

**ANALISIS KONSENTRASI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN KADMIUM (Cd)
DI SUNGAI SILANDAK, SEMARANG**

Heavy Metal Lead (Pb) and Cadmium (Cd) Concentration Analysis in Silandak River, Semarang

Nisrina Nurfitriah Hanifah, Siti Rudiyaniti*), Churun Ain

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Departemen Sumberdaya Akuatik
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah – 50275, Telp/Fax. +6224 7474698
Email : nisrinanurfitriah@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Silandak terletak di Kota Semarang, Jawa Tengah yang menerima limbah dari hasil kegiatan transportasi, industri dan domestik masyarakat sekitar. Limbah tersebut mengandung logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) yang mengalami perubahan konsentrasi disebabkan oleh berbagai faktor, salah satunya curah hujan. Curah hujan menyebabkan debit air menjadi lebih tinggi sehingga terjadi proses pengenceran konsentrasi pada badan perairan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi Pb dan Cd yang kemudian dibandingkan dengan baku mutu lingkungan, perbedaan konsentrasi Pb dan Cd pada Bulan Oktober – Desember 2018 serta hubungan debit air dengan konsentrasi Pb dan Cd. Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei dengan teknik sampling *purposive sampling*. Pengambilan sampel dilakukan empat kali (pada Oktober – Desember 2018) di lima stasiun. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi Pb = 0,03 – 0,003 mg/l dan Cd = 0,001 – 0,005 mg/l. Konsentrasi tersebut berada di bawah baku mutu lingkungan menurut PP No. 82 Tahun 2001 (Pb < 0,03 mg/l dan Cd < 0,01 mg/l) namun beberapa masih berada di atas baku mutu lingkungan menurut Kepmen LH No. 51 Tahun 2004 (Pb > 0,008 mg/l dan Cd > 0,001 mg/l). Terdapat perbedaan konsentrasi Pb dan Cd pada Bulan Oktober – Desember 2018, (Sig. < 0,05) Pb = 0,048 dan Cd = 0,037. Debit air dengan konsentrasi Pb dan Cd menunjukkan hubungan yang cukup erat, Pb (R = 0,576) dan Cd (R = 0,563).

Kata kunci: Timbal; Kadmium; Sungai Silandak; Debit Air

ABSTRACT

The Silandak River is located in Semarang City, Central Java, that receives a lot of waste from the transportation, industrial, and local's (domestic) activities. These waste contained the heavy metal Lead (Pb) and Cadmium (Cd), that concentration in waters caused by many factors, one of which is rainfall. Rainfall caused a rise in water discharge and causes a dilution of concentration in the waters. The purpose are to identify Pb and Cd concentration that will be compared with the quality of the environment, the difference of Pb and Cd concentration in October – December 2018, and also the correlation of water discharge with Pb and Cd concentration. The survey method was used in this study with purposive sampling for the sampling method. The sampling was done four times (in October – December 2018) at five stations. The result showed concentration of Pb = 0,03 – 0,003 mg/l and Cd = 0,001 – 0,005 mg/l. The concentration are below the quality standards according to The Government Regulation No. 82, Year 2001 (Pb < 0,03 mg/l and Cd < 0,01 mg/l), but some are still above the quality standards according to Minister of Environment Decree No. 51, Year 2004 (Pb > 0,008 mg/l dan Cd > 0,001 mg/l). There is a difference in the Pb and Cd concentration on October – December 2018, (Sig. < 0,05) Pb = 0,048 and Cd = 0,037. The water discharge and the concentration of Pb (R = 0,576) and Cd (R = 0,563) showed a quite strong relationship.

Keywords: Lead; Cadmium; Silandak River; Water Discharge

*) Penulis penanggungjawab

1. PENDAHULUAN

Sungai Silandak terletak di kawasan perkotaan Semarang yang ramai akan kegiatan manusia. Kegiatan seperti transportasi, industri, maupun domestik secara langsung dan tidak langsung berdampak pada pencemaran lingkungan, khususnya sungai (Yudo, 2006). Sungai Silandak menerima limbah dari kegiatan industri plastik dan kegiatan rumah tangga yang dialirkan ke perairan. Sungai Silandak juga merupakan sungai penampungan terakhir dari sistem drainase perkotaan Semarang (Ardi *et al.*, 2016). Kondisi tersebut membuat Sungai Silandak menjadi rawan akan pencemaran.

Diantara kontaminan anorganik dari air sungai, logam berat menjadi hal penting yang harus diwaspadai karena sifatnya yang tidak terdegradasi dan sering terakumulasi melalui tingkat tropis yang menyebabkan efek biologis yang buruk (Aktar *et al.*, 2010). Logam berat tersebut banyak digunakan untuk berbagai keperluan manusia sehari-hari,

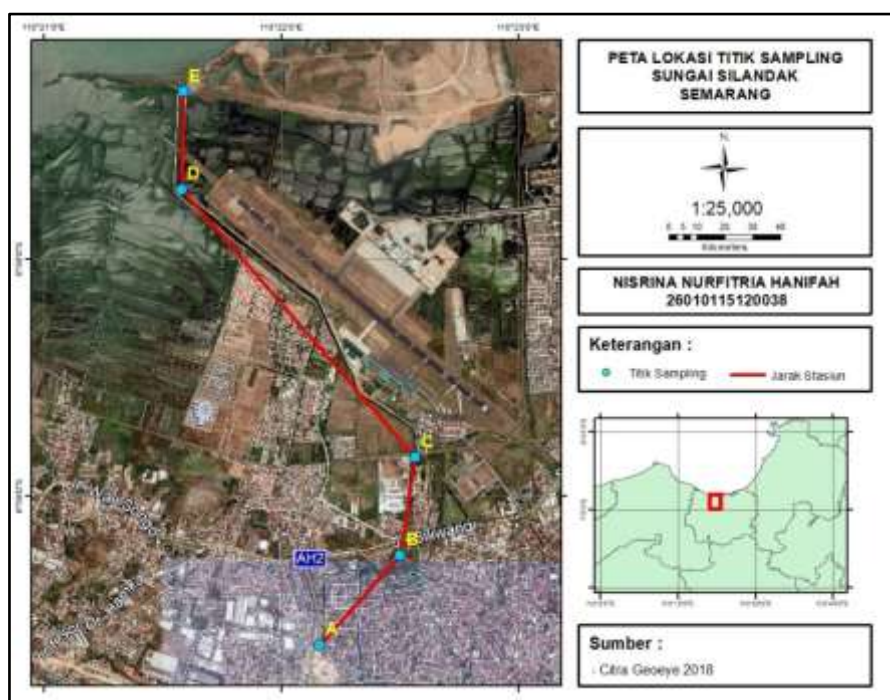
sehingga diproduksi dalam skala industri yang semakin mencemari lingkungan (Fardiaz, 1998). Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) merupakan contoh golongan logam berat dengan daya toksisitas yang tinggi.

Konsentrasi Pb dan Cd di perairan tidaklah konstan karena dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya intensitas curah hujan. Curah hujan yang tinggi identik dengan meningkatnya debit air yang dapat mempercepat terjadinya proses purifikasi. Debit merupakan faktor pengencer, semakin tinggi debit yang melewati aliran sungai semakin menurunkan konsentrasi logam berat yang terlarut (Rahman *et al.*, 2012). Debit air sungai yang menurun, menimbulkan pemekatan konsentrasi polutan di dalam air (Mulyaningsih *et al.*, 2012).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi Pb dan Cd yang dibandingkan dengan baku mutu lingkungan, ada atau tidaknya perbedaan konsentrasi Pb dan Cd pada Bulan Oktober – Desember, serta hubungan debit air dengan konsentrasi Pb dan Cd.

2. MATERI DAN METODE PENELITIAN

Materi yang digunakan dalam pengukuran konsentrasi logam berat Pb dan Cd di Sungai Silandak adalah sampel air, serta pengamatan terhadap kualitas air yang meliputi parameter fisika dan kimia yang diambil dari lokasi *sampling*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Teknik pengambilan sampel air dilakukan dengan metode *Composite Area Integrated* di lima stasiun pengamatan (Gambar 1), selanjutnya dilakukan analisa di laboratorium. Metode *sampling* yang digunakan adalah *Purposuve Sampling*.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Uji Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd)

Sampel air ditempatkan pada botol plastik ± 600 ml, dimasukkan ke dalam *coolbox* untuk menjaga kualitasnya. Sampel air dianalisis konsentrasi Pb dan Cd di laboratorium Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI), Semarang. Prosedur pengukuran konsentrasi Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada sampel air mengacu pada *Standard Method American Public Health Association (APHA) 22nd*, 3111.C:2012 dan 3111.B:2012 tentang perlakuan contoh air untuk analisis logam (pengukuran kadar logam terlarut) dengan spektrofotometer AAS (*Atomic Absorption Spectrometers*) dengan merk *Agilent Technologies 200 Series AA Ultra UV*. Batas limit deteksi hingga nilai Pb < 0,003 dan Cd < 0,001 dengan satuan mg/l. Hasil analisis yang diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu lingkungan menurut PP No. 82 Tahun 2001 untuk air tawar dan Kepmen LH No. 51 Tahun 2004 untuk air bersalinitas tinggi.

Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *One-Way Anova* yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan konsentrasi Pb dan Cd pada Bulan Oktober – Desember 2018.

Hipotesis untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan konsentrasi Pb pada Bulan Oktober – Desember 2018 adalah sebagai berikut:

Ho : Tidak terdapat perbedaan signifikan konsentrasi Pb pada Bulan Oktober, November dan Desember.

H1 : Terdapat perbedaan signifikan konsentrasi Pb pada Bulan Oktober, November dan Desember.

Sedangkan hipotesis untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan konsentrasi Cd pada Bulan Oktober – Desember 2018 adalah sebagai berikut:

Ho : Tidak terdapat perbedaan signifikan konsentrasi Cd pada Bulan Oktober, November dan Desember.

H1 : Terdapat perbedaan signifikan konsentrasi Cd pada Bulan Oktober, November dan Desember.

Analisis selanjutnya menggunakan Korelasi *Pearson*, yang digunakan untuk mengetahui seberapa erat hubungan dan pengaruh debit air terhadap konsentrasi Pb dan Cd.

Hipotesis untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara debit air dengan konsentrasi Pb adalah sebagai berikut:

Ho : Tidak terdapat hubungan antara debit air dengan konsentrasi Pb.

H1 : Terdapat hubungan antara debit air dengan konsentrasi Pb.

Sedangkan hipotesis untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara debit air dengan konsentrasi Cd adalah sebagai berikut:

Ho : Tidak terdapat hubungan antara debit air dengan konsentrasi Cd.

H1 : Terdapat hubungan antara debit air dengan konsentrasi Cd.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Pengukuran Variabel Fisika dan Kimia Air

Berdasarkan hasil pengukuran parameter fisika dan kimia perairan pada Sungai Silandak, diperoleh suhu air berkisar antara 30 – 32°C, kecerahan berkisar pada angka 13 – 70 cm, sedangkan salinitas berkisar antara 5 – 23‰. Rata-rata angka debit air yang diperoleh antara 0,17 – 1,25 m³/s. Angka pH yang diperoleh berkisar antara 7 – 8, sedangkan DO air memiliki kisaran rata-rata 6,15 – 11,67 mg/l dan rata-rata angka kesadahan berkisar antara 245 – 910 mg/l.

Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd)

Hasil pengukuran logam berat Timbal (Pb) terlarut dari empat kali pengulangan sampling pada setiap stasiun pengamatan dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Konsentrasi Logam Berat Pb Terlarut di Sungai Silandak

| Logam Berat | Pengulangan | Konsentrasi Logam Berat (mg/l) pada Stasiun | | | | |
|------------------|-------------|---|---------|---------|---------|---------|
| | | A | B | C | D | E |
| Timbal (Pb) | Oktober | < 0,030 | < 0,030 | < 0,030 | < 0,030 | < 0,030 |
| | November | < 0,030 | < 0,030 | < 0,030 | < 0,030 | < 0,030 |
| | Desember I | < 0,030 | < 0,030 | < 0,030 | < 0,003 | 0,003 |
| | Desember II | < 0,030 | < 0,030 | < 0,030 | < 0,003 | < 0,003 |
| Baku Mutu (mg/l) | | 0,03* | | | 0,008** | |

Sumber : Penelitian Oktober – Desember 2018.

*Baku Mutu Logam Berat Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 82 Tahun 2001.

**Baku Mutu Air untuk Biota Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004.

Berdasarkan data hasil pengukuran logam berat Pb di lima stasiun diperoleh angka logam Pb 0,003 – 0,03 mg/l. Angka konsentrasi terendah diperoleh pada stasiun D dan E saat pengulangan Desember I dan Desember II. Konsentrasi logam berat Pb pada stasiun A – D tidak melebihi baku mutu menurut PP. No. 82 Tahun 2001 (< 0,03 mg/l), namun pada stasiun E pengulangan Oktober dan November konsentrasi logam berat Pb melebihi baku mutu menurut Kepmen LH No. 51 Tahun 2004 (> 0,008 mg/l).

Hasil pengukuran logam berat Kadmium (Cd) terlarut dari empat kali pengulangan sampling pada setiap stasiun pengamatan dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Konsentrasi Logam Berat Cd Terlarut di Sungai Silandak

| Logam Berat | Pengulangan | Konsentrasi Logam Berat (mg/l) pada Stasiun | | | | |
|------------------|-------------|---|---------|---------|---------|---------|
| | | A | B | C | D | E |
| Kadmium (Cd) | Oktober | < 0,004 | < 0,004 | < 0,004 | < 0,004 | < 0,004 |
| | November | < 0,004 | < 0,004 | < 0,004 | < 0,004 | < 0,004 |
| | Desember I | 0,004 | 0,004 | 0,005 | < 0,001 | < 0,001 |
| | Desember II | < 0,004 | < 0,004 | < 0,004 | < 0,001 | < 0,001 |
| Baku Mutu (mg/l) | | 0,01* | | | 0,001** | |

Sumber : Penelitian Oktober – Desember 2018.

*Baku Mutu Logam Berat Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 82 Tahun 2001.

**Baku Mutu Air untuk Biota Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004.

Berdasarkan data hasil pengukuran logam berat Cd di lima stasiun diperoleh angka logam Cd 0,001 – 0,005 mg/l. Angka konsentrasi terendah diperoleh pada stasiun D dan E saat pengulangan Desember I dan Desember II. Konsentrasi logam berat Cd pada stasiun A – D tidak melebihi baku mutu menurut PP. No. 82 Tahun 2001 ($< 0,01$ mg/l), namun pada stasiun E pengulangan Oktober dan November konsentrasi logam berat Cd melebihi baku mutu menurut Kepmen LH No. 51 Tahun 2004 ($> 0,001$ mg/l).

Perbedaan Konsentrasi Logam Berat pada Bulan Oktober – Desember 2018

Analisis *One-Way Anova* digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan konsentrasi logam berat Pb dan Cd pada Bulan Oktober – Desember. Hasil analisis perbedaan konsentrasi logam Pb pada Bulan Oktober – Desember dapat dilihat pada Tabel 3, sedangkan analisis terhadap logam Cd dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 3. Analisis Uji *One-Way Anova* Konsentrasi Logam Pb pada Bulan Oktober – Desember 2018

| ANOVA | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| Timbal (Pb) | | | | | |
| | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | ,000 | 2 | ,000 | 3,970 | ,048 |
| Within Groups | ,000 | 12 | ,000 | | |
| Total | ,000 | 14 | | | |

Sumber : Uji *One-Way Anova* SPSS 20 Statistik.

Berdasarkan hasil analisis *One-Way Anova* dengan menggunakan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) yang dilihat dengan angka signifikansi (Sig.) menunjukkan adanya perbedaan signifikan konsentrasi Pb pada Bulan Oktober – Desember atau tolak H_0 dan terima H_1 . Hal ini disebabkan angka signifikansi yang didapatkan sebesar 0,048 kurang dari $\alpha = 0,05$.

Tabel 4. Analisis Uji *One-Way Anova* Konsentrasi Logam Cd pada Bulan Oktober – Desember 2018

| ANOVA | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| Kadmium (Cd) | | | | | |
| | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | ,000 | 2 | ,000 | 4,381 | ,037 |
| Within Groups | ,000 | 12 | ,000 | | |
| Total | ,000 | 14 | | | |

Sumber : Uji *One-Way Anova* SPSS 20 Statistik.

Berdasarkan hasil analisis *One-Way Anova* dengan menggunakan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) yang dilihat dengan angka signifikansi (Sig.) menunjukkan adanya perbedaan signifikan konsentrasi Cd pada Bulan Oktober – Desember atau tolak H_0 dan terima H_1 . Hal ini disebabkan angka signifikansi yang didapatkan sebesar 0,037 kurang dari $\alpha = 0,05$.

Hubungan Debit Air dengan Konsentrasi Pb dan Cd

Analisis Korelasi *Pearson* digunakan untuk mengetahui hubungan antara debit air dengan konsentrasi logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd). Hasil yang diperoleh dari analisis korelasi dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 5. Analisis Uji Korelasi *Pearson* Debit Air dengan Konsentrasi Pb dan Cd

| Analisis Uji | Korelasi | Determinasi | Signifikansi α |
|---------------------------|----------|----------------|-----------------------|
| | R | R ² | 0,05 (95%) |
| Debit air dengan Logam Pb | 0,576 | 0,331 | 0,008 |
| Debit air dengan Logam Cd | 0,563 | 0,317 | 0,010 |

Sumber : Uji Korelasi *Pearson* SPSS 20 Statistik.

Berdasarkan hasil analisis korelasi dengan menggunakan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) yang dilihat dengan angka signifikansi (Sig.), angka korelasi (R) sebesar 0,576 menunjukkan adanya keeratan hubungan yang tergolong sedang antara debit air dengan konsentrasi logam Pb. Angka koefisien determinasi (R²) sebesar 0,331 yang menunjukkan sebesar 33,1% konsentrasi logam Pb dipengaruhi oleh debit air. Signifikansi sebesar 0,008 ($\alpha = 0,05$), mengartikan bahwa debit air memiliki hubungan dengan konsentrasi logam Pb.

Berdasarkan hasil analisis korelasi dengan menggunakan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) yang dilihat dengan angka signifikansi (Sig.), angka korelasi (R) sebesar 0,563 menunjukkan adanya keeratan hubungan yang tergolong sedang antara debit air dengan konsentrasi logam Cd. Angka koefisien determinasi (R²) sebesar 0,317 yang menunjukkan sebesar 31,7% konsentrasi logam Cd dipengaruhi oleh debit air. Signifikansi sebesar 0,01 ($\alpha = 0,05$) mengartikan bahwa debit air memiliki hubungan dengan konsentrasi logam Cd.

PEMBAHASAN

Dinamika Lingkungan Sungai Silandak

Sungai merupakan ekosistem yang selalu mengalami perubahan karena setiap bagiannya memiliki karakteristik yang berbeda. Karakteristik Sungai Silandak bagian hulu adalah lebar segmen yang sempit dengan debit air yang kecil, sedangkan hilir memiliki lebar segmen yang luas dengan debit air yang deras. Menurut Putra (2014), aliran sungai sangat berfluktuasi dari waktu ke waktu dan dari tempat ke tempat. Beberapa variabel penting dalam dinamika sungai adalah debit air, kecepatan, *gradient*, muatan sedimen, dan *base level*. Semakin tinggi kecepatan aliran dan luas area penampang saluran, maka semakin besar pula debit yang dihasilkan.

Selain lebar segmen dan debit air, sedimentasi pada dasar sungai pun ikut mempengaruhi dinamika lingkungan yang terjadi. Semakin ke hilir, sedimen yang menumpuk pada dasar akan semakin tinggi. Menurut Robert (2003), aliran air pada bagian hilir akan diperlambat oleh sedimen yang cenderung membatasi percepatan aliran secara signifikan. Kekuatan aliran sangat erat kaitannya dengan proses transportasi sedimen. Sedimentasi menyebabkan air semakin keruh dan menyempitnya sempadan sungai (Farid, 2016). Hal ini disebabkan oleh perubahan tata guna lahan sehingga *run off volume* pun besar (Sudira dan Tiny, 2013).

Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd)

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi logam berat Timbal (Pb) yang diperoleh pada kelima stasiun berkisar antara 0,003 – 0,03 mg/l dan untuk logam berat Kadmium (Cd) berkisar antara 0,001 – 0,005 mg/l. Tinggi rendahnya konsentrasi logam berat di Sungai Silandak disebabkan karena kegiatan domestik masyarakat, pabrik industri dan kegiatan transportasi. Menurut Azhar *et al.* (2012) bahwa sumber kontaminan logam Pb terbesar adalah bensin beraditif timbal untuk bahan bakar kendaraan bermotor dan kegiatan pertanian. Sedangkan logam Cd yang ada di alam berasal dari limbah industri logam, plastik, cat, pupuk dan minyak. Menurut Islam *et al.* (2010) bahwa *input* antropogenik, seperti kegiatan industrialisasi, urbanisasi, dan pengendapan limbah industri merupakan kontributor utama dalam pengayaan logam di dalam air.

Konsentrasi logam berat Pb dan Cd terkecil diperoleh saat pengulangan Desember I dan Desember II pada stasiun D dan E yang berada di dekat muara sungai. Konsentrasi logam berat Pb yang didapatkan adalah 0,003 mg/l dan Cd sebanyak 0,001 mg/l. Partikel logam tersebut lebih cepat terdistribusi ke laut dibandingkan saat musim kemarau. Lokasi di muara sungai juga menyebabkan adanya perubahan salinitas sehingga partikel logam mengendap ke dasar sedimen. Menurut Chester *dalam* Maslukah (2006), peningkatan salinitas, kekuatan tarik menarik antar partikel menjadi lebih kuat, sehingga saat partikel bertabrakan akan membentuk gumpalan. Terbentuknya gumpalan ini memungkinkan terjadinya pengendapan di dasar perairan estuari. Menurut Karbassi *et al.* (2014), unsur terlarut berubah ke fase partikulat karena mekanisme flokulasi selama percampuran air sungai dan air laut di estuari. Proses flokulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti stabilitas koloid, sifat permukaan, salinitas, dan pH.

Konsentrasi logam berat Pb dan Cd pada stasiun D dan E memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan stasiun A, B dan C. Hal tersebut dikarenakan faktor kedalaman dan vegetasi ikut mempengaruhi konsentrasi logam berat yang terlarut dalam air. Stasiun D dan E memiliki kedalaman yang cukup tinggi dan di sepadan sungainya banyak ditumbuhi tanaman mangrove. Menurut Maslukah (2013), perairan yang dangkal menyebabkan proses resuspensi sedimennya menjadi lebih tinggi, sehingga diduga logam berat yang ada dalam sedimen terlepas ke kolom perairan. Menurut Setiawan (2014), vegetasi mangrove secara tidak langsung sangat berperan dalam mengurangi konsentrasi logam berat dalam perairan. Tumbuhan mangrove mempunyai kapasitas sebagai pendukung kehidupan makroorganisme pengurai limbah. Keberadaannya di perairan yang tercemar dapat memperluas area melekatnya mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang.

Perbedaan Konsentrasi Logam Berat pada Bulan Oktober – Desember 2018

Hasil Uji *One-Way Anova* dengan nilai Sig. (< 0,05) yaitu Pb = 0,048 dan Cd = 0,037 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan konsentrasi logam berat Pb dan Cd pada Bulan Oktober – Desember. Hal tersebut sesuai dengan hasil uji konsentrasi logam berat Pb dan Cd yang mengalami penurunan saat pengulangan Desember I dan Desember II yang disebabkan adanya pengenceran dari air hujan sehingga logam berat tidak tertumpuk pada badan perairan. Menurut Puryanti dan Susi (2012), musim juga turut berpengaruh terhadap konsentrasi, dimana pada musim penghujan konsentrasi logam berat cenderung lebih rendah karena terencerkan oleh air hujan. Menurut Istighfarini *et al.* (2017), pada musim kemarau kandungan logam akan lebih tinggi karena logam menjadi terkonsentrasi. Menurut Whitehead *et al.* (2009), pada musim panas konsentrasi polutan meningkat saat aliran debit air menurun. Hal tersebut merupakan dampak dari berkurangnya proses pengenceran alami.

Selain curah hujan, pasang surut air laut dan arus juga mempengaruhi konsentrasi Pb dan Cd. Pada stasiun D dan E yang terletak di dekat muara sungai memungkinkan Pb dan Cd lebih cepat terdistribusikan, sehingga nilai yang didapatkan lebih rendah. Menurut Firmansyah *et al.* (2013) bahwa logam berat akan bercampur di perairan melalui proses adsorpsi, emulsi dan pengenceran sebelum mengendap dalam substrat dasar. Penurunan kandungan logam berat pada air di suatu lokasi bisa berubah karena pengaruh hidrodinamika perairan tersebut, seperti arus, pasang surut dan gelombang. Musim kemarau memiliki volume air sungai di wilayah hulu rendah, sehingga terjadi proses pemekatan kandungan buangan limbah dalam air sungai. Sebaliknya pada Bulan Desember masuk pada musim penghujan atau musim barat volume airnya bertambah.

Hubungan Debit Air dengan Konsentrasi Pb dan Cd

Hasil Uji Korelasi *Pearson* logam berat Pb dengan nilai $R = 0,576$ mengartikan bahwa keeratan hubungan antara debit air dengan konsentrasi logam berat Pb tergolong sedang. Nilai $R^2 = 0,331$, mengartikan bahwa sebesar 33,1% konsentrasi logam berat Pb dipengaruhi oleh debit air, sedangkan 66,9% dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai Sig. ($< 0,05$) yang didapatkan sebesar 0,008 menandakan bahwa terdapat hubungan antara debit air dengan konsentrasi logam berat Pb. Hal tersebut sesuai dengan rata-rata hasil uji konsentrasi logam berat Pb di pengulangan Desember I dan Desember II yang memiliki nilai terendah dengan nilai debit air yang semakin besar. Menurut Effendi (2003) bahwa dengan meningkatnya debit, kadar bahan-bahan alam yang terlarut ke suatu badan air akibat erosi meningkat secara eksponensial. Namun, konsentrasi bahan-bahan antropogenik yang memasuki badan air tersebut mengalami penurunan karena terjadi proses pengenceran. Menurut Maddusa dan Afnal (2016), pada saat debit air besar maka konsentrasi zat pencemar semakin kecil karena adanya pengenceran saat peningkatan curah hujan.

Berbanding lurus dengan logam berat Cd, hasil Uji Korelasi *Pearson* logam berat Cd dengan nilai $R = 0,563$ mengartikan bahwa keeratan hubungan antara debit air dengan konsentrasi logam berat Cd tergolong sedang. Nilai $R^2 = 0,317$, mengartikan bahwa sebesar 31,7% konsentrasi logam berat Cd dipengaruhi oleh debit air, sedangkan 68,3% dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai Sig. ($< 0,05$) yang didapatkan sebesar 0,01 menandakan bahwa terdapat hubungan antara debit air dengan konsentrasi logam berat Cd. Bukan hanya debit air yang mempengaruhi konsentrasi logam berat, melainkan aspek fisika kimia perairan juga ikut berkontribusi. Hal ini diperkuat oleh Pratiwi *et al.* (2013) bahwa gabungan suhu air dan salinitas dapat mempengaruhi tingkat akumulasi logam. Peningkatan suhu perairan cenderung akan menaikkan akumulasi logam berat. Salinitas yang rendah akan mengalami peningkatan konsentrasi ion logam berat pada perairan dan menyebabkan penurunan pembentukan ion klorida. Keberadaan logam berat dalam air juga dipengaruhi oleh pola arus, karena dapat menyebabkan logam berat yang terlarut dalam air menuju ke segala arah. Toksisitas logam berat juga dipengaruhi oleh pH. Rendahnya nilai pH akan menyebabkan logam lebih mudah terlarut.

Kesesuaian Konsentrasi Logam Berat dengan Baku Mutu

Konsentrasi logam berat Pb yang didapatkan adalah berkisar antara 0,003 – 0,03 mg/l. Nilai tersebut tidak melebihi baku mutu menurut PP No. 82 Tahun 2001 yaitu $< 0,03$ mg/l. Hal ini berbanding lurus dengan hasil konsentrasi logam berat Cd yang didapatkan di bawah baku mutu pada stasiun A – D yaitu berkisar antara 0,001 – 0,005 mg/l ($< 0,01$ mg/l). Namun pada stasiun E saat pengulangan Oktober dan November nilai konsentrasi Pb dan Cd berada di atas baku mutu menurut Kepmen LH No. 51 Tahun 2004 yaitu $Pb > 0,008$ mg/l dan $Cd > 0,001$ mg/l. Hasil tersebut menunjukkan perlu adanya pengawasan berkala, dikarenakan konsentrasi logam berat yang terkandung dalam badan perairan melebihi batas yang diperbolehkan akan membahayakan organisme maupun manusia yang memanfaatkan air tersebut. Menurut Jaishankar *et al.* (2014), logam berat sangat penting untuk mempertahankan berbagai fungsi biokimia dan fisiologis dalam organisme hidup ketika dalam konsentrasi yang sangat rendah, namun akan menjadi berbahaya ketika sudah melebihi ambang batas tertentu. Logam berat tersebut berikatan dengan situs protein yang tidak seharusnya dimasuki, kemudian logam asli dari situs ikatan alamnya terpindahkan yang menyebabkan kerusakan sel. Menurut Govind dan Madhuri (2014), logam berat yang terakumulasi dalam tubuh organisme hidup akan lebih mudah tersimpan dibandingkan dengan dipecah atau diekskresikan. Logam berat Pb dan Cd masuk ke dalam logam yang paling beracun bagi organisme. Logam berat tersebut akan berikatan dengan enzim dan protein spesifik yang diperlukan untuk fungsi seluler, dan karenanya bersaing dengan zat penting lainnya untuk pemeliharaan dan fungsi sel yang berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa, nilai konsentrasi logam berat Timbal (Pb) berkisar antara 0,003 – 0,03 mg/l. Konsentrasi logam berat Kadmium (Cd) berkisar antara 0,001 – 0,005 mg/l. Konsentrasi tersebut berada di bawah baku mutu lingkungan menurut PP No. 82 Tahun 2001, namun terdapat beberapa konsentrasi yang di atas baku mutu lingkungan menurut Kepmen LH No. 51 Tahun 2004. Terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi logam berat Pb dan Cd pada Bulan Oktober – Desember 2018, dan juga terdapat hubungan yang cukup erat antara debit air dengan konsentrasi logam berat Pb dan Cd.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Haeruddin, M.Si dan Dra. Niniek Widyorini, M.S atas segala kritik dan saran yang diberikan dalam hasil penelitian ini, serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aktar, M. W., M. Paramasivam, M. Ganguly, S. Purkait, and D. Sengupta. 2010. *Assessment and Occurrence of Various Heavy Metals in Surface Water of Ganga River Around Kolkata: A Study for Toxicity and Ecological Impact. Environ Monit Assess.*, 160: 207-213.
- Ardi, H., S. Rudiyantri dan B. Sulardiono. 2016. Hubungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Terlarut dengan Kelimpahan Fitoplankton di Sungai Silandak Semarang. *Diponegoro Journal of Maquares.*, 5(4): 388-397.

- Azhar, H., I. Widowati dan J. Suprijanto. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Cd, Cr pada Kerang Sumping (*Amusium pleuronectes*), Air dan Sedimen di Perairan Wedung, Demak serta Analisis *Maximum Tolerable Intake* pada Manusia. *Journal of Marine Research.*, 1(2): 35-44.
- Baku Mutu Air Laut untuk Biota Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air. Kanisius, Yogyakarta, 258 hlm
- Fardiaz, S. 1998. Polusi Air dan Udara. Kanisius, Yogyakarta, 152 hlm.
- Farid, A. 2016. Studi Kasus Permasalahan dan Pengelolaan Sempadan Sungai Brantas. *Jurnal Agriment.*, 1(1): 1-4.
- Firmansyah, D., B. Yulianto dan S. Sedjati. 2013. Studi Kandungan Logam Berat Besi (Fe) dalam Air, Sedimen dan Jaringan Lunak Kerang Darah (*Anadara granosa Linn*) di Sungai Morosari dan Sungai Gonjol Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research.*, 2(2): 45-54.
- Govind, P. and M. Suri. 2014. *Heavy Metals Causing Toxicity in Animals and Fishes. Res. J. Animal, Veterinary and Fishery Sci.*, 2(2): 17-23.
- Islam, M. S., M. K. Ahmed, M. Raknuzzaman, M. H. A. Mamun, and M. K. Islam. 2015. *Heavy Metal Pollution in Surface Water and Sediment: a Preliminary Assessment of an Urban River in a Developing Country. Ecological Indicators.*, 48: 282-291.
- Istighfarini, S. A. E., S. Daud dan Edward. 2017. Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe pada Air Gambut. *Jom FTEKNIK.*, 4(1): 1-8.
- Jaishankar, M., T. Tseten, N. Anbalagan, B. B. Mathew, and K. N. Beeregowda. 2014. *Toxicity, Mechanism and Health Effects of Some Heavy Metals. Interdiscrip Toxicol.*, 7(2): 60-72.
- Karbassi, A. R., M. Heidari, A. R. Vaezi, A. R. V. Samani, M. Fakhraee, and F. Heidari. 2014. *Effect of pH and Salinity on Flocculation Process of Heavy Metals during Mixing of Aras River Water with Caspian Water. Environ Earth Sci.*, 72(2): 457-465.
- Maddusa, S. S. dan A. Asrifuddin. 2016. Studi Kandungan Kadmium (Cd) pada Biota, Sedimen dan Air pada Sungai Pangkajene Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep. *Jurnal Paradigma Sehat.*, 4(1): 70-78.
- Maslukah, L. 2006. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Pola Sebarannya di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang. Institut Pertanian Bogor, Bogor, Tesis. 80 hlm.
- _____. 2013. Hubungan Antara Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina.*, 2(3): 55-62.
- Mulyaningsih, T. R., Alfian dan Sutisna. 2012. Distribusi Logam Berat dalam Sedimen Daerah Aliran Sungai Ciujung Banten. *Jurnal Teknik Reaktor Nuklir.*, 14(3): 157-169.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Pratiwi, A. R., N. Willian dan A. Pratomo. 2014. Analisis Kandungan Logam Berat (Pb) dan (Cd) terhadap Lamun (*Enhalus acoroides*) sebagai Bioindikator di Perairan Tanjung Lanjut Kota Tanjungpinang. *Jurnal Zarah.*, 2(1): 1-10.
- Puryanti, D. dan S. Deswati. 2012. Kajian Kualitas Air Permukaan di Sekitar Kawasan Muaro Kota Padang Menggunakan Parameter Konduktivitas dan Kandungan Logam Berat. *Jurnal Ilmu Fisika.*, 4(2): 40-45.
- Putra, A. S. 2014. Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Sungai : Pulau Kemaro sampai dengan Muara Sungai Komerling. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan.*, 2(3): 603-608.
- Rahman, A. H., Masyamsir dan Y. Dhahiyat. 2012. Distribusi Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Kolom Air dan Sedimen Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan.*, 3(3): 175-182.
- Robert, André. 2003. *River Process: An Introduction to Fluvial Dynamics. Routledge, New York*, 211 p.
- Setiawan, H. 2014. Pencemaran Logam Berat di Perairan Pesisir Kota Makassar dan Upaya Penanggulangannya. *Info Teknis EBONI.*, 11(1): 1-13.
- Sudira, I. W. dan T. M. H. Manalip. 2013. Analisis Angkutan Sedimen pada Sungai Mansahan. *Jurnal Ilmiah Media Engineering.*, 3(1): 54-57.
- Whitehead, P. G., R. L. Wilby, R. W. Battarbee, M. Kernan, and A. J. Wade. 2009. *A Review of the Potential Impacts of Climate Change on Surface Water Quality. Hydrological Sciences Journal.*, 54(1): 101-123.
- Yudo, S. 2006. Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta. *JAI.*, 2(1): 1-15.

LAMPIRAN

Uji One-Way Anova

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

| | | Pb | Cd |
|----------------------------------|----------------|-------------|-------------|
| N | | 15 | 15 |
| Normal Parameters ^{a,b} | Mean | ,01913 | ,002113 |
| | Std. Deviation | ,004719 | ,0004912 |
| Most Extreme Differences | Absolute | ,160 | ,097 |
| | Positive | ,160 | ,097 |
| | Negative | -,072 | -,073 |
| Kolmogorov-Smirnov Z | | ,622 | ,374 |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | | ,835 | ,999 |

- a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.

Test of Homogeneity of Variances

Timbal (Pb)

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|-------------|
| 2,044 | 2 | 12 | ,172 |

Test of Homogeneity of Variances

Kadmium (Cd)

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|-------------|
| 1,051 | 2 | 12 | ,380 |

Uji Korelasi Pearson

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

| | | Unstandardized Residual |
|----------------------------------|----------------|-------------------------|
| N | | 20 |
| Normal Parameters ^{a,b} | Mean | 0E-7 |
| | Std. Deviation | ,00906141 |
| Most Extreme Differences | Absolute | ,279 |
| | Positive | ,115 |
| | Negative | -,279 |
| Kolmogorov-Smirnov Z | | 1,248 |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | | ,089 |

- a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|-------------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | ,033 | ,003 | | 9,626 | ,000 |
| | Debit air | -,013 | ,004 | -,576 | -2,986 | ,008 |

a. Dependent Variable: Konsentrasi Timbal

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

| | | Unstandardized Residual |
|----------------------------------|----------------|-------------------------|
| N | | 20 |
| Normal Parameters ^{a,b} | Mean | 0E-7 |
| | Std. Deviation | ,00105461 |
| Most Extreme Differences | Absolute | ,259 |
| | Positive | ,095 |
| | Negative | -,259 |
| Kolmogorov-Smirnov Z | | 1,160 |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | | ,135 |

- a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|-------------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | ,004 | ,000 | | 11,043 | ,000 |
| | Debit air | -,002 | ,001 | -,563 | -2,892 | ,010 |

a. Dependent Variable: Konsentrasi Kadmium