

Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Dalam Air, Sedimen Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Trimulyo, Semarang

Murray*, Nur Taufiq-Spj, Endang Supriyantini

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl.Prof.H.Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia
*Corresponding author, e-mail: mursy05@gmail.com

ABSTRAK : Perairan Trimulyo merupakan salah satu perairan di kota Semarang yang menjadi tempat pembuangan limbah domestik maupun limbah industri dan banyak ditemukan kerang hijau yang masih dikonsumsi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kandungan logam berat besi (Fe) pada air, sedimen dan kerang hijau (*P. viridis*) dan mengetahui tingkat pencemaran logam berat besi (Fe) di Perairan Trimulyo, Semarang. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 11 Januari 2016 hingga 15 Maret 2016 dengan metode studi kasus. Logam berat Fe dalam sampel air, sedimen dan kerang hijau dianalisis di Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BTPPI) Semarang dengan menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*). Konsentrasi logam berat Fe di perairan Trimulyo memiliki nilai yang tidak terdeteksi di setiap stasiun yaitu <0,001 mg/L. Kandungan logam berat Fe pada sedimen berkisar antara 1,96-3,30 mg/kg dan kandungan logam berat Fe pada kerang hijau (*P. viridis*) berkisar antara 150,93-153,64 mg/kg. Kandungan logam Fe di perairan belum melewati ambang batas baku mutu menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001, sedangkan sedimen belum melebihi batas baku mutu menurut *Wisconsin Department of Natural Resources* tahun 2003 dan pada kerang hijau (*P. viridis*) telah melebihi baku mutu menurut Badan Standarisasi Nasional (BSN) tahun 2009: Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 7387 tentang maksimal cemaran logam berat dalam pangan.

Kata kunci : Logam Fe, Air, Sedimen, *Perna viridis*

Heavy Metal Content in Water, Sediments and Green Shells (*Perna viridis*) in Trimulyo Waters, Semarang

ABSTRACT : Trimulyo waters is one of the waters in Semarang that becoming domestic and industrial waste sewage and many of green mussels are found and still consumed. The purpose of this study is to determine the content of iron (Fe) in water, sediment and green mussel (*P. viridis*) and to find out its pollution level Trimulyo waters, Semarang. This study was conducted on January 11, 2016 to March 15, 2016 using case study method. Iron (Fe) found in sample of water, sediments and mussels were analyzed in Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BTPPI) Semarang using AAS method (*Atomic Absorption Spectrophotometry*). Concentration of iron (Fe) in Trimulyo waters has an undetected value on each stations, which is <0.001 mg/L. While in sediment varies from 1.96 to 3.30 mg/kg and 150.93 to 153.64 mg/kg in green mussel (*P. viridis*). Waters quality in the water column and sediment have not exceed the limit of quality standard according to Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 and the 2003 Wisconsin Department of Natural Resources respectively, while green mussel (*P. viridis*) has passed the quality standard by Badan Standarisasi Nasional (BSN) tahun 2009: Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 7387 about the maximum contamination amount of heavy metals in food.

Keywords: Iron (Fe), Water, Sediment, *Perna viridis*

PENDAHULUAN

Perkembangan industri yang semakin pesat menimbulkan adanya dampak negatif bagi lingkungan. Hal ini disebabkan karena pembuangan limbah yang dihasilkan dari aktivitas industri

dapat mencemari lingkungan terutama pada lingkungan perairan karena dapat menurunkan kualitas perairan. Penurunan kualitas air diakibatkan oleh adanya masukan zat pencemar, baik berupa komponen-komponen organik maupun anorganik. Komponen-komponen anorganik tersebut antara lain yaitu logam berat yang berbahaya (Siaka, 2008).

Limbah yang mengandung logam berat tersebut akan masuk ke dalam ekosistem perairan pantai dan laut melalui sungai, dengan demikian laut menjadi tempat terkumpulnya zat-zat pencemar yang dibawa aliran air. Logam berat yang masuk ke dalam perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi kemudian terakumulasi dalam organisme yang berada di perairan tersebut (Umar *et al.*, 2001). Palar (1994) menyatakan bahwa pada konsentrasi tertentu logam berat akan berubah fungsi menjadi racun bagi kehidupan perairan.

Perairan Trimulyo Semarang merupakan perairan yang menjadi tempat pembuangan limbah rumah tangga dan limbah industri yang terdapat di Kawasan Industri Terboyo, Semarang. Beberapa industri seperti industri farmasi, industri besi serta industri plastik diduga membuang limbah ke perairan Trimulyo melalui Sungai Sringin. Limbah industri tersebut diduga mengandung limbah anorganik, salah satunya yaitu logam Fe.

Di dalam air, besi dalam bentuk terlarut sebagai senyawa garam ferri (Fe^{3+}) atau garam ferro (Fe^{2+}); tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter <1 mm) atau lebih besar seperti, $\text{Fe}(\text{OH})_3$; dan tergabung dengan zat organik atau zat padat yang anorganik (seperti tanah liat dan partikel halus terdispersi) (Said, 2003). Besi (Fe) merupakan mikroelemen yang esensial bagi tubuh, terutama diperlukan dalam *hematopoesis* (pembentukan darah) yaitu dalam sintesa haemoglobin (Moehji, 1992). Meskipun Fe diperlukan oleh tubuh, tetapi dalam dosis tinggi dapat merusak dinding usus. Fe juga dapat terakumulasi dalam alveoli sehingga menyebabkan berkurangnya fungsi paru - paru (Soemirat, 1996). Untuk mengetahui dampak logam Fe terhadap komponen biologi, fisika, dan kimia maka diperlukan pengamatan kandungan logam Fe terhadap sedimen dan air laut serta kerang hijau sebagai parameter biologi dan produktivitas perairan.

Penggunaan kerang hijau sebagai salah satu indikator karena merupakan organisme yang menetap sehingga dapat mengakumulasi logam lebih besar daripada hewan air lainnya dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap konsentrasi logam tertentu. Karena itu jenis kerang ini merupakan indikator yang sangat baik untuk memonitor suatu pencemaran lingkungan (Darmono, 2001).

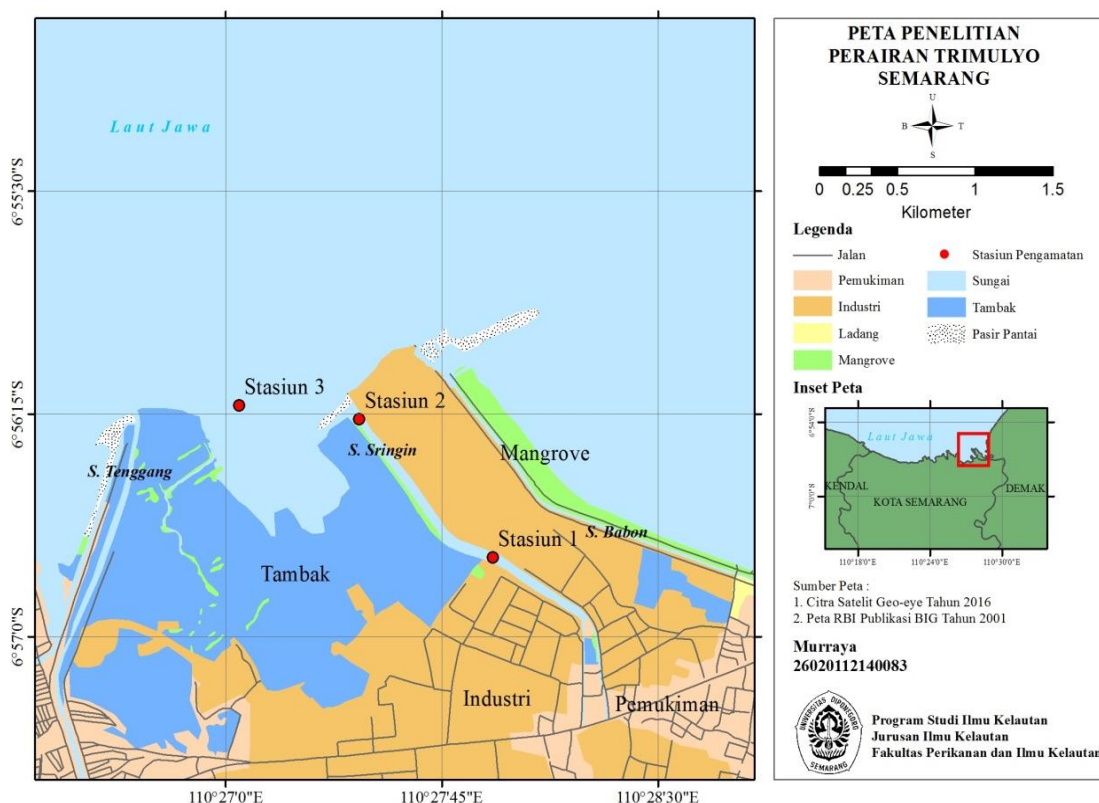
MATERI DAN METODE

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air, sedimen dan kerang hijau (*Perna viridis*) yang diambil dari lokasi penelitian yaitu Perairan Trimulyo, Semarang. Penelitian ini menggunakan metode penelitian studi kasus dan pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan *purposive sampling method*. (Hadi, 1987). Lokasi penelitian dibagi menjadi 3 stasiun berdasarkan pertimbangan lokasi yang dapat mewakili daerah penelitian.

Sampel air diambil di 3 stasiun. Pada tiap stasiun dilakukan 3 kali pengulangan. Pengambilan sampel air menggunakan botol polyetilen 1 L. Selanjutnya sampel diawetkan dengan HNO_3 sebanyak 4 tetes dan dimasukkan ke dalam *cool box* yang berisi es batu (Hutagalung *et al.* 1997). Sampel sedimen diambil dengan menggunakan *grab sampler* dimasukkan ke dalam kantong plastik (Hutagalung *et al.*, 1997). Selanjutnya sampel dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis kandungan logam berat Fe dengan AAS.

Sampel kerang hijau diambil pada stasiun sungai dan laut. Sampel daging kerang ditimbang sebanyak 100 g dari masing-masing pengulangan dan dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diberi label. Selanjutnya sampel dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis kandungan logam berat Fe dengan AAS (Hutagalung *et al.*, 1997). Analisis kandungan logam berat Fe dilakukan di Balai Besar Pencegahan Teknologi Pencemaran Industri Semarang.

Parameter lingkungan perairan diukur pada setiap kali pengambilan sampel, meliputi salinitas (ppt), temperatur ($^{\circ}\text{C}$), kecepatan arus (m/s), derajat keasaman (pH), kedalaman (m), kecerahan (m), DO (mg/L) pH serta jenis substrat ditentukan berdasarkan presentase pasir, lanau dan lempung yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan menginterpretasikan data dalam bentuk tabel maupun diagram untuk dianalisis tingkat pencemarannya.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Kel. Trimulyo, Kec. Genuk, Kota Semarang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan logam Fe pada air di Perairan Trimulyo memiliki kesamaan nilai rata-rata konsentrasi logam Fe yaitu $<0,001$ mg/L atau tidak terdeteksi. Rendahnya kandungan logam Fe diduga karena pergerakan air yang dinamis dan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti arus sehingga terjadi pengenceran yang terus menerus. Dari hasil pengukuran kecepatan arus permukaan perairan berkisar antara 0,10-0,50 m/s. Menurut Mukhtasor (2007), arus lebih efektif sebagai media penyebaran dan pengenceran polutan yang masuk ke lingkungan laut, hal ini disebabkan karena adanya perpindahan massa dari satu titik ke titik yang lain dimana perpindahan ini mengikuti arah arusya.

Curah hujan diduga juga mempengaruhi kandungan logam Fe di perairan. Kinghorn *et al.* (2007) menyebutkan bahwa pada musim hujan, kandungan logam berat dalam air cenderung lebih kecil karena pelarutan, sedangkan pada musim kemarau cenderung lebih tinggi karena logam menjadi terkonsentrasi. Diduga logam berat Fe yang terdapat pada perairan mengalami pengenceran dan sebagian terbawa menuju ke laut lepas. Penyebab lainnya dapat juga karena proses pengendapan serta sebagian logam berat dalam perairan terakumulasi kedalam tubuh organisme yang hidup diperairan tersebut.

Hasil penelitian logam berat Fe pada sedimen di Perairan Trimulyo meningkat dari stasiun 1 menuju stasiun 3. Pada stasiun 1 (sungai) memiliki rata-rata sebesar 1,96 mg/kg, stasiun 2 (muara) sebesar 2,39 mg/kg dan stasiun 3 (laut) sebesar 3,30 mg/kg. Kandungan logam berat Fe dalam sedimen menunjukkan tingkat kandungan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan logam berat dalam kolom air. Amin *et al.* (2009) menyatakan bahwa 90% logam berat yang mengontaminasi lingkungan perairan akan terendap di dalam sedimen. Leiwakabessy (2005) juga melaporkan bahwa logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibanding dalam air.

Hasil analisis logam berat Fe pada sedimen menunjukkan bahwa pada stasiun 3 (laut) memiliki kandungan logam berat Fe tertinggi. Hal ini diduga disebabkan oleh adanya masukan logam berat Fe berasal dari sungai dan muara yang bersumber dari buangan limbah industri, limbah dari pemukiman, korosi pipa-pipa air yang mengandung logam Fe kemudian terbawa oleh arus dan selanjutnya terendapkan dalam sedimen yang ada di laut. Bahan pencemar yang masuk ke muara sungai akan tersebar dan akan mengalami proses pengendapan, sehingga terjadi penyebaran zat pencemar. Secara alami logam berat yang masuk ke lingkungan laut meliputi masukan dari sungai-sungai dan erosi yang disebabkan oleh gelombang (Connel & Miller, 2006).

Tabel 1. Hasil Rata-Rata Analisis Kandungan Logam Berat Fe di Perairan Trimulyo Semarang

Stasiun	Ulangan ke	Air (mg/L)	Sedimen (mg/kg)	Kerang Hijau (mg/kg)
1	1	TT (<0,001)	2,130	-
	2	TT (<0,001)	1,690	-
	3	TT (<0,001)	2,061	-
Rata-Rata		-	1,96 ± 0,23	-
2	1	TT (<0,001)	2,542	145,82
	2	TT (<0,001)	2,477	193,70
	3	TT (<0,001)	2,145	113,28
Rata-Rata		-	2,38 ± 0,21	150,93 ± 40,45
3	1	TT (<0,001)	5,091	171,52
	2	TT (<0,001)	1,571	157,87
	3	TT (<0,001)	3,238	131,55
Rata-Rata		-	3,30 ± 1,76	153,64 ± 20,31
Baku mutu		¹⁾ 0,3	²⁾ 20	³⁾ 1

Keterangan:

¹⁾ Baku mutu air laut menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

²⁾ Baku mutu logam berat dalam sedimen menurut *Wisconsin Department of Natural Resources* Tahun 2003.

³⁾ Baku mutu maksimal cemaran logam berat dalam pangan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) tahun 2009: Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 7387 dalam Supriyantini *et al.* (2015).

TT : Tidak Terdeteksi

Tabel 2. Hasil Rata-Rata Analisis Ukuran Butir Sedimen Perairan Trimulyo Semarang

Stasiun	Ulangan ke	Presentase				Jenis Sedimen
		Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	
1	1	0	2,50	27,29	70,21	Lempung berlumpur
	2	0	1,80	23,99	74,21	
	3	0	2	25,79	72,21	
Rata-rata		0	2,1 ± 0,36	25,69 ± 1,65	72,21 ± 2	
2	1	0	10,70	73,87	15,43	Lumpur berlempung
	2	0	10,30	72,27	17,43	
	3	0	9,4	71,17	19,43	
Rata-rata		0	10,13 ± 0,66	72,43 ± 1,35	17,43 ± 2	
3	1	0	97,20	2,8	0	Pasir berlumpur
	2	0	94,10	5,90	0	
	3	0	95,70	4,30	0	
Rata-rata		0	95,66 ± 1,55	4,34 ± 1,55	0	

Tabel 3. Nilai Rata-Rata Parameter Fisika Kimia Perairan Trimulyo Semarang

Parameter	St 1 - Sungai	St 2 - Muara	St 3 - Laut	*) Baku Mutu Kerang Hijau
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	
Suhu (°C)	29,31	29,82	29,77	26-32
Salinitas (ppt)	15,07	27,69	30,50	27-35
Kecerahan (m)	0,35	0,39	0,55	>3
pH	8,36	8,2	7,9	7,0-8,5
DO (mg/L)	5,76	5,96	6,3	>5
Kec. Arus (m/s)	0,13	0,10	0,50	-
Kedalaman (m)	1,30	0,85	1,05	-

Keterangan:

*) Baku mutu syarat perairan untuk biota menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51, Tahun 2004

Dari hasil pengukuran pH pada stasiun penelitian memiliki nilai rata-rata 7,9-8,3. Hal ini menunjukkan bahwa pH pada lokasi penelitian cenderung basa. Menurut Tsail *et al.* (2003) menyatakan bahwa ion Fe^{3+} pada suasana basa mudah membentuk endapan $Fe(OH)_3$ sehingga diduga hal ini juga mempengaruhi kandungan logam berat Fe dalam sedimen. Kecepatan arus yang rendah, mendukung kation ferri (Fe^{3+}) semakin mudah terdeposit dalam sedimen terutama pada clay dan silt (Johnson *et al.*, 2005).

Pada stasiun 3 (laut) memiliki nilai rata-rata salinitas paling tinggi yaitu 30,50 ppt. Menurut Mance (1987) dalam Wulandari (2009) bahwa kandungan logam berat dilaut juga dipengaruhi oleh tinggi rendahnya salinitas dari perairan tersebut karena salinitas yang tinggi menyebabkan peningkatan pembentukan ion klorida yang dapat mengakibatkan penurunan konsentrasi ion logam berat Fe di perairan karena bereaksinya ion logam tersebut dengan ion klorida sehingga mempengaruhi jumlah logam berat Fe yang mengendap.

Yudiati *et al.* (2009) menyatakan bahwa kation Fe yang terlarut di air laut akan berinteraksi dengan anion-anion yang ada (Cl^- , OH^-) membentuk kompleks anorganik ataupun organik yang mengendap sehingga akan mengurangi keberadaan ion Fe dalam bentuk bebas. $Fe(OH)_3$ memiliki nilai kelarutan yang rendah yaitu 4×10^{-38} dan $FeCl_3$ juga memiliki nilai kelarutan yang rendah yaitu 8×10^{-40} .

Ukuran butir sedimen juga mempengaruhi kandungan logam berat pada sedimen. Pada stasiun 1 (sungai) memiliki jenis sedimen lempung berlumpur, stasiun 2 (muara) lumpur berlempung dan stasiun 3 (laut) pasir berlumpur (Tabel 6). Benhard (1981) dalam Supriyantini *et al.* (2015) menyatakan bahwa kandungan logam berat umumnya lebih tinggi ditemukan dalam sedimen yang berbentuk lempung, lumpur, pasir berlumpur dan akan berkurang pada pasir. Partikel sedimen yang halus memiliki luas permukaan yang besar dengan kerapatan ion yang lebih stabil untuk mengikat logam dari pada partikel sedimen yang lebih besar (Sahara, 2009).

Hasil analisis kandungan logam berat pada kerang hijau (*P. viridis*) di Perairan Trimulyo memiliki nilai rata-rata yaitu pada stasiun 2 (muara) sebesar 150,93 mg/kg dan stasiun 3 (laut) sebesar 153,64 mg/kg sedangkan pada stasiun 1 (sungai) tidak ditemukan adanya kerang hijau (*P. viridis*).

Dari hasil analisis diketahui bahwa kandungan logam berat Fe yang terdapat dalam kerang hijau (*P. viridis*) lebih tinggi dibandingkan dalam perairan maupun sedimen.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Hutagalung dan Razak (1981) dalam Suryono (2006) bahwa kerang mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat dalam tubuhnya maka kandungan logam berat dalam tubuh kerang akan meningkat terus bersamaan dengan lamanya kerang tersebut tinggal dalam perairan yang mengandung logam berat.

Pada stasiun 3 (laut) memiliki kandungan logam berat Fe pada kerang hijau (*P. viridis*) lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun 2 (muara). Hal ini diduga karena kandungan logam berat Fe dalam sedimen di stasiun 3 (laut) paling tinggi dibandingkan dengan stasiun 1 (sungai) dan stasiun 2 (muara) yaitu 3,3 mg/kg sehingga tingginya kandungan logam Fe dalam kerang di stasiun 3 (laut) dipengaruhi oleh tingginya logam berat Fe dalam sedimen. Korelasi antara stasiun 2 dan stasiun 3 pada sedimen dan kerang hijau menunjukkan bahwa kerang hijau mampu mengakumulasi logam Fe lebih banyak dari sedimen. Hal ini diperkuat dengan pendapat Ward *et*

al. (1986) menyatakan bahwa logam yang ada dalam tubuh biota sejalan dengan konsentrasi logam di lingkungannya.

Logam berat Fe dapat terakumulasi dalam tubuh kerang karena menurut Wulandari *et al.* (2009) kerang memiliki karakteristik sebagai biota *filter feeder* dan *sessil* (menetap) maka logam berat yang ada dalam air dan sedimen akan masuk kedalam tubuh kerang baik melalui makanan yang berupa plankton atau melalui air dan sedimen yang teradsorpsi kedalam tubuh kerang sehingga dalam waktu yang lama akan terakumulasi.

Adanya logam berat di perairan berbahaya baik secara langsung maupun tidak terhadap kehidupan organisme serta dampak terhadap kesehatan manusia bila mengkonsumsinya. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit terurai dan mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan (Ika, 2012). Logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh biota laut melalui beberapa jalan, yaitu saluran pernafasan (insang) dan saluran pencernaan (Setiawan, 2013).

Darmono (2001) menyatakan bahwa absorpsi logam melalui saluran pernafasan biasanya juga cukup besar. Pada hewan air, absorpsi logam masuk melalui insang dengan kumulasi logam tertinggi biasanya terdapat dalam organ hati dan ginjal. Logam berat Fe yang masuk kedalam tubuh biota harus melewati membran sel yang terdiri dari lapisan biomolekuler yang dibentuk oleh molekul lipid dengan molekul protein yang tersebar diseluruh membran. Logam berat Fe yang masuk kedalam tubuh biota perairan cenderung berikatan dengan protein dan lipid pada jaringan biologis (Rumahlatu, 2011). Didalam sel, logam akan membentuk ikatan kompleks dengan ligan. Logam berat dapat berikatan dengan gugus sulfhidril dari protein sehingga akan menimbulkan kerusakan pada protein terkait dan keadaan ini secara keseluruhan akan merusak metabolisme (Palar, 2004).

Logam besi (Fe) merupakan logam berat esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu diperlukan oleh organisme hidup, akan tetapi bila jumlah dari logam berat masuk ke dalam tubuh dengan jumlah berlebih, maka akan berubah fungsi menjadi racun bagi tubuh (Yudo, 2006).

Besi merupakan komponen dari hemoglobin yaitu sekitar 75%, yang memungkinkan sel darah merah membawa oksigen dan mengantarkannya ke jaringan tubuh (Ika, 2012). Logam ini akan menjadi racun apabila keadaannya terdapat dalam konsentrasi di atas normal (Hasbi, 2007). Adanya logam berat Fe yang berlebih akan menimbulkan efek yang buruk bagi kesehatan manusia seperti kerusakan-kerusakan jaringan karena akumulasi Fe disebut hemokromatosis (jumlah zat besi yang berlebih pada tubuh). Penderita hemokromatosis menunjukkan akumulasi Fe di hati, limpa, jantung, dan jaringan lainnya. Penderita ini beresiko terserang kanker hati, jantung, dan berbagai penyakit lain. Konsumsi Fe dalam dosis tinggi akan merusak alat pencernaan secara langsung, lalu besi akan masuk kedalam peredaran darah. Kerusakan sel juga meluas pada hati, jantung, dan organ lain, bahkan bisa berakhir pada kematian (Widowati *et al.*, 2008).

KESIMPULAN

Nilai rata-rata kandungan logam berat Fe di kolom perairan belum melebihi baku mutu sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dengan baku mutu yaitu 0,3 mg/L. Hal ini menunjukkan perairan tersebut termasuk kedalam kategori yang aman untuk kehidupan biota air. Berdasarkan baku mutu yang ditetapkan *Winconsin Department of Natural Resources* tahun 2003, kandungan logam berat Fe dalam sedimen menunjukkan kondisi yang aman untuk kehidupan biota karena masih dibawah baku mutu yang ditetapkan yaitu 20 mg/kg. Kandungan logam berat Fe yang terakumulasi dalam kerang hijau (*P. viridis*) sudah melebihi nilai baku mutu menurut Badan Standarisasi Nasional (BSN) tahun 2009: Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 7387 tentang maksimal cemaran logam berat dalam pangan yaitu 1 mg/kg.

DAFTAR PUSTAKA

Amin, B., Afriyani, E., & Saputra, A. M. 2009. Distribusi Spasial Logam Pb dan Cu pada Sedimen dan Air Laut Permukaan di Perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *Jurnal Teknobiologi*, 2(1): 1-8.

- Connell, Des. W. & Miller, Gregory J. 2006. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran.. UI-Press, Jakarta, 131 hlm. (diterjemahkan oleh Yanti Koestoer).
- Hasbi, R. 2007. Analisis polutan logam tembaga (Cu) dan timbal (Pb) dalam sedimen laut pelabuhan Pantoloan berdasarkan Kedalamannya. [Skripsi]. UNTAD Press, Palu, 62 hlm.
- Hutagalung, H. P., D. Setiapermana dan S. H Riyono. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. (ID): P3O-LIPI, Jakarta, 181 hlm.
- Ika, Tahril dan Irwan Said. 2012. Analisis Logam Timbal (Pb) dan Besi (Fe) dalam Air Laut di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa Kecamatan Palu Utara. Jurnal Akademi Kimia, (4)1: 181-186.
- Johnson, V., Peterson, R., Olsen, K., 2005, Heavy Metal Transport and Behavior In The Lower Columbia River, USA, Environmental Monitoring and Assessment (Springer), Vol. 110, pp. 271–289
- Kinghorn, A., P. Solomon, & H.M. Chan. 2007. Temporal And Spatial Trends Of Mercury In Fish Collected In The English-Wabigoon River System In Ontario, Canada. Science of Total Environment J. 372: 615-623.
- Leiwakabessy, F. 2005. Logam Berat di Perairan Pantai Pulau Ambon dan Korelasinya Dengan Kerusakan Cangkang, Rasio Seks, Ukuran Cangkang, Kepada Individu Dan Indeks Keragaman Jenis Siput Nerita (Neritidae: Gastropoda). [Disertasi] Program Pascasarjana, Universitas Airlangga, Surabaya, 144 hlm.
- Mukhtasor. 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. PT. Pradnya, Jakarta, 189 hlm.
- Moehji, Sjahmien. 1992. Ilmu Gizi. Bhratara, Jakarta, 130 hlm.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta, 230 hlm.
- Rumahlatu, Dominggus. 2011. Konsentrasi Logam Berat Kadmium Pada Air, Sedimen dan *Deadema setosum* (Echinodermata, Echinoidea) di Perairan Pulau Ambon. Ilmu kelautan, 16 (2): 78-85.
- Sahara, E. 2009. Distribusi Pb dan Cu pada Berbagai Ukuran Partikel Sedimen di Pelabuhan Benoa. Jurnal Kimia FMIPA. Universitas Udayana, 3(2): 25-34.
- Said, N. I. .2003. Metoda Praktis Penghilangan Zat Besi dan Mangan di Dalam Air Minum. Kelair BPPT, Jakarta.. 42 hlm.
- Setiawan, Heru. 2013. Akumulasi Dan Distribusi Logam Berat Pada Vegetasi Mangrove Di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. Jurnal Ilmu Kehutanan 7(1): 11-18.
- Siaka, I. M. 2008. Korelasi antara kedalaman sedimen di Pelabuhan Benoa dan konsentrasi logam berat Pb dan Cu. Jurnal Kimia, 2: 61-70.
- Soemirat, J. S. 1996. Kesehatan lingkungan, Ed 3. Universitas Gajah Mada Press, Yogyakarta
- Supriyantini, Endang dan Hadi Endrawati. 2015. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. Jurnal Kelautan Tropis. 18(1):38-45
- Suryono, Chrisna Adi. 2006. Bioakumulasi Logam Berat Melalui Sistim Jaringan Makanan dan Lingkungan pada Kerang bulu *Anadara inflata*. Jurnal Kelautan. 11 (1): 19-22.
- Tsail, J., Yu K.C., Ho, S.T., Chang, J.S. and Wu, T.S. 2003. Correlation of Particle Sizes and Metals Speciation in River Sediment in Poster Papers in Diffuse Pollution Conference: 8 April 2006, Dublin.
- Umar, M.T., Meagaung, W.M., & Fachrudi, L. 2001. Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Air, Sedimen Dan Kerang *Marcia sp.* di Teluk Parepare, Sulawesi Selatan. Jurnal Science dan Technology 2 (2): 9-21.
- Ward, T.J., R.L. Cornel dan R. B. Anderson. 1986. Distribution of Cadmiun Lead, and Zinc Amongst the Marine Sediment, Seagrass, and Fauna, and the Selection of Sentinel Accumulation, Near a Lead Smeller in South Australia. Aust J. Mar, Freshw. Res. 37. 567-585
- Widowati,W.,Astina S. dan Raymond J.R. 2008, Efek Toksik Logam, Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Penerbit Andi, Yogyakarta. 126 hlm.

- Wulandari, S. Y., B Yulianto, G. W. Santoso, K. Swartimah. 2009. Kandungan Logam berat Hg dan cd dalam Air, Sedimen, kerang Darah (*Anadara granossa*) Menggunakan metode Analisis Pengaktifan Aneutron (APN). Jurnal Ilmu Kelautan, 14(3) : 70-175.
- Yudo, Satmoko. 2006. Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta. Jurnal Aquaulture 2(1): 25-54.