

Kandungan Logam Berat Pb dan Cd dalam Sedimen di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang, Semarang

Dinda Rizky Ayu Maulina*, Delianis Pringgenies, Dwi Haryanti

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

*Corresponding author, e-mail: dindarzk@gmail.com

ABSTRAK: Kandungan timbal (Pb) dan kadmium (Cd) di sedimen sebagian berasal dari limbah industri yang masuk ke perairan dan terakumulasi di muara sungai. Pantai Trimulyo berada di pesisir Semarang, dekat dengan Kawasan Industri Terboyo yang berpotensi membuang limbah logam berat ke perairan. Pantai Tirang juga berpotensi tercemar limbah logam berat dari industri di Kecamatan Tugu yang masuk ke aliran Sungai Tapak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam Pb dan Cd pada sedimen di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang. Penelitian dilakukan dengan metode survei eksploratif dan penentuan lokasi pengamatan dengan metode *purposive sampling*. Sampel sedimen diambil sebanyak 3 kali pengulangan di setiap lokasi dengan *sediment core*. Sampel sedimen dianalisis di Laboratorium BBTPI Semarang menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) untuk menentukan kadar logam Pb dan Cd dalam sedimen. Hasil analisis kandungan logam Pb dalam sedimen menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat tertinggi ditemukan di Pantai Tirang sebesar 49,16 mg/kg dan Pantai Trimulyo memiliki kandungan Pb tertinggi 23,78 mg/kg. Hasil analisis kandungan logam Cd dalam sedimen di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang sebesar >0,050 mg/kg. Pengukuran parameter lingkungan (suhu, salinitas, pH, DO, kecepatan arus dan kecerahan perairan) secara *in situ* menunjukkan kontribusi terhadap kandungan logam berat pada sedimen. Secara keseluruhan, kandungan logam berat Cd pada sedimen di setiap lokasi penelitian tidak melebihi baku mutu, sedangkan kandungan logam berat pada sedimen yang melebihi atau mendekati baku mutu yaitu logam berat timbal.

Kata kunci: Timbal; Kadmium; Sedimen; Pesisir Semarang

Concent of Heavy Metals of Lead (Pb) and Cadmium (Cd) in Sediment in the Trimulyo Beach dan Tirang Beach, Semarang

ABSTRACT: The sediments contain lead (Pb) and cadmium (Cd) from industrial waste were often found to enter nearby waters and accumulates at river mouths. Trimulyo Beach is adjacent to the Terboyo Industrial Estate on Semarang's coast, which has the potential to dump heavy metal waste into the waters. Heavy metal waste from industry in Tugu District that enters the Tapak River might also pollute Tirang Beach. The aim of the study is to determine the Pb and Cd content of sediments at Trimulyo and Tirang beaches. The research was conducted by using an exploratory survey method, and the research site was determined using a purposive sampling method. Using the sediment core, sediment samples were taken three times in each location. The levels of Pb and Cd metals in sediment samples were analysed using an Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) at the Semarang BBTPI Laboratory. The analysis of the metal content of Pb in the sediment showed that Tirang Beach had the highest concentration of heavy metal at 49.16 mg/kg, and Trimulyo Beach had the highest Pb content at 23.78 mg/kg. The results showed that the Cd metal content in sediments at Trimulyo Beach and Tirang Beach was >0.050 mg/kg. Environmental parameters measured *in situ* (temperature, salinity, pH, DO, current velocity, and water clarity) made a contribution to the heavy metal content in the sediment. Overall, the heavy metal content of Cd in the sediment at each research location did not exceed the quality standard, while the lead heavy metal exceeded or approached the quality standard.

Keywords: Lead; Cadmium; Sediment; Semarang Coast

PENDAHULUAN

Kualitas lingkungan perairan yang menurun disebabkan oleh adanya zat pencemar organik dan anorganik. Salah satu komponen anorganik yang berbahaya yaitu logam berat yang sering ditemukan dalam limbah industri, seperti logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd). Terutama di pantai dan daerah estuari yang memiliki tingkat sedimentasi yang tinggi dapat karena menjadi tempat bermuaranya sungai yang membawa material dari daratan yang dilewati aliran sungai. Menurut Azhar *et al.* (2012) keduanya merupakan jenis logam, berat yang digunakan dalam produksi di bahan pewarna (cat dan tinta), percetakan kertas, industri plastik dan industri kimia. Terutama kandungan logam Cd di kawasan pertambakan dimana jumlah kadmium yang terakumulasi dalam sedimen perlu diperhatikan. Logam Cd juga dapat ditemukan di tambak karena para petambak menggunakan pupuk sebagai pendorong pada pakan alami sehingga meningkatkan pertumbuhan ikan dan udang (Ashar *et al.*, 2014).

Pantai Trimulyo berpotensi meningkatkan pencemaran logam berat karena terdapat muara sungai perairan Trimulyo yang menjadi penyumbang limbah industri dari Kawasan Industri Terboyo. Logam berat yang terlarut dan terbawa aliran sungai akan masuk ke laut melalui estuari. Begitu pula dengan Pantai Tirang juga memiliki potensi terdapat logam berat pada sedimennya yang terakumulasi dari aliran drainase Kota Semarang dan dekat dengan aliran sungai Tapak yang melewati beberapa industri di kawasan Tugu. Hal ini menjadi salah satu faktor masuknya logam berat yang mencemari pantai di Semarang. Pantai Tirang tidak berada dekat dengan kawasan industri, namun tidak secara langsung terdampak dari limbah industri yang terbawa aliran sungai Tapak. Berbeda dengan Pantai Trimulyo, Pantai Tirang masih mudah ditemukan kawasan hutan mangrove sehingga dinilai menyebabkan tingkat sedimentasi yang tinggi. Terdapat juga aktivitas budidaya ikan dan udang yang meningkatkan buangan limbah ke dalam perairan (Sinulingga *et al.*, 2017).

Menurut Utami *et al.* (2018), bahan pencemar logam berat karena sulit terdegradasi dapat terakumulasi ke lingkungan dan mengendap di perairan membentuk senyawa kompleks. Kandungan logam berat pada sedimen dinilai lebih tinggi kandungannya pada sedimen (Suryono, 2016). Limbah yang terbawa aliran sungai akan bermuara di pantai dan semakin dekat dengan sumber akan semakin tinggi kandungan logam beratnya. Faktor fisika-kimia perairan juga mempengaruhi tingkat pengendapan logam berat pada sedimen, seperti suhu, salinitas, pH, DO dan arus. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Kd) pada sedimen di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang, Semarang.

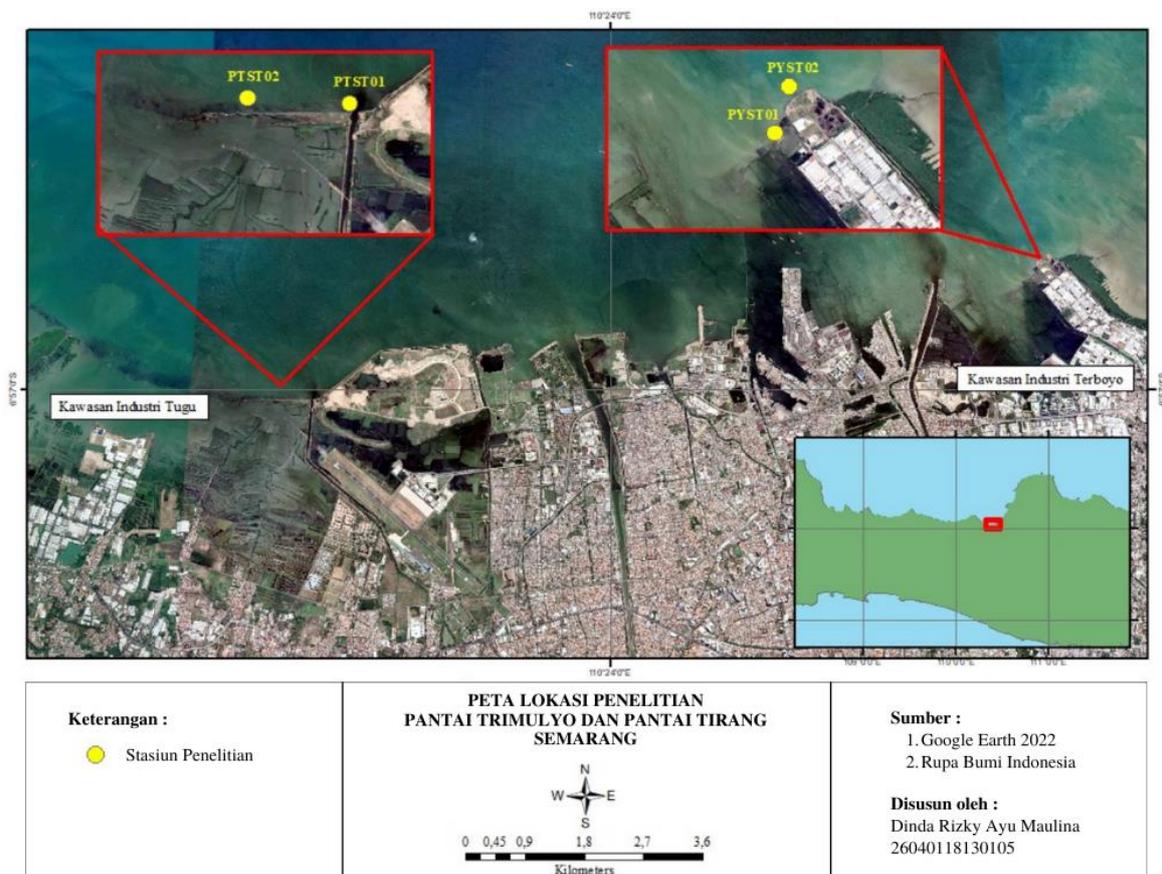
MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan dengan menggunakan materi sampel sedimen yang diambil dari Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang, Semarang untuk pengujian kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd). Bersamaan dengan pengambilan sampel dilakukan pengukuran parameter lingkungan secara *in situ* meliputi suhu, salinitas, derajat keasamaan (pH), arus dan kandungan oksigen terlarut (DO), dan kecerahan. Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Maret 2022 dan analisis sampel kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam sampel sedimen dilakukan di Laboratorium Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI), Kota Semarang.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode survei eksploratif dengan penyajian secara kuantitatif dan deskriptif, sedangkan metode yang digunakan dalam penentuan lokasi merupakan metode purposive sampling. Penentuan lokasi penelitian berdasarkan keberadaan kegiatan industri yang menjadi sumber pencemaran limbah logam berat pada masing-masing pantai. Lokasi pertama yang dipilih adalah Pantai Trimulyo, Semarang karena berada dekat dengan buangan limbah industri, terutama di Kawasan Industri Terboyo. Lokasi kedua berada di Pantai Tirang, Semarang yang dipilih karena lokasinya tidak berada di wilayah industri namun dekat dengan aliran sungai Tapak yang melewati kawasan industri di Kecamatan Tugu. Lokasi dan titik pengambilan sampel sedimen dapat dilihat pada Gambar 1.

Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada waktu surut menggunakan metode *core sampling* dengan *sediment core* dari pipa PVC berdiameter 2,5 inchi dan panjang 30 cm ditancapkan pada sedimen secara vertikal sedalam kurang lebih 15 cm kemudian pipa PVC (Purnawan *et al.*, 2018). Pengambilan sampel dilakukan 3 kali pengulangan masing-masing stasiun pengamatan. Sampel sedimen yang telah diambil dimasukkan ke dalam wadah sampel plastik sebanyak 250 gr sesuai ketentuan dari Laboratorium BBT PPI Semarang, lalu diberi label dan disimpan di dalam cool box untuk selanjutnya diuji kadar logam berat Pb dan Cd di laboratorium. Pengukuran data parameter perairan dilakukan secara in situ di setiap stasiun pada saat pengambilan sampel, meliputi salinitas (‰), suhu (°C), derajat keasamaan (pH), oksigen terlarut (DO), arus (m/det) dan kecerahan (m).

Metode destruksi pada sampel sedimen mengacu pada SW846 Metode 3050B *United States Environmental Protection Agency* (US-EPA) tahun 1996. Sampel sedimen diolah untuk pengujian kadar Pb dan Cd masing - masing ditimbang 1-2 gr berat basah ke dalam masing-masing gelas beaker 250 ml kemudian ditambah 10 mL HNO₃, lalu dipanaskan pada suhu 95°C selama 15 menit tanpa mendidih. Sampel selanjutnya ditambahkan 5 mL HNO₃ dan dipanaskan pada suhu 95°C selama 30 menit tanpa mendidih, tahap penambahan 5 mL HNO₃ dilakukan berulang kali hingga sampel tidak menghasilkan gelembung gas berwarna coklat. Sampel dipanaskan kembali pada suhu 95°C selama 2 jam tanpa mendidih, lalu ditambahkan 10 mL H₂O₂ 30%. Sampel dipanaskan kembali pada suhu 95°C selama 2 jam hingga volume 5 mL. Sampel sedimen untuk analisis kadar logam Pb dilanjutkan dengan penambahan 10 mL HCl pekat, dipanaskan kembali pada suhu 95°C selama 15 menit tanpa mendidih. Masing-masing sampel yang sudah didinginkan pada suhu ruangan, lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan air suling bebas logam berat hingga tanda batas. Kemudian sampel disaring dengan kertas Whatman No.41 atau setara dan hasil filtrasi dilanjutkan analisis dengan *Flame Atomic Absorption Spectrometry* (*Flame-AAS*).



Gambar 1. Titik Sampling Lokasi Penelitian

Kurva kalibrasi dilakukan dengan pembuatan larutan standar untuk penentuan logam Pb dan Cd dengan mengencerkan larutan standar pekat untuk setiap parameter pengamatan. Kurva kalibrasi untuk penentuan logam Pb dan Cd masing-masing 10 ppm, diperoleh dengan mengambil 1 ml larutan induk Pb dan Cd 1000 ppm masing-masing dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml. Masing-masing larutan standar diukur dengan metode *Flame-AAS* pada panjang gelombang tertentu dan hasil kalibrasi kemudian diplot menjadi kurva kalibrasi.

Analisis larutan sampel dilakukan berdasarkan *American Public Health Association* (APHA) tahun 2017 dengan alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) menggunakan nyala api udara (*Flame-AAS*). Metode *Flame-AAS* yaitu metode analisis berdasarkan serapan cahaya pada panjang gelombang tertentu dengan mengaspirasikan larutan sampel ke nyala api sehingga membentuk ion logam. Prosedur pengoperasian AAS dilakukan dengan memasukkan larutan yang dituju ke dalam wadah sampel pada alat AAS, lalu api pada alat dihidupkan dengan gas pembakar asetilen-udara dan lampu katoda diatur panjang gelombang optimal untuk logam berat Pb yaitu 283,3 nm dan Cd 228,8 nm. Nebulizer pada AAS terlebih dahulu diaspirasi dengan air suling bebas logam berat yang mengandung HNO_3 1,5 ml/L, diikuti dengan aspirasi larutan blanko dan nol. Larutan baku secara berturut-turut dianalisis menggunakan AAS dilanjutkan dengan larutan blanko serta larutan sampel. Larutan yang diaspirasi dalam nyala udara asetilen berubah menjadi ion logam akan menyerap energi pada panjang gelombang tertentu dari lampu katoda. Hasil serapan atom oleh detektor dalam alat AAS akan mendeteksi pengurangan intensitas cahaya yang dianggap sebagai konsentrasi sampel, lalu hasilnya akan ditampilkan pada rekorder dan dihitung untuk mendapatkan nilai kadar logam berat pada larutan sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis logam berat timbal (Pb) menunjukkan rata-rata kandungan logam berat Pb pada sedimen di Pantai Trimulyo tertinggi pada stasiun 1 sebesar 23,78 mg/kg. Nilai rata-rata pada Pantai Tirang memiliki nilai kandungan logam Pb tertinggi pada stasiun 2, yaitu 49,16 mg/kg. Berdasarkan *Swedish Environmental Protection Agency* (SEPA) tahun 2000, kandungan logam Pb dalam sedimen di Pantai Tirang telah melebihi baku mutu. Hal ini dapat disebabkan karena tingkat sedimentasi yang tinggi, terutama pada perairan yang tenang dan terdapat banyak mangrove. Sejalan dengan pernyataan Ma'rifah *et al.* (2016) bahwa faktor lainnya yang mempengaruhi yaitu tingkat sedimentasi yang lebih tinggi terjadi perairan yang tenang dan adanya hutan mangrove menyebabkan sedimen logam berat akan lebih mudah mengendap dan terperangkap dalam waktu lama di sekitar mangrove. Nilai konsentrasi logam Pb pada sedimen di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang, Semarang dari hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 1.

Kandungan logam Pb dalam sedimen di Pantai Trimulyo salah satunya berasal dari Kawasan Industri Terboyo yang membuang limbah industri mengandung logam berat ke dalam aliran sungai, seperti Sungai Sringin. Berdasarkan pernyataan Azhar *et al.* (2012) industri yang mengguakan cat dan tinta, percetakan kertas, produksi plastik dan industri kimia yang bahan produksi mengandung logam berat Pb. Kegiatan lainnya yang menghasilkan limbah logam Pb berasal dari aktivitas kapal di pelabuhan dan laut lepas serta perahu para nelayan. Kandungan logam Pb pada stasiun 2 yang lebih rendah dapat disebabkan lokasi tidak berada dekat dengan sumber limbah. Didukung oleh Nuraini *et al.* (2017) bahwa jarak sumber polutan berpengaruh pada tinggi rendahnya kadar logam di perairan, dimana hubungan antara jarak berbanding lurus dengan sumber polutan. Sehingga semakin jauh dari sumber masukan limbah maka semakin rendah logam berat yang terakumulasi di sedimen.

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan stasiun 2 di Pantai Tirang memiliki kadar logam berat Pb lebih tinggi karena menerima debit air dari sungai Tapak. Menurut Clara *et al.* (2022), sungai Tapak menerima buangan limbah industri, kegiatan perikanan, pemukiman, pertanian dan lainnya yang berasal dari DAS Tapak Hulu. Daerah disekitar Sungai Tapak juga dimanfaatkan untuk kegiatan pertambakan ikan dan udang serta pada bagian muaranya terdapat kawasan mangrove. Beberapa industri besar yang berada di sekitar Sungai Tapak, yaitu industri keramik, pengolahan kayu, makanan dan bengkel (Martuti *et al.*, 2016). Berdasarkan data parameter arus menunjukkan

bahwa Pantai Tirang memiliki perairan yang tenang sehingga logam berat di perairan akan lebih mudah terakumulasi pada sedimen. Limbah yang terbawa aliran sungai Tapak akan terakumulasi di kawasan pantai sehingga kandungan logam Pb dalam sedimen di Pantai Tirang meningkat walaupun lokasi industri tidak berada dekat dengan stasiun pengamatan.

Kandungan logam berat kadmium (Cd) pada sedimen dari hasil analisis di setiap stasiun pengamatan menunjukkan kadar yang sama di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang Semarang, yaitu <0,050 mg/kg. Berdasarkan SEPA (2000) kandungan logam Cd pada sedimen di kedua lokasi pengamatan masih berada di bawah baku mutu. Kandungan logam Cd yang rendah pada setiap stasiun pengamatan diduga karena rendahnya akumulasi kadmium pada sedimen sehingga tidak mencapai nilai minimum deteksi alat. Diperkuat pernyataan dari Ratnawati *et al.* (2019) bahwa konsentrasi logam yang rendah berada pada limit deteksi sehingga hasilnya belum sepenuhnya dapat dipercaya akibat rendahnya akurasi. Hal ini dapat terjadi pada hasil uji namun nilainya yang meragukan sehingga dilaporkan berada pada limit deteksi pengujian. Hasil analisis pada kandungan logam Pb pada sedimen di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang, Semarang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Konsentrasi Pb pada Sedimen di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang, Semarang

Lokasi Penelitian	Titik Sampling	Kadar Pb (mg/kg)	Rata-rata (mg/kg)
Pantai Trimulyo	PYST01A	30,25	23,78
	PYST01B	17,97	
	PYST01C	23,11	
	PYST02A	14,52	15,80
	PYST02B	20,97	
	PYST02C	11,9	
Pantai Tirang	PTST01A	21,07	22,28
	PTST01B	19,75	
	PTST01C	26,03	
	PTST02A	25,55	49,16
	PTST02B	55,24	
	PTST02C	66,7	
Baku Mutu*			25,5

Keterangan: *Baku Mutu berdasarkan *Swedish Environmental Protection Agency* (SEPA) Tahun 2000

Tabel 2. Konsentrasi Cd pada Sedimen di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang, Semarang

Lokasi Penelitian	Titik Sampling	Kadar Cd (mg/kg)	Rata-rata (mg/kg)
Pantai Trimulyo	PYST01A	<0,050	<0,050
	PYST01B	<0,050	
	PYST01C	<0,050	
	PYST02A	<0,050	<0,050
	PYST02B	<0,050	
	PYST02C	<0,050	
Panti Tirang	PTST01A	<0,050	<0,050
	PTST01B	<0,050	
	PTST01C	<0,050	
	PTST02A	<0,050	<0,050
	PTST02B	<0,050	
	PTST02C	<0,050	
Baku Mutu*			0,2

Keterangan: *Baku Mutu berdasarkan *Swedish Environmental Protection Agency* (SEPA) Tahun 2000

Kadar logam Cd pada sedimen yang rendah di kedua lokasi diduga karena logam kadmium tidak banyak digunakan dalam kegiatan industri maupun aktivitas lain dari daratan. Menurut Wardani *et al.* (2020), aktivitas yang berpotensi menggunakan bahan mengandung Cd, antara lain sebagai bahan cat kapal, industri peralatan elektronik, baterai, pestisida, dan industri plastik. Sumber lainnya berasal dari kegiatan antropogenik yaitu pertanian, pertambangan dan pembakaran. Penggunaan pupuk yang mengandung kadmium dapat meningkatkan jumlah kadmium yang terakumulasi pada sedimen. Menurut Ashar *et al.* (2014) bahwa para petambak menggunakan UREA dan TSP yang mengandung kadmium sebagai pendorong pada pakan alami untuk meningkatkan pertumbuhan udang. Lokasi Pantai Tirang yang dekat dengan kawasan pertambakan berdasarkan hasil analisis pada sedimen tidak tercemar logam Cd yang berasal dari tambak. Begitu pula di Pantai Trimulyo pada stasiun pengamatan tidak terdapat tambak sehingga kandungan logam Cd pada sedimennya rendah. Penelitian lain juga dilakukan oleh Sugiarti *et al.* (2020) di perairan Teluk Semarang menunjukkan nilai kandungan Cd dalam sedimen yang berkisar antara 58,448 – 82,206 mg/kg dimana kadar tersebut lebih tinggi dari hasil penelitian ini. Hal ini didukung pernyataan dari Gaus *et al.* (2018) bahwa perairan di Teluk Semarang terdapat banyak aktivitas manusia, seperti pelabuhan, jalur kapal dan perahu, kegiatan penangkapan ikan dan pembangkit listrik. Kandungan logam Cd yang rendah di setiap stasiun penelitian diduga bahwa sumber suplai logam Cd di lokasi penelitian relatif rendah sehingga mengindikasikan bahwa Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang Semarang tidak tercemar dengan logam kadmium.

Kandungan Pb yang lebih tinggi dari pada Cd menunjukkan bahwa aktivitas manusia, terutama industri yang berpotensi besar membuang limbah logam, tidak banyak yang menggunakan kadmium pada bahan produksinya maupun dari hasil aktivitas lain di daratan. Hal ini diperkuat dengan pernyataan dari Syahminan *et al.* (2015) bahwa timbal lebih banyak digunakan karena beberapa sifatnya yang menguntungkan, seperti titik cair yang rendah sehingga mudah digunakan, logam berat timbal lunak dan mudah diubah bentuknya, dan sifat kimia timbal yang menjadi lapisan pelindung ketika kontak dengan udara lembab. Perbedaan kandungan logam Pb dan Cd menunjukkan bahwa sedimen di kedua pantai lebih banyak mengakumulasi logam Pb dibandingkan dengan logam Cd. Kandungan Pb di Pantai Trimulyo cenderung lebih tidak tercemar karena nilainya masih berada di bawah baku mutu. Berbeda dengan kadar Pb di Pantai Tirang, yaitu pada stasiun 2 yang sudah melebihi baku mutu, sehingga perairannya relatif lebih tercemar.

Pengukuran parameter lingkungan yang dilakukan secara in situ di setiap lokasi penelitian. Beberapa faktor seperti aktivitas biologis, padatan terlarut, suhu, pH, salinitas dan bahan organik mempengaruhi akumulasi logam berat pada sedimen (Sukaryono dan Dewa, 2018). Hasil pengukuran parameter lingkungan di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang baku mutu air laut, suhu perairan di stasiun pengamatan masih dalam suhu optimum untuk biota laut. Suhu yang meningkat seiring dengan peningkatan proses pengendapan logam berat. Hal ini didukung dengan pernyataan dari Purba *et al.* (2020), bahwa suhu yang lebih tinggi akan meningkatkan pembentukan ion logam berat, sehingga meningkatkan proses pengendapan yang

Tabel 3. Parameter Lingkungan

Stasiun	Suhu (°C)	Salinitas (‰)	pH	DO (mg/l)	Arus (m/s)	Kecerahan (m)
PYST01	28–29	35,8–37	8,5	4,01	0,08	0,49
PYST02	30-32	30–31,2	8,7	4,51	0,06	0,85
PTST01	29–30	25–28	8,5	3,34	0,1	0,36
PTST02	29,9	29,2–30	8,6	3,64	0,03	0,75
Baku Mutu*	28-30	33-34	7-8,5	>5	-	-

Keterangan: *Baku Mutu menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VIII

berakibat pada penyerapan logam berat pada sedimen. Kadar DO di perairan berkaitan dengan aktivitas senyawa organik yang dapat melepas logam berat ke perairan. Berdasarkan pernyataan dari Li *et al.* (2013) peningkatan jumlah pelepasan logam berat ke perairan disebabkan karena hasil dekomposisi senyawa organik memfasilitasi pelepasan logam dari sedimen sehingga kadar logam berat di sedimen rendah. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu berkaitan dengan DO perairan dapat juga menurunkan kandungan logam berat pada sedimen karena terlepas ke perairan.

Hasil pengukuran parameter menunjukkan kecepatan arus terendah berada di Pantai Tirang yang menyebabkan kandungan logam berat mengalami sedimentasi tinggi. Pernyataan ini diperkuat oleh Syahminan *et al.* (2015) bahwa logam berat yang terlarut dalam perairan akan mudah mengendap dalam sedimen pada saat arus lemah. Ketika perairan pada arus tinggi dari muara menuju laut, limbah logam berat akan ditransportasikan hingga perairan pada arus tenang. Kandungan logam berat Pb lebih tinggi di muara sungai di Pantai Trimulyo disebabkan lokasinya berada dekat sumber limbah industri sehingga masukan limbah logam berat lebih tinggi. Perairan dengan arus dan limbah yang tinggi juga menyebabkan tingkat kecerahan perairan menjadi rendah karena material yang terbawa aliran sungai. Nilai kecerahan paling rendah di kedua lokasi berada pada muara sungai yang berasal masuknya limbah dan material lain dari daratan. Kecerahan yang rendah dapat disebabkan oleh material yang terbawa aliran sungai mengandung sedimen dan partikel terlarut dalam kadar tinggi, serta bahan organik dan anorganik lainnya melalui daratan masuk ke dalam perairan (Purba *et al.*, 2020).

Nilai salinitas terendah di Pantai Tirmulyo disebabkan stasiun 1 berada dekat dengan muara sungai pada saat pengamatan perairan sedang surut surut sehingga tingginya debit air sungai Sringin menyebabkan rendahnya air laut yang tercampur di muara. Hal ini sejalan dengan penjelasan dari Septiani *et al.* (2014) saat perairan surut terjadi penyempitan penampang sungai, air sungai dengan salinitas rendah akan mengalir lebih cepat melalui muara sungai ke arah laut. Peningkatan salinitas di perairan berkaitan dengan peningkatan kandungan logam berat pada sedimen. Pembentukan ion khlorida di perairan akan meningkat pada saat salinitas tinggi, sehingga terjadi reaksi antara ion logam dengan ion khlorida yang menyebabkan ion logam berat terakumulasi pada sedimen (Aphrodita *et al.*, 2022).

Faktor lingkungan lainnya yang mempengaruhi kandungan logam berat pada sedimen yaitu pH perairan. Nilai pH rata-rata pada keempat stasiun menunjukkan dalam kondisi tinggi melebihi baku mutu (7 – 8,5), yaitu antara 8,5 – 8,7. Perairan dengan pH rendah akan meningkatkan kelarutan logam berat di perairan sehingga kandungannya di dalam sedimen akan rendah. Diperkuat oleh pernyataan dari Li *et al.* (2013) bahwa perairan dengan pH rendah mengakibatkan proses pelepasan logam berat membentuk kation bebas sehingga lebih mudah dan terlarut dalam perairan. Berbeda pada saat pH tinggi akan semakin kuat sifat basanya sehingga mengakibatkan logam berat di perairan lebih mudah mengendap.

KESIMPULAN

Kandungan logam berat timbal (Pb) pada sedimen di Pantai Trimulyo memiliki nilai rata-rata kadar logam Pb tertinggi sebesar 23,78 mg/kg dan kandungan logam berat timbal (Pb) pada sedimen di Pantai Tirang memiliki nilai rata-rata kadar logam Pb tertinggi sebesar 49,16 mg/kg. Kandungan logam berat kadmium (Cd) pada sedimen di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang berada memiliki nilai rata-rata kadar logam Cd sebesar <0,050 mg/kg. Kandungan logam berat dalam sedimen di setiap lokasi penelitian dipengaruhi faktor parameter lingkungan (suhu, salinitas, pH, DO, kecepatan arus dan kecerahan perairan). Secara keseluruhan, kandungan logam berat Cd pada sedimen di setiap lokasi penelitian tidak melebihi baku mutu, sedangkan kandungan logam berat timbal pada sedimen sudah melebihi atau mendekati baku mutu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen yang telah membantu dalam penelitian dan Laboratorium BBTPI Semarang yang telah membantu dalam pengujian sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Aphrodita, S.V., Santoso, A., & Riniatsih, I. 2022. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Air , Sedimen , dan Lamun Enhalus acoroides di Perairan Pantai Sanur Kota Denpasar. *Journal of Marine Research*, 11(2): 227–236. DOI: 10.14710/jmr.v11i2.31978
- Ashar, Y.K., Naria, E., & Dharma, S. 2014. Analisis Kandungan Kadmium (Cd) dalam Udang Windu (*Penaeus monodon*) yang Berada di Tambak Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Kelurahan Terjun Kota Medan tahun 2014. *Lingkungan Dan Keselamatan Kerja*, 3(3): 1–10.
- 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*, 1(2):35–44.
- Clara, J.O., Haeruddin, & Ayuningrum, D. 2022. Analisis Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Air, Sedimen dan Tiram (*Crassostrea* sp.) di Sungai Tapak, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 6(1):55–65.
- Gaus, I., Haeruddin, & Ain, C. 2018. Pemanfaatan Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Berat Pb dan Cd di Perairan Teluk Semarang. *Journal of Maquares*, 7(1): 9–17.
- Li, H., Shi, A., Li, M., & Zhang, X. 2013. Effect of pH, Temperature, Dissolved Oxygen, and Flow Rate of Overlying Water on Heavy Metals Release from Storm Sewer Sediments. *Journal of Chemistry*, p.1–12. DOI: 10.1155/2013/434012
- Ma'rifah, A., Siswanto, A. D., & Romadhon, A. 2016. Karakteristik dan Pengaruh Arus Terhadap Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen di Perairan Kalianget Kabupaten Sumenep. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan 2016*, p.82–88.
- Martuti, N.K.T., Sanjivanie, H.A., & Ngabekti, S. 2016. Bioakumulasi Kadmium pada Ikan Bandeng di Tambak Dukuh Tapak Semarang. *Jurnal MIPA*, 39(2):92–97.
- Nuraini, R.A.T., Endrawati, H., & 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*, 20(1): 48–55. DOI: 10.14710/jkt.v20i1.1104
- Purba, R.D., Haeruddin, & Rudiyaniti, S. 2020. Analisis Beban Pencemaran Sungai Banjir Kanal Barat dan Sungai Silandak, Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal*, 9(1): 67–71.
- Purnawan, S., Azizah, Jalil, Z., & Zaki, M. 2018. Karakteristik Sedimen dan Kandungan Mineral Pasir Besi di Labuhan Haji Timur, Kabupaten Aceh Selatan. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 13(2): 110–119. DOI: 10.23955/rkl.v13i2.10532
- Ratnawati, N.A., Prasetya, A.T., & Rahayu, F. 2019. Validasi Metode Pengujian Logam Berat Timbal (Pb) dengan Destruksi Basah Menggunakan FAAS dalam Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Semarang. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(1): 60–68.
- Septiani, W.D., Kalangi, P.N.I., & Luasunaung, A. 2014. Dinamika salinitas daerah penangkapan ikan di sekitar muara Sungai Malalayang, Teluk Manado, pada saat spring tide. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan Tangkap*, 1(6):215–220. DOI: 10.35800/jitpt.1.6.2014.6959
- Sinulingga, H.A., Muskananfolo, M.R., & Rudiyaniti, S. 2017. Hubungan Tekstur Sedimen dan Bahan Organik dengan Makrozoobentos di Habitat Mangrove Pantai Tirang Semarang. *Journal of Maquares*, 6(3):247–254.
- Sugiarti, E., Haeruddin, & Anggoro, S. 2020. Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) dalam Jaringan Lunak Kerang Simpson (*Amusium pleuronectes*) dan Sedimen di Perairan Teluk Semarang dan Hubungannya dengan Tingkat Kerja Osmotik Concentration of Cadmium (Cd) in the Soft Tissue Scallop (*Amusium pleuronectes*). *Journal of Maquares*, 9(1): 57–64. DOI: 10.14710/marj.v9i1.27760
- Sukaryono, I.D., & Dewa, R.P. 2018. Pemantauan Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Sedimen di Pasir Teluk Ambon Dalam sebagai Indisikasi Tingkat Pencemaran. *Majalah BIAM*, 14(1): 1–7.
- Suryono, C.A. 2016. Akumulasi Logam Berat Cr, Pb dan Cu dalam Sedimen dan Hubungannya dengan Organisme Dasar di Perairan Tugu Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 19(2): 143-149.
-

DOI: 10.14710/jkt.v19i2.841

- Syahminan, Riani, E., Anwar, S., & Rifardi. 2015. Heavy Metals Pollution Status Pb and Cd in Sediments in Dumai Sea western waters – Riau Province. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 5(2): 133–140. DOI: 10.19081/jpsl.5.2.133
- Utami, R., Rismawati, W., & Sapanli, K. 2018. Pemanfaatan Mangrove untuk Mengurangi Logam Berat di Perairan. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia*, 2(1): 141–153.
- Wardani, N.K., Prartono, T., & Sulistiono. 2020. Sediments Quality Based on Geo-Accumulation Index in Heavy Metals (Pb, Cu, and Cd) of Cengkok Coastal Waters, Banten Bay. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4): 574–582. DOI: 10.15294/jpii.v9i4.24908