* yang tersampling dibawa ke laboratorium, kemudian dipastikan identitasnya berdasarkan buku identifikasi FAO (2002).

Analisis Data

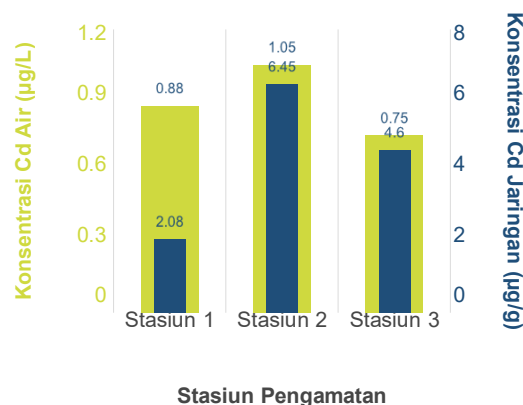
Hasil pengukuran kualitas air dideskripsikan dan dibandingkan dengan baku mutu kelas 3 berdasarkan PP RI No. 22 tahun 2021 Lampiran VI. Korelasi konsentrasi kadmium pada *Melanoides turricula* dan air Sungai Wangan dianalisis dengan *Spearman's Rank Correlation Analysis* menggunakan software SPSS ver 23.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran konsentrasi kadmium pada *M. turricula* dan air sungai dilakukan pada 3 stasiun berbeda. Konsentrasi kadmium pada jaringan *M. turricula* maupun air Sungai Wangan bervariasi. Berdasarkan Gambar 1., konsentrasi kadmium pada jaringan *M. turricula* berkisar 2,08 - 6,45 µg/g sedangkan pada air Sungai Wangan berkisar 0,75 - 1,05 µg/L.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel (Sumber: Lestari *et al.*, 2018).



Gambar 2. Konsentrasi kadmium pada *M. turricula* dan Air Sungai

Gambar 2. Menunjukkan bahwa konsentrasi kadmium pada air dan jaringan *M. turricula* memiliki pola yang sama yaitu rendah pada stasiun 1, meningkat pada stasiun 2 kemudian turun Kembali di stasiun 3. Rata-rata konsentrasi kadmium pada jaringan *M. turricula* tertinggi terdapat stasiun 2 yaitu 6,45 µg/g. Rata-rata konsentrasi kadmium pada *M. turricula* yang terendah terdapat pada stasiun 1 yaitu 2,08 µg/g. Menurut Darmono (1995), tinggi rendahnya tingkat pencemaran berpengaruh terhadap konsentrasi logam berat dalam tubuh organisme. Hal tersebut sesuai dengan keadaan stasiun yang merupakan daerah sebelum mendapat masukan limbah batik dan lokasi stasiun I dekat dengan pintu air Sungai Pelus sehingga bahan pencemar yang masuk ke stasiun 1 masih sedikit. Tingginya kadmium di stasiun 2 disebabkan stasiun 2 merupakan tempat pembuangan limbah cair batik sehingga bahan pencemar yang masuk akan lebih banyak dari stasiun 1 dan 3 (Lestari *et al.*, 2018).

Melanoides turricula merupakan biota *filter feeder* yang hidup di dasar perairan dan relatif menetap. Logam berat yang masuk ke perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diabsorpsi oleh organisme perairan (Anam *et al.*, 2019). Berdasarkan Tyokumbur & Okorie (2014), siput mampu mengakumulasi logam berat dengan konsentrasi tinggi. *Melanoides* merupakan bioindikator yang berguna untuk pencemaran logam berat pada perairan. Kriteria makrozoobentos sebagai bioindikator menurut Mushthofa (2014), yaitu memiliki populasi yang cukup banyak, sebarannya luas, hidup menetap, ukuran tubuh yang cukup besar untuk dianalisis, waktu hidup yang lama, dan mampu mengakumulasi bahan pencemar.

Konsentrasi kadmium air sungai yang tertinggi terdapat pada stasiun 2 yaitu 1,05 mg/L. Stasiun dengan konsentrasi kadmium terendah terdapat pada stasiun 1 sebesar 0,750 µg/L. Berdasarkan PP No 22 Tahun 2021 standar baku mutu kadmium dari kelas I-IV sebesar 0,01 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi kadmium pada Sungai Wangan dari stasiun 1-3 di atas baku mutu. Lestari *et al.* (2018), konsentrasi kadmium di Sungai Wangan pada tahun 2018, berturut-turut dari stasiun 1-3 adalah 0,007; 0,018 dan 0,014 mg/L. Hal tersebut menunjukkan telah terjadi penurunan konsentrasi kadmium yang cukup signifikan selama 3 tahun terakhir. Pada Stasiun 1 terjadi penurunan dari 7 µg/L menjadi 0,88 µg/L, stasiun 2 juga menurun dari 18 µg/L menjadi 1,05 µg/L, demikian juga stasiun 3 menurun dari 14 µg/L menjadi 0,75 µg/L. Turunnya konsentrasi Cd pada air Sungai Wangan kemungkinan disebabkan masa pandemi. Pandemi covid-19 sangat mempengaruhi kondisi perekonomian masyarakat, tak terkecuali masyarakat pengrajin batik di Sokaraja Batik Center. Pandemi covid-19 menyebabkan penurunan order terhadap kain batik dan produksi

batik terhenti, sehingga tidak menghasilkan limbah cair batik. Tidak adanya limbah cair batik yang dibuang ke Sungai Wangan menyebabkan penurunan konsentrasi bahan tercemar termasuk kadmium. Pandemi memberi waktu pada Sungai Wangan untuk memulihkan kondisinya dari tercemar menjadi tidak tercemar.

Berdasarkan Mrajita (2010), masuknya kadmium ke perairan juga dapat berasal dari debu atmosfer. Rendahnya konsentrasi kadmium bisa juga disebabkan logam berat tersebut mengalami pengenceran. Hasil penelitian Wardani *et al.* (2018), yang dilakukan di Sungai Sringin, menunjukkan bahwa musim juga dapat memengaruhi konsentrasi logam berat, pada musim penghujan konsentrasi logam berat cenderung lebih rendah karena terencerkan oleh air hujan, sedangkan pada musim kemarau konsentrasi logam berat akan lebih tinggi. Selain itu, konsentrasi kadmium yang rendah bisa juga disebabkan karena sebagian besar kadmium mengendap di sedimen. Konsentrasi logam yang masuk ke dalam perairan dipengaruhi pengelolaan limbah yang dilakukan oleh pengrajin batik. Limbah yang diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan akan memberikan beban cemaran yang lebih rendah dibandingkan limbah yang tidak diolah.

Hubungan antara konsentrasi kadmium pada *M. turricula* dan air Sungai Wangan memiliki nilai signifikansi sebesar 0,042 ($P < 0,05$). Hal tersebut menandakan bahwa ada hubungan yang signifikan antara konsentrasi kadmium pada *M. turricula* dan air Sungai Wangan. Koefisien korelasi (r) yang diperoleh yaitu sebesar 0,594 yang menandakan adanya korelasi yang kuat antara konsentrasi kadmium pada *M. turricula* dan air Sungai Wangan. Angka korelasi koefisien yang bernilai positif menunjukkan hubungan kedua variabel bersifat searah yang artinya semakin tinggi konsentrasi kadmium di air maka semakin tinggi pula kadmium pada jaringan.

Konsentrasi kadmium pada air sungai dan *M. turricula* memiliki pola yang sama yaitu rendah pada stasiun 1, meningkat di stasiun 2 kemudian turun kembali di stasiun 3. Prihati *et al.* (2020) menyatakan, konsentrasi logam berat di air berpengaruh terhadap akumulasi logam berat dalam tubuh biota air. Hal tersebut juga dibuktikan dengan penelitian Riani (2015), apabila organisme perairan terpapar logam berat, maka konsentrasi logam berat di dalam tubuh akan lebih tinggi dari lingkungan perairan karena adanya proses biokonsentrasi, bioakumulasi, dan biomagnifikasi.

Secara umum, logam berat masuk ke dalam tubuh suatu organisme air melalui 3 cara yaitu, fagositosis, penyerapan melalui media air, dan penyerapan dari makanan dan sedimen (Rahadiana & Riani, 2018). Kadmium merupakan logam berat yang sangat toksik karena sifatnya sulit didegradasi, dapat menimbulkan keracunan, gangguan kesehatan,

Tabel 1. Hasil Uji Parameter Pendukung

No	Parameter	Satuan	Stasiun		
			1	2	3
1	Suhu	°C	28,2	28,3	28,3
2	pH		7,9	7,8	7,8
3	BOD	mg/L	1,66	1,4	1,4

bahkan kematian. Kadmium masuk ke dalam tubuh melalui respirasi, pencernaan, dan kulit, dapat terakumulasi dalam tubuh organisme khususnya hati dan ginjal (Wardani *et al.* 2018). Kadmium dapat menyebabkan nekrosis akibat pembentukan ROS (*Reactive Oxygen Species*) yang menyebabkan kerusakan PUFA, merusak *barrier* antioksidan, dan menyebabkan stress oksidatif. Stress oksidatif terjadi karena jumlah radikal bebas lebih tinggi dibanding dengan jumlah antioksidan endogen (Hober *et al.*, 2017). Bioakumulasi terdiri dari 3 tahapan yaitu pengambilan (*uptake*), penyimpanan (*storage*), dan eliminasi (Puspitasari, 2007).

Mekanisme akumulasi logam berat kadmium diawali dengan masuknya logam berat kadmium dalam tubuh suatu organisme melalui insang atau kulit (Vinodhini & Narayanan, 2008). Logam berat yang terabsorpsi dari air melalui kulit atau insang maupun dari makanan akan diedarkan ke seluruh tubuh melalui sistem peredaran darah. Bersama aliran darah, kadmium akan masuk ke hati. Paparan kadmium dengan waktu yang lama akan meningkatkan konsentrasi kadmium dalam hati. Organ terakhir yang dilewati oleh kadmium yaitu ginjal. Kadmium yang masuk ke ginjal akan menghambat proses filtrasi cairan. Kadmium dapat merusak bagian tubulus proksimal pada ginjal. Kadmium juga dapat mengganggu sistem syaraf organisme perairan (Rahadiana & Riani, 2018).

Akumulasi logam berat dalam tubuh organisme dipengaruhi oleh konsentrasi logam berat pada lingkungan, suhu, dan pH. Menurut Siregar (2017), suhu yang tinggi dan pH yang rendah akan mengakibatkan tingkat bioakumulasi logam berat semakin besar.

Suhu perairan alami berkisar 25-32°C untuk perairan tropis sehingga suhu di Sungai Wangan tidak melebihi baku mutu menurut PP No 22 Tahun 2021 (Tabel 1). Menurut Masriadi (2019), suhu pada perairan memengaruhi kelarutan logam berat. Suhu perairan yang tinggi akan meningkatkan kelarutan logam berat, suhu air yang lebih dingin akan memudahkan logam berat mengendap ke sedimen (Muhtadi, 2009). Suhu optimum untuk kehidupan organisme air berkisar 20-30°C. Jika suhu perairan tinggi, akan menyebabkan terganggunya kehidupan organisme (Supenah *et al.* 2015). *M. turricula* dapat bertahan hidup pada suhu berkisar 18-32°C. Suhu pada tiap stasiun Sungai Wangan masih mendukung

bagi kehidupan *Melanoides* (Orabi & Khalifa, 2020).

Berdasarkan PP No 22 Tahun 2021 kelas III kisaran pH yang diperbolehkan yaitu 6-9 sehingga pH di Sungai Wangan tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan (Tabel 1). Jika pH perairan terlalu tinggi atau terlalu rendah akan mempengaruhi ketahanan hidup organisme di dalamnya, sedangkan pada pH optimum, organisme di perairan akan bertahan hidup. Menurut Hawkes (1979), organisme air menyukai pH 5-9, gastropoda banyak terdapat pada pH perairan dengan kisaran pH >7. Oleh karena itu, nilai pH di sungai wangan masih aman bagi kehidupan *Melanoides*. Penurunan pH dapat menaikkan kelarutan ion kadmium dan penyerapan pada organisme lebih cepat. pH yang rendah akan meningkatkan kemampuan akumulasi logam berat oleh biota air (Bratawan, 1993).

Berdasarkan PP No 22 Tahun 2021 konsentrasi BOD maksimum pada kelas III sebesar 6 mg/L. Hal tersebut menandakan konsentrasi BOD di Sungai Wangan masih dalam batas aman karena berada di bawah baku mutu dan masih mendukung bagi kehidupan *Melanoides* (Tabel 1). Semakin tinggi nilai BOD dan COD maka semakin tinggi tingkat pencemaran suatu perairan sehingga akan mengganggu kehidupan *Melanoides* (Christiana *et al.*, 2020). Proses pembuatan batik berpengaruh terhadap konsentrasi BOD sungai. Supenah *et al.* (2015), menyatakan proses pembuatan batik yang berpengaruh terhadap konsentrasi BOD yaitu pemasakan, maserasi kapas, dan pemucatan kain. Penghilangan kanji juga termasuk salah satu proses yang mengakibatkan konsentrasi BOD tinggi dibandingkan proses lainnya.

SIMPULAN

Konsentrasi kadmium *M. turricula* dan air sungai bervariasi, konsentrasi terendah pada stasiun 1 yaitu 2,075 µg/g dan 0,750 µg/L, sedangkan konsentrasi tertinggi pada stasiun 2 yaitu 6,450 µg/g dan 1,050 µg/L. Konsentrasi kadmium dalam air dan jaringan *M. turricula* berkorelasi positif yang berarti semakin tinggi konsentrasi kadmium maka akan meningkatkan konsentrasi kadmium di *M. turricula*. Parameter pendukung seperti suhu, pH dan BOD masih di bawah baku mutu berdasarkan Lampiran VI Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LPPM Unsoed atas pendanaan penelitian melalui skem Riset Institusi Unsoed berdasarkan Keputusan Ketua LPPM Unsoed Nomor: kept. 119/UN23.18/PT.01.05/2020

DAFTAR REFERENSI

- Anam, K., Idris, F. & Syakti, A.D., 2019. Analisis Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Siput Gonggong (*Strombus* sp) di Perairan Kecamatan Bukit Bestari. *Buana Sains*, 19(1) pp. 7-46.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 03-7016-2004. *Tata Cara Pengambilan Contoh dalam Rangka Pemantauan Kualitas Air pada Suatu Daerah Pengaliran Sungai*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 06-6989.11-2004. *Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2005. SNI 06-6989.23:2005. *Cara Uji Suhu dengan Termometer*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 6989.72:2009. *Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 6989.16:2009. *Cara Uji Kadmium (Cd) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Basit, M. & Annawaty., 2019. Pola Distribusi Keong Air Tawar *Melanoides tuberculata* (Muller, 1774) di Danau Lindu, Sigi, Sulawesi Tengah. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 8(3) pp. 198-202.
- Bratawan, N.N., 1993. Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Kepiting Bakau Niaga (*Scylla serrate* Forscal) yang Tertangkap di Perairan Segara Anakan, Cilacap. *Skripsi*. Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Christiana, R., Anggraini, I. M. & Syahwanti, H., 2020. Analisis Kualitas Air dan Status Mutu Serta Beban Pencemaran Sungai Mahap di Kabupaten Sekadau Kalimantan Barat. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(2) pp. 941-950.
- Darmono., 1995. *Logam Berat dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Galan, G.L., Ediza, M.M., Servasques, M.S and Porquis, H.C. 2015. Diversity of Gastropod in the Selected Rivers and Lakes in Bukidnon. *International Journal of Environmental Science and Development*, 6 (8) pp. 615-619.
- Hawkes, H.A. 1979. *Invertebrates as Indicator of River Water Quality*. In: *Jamers A. and Evison L, editor. Biological Indicator of Water Quality*. Toronto: John Willer and Sons.
- Hernayanti., Slamet, S. & Sri, L., 2018. Effect of Cadmium Exposure in Polymorphisms Gene NOS3, Blood Cadmium Level, Nitric Oxide Level, Blood Pressure and Antioxidant Enzymes. In *E3S Web of Conferences* 73(1) pp. 06006.
- Hober, D.A., Pramesti, F.A. & Aini, N., 2020. Efek Toksik Paparan Kronis Kadmium Kloride terhadap Nekrosis Hepatosit dan Sel Epitel Tubulus Proksimal Ginjal Ikan Zebra (*Danio rerio*) Juvenil. *Jurnal Bio Komplementer Medicine*, 7(1), pp.1-9.
- Lestari, S., Tandjung, S. D. & Santoso, S. J., 2018. Effect of Batik Waste Water on Kali Wangan Water Quality in Different Seasons. In *E3S Web of Conferences*, 31(1) pp : 04010.
- Masriadi., 2019. Analisis Laju Distribusi Cemar Kadmium (Cd) di Perairan Sungai Jeneberang Kabupaten Gowa. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(2): 14-25.
- Mrajita, C.V.P. 2010. Kandungan Logam Berat pada Beberapa Biota Kekerangan di Kawasan Littoral Pulau Adonara (Kabupaten Flores Timur, Nusa Tenggara Timur) dan Aplikasinya dalam Analisis Keamanan Konsumsi Publik. *Tesis*. Program Magister Manajemen Sumberdaya Pantai. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Muhtadi, A. 2009. Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb Pada Air dan sedimen di Perairan Pulau Panggang Pramuka Kepulauan Seribu, Jakarta. *Tesis*. FMIPA, Universitas Sumatra Utara.
- Mushthofa, A., Rudiyan, S. & Muskanonfola, M.R., 2014. Analisis Struktur Komunitas Makrozoobenthos sebagai Bioindikator

- Kualitas Perairan Sungai Wedung Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources Journal*, 3(1) pp. 81-88.
- Orabi, O. & Khalifa, M.M., 2020. Biota Sediment Accumulation and Bioconcentration Factors of Trace Metals in The Snail *Melanoides tuberculata* form the Agricultural Drains of the Manzala Lagoon, Egypt. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(1) pp. 1-8.
- Prihati, S.R., Suprpto, D. & Rudiyaniti, S., Kadar Logam Berat Pb, Fe, dan Cd yang Terkandung dalam Jaringan Lunak Kerang Batik (*Paphia undulata*) dari Perairan Tambak Lorok, Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4(2) pp. 116-123.
- Puspitasari, R., 2007. Laju polutan dalam ekosistem laut. *Oseana*, 32(2) pp. 21-28.
- Rahadiana, A. & Riani, E., 2018. Pencemaran Cd pada Ekosistem Perairan Tawar dan Mekanisme Gangguannya pada Hewan Air. *Review. Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Riani E., 2015. The Effect of Heavy Metals on Tissue Damage in Different Organs of Goldfish Cultivated in Floating Fish Net in Cirata Reservoir, Indonesia. *Paripex - Indian Journal of Research* 4(2) pp. 132-136.
- Riani, E., Johari, H.S. & Cordova, M.R., 2017. Bioakumulasi Logam Berat Kadmium dan Timbal pada Kerang Kapak-Kapak di Kepulauan Seribu. *Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(1) pp. 131-142.
- Siregar, Y.I., 2017. Bioakumulasi Kadmium pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) dengan Aplikasi Perunut Radioaktif. *Jurnal Biologi Indonesia*, 6(1) pp. 39-50.
- Supenah, P., Widiastuti, E. & Priyono, R.E., 2015. Kajian Kualitas Air Sungai Condong yang Terkena Buangan Limbah Cair Industri Batik Trusmi Cirebon. *Biosfera*, 32(2) pp. 110-118.
- Tyokumbur, E.T. & Okorie, T.G., 2014. Bioconcentration of Trace Metals in The Freshwater Snail *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) from Alaro Stream Ecosystem of South West Nigeria. *Advances in Bioscience and Bioengineering*, 2(1) pp. 52-65.
- Vinodhini R. & Narayanan M., 2008. Bioaccumulation of Heavy Metals in Organs of Fresh Water Fish *Cyprinus carpio* (Common carp). *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 5(2) pp. 179-182.
- Wardani, I., Ridlo, A. & Supriyanti, E., 2018. Kandungan Kadmium (Cd) dalam Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Trimulyo Semarang. *Journal of Marine Research*, 7(2) pp. 151-158.
- Zammi, M., Rahmawati, A. & Nirwana, R.R., 2018. Analisis Dampak Limbah Buangan Limbah Pabrik Batik di Sungai Simbangkulon Kab. Pekalongan. *Walisongo Journal of Chemistry*, 1(1) pp. 1-5.