

Distribusi Logam Berat (Pb dan Cd) Sedimen di Perairan Pantai Loji Pekalongan, Jawa Tengah

Pudja Handjanny Nastitie Dierriscka, Lilik Maslukah*, Baskoro Rochaddi, Muhammad Zainuri

Program Studi Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

*Corresponding author, e-mail: lilik_masluka@yahoo.com

ABSTRAK: Sungai Loji merupakan salah satu sungai di Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah, yang dipengaruhi oleh berbagai aktivitas manusia seperti industri, perikanan, dan pemukiman. Berbagai aktivitas tersebut dapat menghasilkan limbah, salah satunya adalah logam berat. Adanya aliran air dari daratan menyebabkan sebagian logam berat dapat masuk ke laut. Penelitian ini bertujuan menentukan dan memetakan pola distribusi kandungan logam berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) di sedimen dasar dan keterkaitannya terhadap prosentase ukuran butir dan bahan organik sedimen. Pengambilan sampel pada 24 Agustus 2021. Analisis logam berat Pb dan Cd sedimen menggunakan metode SNI 4819:2013, bahan organik menggunakan *Loss of Ignition* (LOI), ukuran butir melalui pengayakan dan pipetasi. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi Pb antara 3,708-6,149 mg/kg dan Cd dibawah deteksi limit ($\leq 0,003$ mg/kg). Pola distribusi logam Pb tidak dipengaruhi oleh ukuran butir, namun dipengaruhi oleh prosentase bahan organik sebesar 43%. Konsentrasi bahan organik berada pada kisaran 28,5% - 53,29%. Konsentrasi logam berat sedimen masih berada di bawah baku mutu ANZECC dan perairan pantai Loji, Pekalongan ini masih dalam kondisi alami atau belum tercemar.

Kata kunci: Logam Pb; Cd; Bahan Organik; sedimen; Muara Sungai Loji

The Distribution of Heavy Metals (Pb and Cd) in Sediment Coastal Waters of Loji Pekalongan, Central Java

ABSTRACT: One of the rivers in Pekalongan Regency, Central Java, Loji River is affected by various human activities such as industry, fisheries, and settlements. These activities can produce waste, one of which is heavy metals. The existence of runoff from land causes some heavy metals to reach the marine environment. This study aims to determine and mapping the distribution patterns of the heavy metal content of Lead (Pb) and Cadmium (Cd) in bottom sediments and their relationship to the percentage of grain size and organic matter of sediments. Sampling was on 24 August 2021. Analysis of sediment Pb and Cd using the SNI 4819: 2013 method, organic matter using loss of ignition (LOI), grain size through sieving and pipetting. The results showed Pb concentrations between 3.708 - 6.149 mg/kg and Cd concentration below the detection limit (≤ 0.003 mg/kg). The distribution pattern of Pb metal was not influenced by grain size, but was influenced by the percentage of organic matter by 43%. The concentration of organic matter is in the range of 28.5% - 53.29%. The concentration of Pb and Cd in the sediment is still below the ANZECC quality standard, so the coastal waters of Loji, Pekalongan are still in an unpolluted condition.

Keywords: Heavy Metals of Pb; Cd; Organic Materials; Grain Size; Loji

PENDAHULUAN

Sungai Loji merupakan salah satu sungai yang terdapat di Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah. Daerah hulu sungai terdapat kegiatan antara lain industri, perikanan, dan pemukiman penduduk. Aktivitas-aktivitas tersebut tentunya akan menghasilkan limbah yang oleh adanya aliran

sungai akan masuk ke perairan laut. Salah satu pencemaran yang dihasilkan oleh aktivitas manusia di daratan tersebut antara lain dalam bentuk komponen anorganik seperti logam berat. Keberadaannya dalam konsentrasi yang tinggi dapat bersifat racun bagi organisme perairan. Sifat dari logam adalah sulit terurai, dan dapat terakumulasi dalam tubuh organisme dan terendapkan ke sedimen dasar (Sari *et al.*, 2023).

Jenis logam berat yang sering dijumpai di wilayah perairan diantaranya ialah Timbal (Pb) dan *Cadmium* (Cd). Logam berat Pb di perairan dapat berasal dari bahan bakar beraditif timbal akibat aktivitas transportasi kendaraan bermotor seperti perahu nelayan (Frences *et al.*, 2022). Sementara logam berat Cd dapat berasal dari limbah industri logam, plastik, cat, pupuk, dan minyak. Debu atmosfer juga memberi kontribusi masuknya Cd ke perairan (Indirawati, 2017). Dalam perairan logam berat ditemukan dalam bentuk terlarut dan oleh mekanisme proses adsorpsi, fase terlarut akan hilang dari kolom perairan berubah menjadi fase partikel (Fitroh *et al.* 2019). Logam berat yang telah teradsorpsi oleh partikel, pada saat arus lemah sebagian akan terendapkan ke sedimen membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik lainnya. Keberadaannya dalam sedimen dapat merupakan sumber baru fase terlarut melalui proses resuspensi oleh pengaruh gelombang dan selanjutnya akan tersebar oleh arus (Natsir *et al.*, 2021).

Jenis dan ukuran butir sedimen memiliki peranan penting dalam distribusi logam berat di sedimen. Sebaran ukuran butir sedimen sangat berkaitan dengan kecepatan arus yang mempengaruhi proses pengendapannya (Antari *et al.*, 2020). Proses terjerapnya logam berat oleh partikel suspensi dikolom perairan berkaitan dengan kandungan bahan organik. Partikel dengan butir lebih halus memiliki kemampuan yang lebih kuat dalam mengadsorpsi bahan organik yang selanjutnya juga mempengaruhi proses terjerapnya logam berat (Maslukah *et al.*, 2013). Selanjutnya energi dari pasang surut yang menentukan proses pengendapannya (Muhardi *et al.*, 2021). Arus lemah tidak memiliki kemampuan membawa butiran sedimen kasar jauh dari perairan pantai, namun sebaliknya butiran halus akan terbawa jauh dari perairan pantai, dan membutuhkan proses lama untuk mengendap. Adanya variasi energi tentunya akan mempengaruhi juga pola distribusi sedimen yang berdasarkan analisis statistik dapat ditentukan nilai rata-rata (*mean*), sortasi atau standar deviasi (*sorting*), kemencengan (*skewness*), dan keruncingan (*kurtosis*) (Purnawan *et al.*, 2015).

MATERI DAN METODE

Lokasi penelitian ini ditentukan dengan metode *purposive sampling*, yaitu metode yang dilakukan dengan menentukan titik sampling yang dianggap telah mewakili wilayah perairan yang diteliti (Azhar *et al.*, 2012). Sementara titik koordinat lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*). Penelitian dilakukan di muara sungai Loji, Pekalongan yang terdiri dari 11 (sebelas) stasiun, terbagi menjadi wilayah yang mewakili badan sungai (stasiun 10 dan 11), dekat muara (7, 8 dan 9), transisi muara dan laut lepas, dan laut lepas (1, 2, 3). Posisi stasiun pengambilan sampel disajikan pada Gambar 1.

Sampel sedimen diambil dengan dua kali pengulangan menggunakan *sediment grab* kemudian dimasukkan ke dalam wadah penyimpanan. Pengambilan data kualitas perairan, meliputi suhu, salinitas, pH dan DO dilakukan secara *in situ* (Sabila *et al.*, 2016). Data suhu dan DO diambil menggunakan WQC (*Water Quality Checker*), sementara salinitas diambil menggunakan *Refractometer*, serta kecerahan perairan menggunakan *Secchi Disk* (Rahayu *et al.*, 2013). Data arus diperoleh melalui simulasi arus yang kemudian diverifikasi dengan data arus lapangan yang diambil menggunakan metode Eulerian dengan menggunakan ADCP (Trianne *et al.*, 2017).

Kandungan logam berat Timbal (Pb) dan *Cadmium* (Cd) pada sedimen dasar dianalisa menggunakan metode SNI 4819:2013. Sampel sedimen diekstrak menggunakan asam kuat untuk melepas logam berat yang terikat sedimen. Hasil ekstraksinya (dalam fase terlarut) dibaca nilai absorbansinya menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).. Penentuan ukuran butir dan jenis sedimen dilakukan dengan analisa Granulometri menggunakan metode *shieving* dan *pipetting* (Pratiwi *et al.*, 2015). Persentase fraksi sedimen digunakan untuk penamaan jenis sedimen, menggunakan segitiga Shepard. Butiran sedimen ditentukan parameter statistik meliputi mean,

sortasi, *skewness*, dan *kurtosis*. Analisis statistik dilakukan guna memaparkan distribusi frekuensi ukuran butir (Purnawan *et al.*, 2015). Perhitungan parameter statistik sedimen dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Mean : } M = \frac{Q_{16} + Q_{50} + Q_{84}}{3}$$

$$\text{Sortasi : } S = \frac{Q_{84} - Q_{16}}{4} + \frac{Q_{95} - Q_5}{6,6}$$

$$\text{Skewness : } Sk = \frac{Q_{84} + Q_{16} - 2Q_{50}}{2(Q_{84} - Q_{16})} + \frac{Q_{95} + Q_5 - 2Q_{50}}{2(Q_{95} - Q_5)}$$

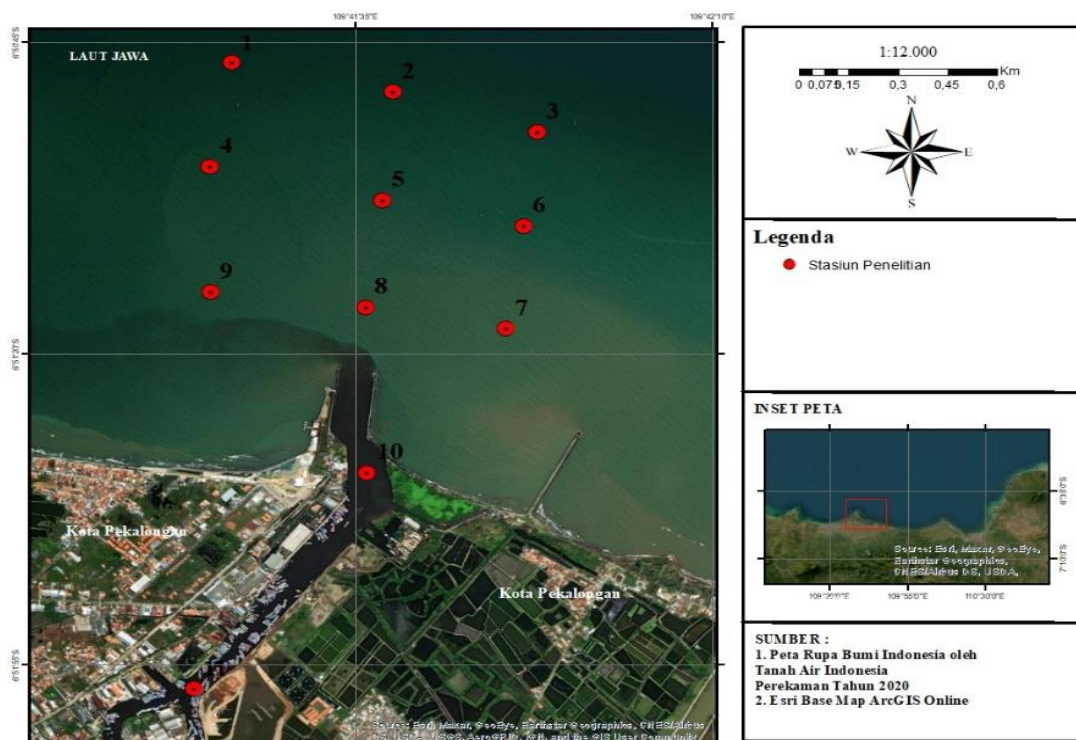
$$\text{Kurtosis : } K = \frac{Q_{95} - Q_5}{2,44(Q_{75} - Q_{25})}$$

Analisa kandungan Bahan Organik (BO) pada sedimen dasar dilakukan menggunakan metode LOI (loss of Igniation), yaitu sedimen diambil sebanyak 20 gram dan dikeringkan selama 4 jam dengan oven bersuhu 60°C. Kemudian sampel dihaluskan dan ditimbang 0,5 gram lalu dibakar menggunakan *furnace* selama 4 jam dengan suhu 550°C. Selanjutnya sampel ditimbang, selisih berat sedimen merupakan bahan organik yang hilang (Citra *et al.*, 2020).

$$\% \text{ BO} = \frac{W_o - W_t}{W_o} \times 100\%$$

Keterangan: %BO = Persentase bahan organik sedimen, W_o = Berat sedimen awal (gram), W_t = Berat sedimen yang tersisa setelah pemanasan 550°C.

Analisa kecepatan dan arah arus dilakukan menggunakan *software* MIKE 21 dengan model *Flow Model Flexible Mesh*.



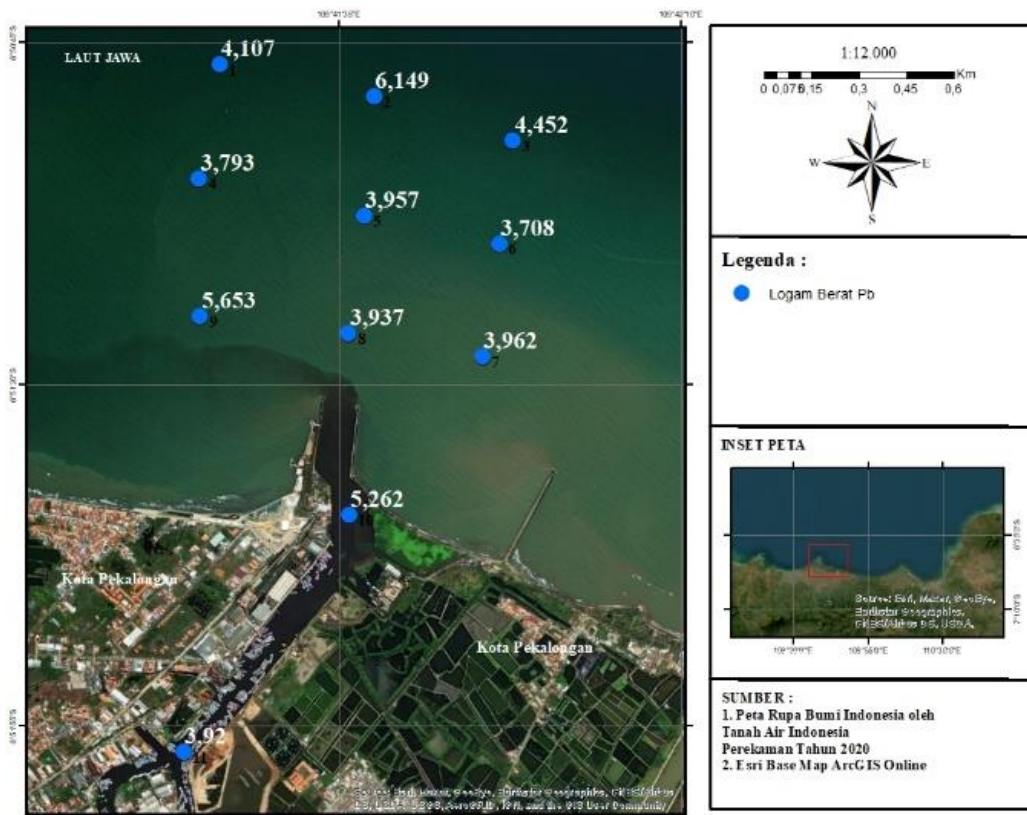
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa kandungan logam berat Pb dan Cd serta bahan organik di sedimen dasar muara Sungai Loji Pekalongan menunjukkan hasil yang beragam. Konsentrasi timbal (Pb) berada pada kisaran 3,708 mg/kg hingga 6,149 mg/kg. Sementara konsentrasi kadmium (Cd) $\leq 0,003$ mg/kg. Konsentrasi bahan organik, yang dalam penelitian ini akan dilihat pengaruhnya terhadap pola distribusi logam berat Pb berada pada kisaran 28,5% hingga 53,29 %. Hasil analisa kandungan logam berat Pb, Cd, dan bahan organik di sedimen dasar disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil pengolahan data tersebut, dapat diketahui bahwa nilai kandungan timbal (Pb) di perairan muara Sungai Loji Pekalongan masih berada di bawah ambang batas Baku Mutu menurut (ANZECC, 2000) yaitu 50 mg/kg. Hal ini menggambarkan bahwa kandungan Timbal (Pb) di area perairan muara sungai Loji dapat digolongkan pada kategori rendah dan belum dalam kriteria tercemar. Meskipun demikian, logam berat Timbal (Pb) tetap selalu dipantau dan diwaspadai, karena Timbal (Pb) tergolong pada kelompok logam berat yang bersifat toksik tinggi, yang cukup berbahaya pada kehidupan biota juga berbahaya secara tidak langsung terhadap kehidupan manusia (Moore dan Rammoorthy, 1984). Gambar 2 menunjukkan pola distribusi logam berat Pb di perairan muara Sungai Loji Pekalongan.

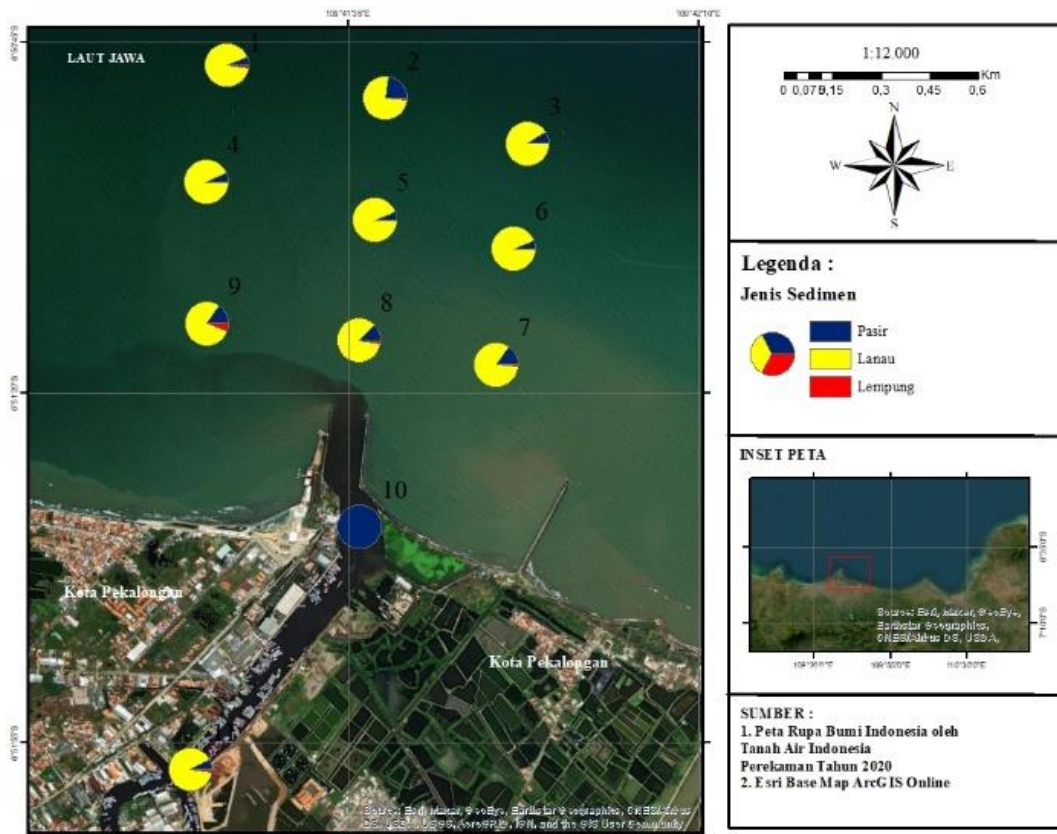
Analisa ukuran butir sedimen dasar muara Sungai Loji Pekalongan ditemukan fraksi pasir, lanau dan lempung dengan prosentase yang bervariasi. Secara umum, fraksi lanau merupakan penyusun sedimen yang paling besar, diikuti dengan pasir dan lempung. Hasil analisa ukuran butir disajikan pada Tabel 2 dan pola sebarannya di ditampilkan pada Gambar 3. Sementara itu, hasil analisa korelasi antara ukuran butir dengan konsentrasi logam berat Pb dan korelasi antara konsentrasi logam berat Pb dengan bahan organik disajikan dalam bentuk plot scatter yang di sajikan pada Gambar 4.



Gambar 2. Konsentrasi Logam Berat Pb pada Sedimen

Tabel 1. Konsentrasi Logam Berat dan Bahan Organik

Stasiun	Timbal (Pb)	Cadmium (Cd)	Bahan Organik
B1	4,107	≤0,003	31.6
B2	6,149	≤0,003	42.95
B3	4,452	≤0,003	34.37
B4	3,793	≤0,003	31.66
B5	3,957	≤0,003	32.07
B6	3,708	≤0,003	32.94
B7	3,962	≤0,003	42.34
B8	3,937	≤0,003	28.72
B9	5,653	≤0,003	38.34
B10	5,262	≤0,003	53.29
B11	3,92	≤0,003	28.5



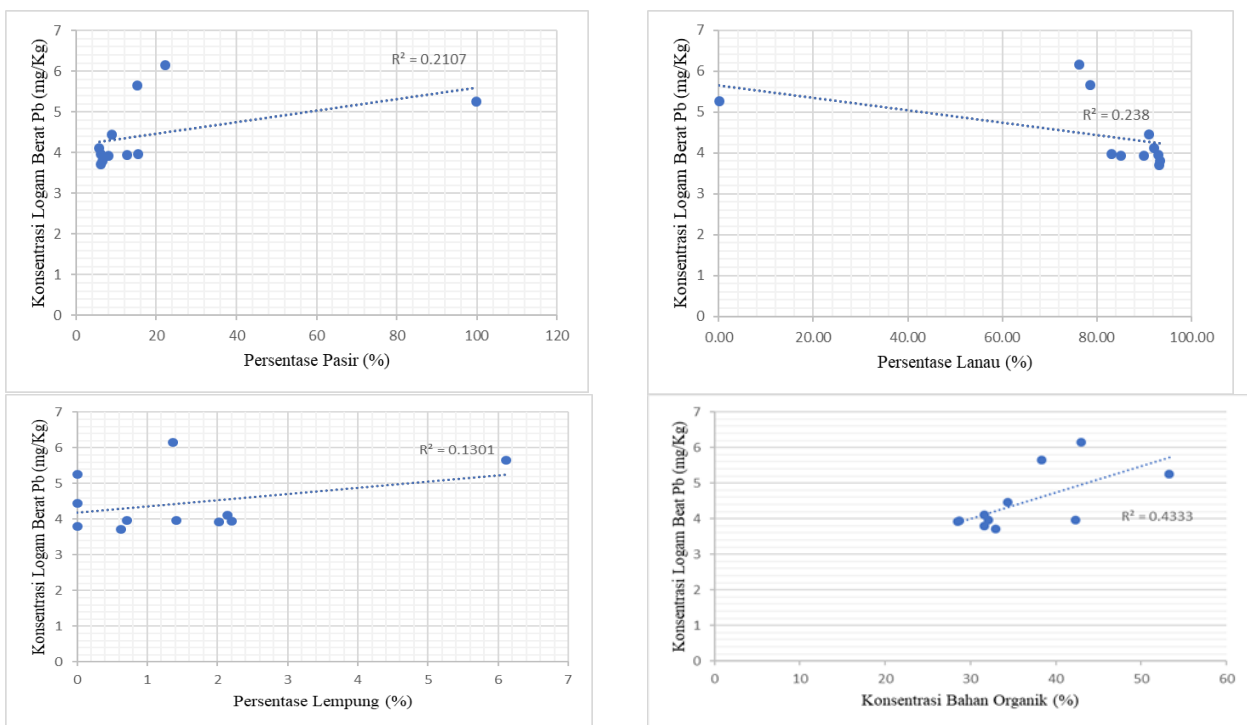
Gambar 3. Peta Sebaran Ukuran Butir Sedimen Muara Sungai Loji

Ukuran butir sedimen memiliki peran dalam pendistribusian logam berat (Rezki *et al.*, 2021). Kandungan logam berat di dalam sedimen dapat dipengaruhi salah satunya oleh ukuran butir sedimen itu sendiri. Partikel sedimen yang lebih halus dapat mengikat logam dengan lebih stabil daripada partikel sedimen yang lebih besar (Maslukah, 2013). Namun pada penelitian ini, kandungan logam berat Pb paling besar ditemui pada stasiun 2, dimana pada titik tersebut memiliki sedimen berjenis lanau pasiran. Hal ini dimungkinkan karena letak dari stasiun tersebut yang berada di sekitar estuari arah laut lepas dan juga karena aktivitas nelayan di area tersebut sehingga peningkatan kandungan timbal karena adanya pembuangan limbah bahan bakar kapal nelayan (Natsir *et al.* 2021).

Kandungan bahan organik berkaitan erat dengan ukuran butir sedimen (Putra *et al.*, 2022), dimana pada umumnya semakin halus butir sedimen maka akan diikuti dengan kenaikan bahan organiknya. Bahan organik juga merupakan komponen penting dalam pengikatan logam berat di sedimen (Maslukah, 2013). Pada penelitian ini dapat dilihat bahwa nilai bahan organik paling tinggi terdapat pada stasiun 10 (53,29%). Namun, konsentrasi Pb pada stasiun tersebut sebesar 5,262 mg/kg. Hal ini bisa saja dikarenakan oleh proses fisis yang ikut berpengaruh dalam menentukan distribusinya. Pada penelitian ini, pola pergerakan arus dari hasil pemodelan yang diverifikasi menggunakan metode RMSE sebesar 0,00003 – 0,09569 m/s yang disajikan dalam Gambar 5.

Tabel 2. Persentase Ukuran Butir dan Jenis Sedimen Muara Sungai Loji

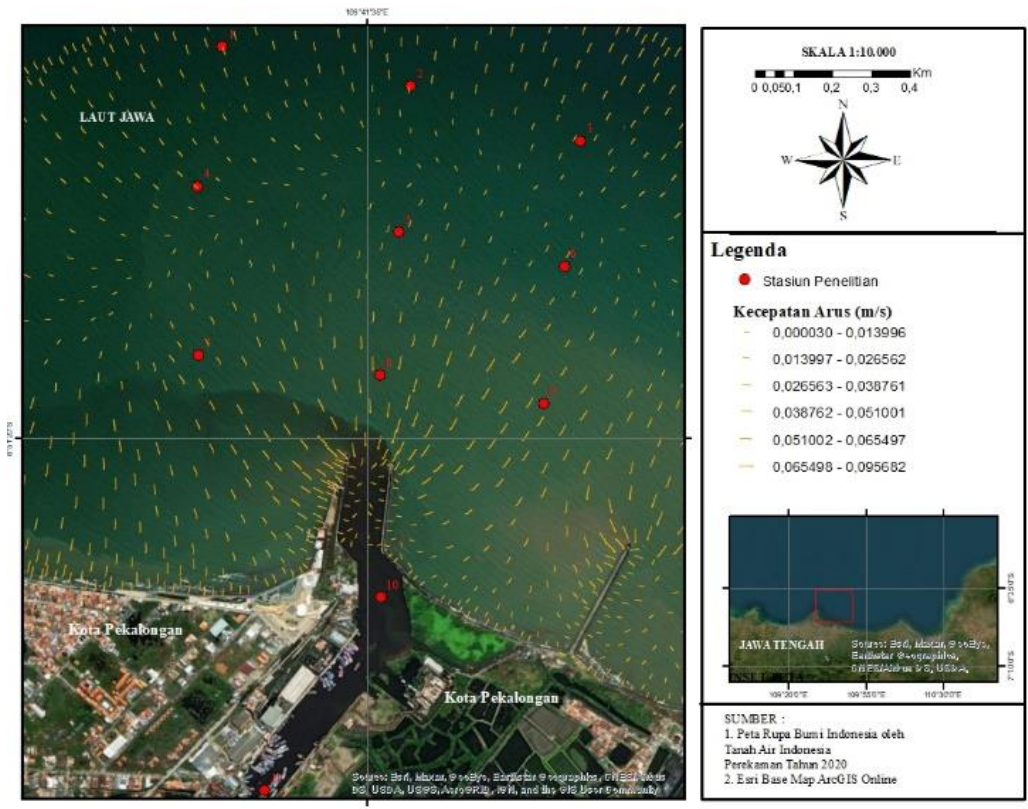
Stasiun	Kandungan (%)			Jenis Sedimen
	Pasir (<i>Sand</i>)	Lanau (<i>Silt</i>)	Lempung (<i>Clay</i>)	
B1	5.75	92.09	2.14	Lanau
B2	22.3	76.31	1.37	Lanau Pasiran
B3	8.97	91.02	0	Lanau
B4	6.57	93.42	0	Lanau
B5	6.2	93.07	0.71	Lanau
B6	6.23	93.13	0.62	Lanau
B7	15.44	83.13	1.41	Lanau
B8	12.7	85.09	2.2	Lanau
B9	15.28	78.59	6.11	Lanau Pasiran
B10	99.95	0.04	0	Pasir Halus
B11	8.03	89.94	2.02	Lanau



Gambar 4. Plot scatter Konsentrasi logam berat terhadap a) pasir b) lanau c) lempung d) bahan organik

Tabel 3. Hasil Perhitungan Statistik Sedimen dan Klasifikasinya

Stasiun	Mean (M)	Sortasi (S)	Klasifikasi S	Skewness (Sk)	Klasifikasi Sk	Kurtosis (K)	Klasifikasi K
B1	0.072	-0.018	Very Well Sorted	0.71306	Very Fine Skewed	0.94834	Mesokurtic
B2	0.077	-0.018	Very Well Sorted	0.5672	Very Fine Skewed	1.22951	Leptokurtic
B3	0.073	-0.019	Very Well Sorted	0.70914	Very Fine Skewed	0.99344	Mesokurtic
B4	0.075	-0.016	Very Well Sorted	0.7247	Very Fine Skewed	1.04049	Mesokurtic
B5	0.075	-0.015	Very Well Sorted	0.7391	Very Fine Skewed	1.06957	Mesokurtic
B6	0.072	-0.021	Very Well Sorted	0.70993	Very Fine Skewed	1.30724	Leptokurtic
B7	0.076	-0.018	Very Well Sorted	0.58472	Very Fine Skewed	1.36548	Leptokurtic
B8	0.076	-0.019	Very Well Sorted	0.6351	Very Fine Skewed	1.35317	Leptokurtic
B9	0.076	-0.021	Very Well Sorted	0.62635	Very Fine Skewed	1.91515	Very Leptokurtic
B10	0.352	-0.196	Very Well Sorted	-0.0369	Symmetrical	1.51246	Very Leptokurtic
B11	0.075	-0.02	Very Well Sorted	0.6758	Very Fine Skewed	1.53139	Very Leptokurtic



Gambar 5. Peta Arus di Muara Sungai Loji Pekalongan

Kandungan logam berat Pb memiliki korelasi positif terhadap bahan organik dengan koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,4333$ Sementara terhadap pasir, lanau, dan lempung berturut – turut sebesar $R^2 = 0,2107$; $0,238$ dan $0,1301$ (Gambar 4). Berdasarkan grafik korelasi tersebut, dapat diketahui bahwa kandungan logam berat Pb di sedimen lebih dipengaruhi oleh bahan organik daripada ukuran butir sedimen. Hal ini kemungkinan disebabkan karena keberadaan logam berat di sedimen terjadi setelah sedimen diendapkan.

Berdasarkan klasifikasi *skewness* yang di peroleh di keseluruhan stasiun yaitu *very fine skewed* di 10 stasiun dan *symmetrical* di 1 stasiun dapat diindikasikan bahwa sedimen di lokasi penelitian secara umum termasuk ke dalam jenis sedimen halus.. Sementara berdasarkan klasifikasi kurtosis yang diperoleh yaitu *mesokurtic* hingga *very leptokurtic*. Menurut Purnawan *et al.* (2015) nilai kurtosis yang tinggi ini disebabkan karena pola distribusi, dimana didominasi oleh fraksi pasir halus hingga lanau.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kandungan logam berat Timbal (Pb) di sedimen dasar perairan Sungai Loji berkisar antara 3,708 mg/kg hingga 6,149 mg/kg, dan kandungan Cadmium dibawah ambang batas alat ($\leq 0,003$ mg/kg). Pola distribusi logam Timbal (Pb) tidak berkaitan dengan distribusi ukuran butir, namun memiliki keterkaitan dengan keberadaan bahan organik sedimen. Kandungan bahan organik di sedimen berkisar 28,5% hingga 53,29% dan memengaruhi keberadaan logam Pb dalam sedimen sebesar 43% dari pengaruh faktor yang lain. Berdasarkan nilai rerata, kandungan Timbal (Pb) di sedimen perairan muara Sungai Loji (4,445 mg/kg) masih dibawah ambang batas Baku Mutu *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* (ANZECC) yaitu 50 mg/kg.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari hibah penelitian FPIK Undip dengan nomor kontrak: No. 187-63/UN7.6.1/PP/2021, 10 Maret 2021

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, R. & Husaini. 2017. Logam Berat Sekitar Manusia. Banjarmasin: Lumbung Mangkurat University Press.
- Antari, A.V., Suryoputro, A.A.D., Atmodjo, W., Setiyono, H., & Maslukah, L. 2020. Analisis Ukuran Butir Sedimen di Perairan Muara Sungai Kali Bodri, Kecamatan Patebon, Kabupaten Kendal. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(3):283-292. DOI: 10.14710/ijoce.v2i3.8674
- Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC) & Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand (ARMCANZ), 2000, Australian Guidelines For Water Quality Monitoring And Reporting, Canberra, 314 Hal.
- Citra, L.S., Supriharyono, & Suryanti. 2020 Analisis Kandungan Bahan Organik, Nitrat dan Fosfat pada Sedimen Mangrove Jenis *Avicennia* dan *Rhizophora* di Desa Tapa Tugurejo, Semarang. *Journal of Maquares*, 9(2):107-114.
- Fitroh, I.S., Subardjo, P., & Maslukah, L. 2019. Hubungan Logam Berat Pb terhadap Fraksi Sedimen dan Bahan Organik di Muara Sungai Tiram, Marunda, Jakarta Utara. *Buletin Oseanografi Marina*, 8(2):61-66. DOI: 10.14710/buloma.v8i1.25209.
- Frences, S.A., Asbar, & Hamsiah. 2022. Sebaran Spasial Logam Berat pada Permukaan Sedimen Dasar dan Keterkaitannya Dengan Kualitas Air Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran di Perairan Pesisir Kota Pekalongan. *Jurnal Ilmiah Manajemen Pesisir*, 1(1):1-10.
- Indirawati, S. M. 2017. Pencemaran Logam Berat Pb dan Cd dan Keluhan Kesehatan pada Masyarakat di Kawasan Pesisir Belawan. *Jurnal Jumantik*, 2(2):54-60.
- Maslukah, L. 2013. Hubungan antara Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Buletin*

Oseanografi Marina, 2:55-62.

- Moore, J. W. & Rammamoorthy, S. 1984. Heavy Metals in Neutral Water. Springer Verlag. New York.
- Muhardi, M., Nurrahman, Y. A., Risko, R., Muliadi, M., Rahayu, K., & Susiati, H. 2021. Statistical Parameters Analysis of Sediment Grain Size From Raya River Bengkayang Regency, West Borneo. *Bulletin of Marine Geology*, 36(2): 100-107. DOI: 10.32693/bomg.36.2.2021.726.
- Natsir, N.A., Yusrianti, H., & Asyik, N.A.A. 2021. Akumulasi Logam Berat Pb dan Cd dalam Sedimen dan Hubungannya dengan Biota Laut di Perairan Tulehu Ambon. *The Journal of Tropical Biology*. 5(1): 41-49. DOI: 10.29080/biotropic.2021.5.1.41-49
- Pratiwi, M.J., Muslim., & Heny, S. 2015. Studi Sebaran Sedimen Berdasarkan Tekstur Sedimen di Perairan Sayung, Demak. *Jurnal Oseanografi*, 4(3):608-613.
- Purnawan, S., Haridhi, H.A., Setiawan, I., & Marwantim. 2015. Parameter Statistik Ukuran Butiran Pada Sedimen Berpasir di Muara Kuala Gigieng, Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1): 15-21.
- Putra, M.D.N., Widada, S., & Atmodjo, W. 2022. Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sedimen Dasar Perairan Banjir Kanal Timur Semarang. *Indonesia Journal of Oceanography*, 4(3):13-21.
- Rahayu, S., Setyawati, T.R., & Turnip, M. 2013. Struktur Komunitas Zooplankton Di Muara Sungai Mempawah Kabupaten Pontianak Berdasarkan Pasang Surut Air Laut. *Protobiont*, 2(2): 49-55. DOI: 10.26418/protobiont.v2i2.2740
- Rezki, C.T., Subardjo, P., & Wulandari, S.Y. 2013. Studi Sebaran Logam Berat Pb (Timbal) Pada Sedimen Dasar Perairan Pantai Slamaran Kota Pekalongan. *Jurnal Oseanografi*, 2(1):9-17
- Sabila, S., Yusuf, M., & Saputra, S. 2016. Sebaran Logam Berat Pb dan Cu Pada Sedimen Muara Sungai Silugonggo Kecamatan Batangan Kabupaten Pati. *Jurnal Oseanografi*, 5(2):180-190.
- Sari, M.A., Edelwis, T.W., & Pardi, H. 2023. Bioaccumulation of Lead (Pb) in Green Mussels (*Perna Viridis*) in Indonesian Waters. *BIO Web of Conferences*, 79(12003):1-7. DOI: 10.1051/bioconf/20237912003
- Trianne, S., Satriadi, A., & Maslukah, L. 2017. Analisa Sebaran Sedimen Dasar Di Perairan Tolitoli Sulawesi Tengah. *Journal of Oceanography*, 6(4):633-638.