

**ANALYSIS OF HEAVY METAL CONTENT OF LEAD (Pb) AND
CADMIUM (Cd) IN RIVER WATER UNDER SAIL CITY
PEKANBARU BIOINDIKATOR CONCH MAS (POMACEA
CANALICULATA) BIOLOGY MODULE DESIGN CONCEPT
AS ENVIRONMENTAL POLLUTION IN SMA**

Romi Sagita¹, Suwondo², Yustina³,

e-mail: romisagita30@gmail.com , wondo_su@yahoo.co.id, hj_yustin@yahoo.com,
phone +6281374704614,

Biology, Faculty of Education Teacher Training and Education Riau University

Abstract: *The research was conducted to determine the content of heavy metals Lead (Pb) and Cadmium (Cd) on Water River Sail Pekanbaru based bioindikator snails (Pomacea canaliculata) as module design concept of environmental pollution biology in high school performed in June 2014. Determination research station is purposive random sampling by considering the environmental conditions based on community activities around the river. The main parameters in this study include heavy metals Pb and Cd in river water, sediment and Pomacea canaliculata, and physico-chemical parameters as supporting parameters. Hasi study showed that the average content of heavy metals in river water Pb and Cd 0.26 ppm 0.16 ppm where the heavy metal content in the water has passed the threshold of 0,008 ppm and 0,001 ppm Pb untu to Cd. The average content of heavy metals in the sediment of 3.04 ppm Pb and Cd 0.08 ppm. While the average content of heavy metals Pb Pomacea canaliculata 0.73 ppm and 0.21 ppm Cd. Where the content of heavy metals contained in the sediments and Pomacea canaliculata has not crossed the threshold that has been set. Further results of the study of heavy metals Pb and Cd in river water, sediment and Anadara granosa that have been implemented will serve as a source in the preparation of the learning modules in high school.*

Keywords: *Pomacea canaliculata, heavy metals Pb and Cd, water pollution, Biology Module*

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN
KADMIUM (Cd) PADA PERAIRAN SUNGAI SAIL KOTA
PEKANBARU BERDASARKAN BIOINDIKATOR KEONG MAS
(*Pomacea canaliculata*) SEBAGAI RANCANGAN MODUL
BIOLOGI KONSEP PENCEMARAN
LINGKUNGAN DI SMA**

Romi Sagita¹, Suwondo², Yustina³,

e-mail: romisagita30@gmail.com , wondo_su@yahoo.co.id, hj_yustin@yahoo.com,
phone +6281374704614,

Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Riau

Abstrak: Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui kandungan logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru berdasarkan bioindikator keong mas (*Pomacea canaliculata*) sebagai rancangan modul biologi konsep pencemaran lingkungan di SMA yang dilakukan pada bulan Juni 2014. Penentuan stasiun penelitian dilakukan secara purposive random sampling dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan berdasarkan pada aktivitas masyarakat sekitar sungai. Parameter utama dalam penelitian ini meliputi kandungan logam berat Pb dan Cd pada air sungai, sedimen dan *Pomacea canaliculata*, dan parameter fisika-kimia sebagai parameter pendukung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kandungan logam berat Pb pada air sungai 0,26 ppm dan Cd 0,16 ppm dimana kandungan logam berat pada air telah melewati ambang batas sebesar 0,008 ppm untuk Pb dan 0,001 ppm untuk Cd. Rata-rata kandungan logam berat Pb pada sedimen 3,04 ppm dan Cd 0,08 ppm. Sedangkan rata-rata kandungan logam berat Pb *Pomacea canaliculata* 0,73 ppm dan Cd 0,21 ppm. Dimana kandungan logam berat yang terkandung pada sedimen dan *Pomacea canaliculata* belum melewati ambang batas yang telah ditetapkan. Selanjutnya hasil penelitian kandungan logam berat Pb dan Cd pada air sungai, sedimen dan *Anadara granosa* yang telah dilaksanakan akan dijadikan sebagai sumber dalam penyusunan modul pembelajaran di SMA.

Kata kunci: *Pomacea canaliculata*, Logam berat Pb dan Cd, Pencemaran air, Modul Biologi

PENDAHULUAN

Fungsi Sungai di daerah Riau semakin bergeser dari fungsi semula. Air sungai dapat dimanfaatkan langsung sebagai sumber air minum bagi masyarakat sekitar, namun saat ini kualitasnya tidak memungkinkan lagi untuk itu. Demikian juga dengan peranannya sebagai alur transportasi air, alur sungai yang biasa dilayari sudah mulai terbatas. Masih banyak lagi fungsi sungai yang telah berubah. Perubahan-perubahan fungsi sungai ini secara langsung merupakan isu lingkungan hidup yang umum terjadi di daerah Riau. Isu-isu lingkungan dimaksud terutama dipicu oleh berbagai kegiatan yang terjadi di Daerah Aliran Sungai (DAS) dan badan sungai itu sendiri (Aras Mulyadi, 2005).

Sungai Sail yang hulunya berada di Kecamatan Lima Puluh dan bermuara di Sungai Siak sehari-harinya digunakan oleh sebagian besar masyarakat untuk berbagai keperluan, seperti MCK, dan menangkap ikan. Karena letaknya di wilayah perkotaan yang disertai dengan aktifitas pembangunan yang semakin pesat akan menghasilkan limbah dalam jumlah yang sangat besar. Melihat kondisi Sungai Sail saat ini, maka diperkirakan Sungai Sail telah mengalami pencemaran oleh buangan dari berbagai kegiatan manusia diantaranya pupuk dari pertanian, perbengkelan, perumahan, pasar dan sebagainya. Pengaruh penurunan kualitas Sungai Sail tidak hanya berdampak terhadap organisme air secara langsung dan manusia secara tidak langsung, namun akan mempengaruhi kualitas Sungai Siak.

Menurut Riyanto (2003), keong mas menyukai perairan jernih yang banyak tumbuhan airnya, disamping itu sangat menyukai tempat yang berlumpur karena pada saat terik siang hari keong ini bersembunyi di dalam lumpur. Keong mas hidup pada berbagai perairan tawar antara lain kolam, danau, tangki, sungai kecil dan sawah. Kualitas logam berat Pb dan Cd yang terdapat di Sungai Sail akan berpengaruh pada kandungan logam berat Pb dan Cd pada keong mas. Hal ini dikarnakan bahwa Keong mas diduga dapat dijadikan sebagai salah satu spesies indikator. Spesies indikator merupakan organisme yang dapat dijadikan petunjuk bahwa adanya suatu polutan di lingkungan. Organisme dapat dijadikan sebagai bioindikator memiliki ciri-ciri diantaranya hidup sesil, dijumpai dalam jumlah banyak, hidup yang menetap dan mobilitas yang rendah.

Permasalahan pencemaran lingkungan memberikan kontribusi terhadap pembelajaran biologi. Proses pembelajaran biologi di SMA khususnya materi mengenai pencemaran lingkungan, membutuhkan bahan ajar yang memuat contoh kasus dan data-data hasil penelitian dari konteks lokal di lingkungan sekitarnya untuk menunjang proses pembelajaran. Data-data hasil penelitian sangat berguna untuk dijadikan sumber pengayaan materi pembelajaran yang aktual dan mutakhir yang dikemas dalam bentuk modul pembelajaran. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan beberapa guru biologi SMA di Pekanbaru, proses pembelajaran biologi masih menggunakan buku teks sebagai bahan ajar dengan materi yang disampaikan hanya secara global dan tidak dilengkapi dengan contoh-contoh yang berada di sekitar lingkungan peserta didik. Untuk itu, maka perlu dikembangkan bahan ajar yang disesuaikan dengan karakteristik peserta didik sebagai sasaran. Salah satu bentuk bahan ajar yang dapat dikembangkan adalah modul.

Modul merupakan salah satu bentuk bahan ajar cetak yang merupakan seperangkat bahan ajar yang disajikan secara sistematis sehingga penggunaannya dapat belajar dengan atau tanpa seorang fasilitator (Depdiknas, 2008). Penerapan modul dapat

mengkondisikan kegiatan pembelajaran lebih terencana dengan baik dan mandiri. Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai “Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru Berdasarkan Bioindikator Keong Mas (*Pomacea canaliculata*) Sebagai Rancangan Modul Biologi Konsep Pencemaran lingkungan Di SMA”.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif melalui hasil pemeriksaan atau uji sampel di laboratorium. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian dan Analisis Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau pada bulan November-Desember 2016. Sampel dari penelitian adalah air sungai, sedimen dan *Pomacea canaliculata*. Stasiun ditentukan dengan teknik *purposive random sampling* sehingga didapatkan 5 stasiun penelitian. Sampel yang diambil dari kelima stasiun dimasukkan ke dalam wadah steril untuk di bawa ke laboratorium. Tahap awal yang dilakukan adalah proses destruksi sampel lalu dilakukan pemeriksaan kandungan logam berat menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif, dimana data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian dibandingkan dengan nilai baku mutu. Kemudian dialkuakan analisis silabus kelas X untuk mencari KD yang berkaitan dengan hasil penelitian.

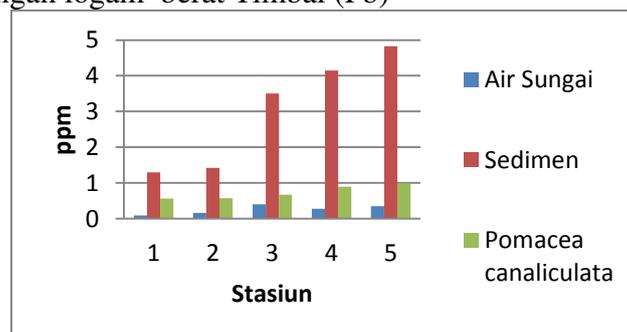
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Air Sungai, Sedimen dan *Pomacea canaliculata*

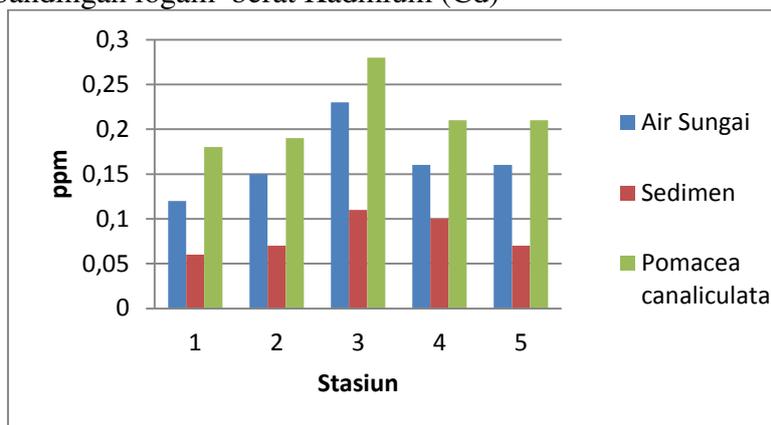
Hasil pengukuran kandungan logam berat timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada air sungai, sedimen, dan *Pomacea canaliculata* pada masing-masing stasiun penelitian di Sungai Sail Kota Pekanbaru dapat dilihat pada gambar 4.1.

Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Pengukuran Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Air Sungai, Sedimen dan *Pomacea canaliculata* di Perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru.

a. Grafik perbandingan logam berat Timbal (Pb)



b. Grafik perbandingan logam berat Kadmium (Cd)



- Ket * : Baku mutu logam berat pada air sungai (PP No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air)
 ** : Baku mutu logam berat pada sedimen (RNO, 1981)
 *** : Bakumutu logam berat dalam makanan (SK. Dirjen POM Depkes RI No: 03725/B/SK/1989)

Dari gambar 4.1 menunjukkan bahwa kandungan logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) di perairan Sungai Sail kota Pekanbaru memiliki nilai yang berbeda pada setiap stasiun. Kandungan logam berat Pb dan Cd juga berbeda antara di air sungai, sedimen dan *Pomacea canaliculata*. Kandungan logam berat Pb dalam air sungai berkisar antara 0,09-0,40 ppm, kandungan logam berat Pb pada sedimen berkisar antara 1,30-4,83 ppm, sedangkan kandungan logam berat Pb pada *Pomacea canaliculata* berkisar antara 0,56-0,98. Dimana kandungan logam berat Pb tertinggi pada air sungai terdapat pada stasiun III sebesar 0,40 ppm, kandungan logam berat Pb tertinggi pada sedimen terdapat pada stasiun V sebesar 4,83 dan kandungan logam berat Pb tertinggi pada *Pomacea canaliculata* terdapat pada stasiun V sebesar 0,98, Sedangkan kandungan Pb terendah pada air sungai, sedimen dan *Pomacea canaliculata* terdapat pada stasiun I.

Tingginya kandungan Pb di air sungai pada stasiun III disebabkan oleh buangan limbah domestik dari perumahan serta perbengkelan yang berada disekitar stasiun tersebut serta air yang tidak mengalir dengan baik yang membuat kandungan logam berat mengendap. Begitu pula pada sedimen dan *Pomacea canaliculata* di stasiun V diduga disebabkan karena aktifitas dari masyarakat sekitar seperti bengkel dan cat. Nancy Aulia Safitri, dkk (2009) menyatakan bahwa limbah dari penggunaan Timbal dan Kadmium juga berasal dari plastik-plastik dan minyak-minyak dari buangan limbah rumah tangga. Sedangkan kandungan logam berat Pb pada air, sedimen dan *Pomacea canaliculata* terendah terdapat pada stasiun I dikarenakan bahwa stasiun I ini terdapat pada hulu sungai yang jauh dari pemukiman penduduk

Sedangkan untuk logam berat Cd pada gambar 4.1 diatas, kandungan logam Berat Cd pada air berkisar antara 0,12-0,23 ppm, kandungan logam berat Cd pada sedimen berkisaran antara 0,06-0,11 ppm, sedangkan kandungan logam berat Cd pada *Pomacea canaliculata* berkisaran antara 0,18-0,21. Dimana, kandungan logam berat tertinggi pada air sungai, sedimen dan *Pomacea canaliculata* terdapat pada stasiun III dan kandungan logam berat Cd terendah pada air sungai, sedimen dan *Pomacea canaliculata* terdapat pada stasiun I. Tinggi rendahnya tingkat kandungan logam berat Cd juga tidak terlepas dari aktifitas manusia yang ada disekitar bantaran sungai tersebut

yang menghasilkan limbah domestik diantaranya sampah plastik, minyak buangan aki dan lain-lain. Hal ini juga sesuai dengan pendapat Nancy Aulia Safitri, dkk (2009) yang menyatakan bahwa sumber logam berat Cd berasal dari minyak dan limbah domestik seperti buangan aki dan minyak pelumas. Logam berat Cd juga berasal dari plastik-plastik, cat baja dan besi, dan pipa-pipa yang mengalami korosi.

Berdasarkan gambar 4.1 juga menunjukkan bahwa nilai kandungan logam berat Pb dan Cd pada *Pomacea canaliculata* cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan logam berat Pb dan Cd yang ada pada air sungai namun sebaliknya bahwa nilai kandungan logam berat Pb dan Cd pada *Pomacea canaliculata* lebih rendah dibandingkan dengan nilai kandungan logam berat Pb dan Cd pada sedimen. Menurut Darmono (1995) Tingginya kandungan logam berat dalam air tidak menjamin bahwa kandungan logam berat dalam jaringan hewan akan tinggi pula. Tinggi rendahnya kandungan logam berat Pb dan Cd berkaitan dengan daya akumulasi yang dimiliki oleh *Pomacea canaliculata* terhadap logam berat tersebut. Tinggi rendahnya daya akumulasi dapat dilihat dari nilai faktor konsentrasi biologi (BCF) pada tabel 4.1.

Logam berat akan terakumulasi didalam jaringan tubuh organisme yang disebut dengan bioakumulasi. Tingginya kandungan logam berat Pb dan Cd pada sedimen di setiap stasiun akan mempengaruhi kandungan logam berat yang ada pada *Pomacea canaliculata*. Hal ini juga sesuai dengan karakteristik dari *Pomacea canaliculata* sebagai biota *filter feeder* yang menetap dalam waktu yang lama serta mencari makanan pada sedimen, maka logam berat Pb dan Cd yang terdapat dalam sedimen akan masuk kedalam tubuh *Pomacea canaliculata* tersebut. Hutagalung (1994) menyatakan bahwa logam-logam berat yang ada didalam badan perairan akan mengalami proses akumulasi dalam tubuh biota yang ada., kemampuan biota untuk menimbun logam (*bioakumulasi*) melalui rantai makanan sehingga terjadi metabolisme bahan berbahaya secara biologis yang akan mempengaruhi organisme yang ada diperairan tersebut.

menurut Darmono (1995), kandungan logam berat dalam tubuh organisme dipengaruhi oleh tinggi rendahnya tingkat pencemaran dan kebiasaan makanan.

Tingginya kandungan logam berat Pb dan Cd pada air sungai, sedimen dan *Pomacea canaliculata* juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu pH, kecepatan arus, suhu serta kecerahan (Tabel 4.2). Hal ini sesuai dengan pendapat Hutagalung (1994) yang menyatakan bahwa peningkatan logam berat pada perairan, selain disebabkan oleh peningkatan aktivitas di sekitar perairan, dapat pula disebabkan oleh rendahnya pH dan tingginya suhu perairan.

Tingkat Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada *Pomacea canaliculata*

Dimana, nilai faktor biokonsentrasi diperoleh dari perbandingan nilai kandungan logam berat pada *Pomacea canaliculata* dengan sampel air sungai. Hasil perhitungan nilai faktor biokonsentrasi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Nilai Faktor Konsentrasi Biologi Logam Berat Pb dan Cd pada *Pomacea canaliculata*

Stasiun	Nilai Faktor Konsentrasi Biologi	
	Pb	Cd
I	7,44	1,50
II	3,50	1,27
III	2,93	1,22
IV	3,80	1,31
V	2,80	1,40

Nilai faktor biokonsentrasi merupakan petunjuk dari kemampuan organisme dalam mengakumulasi logam berat dalam tubuhnya yang berasal dari tempat organisme tersebut hidup. Berdasarkan nilai faktor biokonsentrasi tersebut diatas, dapat diketahui bahwa organisme *Pomacea canaliculata* mempunyai kemampuan dalam mengakumulasi logam berat Pb dan Cd yang ada dilingkungannya. Hal ini juga sesuai dengan pendapat Rukaesih Achmad (2004) bahwa logam berat yang telah masuk kedalam tubuh organisme akan mengalami akumulasi. Semakin banyak logam berat yang diserap maka semakin besar pula kandungan logam berat didalam tubuhnya.

Berdasarkan perhitungan nilai faktor biokonsentrasi logam berat Pb dan Cd pada *Pomacea canaliculata* di atas (Tabel 4.1) dapat dilihat bahwa nilai faktor biokonsentrasi pada logam berat Pb dan Cd tersebut berbeda pada setiap masing-masing stasiun. Adapun nilai faktor biokonsentrasi Pb pada *Pomacea canaliculata* berkisar antara 2,80-7,44. Sedangkan nilai faktor biokonsentrasi Cd pada *Pomacea canaliculata* berkisar antara 1,22-1,50. Hasil dari perhitungan ini menunjukkan bahwa nilai faktor konsentrasi biologi logam berat Cd lebih besar dibandingkan dengan nilai faktor biokonsentrasi logam berat Pb. Dalam hal ini juga dapat dikatakan bahwa *Pomacea canaliculata* lebih cenderung dapat mengakumulasi logam berat Pb dibandingkan logam berat Cd. Menurut Hutagalung (1991), besar kecilnya nilai faktor konsentrasi biologi tergantung pada jenis logam berat, organisme, lama pemaparan, dan kondisi lingkungan perairan.

Waldichuck (1974), menjekaskan bahwa kategori nilai faktor biokonsentrasi adalah $BCF < 100$ = Sifat akumulasi rendah, BCF antara 100-1000 = Sifat akumulasi sedang, sedangkan $BCF > 1000$ = Sifat akumulasi tinggi. Dari hasil perhitungan nilai faktor biokonsentrasi pada Tabel 4.1 dibandingkan dengan kategori nilai faktor biokonsentrasi dapat disimpulkan bahwa tingkat akumulasi logam berat Pb dan Cd pada *Pomacea canaliculata* tergolong dalam kategori logam berat akumulatif rendah.

Parameter Fisika-Kimia Perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru

Parameter kualitas perairan yang diukur pada penelitian ini adalah parameter fisika-kimia yang meliputi: suhu, kecepatan arus, kecerahan, pH, DO, tekstur substrat dan KOS. Data hasil pengukuran parameter fisika-kimia Sungai Sail Kota Pekanbaru dari hasil pengukuran setiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Parameter Fisika-Kimia di Perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru

Parameter	Baku mutu (normal)	Stasiun				
		I	II	III	IV	V
1 Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	-	26,5	28	31,1	29,7	30,2
2 Kecepatan arus (m/s)	-	0,67	0,37	0,10	0,15	0,11
3 Kecerahan (m)	-	0,15	0,14	0,10	0,10	0,10
4 pH	6-9	7,2	6,5	6	6	6
5 DO (ppm)	> 4	4,7	4,7	4,1	4,3	4,5
6 Kelas tekstur Substrat	-	Liat Berpasir	Liat Berpasir	Liat Berdebu	Liat Berpasir	Liat Berpasir
7 KOS (%)	-	4,09	4,0	2,8	2,6	8,5

Keterangan : Baku Mutu Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Suhu merupakan parameter perairan yang sangat penting karena dapat mempengaruhi sifat fisika-kimia perairan maupun fisiologis organisme perairan. Suhu yang ada di perairan dipengaruhi oleh radiasi matahari seperti posisi matahari, letak geografis, musim, aliran dan kedalaman air, penguapan, dan kondisi awan. Hasil pengukuran suhu pada masing-masing stasiun tidak menunjukkan adanya variasi suhu yang mencolok. Suhu di perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru berkisar antara 26,5-31,1 $^{\circ}\text{C}$.

Dari data diatas dapat dilihat bahwa suhu tertinggi terdapat pada stasiun III, VI dan V, dengan demikian bahwa suhu yang tinggi juga dapat meningkatkan kadar logam berat yang ada pada perairan. Suhu yang tinggi akan meningkatkan pembentukan ion logam berat, sehingga meningkatkan proses pengendapan yang berakibat pada penyerapan logam berat pada sedimen. selain itu suhu juga berpengaruh terhadap aktivitas metabolisme maupun perkembangan organisme. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan Suryono (2006) yang mengatakan bahwa kenaikan suhu tidak hanya akan meningkatkan metabolisme biota perairan, namun juga dapat meningkatkan toksisitas logam berat diperairan.

Menurut Hutabarat dan Evans (1985), kisaran suhu optimal bagi kehidupan organisme adalah 25-32 $^{\circ}\text{C}$. hal ini menunjukkan bahwa suhu yang ada dimasing-masing stasiun mengindikasikan nilai yang cukup baik untuk kelangsungan kehidupan organism aquatik pada perairan tersebut.

Kecepatan arus merupakan parameter yang juga dapat mempengaruhi sebaran logam berat yang ada pada perairan. Kecepatan arus yang ada pada masing-masing stasiun bervariasi. Dari hasil pengukuran kecepatan arus yang telah dilakukan di Perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru berkisaran antara 0,10-0,67m/s. Hal ini sesuai dengan pendapat Hutagalung (1994) yang menyatakan bahwa keberadaan logam berat di perairan dipengaruhi oleh arus dan gelombang, arus perairan dapat menyebabkan

logam yang terlarut dalam air menyebar ke segala arah. Dari table 4.3 diatas dapat dilihat bahwa tingkat kecepatan arus yang paling tinggi terdapat pada stasiun I dan kecepatan arus terendah terdapat pada stasiun III.

Kecerahan merupakan suatu ukuran untuk mengetahui daya penetrasi cahaya matahari ke dalam air. Dari data hasil pengukuran yang tertera pada tabel 4.3 diatas menunjukkan kecerahan Perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru berkisar antara 0,10-0,15m. Nilai kecerahan tertinggi terdapat pada stasiun I dan nilai kecepatan arus terendah terdapat pada stasiun III. Nilai kecerahan di perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru tergolong rendah, hal ini dapat dilihat bahwa perairan tersebut terlihat keruh. Hutagalung (1994) menyatakan bahwa kecerahan suatu perairan dipengaruhi oleh padatan tersuspensi, zat-zat terlarut, partikel-partikel, dan warna air sehingga mempengaruhi tingkat intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan.

Tingkat kecerahan juga mempengaruhi kadar logam berat yang ada didalam perairan. Tingkat kecerahan berbanding terbalik dengan kandungan logam berat yang terkandung didalamnya, dimana semakin tinggi tingkat kecerahan suatu perairan maka kandungan logam berat didalam air akan semakin sedikit,. Begitu pula sebaliknya bahwa semakin rendah tingkat kecerahan suatu perairan maka kandungan logam berat didalam air akan semakin banyak. Hal ini dikarenakan logam berat terakumulasi dengan partikel-partikel lainnya sehingga dapat menghalangi proses penetrasi cahaya yang masuk kedalam air.

pH merupakan salah satu parameter yang dapat dijadikan penentuan kualitas perairan. Nilai pH dapat menunjukkan besarnya kandungan ion hidrogen dalam air dan menentukan keseimbangan dinamis antara asam dan basa didalam air. Selain itu, pH juga berfungsi sebagai faktor penentu toleransi kadar maksimum dan minimum nilai pH didalam air. Air yang memiliki pH lebih kecil dari pH normal akan bersifat asam, sedangkan air yang memiliki pH lebih besar dari pH normal akan bersifat basa. Dari hasil pengukuran nilai pH yang tertera pada tabel 4.3 diatas, dapat dilihat bahwa ada perbedaan nilai pH pada masing-masing stasiun, namun tidak terdapat perbedaan nilai pH yang signifikan. Nilai pH pada perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru berkisar antara 6-7. Untuk nilai pH tertinggi terdapat pada stasiun I dan untuk nilai pH terendah terdapat pada stasiun III, IV dan V. Menurut PP No.82 tahun 2001, kisaran pH yang baik pada suatu perairan sungai adalah 6-9. Berdasarkan tabel 4.3 diatas dapat disimpulkan bahwa pH pada masing-masing stasiun tergolong baik dan tidak kurang atau melebihi baku mutu yang telah ditetapkan.

Nilai pH yang terdapat pada suatu perairan tergantung terhadap pulutan yang terkandung didalamnya. Nilai pH sangat berpengaruh terhadap keberadaan logam berat diperairan. Dimana nilai pH yang tinggi maka kandungan logam berat yang terdapat disuatu perairan akan rendah dan begitu pula sebaliknya bahwa nilai pH yang rendah maka kandungan logam berat yang terdapat disuatu perairan akan tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Suryono A (2006) yang menyatakan bahwa kenaikan pH di perairan akan diikuti dengan penurunan kelarutan logam berat, sehingga logam berat cenderung mengendap.

DO merupakan kadar oksigen terlarut didalam air. Adapun kandungan oksigen terlarut yang terdapat di Perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru berkisar antara 4,1-4,7 ppm. Kadar Oksigen terlarut tertinggi terdapat pada stasiun I dan II sedangkan kandungan oksigen terlarut terendah terdapat pada stasiun III. Namun kandungan oksigen terlarut di Perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru masih mendukung kehidupan organism akuatik, dan hal ini juga sesuai dengan keputusan PP No.82 tahun 2001 bahwa

konsentrasi oksigen terlarut untuk mendukung kehidupan organisme akuatik adalah ≥ 4 ppm. Penurunan kadar oksigen terlarut didalam air merupakan indikasi yang kuat terhadap adanya pencemaran di sungai tersebut.

Sedimen perairan terdiri dari berbagai tipe substrat dengan ukuran yang berbeda, umumnya sedimen terdiri dari campuran dari bermacam-macam tipe substrat yang berbeda. Penentuan jenis dan komposisi sedimen pada penelitian ini didasarkan pada tiga tipe fraksi utama yakni pasir, debu, dan liat. Hasil analisis tekstur substrat dasar perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru adalah liat berpasir hingga liat berdebu. Tipe substrat akan mempengaruhi konsentrasi logam berat dan spesiasinya dalam sedimen, sedimen yang banyak mengandung fraksi yang lebih halus memiliki kemampuan mengikat logam berat lebih tinggi bila dibandingkan fraksi yang sifatnya kasar seperti pasir maupun debu.

Kandungan bahan organik substrat di Sungai Sail Kota Pekanbaru berkisar antara 2,8-8,5. Adapun kandungan bahan organik tertinggi terdapat pada stasiun V dan kandungan bahan organik substrat terendah terdapat pada stasiun III. Tingginya kandungan bahan organik pada stasiun V dikarenakan stasiun V merupakan stasiun yang berada di hilir sungai serta tumbuhan juga ikut andil dalam menyumbang tingginya bahan organik pada stasiun V tersebut. Menurut Nur El Fajri dan Adnan Kasry (2013) menjelaskan bahwa kawasan hilir dan muara sungai didominasi oleh substrat dasar yang berlumpur dengan ukuran partikel sangat halus sehingga mudah diserap dan cenderung mengakumulasi bahan organik.

Perancangan Bahan Ajar Modul dari Hasil Penelitian

a. Analisis Potensi

Berdasarkan hasil analisis kurikulum terdapat topik/kajian yang berkaitan dengan hasil penelitian, berupa KD di mata pelajaran Biologi SMA yang dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4. Kompetensi Dasar (KD) yang Berkaitan dengan Hasil Penelitian.

Satuan Pendidikan	Kelas	KD	Uraian Materi	Potensi Pengembangan
SMA	X	3.11 Menganalisis data perubahan lingkungan penyebab serta dampak dari perubahan-perubahan tersebut.	<ul style="list-style-type: none"> Kerusakan lingkungan/pencemaran lingkungan, Pelestarian lingkungan, Adaptasi dan mitigasi 	Modul
		4.11. Mengajukan gagasan pemecahan masalah perubahan lingkungan sesuai konteks permasalahan lingkungan di daerahnya	<ul style="list-style-type: none"> Limbah dan Daur Ulang Jenis-jenis limbah. Proses daur ulang 3 R (<i>reuse, reduce, recycle</i>) 	

Dari analisis kompetensi dasar yang telah dilakukan terdapat 1 kompetensi dasar yang berpotensi sebagai rancangan modul pembelajaran yang sesuai dengan hasil penelitian ini yaitu KD 3.11 Menganalisis data perubahan lingkungan dan penyebab serta dampak dari perubahan-perubahan tersebut dengan materi Kerusakan lingkungan/pencemaran lingkungan dan Jenis-jenis limbah

Desain Rancangan Modul Pembelajaran

Tahap selanjutnya yaitu membuat rancangan modul pembelajaran. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan makasumber belajar yang dirancang peneliti berupa modul yang kontekstual sesuai dengan hasil penelitian. Desain modul dapat dilihat pada lampiran. Adapun rancangan modul pembelajaran biologi yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 4.2.

1. Cover (pokok bahasan, nama penulis, nama mata pelajaran)
2. Kata pengantar, daftar isi, daftar gambar.
3. Kompetensi yang akan dicapai (KI, KD, Sumber Rujukan, Materi Pokok, Indikator, ITPK)
4. Panduan penggunaan modul pembelajaran
5. Pendahuluan
6. Kegiatan belajar (informasi pendukung, lembar kegiatan dan latihan)
7. Rangkuman
8. Tes formatif
9. Umpan balik
10. Tindak lanjut
11. Kunci jawaban tes formatif
12. Daftar pustaka
13. *Glosarium*

Gambar 4.2 Struktur Modifikasi Rancangan Modul

SIMPULAN DAN REKOMENADI

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kandungan logam berat Pb dan Cd di Perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru menunjukkan nilai yang berbeda. Nilai kandungan logam berat Pb dan Cd pada sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan logam berat Pb dan Cd pada *Pomacea canaliculata* dan air sungai. Kandungan logam berat Pb dan Cd pada air sungai sudah melewati nilai baku mutu yang telah ditetapkan, sedangkan kandungan logam berat Pb dan Cd pada sedimen belum melewati nilai baku mutu yang telah ditetapkan. Hasil penelitian kandungan logam berat Pb dan Cd di Perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru dapat dimanfaatkan untuk perancangan modul pembelajaran biologi di SMA guna memperkaya bahan ajar pada konsep pencemaran air.

Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, disarankan agar peneliti selanjutnya diharapkan dapat melakukan pengembangan modul yang mengacu pada model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*).

DAFTAR PUSTAKA

- Aras Mulyadi. 2005. *Hidup Bersama Sungai*. Pekanbaru: UNRI-Press
- Darmono. 1995. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. UI-Press. Jakarta.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2008. *Panduan pengayaan bahan ajar*. Direktorat Pembina Sekolah Menengah Atas. Jakarta.
- Hutabarat, S., dan Evans, S.M. 1985. *Pengantar Oseanografi*. UI-Press. Jakarta.
- Hutagalung. 1991. *Pencemaran Laut Oleh Logam Berat*. P3O-LIPI. Jakarta
- Hutagalung. 1994. *Logam Berat dalam Lingkungan Laut*. Pawarta Oseana. Jakarta.
- Nancy Aulia Safitri, Rifardi dan Rasoel Hamidi. 2009. Konsentrasi Logam Berat (Cd Dan Pb) Pada Sedimen Permukaan Perairan Teluk Bayur Provinsi Sumatera Barat Indonesia. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*.2(3): 80-86. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru.

- Nur El Fajri dan Adnan Kasry. 2013. Kualitas Perairan Muara Sungai Siak Ditinjau dari Sifat Fisik-Kimia dan Makrozoobentos. *Jurnal Berkala Perikanan Terubuk*. 41(1) : 37-52.
- Presiden Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Sekretaris Negara Republik Indonesia. Jakarta.
- Presiden Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Sekretaris Negara Republik Indonesia. Jakarta.
- Riyanto. 2003. Aspek- Aspek Biologi Keong Mas (*Pomacea canaliculata* L). FORUM MIPA Vol. 8 No. 1 Edisi Januari 2003, hal 20-26
- Rukaesih Achmad. 2004. *Kimia Lingkungan*. Andi Yogyakarta. Yogyakarta
- Suryono, A. 2006. Bioakumulasi Logam Berat Melalui Sistem Jaringan Makanan dan Lingkungan Pada Kerang Bulu *Anadara inflata*. *Jurnal Ilmu Kelautan* 9 (1) 1-9
- Waldichuk, M. 1974. Some Biological concern in heavy y metals pollution dalam Verburg, FJ and Verburg, WB. *Pollution and Physiology*. Acad emic Press Inc. New York.
- Yustina. 2010. *Bagaimana Membina dan Menilai Modul Pembelajaran Lingkungan Hidup*. Pekanbaru.