

# STUDI PELEPASAN KADMIUM (Cd) DAN NIKEL (Ni) PADA SEDIMEN SECARA METODE *TOXICITY CHARACTERISTIC LEACHING PROCEDURE* (TCLP) DAN UJI SIFAT BIOAKUMULASINYA MELALUI SIMULASI PADA *Cyprinus carpio*

## ***THE APPLICATION OF NATURAL ZEOLITE FROM CIAMIS AS TiO<sub>2</sub> PHOTOCATALYST SUPPORT FOR RHODAMINE B DYE PHOTODEGRADATION***

Intan Cahaya Dani dan Budiawan\*

Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

\*email: [dr.budiawan@gmail.com](mailto:dr.budiawan@gmail.com)

diterima 30 November 2014, disetujui 3 Maret 2015

### Abstrak

Logam berat seperti nikel dan kadmium yang berasal dari limbah-limbah hasil kegiatan manusia (industri, domestik) dapat mengakibatkan pencemaran dan mengendap pada sedimen dasar laut. Perubahan pH perairan, dapat menyebabkan terjadinya proses pelepasan (*leaching*) logam di sedimen ke badan perairan kemudian terbioakumulasi pada biota di lingkungan tersebut. Untuk melihat adanya pengaruh perubahan pH pada proses pelepasan (*leaching*) logam tersebut, dilakukan ekstraksi pada sedimen dengan berbagai variasi pH (*TCLP method*). Dari hasil studi pelepasan tersebut terdeteksi adanya logam kadmium (Cd) dan nikel (Ni), untuk melihat sifat bahaya dari logam kadmium dan nikel pada biota perairan, maka dilakukan uji simulasi bioakumulasi logam pada biota perairan dengan menggunakan bioindikator *Cyprinus carpio* (*OECD Guideline 305*). Berdasarkan hasil data analisa didapatkan kadar nikel dalam sedimen pada ekstrak pH 3, 5 dan 7 mencapai 2,55 - 27,94 µg/g sedangkan untuk kadmium mencapai 4,31- 4,68 µg/g. Pengamatan bioakumulasi logam nikel dan kadmium pada ikan dilakukan selama 28 hari dengan melihat kadar kadmium dan nikel pada daging dan insang ikan. Pada daging ikan, konsentrasi kadmium tertinggi yaitu sebesar 3,179 µg/g sedangkan pada insang adalah 5,392 µg/g. Konsentrasi nikel tertinggi pada daging ikan adalah sebesar 4,557 µg/g sedangkan untuk insang adalah sebesar 10,417 µg/g. Hasil studi menunjukkan adanya akumulasi logam kadmium dan nikel pada biota.

Kata kunci: metode TCLP, biota, *Cyprinus carpio*

### Abstract

Heavy metals such as nickel and cadmium from the waste of human activities (industry, domestic,) can lead the pollution and sediments deposited on the seabed. Water pH changing, can lead to the release (*leaching*) metals in the sediment into the water body and then it will be bioaccumulated on biota around the environment. To see the effect of pH changing on the release (*leaching*) of these metals, extracting the sediment at pH variations has done (*TCLP method*). From the results of detection metals cadmium (Cd) and nickel (Ni) release studies, to see the hazards of cadmium and nickel metal, carried out a simulation of bioaccumulation test on biota using bioindikator *Cyprinus carpio* (*OECD Guideline 305*). Based on the analysis of data obtained in the nickel content in the sediment extract pH 3, 5 and 7 reached 2.55 to 27.94 µg/g, while for cadmium reaches 4.31 to 4.68 µg/g. Observation of metallic nickel and cadmium bioaccumulation in fish has done for 28 days by looking at levels of cadmium and nickel on the gills of fish and meat. In the flesh of fish, the highest cadmium concentration of 3.179 µg/g while in the gills is 5.392 µg/g. The highest nickel concentrations in fish flesh is equal to 4.557 µg/g while for gill is equal to 10.417 µg/g. The study results indicate the presence of cadmium and nickel metal accumulation on biota.

Keywords: TCLP method, biota, *Cyprinus carpio*

### Pendahuluan

Teluk Jakarta merupakan salah satu wilayah perairan di Indonesia yang padat dengan berbagai jenis kegiatan manusia. Di perairan tersebut

terdapat lokasi rekreasi, beberapa industri atau pabrik, tempat penangkapan ikan oleh nelayan Jakarta dan empat buah pelabuhan besar yaitu

Pelabuhan Tanjung Priok, dua buah Pelabuhan Perikanan, dan juga Pelabuhan kayu. Disamping itu Perairan Teluk Jakarta juga merupakan badan air terakhir yang menampung limbah dari industri-industri dan pembuangan sampah melalui 13 sungai yang bermuara di dalamnya baik secara langsung maupun tidak langsung [1,2].

Pada limbah industri seringkali terdapat bahan pencemar yang sangat membahayakan seperti logam berat [3]. Logam berat merupakan salah satu bahan kimia yang sering digunakan sebagai bahan baku maupun bahan tambahan pada proses industri. Berbeda dengan logam biasa, logam berat adalah istilah yang digunakan secara umum untuk kelompok logam dan metaloid yang densitasnya lebih besar dari 5 g/cm<sup>3</sup> [4].

Diantara logam-logam berat yang masuk ke perairan adalah logam kadmium (Cd) dan nikel (Ni). Akumulasi logam Cd dalam air antara lain diakibatkan oleh kegiatan industri dalam elektroplating (pelapisan emas dan perak), pengerjaan bahan-bahan dengan menggunakan pigmen/zat warna lainnya, pembuatan aloi dan baterai alkali. Sedangkan logam Ni merupakan kelompok logam transisi II dimana pada umumnya digunakan untuk industri pembuatan baterai nikel-kadmium, katalis, dan elektroplating [5].

Kelarutan logam berat dapat menjadi lebih tinggi atau lebih rendah tergantung pada kondisi lingkungan perairan, seperti salinitas, pH, dan suhu [3]. Logam berat tersebut akan mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan dan manusia). Biota air yang hidup dalam perairan yang tercemar logam berat Cd dan Ni dapat mengakumulasi logam berat tersebut ke dalam jaringan tubuhnya, hal ini berdampak pada kerusakan atau menimbulkan perubahan bentuk maupun fungsi jaringan tersebut. Sifat logam yang bioakumulatif dan persisten membuat logam tersebut sangat berbahaya jika masuk ke dalam tubuh manusia, karena dapat menyebabkan keracunan logam berat yang dapat bersifat kronis bahkan akut jika logam berat yang terakumulasi cukup banyak.

Selama ini data kadar logam berat pada perairan sebagai bagian dari parameter fisik dan kimia suatu perairan, ditentukan langsung dari perairannya. Namun sering data kadar logam berat tersebut tidak mencerminkan tingkat pencemaran dan bahaya yang sesungguhnya pada makhluk hidup. Karena itu saat ini pemantauan

tingkat pencemaran logam berat perlu didukung dengan monitoring pada organisme hidup dan sedimen. Monitoring pada organisme hidup atau dikenal dengan bioindikator, yaitu penggunaan jenis organisme tertentu yang dapat mengakumulasi bahan-bahan pencemar yang ada sehingga mewakili keadaan di dalam lingkungan hidupnya [6].

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat dilakukan pemantauan kondisi perairan, khususnya di daerah Jakarta Utara dengan melihat seberapa besar pencemaran logam berat Cd dan Ni pada sedimen Teluk Jakarta dan melihat potensi logam berat Cd dan Ni yang berada pada sedimen tersebut terdistribusi ke badan perairan akibat adanya perubahan pH, serta mempelajari sifat bahaya dari logam berat Cd dan Ni pada ekosistem perairan dengan melakukan uji simulasi bioakumulasi pada bioindikator *Cyprinus carpio*.

Penelitian yang akan dilakukan ini merupakan modifikasi dari penelitian-penelitian sebelumnya. Salah satunya telah dilakukan oleh R. Vinodhini dan M. Narayanan mengenai bioakumulasi logam berat pada organisme ikan air tawar (*Cyprinus carpio*).

Pada penelitian ini untuk melihat adanya pengaruh perubahan pH pada proses pelepasan (*leaching*) logam Cd dan Ni, dilakukan ekstraksi pada sedimen dengan berbagai variasi pH (TCLP method). Selain studi pelepasan tersebut, untuk melihat sifat bahaya dari logam Cd dan Ni, dilakukan uji simulasi bioakumulasi logam pada biota perairan dengan menggunakan bioindikator *Cyprinus carpio* [7].

## Metode Penelitian

Sebelum melakukan penelitian di laboratorium, dilakukan terlebih dahulu pengambilan sampel sedimen di perairan Teluk Jakarta, Jakarta Utara pada tanggal 11 Februari 2012. Selanjutnya dilakukan preparasi sedimen serta pembiakan ikan *Cyprinus carpio* yang dilaksanakan di Laboratorium Biokimia Departemen Kimia FMIPA UI sedangkan analisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) dilakukan di Laboratorium Instrumen Departemen Kimia FMIPA UI.

Tujuan Penelitian ini adalah untuk melihat adanya pengaruh perubahan pH pada proses pelepasan (*leaching*) logam kadmium dan nikel dalam sedimen dengan ekstraksi pada berbagai

variasi pH (TCLP *method*). Dari hasil studi pelepasan tersebut, untuk melihat sifat bahaya dari logam kadmium dan nikel dilakukan uji simulasi bioakumulasi logam pada biota perairan dengan menggunakan bioindikator *Cyprinus carpio* (OECD *Guideline* 305).

Sebelumnya dilakukan penentuan kadar logam kadmium dan nikel dalam sedimen berdasarkan *Aqua regia Digestion Method* (ISO 11466), sampel sedimen yang sudah dihomogenkan ditimbang sebanyak  $\pm 1,0$  g kemudian ditambahkan 1 : 3 asam nitrat, HNO<sub>3</sub> pekat dan asam klorida, HCl pekat sebanyak 24,0 mL kemudian dидiamkan selama satu malam. Setelah itu, sedimen dalam larutan aqua regia dipanaskan pada suhu 105°C sampai dengan 120°C hingga volumenya  $\pm 15,0$  mL; setelah itu larutan didinginkan lalu disaring dengan kertas saring. Tempatkan filtrat contoh uji pada labu ukur 50 mL dan tambahkan larutan HNO<sub>3</sub> 1 N sampai tanda tera. Dilakukan pengukuran kadar logam Cd dan Ni menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS).

Ekstraksi sedimen menggunakan asam lemah dilakukan berdasarkan USEPA TCLP yang dimodifikasi dengan menggunakan larutan ekstraksi pH 3, pH 5 dan pH 7. Sedimen ditambahkan 5,0 mL larutan ekstraksi, dидiamkan setengah jam lalu dikocok selama 30 detik. Kemudian, dидiamkan semalam pada suhu kamar. Disentrifuge selama 30 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Larutan kemudian didekantasi dan diencerkan pada labu 25,0 mL dengan larutan HNO<sub>3</sub> 1 N. Dilakukan pengukuran kadar logam Cd dan Ni menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry*(AAS).

Dalam uji bioakumulasi berdasarkan OECD *Guideline* 305, dilakukan variasi pengujian menggunakan kontrol, studi bioakumulasi dilakukan dengan cara membuat toksikan berdasarkan kadar NOAEC logam berat Ni, Cd,

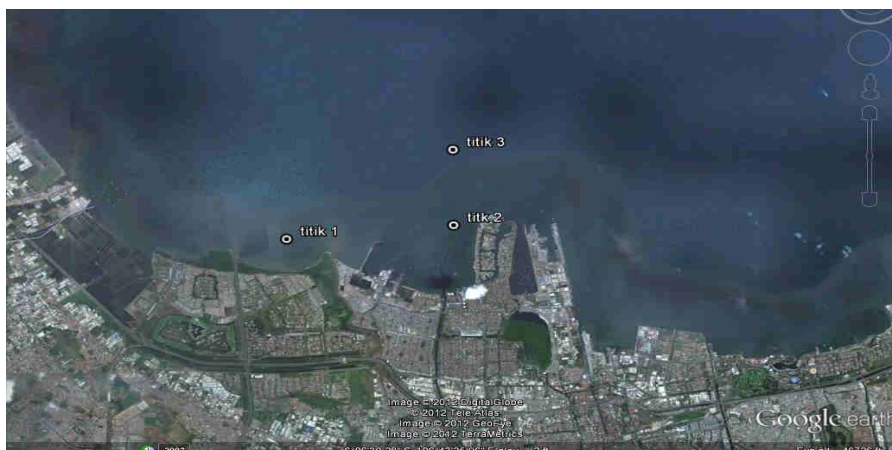
Pb, Cr dan As. Lama pengujian adalah 28 hari, dilakukan pengamatan bioakumulasi pada hari ke-7, 14, 21 dan 28. Pada hari tersebut, sampel ikan diambil bagian insang dan dagingnya kemudian didestruksi menggunakan HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> berdasarkan USGS Method B-9001-95, *Preparation Procedure for Aquatic Biological Material Determined for Trace Metals* lalu dilakukan pengukuran kadar logam Cd dan Ni menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS).

## Hasil dan Pembahasan

Sedimen diambil dari proses sampling berdasarkan Metode Sediment Sampling US-EPA pada tanggal 11 Februari 2012. Proses sampling dilakukan di 3 tempat, yaitu Muara Sungai Kali Adem, Muara Angke, Muara Pantai Indah Kapuk, dan Muara Kamal. Pada saat pengambilan sampel, dikumpulkan data pendukung seperti pengukuran terhadap temperatur air, pengukuran pH, keterangan warna sedimen dan kadar garam (salinitas). Hal ini dilakukan karena parameter - parameter tersebut dapat mempengaruhi konsentrasi logam dalam sedimen. Temperatur diukur dengan menggunakan termometer raksa, pH diukur dengan indikator pH Universal dan digunakan refraktometer untuk mengukur kadar garam berdasarkan indeks bias cahaya pada suatu medium. Sebagai data pendukung, dilakukan pencatatan data mengenai koordinat lokasi, waktu pengambilan sampel, cuaca pada saat sampling, dan warna sedimen. Pengukuran koordinat lokasi dilakukan dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Alat yang digunakan untuk mengambil sampel sedimen adalah *Petite Ponar Peterson Sampler* (EPA-Ohio, 2001). Adapun kondisi pada saat pengambilan sampel, ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Viskositas dinamik pelumas mesin sepeda motor pada berbagai variasi suhu dan jarak pemakaian

Titik	Waktu	Suhu	pH	Posisi	Salinitas	Keterangan
Muara Sungai Kali Adem, Muara Angke (I)	10 : 40	31°C	7,0	6°5'51"S,	1. 19,0	Coklat
				106°45'34"E	2. 16,0	kehitaman
Muara Pantai Indah Kapuk (II)	10 : 53	31,5°C	7,0	6°5'41"S,	1. 10,0	Hitam
				106°45'59"E	2. 14,0	
					3. 14,0	
Muara Kamal (III)	11 : 25	33°C	7,0	6°5'52"S,	1. 25,0	Hitam
				106°97'20"E	2. 26,0	



Gambar 1 Peta Posisi Pengambilan Sampel Sedimen Teluk Jakarta

Tabel 3 Konsentrasi Kadmium dan Nikel dalam Sedimen di Beberapa Negara

Sedimen	Kadmium (tidak terkontamina-si) ( $\mu\text{g/g}$ )	Kadmium (terkontaminasi) ( $\mu\text{g/g}$ )	Nikel (tidak terkontamina-si) ( $\mu\text{g/g}$ )	Nikel (terkontaminasi) ( $\mu\text{g/g}$ )
Firth of Clyde, Scotland	3.4	7	50	70
California Coast	0.33	66	9.7	130
Southwestern England	0.3	1.2	28	32

Jarak titik pengambilan sampel berdasarkan USEPA *Sediment Sampling Method* adalah  $\pm 1,0$  km. Adapun peta lokasi pengambilan sampel sedimen di tiga titik wilayah perairan Teluk Jakarta adalah seperti Gambar 1.

#### **Kadar Nikel (Ni) dan Kadmium (Cd) dalam sedimen**

Untuk mengetahui kadar total logam kadmium dan nikel pada sedimen, sampel yang sudah diberi perlakuan tersebut didestruksi secara total dengan menggunakan *Aqua regia Digestion Method* (ISO 11466). Dengan menggunakan  $\text{HNO}_{3(\text{p})}$  dan  $\text{HCl}_{(\text{p})}$  ini diharapkan seluruh sedimen akan larut sehingga dapat melepaskan ikatan logam yang terdapat pada sedimen.

Filtrat hasil destruksi kemudian di ukur kadar logam kadmium dan nikel dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS). Kadar logam kadmium dan nikel pada tiga titik wilayah pengambilan sampel sedimen yang didapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Kadar Ni dan Cd dalam sedimen di tiga wilayah

Logam	Titik I ( $\mu\text{g/g}$ )	Titik II ( $\mu\text{g/g}$ )	Titik III ( $\mu\text{g/g}$ )
Cd	8,662	10,168	10,585
Ni	26,316	47,838	57,834

Kadar kadmium dalam sedimen di tiga wilayah mencapai  $8,662 \mu\text{g/g}$  -  $10,585 \mu\text{g/g}$  sampel sedimen. Wilayah yang mengandung kadar sedimen tertinggi adalah wilayah titik III, yaitu wilayah Muara Kamal yang mengandung logam kadmium sebanyak  $10,585 \mu\text{g/g}$ . Sedangkan, untuk logam nikel kadar pada tiga wilayah tersebut mencapai  $26,316 \mu\text{g/g}$  -  $57,834 \mu\text{g/g}$ . Sama halnya dengan logam kadmium, nikel tertinggi terdapat pada wilayah titik III yaitu perairan Muara Kamal dengan kadar  $57,834 \mu\text{g/g}$ . Konsentrasi nikel yang lebih banyak dibandingkan dengan konsentrasi kadmium pada sedimen, juga ditemukan pada beberapa penelitian di wilayah perairan di beberapa negara yang ditunjukkan pada Tabel 3 [8].

### Kadar Nikel (Ni) dan Kadmium (Cd) hasil ekstraksi sedimen pada variasi pH

Untuk melihat adanya pengaruh pH dalam proses pelepasan (*leaching*) logam dari sedimen, dilakukan ekstraksi sedimen dengan variasi pH berdasarkan USEPA *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) yang dimodifikasi. Filtrat dari sampel yang telah diberi perlakuan destruksi dan ekstraksi selanjutnya dianalisa menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) dan dihitung kadarnya berdasarkan metode SNI No 06-6992.4-2004. Adapun kadar kadmium dalam sedimen dari hasil ekstraksi asam pada ketiga titik wilayah di Teluk Jakarta adalah, ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kadar Cd hasil ekstraksi sedimen

	Titik I ( $\mu\text{g/g}$ )	Titik II ( $\mu\text{g/g}$ )	Titik III ( $\mu\text{g/g}$ )
Ekstraksi pH 3	4,366	4,561	4,615
Ekstraksi pH 5	4,382	4,577	4,376
Ekstraksi pH 7	4,444	4,633	4,841

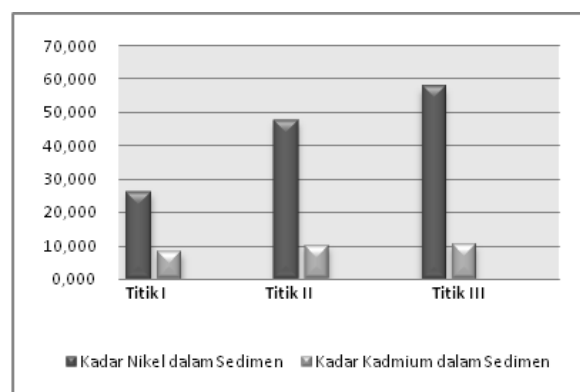
Tabel 5. Kadar Ni hasil ekstraksi sedimen

	Titik I ( $\mu\text{g/g}$ )	Titik II ( $\mu\text{g/g}$ )	Titik III ( $\mu\text{g/g}$ )
Ekstraksi pH 3	5,812	13,613	27,940
Ekstraksi pH 5	5,811	12,795	11,163
Ekstraksi pH 7	6,629	9,739	14,379

Kadar kadmium hasil ekstraksi dengan berbagai variasi pH relatif menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda. Pada tiga wilayah pengambilan sampel, kadar kadmium hasil ekstrak pH 3 tertinggi berada pada wilayah titik III yaitu perairan Muara Kamal sebesar 4,615  $\mu\text{g/g}$ . Sedangkan dengan ekstrak pH 5 adalah titik II yaitu perairan Pantai Indah Kapuk sebesar 4,577  $\mu\text{g/g}$ . Pada pH 7 kadar kadmium tertinggi adalah pada titik III, perairan Muara Kamal sebesar 4,841  $\mu\text{g/g}$ . Pada wilayah titik I, kadar kadmium yang tertinggi didapatkan dari hasil ekstraksi dengan menggunakan pH 7 yaitu sebesar 4,444  $\mu\text{g/g}$  dengan perbedaan kadar hasil ekstraksi yang tidak terlalu signifikan dengan ekstraksi pH 3 dan pH 5. Pada wilayah titik II dan III, kadar kadmium tertinggi juga didapatkan dari hasil ekstraksi dengan menggunakan pH 7, berturut-turut yaitu sebesar 4,633  $\mu\text{g/g}$  dan 4,841  $\mu\text{g/g}$ .

Adapun kadar logam nikel dalam sedimen dari hasil ekstraksi asam pada ketiga titik wilayah di Teluk Jakarta ditunjukkan pada Tabel 5. Kadar nikel hasil ekstraksi dengan berbagai variasi pH menunjukkan nilai yang berbeda-beda. Pada tiga wilayah pengambilan sampel, kadar nikel hasil ekstrak pH 3 tertinggi berada pada wilayah titik III yaitu perairan Muara Kamal sebesar 27,940  $\mu\text{g/g}$ .

Sedangkan dengan ekstrak pH 5 adalah titik II yaitu perairan Pantai Indah Kapuk sebesar 12,795  $\mu\text{g/g}$ . Pada pH 7 kadar kadmium tertinggi adalah pada titik III, perairan Muara Kamal sebesar 14,379  $\mu\text{g/g}$ . Pada wilayah titik I, kadar nikel yang tertinggi didapatkan dari hasil ekstraksi dengan menggunakan pH 7 yaitu sebesar 6,629  $\mu\text{g/g}$  dengan perbedaan kadar hasil ekstraksi yang tidak terlalu signifikan dengan ekstraksi pH 3 dan pH 5. Pada wilayah titik II dan III, kadar nikel tertinggi didapatkan dari hasil ekstraksi dengan menggunakan pH 3, berturut-turut yaitu sebesar 13,613  $\mu\text{g/g}$  dan 27,940  $\mu\text{g/g}$ .



Gambar 2. Kadar Cd Dan Ni dalam Sedimen

Kadar kadmium dalam sedimen pada tiga wilayah pengambilan sampel di Teluk Jakarta berdasarkan standar internasional baku mutu menurut *Dutch Quality Standards for Metals in Sediments* sudah memasuki kategori tercemar sedang [9]. Mengacu pada baku mutu yang ada, dijelaskan bahwa pada level target, konsentrasi maksimum logam dalam sedimen adalah 0,800  $\mu\text{g/g}$ . *Standards for Metals in Sediments* menyatakan bahwa jika konsentrasi kontaminan yang ada pada sedimen memiliki nilai diantara *level tes* dan *level intervensi*, maka substansi yang ada pada sedimen cukup berbahaya bagi lingkungan perairan [9].

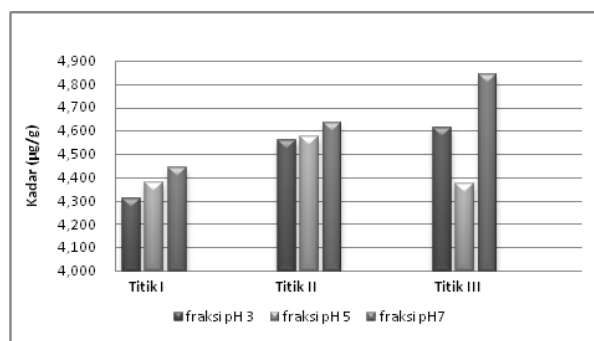
Tabel 6 Dutch Quality Standards for Metals in Sediments

Logam	Level Target	Level Limit	Level Tes	Level Interferensi	Level Bahaya
Nikel	35	35	45	210	200
Kadmium	0.8	2	7.5	12	30
Tembaga	35	35	90	190	400
Kromium	100	380	380	380	1000
Arsen	29	55	55	55	150

Sumber: IADC/CEDA 1997

Kadar nikel di dalam sedimen Teluk Jakarta berdasarkan standar internasional baku mutu menurut *Dutch Quality Standards for Metals in Sediments*, pada wilayah Muara Angke masih tergolong aman karena masih berada di bawah nilai level target sedangkan untuk wilayah Muara Pantai Indah Kapuk dan Muara Kamal sudah masuk kategori tercemar sedang (IADC/CEDA 1997). Mengacu pada baku mutu yang ada, dijelaskan bahwa pada level target, konsentrasi maksimum logam dalam sedimen adalah 35,000 µg/g.

Tabel 6 merupakan Nilai Baku Mutu logam yang terdapat di sedimen berdasarkan *Dutch Quality Standards for Metals in Sediment*.



Gambar 3. Perbandingan Kadar Cd hasil Ekstraksi

Level target, jika konsentrasi kontaminan yang ada pada sedimen memiliki nilai yang lebih kecil dari nilai level target, maka substansi yang ada pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan. Level limit, jika konsentrasi kontaminan yang ada di sedimen memiliki nilai maksimum yang dapat ditolerir bagi kesehatan manusia maupun ekosistem.

Level tes, jika konsentrasi kontaminan yang ada di sedimen berada pada kisaran nilai antara level limit dan test level, maka dikategorikan sebagai tercemar ringan. Level intervensi, jika konsentrasi kontaminan yang ada di sedimen

berada pada kisaran nilai antara level tes dan level intervensi, maka dikategorikan sebagai tercemar sedang. Level bahaya, jika konsentrasi kontaminan (hanya untuk logam berat) berada pada nilai yang lebih besar dari baku mutu level bahaya maka dikategorikan sangat tercemar.

### Bioakumulasi

Untuk melihat potensi terjadinya bioakumulasi logam nikel dan kadmium dari sedimen laut ke biota di perairan, maka dilakukan suatu simulasi uji bioakumulasi menggunakan bioindikator ikan *Cyprinus carpio*. Toksikan dibuat dari standar 100,0 mg/L lima logam berat, yaitu Ni, Cd, Pb, Cr, As berdasarkan nilai NOAEC (*No Observable Adverse Effect Concentration*) masing-masing logam.

Tabel 7. Nilai NOAEC Logam Berat

Logam	Nilai NOAEC	Sumber
Kadmium	0,100 mg/L	<i>Cyprinus carpio</i> IPCS, EHC
Nikel	0,056 mg/L	Rainbow trout <i>Oncorhynchus mykiss</i> U.S Geological Survey
Kromium	0,005 mg/L	Rainbow trout <i>Oncorhynchus mykiss</i> , IPCS
Timbal	1,000 mg/L	Rainbow trout <i>Oncorhynchus mykiss</i> IPCS
Arsen	0,005 mg/L	Gold fish, IPCS

Sumber: [www.inchem.org](http://www.inchem.org) (IPCS)

Sebelum dilakukan pengujian, dilakukan pengkondisian di laboratorium berdasarkan OECD *Guideline* 305, dimana peralatan dan ikan yang digunakan diharapkan sudah memenuhi standar untuk pengujian. Pada saat aklimatisasi

(pengkondisian) ikan, air yang digunakan harus selalu dikontrol pH, DO dan suhu nya. Aklimatisasi ikan di akuarium dilakukan selama 4 hari dimulai tanggal 18 April 2012.

Uji Bioakumulasi dimulai tanggal 23 April 2012, pemberian toksikan di akuarium uji berdasarkan nilai NOAEC (*No Observable Adverse Effect Concentration*) masing-masing logam berat. Adapun nilai NOAEC dari masing-masing logam ditunjukkan pada Tabel 7.

Adapun kondisi akuarium kontrol dan uji pada hari pertama, hari ke-7, 14, 21, dan 28 dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Kondisi Akuarium kontrol

Hari	pH	Suhu	DO
Hari ke-1	6,8	29°C	8,3 mg/L
Hari ke-7	6,7	29°C	10,9 mg/L
Hari ke-14	6,7	29°C	8,0 mg/L
Hari ke-21	6,3	29°C	9,0 mg/L
Hari ke-28	6,3	29°C	9,1 mg/L

Keterangan: Jumlah ikan yang mati pada akuarium kontrol selama 28 hari adalah 1 ekor.

Tabel 9. Kondisi Akuarium Uji

Hari	pH	Suhu	DO
Hari ke-1	6,8	29°C	8,3 mg/L
Hari ke-7	6,7	29°C	10,9 mg/L
Hari ke-14	6,7	29°C	8,0 mg/L
Hari ke-21	6,3	29°C	9,0 mg/L
Hari ke-28	6,3	29°C	9,1 mg/L

Keterangan: Selama 28 hari masa pengujian, tidak ada ikan yang mati.

### **Bioakumulasi Logam Kadmium dan Nikel pada Ikan *Cyprinus Carpio***

Selama pengamatan, 2 ekor ikan diambil setiap satu minggu nya. Yaitu di hari ke-7, 14, 21, dan 28. Selanjutnya daging ikan dan insangnya di destruksi berdasarkan USGS Method B-9001-95, *Preparation Procedure for Aquatic Biological Material Determined for Trace Metals* untuk dilihat besarnya kadar logam yang terbioakumulasi.

Berdasarkan hasil pengamatan, kadar logam *kadmium* dalam daging dan insang ikan selama proses bioakumulasi 28 hari ditunjukkan pada Tabel 10. Sampel ikan yang diukur setiap minggunya berjumlah dua ekor. Hal ini dilakukan untuk melihat trend akumulasi logam yang terjadi di setiap minggu pengamatan.

Tabel 10. Kadar Cd pada Daging dan Insang Ikan

Hari ke-	Daging I (µg/g)	Daging II (µg/g)	Insang I (µg/g)	Insang II (µg/g)
7	1,292	1,221	4,211	3,341
14	1,858	1,270	5,439	5,039
21	3,089	2,049	5,343	5,392
28	3,179	2,379	3,113	3,166

Berdasarkan Tabel 10, kadar kadmium dalam daging ikan selama 28 hari mengalami peningkatan setiap minggunya. Pada daging ikan I rentang hari ke-7 hingga hari ke-14 kadar kadmium dalam daging ikan meningkat hingga setengah kali nya, pada hari ke-14 dan 21 meningkat hingga dua kali sedangkan pada hari ke-21 hingga ke-28 kadar kadmium tidak terlalu banyak mengalami peningkatan. Begitu pula dengan daging ikan II, dimana pada hari ke-7 menuju hari ke-14, kadar ikan dalam daging meningkat walaupun tidak terlalu signifikan peningkatannya. Pada hari ke-14 hingga hari ke-21, peningkatan kadar logam mencapai hampir satu kali lipatnya. Begitu pula pada hari ke-21 menuju hari ke-28, kadar kadmium dalam daging masih terus meningkat.

Pada daging ikan, kadar kadmium tertinggi yaitu sebesar 3,179 µg/g dari daging ikan I yang diambil pada hari ke-28. Sedangkan pada insang kadar kadmium tertinggi adalah 5,392 µg/g dari ikan II yang diambil pada hari ke-21 dan menurun kadarnya pada hari ke-28 sebesar 3,113 µg/g.

Data analisa kadar logam nikel pada daging dan insang ikan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Kadar Ni pada Daging dan Insang Ikan

Hari ke-	Daging I (µg/g)	Daging II (µg/g)	Insang I (µg/g)	Insang II (µg/g)
7	3,515	4,557	3,110	3,228
14	2,930	3,296	5,892	7,244
21	2,771	2,782	9,533	10,417
28	2,392	2,873	3,957	8,565

Sama halnya dengan kadmium, berdasarkan tabel di atas trend kadar nikel dalam daging ikan I dan II lebih kecil dibandingkan kadar nikel di dalam insang. Namun, akumulasi logam nikel di dalam daging yang diamati mulai dari hari ke-7 semakin hari semakin menurun. Penurunan yang signifikan pada daging ini terjadi dari hari ke-7 hingga hari ke-28 pada daging I dimana kadar nikel dalam daging menurun. Begitu pula yang

terjadi pada daging II, dimana kadar nikel pada hari ke-7 ditemukan cukup tinggi pada daging ikan dan dari hari ke hari masa pengamatan, kadar nikel mengalami penurunan dan sedikit mengalami peningkatan pada hari ke-21 hingga ke-28 pada daging II. Hal ini menggambarkan bahwa daging ikan mengakumulasi logam nikel dengan cepat, namun akumulasi logam nikel tersebut tidak dilakukan terus-menerus dan masih dapat dikeluarkan oleh tubuh ikan. Berdasarkan data kadar nikel pada daging II, selama pelepasan logam nikel dari daging ikan, akumulasi nikel tersebut pada daging masih dapat terjadi, terbukti dengan adanya peningkatan kadar nikel pada daging II di hari ke-28.

Sebaliknya pada insang, kadar nikel yang diakumulasi mengalami peningkatan hingga hari ke-21. Kemudian terjadi penurunan kadar nikel pada insang dari hari ke-21 hingga hari ke-28. Tren kenaikan dan turunnya kadar nikel pada insang ikan ini ditunjukkan pada insang ikan I dan II. Fenomena ini terjadi pula pada logam kadmium dimana pada hari ke-21 kadar logam kadmium pun mengalami penurunan.

Konsentrasi nikel tertinggi pada daging ikan adalah sebesar 4,557  $\mu\text{g/g}$  yang berasal dari ikan I di hari ke-7, sedangkan untuk konsentrasi tertinggi di insang adalah sebesar 10,417  $\mu\text{g/g}$  dari ikan II pada hari ke-21 dan menurun kadarnya hingga 8,565  $\mu\text{g/g}$  pada hari ke-28.

Organ yang diuji pada penelitian ini adalah insang dan daging. Hal ini dikarenakan, jika suatu perairan terkontaminasi logam berat maka organ seperti kulit dan insang akan cenderung mengakumulasinya terlebih dahulu baru kemudian mengekskresikannya [10].

Berdasarkan data, logam berat seperti nikel dan kadmium lebih banyak terakumulasi pada insang dibandingkan dengan daging. Insang sebagai sistem pernafasan merupakan jaringan penghubung langsung antara ikan dengan lingkungan akuatik, dimana permukaannya hanya terdiri dari selapis tipis sel epitelium yang menjadi terlihat jelas pada pembatas antara sistem sirkulasi darah ikan dengan air [11].

Akumulasi logam nikel dan kadmium pada insang ikan mengalami penurunan setelah hari ke-21. Hal ini dapat dikarenakan adanya pelepasan logam nikel dan kadmium pada insang. Insang akan terstimulasi untuk memproduksi sel-sel klorida yang akan mengeluarkan lendir (*mucus*) sebagai respon osmoregulasi yang juga akan mengeluarkan logam berat dari tubuh ikan [12]. Logam berat yang banyak menempel pada lendir

akan dengan sendirinya ikut terlepas bersamaan lepasnya lendir dari kulit maupun insang ikan, dikarenakan ikan akan terus memproduksi lendir selama kondisi lingkungan masih terpapar logam berat [10].

Hal ini menunjukkan bahwa insang ikan bukan merupakan target akhir dari suatu bioakumulasi dalam hal masuknya xenobiotika dalam tubuh ikan. Sedangkan pada daging, dilihat konsistensi kenaikan dan penurunan akumulasi masing-masing logam dapat dilihat dengan jelas.

Bila dibandingkan, logam kadmium pada daging ikan lebih bersifat akumulatif karena konsentrasinya meningkat hingga hari pengamatan ke-28 dibandingkan dengan akumulasi logam nikel pada daging yang cenderung menurun dari awal pengamatan di hari ke-7. Hal ini didukung oleh Flora [12] yang menyatakan bahwa, dibandingkan dengan jenis logam berat lainnya, kadmium merupakan salah jenis logam berat yang memiliki toksisitas yang tinggi, penyebaran yang luas serta memiliki waktu paruh (*biological life*) yang panjang dalam tubuh organisme hidup yaitu sekitar 10-30 tahun karena tidak dapat didegradasi. Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa logam kadmium bukan merupakan logam yang mudah diregulasi oleh organisme air, dimana kandungannya dalam jaringan akan naik terus dan hanya diekskresikan sedikit seperti Hg (Merkuri). Sedangkan logam nikel merupakan logam yang dapat mengalami regulasi, dimana logam tersebut pada konsentrasi tertentu tidak diakumulasi terus-menerus dan dapat dikeluarkan dari tubuh [13].

Logam kadmium dan nikel sangat reaktif terhadap ligan sulfur dan nitrogen, sehingga ikatan logam tersebut sangat penting bagi fungsi normal metaloenzim dan juga metabolisme terhadap sel. Bilamana metaloenzim disubsitusi oleh logam yang bukan semestinya, maka akan menyebabkan protein mengalami deformasi dan mengakibatkan menurunnya kemampuan katalitik enzim tersebut.

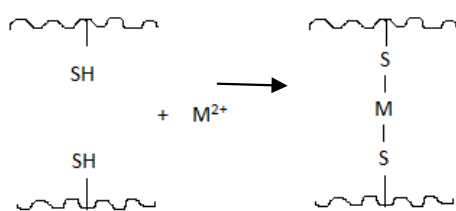
Struktur metaloenzim tersebut merupakan katalisis dari protein aktif yang ion logamnya terikat dalam protein dan sulit untuk dilepaskan. Reaksi katalitik dari enzim meliputi absorpsi logam tertentu yang diperlukan dan ekskresi logam lain yang tidak diperlukan, juga mengenai transportasi dan penyimpanannya. Kadmium merupakan logam yang terlibat dalam proses enzimatik. Reaksi kimiawi dari ion logam M ( $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Ni}^{2+}$ ) yang masuk kedalam biota



mengalami proses hidrolisis yang seimbang dengan reaksi, sbb:



Jenis protein yang diserap dalam hal ini adalah metalotionein. Protein tersebut adalah protein yang berat molekulnya rendah yang terdiri dari mata rantai polipeptida tunggal dari beberapa asam amino. Asam amino ini sepertiganya adalah sistein (-SH) yang terikat logam dan merupakan donor sulfur yang mampu menyediakan tempat untuk mengikat ion logam dan merupakan ikatan stabil dari sekitarnya terutama dari protein. Ion-ion logam kelas antara seperti nikel dan kadmium menurut Niebor dan Richardson merupakan logam yang paling toksik dan efektif untuk berikatan dengan kelompok SH (misalnya sistein) dan kelompok yang mengandung nitrogen (misalnya lisin dan histidin imidazol) pada enzim [14]. Adapun model ikatan logam dengan sistein ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Model interaksi logam dengan sistein [14]

## Simpulan

Kadar nikel dalam sedimen pada ekstrak pH 3, 5 dan 7 mencapai 2,550 - 27,940  $\mu\text{g/g}$  sedangkan untuk kadmium mencapai 4,310 - 4,680  $\mu\text{g/g}$ . Kadar kadmium di dalam sedimen di tiga wilayah Teluk Jakarta berdasarkan standar internasional baku mutu menurut *Dutch Quality Standards for Metals in Sediments* sudah memasuki kategori tercemar sedang (IADC/CEDA 1997). Sedangkan nikel di dalam sedimen, pada wilayah Muara Angke masih tergolong aman karena masih berada di bawah nilai level target sedangkan untuk wilayah Muara Pantai Indah Kapuk dan Muara Kamal sudah masuk kategori tercemar sedang [8]. Kadar masing-masing logam, nikel dan kadmium dari hasil ekstraksi dengan larutan pH 7 sudah melewati nilai NOAEC. Pada daging ikan, konsentrasi kadmium tertinggi yaitu sebesar 3,179  $\mu\text{g/g}$  sedangkan pada insang adalah 5,392  $\mu\text{g/g}$ .

Konsentrasi nikel tertinggi pada daging ikan adalah sebesar 4,557  $\mu\text{g/g}$  sedangkan untuk insang adalah sebesar 10,417  $\mu\text{g/g}$ .

## Pustaka

- [1] Budiawan., Takarina, Noverita Dian., Wardhana, Wisnu., (2007). Asosiasi Geokimiawi Logam Berat dan Pencemaran Lingkungan di Sedimen Perairan Teluk Jakarta. *DIKTI-Hibah Fundamental*.
- [2] Standar Nasional Indonesia. (2003). Sedimen–Bagian 6: Cara uji nikel (Ni) secara destruksi asam dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) ICS 13.080.99. Jakarta
- [3] Palar H. (2004). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta. 152.
- [4] Hutagalung HP. (1984). Logam Berat dalam Lingkungan Laut. *Pewarta Oceana*, IX(1): 45-59.
- [5] Kennish, Michael. J. (2000). *Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effect*. Florida: CRC Press.
- [6] Oecd Guidelines For Testing Of Chemicals. Proposal For Updating Guideline 305 - Bioconcentration: Flow-through Fish Test. *Adopted: 14.06.96*
- [7] Standar Nasional Indonesia. (2003). Sedimen–Bagian 4: Cara uji kadmium (Cd) secara destruksi asam dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) ICS 13.080.99. Jakarta
- [8] U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste and Emergency Response 1200. (March 2005). *Ecological Soil Screening Levels for Cadmium*. Pennsylvania Avenue, N.W. Washington, DC 20460
- [9] IADC/CEDA. (1997). Environmental aspects of dredging - conventions, codes and conditions: marine disposal. International Association of Dredging Companies (IADC), & Central Dredging Association (CEDA), Netherlands, 1-71
- [10] U.S. Environmental Protection Agency, (July 1992). *Toxicity Characteristic Leaching Procedure Method 1311*. Washington, DC
- [11] Hughes G.M., and Morgan, M. (1973). The structure of fish gills in relation to their respiratory function. *Biological reviews*, 48(3): 419 – 468.

- [12] Flora, S.J.S., Mittal, M., and Mehta, A. (2008). Heavy Metal Induced Oxidative Stres & its Possible Reversal by Chelation Therapy. *Indian J. Med.* 128, 501-523.
- [13] Darmono. (1995). *Logam dalam Sistem Mahluk Hidup*. Jakarta: Universitas Indonesia Press
- [14] Campbell, Petter. (2002). Predicting Metal Bioavability-Applicability of the Biotic Ligand Model. *INRS-Eau Journal of Metal and Radionuclides Bioaccumulation in Marine Organism-Ancona*. Sainte-Foy, Canada: Terre et Environment
- [15] U.S. Environmental Protection Agency. (1986). *Ambient water quality criteria for nickel-1986*. EPA-440/5-86-004. Office of Water Regulations and Standards. Washington, DC