

Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sedimen Dasar Perairan Banjir Kanal Timur Semarang

Muhammad Dicky Nugraha Putra*, Sugeng Widada, dan Warsito Atmodjo

*Prodi Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah – 50275, Telp/Fax. +6224 7474698
Email: *mdickynugraha17@gmail.com*

Abstrak

Padatnya aktifitas industri pada suatu wilayah dapat menyebabkan terjadinya pencemaran logam berat. Salah satu jenis logam berat tersebut adalah timbal (Pb). Logam berat Pb di suatu perairan umumnya berasal dari aktifitas transportasi, dimana hal tersebut terkandung dalam bahan bakar sebagai anti pemecah minyak yang kemudian di lepaskan ke atmosfer melalui alat pembuangan asap yang kemudian terlarut dalam laut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi logam berat Pb dan keterkaitannya dengan sedimen dasar di Perairan Banjir Kanal Timur Semarang. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh nilai konsentrasi logam berat tertinggi sebesar 31,35 ppm dan konsentrasi logam berat di sedimen nilainya sangat dipengaruhi oleh ukuran butir sedimen,

Kata kunci: Logam Berat, Pb (Timbal), Sedimen Dasar, Banjir Kanal Timur, Semarang

Abstract

The density of industrial activity in an area is possible to make heavy metal pollution, which one of it is lead (Pb). One type of heavy metal is lead (Pb). Heavy metal Pb in waters generally comes from transportation activities, where it is contained in fuel as an anti-oil breaker which is then released into the atmosphere through a smoke exhaust device which is then dissolved in the sea. The purpose of this study was to determine how big the concentration of heavy metal Pb and its correlation with sediment base in Banjir Kanal Timur Semarang. Based on the research that has been done, the highest value of heavy metal concentration is 31.35 ppm and the concentration of heavy metals in the sediment is strongly influenced by the grain size of the sediment.

Keywords: Heavy Metal, Pb (lead), Sediment Base, Banjir Kanal Timur Semarang

PENDAHULUAN

Muara perairan sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia ini. Tempat ini berupa tempat masuknya satu atau lebih dari beberapa perairan yang kemudian akan mengalir ke laut. Namun, beberapa muara ang dekat dengan pemukiman warga dapat terancam ekosistemnya, dikarenakan beragam aktivitas manusia yang dapat menghasilkan polusi maupun penangkapan ikan secara berlebihan. Daerah ini merupakan daerah yang sangat sensitif terhadap polusi, karena beberapa muara berfungsi sebagai wastafel yang menyaring sumber polutan melalui input berbeda hingga mencapai ke laut (Pérez-Fernández *et al.*, 2020) dan daerah ini merupakan sistem yang kompleks dan dinamis, dan mengalami musim perubahan yang signifikan (Li *et al.*, 2021).

Saat ini, pencemaran logam berat menjadi permasalahan yang parah hampir di seluruh dunia. Logam berat ini merupakan suatu zat yang bersifat toksik bagi manusia dan makhluk hidup lainnya, karena fenomena alam atau industrialisas yang ekstensif. Zat ini sangat berbahaya bagi manusia karena dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernafasan, pencernaan, melalui pori-pori kulit, kemudian beredar keseluruh tubuh. Logam berat sangat berbahaya karena memiliki sifat tidak dapat terdegradasi secara alami dan cenderung terakumulasi dalam air, sedimen dasar perairan, dan tubuh organisme dan bila masuk ke dalam tubuh melebihi ambang batasnya (Hananingtyas, 2017; Supriyantini & Soenardjo, 2016). Polusi logam berat juga dapat menghambat biodegradasi senyawa organik yang terklorinasi degan berinteraksi dengan enzim metabolisme yang dapat menghambat fungsinya pada tubuh (Pratush *et al.*, 2018).

Timbal merupakan salah satu logam berat beracun dan berbahaya, banyak ditemukan sebagai pencemar dan cenderung mengganggu kelangsungan hidup organisme perairan (Arkianti *et al.*, 2019). Timbal yang masuk ke dalam ekosistem perairan dapat menjadi sumber pencemar dan akibatnya dapat mempengaruhi biota perairan. Pada manusia, pengaruh timbal (Pb) dapat berhubungan dengan berat badan bayi yang rendah saat lahir (Hill *et al.*, 2021). Timbal yang terdapat di perairan kebanyakan berasal dari aktifitas transportasi, dimana kandungan timbal terdapat pada bahan bakar anti pemecah minyak. Akibat dari aktifitas ini, polusi timbal di lepaskan ke atmosfer melalui alat pembuangan asap dan kemudian terlarut dalam air dan laut (Harmesa & Cordova, 2021).

METODE

Metode penelitian survei dengan teknik pengambilan data secara sampling acak pada 10 stasiun dan kemudian data yang didapatkan dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

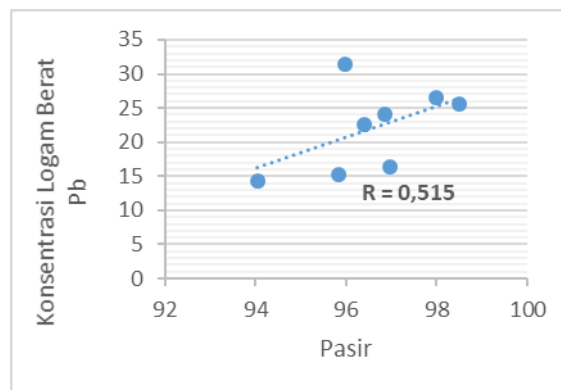
Berdasarkan data hasil analisa tabel di sub bab sebelumnya, maka dapat dirangkum seperti data Tabel 1 sebagaimana berikut:

Tabel 1. Hasil Perhitungan Logam Berat dengan Pasir, Lanau, Lempung, dan Bahan Organik

Stasiun	Pasir	Lempung	Lanau	Bahan Organik	Konsentrasi Pb
1	0	99,1416	0,8584	1,09	23,50
2	0	98,6755	1,3245	0,41	18,55
3	94,0467	5,8193	0,1341	0,27	14,30
4	98,0009	1,9602	0,0309	0,29	26,45
5	96,4122	3,5512	0,0366	0,50	22,65
6	96,9806	2,9715	0,0479	0,70	16,45
7	95,9752	3,9835	0,0413	0,70	31,35
8	96,8483	3,110	0,0417	0,68	24,15
9	95,8462	4,1319	0,0220	1,16	15,15
10	98,5105	1,3883	0,1012	0,73	25,65

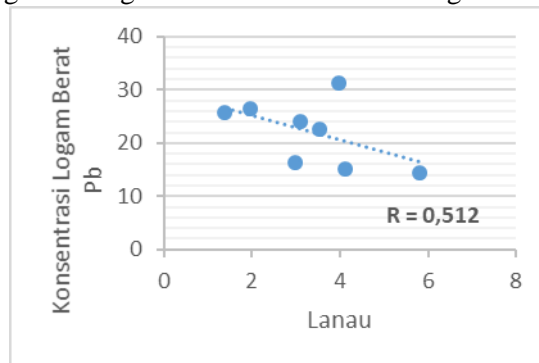
Analisa Korelasi Konsentrasi Logam Berat dengan setiap Fraksi Sedimen

Analisa korelasi logam berat dilakukan untuk mengetahui derajat antara 2 variabel yang berbeda dengan membandingkan variabel tiap fraksi sedimen yaitu pasir, lanau, dan lempung dengan menggunakan Scatter pada Microsoft Excel.



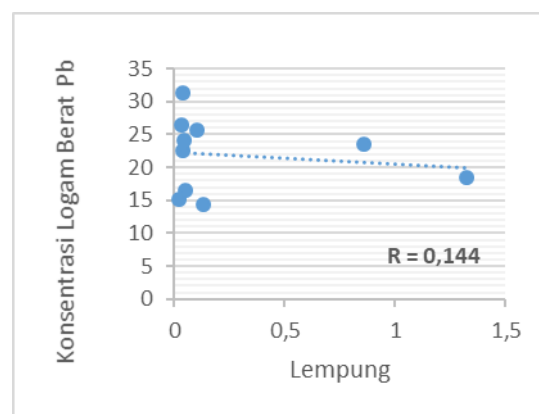
Gambar 1. Korelasi Pasir dan Logam Berat Timbal (Pb)

Hasil korelasi pada **Gambar 1** memiliki hasil korelasi positif yang menandakan persebaran Pasir sangat mempengaruhi hasil konsentrasi Logam Berat di perairan banjir kanal timur. Pada hasil $R = 0,515$, angka tersebut menunjukkan hubungan sedang antara hasil konsentrasi logam berat dengan pasir.



Gambar 2. Korelasi Lanau dan Logam Berat Timbal (Pb)

Sedangkan, ditinjau dari **Gambar 2**, hasil korelasi antara Lanau dan konsentrasi Logam Berat memiliki hasil korelasi negatif, tetapi pada hasil $R = 0,512$ menunjukkan hubungan yang sedang antara lempung dengan konsentrasi logam berat Pb pada Perairan Banjir Kanal Timur.

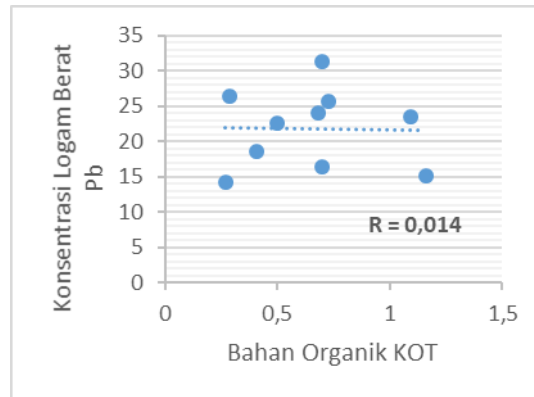


Gambar 3. Korelasi Lempung dan Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb)

menunjukkan hasil korelasi Lempung dan konsentrasi Logam Berat. Dimana hasil menunjukkan korelasi negatif seperti lanau yang tidak sepenuhnya berpengaruh pada hasil konsentrasi logam berat, begitu juga dengan hasil $R = 0,144$ yang menunjukkan sangat lemahnya hubungan antara 2 variabel tersebut yaitu antara lempung dan konsentrasi logam berat.

Analisa Korelasi Konsentrasi Logam Berat dengan Kandungan Bahan Organik

Hasil konsentrasi logam berat juga di korelasikan dengan kandungan bahan organik untuk mengetahui seberapa besar pengaruh Bahan Organik pada konsentrasi Logam Berat. Hasil korelasi konsentrasi Logam Berat dengan kandungan Bahan Organik dapat dilihat pada grafik di bawah.



Gambar 4. Korelasi Konsentrasi Logam Berat dengan Kandungan Bahan Organik

Gambar 4 menunjukkan grafik yang sedikit turun, menyatakan bahwa kandungan bahan organik memiliki korelasi negatif dengan konsentrasi logam berat dengan hasil $R = 0,0141$ yaitu kandungan bahan organik tidak memiliki hubungan dengan konsentrasi logam berat pada perairan Banjir Kanal Timur Semarang.

PEMBAHASAN

Hasil analisis konsentrasi logam berat yang disajikan pada Gambar 4, maka diketahui bahwa nilai konsentrasi logam berat terendah 14,3 ppm terdapat distasiun 3 tertinggi 231,35 ppm pada Stasiun 7. Tingginya nilai konsentrasi logam berat pada Stasiun 7 dapat disebabkan oleh kecepatan arus yang lemah dibandingkan dengan Stasiun 3 (**Tabel 5**), nilai kecepatan arus di Stasiun 3 sangat lemah yaitu 0,91 m/s setelah Stasiun 2 yaitu 0.64 m/s, sementara hasil konsentrasi logam berat di Stasiun 2 lebih besar yaitu 18,55 ppm. Lemahnya kecepatan arus pada suatu perairan akan mempengaruhi ukuran butir sedimen pada perairan tersebut. Menurut Antari *et al.* (2020), sebaran ukuran butir sedimen yang mengendap pada suatu perairan dipengaruhi oleh kekuatan arus yang menggerakkan partikel sedimen tersebut, dimana semakin tenang suatu perairan maka ukuran butir yang terendapkan di perairan tersebut akan semakin halus.

Pada Stasiun 3 dengan konsentrasi logam berat terendah memiliki ukuran butir sedimen yang sangat kasar jika dibandingkan dengan stasiun lain. Sedangkan, Stasiun 7 dengan konsentrasi logam berat tertinggi, memiliki jenis sedimen dengan ukuran butir yang sangat halus jika dibandingkan dengan stasiun lain (**Tabel 6**). Pada gambar disajikan grafik korelasi konsentrasi logam berat dengan ukuran butir sedimen yang halus lempung, maka diperoleh nilai korelasi sebesar 0,144.

Nilai tersebut menunjukkan terdapat korelasi negatif hubungan yang sedang antara konsentrasi logam berat dan ukuran butir sedimen, dimana semakin besar nilai presentase ukuran butir halus maka akan semakin tinggi nilai konsentrasi logam berat diperairan tersebut. Maslukah *et al.* (2019) menyatakan bahwa konsentrasi logam berat akan cenderung lebih tinggi pada sedimen dengan ukuran butir yang cenderung lebih halus, hal ini dikarenakan sedimen dengan ukuran butir yang lebih halus memiliki luas permukaan yang besar dengan kerapatan ion yang lebih stabil untuk mengikat logam berat dari pada sedimen dengan ukuran butir yang lebih kasar.

Pada hasil konsentrasi bahan organik menunjukkan nilai konsentrasi tertinggi pada Stasiun 9 yang memiliki nilai konsentrasi 1,16%, sementara itu konsentrasi terendah terletak pada Stasiun 3 dengan nilai 0,27%. Tingginya hasil konsentrasi bahan organik pada stasiun 9 sangat dipengaruhi oleh tingginya kecepatan arus yang terjadi pada saat pengambilan sampel dengan nilai 3,13 m/s sementara pada stasiun 3 memiliki kecepatan arus yang lemah yaitu 0.91 m/s.

Selain itu, bahan organik pada umumnya memiliki keterkaitan terhadap ukuran butir. Menurut Maslukah *et al.* (2019) pada umumnya kandungan bahan organik akan cenderung tinggi pada ukuran butir yang halus, dimana ukuran butir yang halus akan diikuti oleh konsentrasi logam berat yang cenderung tinggi. Namun hal tersebut tidak berlaku pada penelitian ini, dapat dilihat pada Grafik 4 yang menunjukkan grafik korelasi antara konsentrasi logam berat Pb dengan kandungan bahan organik diperoleh nilai korelasi sebesar 0,014. Nilai tersebut menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif antara konsentrasi logam berat dengan

kandungan bahan organik, namun dalam hal ini nilai korelasinya lemah, maka dalam penelitian ini dapat dikatakan bahwa kandungan bahan organik tidak terlalu berpengaruh terhadap konsentrasi logam berat.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai kandungan logam berat timbal (Pb) pada sedimen dasar di Perairan Banjir Kanal Timur, Semarang, maka dapat diambil kesimpulan bahwa konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada sedimen dasar di perairan Banjir Kanal Timur Semarang berkisar antara 14,3 ppm sampai dengan 31,35 ppm dengan nilai rata-rata 21,82 ppm. Dimana, konsentrasi logam berat tertinggi terdapat ditengah laut dan jauh dari area muara sungai. Konsentrasi logam berat Pb dan sedimen dengan ukuran butir yang halus memiliki nilai korelasi 0.144 yang menunjukkan terdapat korelasi negative yang lemah. Dimana semakin besar presentase ukuran butir halus sedimen, maka akan semakin tinggi nilai konsentrasi logam berat pada sedimen dasar lokasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Akib, A., Litaay, M., Ambeng, A., & Asnady, M. (2015). Kelayakan Kualitas Air Untuk Kawasan Budidaya *Eucheuma cottoni* Berdasarkan Aspek Fisika, Kimia Dan Biologi di Kabupaten Kepulauan Selayar. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 3(1), 25. <https://doi.org/10.35800/jplt.3.1.2015.9203>
- Ala, A., Mariah, Y., Zakiah, D., & Fitriah, D. (2018). Analisa Pengaruh Salinitas Dan Derajat Keasaman (pH) Air Laut Di Pelabuhan Jakarta Terhadap Laju Korosi Plat Baja Material Kapal. *Meteor Stip Marunda*, 11(2), 64–72.
- 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*, 02. <http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/ijoice/>
- Arief, D. (1984). Pengukuran Salinitas Air Laut Dan Peranannya Dalam Ilmu Kelautan. *Oseana*, IX(1), 3–10.
- Arkianti, N., Dewi, N. K., & Tri Martuti, N. K. (2019). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan di Sungai Lamat Kabupaten Magelang. *Life Science*, 8(1), 65–74. <https://doi.org/10.15294/lifesci.v8i1.29991>
- Artifon, V., Zanardi-Lamardo, E., & Fillmann, G. (2019). Aquatic Organic Matter: Classification and Interaction with Organic Microcontaminants. *Science of the Total Environment*, 649, 1620–1635. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.385>
- Assubaie, F. N. (2015). Assessment of the Levels of Some Heavy Metals in Water in Alahsa Oasis Farms, Saudi Arabia, with Analysis by Atomic Absorption Spectrophotometry. *Arabian Journal of Chemistry*, 8(2), 240–245. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.08.018>
- Balasubramanian, A. (2017). Environmental Studies. In *Educational Video Documentaries in Earth , Atmospheric and Ocean Sciences* (Issue October). <https://doi.org/10.4324/9781003174301-11>
- Bazzi, A. O. (2014). Heavy metals in Seawater, Sediments and Marine Organisms in the Gulf of Chabahar, Oman Sea. *Journal of Oceanography and Marine Science*, 5(3), 20–29. <https://doi.org/10.5897/joms2014.0110>
- Büyükpınar, Ç., Bodur, S., Yazıcı, E., Tekin, Z., San, N., Tarık Komesli, O., & Bakırdere, S. (2021). An Accurate Analytical Method for the Determination of Cadmium: Ultraviolet based Photochemical Vapor Generation-slotted Quartz Tube based Atom Trap-flame Atomic Absorption spectrophotometry. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 176(January). <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109192>
- Cameletti, M., & Finazzi, F. (2018). Quantitative Methods in Environmental and Climate Research. In

Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-01584-8>

- Carvalho, A., Costa, R., Neves, S., Oliveira, C. M., & Bettencourt da Silva, R. J. N. (2021). Determination of Dissolved Oxygen in Water by the Winkler Method: Performance Modelling and Optimisation for Environmental Analysis. *Microchemical Journal*, 165(January), 106129. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.106129>
- Creswell, W. J., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches Fifth Edition* (Vol. 53, Issue 9). SAGE Publishing.
- Daruwedho, H., Sasmito, B., & Amarrohman, F. (2016). Analisis Pola Arus Laut Permukaan Perairan Indonesia Dengan Menggunakan Satelit Altimetri Jason-2 Tahun 2010-2014. *Jurnal Geodesi UNDIP*, 5(2), 147–158.
- Degens, B. P., Krassoi, R., Galvin, L., Reynolds, B., & Micevska, T. (2018). Net Acidity Indicates the Whole Effluent Toxicity of pH and Dissolved Metals in Metalliferous Saline Waters. *Chemosphere*, 198, 492–500. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.01.129>
- Derrien, M., Brogi, S. R., & Gonçalves-Araujo, R. (2019). Characterization of Aquatic Organic Matter: Assessment, Perspectives and Research Priorities. *Water Research*, 163, 114908. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114908>
- Disman, Ali, M., & Barliana, M. S. (2017). The Use of Quantitative Research Method and Statistical Data Analysis in Dissertation: an Evaluation Study. *International Journal of Education*, 10(1), 46. <https://doi.org/10.17509/ije.v10i1.5566>
- Eleftheriou, A., & McIntyre, A. (2005). *Methods for the Study of Marine Benthos*.
- Esfahani, N. B., Jafari, M., & Moravejolahkami, A. R. (2020). Heavy Metals Concentration and Target Hazard Quotients Assessment through the Consumption of Fish Muscle *Ctenopharyngodon idella* (Cyprinidae) from Markets in Ahvaz Province, Iran. *Nutrition and Food Science*, 50(3), 529–537. <https://doi.org/10.1108/NFS-07-2019-0203>
- Guérin, C. A., Desmars, N., Grilli, S. T., Ducrozet, G., Perignon, Y., & Ferrant, P. (2019). An Improved Lagrangian Model for the Time Evolution of Nonlinear Surface Waves. *Journal of Fluid Mechanics*, 876, 527–552. <https://doi.org/10.1017/jfm.2019.519>
- Hananingtyas, I. (2017). Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus* sp.) di Pantai Utara Jawa. *BIOTROPIC The Journal of Tropical Biology*, 1(2), 41–50. <https://doi.org/10.29080/biotropic.2017.1.2.41-50>
- Harlyan, L. I., & Sari, S. hikmah J. (2015). Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn pada Air dan Sedimen Permukaan Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 53–60. <https://doi.org/10.31258/jpk.20.1.52-61>
- Harmesa, & Cordova, M. R. (2021). A Preliminary Study on Heavy Metal Pollutants Chrome (Cr), Cadmium (Cd), and Lead (Pb) in Sediments and Beach Morning Glory Vegetation (*Ipomoea pes-caprae*) from Dasun Estuary, Rembang, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 162(October), 111819. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111819>
- Hill, D. T., Petroni, M., Larsen, D. A., Bendinskas, K., Heffernan, K., Atallah-Yunes, N., Parsons, P. J., Palmer, C. D., MacKenzie, J. A., Collins, M. B., & Gump, B. B. (2021). Linking Metal (Pb, Hg, Cd) Industrial Air Pollution Risk to Blood Metal Levels and Cardiovascular Functioning and Structure Among Children in Syracuse, NY. *Environmental Research*, 193(December 2020), 110557. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110557>

- Hutagalung, H. P. (1988). Pengaruh Suhu Air Terhadap Kehidupan Organisme Laut. *Oseana*, XIII(4), 153–164.
- Ikhsani, I. Y., Dida, E. N., & Cahyarini, S. Y. (2017). Evaluasi Penggunaan Metode Spektrofotometri Serapan Atom - Nyala (Faas) untuk Analisis Konsentrasi Sr/Ca dalam Karang Porites dari Teluk Ambon dan Pulau Jukung. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1), 247–254.
- Islami, M. M. (2013). Pengaruh Suhu dan Salinitas terhadap Bivalvia. In *Oseana: Vol. XXXVIII* (Issue 2, pp. 1–10).
- Li, Y., Zhan, L., Chen, L., Zhang, J., Wu, M., & Liu, J. (2021). Spatial and Temporal Patterns of Methane and Its Influencing Factors in the Jiulong River Estuary, Southeastern China. *Marine Chemistry*, 228, 103909. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2020.103909>
- Lihawa, F. (2017). *Daerah Aliran Sungai Alo: Erosi, Sedimentasi, dan Longsor* (p. 213 pages). Depublish.
- Ly, Q. V., Maqbool, T., Zhang, Z., Van Le, Q., An, X., Hu, Y., Cho, J., Li, J., & Hur, J. (2020). Characterization of Dissolved Organic Matter for Understanding the Adsorption on Nanomaterials in Aquatic Environment: A Review. *Chemosphere*, 269, 128690. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128690>
- Mallongi, A., Ane, R. La, & Birawida, A. B. (2017). Spatial Lead Pollution in Aquatic Habitats and the Potential Risks in Makassar Coastal Area of South Sulawesi, Indonesia. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 16(2), 51. <https://doi.org/10.14710/jkli.16.2.51-55>
- Mao, Y., Liu, J., Cao, W., Ding, R., Fu, Y., & Zhao, Z. (2021). Research on the Quantitative Inversion Model of Heavy Metals in Soda Saline Land Based on Visible-near-infrared Spectroscopy. *Infrared Physics and Technology*, 112(December 2020), 103602. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2020.103602>
- Margaret Estes Library. (2020). *Quantitative Research and Analysis: Quantitative Methods Overview*. LeTourneau University. <https://lib-guides.letu.edu/quantresearch>
- Maslukah, L., Wulandari, S. Y., Herlintang, A. S., & Muslim. (2019). Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Besi (Fe) Dalam Sedimen Dasar dan Keterkaitannya Dengan Karbon Organik & Ukuran Butir Di Muara Wiso, Jepara. *Maspuri Journal*, 11(2), 79–86.
- Morais, S., e Costa, F. G., & Lourdes Pereir, M. de. (2012). Heavy Metals and Human Health. *Environmental Health - Emerging Issues and Practice*, February. <https://doi.org/10.5772/29869>
- Patty, S. I. (2013). Distribusi Suhu, Salinitas, dan Oksigen Terlarut di Perairan Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(3), 148–157. <https://doi.org/10.35800/jip.1.3.2013.2580>
- Patty, S. I., & Akbar, N. (2018). Kondisi Suhu, Salinitas, pH dan Oksigen Terlarut di Perairan Terumbu Karang Ternate, Tidore dan Sekitarnya. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 1(2), 1–10.
- Pawlowicz, R. (2017). Salinity in the Ocean. In *Encyclopedia of Sustainable Technologies* (Vol. 4). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10157-5>
- Pérez-Fernández, B., Viñas, L., & Besada, V. (2020). Concentrations of Organic and Inorganic Pollutants in Four Iberian Estuaries, North Eastern Atlantic. *Marine Chemistry*, 224(October 2019), 103828. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2020.103828>
- Permadi, L., Indrayanti, E., & Rochaddi, B. (2015). Studi Arus Pada Perairan Laut Di Sekitar Pltu Sumuradem Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Oseanografi*, 4(2), 116387.
- Pragnya, M., Ajay, B., Kumar, S. D., & Byragi Reddy, T. (2021). Bioaccumulation of Heavy Metals in Different Trophic Levels of Aquatic Ecosystems with Fish as a Bioindicator in Visakhapatnam, India.

- Marine Pollution Bulletin*, 165(September 2020), 112162.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112162>
- Pratish, A., Kumar, A., & Hu, Z. (2018). Adverse Effect of Heavy Metals (As, Pb, Hg, and Cr) on Health and Their Bioremediation Strategies. *International Microbiology*, 21(3), 97–106. <https://doi.org/10.1007/s10123-018-0012-3>
- Qu, L., Xu, J., Sun, J., Li, X., & Gao, K. (2017). Diurnal pH Fluctuations of Seawater Influence the Responses of an Economic Red Macroalga *Gracilaria Lemaneiformis* to future CO₂-Induced Seawater Acidification. *Aquaculture*, 473, 383–388. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.03.001>
- Rahim, R., Martosenjoyo, T., Amin, S., & Hiromi, R. (2016). Karakteristik Data Temperatur Udara dan Kenyamanan Termal di Makassar. *Temu Ilmiah IPLBI*, 75–78.
- Rahimi, A., Honarvar, B., & Safari, M. (2020). The Role of Salinity and Aging Time on Carbonate Reservoir in Low Salinity Seawater and Smart Seawater Flooding. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 187, 106739. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106739>
- Restrepo, J. C., Schrottke, K., Traini, C., Bartholomae, A., Ospino, S., Ortíz, J. C., Otero, L., & Orejarena, A. (2018). Estuarine and Sediment Dynamics in a Microtidal Tropical Estuary of High Fluvial Discharge: Magdalena River (Colombia, South America). *Marine Geology*, 398(March 2016), 86–98. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2017.12.008>
- Ricolleau, A., Floquet, N., Devidal, J. L., Bodnar, R. J., Perrin, J., Garrabou, J., Harmelin, J. G., Costantini, F., Boavida, J. R., & Vielzeuf, D. (2019). Lead (Pb) Profiles in Red Coral Skeletons as High Resolution Records of Pollution in the Mediterranean Sea. *Chemical Geology*, 525(October 2017), 112–124. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2019.07.005>
- Riniatsih, I. (2016). Distribusi Muatan Padatan Tersuspensi (MPT) di Padang Lamun di Perairan Teluk Awur dan Pantai Prawean Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(3), 121. <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i3.523>
- Rizkiana, L., & Karina, S. (2017). Analisis Timbal (Pb) Pada Sedimen Dan Air Laut Di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, 2(1), 89–96.
- Şahin, İ., Büyükpınar, Ç., San, N., & Bakırdere, S. (2018). Development of a Sensitive Analytical Method for the Determination of Cadmium Using Hydrogen Assisted T-shape Slotted Quartz Tube-Atom Trap-flame Atomic Absorption Spectrophotometry. *Spectrochimica Acta - Part B Atomic Spectroscopy*, 147(November 2017), 9–12. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2018.05.017>
- Sanvito, F., & Monticelli, D. (2021). Exploring Bufferless Iron Speciation in Seawater by Competitive Ligand Equilibration-Cathodic Stripping Voltammetry: Does pH Control Really Matter? *Talanta*, 229, 122300. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2021.122300>
- Smyth, K., & Elliott, M. (2016). Chapter 9: Effects of Changing Salinity on the Ecology of the Marine Environment. In *Stressors in the Marine Environment* (Vol. 15, Issue 1, pp. 583–605). <https://doi.org/10.1093/acprof>
- Song, C., Zhang, K. X., Wang, X. J., Zhao, S., & Wang, S. G. (2021). Effects of Natural Organic Matter on the Photolysis of Tetracycline in Aquatic Environment: Kinetics and Mechanism. *Chemosphere*, 263, 128338. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128338>
- Souhoka, J., & Patty, S. I. (2013). Pemantauan Kondisi Hirologidalam Kaitannya dengan Kondisi Terumbu Karang di Perairan Pulau Talise, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(3), 138–147. <https://doi.org/10.7454/mss.v7i2.330>

- Sugianti, Y., & Astuti, L. P. (2018). Respon Oksigen Terlarut Terhadap Pencemaran dan Pengaruhnya Terhadap Keberadaan Sumber Daya Ikan di Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 203. <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i2.2488>
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. ALFABETA.
- Supriyantini, E., & Soenardjo, N. (2016). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Akar Dan Buah Mangrove *Avicennia marina* Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(2), 98–106. <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i2.520>
- Supu, I., Usman, B., Basri, S., & Sunarni. (2016). Pengaruh Suhu terhadap Perpindahan Panas pada Material yang Berbeda. *Jurnal Dinamika*, 07(June), 62–73.
- Tanto, T. Al, Wisna, U. J., Kusumah, G., Pranowo, W. S., Husrin, S., Ilham, I., & Putra, A. (2017). Karakteristik Arus Laut Perairan Teluk Benoa – Bali. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 23(1), 37. <https://doi.org/10.24895/jig.2017.23-1.631>
- Tiwari, S., Tripathi, I. P., Gandhi, M., Gramoday, C., & Tiwari, H. (1984). Effects of Lead on Environment. *Seikatsu Eisei (Journal of Urban Living and Health Association)*, 28(4), 190–194. <https://doi.org/10.11468/seikatsueisei1957.28.190>
- Warni, D., Karina, S., & Nurfadillah, N. (2017). Analisis Logam Pb, Mn, Cu pada Sedimen di Pelabuhan Jetty Meulaboh, Aceh Barat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, 2(2), 246–253.
- World Health Organization. (1995). Preventing Disease through Healthy Environment: An Exposure to Lead of Major Public Health Concern. *Environmental Health Criteria*, 165, 3–300. [https://doi.org/10.1016/s0031-3025\(16\)35080-2](https://doi.org/10.1016/s0031-3025(16)35080-2)
- Yogaswara, G. M., Indrayanti, E., & Setiyono, H. (2016). Pola Arus Permukaan di Perairan Pulau Tidung, Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta pada Musim Peralihan (Maret-Mei). *Jurnal Oseanografi*, 5(June), 2–9.
- Yuan, M., Jiang, C., Weng, X., & Zhang, M. (2020). Influence of Salinity Gradient Changes on Phytoplankton Growth Caused by Sluice Construction in Yongjiang River Estuary Area. *Water (Switzerland)*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/w12092492>
- Yuningsih, H. D., Anggoro, S., & Soedarsono, P. (2014). Hubungan Bahan Organik Dengan Produktivitas Perairan Pada Kawasan Tutupan Eceng Gondok, Perairan Terbuka Dan Keramba Jaring Apung Di Rawa Pening Kabupaten Semarang Jawa Tengah. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3(1), 37–43. <https://doi.org/10.14710/marj.v3i1.4284>
- Yunus, K., Zuraidah, M. A., & John, A. (2020). A Review on the Accumulation of Heavy Metals in Coastal Sediment of Peninsular Malaysia. *Ecofeminism and Climate Change*, 1(1), 21–35. <https://doi.org/10.1108/efcc-03-2020-0003>