

STUDI KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg) DAN PREDIKSI KANDUNGAN METIL MERKURI (CH₃Hg) PADA ORGAN KERANG DARAH (*Anadara granosa*) DI KECAMATAN SIDAYU DAN KECAMATAN BANYUURIP, PANTAI UTARA GRESIK, JAWA TIMUR

STUDY OF HEAVY METAL CONTENT OF MERCURY (Hg) AND PREDICTION CONTENT OF METHYL MERCURY (CH₃Hg) ON THE BLOOD SHELLFISH' (*Anadara granosa*) ORGANS IN SIDAYU AND BANYU URIP DISTRICT, GRESIK, EAST JAVA

Baskara Adam Saleh, Boedi Setya Rahardja dan Muhammad Arief

Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga
Kampus C Mulyorejo - Surabaya, 60115 Telp. 031-5911451

Abstract

Oil drilling and industrial effluent that wasted through the Bengawan Solo River estuary is a source of environmental pollution in the Sidayu and Banyu Urip district, Gresik as one that produces the blood shellfish (*Anadara granosa*). One of the most dangerous contaminants of heavy metals is mercury. However shellfish can accumulate more heavy metals than other aquatic animals because it settle and filter their food (*filter feeder*) and slow to be able to avoid the effects of pollution

The Aim of this study are to determine the levels of mercury and methyl mercury predictions on blood shellfish (*Anadara granosa*). The process of sampling was done at coastal area of Sidayu and Banyu Urip district, Gresik then performed using Atomic Absorbance readings Spectrophotometric (AAS). This is a descriptive study and the data obtained, and then continued with stoichiometric calculations to predict the content of methyl mercury.

Based on the analysis of mercury and prediction of methyl mercury in the blood shellfish (*Anadara granosa*) organs in coastal area of Sidayu and Banyu Urip district, Gresik, has not exceeded the threshold of SNI, the value is 0.5 ppm. Mercury contamination was high in blood clam shell with the average value of 0.273 ppm and 0.293 ppm, followed by the stomach and intestines shell with an average value of 0.226 ppm and 0.281 ppm. Lowest contamination is on the organ gill, liver, and kidneys with the average value of 0.150 ppm and 0.133 ppm.

Keywords : Pollution, Blood Shellfish Organ, Mercury, Methyl Mercury

Pendahuluan

Kerang Darah (*Anadara granosa*) memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat tertentu dalam skala yang lebih besar dibandingkan hewan laut lainnya, salah satunya adalah merkuri (Hg) (Muhajir, 2009). Tingginya akumulasi ini berhubungan erat dengan sifat hidupnya sebagai *filter feeder* (Tugaswati, 1995). Kerang memiliki habitat yang menetap dan lambat dalam pergerakan, mengakumulasi bahan cemar tanpa dia sendiri mati terbunuh sehingga jenis kerang dijadikan sebagai indikator yang sangat baik dalam memonitoring suatu pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh logam berat tertentu (Darmono, 2001).

Terdapat beberapa perusahaan pengeboran minyak di pesisir pantai kecamatan Banyu Urip, serta muara Sungai Bengawan Solo di kecamatan Sidayu yang merupakan limbah buangan berbagai industri di Gresik. Menurut Growcock (2005) logam berat seperti Hg, Pb,

Ba, Cr, Cu dan Ar dan mengendap di sedimen. Hal ini akan menyebabkan pencemaran logam berat merkuri (Hg) yang akan terakumulasi pada sedimen tempat dimana Kerang Darah (*Anadara granosa*) hidup. Logam berat merkuri (Hg) bersifat racun. Peristiwa yang menonjol dan dipublikasikan secara luas akibat pencemaran logam berat adalah pencemaran merkuri (Hg) yang menyebabkan *Minamata disease* di teluk Minamata Jepang, disebabkan oleh limbah buangan industri kimia (Fauziah, 2011).

Merkuri yang ada dalam perairan dapat masuk dan terakumulasi pada ikan-ikan dan makhluk air lainnya, termasuk kerang darah (*Anadara granosa*). Mekanisme masuknya merkuri ke dalam tubuh kerang adalah melalui penyerapan pada permukaan kulit, melalui insang dan rantai makanan. Penyerapan merkuri juga dapat terkonsentrasi di dalam hati dan ginjal, karena di dalam organ tersebut terdapat

protein yang terdiri dari asam amino sistein (Ferdiaz, 1992).

Materi dan Metode

Penelitian ini meliputi pengamatan di lapangan dan analisis di laboratorium pada bulan Juni 2013-Agustus 2013. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerang darah (*Anadara granosa*), air laut dan sedimen yang diambil langsung dari pesisir pantai di Kecamatan Sidayu dan Banyu Urip. Sedangkan Peralatan penelitian yang digunakan adalah *Ekman grab*, *water sampler*, *cool box*, kantong plastik, kertas label, refraktometer, thermometer, pH meter, DO meter/*tes kit*, HNO₃ kamera digital, GPS, dan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif, yaitu metode penggambaran keadaan atau kejadian pada daerah tertentu untuk membuat pencandraan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta dan sifat-sifat populasi atau daerah tertentu (Suryabrata, 1993). Penentuan stasiun pengambilan sampel dilakukan berdasarkan jarak dari terduga yang menjadi sumber pencemar serta memperhatikan arus laut yang dipengaruhi angin musim timur, yaitu arus laut yang arus bergerak dari utara ke timur yang terjadi pada bulan Juni hingga bulan Agustus (BMKG, 2010). Pengambilan sampel dilakukan pada 6 stasiun sampling.

Sampel air laut diambil pada kedalaman yang berbeda yaitu air dekat permukaan dan air dekat dasar menggunakan *water sampler* pada tiap titik sampling. Pengambilan sampel air dilakukan, kemudian sampel air digabungkan (dikomposit) menjadi satu (Hutagalung, dkk, 1997). Sampel yang diambil sebanyak ± 600 ml dan diawetkan dengan HNO₃ hingga pH < 2 kemudian disimpan kedalam *cool box*. Sedangkan Sampel sedimen dikumpulkan dari hasil tiga kali penurunan *grab*, dan dalam setiap *grab* contoh sedimen hanya pada lapisan teroksidasi yang diambil (2 cm dari permukaan sedimen). Sampel dikomposit dan diambil sebanyak 250 gram, kemudian dimasukan kedalam plastik pembungkus

Sampel kerang diambil sebanyak 5 kg ukuran konsumsi (2-5 cm) dan diambil sebanyak 10% (500 gram) dari hasil yang tertangkap dan dipisah menurut masing-masing organ dan diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil *Sampling* kerang darah (*Anadara granosa*) di lokasi penelitian

Kode Sampling	Organ Pada Kerang Darah
B1A, B2A, B3A	Insang, hati, ginjal
B1B, B2B, B3B	Lambung, usus
B1C, B2C, B3C	Cangkang
S1A, S2A, S3A	Insang, hati, ginjal
S1B, S2B, S3B	Lambung, usus
S1C, S2C, S3C	Cangkang

Berat sampel yang dibutuhkan untuk uji AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) yaitu 5 gram untuk masing-masing sampel pada limit deteksi 0,0014 mg/g. Setelah mengetahui nilai kandungan merkuri (Hg) masing-masing organ kerang, dilakukan analisa data dan perhitungan stoikiometri. Perhitungan tersebut adalah perbandingan atom relatif merkuri (Hg) dengan massa relatif metil merkuri (CH₃Hg) terhadap nilai total ppm merkuri (Hg) menjadi potensi ppm metil merkuri (CH₃Hg) (Fessenden dan Fessenden, 1992) sebagai berikut :

$$\frac{Ar.Hg}{Mr.CH_3Hg} = \frac{Hg (ppm)}{CH_3Hg (ppm)}$$

Keterangan :

Ar. Hg = Atom relative merkuri

Mr. CH₃Hg = Massa relatif metil merkuri

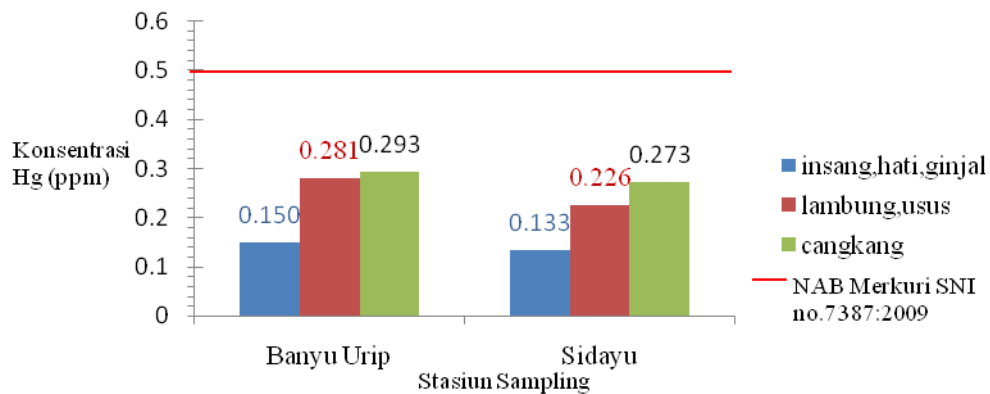
Parameter penunjang meliputi kualitas air antara lain suhu, pH, salinitas dan oksigen terlarut (DO). Pengukuran suhu menggunakan termometer, pH dengan pH meter, salinitas menggunakan refraktometer dan oksigen terlarut dengan DO meter/*tes kit*.

Hasil dan Pembahasan

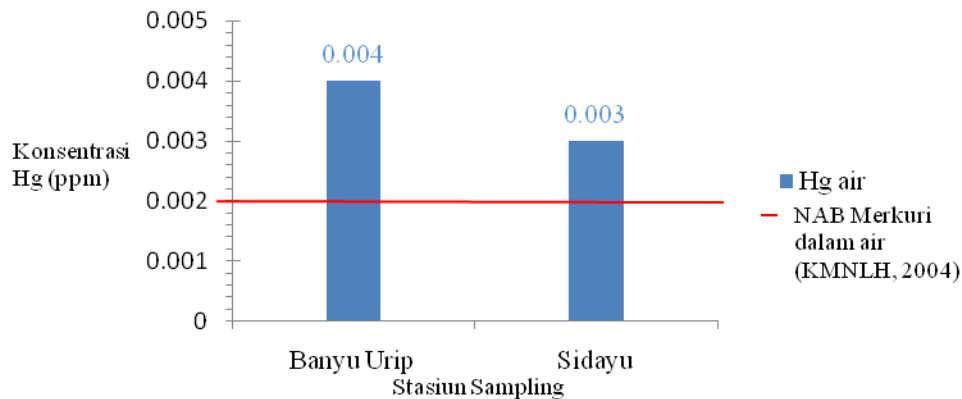
Berdasarkan data yang telah diperoleh, dapat diketahui kandungan logam berat merkuri (Hg) pada organ *visceral* (insang, hati, dan ginjal), organ pencernaan (lambung, dan usus), dan bagian cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*), kandungan merkuri (Hg) pada air laut dan sedimen, serta prediksi nilai metilasi merkuri pada masing-masing organ Kerang Darah (*Anadara granosa*) berdasarkan perhitungan stoikiometri. Rata-rata nilai kandungan merkuri (Hg) sebagai berikut:

Tabel 2. Rata-rata Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Kerang Darah (*Anadara granosa*).

Stasiun Sampling	Organ pada Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>)		
	Insang, hati, ginjal (ppm)	Lambung, usus (ppm)	Cangkang (ppm)
Banyu Urip	0,150	0,281	0,293
Sidayu	0,133	0,226	0,273



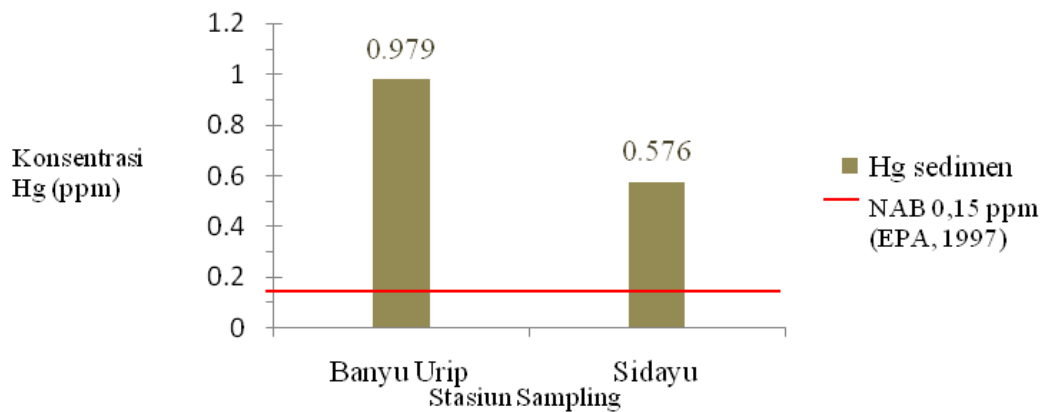
Gambar 1. Rata-rata Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Masing-Masing Organ Kerang Darah (*Anadara granosa*).



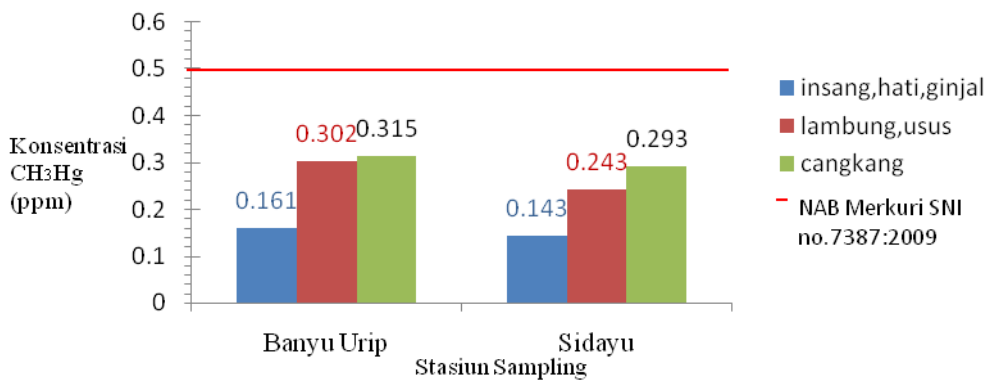
Gambar 2. Rata-rata Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Air di Kecamatan Sidayu dan Kecamatan Banyu Urip

Tabel 2. menunjukkan Stasiun sampling Banyu Urip memiliki rata-rata kandungan merkuri (Hg) pada organ hati, insang, ginjal sebesar 0,150 ppm, organ lambung dan usus sebesar 0,281 ppm, serta pada cangkang kerang sebesar 0,293 ppm. Pada stasiun sampling Sidayu, rata-rata kandungan merkuri pada organ hati, insang, ginjal sebesar 0,133 ppm, organ lambung dan usus sebesar 0,226 ppm, serta pada cangkang kerang sebesar 0,273 ppm.

Nilai rata-rata logam berat merkuri pada organ insang, hati, dan ginjal (Hg) 0,150 ppm untuk stasiun sampling Banyu Urip, dan 0,133 ppm untuk Sidayu. Pada organ lambung, dan usus memiliki nilai rata-rata 0,281 ppm untuk stasiun sampling Banyu Urip, dan 0,226 ppm untuk stasiun sampling Sidayu. Sedangkan pada bagian cangkang memiliki nilai rata-rata 0,293 ppm untuk stasiun sampling Banyu Urip, dan 0,273 ppm untuk stasiun sampling Sidayu.



Gambar 3. Rata-rata Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Sedimen di Kecamatan Sidayu dan Kecamatan Banyu Urip.



Gambar 4. Prediksi Metil Merkuri (CH₃Hg) pada Masing-Masing Organ Tubuh Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Tabel 3. Rata-rata Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Stasiun Sampling	Suhu (°C)	pH	Salinitas (ppm)	DO (mg/L)
Banyu Urip	29-30	7-8	24-26	4,0-5,0
Sidayu	27-28	7-8	20-21	4,0-5,0

Pada stasiun sampling Banyu Urip menunjukkan rata-rata konsentrasi logam berat merkuri (Hg) sebesar 0,004 ppm, sedangkan pada stasiun sampling Sidayu menunjukkan rata-rata konsentrasi logam berat merkuri (Hg) sebesar 0,003 ppm.

Konsentrasi logam berat merkuri (Hg) pada sedimen telah jauh melebihi ambang batas 0,15 ppm. Pada stasiun sampling Banyu Urip menunjukkan rata-rata konsentrasi logam berat merkuri (Hg) yang terdapat pada sedimen sebesar 0,979 ppm, sedangkan pada stasiun sampling Sidayu menunjukkan rata-rata konsentrasi logam berat merkuri (Hg) yang terdapat pada sedimen sebesar 0,576 ppm.

Gambar diatas menunjukkan bahwa pada organ insang, hati, dan ginjal Kerang Darah (*Anadara granosa*) memiliki potensi kandungan metil merkuri (CH₃Hg) dengan nilai rata-rata 0,161 ppm untuk stasiun sampling Banyu Urip, dan 0,143 ppm untuk stasiun sampling Sidayu. Pada organ lambung, dan usus Kerang Darah (*Anadara granosa*) memiliki nilai rata-rata 0,302 ppm untuk stasiun sampling Banyu Urip, dan 0,246 ppm untuk stasiun sampling Sidayu. Sedangkan pada bagian cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) memiliki nilai rata-rata 0,315 ppm untuk stasiun sampling Banyu Urip, dan 0,293 ppm untuk stasiun sampling Sidayu.

Hasil pengukuran kualitas air menunjukkan kisaran suhu perairan antara 27-30 °C. Suhu terendah terdapat pada stasiun sampling Sidayu 27 °C. Nilai pH memiliki kisaran 7-8 untuk kedua stasiun sampling. Perairan di Kecamatan Sidayu dan Kecamatan Banyu Urip memiliki kadar salinitas berkisar antara 20-26 ppm dan kandungan oksigen terlarut dengan kisaran nilai 4,0-5,0 mg/L

Analisis Merkuri (Hg) dan Metil Merkuri (CH₃Hg)

Pencemaran di stasiun sampling Banyu Urip lebih besar dibandingkan dengan Sidayu. Hal ini dapat terjadi karena selain stasiun sampling Banyu Urip dekat dengan beberapa perusahaan pengeboran minyak, Menurut Growcock (2005), limbah dari proses pengeboran minyak yang dibuang menuju laut mengandung logam berat antara lain Hg, Pb, Ba, Cr, Cu dan Ar sehingga mengendap di sedimen. Hal ini akan menyebabkan pencemaran logam berat merkuri (Hg) yang akan terakumulasi Kerang Darah (*Anadara granosa*).

Pada stasiun sampling Sidayu, Pencemaran dapat terjadi karena dekat dengan muara Sungai Bengawan Solo yang merupakan muara dari limbah buangan pabrik yang ada di gresik, seperti industri peralatan listrik dan plastik, pabrik kertas, serta peralatan laboratorium dan elektronika (Zakiah, 1995). Namun pada bulan Mei hingga Oktober, Sungai Bengawan Solo biasanya mengalami kemarau, sehingga debit aliran air di muara Sungai Bengawan Solo tidak sebanyak saat musim penghujan pada bulan November hingga April (Zakiah, 1995). Penelitian ini dilakukan pengambilan sampel kerang pada bulan Juli, dimana debit air muara Sungai Bengawan Solo tidak begitu besar.

Hasil pengamatan di lapangan menunjukan bahwa nilai rata-rata kandungan merkuri (Hg) pada organ pencernaan (lambung dan usus) lebih besar dibandingkan organ insang, hati, dan ginjal kerang. Hal ini disebabkan masuknya merkuri dalam tubuh paling banyak melalui makanan. Kerang merupakan makhluk "filter feeder" yang mengakumulasi bahan-bahan makanan yang tersaring di dalam insangnya (Tugaswati, 1995). Dalam rantai makanan Alga atau jasad renik yang mengandung logam berat akan menjadi makanan bagi ikan-ikan kecil, udang atau kerang yang kemudian akan terakumulasi dalam tubuh ikan atau kerang tersebut melalui system pencernaan (Hutagaol, 2012). Namun demikian penyerapan merkuri juga dapat terkonsentrasi di

dalam hati dan ginjal, karena di dalam organ tersebut terdapat protein yang terdiri dari asam amino sistein (Ferdiaz, 1992).

Nilai rata-rata kandungan merkuri (Hg) pada cangkang lebih tinggi dari pada organ pencernaan (lambung, usus) dan organ *visceral* (insang, hati, ginjal). Hal ini disebabkan oleh akumulasi merkuri dalam tubuh secara terus menerus. Setelah diabsorpsi di saluran pencernaan, merkuri akan ditransportasikan ke eritrosit dan protein plasma, dan dimetabolisme menjadi merkuri anorganik di hati dan ginjal, dan melalui proses biotransformasi akan terakumulasi dan terdeposit ke organ cangkang dalam waktu paruh biologis yang lama sekitar 70 hari dan sangat sedikit diekskresikan yaitu kurang dari 1% merkuri dapat dikeluarkan dari tubuh setiap harinya (Chamid, Dkk, 2008).

Jumlah logam berat yang masuk melalui saluran pencernaan biasanya cukup besar. Sedangkan logam berat yang masuk melalui kulit, melalui insang jumlah dan absorpsinya relatif kecil (Hutagaol, 2012). Itulah sebabnya mengapa kandungan logam berat merkuri (Hg) pada organ usus dan lambung Kerang Darah (*Anadara granosa*) lebih besar dibandingkan organ dalam lain seperti insang, hati, dan ginjal.

Merkuri anorganik di perairan akan mengalami metilasi oleh bakteri anaerob sebagai metil merkuri dan membebaskannya ke perairan. Budiono (2003) mengemukakan, bahwa merkuri yang dapat diakumulasi oleh ikan atau kerang adalah berbentuk metil merkuri. Metil merkuri yang terbentuk bersifat tidak stabil sehingga mudah dilepaskan ke dalam perairan yang kemudian masuk ke hewan maupun tumbuhan air dan mengalami akumulasi.

Toksistas logam berat merkuri (Hg) terlebih dalam bentuk metil pada hewan air juga melukai insang dan struktur jaringan luar lainnya, dapat menyebabkan kematian terhadap ikan yang disebabkan oleh proses anoxemia, yaitu terhambatnya fungsi sirkulasi dan ekskresi dari insang. Unsur-unsur logam yang berpengaruh terhadap insang adalah timah, seng, besi, tembaga dan merkuri. (Simbolon, Dkk, 2010).

Di dalam air, merkuri dapat tersebar di permukaan, pada kedalaman tertentu, maupun mengendap pada sedimen. Logam merkuri dalam garam diubah oleh bakteri anaerob menjadi metil merkuri (CH₃Hg) yang cenderung terakumulasi dalam tubuh organisme kecil seperti fitoplankton dan zooplankton dan melalui rantai makanan akan sampai pada kerang. Distribusi pencemaran merkuri (Hg)

dalam air laut dapat dipengaruhi oleh jarak antara sumber pencemar. Selain itu pencemaran perairan oleh merkuri (Hg) juga disebabkan oleh arus laut yang dipengaruhi oleh arah angin musim timur sehingga arus bergerak dari utara ke timur yang terjadi pada bulan Juni hingga Agustus (BMKG, 2010).

Merkuri mengendap di sedimen laut, dalam kondisi aerobik akan bereaksi dengan sulfid membentuk senyawa kompleks yang tidak terlarut dalam air. Senyawa ini dapat diambil oleh organisme bentik dan mengalami metilasi. Apabila ada gangguan terhadap dasar laut dan sedimen teraduk, akan mengakibatkan senyawa merkuri menjadi terlarut (Mukhtasor, 2007). Dengan teraduknya sedimen di dasar perairan memungkinkan terdapat perbedaan kandungan merkuri pada masing-masing sampel sedimen maupun air pada tiap titik pengambilan sampel.

Hubungan Logam Berat Dengan Kondisi Kualitas Air

Kualitas air merupakan factor penting dalam kehidupan biota air. Peningkatan suhu perairan melebihi nilai yang ditentukan akan meningkatkan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sekitar 2-3 kali lebih tinggi, semakin tinggi suhu air, daya toksisitas logam semakin meningkat, sebaliknya semakin rendah suhu air maka daya toksisitas logam juga menurun (Darmono, 2001).

Nilai pH di perairan perairan Kecamatan Sidayu dan Kecamatan Banyu Urip stabil antara 7-8. Perubahan pH dapat mempengaruhi toksisitas (daya racun) logam berat yang mencemari lingkungan laut. Penurunan pH pada perairan laut dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi polutan pada organisme semakin besar (Hutagalung,dkk., 1997).

Kadar oksigen terlarut di perairan Kecamatan Sidayu dan Kecamatan Banyu Urip tergolong baik berkisar antara 4 – 5 mg/L. Kelarutan oksigen di laut sangat penting dalam kehidupan organisme di laut. Kelarutan oksigen akan menurun apabila salinitas naik, begitu juga sebaliknya (Mukhtasor, 2007). Salinitas di perairan Kecamatan Sidayu dan Banyu Urip kurang baik, berkisar antara 20-26 ppm. Salinitas rendah mendukung aktivitas *sulphate reducing bacteria* (SRB) dalam perairan dimana dalam kondisi minim oksigen dapat merubah merkuri (Hg) menjadi metil merkuri (CH₃Hg) (Chamid, Dkk, 2008).

Pengamatan dilakukan pada akhir bulan Juni hingga bulan Agustus 2013 yang termasuk dalam bulan musim penghujan di Indonesia, intensitas proses pengenceran di

lautan pada saat musim penghujan semakin tinggi sehingga salinitas berada di bawah NAB. Kadar garam yang semakin tinggi, daya toksisitas logam semakin menurun (Darmono, 2001).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan : Kandungan logam berat merkuri (Hg) pada organ Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Kecamatan Banyu Urip lebih besar disbanding di Kecamatan Sidayu. Pencemaran merkuri tertinggi terdapat pada cangkang kerang darah dengan nilai tertinggi yaitu 0,293 ppm dan 0,273 ppm, diikuti dengan lambung dan usus kerang dengan nilai tertinggi 0,281 ppm dan 0,226 ppm. Pencemaran paling rendah adalah pada organ insang, hati, dan ginjal dengan nilai 0,150 ppm dan 0,133 ppm. Kandungan logam berat merkuri (Hg) yang berpotensi menjadi metil merkuri (CH₃Hg) dalam kerang darah (*Anadara granosa*) berdasarkan perhitungan *stoikiometri* di Kecamatan Sidayu dan Kecamatan Banyu Urip pantai utara Gresik berturut-turut adalah 0,143 ppm dan 0,161 ppm untuk organ insang, hati, dan ginjal. Pada organ lambung dan usus sebesar 0,243 ppm dan 0,302 ppm. Pada bagian cangkang 0,293 ppm dan 0,315 ppm.

Perlu dilakukan pengamatan secara berkelanjutan mengenai kandungan Merkuri (Hg) pada Kerang Darah (*Anadara granosa*), air laut dan sedimen sebagai langkah pemantauan pencemaran biota laut.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang bioakumulasi logam berat merkuri (Hg) dan metil merkuri (CH₃Hg) pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Kecamatan Sidayu dan Kecamatan Banyu Urip, Gresik.

Daftar Pustaka

- BMKG. 2010. Pergerakan Arus Dipengaruhi Angin, Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya. <http://www.bmgmaritimperak.com/arus.html>. Diakses tanggal 22 Agustus 2013.
- Budiono A. 2003. Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor : Bogor.
- Chamid, C., N. Yulianita, dan P. Renosori. 2010. Kajian Tingkat Konsentrasi Merkuri (Hg) Pada Rambut Masyarakat Kota Bandung. LPPM Universitas Islam Bandung. Bandung. 100-113 hal.

- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Universitas Indonesia (UI) Press: Jakarta.
- Fauziah, A. 2011. Korelasi Ukuran Kerang Darah (*Anadara granosa*) Dengan Konsentrasi Logam Berat Merkuri (Hg) di Muara Sungai Ketingan, Sidoarjo, Jawa Timur. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Ferdiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Penerbit Kanisius : Yogyakarta.
- Fessenden., Fessenden. 1992. Ilmu Kimia Dasar. Buku Pengetahuan Kimia Dasar Lengkap. Penerbit : Kanisius : Yogyakarta.
- Growcock, F. 2005. Drilling Fluids Processing : Drilling Fluids. Elsevier. Inc, USA. 59 hal.
- Hutagalung, H.P, D. Setiapermana dan S.H Riyono. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Buku 2. Puslitbang Oseanologi. LIPI : Jakarta. 182 hal.
- Hutagaol, S.N. 2012. Kajian Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen Dan Kerang Hijau (*Perna Viridis*, Linn.) Di Perairan Muara Kamal, Provinsi DKI Jakarta. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 48 hal.
- Muhajir, Abdul. 2009. Studi Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) Dari Beberapa Pasar Kota Malang. Jurusan Biologi Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. 26 hal.
- Mukhtasor. 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. Pradnya Paranita : Jakarta.
- Simbolon, D., S.M Singange, dan S.Y. Wulandari. 2010. Kandungan Merkuri san Sianida pada Ikan yang Tertangkap dari Teluk Kao, Halmahera Utara. Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Semarang. 129 hal.
- Suryabrata, S. 2002 Metodologi Penelitian. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta 51 hal.
- Tugaswati, A. Tri. 1995. Kandungan Logam Kadmium dalam Biota Laut Jenis Kerang-kerangan dari Teluk Jakarta Pusat Penelitian Ekologi Kesehatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Departemen Kesehatan RI, Jakarta. 137 hal.
- Zakiah, U. 1995. Tingkat Pencemaran Merkuri (Hg) di Perairan Pantai Surabaya dan Pengaruhnya Terhadap Kerang Bulu. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada. 12 hal.