



Artikel Ulasan

Distribusi Kandungan Logam Berat Pb Pada Ekosistem Perairan Kepri

Vitasari¹, Ani Suryanti¹, Febrianti Lestari¹, Muzahar¹, Syaefullah¹

¹Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Jalan Politeknik Senggarang, Kota Tanjungpinang, Kepulauan Riau INDONESIA

✉ Penulis koresponden: vsari707@gmail.com

Riwayat Artikel:

Masuk: 05-12-2022

Diterima: 19-12-2022

Dipublikasi: 27-04-2023

Cara Mengutip:

Vitasari, Ani Suryanti, Febrianti Lestari, Muzahar, dan Syaefullah. 2023. "Distribusi Kandungan Logam Berat Pb Pada Ekosistem Perairan Kepri". Jurnal Ekologi, Masyarakat Dan Sains 4 (1). Bandung, Indonesia:27-37. <https://doi.org/10.55448/ems.v4i1.73>.

Lisensi:

Hak Cipta (c) 2022 Jurnal Ekologi, Masyarakat dan Sains



Artikel ini berlisensi *Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License*.

Abstrak: Banyaknya aktivitas di perairan Kepri dapat menjadi penyebab pencemaran logam berat Pb pada ekosistem maupun biota perairan. Analisis pada kajian ini dilakukan dengan *me-review* artikel-artikel pada penelitian sebelumnya yang dilakukan di beberapa lokasi di perairan Kepri (Perairan Bukit Bestari, Pantai Pulau Bintang Utara, Perairan Batam, Perairan Tanjung Lanjut dan Perairan Teluk Tanjungpinang). Hasil kajian didapati kandungan logam berat Pb pada air laut berkisar 0,035–0,611 ppm, pada sedimen berkisar 2–15,31 ppm, pada mollusca berkisar 0,16–21,56 ppm, pada udang putih (*Penaeus merguensis*) berkisar 0,009–0,0128 ppm, pada lamun (*Enhalus acoroides*) berkisar 0,1088–5,67 ppm, pada mangrove berkisar 0,45–1,17 ppm dan pada makroalga berkisar 0,86–16,81 ppm. Kandungan logam berat Pb pada Lamun (*Enhalus acoroides*) paling tinggi ditemukan pada akar yaitu 0,0611 ppm. Perbedaan distribusi tinggi rendahnya kandungan logam berat Pb bergantung terhadap aktivitas yang terjadi diperairan tersebut.

Kata Kunci: air laut, mollusca, sedimen, timbal (pb), tumbuhan

Abstract: The large of activities in the Riau Islands marine can be a cause of heavy metal of Pb pollution in ecosystems and aquatic organisms. The analysis in this study was carried out by reviewing articles on previous research conducted in several locations in Riau Islands marine (Bukit Bestari marine, North Bintan Island Beach, Batam marine, Tanjung Advanced marine and Tanjungpinang Bay marine). The results of the study found that the content of heavy metal of Pb in seawater ranged from 0.035–0.611 ppm, in sediments it ranged from 2–15.31 ppm, in mollusks it ranged from 0.16–21.56 ppm, in white shrimp it ranged from 0,009–0,0128 ppm, in seagrass (*Enhalus acoroides*) it ranged from 0.1088–5.67 ppm, in mangroves it ranges from 0.45–1.17 ppm and in macroalgae it ranges from 0.86–16.81 ppm. The highest content of heavy metal of Pb in seagrass (*Enhalus acoroides*) was found in the roots, it's 0.0611 ppm. The difference in the distribution of high and low levels of heavy metal of Pb depends on the activities that occur in these marines.

Keywords: seawater, mollusks, sediments, lead (pb), plants

1 PENDAHULUAN

Provinsi Kepulauan Riau (Kepri) merupakan sebuah provinsi yang terbentuk dari pemekaran Provinsi Riau. Provinsi Kepri merupakan sebuah provinsi yang secara geografis berada di Selat Malaka dan Laut Cina Selatan serta bersebelahan juga dengan pusat bisnis dan keuangan di Asia Pasifik yaitu Negara Malaysia dan Negara Singapura. Dilihat dari sebaran wilayahnya, sebagian besar Provinsi Kepri berbentuk pulau-pulau yang dikelilingi oleh

lautan. Luas keseluruhan wilayah Provinsi Kepri adalah 253.420 km² yang terdiri dari luas lautan 242.825 km² dan luas daratan 109.595,41 km², yang artinya 96% luas wilayah Provinsi Kepri merupakan lautan dan sisanya sebesar 4% adalah daratan (Dinkes Kepri 2002). Wilayah lautan Provinsi Kepri yang sangat luas inilah yang menjadi tempat hidupnya berbagai jenis organisme laut, baik hewan atau tumbuhan yang dikembangkan oleh manusia maupun yang hidup secara alami (Hanijar 2019). Selain dilihat dari sisi luasnya laut dan letaknya yang sangat

strategis, perairan Provinsi Kepri juga sangat tinggi akan aktivitas-aktivitas perairannya, seperti aktivitas domestik, pertanian, pertambangan serta aktivitas industri. Sehingga aktivitas-aktivitas tersebut dapat menjadi sumber penyebab terjadinya pencemaran di perairan wilayah Provinsi Kepri. Salah satu dampak pencemaran yang terjadi adalah tingginya kandungan logam berat pada ekosistem perairan Provinsi Kepri.

Logam berat merupakan salah satu jenis pencemaran perairan laut yang sangat berbahaya. Keberadaan logam ini di perairan terjadi sebagai efek dari kegiatan manusia, yang semula secara alami memang dibutuhkan bagi banyak proses metabolisme makhluk hidup, beralih fungsi menjadi racun untuk lingkungan dan biota laut karena terjadinya peningkatan kadar logam berat tersebut secara signifikan (Dahuri 2001). Contoh jenis logam berat yang dapat mencemari perairan adalah logam berat timbal (Pb). Logam berat Pb yang dihasilkan dari aktivitas-aktivitas manusia ini dalam keadaan kondisi yang stabil sangat mudah terbentuk ikatan-ikatan permukaan dengan partikel-partikel yang ada pada badan perairan dan dalam jangka waktu yang lama persenyawaan yang terjadi dengan partikel-partikel ini akan tersedimentasi di dasar perairan (Hutagalung 1997).

Logam berat memiliki karakteristik mudah berikatan dengan bahan organik dan akan mengendap di dasar perairan lalu menyatu dengan sedimen yang mengakibatkan konsentrasi logam berat pada sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasinya di air (Wilber 1971). Tingginya konsentrasi logam berat dalam sedimen dimungkinkan karena adanya akumulasi logam berat yang terjadi dari proses pengendapan dalam jangka waktu lama, kemudian terakumulasi dalam tubuh biota yang ada melalui rantai makanan sehingga terjadi metabolisme bahan berbahaya secara biologis dan akan mempengaruhi organisme yang ada di perairan tersebut (Hutagalung 1997).

Siput gonggong (*Laevistrombus canarium*) adalah hewan laut yang mencari makanan dari sedimen perairan, dimana sedimen tersebut merupakan tempat mengendapkannya zat-zat kimia seperti logam berat timbal. Siput gonggong ini tumbuh berkembangbiak dengan menyerap nutrisi pada substrat didasar perairan dengan cara aktif di permukaan atau membenamkan diri pada substrat perairan yang terdiri dari substrat pasir berlumpur, substrat pasir atau substrat lumpur yang di atasnya tumbuh tanaman *seagrass* sehingga logam berat yang terdapat pada sedimen akan masuk ke dalam sistem pencernaannya

(Soeharmoko dalam Iskandar dan Yusliansyah 1996). Selain *mollusca*, kerang-kerangan jenis *bivalvia* juga dapat digunakan sebagai organisme yang baik untuk memonitor pencemar perairan disebabkan ia mampu mengakumulasi bahan racun dalam jumlah yang tinggi (resisten dengan bahan racun) serta keberadaannya yang banyak di sepanjang perairan dan cara hidupnya yang tidak berpindah (Kong Yap 2016).

Dampak racun dari zat-zat toksik terhadap hewan laut dapat berlangsung secara morfologi, fisiologi, genetik atau hingga menyebabkan kematian. Zat ini (logam berat) sangat mempengaruhi kerja enzim dan fertilitas organisme laut. Senyawa-senyawa *organotin* (*tributyltin* TBT dan *triphenyltin* TPT) dan logam Pb salah satu contohnya, pada kadar yang tidak tinggi sekalipun dapat memberikan efek buruk yang kuat terhadap hewan laut (Svavarsson 2001), termasuk toksik pada *gastropoda* dan *bivalvia* tertentu pada kadar rendah 1-2 mg/l, sedangkan pada konsentrasi yang besar, *gastropoda* betina dapat berubah menjadi *imposex* (jantan) atau bisa berefek pada sterilitas (Herber 2003).

Selain itu sel-sel insang yang mensekresikan enzim-enzim penting ialah enzim *karbonic anhidrase* dan ATP-ase. *Karbonic anhidrase* adalah enzim yang berfungsi dalam proses katalis CO_2 menjadi HCO_3^- (asam karbonat). Logam yang terikat pada enzim ini, seperti Zn (seng) dapat terganti oleh logam-logam lain sehingga mengganggu aktivitas enzim. Aktivitas enzim dapat turun hingga 56% jika Zn ini terganti dengan CO, dan jika terganti dengan mengikat molekul Mn, Pb, Ni, Cd dan Cu aktivitas enzimnya dapat turun hingga 5%, sehingga akan merusak peran enzim salah satunya enzim pertumbuhan jika berikatan dengan logam yang tak semestinya (Darmono 1995).

Kerang-kerangan serta hewan hasil laut lainnya yang telah tercemar oleh logam berat merupakan barang komersil yang dikonsumsi secara luas di berbagai daerah sehingga dapat memunculkan efek buruk terhadap kesehatan manusia (Kong Yap 2016). Paparan logam berat Pb ini bisa terakumulasi dalam plasma dan jaringan lunak. Janin dalam kandungan dan anak-anak akan lebih sensitif terhadap paparan Pb. Oleh karena itu, ibu hamil kerap diingatkan untuk tidak mengonsumsi kerang-kerangan terlebih dulu selama masa kehamilan. Selain itu timbal juga dapat menyebabkan kerusakan syaraf, otak, dan penghambatan pertumbuhan anak-anak, kerusakan ginjal serta gangguan reproduksi (Dinas Ketahanan Pangan dan Peternakan Jabar 2022).

Hewan laut lainnya seperti udang putih (*Penaeus merguensis*) yang juga menjadi makanan konsumsi masyarakat dan merupakan mata pencaharian nelayan tradisional juga dapat terakumulasi oleh logam berat Pb yang ada di perairan. Jika kandungan logam berat Pb pada udang putih (*Penaeus merguensis*) tersebut berada di atas baku mutu yang dipersyaratkan tentunya akan berdampak terhadap masyarakat yang mengkonsumisya.

Selain hewan laut, pencemaran logam berat yang terjadi juga berdampak terhadap tumbuhan laut seperti lamun, mangrove dan makroalga. Hal ini disebabkan tumbuhan laut secara aktif melakukan penyerapan nutrisi melalui akar yang mempunyai permukaan yang lebih luas (Kiswara 1990), di mana logam berat ikut masuk terakumulasi dalam tubuh tumbuhan selama proses penyerapan nutrisi berlangsung. Selain itu dibanding dengan air laut, lamun lebih tinggi dalam mengakumulasi logam berat Pb. Logam berat yang mencemari perairan akan mengalami proses sedimentasi, dispersi dan pengenceran, kemudian biota perairan yang ada akan menyerapnya (Hutagalung 1984). Hasil proses sedimentasi di dasar perairan akan terserap oleh akar lamun karena akar lamun aktif dalam menyerap nutrient yang ada pada sedimen (Short 1987 dalam Persulessy 1998).

Oleh karena tumbuhan laut menyerap logam berat pada lingkungan, tumbuhan laut sering digunakan sebagai biomonitor untuk cemaran logam berat. Rumput laut sering dijadikan sebagai biomonitor untuk cemaran logam pada sedimen. Sebagian besar jenis rumput laut seperti *Enhalus acoroides* terbukti memiliki kemampuan yang besar untuk mengakumulasi logam sehingga bisa dijadikan sebagai indikator pencemaran logam berat di perairan (Sohrab, 2011). Lamun dapat tetap hidup walaupun terakumulasi oleh zat pencemar sehingga cocok dijadikan sebagai bioindikator (Astuti 2011).

Salah satu jenis lamun bioindikator yang hidup pada substrat yang berpasir dan berlumpur dengan rhizomanya ditumbuhi oleh bulu-bulu kaku dan padat adalah lamun *Enhalus acoroides*. Konsentrasi logam berat Pb yang ada di lamun dapat menjadi cerminan konsentrasinya logam berat Pb yang ada di sedimen (Efendi 2015). Selain itu pada dinding selnya, makroalga juga diketahui mampu untuk melakukan akumulasi beberapa logam berat. Makroalga memiliki muatan negatif dari polisakarida serta mempunyai kompartemen khusus physodes yang mendukung perannya dalam akumulasi logam berat (Mamboya 2007).

Tumbuhan hiperkular lainnya yang dapat menjadi agen bioremediasi yang memiliki fungsi biosorpsi (menyerap logam berat di lingkungan) adalah mangrove (Hastuti 2013). Tumbuhan ini juga mampu menyaring, mengikat dan memerangkap bahan pencemar di lingkungan seperti kelebihan sampah, sedimen ataupun limbah hasil rumah tangga sehingga mampu meningkatkan kualitas perairan, kemampuan ini disebut sebagai biofilter (Gunarto 2004).

Tumbuhan-tumbuhan laut tersebut mempunyai daya netralisir logam berat pencemar di lingkungan, namun jika kandungan logam berat pencemar pada badan perairan sangat tinggi maka tumbuhan laut tidak dapat menanggung beban pencemar logam berat yang ada, sehingga hal tersebut dapat memberikan efek negatif terhadap pertumbuhannya bahkan sampai menyebabkan kematian. Tingginya konsentrasi logam berat Pb pada tanaman dapat berefek menghambat pertumbuhan tunas dan akar, mengganggu proses pembelahan sel serta dapat merusak jaringan pada dinding sel (Rosidah 2014) sehingga dampaknya kekerdilan pada pertumbuhan tanaman, terbatasnya percabangan, penebalan akar dan berwarna gelap (Goldsmith 2005).

Logam berat Pb adalah golongan logam berat yang non-esensial yaitu jika masuk ke dalam tubuh makhluk hidup akan dapat bersifat toksik. Logam ini selain memberikan efek pertumbuhan kerdil tanaman, juga dapat berefek buruk terhadap manusia, misalnya iritasi mata, gangguan pernafasan (kerusakan paru-paru) dan lainnya (Zahroh 2006). Menyadari dari banyaknya dampak yang dapat diakibatkan oleh pencemaran logam berat Pb ini, maka diperlukan sebuah informasi distribusi kandungan logam berat Pb pada suatu lingkungan khususnya perairan yang dapat dijadikan sebagai acuan informasi untuk dilakukannya pengendalian cemaran perairan.

Analisis pada kajian ini dilakukan dengan cara *me-review* artikel-artikel pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di beberapa lokasi di perairan Kepri (Perairan Bukit Bestari, Pantai Pulau Bintan Utara, Perairan Batam, Perairan Tanjung Lanjut dan Perairan Teluk Tanjungpinang). Untuk distribusi kandungan logam berat Pb pada air laut dikaji pada tiga lokasi yaitu Perairan Bukit Bestari, Perairan Batam dan Perairan Tanjung Lanjut. Untuk sedimen di tiga lokasi yaitu Perairan Bukit Bestari, Perairan Batam dan Pantai Pulau Bintan Utara. Pada *mollusca* jenis Gonggong (*Strombus canarium*) di dua lokasi yaitu Perairan Bukit Bestari dan Pantai Pulau Bintan Utara. Kerang dara (*Anadara sp*), kerang hijau (*Perna viridis*)

dan tiram pasifik (*Crassostrea gigas*) pada satu lokasi yaitu Perairan Batam. Untuk udang putih (*Penaeus merguensis*) di satu lokasi yaitu Perairan Teluk Tanjungpinang. Pada tumbuhan Lamun (*Enhalus acoroides*) di dua lokasi yaitu Perairan Batam dan Perairan Tanjung Lanjut, serta untuk mangrove dan makroalga pada satu lokasi yaitu Perairan Batam.

Hasil *review* ini akan memberikan informasi gambaran distribusi kandungan logam berat Pb pada ekosistem, hewan maupun tumbuhan yang hidup di perairan Kepri yang ditinjau dari beberapa lokasi dan sumber aktivitas pencemarnya. Manfaat yang diharapkan dari tulisan ini adalah dapat memberikan informasi baru untuk masyarakat serta pihak-pihak yang memerlukan data dan gambaran distribusi pencemaran logam berat Pb di perairan Kepri.

2 METODE PENELITIAN

Artikel ini menggunakan metode kajian literatur atau *literature review* yaitu dengan identifikasi, koleksi, seleksi dan analisis terhadap karya-karya penelitian sebelumnya.

Dilakukan analisis kandungan logam berat Pb berdasarkan lokasi dan aktivitas sumber pencemarnya pada hasil penelitian sebelumnya yang tersebar pada beberapa lokasi berbeda di perairan Kepri (Perairan Bukit Bestari, Pantai Pulau Bintan Utara, Perairan Batam, Perairan Tanjung Lanjut dan Perairan Teluk Tanjungpinang). Jurnal – jurnal yang dijadikan sebagai bahan *review* adalah penelitian yang dilakukan oleh Anam (2019), Amelia (2019), Pratiwi (2013), Nasution (2011), Pardi (2014) dan Ismarti (2017).

Adapun tinjauan sistematis ini didasarkan pada langkah-langkah: (1) Identifikasi kandungan logam berat Pb pada ekosistem. (2) Dilakukan analisis sumber pencemaran yang terjadi pada lingkungan, hewan dan tumbuhan perairan. (3)

Membandingkan kandungan cemaran dengan baku mutu yang dipersyaratkan.

Baku mutu yang digunakan dalam *review* jurnal ini antara lain: (1) Keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 2004 untuk baku mutu air laut dan tumbuhan laut sebesar 0,008 ppm. (2) *Swedish Environmental Protection Agency* (SEPA) tahun 2000 untuk baku mutu sedimen dengan kategori <5 ppm (sangat rendah), 5 - 30 ppm (rendah), 30 – 100 ppm (sedang), 100 – 400 ppm (tinggi) dan >400 (sangat tinggi). (3) SNI 7387 tahun 2009 untuk *Mollusca* sebesar 1,5 ppm dan untuk udang putih (*Penaeus merguensis*) sebesar 0,5 ppm.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Distribusi Kandungan Logam berat Pb pada Air Laut dan Sedimen

Distribusi kandungan logam berat Pb pada air laut dikaji pada tiga lokasi yaitu Perairan Bukit Bestari, Perairan Batam dan Perairan Tanjung Lanjut, untuk sedimen di tiga lokasi yaitu Perairan Bukit Bestari, Perairan Batam dan Pantai Pulau Bintan Utara. Kandungan logam berat Pb pada air laut berkisar antara 0,035-0,611 ppm, dimana kandungan logam berat Pb pada air laut terendah berada di lokasi Perairan Batam pada stasiun Tanjung Pinggir dan kandungan logam berat Pb pada air laut tertinggi berada di lokasi perairan Bukit Lestari. Sedangkan kandungan logam berat Pb pada sedimen berkisar antara 2-15,31 ppm, dimana kandungan logam berat Pb pada sedimen terendah berada di lokasi Pantai Pulau Bintan Utara pada stasiun Pantai Tanjung Bakau dan kandungan logam berat Pb pada sedimen tertinggi berada di lokasi perairan Batam pada stasiun Sekupang. Distribusi kandungan logam berat Pb pada air laut dan sedimen ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi kandungan Logam Berat Pb pada Air Laut dan Sedimen

No.	Lokasi	Stasiun	Kandungan Pb (ppm)		Penelitian
			Air Laut	Sedimen	
1.	Perairan Bukit Bestari	Sei Jang	0,611*	10,488	Anam 2019
2.	Perairan Batam	Sekupang	0,036*	15,31	Amelia 2019
		Pulau Cecer	0,044*	9,32	
		Tanjung Pinggir	0,035*	5,39	
		Marina	0,044*	14,24	
		Tanjung Riau	0,04*	13,15	
3.	Perairan Tanjung Lanjut		0,039*	-	Pratiwi 2013
4.	Pantai Pulau Bintan Utara	Pantai Desa Busung		3,9	Nasution 2011
		Panatai Lobam		4	
		Pantai Sebung		2	
		Pantai Tanjung Bakau		2	

* : Diatas baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 2004 (0,008 ppm)

- : Tidak diteliti

Kandungan logam berat Pb pada air laut dan sedimen pada lokasi yang berbeda di Kepri menemukan hasil yang berbeda pula. Logam berat Pb yang masuk ke perairan dapat berasal dari hasil aktivitas-aktivitas manusia yang dalam keadaan kondisi yang stabil sangat mudah terbentuk ikatan permukaan bersama partikel yang ada pada lingkungan perairan dan dalam jangka waktu yang lama persenyawaan yang terjadi dengan partikel-partikel ini akan ter sedimentasi di dasar perairan (Hutagalung 1997).

Pada Perairan bukit bestari kandungan logam berat Pb pada air laut ditemukan sebesar 0,611 ppm, dimana jika dibandingkan dengan baku mutu yang diatur dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut adalah 0,008 ppm, yang artinya kandungan Pb pada air laut tersebut telah melampaui baku mutu yang diizinkan. Tingginya kandungan logam berat Pb pada lokasi tersebut dapat diakibatkan karena lokasi tersebut merupakan kawasan pemukiman penduduk yang terdapat banyak aktivitas buangan limbah yang memungkinkan masuknya logam berat Pb pada perairan. Selain itu lokasi tersebut juga sebagai area yang digunakan dalam transportasi (pelabuhan bongkar muat ikan dan barang), di mana perairan disekitar pelabuhan memang memiliki kandungan logam berat Pb yang tinggi karena banyaknya kegiatan-kegiatan manusia di sekitarnya (Ma'rifah 2016). Logam berat Pb yang masuk ke perairan dapat dikarenakan bersumber dari hasil buangan asap (emisi) kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar yang umumnya dengan tambahan *tetraethyl* yang mengandung Pb untuk peningkatan nilai oktannya (Anam 2019). Untuk kandungan logam berat Pb pada sedimen di lokasi tersebut menurut baku mutu yang ditetapkan oleh *Swedish Environmental Protection Agency* (SEPA) masuk dalam kategori rendah yaitu 5-30 ppm.

Pada perairan Batam kandungan logam berat Pb yang dilakukan pada empat stasiun (Sekupang, Pulau Ceceer, Tanjung Pinggir, Marina dan Tanjung Riau) berkisar antara 0,035-0,044 ppm yang artinya telah melampaui baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 2004, hal ini dapat disebabkan karena tingginya aktivitas industri galangan kapal pada wilayah tersebut, dimana aktivitas ini menghasilkan limbah seperti sisa oli, bahan bakar, emisi kapal, hingga cat kapal berwarna yang terkandung logam Pb didalamnya sehingga dapat menjadi sumber pencemar perairan (Simbolon

2014). Untuk kandungan logam berat Pb pada sedimen di lokasi tersebut berkisar antara 5,39-15,31 ppm dan bemenurut baku mutu yang ditetapkan oleh *Swedish Environmental Protection Agency* (SEPA) masih masuk dalam kategori rendah yaitu 5-30 ppm.

Pada perairan Tanjung Lanjut kandungan logam berat Pb pada air laut sebesar 0,039 ppm yang artinya telah melampaui baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 2004 sebesar 0,008 ppm. Hal ini dapat disebabkan karena lokasi Tanjung Lanjut (perairan laut Teluk Bintan) menjadi lokasi dengan aktivitas yang padat seperti aktivitas permukiman, penambangan, galangan kapal, transportasi laut, kegiatan penduduk dan adanya serta aktivitas-aktivitas lainnya yang dapat menjadi penyumbang bahan toksik ke lingkungan (Pratiwi 2013). Pada lokasi pantai Pulau Bintan utara kandungan logam berat Pb pada Sedimen berkisar antara 2-4 ppm dan masuk dalam kategori rendah (5-30 ppm) pada baku mutu yang ditetapkan oleh *Swedish Environmental Protection Agency* (SEPA).

Kadar logam berat dalam sedimen yang sangat tinggi dapat dikarenakan oleh terjadinya akumulasi logam berat pada sedimen melalui proses pengendapan yang berlangsung dalam jangka waktu yang panjang (Hutagalung 1997). Dari beberapa hasil penelitian di atas ditemukan bahwa kandungan logam berat Pb pada sedimen lebih tinggi dari pada air laut, hal ini dikarenakan logam berat memiliki karakteristik mudah berikatan dengan bahan organik lalu mengendap di dasar perairan kemudian bersatu dengan sedimen, sehingga kandungan logam berat Pb pada sedimen jauh lebih tinggi (Wilber 1971).

Dampak tingginya logam berat Pb pada air laut dan sedimen tentunya akan berakibat buruk untuk kehidupan organisme didalamnya. Distribusi kandungan logam berat Pb pada air laut dan sedimen berkaitan erat dengan aktivitas manusia pada lokasi tersebut, dimana lokasi yang tinggi akan aktivitas manusia yang menyumbang bahan pencemar ke perairan akan berbanding lurus dengan kandungan Pb pada perairan tersebut.

3.2 Distribusi Kandungan Logam Berat Pb pada *Mollusca*

Distribusi kandungan logam berat Pb pada *mollusca* jenis Gonggong (*Strombus canarium*) dikaji pada dua lokasi yaitu Perairan Bukit Bestari dan Pantai Pulau Bintan Utara dan untuk kerang dara (*Anadara sp*), kerang hijau (*Perna viridis*)

dan tiram pasifik (*Crassostrea gigas*) pada satu lokasi yaitu Perairan Batam. Kandungan logam berat Pb pada *mollusca* yang ditemukan berkisar antara 0,16-21,56 ppm, dimana kandungan logam berat Pb pada *mollusca* terendah berada di lokasi perairan Batam pada stasiun Marina yaitu pada

kerang hijau (*Perna viridis*) dan kandungan logam berat Pb pada *mollusca* tertinggi berada di lokasi perairan bukit Batam pada stasiun Tanjung Riau pada Kerang Dara (*Anadara sp*). Distribusi kandungan logam berat Pb pada *mollusca* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi kandungan Kandungan Logam Pb pada *Mollusca*

No.	Lokasi	Stasiun	Kandungan Pb (ppm)			Penelitian
			Gonggong (<i>Strombus canarium</i>)	Kerang Dara (<i>Anadara sp</i>)	Kerang Hijau (<i>Perna viridis</i>)	
1.	Perairan Bukit Bestari	Sei Jang	1,975*	-	-	Anam 2019
2.	Pantai Pulau Bintan Utara	Pantai Desa Busung	4*	-	-	Nasution 2011
		Panatai Lobam	6,4*	-	-	
		Pantai Sebung	2,4*	-	-	
		Pantai Tanjung Bakau	2,4*	-	-	
3.	Perairan Batam	Tanjung Pinggir	-	9,62*	-	Amelia 2019
		Sekupang	-	8,04*	13,65*	
		Tanjung Riau	-	21,56*	-	
		Marina	-	2,85*	0,16	
		Pulau cecer	-	10,41*	-	

* : Diatas baku mutu SNI 7387 tahun 2009 (1,5 ppm)

- : Tidak diteliti / tidak ditemukan

Penelitian yang dilakukan untuk menghitung kandungan logam berat Pb pada *mollusca* (gonggong, kerang dara, kerang hijau dan tiram pasifik) yang dilakukan pada tiga lokasi berbeda di Kepri menemukan hasil yang berbeda pula. Masukan logam berat Pb pada biota dapat terjadi karena pengendapan logam berat Pb dalam sedimen yang berlangsung lama dan terakumulasi dalam tubuh biota melalui rantai makanan (Hutagalung 1997). *Mollusca* ini tumbuh berkembang biak dengan cara membenamkan diri atau aktif di substrat perairan untuk mencari makan pada substrat dasar sehingga logam berat yang terdapat pada substrat akan masuk melalui sistem rantai makanan lalu terproses di dalam pencernaannya (Soeharmoko dalam Iskandar dan Yusliansyah 1996).

Pada perairan Bukit Bestari kandungan logam berat Pb pada Gonggong (*Strombus canarium*) sebesar 1,975 ppm, dimana jika dibandingkan dengan yang dipersyaratkan dalam SNI 7387 tahun 2009 tentang Batas Maksimum Cemarkan Logam Berat dalam Pangan sebesar 1,5 ppm, melebihi baku mutu tersebut dan tidak layak untuk dikonsumsi masyarakat karena dapat beresiko tinggi terhadap kesehatan. Tingginya

kandungan logam berat Pb pada Gonggong (*Strombus canarium*) ini dapat dikarenakan lokasi perairan bukit bestari stasiun Sei Jang merupakan kawasan pemukiman penduduk yang terdapat banyak aktivitas buangan limbah dan juga merupakan area transportasi (pelabuhan bongkar muat ikan dan barang), dimana transportasi laut menyumbangkan emisi atau buangan asapnya yang mengandung logam berat Pb (Anam 2019).

Pada perairan Pantai Pulau Bintan Utara kandungan logam berat Pb pada Gonggong (*Strombus canarium*) berkisar antara 2,4-6,4 ppm yang artinya telah melampaui baku mutu yang dipersyaratkan oleh SNI 7387 tahun 2009 sebesar 1,5 ppm. Kandungan logam berat Pb tertinggi ditemukan pada lokasi Pantai Lobam yaitu sebesar 6,4 ppm, hal ini dapat dikarenakan stasiun lobam ini merupakan lokasi dengan aktivitas pemukiman penduduk yang cukup tinggi sehingga memungkinkan menyumbang peningkatan logam berat Pb pada perairan. Selain itu stasiun lobam merupakan area pelayaran kapal nelayan, kapal ferry dan kapal-kapal tanker Pertamina yang memungkinkan menjadi penyumbang logam berat Pb ke perairan melalui buangan air *ballast* kapal

dan emisi kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar yang ditambahkan timbal (*tetraethyl lead*) sebagai upaya menaikkan mutu (nilai oktan). Selain menaikkan mutu, penambahan timbal ini juga difungsikan untuk menghindari ledakan dalam pengoperasian mesin karena dapat menjadi pelumas kerja antar katup serta dalam pengoperasian mesin kendaraan bermotor ini dapat terhindar dari kebisingan (Palar 1994).

Kandungan logam berat Pb terendah ditemukan pada stasiun Pantai Sebung sebesar 2,4 ppm, namun kandungan logam berat Pb ini juga melampaui baku mutu yang dipersyaratkan. Hal yang dapat menjadi penyebab dari lebih rendahnya kandungan logam berat Pb pada Gonggong (*Strombus canarium*) dari stasiun lain adalah karena aktivitas pada stasiun Pantai Sebung hanya berupa kegiatan pelayaran dan merupakan daerah terbuka ke arah laut lepas. Kadar logam berat yang besar biasanya dijumpai pada area-area yang berdekatan dengan area pantai dibandingkan dengan area-area yang mengarah ke laut lepas. Pernyataan ini dapat membuktikan bahwa penyumbang logam berat pada perairan pantai Bintan utara tidak hanya berasal dari lingkungan perairan laut itu sendiri tetapi juga dapat bersumber dari daratan (Nasution 2011).

Pada perairan Batam kandungan logam berat Pb pada Kerang Dara (*Anadara sp*) berkisar antara 2,85 – 21,56 ppm yang artinya telah melampaui baku mutu yang dipersyaratkan. Kandungan logam berat Pb tertinggi ditemukan pada stasiun Tanjung Riau dan terendah pada stasiun Marina.

Untuk kerang hijau (*Perna viridis*) hanya ditemukan pada dua stasiun dari empat stasiun yaitu pada stasiun Marina sebesar 0,16 ppm dan pada stasiun Sekupang sebesar 13,65 ppm. Dapat

diketahui bahwa kerang hijau (*Perna viridis*) pada stasiun Marina masih sesuai persyaratan baku mutu untuk dikonsumsi sedangkan kerang hijau (*Perna viridis*) pada stasiun Sekupang sudah melebihi baku mutu yang dipersyaratkan sehingga tidak aman untuk dikonsumsi. Untuk tiram pasifik (*Crassostrea gigas*) hanya ditemukan pada satu stasiun dari empat stasiun yaitu pada stasiun Sekupang sebesar 11,33 ppm dan juga sudah melebihi baku mutu yang dipersyaratkan.

Tingginya kandungan logam berat Pb pada Kerang-kerangan yang disampling dapat diakibatkan oleh tingginya aktivitas industri galangan kapal di daerah tersebut, di mana limbah galangan kapal mengandung logam berat Pb yang dapat masuk ke perairan. Dampak buruk dari tingginya kandungan logam berat Pb ini dapat menyebabkan *imposex* pada *gastropoda* betina hingga menyebabkan kematian (Herber 2003).

Distribusi kandungan logam berat Pb pada *mollusca* berkaitan erat dengan aktivitas manusia pada area tersebut, di mana area yang tinggi aktivitas manusia yang menyumbang bahan pencemar ke perairan akan berbanding lurus dengan kandungan Pb pada *mollusca* yang hidup di perairan tersebut.

3.3 Distribusi kandungan Logam Berat Pb pada Udang Putih (*Penaeus merguensis*)

Kandungan logam berat Pb pada udang putih (*Penaeus merguensis*) di lokasi Perairan Teluk Tanjungpinang berkisar antara 0,009-0,0128 ppm. Distribusi kandungan logam berat Pb pada Udang Putih (*Penaeus merguensis*) yang dilakukan di perairan Teluk Tanjungpinang Provinsi Kepri ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi kandungan Logam Berat Pb pada Udang Putih (*Penaeus merguensis*)

No.	Lokasi	Stasiun	Kandungan Pb pada Udang Putih	Penelitian
			(<i>Penaeus merguensis</i>) (ppm)	
1.	Perairan Teluk Tanjungpinang	Rimba Jaya	0,0094	Pardi 2014
		Tanjung Unggat	0,009	
		Muara Sungai Tanjung Unggat	0,0128	
		Kp. Bulang	0,0115	

* : Diatas baku mutu SNI 7387 tahun 2009 (0,5 ppm)

Masuknya logam berat Pb pada tubuh udang dapat terjadi karena udang mencari nutrisi dari lingkungan tercemar, sehingga logam berat Pb masuk ke tubuh udang melalui rantai makanan

dan akan terakumulasi dalam tubuh udang. Kandungan logam berat Pb pada daging udang putih (*Penaeus merguensis*) di lokasi perairan Teluk Tanjungpinang pada empat stasiun (Rimba

Jaya, Tanjung Unggat, Muara Sungai Tanjung Unggat dan Kp. Bulan) berkisar antara 0,009-0,0128 ppm, dimana kandungan logam berat Pb tertinggi ditemukan pada stasiun Muara Sungai (Tanjung Unggat) dan kandungan logam berat Pb terendah pada stasiun Tanjung Unggatnya, dimana diketahui bahwa muara sungai merupakan area pertama yang menjadi gerbang masuknya bahan toksik logam berat ke perairan sungai.

Kandungan logam berat Pb tertinggi pada stasiun Muara Sungai Tanjung Unggat dapat diakibatkan karena area tersebut berdekatan dengan aktivitas permukiman masyarakat, pelabuhan bongkar muat barang, industri pembuatan bahan fiber serta terletak pada wilayah muara sungai yang merupakan area gerbang DAS (Daerah Aliran Sungai) yang membawa bahan toksik logam berat. Kandungan logam berat Pb terendah pada stasiun Tanjung Unggat, hal ini dapat terjadi karena di stasiun tersebut terdapat lebih rendah sumber penyumbang pencemaran. Sumber logam berat Pb di area ini hanya seperti kegiatan pelayaran dan buangan sedikit limbah dari permukiman (Pardi 2014). Namun kandungan logam berat Pb pada udang putih (*Penaeus merguensis*) di keempat stasiun tersebut belum melampaui baku mutu yang dipersyaratkan dalam SNI 7387 tahun 2009 tentang Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan sebesar 0,5 ppm, oleh karena itu udang putih (*Penaeus merguensis*) dari keempat stasiun tersebut masih aman untuk dikonsumsi.

Distribusi kandungan logam berat Pb pada udang putih (*Penaeus merguensis*) berkaitan erat dengan aktivitas manusia pada lokasi tersebut, dimana lokasi yang tinggi akan aktivitas manusia yang menyumbang bahan pencemar ke perairan akan berbanding lurus dengan kandungan Pb pada

udang putih (*Penaeus merguensis*) di perairan tersebut.

3.4 Distribusi kandungan Logam Berat Pb pada Tumbuhan

Distribusi kandungan logam berat pada tumbuhan untuk lamun (*Enhalus acoroides*) dikaji pada dua lokasi yaitu Perairan Batam dan Perairan Tanjung Lanjut, serta untuk mangrove dan makroalga pada satu lokasi yaitu Perairan Batam. Kandungan logam berat Pb pada tumbuhan di perairan Batam dan perairan Tanjung Lanjut ditemukan pada lamun berkisar antara 0,1088-5,67 ppm, dimana kandungan logam berat Pb pada lamun terendah berada pada lokasi perairan Tanjung Lanjut dan kandungan logam berat Pb pada lamun tertinggi berada pada lokasi perairan Batam di stasiun Pelabuhan Sekupang. Kandungan logam berat Pb pada mangrove ditemukan berkisar antara 0,45-1,117 ppm di lokasi perairan Batam pada stasiun Tanjung Riau dan Tanjung Pinggir, sedangkan kandungan logam berat Pb pada makroalga ditemukan berkisar antara 0,86-16,81 ppm di perairan Batam pada stasiun Tanjung Riau dan Pelabuhan Sekupang. Distribusi kandungan logam berat Pb pada tumbuhan yang dilakukan di dua lokasi perairan provinsi Kepri ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi kandungan Logam Berat Pb pada Tumbuhan

No.	Lokasi	Stasiun	Kandungan Pb (ppm)			Penelitian
			Lamun (<i>Enhalus acoroides</i>)	Mangrove	Makroalga	
1.	Perairan Batam	Tanjung Pinggir	3,17*	1,17*	2,19*	Ismarti 2017
		Pelabuhan Sekupang	5,67*	-	16,81*	
		Tanjung Riau	2,14*	0,45*	0,86*	
		Pantai Marina	3,45*	-	-	
		Tanjung Uncang	2,9*	-	1,92*	
		Sagulung	5,07*	-	3,6*	
2.	Perairan Tanjung Lanjut		0,1088-0,1915*	-	-	Pratiwi 2013

* : Diatas baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 2004 (0,008 ppm)

- : Tidak diteliti / tidak ditemukan

Masuknya logam berat Pb pada Tumbuhan laut dapat disebabkan karena tumbuhan laut secara aktif melakukan penyerapan nutrisi melalui akar yang mempunyai permukaan yang lebih luas (Kiswara 1990). Dimana logam berat ikut masuk terakumulasi dalam tubuh tumbuhan selama proses penyerapan nutrisi berlangsung.

Lamun (*Enhalus acoroides*) di perairan Batam pada enam stasiun (Sagulung, Tanjung Uncang, Pantai Marina, Tanjung Riau, Pelabuhan Sekupang dan Tanjung Pinggir) berkisar antara 2,14 – 5,67 ppm. Untuk tumbuhan mangrove ditemukan pada dua stasiun di perairan Batam yaitu pada stasiun Tanjung Riau dan stasiun Pinggir dengan masing-masing kandungan logam berat Pb sebesar 0,45 ppm dan 1,17 ppm. Untuk kandungan logam berat Pb makroalga pada perairan batam pada enam stasiun berkisar antara 0,86 – 16,81 ppm pada stasiun Tanjung Riau dan Pelabuhan Sekupang. Dimana seluruh sampel tumbuhan yang disampling dari perairan Batam sudah melampaui baku mutu yang dipersyaratkan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 2004 yaitu 0,008 ppm.

Tingginya kandungan logam berat Pb pada tumbuhan di lokasi perairan Batam dapat disebabkan karena lokasi tersebut merupakan lokasi dengan aktivitas padat transportasi laut, perindustrian dan pemukiman di pulau Batam bagian pesisir barat, baik digunakan sebagai jalur pelayaran nasional (rakyat) maupun internasional. Kandungan Logam berat Pb yang paling tinggi dari ketika jenis tumbuhan di lokasi Perairan Batam adalah makroalga pada stasiun Pelabuhan Sekupang sebesar 16,81 ppm, hal ini dapat dikarenakan karena stasiun tersebut merupakan area pelabuhan yang digunakan masyarakat sebagai jalur nasional ataupun jalur internasional yang berhubungan dengan kegiatan transportasi laut di area tersebut yang menambahkan logam Pb sebagai bahan tambahan pada cat kapal dan bahan

bakar serta emisi kendaraan bermotor (Ismarti 2017), sehingga logam berat Pb yang ada di perairan tersebut masuk ke dalam tumbuhan melalui proses penyerapan nutrisi oleh bagian akar tumbuhan (Kiswara 1990).

Kandungan logam berat Pb pada Lamun (*Enhalus acoroides*) di lokasi perairan Tanjung Lanjut berkisar antara 0,1088-0,1915 ppm dan telah melampaui baku mutu yang dipersyaratkan. Tingginya logam berat Pb pada Lamun (*Enhalus acoroides*) dapat disebabkan karena lokasi tersebut merupakan area yang berada di perairan laut Teluk Bintan dimana mempunyai kegiatan yang cukup padat yaitu kegiatan permukiman, penambangan, galangan kapal, transportasi laut, kegiatan penduduk dan adanya serta aktivitas – aktivitas lainnya yang dapat menjadi penyumbang bahan toksik ke lingkungan misalnya aktivitas galangan kapal (Pratiwi 2013).

Distribusi kandungan logam berat Pb pada tumbuhan di lokasi berbeda berkaitan erat dengan aktivitas manusia pada area tersebut, di mana area yang tinggi akan aktivitas manusia yang menyumbang bahan pencemar ke perairan akan berbanding lurus dengan kandungan Pb pada perairan tersebut.

3.5 Distribusi Kandungan Logam Berat Pb pada Bagian Tumbuhan Lamun (Akar, Batang dan Daun)

Dari hasil penelitian pada bagian tumbuhan lamun di lokasi perairan Tanjung Lanjut ditemukan kandungan logam berat Pb tertinggi ditemukan pada bagian akar yaitu 0,0611 ppm dan kandungan logam berat Pb terendah pada bagian daun yaitu 0,0423 ppm. Distribusi kandungan logam berat Pb pada bagian tumbuhan lamun yaitu pada bagian akar, batang dan daun yang dilakukan di lokasi perairan Tanjung Lanjut ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Distribusi Kandungan Logam Berat Pb pada Bagian Tumbuhan Lamun (Akar, Batang dan Daun)

No.	Lokasi	Bagian Tumbuhan	Kandungan Pb (ppm)	Penelitian
1.	Perairan Tanjung Lanjut	Akar	0,0611*	Pratiwi 2013
		Batang	0,0448*	
		Daun	0,0423*	

* : Diatas baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 2004 (0,008 ppm)

Kandungan logam berat Pb pada Lamun (*Enhalus acoroides*) di perairan Tanjung Lanjut paling tinggi ditemukan pada bagian akar yaitu 0,0611 ppm dan kandungan logam berat Pb

terendah pada bagian daun yaitu 0,0423 ppm. Hal ini dapat dimungkinkan karena akar secara aktif menyerap nutrien serta memiliki area yang lebih luas (Kiswara 1990), dibandingkan dengan bagian

lain. Daun juga merupakan bagian yang menyerap nutrisi, tetapi pada bagian ini memiliki kutikula (bukan stomata) yang tipis yang berperan dalam menyerap nutrisi pada kolom air yang jumlahnya lebih sedikit jika dibandingkan dengan serapan oleh bagian akar (Tomasick 1997).

Oleh karena penggunaan tumbuhan laut sebagai biomonitor untuk cemaran berat logam dapat digunakan karena tumbuhan laut dapat menyerap logam berat pada lingkungan dan mengakumulasi bahan toksik dengan tetap hidup tanpa mematikan dirinya (Astuti 2011).

4 PENUTUP

Hasil *review* dari beberapa penelitian pada beberapa lokasi di perairan Kepri (Perairan Bukit Bestari, Pantai Pulau Bintan Utara, Perairan Batam, Perairan Tg. Lanjut dan Perairan Teluk Tanjungpinang) disimpulkan bahwa kandungan logam berat Pb pada air laut berkisar antara 0,035-0,611 ppm dan melampaui baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 2004 sebesar 0,008 ppm, sedangkan kandungan logam berat Pb pada sedimen berkisar antara 2-15,31 ppm dalam kategori rendah yaitu 5-30 ppm berdasarkan SEPA. Kandungan logam berat Pb pada mollusca berkisar antara 0,16-21,56 ppm, di mana kandungan logam berat Pb terendah pada kerang hijau (*Perna viridis*) dan tertinggi pada kerang dara (*Anadara sp*), di mana kandungan logam berat Pb kerang dara (*Anadara sp*) telah melebihi baku mutu yang dipersyaratkan SNI 7387 tahun 2009 sebesar 1,5 ppm. Kandungan Logam berat Pb pada lamun (*Enhalus acoroides*) berkisar antara 0,1088-5,67 ppm, pada mangrove berkisar antara 0,45-1,17 ppm dan pada makroalga berkisar antara 0,86-16,81 ppm, dimana seluruhnya sudah melampaui baku mutu yang Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 2004 yaitu 0,008 ppm. Kandungan logam berat Pb pada lamun (*Enhalus acoroides*) paling tinggi ditemukan pada bagian akar yaitu 0,0611 ppm. Hal ini dapat terjadi karena akar berperan secara aktif dalam menyerap nutrisi dibandingkan dengan bagian tumbuhan yang lain. Distribusi tinggi rendahnya kandungan logam berat Pb pada perairan di lokasi tersebut bergantung terhadap aktivitas-aktivitas yang ada pada lokasi atau di sekitar lokasi perairan tersebut seperti aktivitas industri galangan kapal, area transportasi laut (pelabuhan bongkar muat ikan dan barang) serta aktivitas pemukiman. Semakin tinggi aktivitas-aktivitas yang terjadi di perairan

tersebut maka semakin tinggi pula kandungan logam berat Pb pada perairannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, Widya., 2011. Kandungan Logam Berat Pb (Timbal) pada Lamun *Enhalus acoroides* di Pesisir Teluk Ambon. Universitas Brawijaya: <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/132880>.
- Amelia F., Ismarti, Ramses dan Rozirwan. 2019. Biokonsentrasi Faktor Logam Berat pada Kerang dari Perairan Batam, Kepulauan Riau, Indonesia. *EduChemia* : <http://dx.doi.org/10.30870/educhemia.v4i2.5529>. Vol 4 (2).
- Anam, K., Idris., Syakti, AD. 2019. Analisis Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Siput Gonggong (*Strombus sp*) di Perairan Kecamatan Bukit Bestari. *Buana Sains* : <https://doi.org/10.33366/bs.v19i1.1525>. Vol 19 No 1: 37 - 46, 2019.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. SNI 7387 tahun 2009 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. Jakarta.
- Dahuri, R., J. Rais, S.P. Ginting dan M.J. Sitepu. 2001. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Jakarta: Pradya Paramita. 167.
- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Jakarta: UI Press. 210 hal.
- Dinas Kesehatan Provinsi Kepri. 2002. Sejarah Provinsi Kepri. Sejarah Provinsi Kepri. <https://www.dinkesprovkepri.org/index.php/profil/sejarah-provinsi-kepulauan-riau>.
- Dinas Ketahanan Pangan dan Peternakan Provinsi Jabar. 2022. Mengenal Bahaya Logam Berat pada Makanan. <https://dkpp.jabarprov.go.id/post/696/mengenal-bahaya-logam-berat-pada-makanan>.
- Efendi, E. 2015. Akumulasi Logam Cu, Cd dan Pb pada Meiofauna Intertidal dan Epifit di Ekosistem Lamun Monotipic (*Enhalus Acoroides*) Teluk Lampung. *Aquasains Vol 3 No 2*. <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JPBP/article/view/724>.
- Gunarto. 2004. Konservasi Mangrove Sebagai Pendukung Sumber Hayati Perikanan Pantai. *Jurnal Litbang Pertanian*, 23(1): 102-130.
- Hastuti, E. D., Anggoro S., Pribadi R. 2013. Pengaruh Jenis dan Kerapatan Vegetasi Mangrove terhadap Kandungan Cd dan Cr Sedimen di Wilayah Pesisir Semarang dan Demak. *Prosiding Seminar Nasional*:

- Pengelolaan Sumber daya Alam dan Lingkungan.
- Herber, R.J.H 2003. *The Effect of Tributyltin (TBT) Pollution on Isle of Wight Dog – Whelk Populations*. Newport Isle of Wight: Medina Napery Centre Enviromental & Outdoor Education. Dotnor Lane.
- Hanijar, Hesti. 2019. Laut Adalah Tempat Hidupnya Keanekaragaman Biota Budidaya. Repository Reseachgate. https://www.researchgate.net/publication/331673790_laut_adalah_tempat_hidupnya_keanekaragaman_biota_budidaya_hesti_hanijar.
- Hutagalung, H.P. 1984. Logam Berat Dalam Lingkungan Laut. *Pewarta Oceana*. IX No. 1. Hal 12-19.
- Hutagalung, H.P. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*. Jakarta: PPPO – LIPI. Buku 2.
- Iskandar, B.P.S. dan H. Yuliansyah. 1986. Laju Pertumbuhan dan Laju Kematian Gonggong (*Strombus canarium*) di Perairan Pantai Pulau Bintan Kepulauan Riau. *Berkala Perikanan, Terubuk*. 22 (66): 12-17.
- Ismarti, Ramses, Amelia, F., Suheryanto. 2017. Kandungan Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Lamun *Enhalus accoroides* dari Perairan Batam, Kepulauan Riau, Indonesia. *DEPIK Jurnal Imlu Perairan, Pesisir, dan Perikanan*: <https://doi.org/10.13170/depik.6.1.5555>
- Kementrian Negara Lingkungan Hidup. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. Kep-51/2004 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Laut. Jakarta.
- Kiswara, Wawan.1990. Kadar Logam Berat (Cd, Cu, Pb dan Zn) Dalam Lamun (*Zeostera marina* L.) Di Belanda. Jakarta
- Kong Yap, Chee, Hee Cheng, Ali Karami, dan Ahmad Ismail. 2016. *Health Risk Assessments of Heavy Metals Exposure via Consumption of Marine Mussels Collected from Anthropogenic Sites*. *Science of the Total Environment* 553: 285–96.
- Mamboya, F. A. 2007. *Heavy metal contamination and toxicity Studies of Macroalgae from the Tanzanian Coast*. Stockholm University.
- Nasution, S. dan Siska, M. 2011. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen dan Siput *Strombus Canarium* di Perairan Pantai Pulau Bintan. *Jurnal ilmu lingkungan* : <http://dx.doi.org/10.31258/jil.5.2.p.82-93>. Vol. 5 (2).
- Palar, H. 1994. *Pencemaran & Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Pardi, A., Raza'I, T.S., Viruly, L. 2014. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Udang Putih (*Penaeus merguensis*) berdasarkan Tempat Penangkapan Nelayan di Teluk Tanjungpinang Kepulauan Riau. *UMRAH*: http://jurnal.umrah.ac.id/wp-content/uploads/gravity_forms/1-ec61c9cb232a03a96d0947c6478e525e/2014/06/JURNAL-ADES-PARDI-090254242001-MSP-20143.pdf
- Pratiwi, Asih Resti, Pratomo, A., Willian, N. 2013. Analisis Kandungan Logam Berat Pb dan Cd terhadap Lamun (*Enhalus acoroides*) sebagai Bioindikator di Perairan Tanjung Lanjut Kota Tanjungpinang. *Pusat Jurnal UMRAH*: <http://jurnal.umrah.ac.id>
- Rosidah, Siti. 2014. Respon Tumbuhan dan Hasil Tanaman Seledri (*Ampium graveolens l*) terhadap Konsentrasi Ekstrak Kiri. Banjarmasin: Faperta Unlam. <http://opac.lib.unlam.ac.id/id/opac/detail.php?q1=635&q2=SIT&q3=R&q4=->
- SEPA (Swedish Environmental Protection Agency). 2000. *Environmental Quality Criteria*. Coasts and Seas. Swedish Environmental Protection Agency. Report 5052, pp. 51 - 75. <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-6034-1.pdf>.
- Simbolon, anna rejeki, Etty Riani, dan Yusli Wardiatno. 2014. Status Pencemaran dan Kandungan Logam Berat pada Simping (*PlacunaPlacenta*) di Pesisir Kabupaten Tangerang. *Depik* : <https://doi.org/10.13170/depik.3.2.1455>. Vol 3 (2): 91–98
- Sohrab, Ali Dadolahi, Alireza Nikvarz. 2011. *Environmental Monitoring of Heavy Metals in Seaweed ang Associated Sediment from the Strait of Hormuz*. I.R. Iran. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 3(6): 576-589.
- Svavarsson, J. A. Granmo, R. Ekelund, dan J. Szpunar, 2001. *Occurrence and Effects of Organition on Adult Common Whelk *Buccinum undatum* (Molusca, Gastropods) in Harbours and in a Simulated Dredging Situation*. *Mar. Poll.Bull.* 42: 370-376.
- Tomascik, dkk. 1997. *The Ecology of the Indonesian Sea part 2*. Singapore: Peripilus Edition.
- Wilber, C. 1971. *The Biological Aspect of Water Pollution*. Charles E. Thomas Publ. Springfield, Illinois.