

KANDUNGAN LOGAM TOTAL Fe DAN Cr AIR LAUT SERTA SPESIASI DAN BIOAVAILABILITASNYA PADA SEDIMEN DI KAWASAN PELABUHAN CELUKAN BAWANG

N. G. A. M. D. A. Suastuti *, I. G. A. K. S. P. Dewi dan R. M. Derisa

¹*Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Jimbaran, Bali, Indonesia*

*Email: dwiadhisuastuti@unud.ac.id

ABSTRAK

Pelabuhan Celukan Bawang merupakan salah satu pelabuhan yang terletak di Kabupaten Buleleng Bali dengan aktivitas transportasi kapal bongkar muat barang yang cukup padat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kandungan logam total Fe dan Cr pada air laut dan sedimen serta masing-masing fraksi logam Fe dan Cr sehingga dapat ditentukan bioavailabilitasnya. Spesiasi dan bioavailabilitas pada sedimen dilakukan dengan metode ekstraksi sekuensial kemudian dianalisis menggunakan alat Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Hasil penelitian dengan metode kurva kalibrasi menunjukkan bahwa kandungan logam total pada kelima lokasi dalam air laut untuk logam Fe dan Cr yaitu berkisar antara 0,3593 - 2,7026 mg/L dan 0,0294 - 0,1277 mg/L, sedangkan kandungan logam total pada sedimen untuk Fe dan Cr berkisar antara 20644,733 - 24434,875 mg/kg dan 12,2023 - 24,9072 mg/kg. Hasil spesiasi logam Fe didominasi oleh fraksi non-bioavailable yaitu 80,06 - 86,47 % sedangkan fraksi bioavailable yaitu fraksi EFLE 0,01 - 0,16 %, fraksi tereduksi asam 14,07 - 19,08 %, fraksi organik sulfida 0,67 % - 1,18 %. Logam Cr fraksi bioavailable yaitu fraksi EFLE 25,12 - 34,00 %, fraksi tereduksi asam 27,50 - 37,11 %, fraksi organik sulfida 19,54 - 28,83 % sedangkan fraksi non-bioavailable 8,70 - 26,44 %. Persentase bioavailabilitas logam Fe dan Cr masing-masing sebesar 13,53 - 19,94 % dan 73,56 - 91,30 %.

Kata kunci: spesiasi, bioavailabilitas, Fe, Cr, air laut, sedimen

ABSTRACT

Celukan Bawang Port is one of the ports located in the Buleleng Bali with the activity of the transport ship unloading fairly crowded. This research aimed to determine the total content of heavy metals iron and chromium in seawater and sediment, and metal fractions and bioavailability. Speciation and bioavailability of sediment were determined by sequential extraction method and then analyzed by Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The results of the research with the calibration curve method show that the total metal content at all five locations in seawater for metal Fe and Cr is ranging between 0.3593-2.7026 mg/L and 0.0294-0.1277 mg/L, while the total metal content on sediment for Fe and Cr ranges between 20644.733-24434.875 mg/kg and 12.2023-24.9072 mg/kg. The result of the speciation of Fe metal is dominated by a non-bioavailable fraction of 80.06-86.47% while the bioavailable fraction of the EFLE of 0.01-0.16%, acid reduced fraction 14.07-19.08%, sulfide organic fraction 0.67%-1.18%. Cr metal fraction bioavailable is EFLE fraction 25.12-34.00%, acid reduced fraction of 27.50-37.11%, sulfide organic fraction 19.54-28.83% while the non-bioavailable fraction is 8.70-26.44%. The percentage of metals bioavailability of Fe and Cr respectively amounted 13.53-19.94% and 73.56-91.30%.

Keywords: speciation, bioavailability, Fe, Cr, seawater, sediment

PENDAHULUAN

Pelabuhan Celukan Bawang merupakan salah satu pelabuhan di Bali yang terletak di Desa Pengulon, Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng, Bali Utara. Pada sektor pariwisata pelabuhan ini digunakan sebagai tempat bersandarnya kapal pesiar yang membawa wisatawan asing dari berbagai negara. Pelabuhan

Celukan Bawang juga dipadati oleh berbagai kegiatan seperti aktivitas rumah tangga, pabrik pembuatan semen, PLTU, nelayan, dan tempat bersandarnya kapal bongkar muat barang yang membawa pupuk, aspal curah dan semen. Aktivitas yang cukup padat di Pelabuhan Celukan Bawang sudah pasti mengakibatkan lokasi tersebut mengalami pencemaran. Bahan pencemar yang masuk ke perairan kemungkinan

berasal dari kegiatan bongkar muat barang yang tercecer di sekitar pelabuhan. Sampah yang dihasilkan dari aktivitas penduduk sekitar juga menambah keberadaan limbah di perairan Celukan Bawang.

Salah satu limbah yang menjadi bahan pencemar di perairan adalah logam berat. Logam berat yang masuk ke dalam perairan akan menurunkan kualitas perairan dan menimbulkan pencemaran. Logam berat bersifat *non degradable* oleh organisme hidup di lingkungan sehingga mengakibatkan logam berat akan terendapkan di dasar perairan bersama dengan sedimen (Agustina *et al.*, 2014). Sedimen yang terdapat di dasar perairan merupakan salah satu tempat perangkap bagi logam berat (Munandar *et al.*, 2016).

Siaka *et al.*, (2017) melaporkan kandungan logam total Pb dan Cu dalam sedimen laut di Pantai Celukan Bawang antara 17,2865 – 39,4533 mg/kg dan 12,9665 – 56,1346 mg/kg. Aktivitas kapal maupun industri di sekitar Pelabuhan Celukan Bawang yang terus meningkat memungkinkan adanya keberadaan logam berat lainnya yang berakibat buruk bagi organisme yang hidup di perairan kawasan Pelabuhan Celukan Bawang. Logam berat Fe dan Cr di perairan perlu diperhatikan secara khusus kapal laut serta tiang-tiang pancang pelabuhan. Logam kromium terkandung di dalam cat dan bahan pelapis logam pada kapal, serta dari limbah rumah tangga oleh aktivitas penduduk sekitar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sahara *et al.* (2015) mengenai fraksinasi dan bioavailabilitas logam berat Fe dan Mn pada sedimen di Pelabuhan Benoa diperoleh konsentrasi logam Fe total dalam sedimen sebesar 668,2948 mg/kg, sedangkan hasil fraksi bioavailabel dan fraksi resistan logam Fe dalam sedimen berturut-turut sebesar 76,43% dan 23,57%. Aktivitas Pelabuhan Celukan Bawang yang terus meningkat akan memicu keberadaan logam Fe dan Cr di perairan sehingga dapat mencapai jumlah yang melebihi ambang batas.

Tingkat pencemaran akibat keberadaan logam berat di perairan dapat diketahui melalui spesiasi dan bioavailabilitas. Spesiasi merupakan suatu proses pendekatan pada karakter dan perilaku suatu unsur yang meliputi fungsi, ketersediaan, toksisitas, dan mobilitas. Sedangkan bioavailabilitas menunjukkan ketersediaan jumlah logam total yang mampu terserap ke dalam biota dan dapat menimbulkan respon

fisiologis maupun sifat toksik (Agustina *et al.*, 2014). Berdasarkan penelitian terdahulu di Pantai Celukan Bawang dan masih kurangnya informasi mengenai logam Fe dan Cr di Kawasan Pelabuhan Celukan Bawang, maka dilakukan penelitian di kawasan Pelabuhan Celukan Bawang untuk penentuan konsentrasi logam total Fe dan Cr di air laut dan sedimen, serta spesiasi dan bioavailabilitas logam Fe dan Cr dalam sedimen.

MATERI DAN METODE

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air laut, sampel sedimen, bahan kimia proanalisis seperti HCl, HNO₃, K₂Cr₂O₇, FeCl₃, NH₂OH.HCl, CH₃COOH, CH₃COONH₄, H₂O₂, akuades.

Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya pipet tetes, pipet volume, labu ukur, gelas beker, gelas ukur, *ball filler*, *shaker*, neraca analitik, kertas saring, batang pengaduk, mortar, oven, *hot plate*, sentrifugasi ayakan 63 μm, *ultrasonicbath*, pH meter, sendok plastik, kantong plastik, salinometer, *coolbox*, dan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) merk Shimadzu AA-7000.

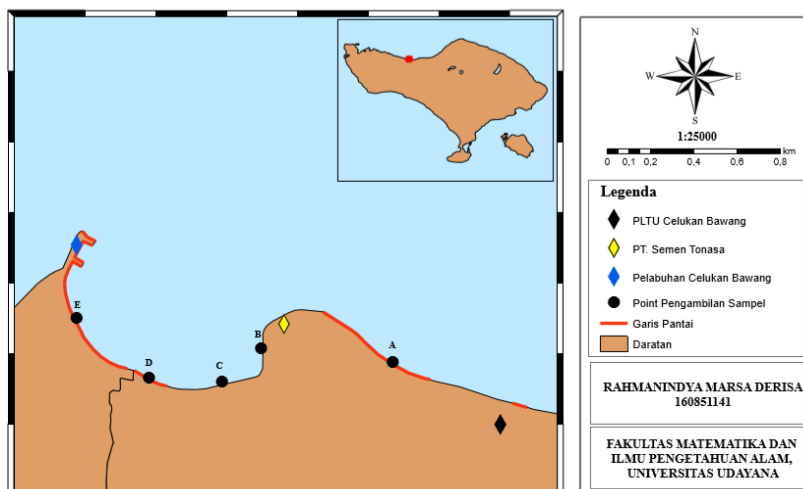
Cara Kerja

Pengambilan Sampel

Derajat keasaman (pH), salinitas dan suhu pada air laut diukur pada masing-masing titik lokasi terlebih dahulu, kemudian diambil 1 liter sampel air laut dan ditampung di botol polietilen yang sudah bebas dari kontaminan. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara, botol dimasukkan ke dalam air laut dengan kedalaman ±50 cm dari permukaan air laut, kemudian botol diangkat apabila sudah hampir terisi penuh, selanjutnya ditambahkan HNO₃ sampai pH 2 dan ditutup rapat.

Sampel sedimen sebanyak ±100 gram diambil dengan menggunakan sendok plastik di masing-masing titik lokasi pada kedalaman ±10 cm dari permukaan. Sampel sedimen yang diperoleh dimasukkan ke plastik polietilen kemudian disimpan dalam *cool box* untuk segera dibawa ke laboratorium dan dilakukan analisis lebih lanjut.

PETA LOKASI PELABUHAN CELUKAN BAWANG, BULELENG, BALI



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Preparasi Sampel Sedimen

Sampel sedimen basah dikeringkan menggunakan oven dengan suhu tidak lebih dari 60°C sampai beratnya konstan (Siaka *et al.*, 2006), selanjutnya digerus dan diayak menggunakan ayakan 63 μm . Sedimen yang sudah diayak dimasukkan ke dalam botol polietilen dan disimpan untuk dilakukan analisis lebih lanjut.

Penentuan Konsentrasi Total Fe dan Cr pada Sampel Air dan Sedimen

Sampel Air Laut sebanyak 100 mL yang sudah ditambahkan HNO_3 pekat hingga pH 2. Selanjutnya disaring dan filtrat diukur dengan AAS pada panjang gelombang 248,3 nm (Fe) dan 357,9 nm (Cr). Pada sampel sedimen kering ditimbang dengan teliti sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam gelas beker, kemudian ditambahkan 10 mL larutan *reserve aquaregia* (campuran HNO_3 dan HCl pekat (3:1)) lalu didigesti dalam *ultrasonic bath* pada suhu 60°C selama 45 menit. Selanjutnya dilakukan pemanasan menggunakan *hot plate* pada suhu 140°C selama 45 menit. Hasil digesti kemudian didinginkan dan disentrifugasi. Sentifugat yang diperoleh dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL lalu diencerkan sampai tanda batas. Larutan ini selanjutnya disaring dan diukur dengan AAS pada panjang gelombang 248,3 nm (Fe) dan 357,9 nm (Cr). (Siaka *et al.*, 2006).

Spesiasi Logam Fe dan Cr pada Sampel Sedimen

Pada penentuan fraksi EFLE ditimbang dengan teliti 1 gram sampel serbuk sedimen,

selanjutnya ditambahkan CH_3COOH 0,1 M sebanyak 40 mL, digojog menggunakan *shaker* selama 2 jam lalu disentrifugasi. Supernatan didekantasi dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Pada tahap ini diperoleh fraksi EFLE (*easily, freely, leachable dan exchangeable*). Residu yang diperoleh kemudian ditambah $\text{NH}_2\text{OH.HCl}$ 0,1 M sebanyak 40 mL, HNO_3 sampai pH 2 dan digojog dengan *shaker* selama 2 jam kemudian disentrifugasi. Supernatan yang diperoleh dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. pada tahap ini diperoleh fraksi *acid reducible* (tereduksi asam).

Hasil residu ditambah 10 mL larutan H_2O_2 8,8 mol/L lalu didiamkan pada suhu ruang selama 1 jam kemudian dipanaskan dalam *waterbath* dengan suhu 85°C selama 1 jam. Selanjutnya campuran tersebut didinginkan dan ditambah 20 mL larutan $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1 M, HNO_3 sampai pH 2 dan digojog menggunakan *shaker* selama 2 jam dan disentrifugasi. Supernatan yang diperoleh didekantasi dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL kemudian diencerkan sampai tanda batas. Residu yang diperoleh ditambah 10 mL larutan *reserve aquaregia*. Campuran tersebut didigesti dalam *ultrasonic bath* selama 45 menit dengan suhu 60°C. Setelah itu dilakukan pemanasan selama 45 menit diatas *hotplate* dengan suhu 140°C. Kemudian larutan hasil digesti disentrifugasi, filtrat yang diperoleh ditampung dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Larutan yang diperoleh dari masing-masing fraksi dalam labu

ukur 50 mL disaring dan diukur menggunakan AAS dengan panjang gelombang 248,3 nm (Fe) dan 357,9 nm (Cr) (Siaka *et al.*, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran pH, Suhu, dan Salinitas Sampel Air Laut

Pengukuran pH, suhu, dan salinitas pada air laut dilakukan secara insitu pada 5 titik lokasi pengambilan sampel air laut dan sedimen. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 nilai baku mutu pH air laut pada kawasan pelabuhan adalah 6,5-8,5. Hasil pengukuran air laut dengan pH meter pada Kawasan Pelabuhan Celukan Bawang masih berada dalam ambang batas yaitu antara 7,5-7,9. Kenaikan nilai pH pada air laut akan menurunkan kelarutan logam dalam air, karena mengubah

kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang dapat membentuk ikatan dengan partikel pada badan air sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Shindu, 2005).

Suhu air laut di Kawasan Pelabuhan Celukan Bawang relatif sama yakni berada pada kisaran 28-30°C. Suhu berpengaruh besar terhadap kelarutan logam di perairan. Menurut (Jupriyati *et al.*, 2013) Suhu yang tinggi dapat meningkatkan kelarutan logam berat dalam suatu perairan. Salinitas air laut di Kawasan Pelabuhan Celukan Bawang berkisar antara 32-34 ‰. Salinitas berperan penting pada keberadaan logam berat dalam perairan yakni semakin rendah nilai salinitas pada suatu perairan maka toksisitas logam berat akan semakin meningkat (Yudiati *et al.*, 2009). Hasil pengukuran pH, suhu dan salinitas disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran pH, Suhu, dan Salinitas Air Laut di Kawasan Pelabuhan Celukan Bawang

Parameter	A	B	C	D	E
pH	7,5	7,9	7,8	7,6	7,9
Suhu (°C)	30	29	28	29	29
Salinitas (‰)	32	34	33	34	34

Kandungan Logam Fe dan Cr dalam Air Laut dan Sedimen

Kandungan logam total dalam air laut dan sedimen diperoleh untuk logam Fe berkisar antara 0,3593 - 2,7026 mg/L dan 20644,733 - 24434,875 mg/kg. Pada logam Cr untuk air laut dan sedimen antara 0,0294 - 0,1277 mg/L dan 12,2023 -

24,9072 mg/kg. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang pengelolaan kualitas pengendalian dan pencemaran air, ambang batas kadar logam Fe dalam perairan adalah 0,3 mg/L dan logam Cr adalah 0,05 mg/L. Kandungan logam Fe dan Cr total dalam air laut dan sedimen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Logam Fe dan Cr Total dalam Air Laut dan Sedimen

Lokasi	Fe		Cr	
	Air Laut (mg/L)	Sedimen (mg/kg)	Air Laut (mg/L)	Sedimen (mg/kg)
A	2,7026 ± 0,0651	23696,6539 ± 3129,0078	0,0294 ± 0,0141	12,2023 ± 1,3081
B	0,4611 ± 0,0404	24345,7737 ± 4787,9810	0,0705 ± 0,0156	13,3884 ± 1,3204
C	1,4132 ± 0,0627	22940,0479 ± 4704,5380	0,0866 ± 0,0147	17,1954 ± 1,5629
D	0,9361 ± 0,0685	24434,8750 ± 3575,4311	0,1042 ± 0,0048	17,8018 ± 1,4750
E	0,3593 ± 0,0376	20644,7332 ± 2610,8887	0,1277 ± 0,0136	24,9072 ± 0,6378

Tingginya kandungan Fe pada lokasi A diduga disebabkan oleh air limbah hasil pencucian peralatan industri yang mengandung besi yang masuk ke dalam air laut, serta aktivitas rumah tangga di sekitar perairan yang menghasilkan buangan limbah. Logam Fe merupakan logam esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup,

tetapi dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan efek racun (Supriyantini dan Endrawati, 2015).

Keberadaan logam Fe secara keseluruhan pada lokasi A sampai E menunjukkan bahwa air laut tersebut telah tercemar oleh logam besi. Kondisi kapal bongkar muat barang serta tiang-tiang besi yang sudah mengalami pengkaratan diduga ikut memicu keberadaan logam besi dalam

perairan Pelabuhan Celukan Bawang. Kandungan logam Cr dari lokasi A sampai E terus meningkat, hal ini berkaitan dengan titik lokasi yang semakin mengarah ke pusat dermaga pelabuhan. Lokasi B sampai E merupakan lokasi yang dilewati oleh kapal-kapal bongkar muat barang, sehingga keberadaan logam Cr diduga berasal dari cat kapal dan mesin-mesin kapal yang dilapisi oleh logam Cr. Logam Cr pada umumnya digunakan sebagai bahan pewarna pada cat dan bahan pelapis.

Amin *et al.*, (2009) menyatakan bahwa 90% logam berat yang mengkontaminasi perairan akan mengendap di dalam sedimen. Hal ini karena adanya logam berat yang memiliki sifat mudah mengikat bahan organik dan mengendap ke dasar perairan dan menyatu dengan sedimen. Kandungan Cr yang diperoleh juga berkaitan dengan nilai pH yang diukur ketika pengambilan sampel yaitu antara 7,5-7,9. Rochyatun *et al.*, (2006) melaporkan bahwa nilai pH yang bersifat basa pada perairan menyebabkan logam berat menjadi sukar larut sehingga mengendap ke dasar perairan.

Kegiatan yang cukup padat di Pelabuhan oleh kapal bongkar muat barang diduga memperkuat keberadaan logam Fe. Hasil yang diperoleh dari kadar air laut dengan sedimen memiliki pola yang tidak sama yakni pada lokasi B dan D cenderung memiliki kandungan Fe yang tinggi. Pada pola grafik dalam air laut lokasi A dan C cenderung memiliki kandungan yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa logam berat Fe pada lokasi B dan D lebih banyak terakumulasi pada sedimen sehingga kadar logam pada air lebih kecil. Bryan (1976) dalam Supriyanti dan Endrawati (2015) melaporkan bahwa rendahnya kadar logam total pada air laut disebabkan oleh pengaruh dari pasang surut air laut, adsorpsi, dan diabsorpsi oleh organisme perairan, sehingga

logam berat yang masuk ke perairan lebih banyak terendapkan dalam sedimen. Pada logam Cr terjadi peningkatan dari lokasi A hingga lokasi E. Hal tersebut mengindikasikan bahwa semakin dekat lokasi dengan dermaga utama, maka semakin tinggi kandungan logam Cr dalam sedimen.

Spesiasi Bioavailabilitas Logam Fe dan Cr dalam Sedimen

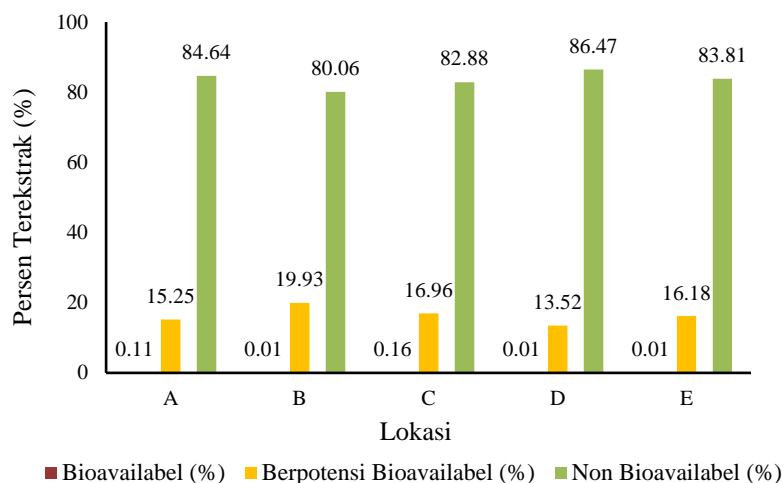
Fraksi EFLE (*easily, freely, leachable* dan *exchangeable*) untuk logam Fe dan Cr berada pada kisaran 1,3820 – 37,8510 mg/kg dan 3,0655 – 7,9398 mg/kg. Pada Fraksi EFLE logam-logam yang terkekstraksi bersifat *bioavailable*. Fraksi EFLE merupakan fraksi yang memiliki kekuatan ikatan yang mudah lepas ke perairan dalam bentuk ionnya (Okoro *et al.*, 2012). Fraksi Fe/Mn Oksida pada logam Fe dan Cr untuk lokasi A sampai E berada pada kisaran 3134,527 – 4644,983 mg/kg dan 3,3559 – 7,1517 mg/kg. Pada fraksi ini menunjukkan bahwa logam Fe dan Cr lebih mudah berasosiasi dengan Fe/Mn.

Fraksi Organik Sulfida merupakan fraksi yang menunjukkan jumlah logam yang berikatan dengan bahan organik dan sulfida, dimana logam ini akan mudah lepas pada kondisi oksidasi. Fraksi ketiga untuk logam Fe berada pada kisaran 163,3460 - 280,6826 mg/kg, sedangkan pada logam Cr antara 2,5551 – 6,1414 mg/kg. Pereaksi yang digunakan adalah hidrogen peroksida (H₂O₂) yang berperan sebagai oksidator kuat yang mampu melarutkan sulfida (Okoro, *et al.*, 2012). Logam berat dalam perairan pada fraksi Fe/Mn oksida dan organik sulfida bersifat berpotensi *bioavailable*. Spesiasi logam Fe dan Cr dalam sedimen di Kawasan Pelabuhan Celukan Bawang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesiasi logam Fe dan Cr dalam sedimen di Kawasan Pelabuhan Celukan Bawang

Lokasi	Logam	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)
A	Fe	26,8900 ± 2,8469	3333,43 ± 136,454	280,6826 ± 32,5804	20055,67 ± 968,470
	Cr	3,0655 ± 0,5584	3,3559 ± 0,4914	2,5551 ± 0,1879	3,2258 ± 0,3800
B	Fe	2,3510 ± 0,8844	4644,98 ± 711,1641	206,8321 ± 29,3060	19491,96 ± 765,113
	Cr	4,1468 ± 0,6897	4,9681 ± 0,4372	2,6156 ± 0,2643	1,6579 ± 0,4690
C	Fe	37,8510 ± 4,7272	3706,54 ± 229,0833	183,1325 ± 2,2577	19012,53 ± 2410,929
	Cr	4,7175 ± 0,9987	5,4218 ± 0,4252	4,7898 ± 0,8610	2,2663 ± 0,9707
D	Fe	2,4230 ± 1,2544	3140,81 ± 545,157	163,3460 ± 13,9500	24434,88 ± 1852,427
	Cr	6,0528 ± 0,1299	5,0681 ± 1,3224	5,1320 ± 0,6948	1,5489 ± 0,6848

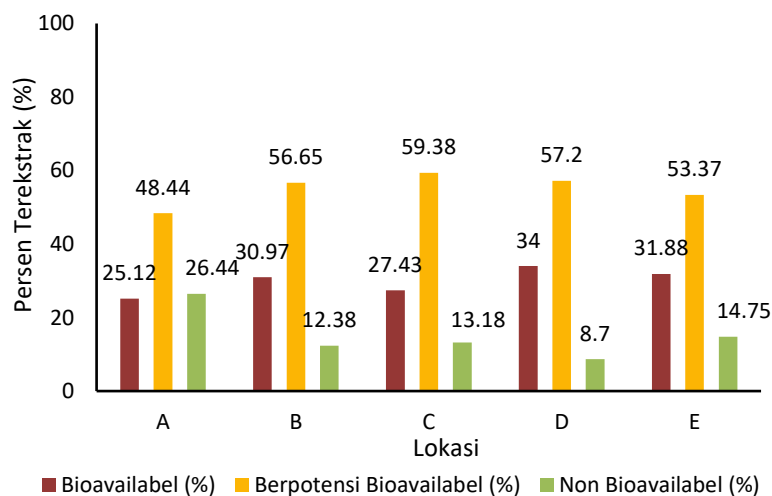
Keterangan: F1: EFLE, F2: Fe/Mn Oksida, F3: Organik Sulfida, F4: Resistan



Gambar 2. Persentase Bioavailabilitas Logam Fe dalam Sedimen

Fraksi *bioavailable* yang tinggi menunjukkan bahwa pada lokasi tersebut berkaitan dengan mobilitas logam untuk mengkontaminasi juga lebih tinggi (Usero *et al.*, 1998). Fraksi EFLE merupakan fraksi yang bersifat bioavailabel, sedangkan jumlah dari fraksi Fe/Mn oksida dan

fraksi organik sulfida menjadi berpotensi bioavailabel apabila ada perubahan kondisi lingkungan diperairan seperti keadaan anoksik maupun keadaan oksik. Fraksi resistan menunjukkan logam yang kurang tersedia secara biologis atau tidak berpotensi bioavailabel.



Gambar 3. Persentase Bioavailabilitas Logam Cr dalam Sedimen

SIMPULAN

Konsentrasi logam Fe dalam sampel air laut dan sedimen pada kelima lokasi antara 0,3593 - 2,7026 mg/L dan 20644,7332 - 24434,8750 mg/kg. Sedangkan konsentrasi logam Cr dalam sampel air laut dan sedimen pada kelima lokasi antara 0,0294 - 0,1277 mg/L dan 12,2023 - 24,9072 mg/kg. Spesiasi dalam sedimen Kawasan Pelabuhan Celukan Bawang pada logam Fe didominasi oleh fraksi resistan (17302,63 -

24434,88 mg/kg) > fraksi tereduksi asam (3134,527 - 4644,983 mg/kg) > fraksi organik sulfida (163,3460 - 280,6826 mg/kg) > fraksi EFLE (1,3820 - 37,8510 mg/kg). Logam Cr didominasi oleh fraksi tereduksi asam (3,3559 - 7,1517 mg/kg) > fraksi EFLE (3,0655 - 7,9398 mg/kg) > fraksi organik sulfida (2,5551 - 6,1414 mg/kg) > fraksi resistant (1,5489 - 3,6743 mg/kg). Persen logam Fe terekstrak dalam sedimen pada lokasi A-E di Kawasan Pelabuhan Celukan Bawang cenderung bersifat *non*

bioavailable (80,06% - 86,47%) > berpotensi *bioavailable* (13,52% - 19,93%) > *bioavailable* (0,01% - 0,16%). Pada logam Cr cenderung berpotensi *bioavailable* (48,44% - 59,38%) > *bioavailable* (25,12% - 34,00%) > *non bioavailable* (8,70 % - 26,44 %).

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, A., Sahara, E., and Dewi, I.G.A.K.S.P. 2014. Spesiasi dan bioavailabilitas logam Cu dan Zn dalam sedimen dipelabuhan benoa yang diayak basah dan kering. *Jurnal Kimia*. 8 (1): 9-16
- Amin B, Ismail A, Arshad A, Yap CK, Kamarudin MS. 2009. *Anthropogenic Impacts on Heavy Metal Concentrations in The Coastal Sediments of Dumai, Indonesia*. *Environ Monit Assess*. 148: 291-305
- Bryan, G.W. 1976. *Heavy Metal Contamination in The Sea*. In: Johnson R (ed). *Marine Pollution*. Academic Press. London
- Dewi, N.L.E.L., Sahara, E. dan Laksmiwati, A.A.I.A.M., 2014, Fraksinasi dan Bioavailabilitas Logam Pb dan Cr dalam Sedimen di Pelabuhan Benoa. *Jurnal Kimia*. 8(1): 63-69
- Hutagalung, H.P. 1991. Pencemaran Laut oleh Logam Berat. Puslitbang Oseanologi. Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. LIPI. Jakarta
- Jupriyati, R., Soenardjo, N., dan Suryono, C.A. 2013. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya Terhadap Histologi Akar Mangrove *Avicennia marina* (Forssk). Vierh. Di perairan Mangunharjo Semarang. *Journal of Marine Research*. 3(1): 61-68
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia (KLH). 2004. Baku mutu air laut untuk perairan pelabuhan. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut. KLH. Jakarta
- Munandar, A., Ali, A. A., Karina, S. 2016. Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Estuari Kuala Rigaih Kecamatan Setia Bakti Kabupaten Aceh Jaya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah* 1(3): 331-336
- Okoro, H.K., Fatoki, O.S., Adeloka, F.A., Ximba, B.J., and Snyman, R.G. 2012. *A Review of Sequential Extraction Procedures for Heavy Metals Speciation in Soil and Sediments*. *Scientific Reports*. 181
- Presiden Republik Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Jakarta
- Rochyatun, E., Kaisupy, T.M., dan Rozak, A. 2006. Dostribusi Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Makara. Sains*. 10(1): 35-40
- Sahara, E., Widihati, I. A. G., dan Putra, I. G. D. 2015. Fraksinasi dan Bioavailabilitas Logam Berat Fe dan Mn Pada Sedimen di Pelabuhan Benoa. *Jurnal Kimia*. 9(1): 124-131
- Shindu, S.F. 2005. Kandungan Logam Berat Cu, Zn, dan Pb dalam Air, Ikan Nila, (*Oreochromis niloticus*) dan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) dalam Keramba Jaring Apung, Waduk Saguling. Skripsi diterbitkan. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan FIKP IPB. Bogor
- Siaka, M., Owens, C.M., and Birch, G.F. 2006. *Evaluation of Some Digestion Methods for the Determination of Heavy Metals in Sediment Sample by Flame-AAS*. *Analytical Letters*. 31(4): 703-718
- Siaka, I.M., Safitri, D., dan Ratnayani, O. 2017. Spesiasi dan Bioavailabilitas Logam Berat Pb dan Cu pada Sedimen Laut di Kawasan Pantai Celukan Bawang Kabupaten Buleleng Bali. *Cakra Kimia*. 5(2): 86-93
- Supriyantini, E., dan Endrawati, H. 2015. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan*. 18(1): 38-45
- Yudiati, E., Sedjati, S., Enggar, I. dan Hasibuan, I. 2009. Dampak Pemaparan Logam Berat Kadmium Pada Salinitas yang Berbeda Terhadap Mortalitas dan Kerusakan Jaringan Insang Juvenile Udang Vaname (*Litopeneus vannamei*). *Jurnal Ilmu Kelautan*. 14(4):29-35.