



IDENTIFIKASI LOGAM BERAT PADA CUPLIKAN SEDIMEN SERTA TUMBUHAN DI SUNGAI KALIGARANG DENGAN METODE ANALISIS AKTIVASI NEUTRON (AAN)

Suparminingsih¹, Dwi Yulianti¹, Pratiwi Dwijananti¹, Widarto²

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

²PSTA BATAN Yogyakarta

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Maret 2016

Disetujui Maret 2016

Dipublikasikan Juli 2016

Keywords:

Heavy metals, sediment, vegetation, NAA

Abstrak

Logam berat sangat berbahaya karena beracun dan tidak dapat dihancurkan. Pemantauan kualitas Sungai Kaligarang sangat dibutuhkan karena dimanfaatkan sebagai sumber air baku bagi PDAM Kota Semarang. Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan jenis, kadar dan distribusi logam berat pada cuplikan sedimen serta tumbuhan di Sungai Kaligarang. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil cuplikan sedimen dan tumbuhan di Sungai Kaligarang dari 7 lokasi. Cuplikan tersebut kemudian dipreparasi untuk selanjutnya diiradiasi dalam reaktor sehingga bersifat radioaktif dan memancarkan radiasi- γ . Besarnya energi radiasi- γ digunakan untuk mengetahui unsur yang terkandung dalam suatu sampel dengan cara dicocokkan dengan *Neutron Activation Table*. Hasil penelitian menunjukkan sedimen di Sungai Kaligarang mengandung Co-59, Zn-64, Fe-58, Cr-50 dan Mg-26 sedangkan tumbuhan mengandung Co-59, Zn-64, Fe-58 dan Cr-50. Kadar Zn dan Cr pada sedimen Sungai Kaligarang belum melebihi ambang batas, sedangkan Co, Fe, Mg dan tumbuhan belum ditetapkan ambang batasnya. Hampir semua logam berat yang terdeteksi pada sedimen terdistribusi di seluruh lokasi pengambilan sampel, kecuali Zn-64 dan Mg-26, sedangkan pada tumbuhan hanya Co-59 dan Fe-58 yang terdistribusi di seluruh lokasi.

Abstract

Heavy metals are very dangerous because they are poisonous and can not be destroyed. Kaligarang river quality monitoring is needed because it is used as a source of raw water for PDAM Semarang. Work has been done to determine the type, concentration and distribution of heavy metals in sediment footage and plants on the river Kaligarang. This research was conducted by taking a sample of sediment and vegetation in the river Kaligarang of 7 locations. These samples were then prepared for further irradiated in the reactor so that the samples became radioactive and emitted γ radiation. The amount of radiation energy- γ was used to determine the elements contained in a sample by matching to the *Neutron Activation Table*. The results showed that the sediment on the river Kaligarang containing Co-59, Zn-64, Fe-58, Cr-50 and Mg-26, whereas plants containing Co-59, Zn-64, Fe-58 and the Cr-50. Zn and Cr in river sediments Kaligarang not exceed the threshold, while Co, Fe, Mg and plants has not been established thresholds. Almost all heavy metals were detected in the sediment are distributed throughout the sampling points, except Zn-64 and Mg-26, whereas in plants only Co-59 and Fe-58 that is found across locations.

PENDAHULUAN

Pesatnya pertumbuhan penduduk di Kota Semarang mendorong pemerintah untuk mempercepat pertumbuhan ekonomi dengan cara meningkatkan pembangunan industri. Perkembangan industri di Kota Semarang menyebabkan pencemaran lingkungan, salah satunya di Sungai Kaligarang. Pemantauan kualitas Sungai Kaligarang sangat dibutuhkan, mengingat sebagian besar warga memanfaatkan Sungai Kaligarang untuk mencuci, memancing, dan sebagainya. Air Sungai Kaligarang juga dimanfaatkan sebagai sumber air baku PDAM Kota Semarang, dan pemakaian air bersih semakin meningkat setiap tahunnya (BPS Kota Semarang, 2015). Penelitian mengenai kualitas Sungai Kaligarang telah banyak dilakukan oleh berbagai pihak, diantaranya, Yulianti (2009) dengan metode AANC pada sampel sedimen yang diambil dari Ungaran hingga Pleret yang menunjukkan terdapat unsur cemaran logam berat berupa Al-27 (11.675,3-42.041,24) ppm, Si-28 (20.540,2-156.401,1) ppm, Mn-55 (167,1-406) ppm, Fe-56 (7.466,7-34.089,7) ppm, Cu-63(7,6-69,8) ppm, Zn-64 (52,7-568) ppm. Penelitian terakhir dilakukan oleh Marlina (2012) pada sampel air yang diambil dari segmen I sampai VII, dengan metode *Atomic Absorbtion Spectrophotometer* (AAS) yang diperoleh cemaran logam berat berupa Cu (<0,005 mg/L), Zn (<0,01 mg/L), Cd (<0,005 mg/L), Pb (<0,03 mg/L), sedangkan dengan metode kolorimetrik diperoleh cemaran logam berat Cr^{+6} (0,002-0,013 mg/L). Keberadaan logam berat ini belum melebihi batas ambang yang telah ditetapkan. Penelitian tentang kandungan cemaran logam berat di Sungai Kaligarang belum dilakukan lagi dari tahun 2013 sampai saat ini, padahal penelitian semacam ini perlu dilakukan mengingat setiap tahun terjadi pertumbuhan penduduk dan industri yang

cukup pesat, sehingga dimungkinkan akumulasi logam berat juga semakin meningkat.

Salah satu komponen yang dapat dijadikan sebagai tolok ukur pencemaran logam berat di suatu sungai adalah sedimen. Kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air, karena logam berat mempunyai sifat mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan selanjutnya bersatu dengan sedimen (Eshmat *et al.*,2014). Sedimen juga mudah tersuspensi oleh pergerakan massa air yang menyebabkan logam larut kembali ke dalam air. Tumbuhan yang hidup di sekitar perairan sungai dapat dijadikan sebagai indikator pencemaran logam berat, karena tumbuhan hidup dengan menyerap air dan unsur hara dari tanah di sekitar sungai, sehingga polutan logam berat yang ada di sungai kemungkinan juga diserap oleh tumbuhan.

Ada banyak metode untuk menentukan kandungan logam berat pada suatu bahan, diantaranya gravimetri, kalorimetri, spektrografi, spektroskopi massa dan analisis aktivasi neutron. Metode Analisis Aktivasi Neutron (AAN) memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode lainnya, yaitu dapat mengetahui jenis unsur serta kadar (Wijayanti,2010), tidak merusak cuplikan (Purwandhani,2007), memiliki sensitivitas yang lebih tinggi sampai nanogram (10^{-12} g) (Mireles *et al.*,2011), dapat membedakan masing-masing isotop dari cuplikan yang sama, serta dapat digunakan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur logam dalam zat cair, padat dan gas (Purwandhani,2007), serta menggunakan cuplikan yang relatif sedikit (50-100 mg) (Wijayanti,2010).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis, kadar dan distribusi logam berat yang terakumulasi pada cuplikan sedimen dan tumbuhan yang hidup di Sungai Kaligarang.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk pengambilan sampel adalah tongkat (2 meter), plastik transparan ukuran 1,5 kg, gayung dan spidol permanen, untuk sarung tangan lateks, plastik klip, tumbukan, ayakan, *blender*, botol sampel, label, neraca digital, kertas, tisu, vial polietilen, spidol dan kelongsong. Untuk iradiasi serta pencacahan sampel, alat yang digunakan adalah reaktor Kartini, seperangkat spektrometer- γ , seperangkat komputer, pinset dan kontainer Pb. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 7 sampel sedimen, 7 sampel tumbuhan, 30 liter Nitrogen cair, sumber standar Am-241, Co-59 dan Eu-152.

Langkah Kerja

Pengambilan Sampel

Sampel sedimen diambil di tepi atau di tengah sungai tergantung kedalamannya. Selanjutnya sampel dibersihkan dari kotoran dan dimasukkan ke dalam plastik. Sampel tumbuhan diambil dari tumbuhan yang hidup di tepi sungai yang akarnya masih terendam oleh air sungai. Selanjutnya sampel tumbuhan ini dicuci dengan air sungai setempat dan dimasukkan ke dalam plastik.

Preparasi Sampel

Sampel dikeringkan dengan cara dijemur untuk menghilangkan kadar airnya (Mireles *et al.*, 2011). Sampel selanjutnya dihaluskan dengan cara ditumbuk untuk sedimen dan di*blender* untuk tumbuhan, diayak, ditimbang sebanyak 0,05 gram dan dimasukkan dalam *vial polietilen*. Langkah terakhir yaitu memasukkan sampel dalam plastik klip, diberi kode dan dimasukkan dalam kelongsong.

Iradiasi

Unsur-unsur yang terkandung dalam sampel ada yang berumur paruh panjang dan pendek, sehingga untuk mengaktivasi unsur

yang berumur paruh panjang, kelongsong yang berisi cuplikan dimasukkan dalam fasilitas iradiasi *Lazy Susan* dan waktu iradiasi diatur 5 jam, sedangkan untuk mengaktivasi unsur yang berumur paruh pendek, kelongsong yang berisi cuplikan dimasukkan dalam fasilitas iradiasi *Pneumatik* dan diiradiasi selama 1 menit.

Kalibrasi Energi

Kalibrasi energi bertujuan untuk memperoleh hubungan antara nomor salur dengan energi yang bersesuaian. Kalibrasi energi dalam penelitian ini menggunakan sumber radioaktif Am-241 yang memancarkan energi- γ sebesar 59,5 keV dan Co-59 yang memancarkan dua energi- γ sebesar 1173,2 keV serta 1332,5 keV. Kedua sumber radioaktif ini dipilih untuk mengefisienkan waktu, karena tiga energi yang dipancarkan sudah cukup untuk menentukan hubungan antara nomor salur dengan energi. Sumber radioaktif ini dicacah selama 3600 sekon, dan hasil pencacahan kemudian dituangkan dalam grafik hubungan antara nomor salur (sumbu *X*) versus tenaga sinar gamma (sumbu *Y*) dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y = aX + b \quad (1)$$

Kalibrasi Efisiensi

Kalibrasi efisiensi bertujuan untuk mencari efisiensi deteksi dari detektor yang digunakan, yaitu dengan membandingkan antara laju cacah yang diterima detektor dengan laju emisi dari sumber radiasi tertentu (Susanti *et al.*, 2009). Kalibrasi efisiensi dalam penelitian ini dilakukan dengan mencacah sumber radioaktif Eu-152 selama 3600 sekon. Sumber radioaktif Eu-152 dipilih karena memancarkan banyak energi, mulai dari 121,78 keV sampai 1769,07 keV. Selain mencatat energi, dalam kalibrasi efisiensi perlu mencatat cacahan yang dihasilkan (*cps*). Energi yang didapat dicocokkan dengan *Neutron Activation Table* untuk memperoleh nilai *yield*

atau intensitas mutlak. Nilai *yield*, *cps* dan *dps* digunakan untuk menghitung efisiensi pada masing-masing energi. Hasil dari perhitungan efisiensi disajikan dalam grafik hubungan antara energi gamma (*x*) versus efisiensi (*y*), dan dirumuskan sebagai berikut.

$$y = a e^{-bx} \quad (2)$$

Pencacahan

Sebelum dilakukan pencacahan, sampel didiamkan selama ± 5 menit untuk yang berumur paruh pendek dan 9 hari untuk unsur yang berumur paruh panjang, supaya unsur radioaktif dapat terdeteksi dengan baik oleh detektor. Pencacahan sampel menggunakan seperangkat spektrometer- γ dan dilakukan selama 5 menit untuk sampel yang berumur paruh panjang dan 3menit untuk sampel yang berumur paruh pendek. Hasil pencacahan disimpan dalam program *Maestro*, sehingga untuk dapat dianalisis harus dipindah pada program *Genie*.

Analisis Kualitatif

Analisis kualitatif bertujuan untuk mengetahui jenis unsur-unsur yang terdapat dalam sampel sedimen dan tumbuhan di Sungai

Kaligarang. Penentuan jenis unsur ini dilakukan dengan menentukan puncak spektrum energi gamma pada sampel dari hasil pencacahan. Besarnya energi gamma tersebut dicocokkan dengan *Neutron Activation Table*, sehingga dapat diketahui unsur-unsur apa saja yang terkandung dalam sampel.

Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif bertujuan untuk mengetahui kadar logam berat yang diidentifikasi dari analisis kualitatif. Massa unsur logam berat pada sampel diperoleh dengan memasukkan parameter-parameter yang telah diketahui dalam persamaan :

$$m_U = \frac{CAB_A}{\varepsilon Y \phi \sigma N_A a (1 - e^{-\lambda t_a}) (e^{-\lambda t_d}) (1 - e^{-\lambda t_c})} \quad (3)$$

Kadar logam berat diperoleh dari hasil pembagian massa logam berat yang teridentifikasi dengan massa sampel:

$$K = \frac{m_U}{m_S} \quad (4)$$

dimana m_U adalah massa unsur yang terdeteksi dan m_S adalah massa sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis logam berat pada sampel sedimen disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Logam Berat pada Sampel Sedimen di Sungai Kaligarang

Lokasi	Kadar ($\mu\text{g/g}$)					
	$t_i = 5 \text{ jam}$				$t_i = 1 \text{ menit}$	
	Co-59	Zn-64	Fe-58	Cr-50	Mg-26	
1	$4,22 \pm 0,0117$	$13,5 \pm 0,0375$	$(1,22 \pm ,00340) \times 10^4$	$2,24 \pm 0,00622$	—	
2	$5,45 \pm 0,0151$	$14,7 \pm 0,0409$	$(1,32 \pm 0,00368) \times 10^4$	$0,510 \pm 0,00142$	$1,04 \pm 0,0146$	
3	$4,62 \pm 0,0128$	$13,7 \pm 0,0380$	$(1,21 \pm 0,00337) \times 10^4$	$4,04 \pm 0,0112$	$1,37 \pm 0,0192$	
4	$2,53 \pm 0,00704$	—	$(0,512 \pm 0,00142) \times 10^4$	$2,26 \pm 0,00628$	$1,22 \pm 0,0171$	
5	$2,55 \pm 0,00709$	—	$(0,531 \pm 0,00147) \times 10^4$	$3,13 \pm 0,00869$	$1,42 \pm 0,0199$	
6	$6,78 \pm 0,0188$	$15,9 \pm 0,0441$	$(1,80 \pm 0,00500) \times 10^4$	$4,63 \pm 0,0129$	$1,54 \pm 0,0217$	
7	$1,71 \pm ,00475$	$3,90 \pm 0,0108$	$(0,313 \pm 0,000870) \times 10^4$	$1,13 \pm 0,00315$	$1,32 \pm 0,0186$	

Ambang batas logam berat dalam sedimen air tawar (St. Lawrence Plan, 2008) :

Zn = $120 \mu\text{g/g}$

Cr = $37 \mu\text{g/g}$

Tabel 1 menunjukkan logam berat pada sampel sedimen di Sungai Kaligarang terdeteksi mulai dari $0,510 \mu\text{g/g}$ sampai $17959,739 \mu\text{g/g}$. Hampir semua unsur logam berat terdeteksi di seluruh lokasi pengambilan sampel, kecuali Zn-64 dan Mg-26. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik, mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air (Eshmat *et al.*, 2014). Jika kadar Zn dan Cr pada sampel sedimen di Sungai Kaligarang yang terdeteksi

belum melebihi ambang batas, maka kadarnya di air juga belum melebihi ambang batas. Pengambilan air sungai yang akan dimanfaatkan sebagai air baku PDAM Kota Semarang harus dilakukan secara hati-hati agar tidak terkontaminasi sedimen, karena hasil penelitian menunjukkan beberapa jenis logam berat terdeteksi pada sedimen Sungai Kaligarang.

Hasil analisis pencemaran logam berat pada sampel tumbuhan di Sungai Kaligarang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Logam Berat pada Sampel Tumbuhan di Sungai Kaligarang

Lokasi	Kadar ($\mu\text{g/g}$)				
	$t_i = 5 \text{ jam}$			$t_i = 1 \text{ menit}$	
	Co-59	Zn-64	Fe-58	Cr-50	Mg-26
1	$0,0751 \pm 0,000209$	—	$(0,212 \pm 0,000592) \times 10^3$	—	—
2	$0,518 \pm 0,00144$	—	$(0,725 \pm 2,018519) \times 10^3$	—	—
3	$0,568 \pm 0,001581$	—	$(1,47 \pm 0,00408) \times 10^3$	$0,517 \pm 0,00144$	—
4	$0,416 \pm 0,00116$	—	$(0,595 \pm 0,00166) \times 10^3$	$0,480 \pm 0,00134$	—
5	$0,897 \pm 0,00250$	—	$(2,33 \pm 0,00648) \times 10^3$	$0,754 \pm 0,00210$	—
6	$0,384 \pm 0,00107$	—	$(0,803 \pm 0,00224) \times 10^3$	—	—
7	$0,765 \pm 0,00213$	$10,3 \pm ,0287$	$(1,01 \pm 0,00283) \times 10^3$	$0,642 \pm 0,00179$	—

Penelitian ini juga menggunakan sampel tumbuhan, karena pada dasarnya tumbuhan yang hidup di daerah tercemar memiliki mekanisme penyesuaian yang membuat polutan menjadi nonaktif dan disimpan di dalam jaringan tua sehingga tidak membahayakan pertumbuhan dan kehidupan tumbuhan. Polutan tersebut akan memberi pengaruh jika dikeluarkan melalui metabolisme jaringan atau jika tumbuhan tersebut dikonsumsi (Setyawan, 2009) sehingga penentuan kadar logam berat pada tumbuhan ini penting untuk diteliti.

Tabel 2 menunjukkan beberapa unsur logam berat yang terdeteksi pada sampel tumbuhan di Sungai Kaligarang, mulai dari $0,075 \mu\text{g/g}$ sampai $2327,210 \mu\text{g/g}$. Penyebab perbedaan kadar unsur masing-masing lokasi ini disebabkan oleh masing-masing lokasi memiliki beban cemaran logam berat yang berbeda dan perbedaan kadar unsur pada tiap lokasi juga dipengaruhi oleh usia dan jenis tumbuhan yang

digunakan tidak sama, sehingga kebutuhan hara pada tiap jenis tumbuhan berbeda (Setyawan, 2009).

Seng (Zn) berperan penting dalam aktivitas enzimatis sebagai ko-faktor maupun terdapat pada gugus aktif berbagai enzim (Dewi *et al.*, 2012). Besarnya Zn yang terdeteksi pada sampel sedimen sebesar $(3,8921-15,831) \mu\text{g/g}$, sedangkan pada sampel tumbuhan hanya teridentifikasi di lokasi 7 sebesar $10,324 \mu\text{g/g}$. Kadar Zn di dalam sedimen belum melebihi ambang batas yang telah ditetapkan yaitu sebesar $120 \mu\text{g/g}$ (St. Lawrence Plan, 2008). Kadar Zn-64 pada sampel sedimen tertinggi berada di lokasi 6, yang berada di kawasan industri Simongan. Sumber logam Zn di perairan berasal dari material geokimia yang terbawa atau pada sungai, bahan baku minyak, besi, cat dan sisa kaleng bekas (Andarani *et al.*, 2009), yang sebagian besar berada di kawasan industri Simongan. Jika konsumsi Zn melebihi batas yang

ditentukan maka akan menyebabkan muntah, diare, demam, kelelahan, anemia dan gangguan reproduksi (Kacaribu, 2008). Di daerah Simongan tidak terdeteksi adanya unsur Zn pada sampel tumbuhan. Hal ini dipengaruhi oleh jenis dan usia tumbuhan yang belum mampu menyerap Zn. Logam Zn pada sampel tumbuhan hanya teridentifikasi pada lokasi 7. Lokasi ini merupakan muara Sungai Kaligarang sebelum mengalir ke laut dan disini juga terdapat pembuangan limbah secara langsung ke badan sungai sehingga polutan di lokasi ini cukup tinggi jika dibandingkan lokasi yang lain.

Besi (Fe) merupakan komponen *hemoglobin* yang memungkinkan sel darah merah dalam membawa oksigen dan mengantarkan ke jaringan tubuh. Selain memberi manfaat, jika tubuh kelebihan Fe akan menimbulkan muntah, diare dan kerusakan usus. Cemar logam Fe pada sampel sedimen terdeteksi sebesar $(3128,028-17959,739) \mu g/g$, sedangkan pada sampel tumbuhan cemaran logam Fe sebesar $(212,755-2327,210) \mu g/g$. Kadar Besi dalam sedimen air tawar belum ditetapkan sampai saat ini, sehingga tidak dapat diketahui sudah melebihi ambang batas atau belum. Cemaran unsur Fe-58 pada sampel sedimen di Sungai Kaligarang tertinggi berada di lokasi 6, yang berada di kawasan industri Simongan. Di daerah ini terdapat beberapa pabrik pelapisan logam dan bengkel yang memiliki kemungkinan untuk menyumbangkan cemaran Fe di sungai. Pada sampel tumbuhan, kadar Fe tertinggi berada di lokasi 5 yaitu di daerah Dewi Sartika. Hasil observasi menunjukkan bahwa di daerah ini terdapat bengkel-bengkel yang berada di dekat sungai sehingga memiliki kemungkinan untuk menyumbangkan cemaran Besi (Fe).

Kromium (Cr) merupakan salah satu unsur logam berat yang mempunyai daya racun tinggi. Sampel sedimen di Sungai Kaligarang terdeteksi unsur Cr-50 sebesar $(0,510-4,621) \mu g/g$, sedangkan sampel tumbuhan sebesar $(0,480-0,754) \mu g/g$. Kadar Cr-50 dalam sedimen belum melebihi ambang batas yang telah ditetapkan yaitu sebesar $37 \mu g/g$ (St. Lawrence Plan, 2008). Cr pada sampel sedimen terdeteksi hampir di

seluruh lokasi, namun kandungan Cr pada sedimen terbesar berada pada lokasi 6 yang terletak di daerah industri Simongan. Kromium biasanya terintegrasi dalam molekul zat pewarna tekstil dalam jumlah yang cukup signifikan (Andarani *et al.*, 2009). Sumber Cr juga berasal dari pabrik penyamakan kulit, pembaharuan *velg*, pelapisan Cr serta pembakaran minyak bumi, yang sebagian besar kegiatan ini berada di daerah industri Simongan. Kandungan Cr pada sampel tumbuhan terbesar berada pada lokasi 5 yang berada di daerah Dewi Sartika. Di daerah Dewi Sartika terdapat industri mebel, toko bangunan dan bengkel yang memiliki kemungkinan menyumbang polutan Cr ke badan sungai.

Magnesium (Mg) memegang peranan penting bagi manusia sebagai elektrolit yang berfungsi mengatur beragam reaksi biokimia dalam tubuh (Grober *et al.*, 2015). Hasil penelitian logam berat di Sungai Kaligarang menunjukkan dalam sampel sedimen terdeteksi unsur Mg-26 sebesar $(1,043-1,543) \mu g/g$, sedangkan dalam sampel tumbuhan tidak teridentifikasi unsur Mg-26 dikarenakan unsur ini pada sedimen cukup rendah sehingga tidak diserap dengan baik oleh tumbuhan. Kandungan Mg-26 dalam sampel sedimen hampir terdistribusi di seluruh lokasi, kecuali pada lokasi 1 yang berada di daerah Bergas. Di kawasan ini terdapat berbagai aktivitas industri sehingga menyumbangkan Mg yang cukup besar ke Sungai Kaligarang. Kandungan Mg tertinggi dalam sampel sedimen terdapat di lokasi 6, yang berada di wilayah kawasan industri Simongan. Di wilayah ini terdapat berbagai pabrik yang menyumbangkan polutan logam berat ke badan sungai. Unsur Mg tidak terdeteksi pada sampel tumbuhan, hal ini dipengaruhi oleh jenis dan usia tumbuhan yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini.

Kobal (Co) sangat penting peranannya dalam sistem biologi makhluk hidup berikatan sebagai vitamin kobalamin (B12). Keracunan Co dapat terjadi apabila makanan dan minuman mengandung Co 150 ppm atau lebih. Hasil penelitian logam berat di Sungai Kaligarang

dalam sampel sedimen terdeteksi unsur Kobalt (Co-59) sebesar $(1,705-6,765) \mu\text{g/g}$, sedangkan dalam sampel tumbuhan kadar Co-59 sebesar $(0,075-0,896) \mu\text{g/g}$. Kadar Co dalam sampel sedimen tertinggi terdapat di lokasi 6, yang berada di kawasan industri Simongan. Daerah Simongan merupakan salah satu kawasan industri sehingga terdapat berbagai macam pabrik yang menyumbangkan kontaminasi logam berat ke Sungai Kaligarang. Kadar Co pada sampel tumbuhan tertinggi terdapat di lokasi 5 yang berada di daerah Dewi Sartika. Besarnya kandungan Co di daerah Dewi Sartika dipengaruhi oleh adanya berbagai bengkel, kegiatan pemilahan sampah, limbah domestik yang berasal dari pemukiman dan jenis tumbuhan. Tumbuhan yang digunakan sebagai sampel di lokasi ini yang berupa rumput juga mempengaruhi besarnya Co yang diserap, karena rumput ini memiliki usia yang relatif lama, sehingga mampu menyerap Co secara optimal. Keberadaan Co dalam sampel sedimen dan tumbuhan di Sungai Kaligarang perlu diwaspadai karena mengingat Co merupakan unsur moderat yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan baik yang dapat pulih maupun yang tidak dapat pulih dalam jangka waktu yang relatif lama.

KESIMPULAN DAN SARAN

Logam berat yang terdeteksi pada sampel sedimen di Sungai Kaligarang meliputi Co-59 $(1,705-6,765) \mu\text{g/g}$, Zn-64 $(3,8921-15,831) \mu\text{g/g}$, Fe-58 $(3128,028-17959,739) \mu\text{g/g}$, Cr-50 $(0,510-4,621) \mu\text{g/g}$, dan Mg-26 $(1,043-1,543) \mu\text{g/g}$, sedangkan pada sampel tumbuhan kadar logam berat meliputi Co-59 $(0,075-0,896) \mu\text{g/g}$, Zn-64 $(10,324) \mu\text{g/g}$, Fe-58 $(212,755-2327,210) \mu\text{g/g}$, dan Cr-50 $(0,480-0,754) \mu\text{g/g}$.

Kadar Zn dan Cr yang terdeteksi di seluruh lokasi belum melebihi ambang batas yang telah ditetapkan, sedangkan Co, Fe, Mg dan sampel tumbuhan belum ditetapkan ambang batasnya.

Distribusi logam berat Co-59, Zn-64, Fe-58, Cr-50 dan Mg-26 pada sampel sedimen di Sungai

Hasil penelitian ini menunjukkan beberapa logam berat juga terdeteksi pada sampel tumbuhan di sekitar Sungai Kaligarang, sehingga untuk mengurangi cemaran logam berat selain melalui Program Kali Bersih (Prokasih), pemerintah terkait perlu melakukan penanaman tumbuhan yang tidak untuk dikonsumsi di sekitar sungai. Jenis tumbuhan yang dapat digunakan untuk menyerap logam berat di perairan sungai adalah Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*). Bagian dinding permukaan akar, batang dan daunnya memiliki lapisan yang sangat peka sehingga pada kedalaman yang ekstrem sampai 8 meter di bawah permukaan air masih mampu menyerap sinar matahari serta zat-zat yang larut di bawah permukaan air (Ratnani, 2012). Eceng gondok dengan luas 75% dari luas permukaan air mampu menyerap logam berat secara optimum (Lestari, 2011). Selain sebagai penyerap logam berat di perairan sungai, Eceng Gondok juga dapat dimanfaatkan untuk berbagai kerajinan yang bernilai ekonomis. Sengon juga dapat digunakan sebagai penyerap logam berat selain Eceng Gondok. Sengon mampu menurunkan konsentrasi Pb, Zn dan Cu sebesar 5% (Rossiana, 2004).

Kaligarang tersebar di semua lokasi pengambilan sampel, kecuali Zn-64 dan Mg-26 tidak terdeteksi pada lokasi 1, sedangkan pada sampel tumbuhan, hanya Co-59 dan Fe-58 yang terdistribusi di seluruh lokasi.

Tumbuhan di tepi Sungai Kaligarang mengandung logam berat, sehingga disarankan untuk tidak menanam tumbuhan yang untuk dikonsumsi.

Air Sungai Kaligarang digunakan sebagai air baku PDAM Kota Semarang sehingga disarankan untuk menanam tumbuhan yang tidak dikonsumsi di tepi sungai untuk menyerap logam berat.

Pengambilan air sungai yang akan dimanfaatkan sebagai air baku PDAM Kota

Semarang harus dilakukan secara hati-hati agar tidak terkontaminasi sedimen, karena hasil penelitian menunjukkan beberapa jenis logam berat terdeteksi pada sedimen Sungai Kaligarang.

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan pada musim penghujan, sehingga perlu dilakukan penelitian serupa pada musim kemarau sebagai pembanding.

DAFTAR PUSTAKA

- Andarani, P. dan D. Roosmini. 2009. *Profil Pencemaran Logam Berat (Cu,Cr, dan Zn) pada Air Permukaan dan Sedimen di Sekitar PT.X (Sungai Cikijing)*. Bandung : Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB.
- BPS Kota Semarang. 2015. *Kota Semarang dalam Angka 2015*. Semarang : BPS Kota Semarang.
- Dewi, N.K., F.F. Perdhana, A. Yuniastuti. 2012. Paparan Seng Di Perairan Kaligarang Terhadap Ekspresi Zn-Thionein dan Konsentrasi Seng Pada Hati Ikan Mas. *Jurnal MIPA*, 35(2) : 108-115.
- Eshmat, M.E., G.Mahasri dan B.S. Rahardja. 2014. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Perna Viridis* L.) di Perairan Ngemboh Kabupaten Gresik Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, Vol. 6 No. 1, April 2014.
- Grober, U., J. Schmidt dan K. Kisters. 2015. Magnesium in Prevention and Therapy. *Nutrients*, 8199-8226; doi:10.3390/nu7095388.
- Kacaribu, Kumpulan. 2008. Tesis. *Kandungan Kadar Seng (Zn) dan Besi (Fe) dalam Air Minum dari Depot Air Minum Isi Ulang Air Pegunungan Sibolangit di Kota Medan*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Lestari S., S. Santoso Dan S. Anggorowati. 2011. Efektivitas Eceng Gondok (*Echhornia Crassipes*) Dalam Penyerapan Kadmium (Cd) Pada *Leachate* TPA Gunung Tugel. *Molekul*, Vol. 6. No. 1.
- Marlena, Bekti. 2012. *Kajian Pengelolaan DAS Kaligarang Untuk Memenuhi Kualitas Air Sesuai Dengan Peruntukannya*. Tesis. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Mireles F., J.L. Pinedo, J.I. Davila, J.E. Oliva, R.J. Speakman, M.D. Glascock. 2011. Assessing sediment pollution from the Julian Adame-Alatorre dam by instrumental neutron activation analysis. *Microchemical Journal*, 99 (2011) 20–25.
- Purwandhani, Ayu Setyo. 2007. *Metode AANC (Analisis Aktivasi Neutron Cepat) untuk Penentuan Distribusi Logam pada Cuplikan Air di Sungai Kaligarang*. Skripsi. Semarang : Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang.
- Ratnani, R.D. 2012. Kemampuan Kombinasi Eceng Gondok Dan Lumpur Aktif Untuk Menurunkan Pencemaran Pada Limbah Cair Industri Tahu. *Momentum*, Vol. 8, No. 1, April 2012 : 1- 5.
- Rossiana, Nia. 2004. *Penurunan Kandungan Logam Berat dan Pertumbuhan Tanaman Sengon (Paraserianthes Falcataria L (Nielsen) Bermikoriza dalam Medium Limbah Lumpur Minyak Hasil Ekstraksi*. Bandung : Universitas Padjajaran.
- Setyawan, Ustadz. 2009. Skripsi. *Identifikasi Unsur yang Terkandung pada Tanaman di Bantaran Sungai Gajahwong Yogyakarta dengan Metode AANC (Analisis Aktivasi Neutron Cepat)*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Susanti, H., A. Arman dan Yariantio SBS. 2009. Kandungan Logam Berat (co, Cr, Cs, As, Sc, dan Fe) dalam Sedimen di Kawasan Pesisir Semenanjung Muria. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, Vol.11 No.1, Juni 2009.

- St Lawrence Plan. 2008. *Criteria for the Assesment of Sediment Quality in Quebec and Aplication Farmeworks : Prevention, Dredging and Remediation*. Canada : Minister of the Environment.
- Wijayanti, Atika. 2010. *Penentuan Kandungan Unsur-unsur dalam Limbah Buangan Pertamina Cilacap dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron (AAN)*. Skripsi. Yogyakarta : FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Yulianti, D. dan Sunardi. 2009. Identifikasi Pencemaran Logam pada Sungai Kaligarang dengan Metode Analisis Aktivasi Netron Cepat (AANC). *Saintekno*, Vol. 8 No. 1.