

Analisis Logam Timbal (Pb) sebagai Pembelajaran Menggunakan Model *Problem Based Learning* Kabupaten Kepulauan Sangihe

Theresia Kusuma Putri*^a, Freetje Waworuntu^a

^a Universitas Negeri Manado, Minahasa, 95618, Indonesia

INFO ARTIKEL

Diterima 20 Januari 2020
Disetujui 30 Juni 2020

Key word:

Analysis
Lead
Sediment
Bivalvia
Gastropoda
Explorative
PBL

Kata kunci:
Analisis
Logam timbal
Sedimen
Bivalvia
Gastropoda
Eksploratif
PBL

ABSTRACT

The impact of the use of refined petroleum on potential pollution in mangrove allows the presence of lead metal (Pb) in the Sangihe Islands Restoration and Learning Center and the use of mangroves in the Sangihe Islands Restoration and Mangrove Learning Center as a place of learning has not been carried out to the full. Therefore, in this regard, a study was carried out by analyzing Pb metals in sediments, Gastropod shells and Bivalvia shells in the research subsystem zone of the Sangihe Islands Restoration and Mangrove Learning Center which were then designed into learning designs using a model of problem-based learning. The research method used is an exploratory method. Pb metal analysis was performed using an Atomic Absorption Spectrophotometer instrument resulting in an average Pb metal in sediments was 0.402 ppm, in Bivalvia shells was 0.04283 ppm and Gastropods shells was 0.0654 ppm. Based on the results of the analysis, it can be concluded that the presence of Pb metal in sediments, Bivalvia shells and Gastropod shells then yields four main questions in the learning design with Sub-Impacts of the Use of Petroleum using the problem-based learning model.

ABSTRAK

Dampak penggunaan olahan minyak bumi terhadap potensi pencemaran di Mangrove memungkinkan adanya logam timbal (Pb) pada Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Kepulauan Sangihe dan pemanfaatan Mangrove di Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Kepulauan Sangihe sebagai tempat pembelajaran belum dilaksanakan secara maksimal. Maka, terkait dengan hal tersebut dilakukan penelitian dengan menganalisis logam Pb pada sedimen, kerang Gastropoda dan kerang Bivalvia di zona subsistem penelitian Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Kepulauan Sangihe yang kemudian dirancang menjadi rancangan pembelajaran menggunakan model *problem-based learning*. Metode penelitian yang digunakan merupakan metode eksploratif. Analisis logam Pb dilakukan menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom menghasilkan rata-rata logam Pb pada sedimen adalah 0,402 ppm, pada kerang Bivalvia adalah 0,04283 ppm dan kerang Gastropoda adalah 0,0654 ppm. Berdasarkan hasil analisis tersebut maka dapat disimpulkan bahwa adanya logam Pb pada sedimen, kerang Bivalvia dan kerang Gastropoda kemudian menghasilkan empat pertanyaan pokok pada rancangan pembelajaran dengan submater Dampak Penggunaan Minyak Bumi menggunakan model *problem-based learning*.

*e-mail :

theresiakusumaputri@gmail.com

Pendahuluan

Indonesia mempunyai hutan tropis terluas di dunia dengan jumlah luas hutan alam sebesar 78 juta hektar [1]. Salah satu diantaranya adalah hutan Mangrove yang

banyak dijumpai di sepanjang pantai Indonesia. Mangrove merupakan jenis hutan yang bertumbuh di daerah iklim tropis dan subtropis yang dikarakterisasi oleh adanya aliran segar, kondisi substrat bertingkat,

tergenangi air laut dalam periode dan jangan waktu, kondisi salinitas dan terjadi akumulasi racun [2]. Akan tetapi, pada tahun terakhir ini sudah mulai didapati kerusakan-kerusakan fisik yang terjadi di Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Tahuna. Kerusakan ekosistem hutan Mangrove di dunia termasuk di Indonesia terjadi sangat cepat dan dramatis. [3]. Namun tujuan sebagai pembelajaran tidak berlangsung dengan baik karena tidak adanya bahan ajar sebagai bahan pembelajaran. Bahan ajar sangat penting dalam kegiatan belajar mengajar. Bahan ajar merupakan fasilitator untuk seorang pengajar dimana dengan adanya bahan ajar pembelajaran dapat berjalan lebih efektif [4].

Genangan minyak merupakan limbah yang berasal dari rumah tangga, bahan bakar kendaraan bermotor dan kapal-kapal dan bisa menjadi sumber penyebaran logam berat ke alam. Di daerah perairan yang menghasilkan limbah pertanian, industri, perkebunan, rumah tangga, dan perkotaan merupakan sumber polutan logam berat yang paling sering ditemui [5]. Logam berat yang tergenang dengan air akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen dan penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen [6]. Terjadinya akumulasi logam berat di hutan Mangrove tidak dapat dilihat secara kasat mata melainkan melalui analisis objek sebagai indikator di laboratorium. Kerang memiliki sifat menetap (*sessile*) dan asupannya yang sifat *filter feeder* sehingga menyebabkan logam berat mudah terakumulasi dalam tubuh kerang [7]. Kerang merupakan salah satu organisme perairan yang dapat terkontaminasi dan terakumulasi oleh logam berat [8]. Dengan demikian, kerang dapat dijadikan sebagai bioindikator yang sangat baik dalam memonitoring suatu pencemaran pada ekosistem perairan yang diakibatkan oleh logam berat tertentu karena habitatnya yang menetap dan lambat dalam pergerakan [9].

Salah satu model pembelajaran yang disarankan dapat digunakan dalam penelitian ini adalah *problem-based learning* (PBL) atau pembelajaran berbasis masalah. PBL merupakan model pembelajaran yang dapat

memberikan kesempatan kepada peserta didik dalam menggali pengalaman autentik sehingga mendorong peserta didik aktif belajar, mengkonstruksi pengetahuan, dan mengintegrasikan konteks belajar di sekolah dan kehidupan nyata secara ilmiah [10].

Metode

Metode penelitian ini merupakan penelitian Eksploratif yang meliputi kegiatan:

1. *Identifikasi*: unsur-unsur utama dan batasan fakta/fenomena yang menjadi dasar penetapan lingkup pembelajaran atau riset.
2. *Analisis* fakta/fenomena dalam hal mengidentifikasi keterkaitan antar faktor (dan lebih khusus variable), menganalisis keterkaitan antar faktor (melalui pengamatan/pengukuran dan analisis referensi (buku, hasil penelitian sebelumnya, data dll).
3. *Eksplorasi* proses, konsep dan jejaring konsep sains tentang fakta/fenomena secara parsial dan akhirnya secara komprehensif.
4. *Analisis, sintesis dan memformulasi* hubungan konteks (hasil analisis fakta/fenomena pada butir 2) dengan hasil eksplorasi konsep dan proses sains (butir-3). Tahapan ini merupakan tahapan perumusan secara komprehensif konteks (fakta/fenomena dan berbagai unsur pada objek) dengan konsep.
5. *Mendesain* kegiatan belajar sesuai proses atau tahapan fakta/fenomena. Pembelajaran di lingkungan sekitar sangat potensial untuk pembelajaran berpikir tingkat tinggi. Metode pembelajaran lebih ditekankan pada metode inkuiri, pemecah masalah dan metode lain yang menekankan aktivitas dan inisiatif siswa.

Tahapan Penelitian

Tahap pertama: Observasi dan Pengambilan Sampel

Identifikasi unsur-unsur utama dan batasan fakta/fenomena dengan melakukan observasi dan pengambilan sampel sedimen, kerang Bivalvia dan kerang Gastropoda di Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Kepulauan Sangihe ([Gambar 1](#)) pada tanggal 22-23 Desember 2018



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Kepulauan Sangihe

Tahap kedua: Analisis Sampel

Analisis logam Pb pada sampel sedimen, kerang Bivalvia dan Gastropoda menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom PinAAcle 900F dengan metode kurva kalibrasi.

Tahap ketiga: Rancangan Pembelajaran

Eksplorasi proses, konsep dan jejaring konsep tentang fakta/fenomena terhadap hasil analisis sampel yang kemudian akan dikemas menjadi rancangan pembelajaran dengan materi Minyak Bumi menggunakan model *problem-based learning* (PBL).

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilaksanakan di Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Tahuna yang dikelilingi oleh tiga kelurahan dengan sosio-kultural yang berbeda, yaitu Kelurahan Tidore, Kelurahan Tona dan Kelurahan Tapuang. Masyarakat di ketiga kelurahan ini memiliki mata pencarian yang beragam, yaitu sebagai peternak babi, nelayan, dan bengkel. Limbah-limbah yang dihasilkan langsung bermuara ke area PRPM Tahuna. Limbah-limbah tersebut dapat menjadi media penyebaran logam Pb ke perairan PRPM Tahuna. Penggunaan bahan bakar minyak untuk kapal-kapal menyumbangkan sebagian besar logam Pb ke perairan [11]. Polutan berupa logam berat diduga berasal dari per Bengkelan dan polutan bot nelayan yang mengalir ke sungai melalui saluran pembuangan [5].

Zona subsistem yang ditetapkan dalam penelitian ini ada 7 zona yaitu zona outlet, zona pertamina, zona Tapuang, zona pusat Mangrove, zona Tona, zona Tidore, dan zona penangkaran. Karakteristik sedimen dan habitat kerang Bivalvia serta kerang Gastropoda pada tiap zona yang beragam disajikan pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. Karakteristik Sampel Tiap Zona

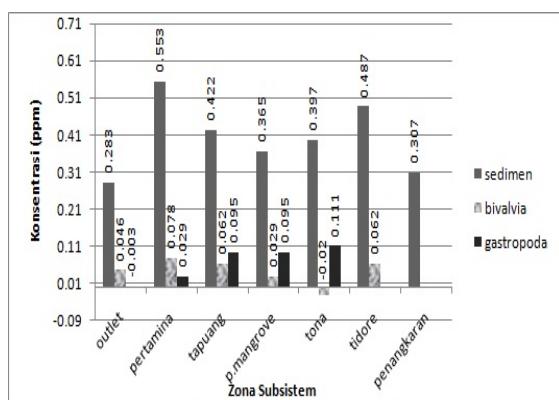
Zona	Sed	Biv	Gast
Outlet	Berbatu besar-sedang	Me-nempel pada beton	Me-nempel pada beton
Pertamina	Berbau, berlumut dan berserabut	Me-nempel pada beton	Me-nempel ada beton
Tapuang	Berpasir dan berbatu sedang-kecil	Me-nempel pada beton	Permu-kaan sedi-men
Pusat Mangrove	Berpasir dan berbatu sedang-kecil	Me-nempel pada beton	Permu-kaan sedi-men
Tona	Berpasir dan berbatu besar-sedang	Membentuk diri di dalam sedimen	Permu-kaan sedi-men
Tidore	Berpasir dan berbatu besar-sedang	Me-nempel pada beton	-
Penang-karan	Memiliki massa yang sangat ringan,	-	-

Karakteristik sedimen dan habitat kerang Bivalvia dan Gastropoda yang berbeda berdampak pada hasil analisis logam Pb yang beragam. Ukuran partikel sedimen memiliki kemampuan yang berbeda dalam melakukan penyerapan zan lain khususnya logam Pb. Habitat kerang yang beragam menghasilkan hasil analisis Pb yang beragam karena dipengaruhi oleh lama pemaparan kerang terhadap air/sedimen yang tercemar. Hasil analisis Pb pada sedimen, kerang Bivalvia dan Gastropoda disajikan pada [Tabel 2](#) dan dalam

bentuk diagram batang disajikan pada [Gambar 2.](#)

Tabel 2. Hasil Analisis logam Pb

Zona	Sed (ppm)	Biv (ppm)	Gast (ppm)
Outlet	0,283	0,046	-0,003
Pertamina	0,553	0,078	0,029
Tapuang	0,422	0,062	0,095
P. Mangrove	0,365	0,029	0,095
Tona	0,397	-0,020	0,122
Tidore	0,487	0,062	-
Penangkaran	0,307	-	-



Gambar 2. Distribusi Hasil Analisis Pb

Hasil analisis Pb pada sedimen dipengaruhi oleh sumber pencemarannya, pasang-surut air laut, dan banyaknya vegetasi Mangrove yang berada di sekitar zona. Zona outlet merupakan zona yang tidak dikelilingi oleh vegetasi Mangrove akan tetapi menghasilkan analisis konsentrasi Pb paling sedikit dibandingkan zona lainnya. Hal ini diduga disebabkan oleh arus pasang-surut air laut yang lebih deras dibandingkan zona lainnya karena zona outlet merupakan jalur masuk pasang-surut air laut. Adanya kemungkinan logam berat dalam air mengalami proses pengenceran pengaruh dari pola pasang surut air laut [\[12\]](#). Zona penangkaran merupakan zona dengan vegetasi Mangrove paling banyak dibandingkan dengan zona lainnya sehingga inilah yang menyebabkan zona penangkaran menghasilkan analisis konsentrasi Pb lebih sedikit dibandingkan zona lainnya terkecuali zona outlet. Perakaran yang padat pada Mangrove akan mengurangi pergerakan air sehingga partikel yang halus mengendap di sekeliling akar Mangrove membentuk kumpulan lapisan sedimen [\[13\]](#). Dimana akan dilakukan

penyerapan oleh akar baik yang berasal dari air maupun sedimen [\[14\]](#). Zona pertamina menghasilkan analisis Pb terbesar dibandingkan dengan zona lainnya. Hal ini dapat diduga karena zona pertamina dekat dengan distribusi penampungan minyak

Perbedaan hasil analisis Pb antar zona subsistem penelitian pada masing-masing kerang karena perbedaan jarak zona ke tempat keluar masuknya air laut dan perbedaan dinamika pasang surut air laut. Zona outlet merupakan zona yang paling dekat dengan tempat keluar masuknya air laut ke hutan Mangrove dan memiliki arus pasang-surut air laut paling deras dibandingkan zona lainnya sehingga rata-rata hasil analisis pada kerang Bivalvia dan Gastropoda merupakan yang paling rendah. Sedangkan zona Tapuang merupakan zona terjauh dari tempat keluar masuknya air laut dan memiliki arus air yang lambat sehingga rata-rata endapan kontaminan Pb pada kerang Bivalvia dan Gastropoda lebih pekat dibandingkan zona lainnya.

Perbedaan hasil analisis Pb secara intraspesies dipengaruhi oleh substrat habitat masing-masing kerang. Kerang Bivalvia yang bersubstrat pada beton gorong mengakumulasi Pb > 0 ppm. Kerang Bivalvia yang bersubstrat pada beton/gorong mengakumulasi lebih banyak Pb karena berkontak langsung dengan air pada saat pasang air laut/menggenangi kerang Bivalvia sehingga proses Pb terakumulasi pada kerang Bivalvia lebih mudah dibandingkan pada kerang Bivalvia pada zona Tona yang bersubstrat pada dasar sedimen. Kerang Bivalvia pada zona Tona mengakumulasi Pb < 0 ppm yang menunjukkan bahwa tidak adanya logam Pb yang terakumulasi dalam jaringan Bivalvia. Hasil analisis logam Pb pada Bivalvia di zona Tona memberikan hasil negatif dikarenakan habitatnya yang berada di dalam sedimen sehingga adanya kemungkinan terpapar Pb lebih sedikit dan mengalami depurasi lebih lama.

Pada kerang Gastropoda yang bersubstrat pada permukaan sedimen mengakumulasi Pb lebih banyak dibandingkan yang menempel pada beton/gorong. Kerang Gastropoda pada permukaan sedimen mengakumulasi Pb $> 0,5$ ppm sedangkan kerang Gastropoda yang

bersubstrat pada beton mengakumulasi Pb < 0,5 ppm. Kerang Gastropoda yang bersubstrat pada permukaan sedimen tergenang air secara terus menerus sehingga memiliki waktu pemaparan Pb lebih lama dibandingkan dengan kerang Gastropoda yang bersubstrat pada beton/gorong. Akumulasi logam berat dalam jaringan kebanyakan dipengaruhi oleh konsentrasi logam berat dalam air dan lama pemaparannya.

Objek atau materi pembelajaran pada rencana pembelajaran ini adalah fakta, fenomena, isu-isu yang ada di sekitar peserta didik yang menjadi pengalaman di luar kelas. Pembelajaran di arahkan untuk menghubungkan pengalaman (pengetahuan dasar yang terbentuk melalui proses sebelumnya, fakta/fenomena/isu yang belum dipahami secara ilmiah) dengan konsep dan proses ilmiah yang diperoleh melalui pembelajaran formal. Rancangan pembelajaran dirancang dengan model *problem-based learning* pada materi minyak bumi. Pada rancangan pembelajaran ini, peserta didik dihadapkan pada masalah-masalah yang dikemas berdasarkan fakta/fenomena yang terjadi pada Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Tahuna, yaitu: (1) Mengapa penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar/bensin menyebabkan masalah lingkungan? (2) Terkait dengan adanya bensin dalam lingkungan, apakah terdapat kemungkinan bensin menyebabkan masalah lingkungan di Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Tahuna? Jika bensin juga dapat memberikan masalah lingkungan di Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Tahuna, bagaimana hal tersebut dapat terjadi? (3) Jika sudah terjadi pencemaran, indikator apakah yang dapat digunakan untuk mengetahui adanya logam timbal di lingkungan Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Tahuna? (4) Apakah ada ciri-ciri fisik untuk mengetahui bahwa penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar sudah menyebabkan masalah pada lingkungan kita?

Kemudian peserta didik diajak oleh guru untuk menganalisis dan mendiskusikan penyebab dari masalah fakta/fenomena dengan pemberian materi tentang dampak penggunaan minyak bumi dan hubungannya dengan

Mangrove dan melakukan observasi dan eksplorasi di Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Tahuna hingga peserta didik dapat memecahkan masalah fakta/fenomena yang terjadi pada Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Tahuna secara mandiri.

Ucapan terimakasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dinas Kelautan dan Perikanan Kepulauan Sangihe yang memberikan izin penelitian di Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Kepulauan Sangihe

Kesimpulan

Hasil analisis menunjukkan bahwa adanya Pb pada sedimen, kerang Gastropoda dan kerang Bivalvia dimana hal ini menunjukkan bahwa adanya kontaminasi Pb dalam ekosistem hutan Mangrove di Pusat Restorasi dan Pembelajaran Mangrove Tahuna serta rancangan pembelajaran dalam bentuk "Rencana Pelaksanaan Pembelajaran" dengan model *problem-based learning*.

Daftar Pustaka

1. Indonesia, F.W. *Potret keadaan hutan indonesia periode 2009-2013*; 2014;
2. Berger, U.; Rivera-Monroy, V.H.; Doyle, T.W.; Dahdouh-Guebas, F.; Duke, N.C.; Fontalvo-Herazo, M.L.; Hildenbrandt, H.; Koedam, N.; Mehlig, U.; Piou, C. *Advances and limitations of individual-based models to analyze and predict dynamics of mangrove forests: A review*. *Aquat. Bot.* 2008, 89, 260–274.
3. Setyawan, A.D.; Winarno, K. *Pemanfaatan langsung ekosistem mangrove di Jawa Tengah dan penggunaan lahan di sekitarnya; kerusakan dan upaya restorasinya*. *Biodiversitas* 2006, 7, 282–291.
4. Sitohang, R. *Mengembangkan Bahan Ajar dalam Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Sosial (IPS) Di SD*. *J. Kewarganegaraan* 2014, 23, 13–24.
5. Mawardi, M.; Sarjani, T.M. *The quality of Anadara granosa based on Cadmium metal test in the coastal area of Langsa in Aceh*. *J. Biol. Edukasi* 2017, 9, 3943.

6. Muhajir, A. Studi Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Kerang Darah (Anadara granosa) Dari Beberapa Pasar Kota Malang. *Jur. Biol. Fak. Sains Dan Teknol. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang* **2009**, 26.
7. Fernanda, L. Studi kandungan logam berat timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr) dan kadmium (Cd) pada kerang hijau (*Perna viridis*) dan sifat fraksionasinya pada sedimen laut= Study of heavy metals concentration Lead (Pb), Nickel (Ni), Chromium (Cr), and Cadmium (Cd) in Green Mussels (*Perna viridis*) and its fractionation properties in marine sediment. **2012**.
8. Sarong, M.A.; Mawardi, A.L.; Adlim, M.; Muchlisin, Z.A. Cadmium concentration in three species of freshwater fishes from Keuretoe River, Northern Aceh, Indonesia. *Aquac. Aquarium, Conserv. Legis.* **2013**, 6, 486–491.
9. Darmono *Lingkungan hidup dan pencemaran: hubungannya dengan toksikologi senyawa logam*; Sriwibawa, S., Ed.; Universitas Indonesia (UI-Press): Jakarta, 2008;
10. Firmansyah, A.; Kosim, K.; Ayub, S. Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah dengan Metode Eksperimen pada Materi Cahaya Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas VIII SMPN 2 Gunungsari Tahun Ajaran 2014/2015. *J. Pendidik. Fis. dan Teknol.* **2017**, 1, 155–160.
11. Clark, R.B. *Marine Pollution*. Clarendon 1992.
12. Rochyatun, E.; Kaisupy, M.T.; Rozak, A. Distribusi logam berat dalam air dan sedimen di perairan muara sungai Cisadane. *Makara J. Sci.* **2010**.
13. Nybakken, J.W. *Marine Biology: An Ecological Approach*; Addison-Wesley Longman, Incorporated, 1992; ISBN 9780065008234.
14. Hardiani, H. Potensi Tanaman dalam Mengakumulasi Logam Cu pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. *J. Selulosa* **2009**, 44, 27–40, doi:10.25269/jsel.v44i01.147.