

PARTISI KIMIAWI Cu DAN Fe PADA SEDIMEN PERMUKAAN DI PESISIR TIMUR DAN BARAT SUMATRA UTARA

CHEMICAL PARTIONING OF Cu AND Fe IN SURFACE SEDIMENTS ON THE EAST AND WEST COASTS OF NORTH SUMATRA

**Dewy Septiyanti Yolanda^{1*}, Tri Prartono², Alan Frendy Koropitan², Mohammad Tri Hartanto²,
Lestari³, dan Muhamad Riza Kurnia Lubis⁴**

¹Program Studi Teknologi Kelautan, Sekolah Pascasarjana-IPB, Bogor

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB, Bogor

³Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta

⁴Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sumatera Utara

*E-mail: yolanda_itu_dewy@yahoo.co.id

ABSTRACT

Mobility (including desorption-absorption) of heavy metals in sediments varies depending on the chemical properties of sedimentary minerals in which the metals are associated and hence possibly differentiate their origin (natural and anthropogenic). This study aims to reveal on Cu and Fe of origin based on their chemical fractionation and total concentration. The study location consisted of 11 points clustered into three parts i.e the east coast, west coast, and Nias Island of North Sumatra. The geochemical fraction was obtained based on the SEP BCR (Sequential Extraction Process Bureau Reference of the European Commission) multilevel procedure in four phases: acid dissolved fraction, reduced fraction, oxidation fraction, and residual fraction. The total metal determination was based on the USEPA 3050B method. Metal concentration determination were carried out using atomic absorption spectrophotometry (AAS). The results showed that anthropogenic activities suspected of contributing Fe metal to sediment were higher indicated by non-residual concentrations (5.55-203.15 mg/kg) than the residual fraction (4.89-21.47 mg/kg). In contrast to Cu, the highest association in the sediment is the residual fraction (2.24-8.85 mg/kg). These metal apparently were derived from both natural and anthropogenic sources. Heavy metals in sediments have contributed from natural and anthropogenic sources, Cu is thought to have more natural sources and Fe is thought to originate predominantly from human activities both around the coast and possibly from the land.

Keywords: copper, iron, fractionation, east and west coast of North Sumatera

ABSTRAK

Mobilitas (termasuk proses desorpsi-absorpsi) logam berat dalam sedimen bervariasi yang bergantung pada asosiasinya pada komponen mineral dan non-mineral sedimen yang dapat juga mengindikasikan pada sumber alami dan non-alami. Penelitian ini bertujuan mengungkap kemungkinan sumber logam berat Cu dan Fe berdasarkan fraksinasi dan total logam. Lokasi penelitian terdiri dari 11 titik yang terbagi menjadi tiga bagian pesisir timur, pesisir barat, dan Pulau Nias, Sumatera Utara. Fraksi geokimia diperoleh berdasarkan prosedur ekstraksi bertingkat SEP BCR (Sequential Extraction Process Bureau Commune de Reference of the European Commission) dalam empat fase yaitu: Fraksi terlarutkan asam, fraksi tereduksi, fraksi oksidasi, dan fraksi residual. Total logam diperoleh berdasarkan metode USEPA 3050B. Pengukuran logam dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kegiatan antropogenik diduga menyumbang logam Fe dalam sedimen yang ditunjukkan oleh konsentrasi non residu (5,55-203,15 mg/kg) yang lebih tinggi dibandingkan fraksi residu (4,89-21,47 mg/kg). Berbanding terbalik dengan logam Cu yang asosiasi tertinggi adalah fraksi residu (2,24-8,85 mg/kg). Logam berat dalam sedimen mendapat kontribusi dari sumber alami dan antropogenik, logam Cu diduga bersumber lebih banyak secara alami dan logam Fe diduga bersumber lebih dominan dari aktifitas manusia (antropogenik) baik sekitar wilayah pesisir maupun kemungkinan berasal dari daratan.

Kata kunci : Cu, Fe, fraksinasi, pesisir timur dan barat Sumatera Utara

I. PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat merupakan masalah lingkungan yang sangat serius karena memiliki sifat persisten (Kazi *et al.*, 2009; Gupta *et al.*, 2007) terakumulasi dalam organisme dan mengendap di dasar perairan (Rochyatun dan Rozak, 2007). Sumber logam berat dalam sedimen berasal dari sumber alam, termasuk yang berasal dari geologi kompleks, asal biogenik, dan antropogenik (Adriano, 2001; Sun *et al.*, 2016). Wang *et al.* (2013) mengatakan sumber antropogenik, seperti kegiatan pertambangan batubara dan operasional industri adalah sumber penting kontaminasi logam berat dalam sedimen. Logam berat yang sering ditemukan di perairan di antaranya adalah Cu dan Fe. Keberadaan logam Cu di perairan berkonsentrasi tinggi dapat disebabkan oleh pemakaian pewarna cat yang digunakan nelayan untuk melapisi perahu agar tidak mudah berkarat (Rompas, 2010). Logam Cu di perairan paling banyak berasal dari kegiatan industri, rumah tangga, pertanian, pembakaran dan penggunaan bahan-bahan bakar fosil (Aloupi dan Angelidis, 2000). Logam Fe merupakan logam esensial secara alami yang memiliki pola dan konsentrasi hampir identik dengan logam Mn, dalam konsentrasi tertentu dapat mencapai maksimum sekitar 35 ppm. Konsentrasi yang tinggi dapat menimbulkan efek toksik (Dickson, 1975).

Penelitian mengenai total logam berat didalam sedimen laut telah banyak dipelajari, beberapa hasil penelitian telah dilaporkan (Bai *et al.*, 2011; Rosita dan Lestari, 2013; Ahmad, 2013; Prabawa *et al.*, 2014; Fu *et al.*, 2014; Kusuma *et al.*, 2015; Najamuddin *et al.*, 2016; Wijayanti, 2017; Komarawidjaja *et al.*, 2017; Kolibongso *et al.*, 2017; Pugung *et al.*, 2018). Umumnya konsentrasi logam berat dalam sedimen digunakan dalam penentuan tingkat pencemaran dan menggambarkan informasi dasar penentu resiko kesehatan lingkungan (Hou *et al.*, 2013). Dalam sedimen, logam berat

mengalami interaksi secara kimia yang berhubungan dengan perilaku fisik dan kimia. Interaksi ini terjadi pada beberapa mekanisme asosiasi dengan karbonat, Fe-Mn oksida, bahan organik dan silikat (Gao dan Li, 2012). Penentuan partisi geokimia penting untuk berbagai kajian diantaranya menentukan potensi toksisitas, ancaman terhadap lingkungan dan sumber (antropogenik atau alami). Beberapa penelitian mengenai partisi geokimia telah dilaporkan (Li *et al.*, 2000; Yuan *et al.*, 2004; Rivaro *et al.*, 2007; Alomary dan Belhad, 2007; Arifin dan Fadhilina, 2009; Ianni *et al.*, 2010; Nemati *et al.*, 2011; Ashraf *et al.*, 2012; Arenas-Largo *et al.*, 2014; Najamuddin *et al.*, 2016; Ongeru *et al.*, 2015; Aryawan *et al.*, 2017; Lanlan Lu *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2017).

Perairan Sumatera Utara merupakan perairan yang aktif dengan kegiatan antropogenik. Logam berat yang terakumulasi dalam sedimen dapat berasal dari sumber alami maupun antropogenik. Proses akumulasi sumber antropogenik dan alami ini terjadi dengan prinsip yang sama yaitu melalui pelapukan batuan, erosi tanah, pelarutan garam sehingga sulit untuk diidentifikasi dalam penentuan sumber asal usul logam (Idris *et al.*, 2007). Salah satu metode yang telah dilakukan adalah *Sequencing Extraction Process* (SEP) *Bureau of Commune de Reference of the European Commision* (BCR) (Svete *et al.*, 2001; Riba *et al.*, 2003; Luoma dan Rainbow, 2008). Metode ini menggunakan empat ekstraksi bertahap yang telah dilaporkan (Yuan *et al.*, 2004; Coung dan Obbard, 2006; Sarkar *et al.*, 2014; Lestari, 2017). Kajian ini memanfaatkan protokol BCR dalam penyelarasan skema ekstraksi untuk analisis sedimen (Ure *et al.*, 1993). Metode ini juga telah di validasi dengan menggunakan bahan referensi bersertifikasi dengan BCR-701 (Lestari, 2017). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengkaji partisi geokimiawi logam di perairan Pesisir Sumatera Utara bagian Barat dan Timur

menggunakan metode ekstraksi bertahap (SEP BCR). Penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai informasi awal dalam menganalisis tingkat pencemaran.

II. METODE PENELITIAN

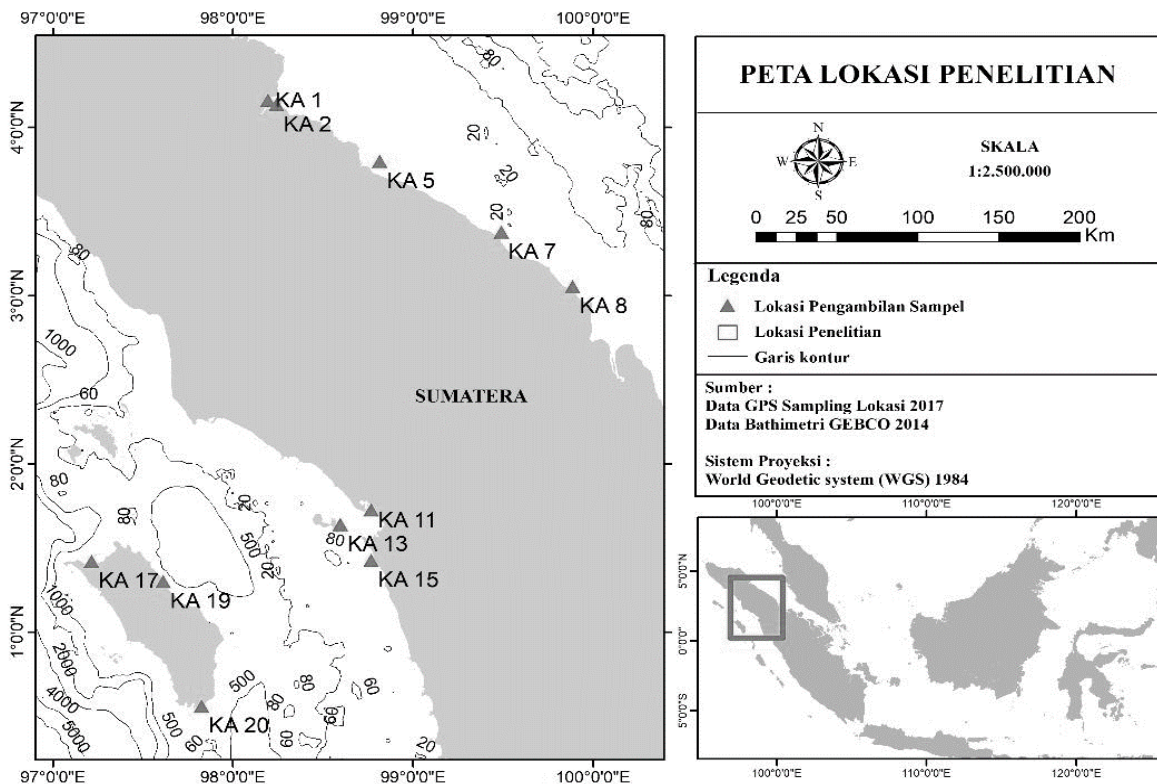
2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada April hingga Mei 2017. Lokasi pengambilan sampel di perairan Sumatera Utara. Pengambilan sampel dibagi menjadi 3 zona yaitu pesisir Sumatera Utara bagian timur, barat dan Pulau Nias yang terletak pada posisi geografis antara 98° 11' 32.2" sampai 4° 09' 47.1" dan 97° 49' 23.9" sampai 0° 33' 42". Pembagian zona yang terdiri dari bagian timur pesisir (stasiun pengamatan KA1, KA2, KA5, KA7, KA8), bagian barat pesisir (stasiun pengamatan KA11, KA13, KA15), dan Pulau Nias (stasiun pengamatan KA 17, KA 19, KA20). Pengujian Sampel sedimen di Laboratorium Logam Berat Pusat Penelitian

Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.

2.2 Proses Ekstraksi Bertahap

Sampel sedimen di analisis secara berurutan sesuai proses ekstraksi yang sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti (Counq and Obbard, 2006; Lestari, 2017). Sampel sedimen dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu 105 °C selama 24 jam. Setelah kering sampel dihaluskan menggunakan mortar. Fraksi terlarutkan asam diawali dengan 1 g sampel sedimen kering dimasukkan ke dalam *tube sentrifuge* polietilen, dan ditambahkan 40 mL Asam asetat. Sampel dihomogenisasi pada kecepatan 30±10 rpm selama 16 jam dengan suhu ruang 22±5 °C, dan selanjutnya disentrifuge pada kecepatan 3000 rpm selama 20 menit. Bagian supernatan yang dihasilkan disimpan pada *tube* polietilen, setelah itu dilakukan pengujian sampel dengan menggunakan *flame AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer)*.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel.

Fraksi tereduksikan merupakan fraksi yang dianalisis menggunakan residu yang berasal dari fraksi terlarutkan asam dengan menambahkan 40 mL Hydroxylamine hydrochloride 0,1 mol. Sampel sedimen dihomogenisasi pada kecepatan 30 ± 10 rpm selama 16 jam dengan suhu ruang 22 ± 5 °C. Sampel kemudian disentrifuge pada kecepatan 3000 rpm selama 20 menit dan di dekantasi. Bagian supernatan yang dihasilkan disimpan pada *tube* polietilen, dan dilakukan pengujian sampel dengan menggunakan *flame AAS*.

Residu dari fraksi teroksidasi ditambahkan dengan 10 mL Hydrogen peroxide 8,8 mol. Selama 1 jam, sampel dipanaskan dengan suhu 85 ± 2 °C pada *water bath* hingga volume larutan berkurang sekitar 1-2 mL dengan lebih lanjut dipanaskan tanpa kondisi *tube* tertutup. Larutan Hydrogen peroxide 8,8 mol ditambahkan sebanyak 10 ml selanjutnya dan campuran dipanaskan selama 1 jam dengan suhu 85 ± 2 °C pada *water bath*, lalu dinginkan. Larutan Ammonium acetat 1,0 mol/L ditambahkan sebanyak 50 mL dan dihomogenisasi dengan kecepatan 30 ± 10 rpm selama 16 jam dengan suhu ruang 22 ± 2 °C. Sampel sedimen disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 20 menit. Sampel di dekantasi, bagian supernatan yang dihasilkan disimpan pada *tube* kemudian dilakukan pengujian sampel dengan menggunakan *flame AAS*.

Fraksi Residual merupakan fraksi yang dianalisis dengan menggunakan residu yang berasal dari fraksi Oxidizable. Residu ditambahkan Asam nitrat (1:1) 10 mL diaduk-aduk dengan perlahan selanjutnya dipanaskan pada suhu 95 ± 5 °C pada *reflux* selama 10-15 menit, lalu dinginkan. Larutan Asam nitrat pekat ditambahkan sebanyak 5 mL ke dalam sampel dan dipanaskan pada suhu 95 ± 5 °C selama 30 menit. Larutan Asam nitrat pekat ditambahkan sebanyak 5 mL ke dalam sampel dan dipanaskan kembali pada suhu 95 ± 5 °C selama 2 jam, lalu dinginkan. Aquabides ditambahkan sebanyak 2 mL dan 9 mL Hidrogen peroksida,

kemudian dipanaskan pada suhu 95 ± 5 °C selama 2 jam. Larutan HCL ditambahkan 10 mL panaskan selama 15 menit dan diamkan. Sampel dianalisis dengan *flame AAS*.

2.2. Analisa Total Logam Berat

Analisis total logam yang digunakan mengacu pada metode USEPA 3050B (USEPA 1986; Burton *et al.*, 2004). Sampel sedimen yang telah dikeringkan dan ditimbang sebanyak 1 g pada erlemeyer 250 mL. Larutan HNO₃ ditambahkan dengan perbandingan (1:1) sebanyak 10 mL ke dalam sampel yang kemudian dipanaskan dengan menggunakan *reflux* pada suhu 95 ± 5 °C selama 10-15 menit, lalu didinginkan. Larutan HNO₃ pekat ditambahkan 5 mL dan dipanaskan dengan suhu 95 ± 5 °C selama 30 menit. Sampel ditambahkan kembali 5 mL HNO₃ pekat dan dipanaskan dengan suhu 95 ± 5 °C selama 2 jam, lalu didinginkan. Sampel kemudian ditambahkan 2 mL air suling dan <10 mL H₂O₂ sedikit demi sedikit dan dipanaskan kembali dengan 5 suhu 95 ± 5 °C selama 2 jam. Larutan HCL ditambahkan kembali sebanyak 10 mL dan sampel dipanaskan selama 10 menit, lalu didiamkan hingga dingin dan saring dengan kertas saring Whatman 0,45 µm. Pengenceran dilakukan dengan aquabides hingga mencapai volume 100 mL. Uji sampel dengan menggunakan *flame AAS*.

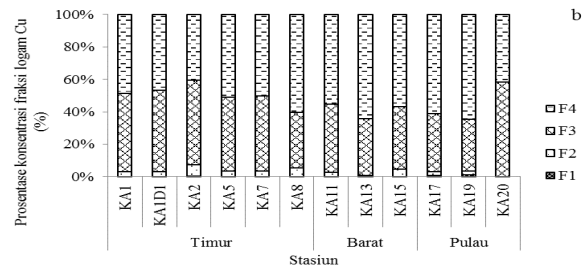
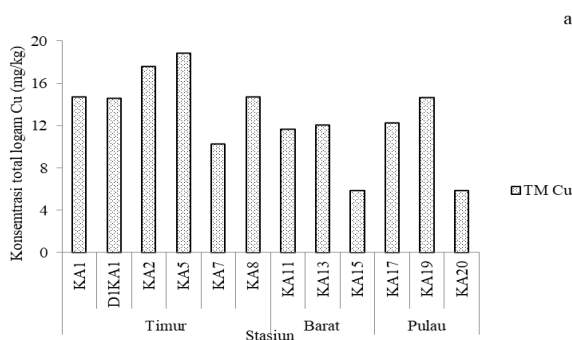
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konsentrasi Total dan Fraksinasi Logam Cu dalam Sedimen

Konsentrasi total logam Cu dalam sedimen di wilayah studi berkisar antara 5,87-18,85 mg/kg. Wilayah studi bagian timur umumnya relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan yang berada di bagian Barat. Sebagai contoh, pada pesisir barat kisaran konsentrasi antara 1,80-5,39 mg/kg, sedangkan di bagian pesisir pulau berkisar antara 5,37-13,70 mg/kg. Kisaran ini relatif rendah jika dibandingkan beberapa konsentrasi sedimen di wilayah lainnya

seperti sedimen yang ditemukan dekat muara sungai seperti Muara Kamal, Muara Angke, Muara Baru, Tanjung Priok, Cilincing dan Marunda yang mencapai 13,81-193,75 mg/kg (Rochyatun dan Rozak, 2007). Di sedimen perairan Muara Badung Bali konsentrasi total Cu sebesar 33,9036 mg/kg (Puspitasari *et al.*, 2014). Di pesisir Teluk Ambon ditemukan kisaran konsentrasi logam Cu sebesar 13,70-44,81 mg/kg (Manullang *et al.*, 2017). Konsentrasi Cu berkisar 7,5-46,30 mg/kg juga ditemukan pada sedimen wilayah selat Karimata, dan konsentrasi tersebut umumnya relatif tinggi pada fraksi ukuran lempung (<63 µm) (Kolibongso *et al.*, 2017)

Keberadaan logam dalam sedimen biasanya sangat kuat asosiasinya dengan karakter geokimiawi yang mencerminkan kekuatan ikatan logam dengan partikel sedimen. Pada penelitian ini, Cu berasosiasi dengan fraksi tereduksi (F2), fraksi teroksidasi (F3) dan fraksi residu (F3). Kedua fraksi terakhir menunjukkan konsentrasi yang dominan, namun sangat rendah pada fraksi terlarutkan asam (F1). Konsentrasi pada fraksi teroksidasi atau fraksi organik teroksidasi (*oxidisable organic*) atau fraksi Cu yang berasosiasi dengan bahan organik berkisar antara 1,60-6,98 mg/kg, sedangkan fraksi residual berkisar antara 2,24-8,85 mg/kg. Konsentrasi fraksi residual tertinggi logam Cu (8,85 mg/kg) berada di stasiun KA19 yang merupakan pelabuhan Gunung Sitali yang berada di Pulau Nias (Gambar 2). Konsentrasi fraksi terlarutkan asam (F1) menunjukkan nilai yang relatif kecil (0-0,17 mg/kg) dan ditemukan hanya pada stasiun KA2, KA19 dan KA20.



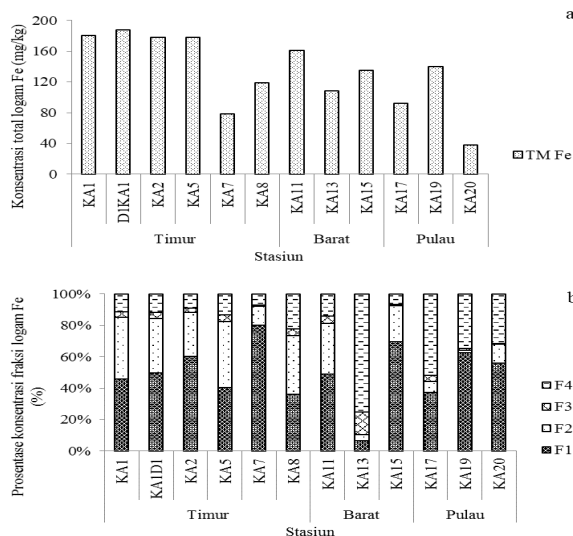
Gambar 2. Konsentrasi Total (a) dan Fraksi (b) Logam Cu (mg/kg) dalam Sedimen. Keterangan: TM: Total logam, F1: Terlarutkan asam, F2: Tereduksi, F3: Teroksidasi, F4: Residual.

3.2. Konsentrasi Total dan Fraksinasi Logam Fe Dalam Sedimen

Berbeda dengan Cu, Konsentrasi total logam Fe dalam sedimen di wilayah studi berkisar antara 38,40-180,48 mg/kg (Gambar 3). Walaupun konsentrasi bervariasi, konsentrasi Fe umumnya juga relatif tinggi di wilayah bagian timur pesisir dengan kisaran 77,94-223,10 mg/kg, sedangkan konsentrasi Fe di wilayah pesisir barat dan pesisir pulau berturut-turut berkisar antara 22,20-217,26 mg/kg dan 15,50-62,24 mg/kg. Konsentrasi-konsentrasi Fe ini umumnya lebih tinggi bila dibandingkan dengan hasil-hasil penelitian lain seperti konsentrasi logam Fe yang ditemukan di pesisir Teluk Ambon berkisar 27,60-51,71 mg/kg (Manullang *et al.*, 2017). Penelitian beberapa lokasi Selat Karimata berkisar antara 2,6-20100 mg/kg (Kolibongso *et al.*, 2017). Konsentrasi total logam pada sedimen permukaan mencapai 68,80 mg/kg (Ongeri *et al.*, 2015). Konsentrasi logam Fe di tambak berkisar antara 14,872-22,926 mg/kg, pada pelabuhan berkisar antara 15,045-42,143 mg/kg dan pada muara 22,675 mg/kg di sekitar perairan Tanjung Emas Semarang (Supriyantini dan Endrawati, 2015).

Komposisi fraksi geokimiawi Fe juga berbeda bila dibandingkan dengan komposisi fraksi Cu. Fraksi terlarutkan asam (F1) relatif sangat tinggi dari pada fraksi lainnya dengan kisaran konsentrasi antara 1,44-151,48 mg/kg. Fraksi terlarutkan asam (*Acid*

Soluble) merupakan fraksi karbonat yang paling labil apabila berikatan dengan sedimen maupun tanah yang mudah terionisasi (Cuong and Obbard, 2006; Sahara *et al.*, 2015). Fraksi terlarutkan asam tidak lepas dari pengaruh kondisi perubahan lingkungan seperti pH. Kondisi pH yang mengalami perubahan akan mempengaruhi asosiasi antara logam dengan mineral karbonat (Gleyzes *et al.*, 2002). Konsentrasi fraksi terlarutkan asam yang tertinggi pada stasiun KA15 yang merupakan muara sungai Batangtoru. Penelitian Wijaya *et al.* (2018) menunjukkan konsentrasi Fe pada fraksi tereduksikan (25 mg/kg) lebih rendah di bandingkan hasil fraksi lain, seperti fraksi terlarutkan asam (26,2 mg/kg), fraksi teroksidasi (110 mg/kg), dan fraksi residu (1572 mg/kg). Hasil yang ditemukan di pantai Sendang Biru Malang menunjukkan bahwa logam Fe berasosiasi kuat dengan fraksi non residu yang mencapai 90,7% (Kartal *et al.*, 2006).



Gambar 3. Konsentrasi Total (a) dan Fraksi (b) Logam Fe (mg/kg) dalam Sedimen. Keterangan: TM: Total logam, F1: Terlarutkan asam, F2: Tereduksi, F3: Teroksidasi, F4: Residual.

Konsentrasi Fe yang ditemukan diindikasikan menunjukkan kontaminasi

telah terjadi namun komposisinya masih minim sehingga sewaktu-waktu dapat membahayakan. Fraksi dengan konsentrasi relatif kecil adalah fraksi teroksidasi dengan kisaran 0,07-6,46 mg/kg, sedangkan fraksi tereduksi dan fraksi residu berturut-turut dengan kisaran 0,86-63,66 mg/kg dan 4,89-21,47 mg/kg.

3.3. Implikasi Kandungan Total dan Fraksi Logam Cu dan Fe Dalam Sedimen

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa konsentrasi logam baik Cu dan Fe umumnya lebih tinggi di wilayah timur dari pada di wilayah barat. Keberadaan logam di sedimen dapat berasal dari proses alami (pelapukan batuan) maupun non-alami (antropogenik). Konsentrasi yang tinggi mengindikasikan adanya pasokan logam relatif tinggi. Zona bagian timur umumnya merupakan wilayah yang aktif dengan kegiatan antropogenik seperti pelabuhan, limbah domestik, industri, pertanian dan tambak (Susantoro *et al.*, 2015). Salah satu lokasi pada zona timur KA5 terdapat di muara sungai Belawan. Daerah Belawan merupakan daerah yang tinggi aktivitas pusat industri dan pelabuhan petikemas sehingga perairan ini berpeluang besar terhadap ancaman pencemaran oleh berbagai limbah logam berat (Sitorus, 2011).

Fraksi terlarutkan asam, fraksi tereduksi dan fraksi teroksidasi yang disebut sebagai fraksi non residual/nondetrital merupakan hasil dari penjumlahan setiap komposisi ketiga fraksi (Burton *et al.* 2004; Arifin dan Fadhilina, 2009; Chester dan Jickells, 2012). Fraksi residual atau detrital merupakan fraksi produk pelapukan yang terbawa dalam matrik kristal mineral litogenus (Chester dan Jickells, 2012). Komponen ini terbawa ke laut terutama melalui sungai dan udara. Logam berat dalam fraksi residu berasosiasi kuat dengan mineral yang secara umum tidak terabsorpsi oleh biota. Logam berat dalam fraksi non residu merupakan logam yang berasosiasi dengan

komponen Fe dan Mn oksida serta bahan organik di dalam sedimen. Oleh karena itu, logam berat dalam fraksi non-residual berasosiasi lemah dengan komponen sedimen (labil), sehingga dapat terabsorpsi oleh biota. Fraksi non-residual berhubungan dengan masukan antropogenik (Yap *et al.*, 2003).

Fraksi non residu logam Fe menunjukkan bahwa kegiatan antropogenik diduga menyumbang lebih tinggi terhadap masukan sumber logam Fe (5,55-203,15 mg/kg) jika dibandingkan fraksi residu yang lebih rendah (4,89-21,47 mg/kg), berbanding terbalik dengan logam Cu yang menunjukkan konsentrasi residu lebih tinggi terhadap masukan logam Cu (7,84-2,38 mg/kg). Hal ini menunjukkan bahwa Cu berkarakter seimbang antara detrital dan non-detrital, sedangkan Fe relatif bersifat non-detrital. Pada banyak hal, Fe sebenarnya lebih bersifat detrital. sedimen Atlantik Utara dengan rincian 77:23 di wilayah batas kontinen dan 68:32 di parit Samudra Atlantik (Chester dan Jickells, 2012). Di sisi lain, logam Cu komposisi rata-rata detrital:non-detrital adalah 44:56 di sedimen Atlantik Utara dengan perkiraan perbandingan 55:45 di wilayah batas kontinen dan 23:67 di parit Samudra Atlantik (Chester dan Jickells, 2012). Data tersebut mengindikasikan bahwa Cu sebenarnya lebih mengarah kepada karakter non-detrital bila dibandingkan dengan Fe, namun pada penelitian ini Cu relatif sama antara residual/detrital dan non-residual/non-detrital, sebaliknya Fe lebih dominan sifat non-residual/non-detrital yang berarti Fe dapat tersimpan di partikel sedimen dalam bentuk labil. Unsur logam yang dikatakan berada pada fase non residual dikarenakan keberadaannya bukan pada matrik mineral atau dapat diserap oleh biota pada kondisi fase terlarut di kolom air menuju komponen partikel organik maupun anorganik. Dalam hal ini, Fe berada dalam kondisi yang siap beralih dari fase partikel ke fase terlarut dan sebaliknya. Oleh karena itu, komponen unsur yang berada di fase non-detrital/non-residual dapat dikatakan sebagai

unsur yang berada di sedimen karena proses penyerapan dan bukan bawaan dari matrik. Keberadaan unsur terlarut umumnya akibat dari kontribusi proses lingkungan seperti berada dalam komponen limbah. Dengan demikian, non-residual dapat digunakan sebagai indikasi sumber logam non-alami.

Memperhatikan komposisi non-residual unsur Cu dan Fe pada sampel sedimen di sekitar wilayah Sumatra Utara, logam berat tersebut berasal dari proses alami dan non-alami (antropogenik). Fe umumnya banyak dipengaruhi oleh pasokan non-alami, dan hal ini diduga berasal dari berbagai sumber seperti bongkar muat kapal, korosif dari tiang-tiang kilang minyak dan buangan limbah yang mengandung logam Fe di wilayah tersebut. Logam yang telah terakumulasi pada fraksi berdampak buruk kepada biota karena fraksi labil ini mudah terlepas kembali dan memungkinkan masuk kedalam tubuh biota, terutama kerang-kerangan. Komponen fraksi non residu yang berkisar 60% mengindikasikan bahwa potensi ketersediaan biologis logam yang dapat terserap oleh biota bentik sangat tinggi.

IV. KESIMPULAN

Konsentrasi logam di wilayah penelitian menunjukkan Fe memiliki konsentrasi lebih tinggi daripada Cu. Sebagian besar logam ini berasosiasi dengan komponen non-residual atau non-detrital, terutama Fe yang sangat dominan pada fraksi non-residual. Hal ini memberikan implikasi bahwa logam berat di sedimen bersumber dari proses alami dan non-alami (antropogenik). Sumber antropogenik diduga berasal dari berbagai kegiatan yang ada di sekitar pesisir yang masuk ke laut melalui sungai dan udara, diikuti dengan pengendapannya ke sedimen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LPDP (Lembaga Pengelola Dana

Pendidikan), Kementerian Keuangan Republik Indonesia selaku pemberi dana penelitian. Selanjutnya penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dinas Kelautan dan Perikanan Sumatra Utara yang telah memberikan izin pengambilan sampel sedimen untuk penelitian, Tim PDUPT Teluk Pelabuhanratu dan teknisi laboratorium logam berat P2O LIPI Ancol yang telah membantu dan mendukung analisa penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriano, D.C. 2001. Arsenic trace elements in terrestrial environments. Springer. New York. 1-533p. http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-21510-5_7.
- Ahmad, F. 2013. Distribusi dan prediksi tingkat pencemaran logam berat (Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni) dalam sedimen di perairan Pulau Bangka menggunakan indek beban pencemaran dan indek geoakumulasi. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(1):170-181. <http://dx.doi.org/10.29244/jitkt.v5i1.7763>.
- Alomary, A.A. and S. Belhad. 2007. Determination of heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) by ICP-OES and their speciation in Algerian Mediterranean Sea sediments after a five-stage sequential extraction procedure. *Environ. Monit. Assess.*, 135:265-280. <http://dx.doi.org/10.007/s10661-007-9648-8>.
- Alopi, M. and M.O. Angelidis. 2000. Geochemistry of natural and antropogenic metals in the coastal sediments of the island of Lesbos, Aegean Sea. *Environ Pol.*, 113(2):211-219. [http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00173-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00173-1).
- Arifin, Z. dan Fadhilina. 2009. Fraksinasi logam berat Pb, Cd, Cu dan Zn dalam Sedimen dan Bioavailabilitasnya bagi Biota di Perairan Teluk Jakarta. *J. Ilmu Kelautan*, 14(1):27-32. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.14.1.27-32>.
- Arenas-Largo, D., M.L. Andrade, M. Lago-Vila, A. Rodriguez-Seijo, and F.A. Vega. Sequential extraction of heavy metals in soils from a copper mine: distribution in geochemical fractions. *J. Geoderma*, 230:108-118. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.04.011>.
- Aryawan, I.G.N.R., E. Sahara, dan E. Suprihatin. 2017. Kandungan logam Pb dan Cu total dalam air, ikan dan sedimen i kawasan pantai Serangan serta bioavailabilitasnya. *J Kim*, 11(1):58-63. <https://doi.org/10.24843/10.24843/JCHEM.2017.v11.i01>.
- Ashraf, M.A., M.J. Maah, dan I. Yusoff. 2012. Study of chemical formms of heavy metals collected from the sediments of tin mining catchment. *J. Chem Spec Bioavail*, 24(3):183-196. <http://dx.doi.org/10.3184/095422912X13406425859315>.
- Bai, J., B. Cui., B. Chen., K. Zhang., W. Deng., H. Gao, and R. Xiao. 2011. Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediment from a typical plateau lake wetland, China. *Ecol Model*, 222(2):301-306. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.12.002>.
- Burton, E.D., I.R. Philips, and D.W. Hawker. 2004. Trace metal distribution and enrichment in benthic, estuarine sediments Southport Broadwater, Australia. *Mar Pol Bul.*, 48:378-402. <http://dx.doi.org/10.1007/s10653-004-7086-x>.
- Chester, R. and T. Jickells. 2012. Marine geochemistry 3rd ed. London (UK): Willey-Blackwell. 438 p.
- Cuong, D.T, and J.P. Obbard. 2006. Metal speciation in coastal marine sediments from Singapore using a modifies BCRP-sequential extraction procedure. *Ap Geochem*, 21:1335-1346.

- <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2006.05.001>.
- Dickson, F.W. 1975. Seawater-basalt interaction at 200°C and 500 bars: Implications for origin of sea-floor heavy-metal deposits and regulation of seawater chemistry. *Earth Plan Sci Let*, 25(3):385-397. [http://dx.doi.org/10.1016/0012-821X\(75\)90257-5](http://dx.doi.org/10.1016/0012-821X(75)90257-5).
- Gao, X., and P. Li. 2012. Concentration and fractionation of trace metals in surface sediments of intertidal Bhai Bay, China. *Mar Pol Bul*, 64(8):1529-1536. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.04.026>.
- Gleyzes, C., S.M. Teller, and M. Astruc. 2002. Fractination studies of trace elements in contaminated soils and sediments: a review of sequential extraction procedure. *Trend Anal Chem*, 21:451-467. [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(02\)00603-9](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(02)00603-9).
- Gupta, N.S., R. Michels, D.E.G. Briggs, M.E. Collinson, R.P. Evershed, and R.D. Pancost. 2007. Experimental evidence for the formation of geomacromolecules from plant leaf lipids. *Org. Geochi*, 38(1):28-36. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2006.09.014>.
- Hou, D., J. He., C. Lu., L. Ren., Q. Fan., J. Wang, and J. Xie. 2013. Distribution characteristics and ecological risk assessment of heavy metals (Cu, Pb, Zn, Cd) in water and sediments from Lake Dalinouer, China. *Eco toxicol Enviro Safety*, 93:135-144. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.03.012>.
- Ianni, C., N. Ruggieri, and R. Frache. 2010. Distribution and speciation of heavy metals in Apulian coastal sediments. *Toxicol Environ. Chem*, 85(4):169-182. <https://doi.org/10.1080/02772240410001665481>.
- Idris, A.M., M.A.H. Eltayeb, S.S. Potgieter-Vermaak, R. Grieken, and J.H. Potgieter. 2007. Assessment of heavy metal pollution in Sudanese harbours along the Red Sea coast. *J. Microchi*, 87:104-112. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2007.06.004>.
- Fu, J., C. Zhao., Y. Luo., C. Liu., G.Z. Kyzas., Y. Luo., D. Zhao., S. An, and H. Zhu. 2014. Heavy metals in surface sediments of the Jialu River, China: Their relations to environmental factors. *J. Haz Mat.*, 270:102-109. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.01.044>.
- Kartal, S., Z. Aydin, and S. Tokalioglu. 2006. Fractionation of metals in street sediment samples by using the BCR sequential extraction procedure and multivariate statistical elucidation of the data. *J. Haz Mat.*, 132(1):80-89. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.11.091>.
- Kazi, T.G., M.B. Arain., M.K. Jamali., N. Jalbani., H.I. Afridi., R.A. Sarfraz., J.A. Baig, and A. Q. Shah. 2009. Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: Acase study. *Eco toxicol Environ Safety*, 72(2):301-309. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.02.024>.
- Kolibongso, D., T. Prartono, dan A. Arman. Trace metals distribution in sediment fractions of Karimata Strait, Indonesia. *J. Ilmu Kelautan*, 22(4):174-184. <http://dx.doi.org/10.14710/ik.ijms.22.4.174-184>.
- Komarawidjaja, W., A. Riyadi, and Y.S. Garno. 2017. Status kandungan logam berat di perairan Pesisir Kabupaten Aceh Utara dan Kota Lhokseumawe. *J. Teknologi Lingkungan*, 18(2):251-258. <http://dx.doi.org/10.29122/jtl.v18i2.2040>.
- Kusuma, A.H., T. Prartono., A.S. Atmadipoera, and T. Arifin. 2015. Sebaran logam berat terlarut dan terendapkan di perairan Teluk Jakarta pada Bulan September 2014. *JTPK*, 6(1):41-49. <http://dx.doi.org/10.24319/jtpk.6.41-49>.

- Lanlan, L., G. Liu., J. Wang, and Y. Wu. 2017. Bioavailability and mobility of heavy metals in soil in vicinity of a coal mine from Huaibei, China. *Human Eco. Risk Assess: An Int. J.*, 23(5):1164-1177. <https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1308816>.
- Lestari dan F. Budiyanto. 2013. Konsentrasi Hg, Cd, Cu, Pb dan Zn dalam sedimen di perairan Gresik. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(1):182-191. <http://dx.doi.org/10.29244/jitkt.v5i1>.
- Lestari. 2017. Penggunaan ekstraksi sekuensial untuk spesiasi logam berat di sedimen. *Oseana*, 42(4):1-12. <http://dx.doi.org/10.1007/s00216-002-1370-3>.
- Li, X., O.W.H. Wai., Y.S. Li., B.J. Coles., M.H. Ramsey, and L. Thornton. 2000. Heavy metal distribution in sediment profiles of the Pearl River estuary, South China. *App Geo*, 15(5):567-581. [http://dx.doi.org/10.1016/S0883-2927\(99\)00072-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0883-2927(99)00072-4).
- Liu, H., G. Liu., C. Zhou., Z. Yuan, and C. Da. 2017. Geochemical speciation and ecological risk assessment of heavy metals in surface soils collected from the Yellow River Delta National Nature Reserve, China. *J. Human Eco Risk Assess*, 23(7):1585-1600. doi: 10.1080/10807039.2017.1331726.
- Luoma, S.N. and P.S. Rainbow. 2008. Metal contamination in aquatic environment: science and lateral management. Cambridge University Press. UK. 50 p. <https://doi.org/10.5860/choice.46-6155>.
- Manullang, C.Y., Lestari, Y. Tapilatu, dan Z. Arifin. 2017. Assessment of Fe, Cu, Zn, Pb, Cd and Hg In Ambon Bay surface sediments. *Mar Res Indonesia*, 42(2):83-92. [http://dx.doi.org/10.1016/S1385-1101\(01\)00081-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1385-1101(01)00081-8).
- Najamuddin, T. Prartono, H.S. Sanusi, dan I.W. Nurjaya. 2016. Distribusi perilaku Pb dan Zn terlarut dan partikulat di perairan Estuaria Jeneberang, Makasar. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 8(1):11-28. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/89/1/012030>.
- Najamuddin, T. Prartono, H.S. Sanusi, and I.W. Nurjaya. 2016. Seasonal distribution and geochemical fractionation of heavy metals from surface sediment in a tropical estuary of Jeneberang River, Indonesia. *Mar Pol Bul.*, 111:456-462. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.106>.
- Nemati, K., N.K.A. Bakar, M.R. Abas, and E. Sobhanzadeh. 2011. Speciation of heavy metals by modified BCR Sequential extraction procedure in different depths of sediments from sungai Buloh, Selangor, Malaysia. *J. Haz Mat*, 192(1):402-410. [Http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.05.039](http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.05.039).
- Ongeri, D.M.K., J.O. Lalah., B. Michalke, and K.W. Schramm. 2015. Speciation study of trace elements in surface sediment of Winam Gulf, Lake Victoria, by sequential extraction, aqua-regia acid digestion, and ICP OES. *Toxicol Environ Chem*, 96(10):1489-1500. <http://dx.doi.org/10.1080/02772248.2015.1030665>.
- Prabawa, A., E. Riani, dan Y. Wardianto. 2014. Pengaruh pencemaran logam berat terhadap struktur populasi organ tubuh rajungan (*Portunus pelagicus*, Linn). *J. Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 4(1):17-23. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.4.1.17>.
- Pugung, A.O., T. Prartono, dan R. Zuraida. Chemical characteristics of the surface sediment in the Java Sea. *IOP. Conf. Series: Earth. Environ. Sci.*, 176:1-12. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/176/1/012015>.
- Riba, I., E. Garcia-Luque., J. Blasco, and D. Valls TA. 2003. Bioavailability of

- heavy metals bound to estuarine sediments as a function of pH and salinity values. *Chem Spec Bioavail*, 15:101-114. <https://doi.org/10.3184/095422903782775163>.
- Rivaro, P.S., Massolo, C. Ianni, and R. Frache. 2007. Speciation of heavy metals in Albanian coastal sediments. *Toxicol Environ Chem*, 87(4):481-498. <http://dx.doi.org/10.1080/02772240500381292>.
- Rochyatun, E. dan A. Rozak. 2007. Pemantauan kadar logam berat dalam sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Makara Sains*, 11(1):28-36. <http://dx.doi.org/10.7454/mms.v11i1.228>.
- Sarkar, S.K., P.J.C. Favas., D. Rakshit, and K.K. Satpathy. 2014. Geochemical speciation and risk assessment of heavy metals in soils and sediments. Licensee InTech. 757 p. <http://dx.doi.org/10.5772/57295>.
- Sun, R., H. Hiltelmann, and Y. Liu. 2016. Two centuries of coral skeletons from the Northern South China sea record mercury emissions from modern Chinese wars. *Environ. Sci Technol*, 50:5481-8. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.5b05965>
- Supriyanti, E, dan H. Enrawati. 2015. Kandungan logam berat besi (Fe) pada air, sedimen dan kerang hijau (*Perna Viridis*) di perairan Tanjung Emas Semarang. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 18(1):38-45. <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i1.512>.
- Susantoro, T.M., D. Sunarjanto, dan A. Andayani. 2015. Distribusi logam berat pada sedimen di Perairan Muara dan Laut Propinsi Jambi. *J. Kelautan Nasional*, 10(1):1-11. <http://dx.doi.org/10.15578/jkn.v10i1.4>.
- Svete, P., R. Milacic, and B. Pihlar. 2001. Partitioning of Zn, Pb, and Cd in river sediments from a lead and zinc mining area using the BCR three-step sequential extraction production. *J. Environ. Monit.*, 3:586-590. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph120911724>.
- Ure, A.M., V. Quevauviller, H. Muntau, and B. Griepink. 1993. Speciation of heavy metals in solids and harmonization of extraction techniques undertaken under the auspices of the BCR of the commission of the European Communities. *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, 51:135. <http://dx.doi.org/10.1080/03067319308027619>.
- USEPA. 1986. Acid digestion of sediment, sludge and soils in: test methods for evaluating solid waste (SW-846). US Government Printing Office. Washington DC. <http://dx.doi.org/10.1021/es00065a021>.
- Wang, S., X. Xu., Y. Sun., J. Liu, and H. Li. 2013. Heavy metal pollution in coastal areas of South China: a review. *Mar Pol Bul.*, 76(1): 7-15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.08.025>.
- Wijayanti, T. 2017. Profil pencemaran logam berat pada perairan daerah aliran sungai (DAS) Grindulu Pacitan. *J. Ilmiah Sains*, 17(1):19-25. <https://doi.org/10.1234/jis.v17i1.15057>.
- Yap, C.K., A. Ismail, and S.G. Tan. 2003. Concentration, Distribution and Geochemical Speciation of Copper In Surface Sediment of the Strait of Malacca. *Pakistan J. Bio. Sci.*, 6(12):1021-1026. <http://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2003.1021.1026>.
- Yuan, C., J. Shi., S. He., J. Liu., L. Liang, and G. Jiang. 2004. Speciation of heavy metals in marine sediments from the East China Sea by ICP-MS with sequential extraction. *J. Environ Int.*, 30:769-783. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2004.01.001>.

Received : 19 December 2018

Reviewed : 19 February 2019

Accepted : 04 July 2019

