



**HUBUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN KADMIUM (Cd) TERLARUT DENGAN
KELIMPAHAN FITOPLANKTON DI SUNGAI SILANDAK SEMARANG**

*The Heavy Metal Correlation of Dissolved Lead (Pb) and Cadmium (Cd) with The Abundance
of Phytoplankton in Silandak River Semarang*

Helmi Ardi, Siti Rudiyantri ^{*}, Bambang Sulardiono

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 : helmiardi27@yahoo.com

ABSTRAK

Sungai Silandak terletak di Kota Semarang, Jawa Tengah. Sungai ini menerima limbah yang berasal dari kegiatan industri plastik yang dialirkan ke perairan, dan juga menerima aliran limbah rumah tangga serta terdapat banyak sarana transportasi air di bagian muara sungai. Limbah yang berasal dari industri tersebut mengandung logam berat timbal dan kadmium. Penelitian dilakukan pada bulan April 2016 – Mei 2016 di Sungai Silandak yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi kadmium dan timbal, mengetahui kelimpahan dan struktur komunitas fitoplankton, dan mengetahui hubungan kadmium dan timbal dengan kelimpahan fitoplankton. Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei dengan teknik *purposive sampling*. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi kadmium di lokasi penelitian berkisar antara 0,0007 - 0,001 mg/l, sedangkan konsentrasi timbal berkisar antara 0,002 - 0,007 mg/l. Kelimpahan fitoplankton berkisar antara 1826 - 6730 ind/l, indeks keanekaragaman (H') dengan angka 1.747 – 2.828, Indeks dominasi (d) diperoleh hasil dengan angka 0.077 – 0.284, dan indeks keseragaman (e) dengan angka 0.645 – 0.890. Tidak ada hubungan yang signifikan antara kadmium dengan kelimpahan fitoplankton dengan angka koefisien korelasi (r) sebesar 0.179 menunjukkan korelasi lemah. Tidak ada hubungan yang signifikan antara logam berat timbal dengan kelimpahan fitoplankton, diperoleh angka koefisien korelasi (r) sebesar 0.261 menunjukkan korelasi lemah. PCA (*Principle Component Analysis*) digunakan untuk mengetahui hubungan kadmium dan timbal dengan kelimpahan genera fitoplankton. Terdapat hubungan signifikan logam berat timbal dengan kelimpahan genus *Dyctyocha* sp dan *Bacteriastrum* sp di level 0.05 dari rentang kepercayaan 95 %, korelasi kuat negatif dengan koefisien korelasi - 0.68.

Kata Kunci : Kadmium; Cd; Timbal; Pb; Kelimpahan Fitoplankton; Logam Berat; Sungai Silandak.

ABSTRACT

*Silandak river is located in Semarang, Central Java. This river is suspect to receiving waste came from plastic industry activity which is streamed to the water, and also receiving household waste stream and there are plenty of water transportation in the section of the estuary. Waste from the industry is suspected contain heavy metals cadmium and lead. The study was conducted in April 2016 - May 2016 in the River of Silandak which aimed to determine the concentration of cadmium and lead, to determine the abundance and the phytoplankton community structure, and to determine the correlation of cadmium and lead with the abundance of phytoplankton. The study used survey method with purposive sampling technique. The results showed the concentration of cadmium in the study locations was within the range of 0.0007 to 0.001 mg/l, while the concentration of lead was within the range of 0.002 to 0.007 mg/l. The abundance of phytoplankton ranged between 1826 - 6730 ind/l, the rate of diversity index (H') was within the range of 1.747 - 2.828, the dominance index (d) obtained results within the rate of 0.077 - 0.284, and evenness index (e) within the rate of 0.645 - 0.890. There was no significant correlation between cadmium with the abundance of phytoplankton with a correlation coefficient (r) of 0.179 which means weak correlations. There was no significant correlation between the heavy metals lead with the abundance of phytoplankton, the rate of the correlation coefficient (r) of 0.261 which means weak correlations. PCA (*Principle Component Analysis*) is used to determine the correlation cadmium and lead with the abundance of phytoplankton genus. There was a significant correlations of heavy metals lead with the abundance *Dyctyocha* sp and *Bacteriastrum* sp genus at 0.05 levels the range of 95%, a strong negative correlation with a correlation coefficient of -0.68.*

Keywords: Cadmium; Cd; Lead; Pb; Phytoplankton Abundance; Heavy Metal; Silandak River.

^{*}) Penulis penanggungjawab

1. PENDAHULUAN

Kemajuan pesat dari teknologi dan industri yang diciptakan oleh manusia telah memberikan banyak dampak bagi manusia. Dampak positif sangat diharapkan oleh manusia dalam rangka meningkatkan kualitas dan kenyamanan hidup. Namun, dampak yang bersifat negatif tidak diharapkan terutama pencemaran perairan karena limbah dari aktivitas industri lebih banyak dialirkan ke perairan yang dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Sungai Silandak terletak di Jalan Siliwangi, Kelurahan Tambak Harjo, Kecamatan Semarang Barat, Kota Semarang, Jawa Tengah. Sungai ini menerima limbah yang berasal dari kegiatan industri plastik yang dialirkan ke perairan, dan juga menerima aliran limbah rumah tangga yang berasal dari pemukiman rumah penduduk. Selain itu, Sungai Silandak merupakan sungai yang merupakan sungai penampungan terakhir dari sistem drainase perkotaan Kota Semarang, dan terdapat sarana transportasi air di bagian muara sungai.

Limbah industri plastik dan sumber lain tersebut mengandung unsur dan senyawa logam berat yang mempunyai daya racun. Logam berat yang dialirkan dari proses produksi industri limbah plastik dan sumber lainnya mengandung unsur Cd dan Pb. Kadmium (Cd) dan timbal (Pb) merupakan logam non esensial bersifat toksik dan tidak dapat dimanfaatkan oleh tubuh. Limbah industri yang mengandung senyawa logam berat non esensial bukan hanya bersifat toksik terhadap organisme air, tetapi juga terhadap hewan dan manusia. Menurut Palar (2008) daya racun yang dimiliki oleh bahan buangan industri memang tidak sama. Semua itu tergantung pada jenis hasil buangan dan jenis organisme yang terkena. Jenis buangan yang mempunyai toksisitas tinggi tentu akan menyerang semua jenis organisme. Tetapi untuk bahan buangan yang toksisitasnya sedang dan rendah, maka tingkat toleransi dan penetralisasi menjadi hal penentu.

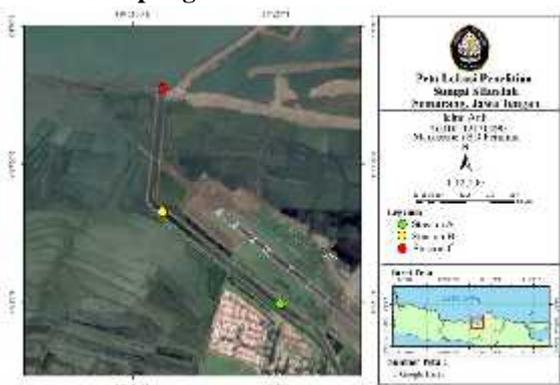
Toksitas tersebut akan berdampak terhadap kelimpahan dan keanekaragaman fitoplankton sebagai *Primary Producers*, daya toleransi dan penetralisir racun setiap biota memiliki perbedaan. Biota yang mempunyai rentang toleransi yang lemah akan mati dan mempengaruhi distribusi kelimpahan dan keanekaragaman fitoplankton. Fitoplankton merupakan indikator kesuburan suatu perairan.

Tujuan utama dari penelitian yang dilakukan pada bulan April – Mei 2016 ini adalah mengetahui konsentrasi logam berat kadmium (Cd) dan timbal (Pb), kelimpahan dan struktur komunitas fitoplankton dan hubungan konsentrasi kadmium (Cd) dan timbal (Pb) dengan kelimpahan fitoplankton di Sungai Silandak, Semarang.

2. MATERI DAN METODE

Materi yang digunakan didalam pengukuran konsentrasi logam berat kadmium (Cd) dan timbal (Pb) di Sungai Silandak adalah air sungai. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode survei. Teknik metode survei dengan pengambilan sampel air secara *Composite Area Integrated*, dan plankton secara pasif dengan metode penyaringan (*filtration method*) di tengah sungai, peralihan sungai dan muara sungai selanjutnya analisa di laboratorium. Metode sampling dilakukan secara *Purposive Sampling*. Titik sampling dalam penelitian ini dapat dilihat dalam peta penelitian sebagai berikut :

Lokasi Sampling



Stasiun A merupakan lokasi tengah sungai dekat dengan industri plastik S = 06° 58' 5,09" dan E = 110° 21' 1,12".

Stasiun B merupakan lokasi peralihan sungai dekat dengan limbah domestik S = 06° 57' 44,64" dan E = 110° 21' 35,56".

Stasiun C merupakan lokasi muara sungai terdapat sarana transportasi air S = 06° 57' 16,26" dan E = 110° 21' 34,79".

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

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

Sampel air dengan wadah botol *polyethylene* dari setiap stasiun diawetkan dengan cara ditambahkan HNO³ hingga pH mencapai 2 untuk kemudian dianalisis konsentrasi logam timbal dan kadmium di laboratorium Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI), Semarang. Prosedur pengukuran konsentrasi timbal dan kadmium pada sampel air mengacu Standard Method *American Public Health Association APHA*, AWWA, WPCF (2012), 3030. B. 3111. C dan 3030. B. 3111. B tentang perlakuan contoh air untuk analisis logam (pengukuran konsentrasi logam terlarut) dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) dengan merk *Agilent Technologies 200 Series AA Ultra UV*. Batas limit deteksi untuk kadmium dengan nilai (<0.001) dan timbal (<0.003).

Metode Pengamatan Fitoplankton

Sampel yang telah diawetkan dikocok terlebih dahulu dengan cara botol sampel dikocok perlahan-lahan beberapa kali sampai teraduk dan tercampur. Setelah itu, diambil sebanyak 1 ml dan diletakkan di *Sedgwick-Rafter* yang telah diletakkan *object glass* sebagai penutup. Kemudian diamati di bawah mikroskop *binocular*.

1) Identifikasi dan Perhitungan

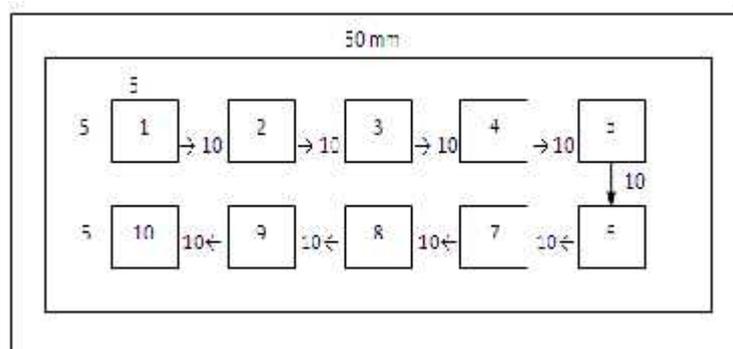
Identifikasi dan perhitungan dilakukan dengan bantuan mikroskop *binocular* perbesaran 100x (ketebalan gelas penutup yang terbuat dari *object glass* mempersulit pengamatan pada perbesaran yang lebih tinggi), dengan dilakukan pengulangan 3 kali pada 10 lapang pandang yang berbeda.

a). Identifikasi

Sampel plankton diamati dengan mikroskop dan diidentifikasi dengan menggunakan bantuan buku – buku kunci identifikasi karangan Yamaji (1996) dan Belinger (2010).

b). Perhitungan

Plankton dihitung dengan alat pencacah *Sedgwick-Rafter* berukuran panjang dan lebar petak 50 mm x 20 mm dengan tebal 1 mm, dengan demikian luasnya 1000 mm², volumenya 1000 mm³ dan luas lapang pandang L = 0.25 mm². Perhitungan dilakukan dengan mengikuti gambar petak *Sedgwick-Rafter*, yaitu dimulai dari petak ke 5-15-25-35-45 kemudian turun ke bawah dengan jarak 10 petak dan digeser ke kiri dengan jarak masing-masing 10 petak.



Gambar 2. Sistematika pengamatan fitoplankton di *Sedgwick-Rafter*

Analisis Data Fitoplankton

Analisis data dengan menggunakan perhitungan kelimpahan fitoplankton, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi

a. Kelimpahan Fitoplankton

Perhitungan kelimpahan fitoplankton digunakan rumus dari *American Public Health Association* (APHA, 1976) yaitu:

$$N = \frac{T}{L} \times \frac{P}{p} \times \frac{V}{v} \times \frac{1}{w}$$

Dimana:

- N = Jumlah fitoplankton per liter
- T = Luas total petak *Sedgwick-Rafter* (1000 mm²)
- L = Luas lapang pandang mikroskop (3,14 x 0.25 mm² = 0.785 mm²)
- P = Jumlah fitoplankton yang tercacah
- p = Jumlah lapang pandang yang diamati (10 petak)
- V = Volume sampel fitoplankton yang tersaring (50ml)
- v = Volume sampel fitoplankton dalam *Sedgwick Rafter* (1 ml)
- w = Volume sampel fitoplankton yang tersaring (100 liter)

b. Indeks keanekaragaman

Perhitungan Indeks Keanekaragaman (H) dilakukan dengan menggunakan formulasi Shannon-Wiener (Odum, 1993), yaitu:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

Dimana:

- H = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener
 Pi = Peluang spesies atau genera i dari total individu (ni/N)
 S = Jumlah spesies atau genera
 Ni = Jumlah individu spesies atau genera ke-i
 N = Jumlah total individu

Dengan kriteria H yaitu:

- H < 1 = Komunitas biota tidak stabil atau kualitas air tercemar berat
 1 H' 3 = Stabilitas komunitas biota sedang atau tercemar sedang
 H' > 3 = Stabilitas komunitas biota stabil atau kualitas air bersih

c. Indeks keseragaman

Untuk mengetahui berapa besar kesamaan penyebaran jumlah individu setiap spesies pada tingkatan komunitas, digunakan indeks keseragaman (Odum, 1971):

$$e = \frac{H'}{H \max}$$

Dimana:

- e = Indeks keseragaman
 H' = Indeks keanekaragaman
 H max = ln s dimana s adalah jumlah spesies atau genera

e. Indeks dominansi

Indeks dominansi dihitung dengan menggunakan rumus indeks dominansi Simpson (Odum, 1971) sebagai berikut:

$$d = \sum \left(\frac{ni}{N} \right)^2$$

Dimana:

- d = Indeks dominansi Simpson
 ni = Jumlah individu dalam tiap spesies atau genera
 N = jumlah total individu

Analisis Statistika

Analisis statistika yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis korelasi pearson yang digunakan untuk mengetahui hubungan logam berat kadmium dan timbal dengan kelimpahan total fitoplankton. Kedua, analisis statistika yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis *Principle Component Analysis* yang digunakan untuk mengetahui hubungan logam berat kadmium dan timbal dengan kelimpahan masing-masing genus fitoplankton.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN HASIL

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

Hasil pengukuran konsentrasi logam berat kadmium (Cd) terlarut dari ketiga pengulangan sampling di setiap stasiun pengamatan dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut :

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

Logam Berat	Ulangan	Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) mg/l			Baku Mutu* mg/l
		A	B	C	
Kadmium (Cd)	1	0.0010	0.0008	0.0008	0.001
	2	0.0007	0.0009	0.0008	0.001
	3	0.0010	0.0009	0.0010	0.001
Rataan	X	0.0009	0.0009	0.0009	0.001
SD		0.0001	0.0001	0.0001	0.001

Sumber : Penelitian April 2016

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

Berdasarkan data hasil pengukuran logam berat kadmium di stasiun A,B, dan C diperoleh angka logam kadmium 0.0008 - 0.0010 mg/l pada sampling pertama, dan 0.0007 - 0.0009 mg/l pada sampling kedua, serta sampling ketiga 0.0009-0.0010 mg/l. Rata-rata pada setiap stasiun sama angkanya yaitu 0.0009. Hasil pengukuran logam berat kadmium di Sungai Silandak termasuk kecil konsentrasinya dan tidak melebihi baku mutu (0,001 mg/l) yang telah ditetapkan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air untuk biota air.

Hasil pengukuran logam berat Timbal (Pb) terlarut dari ketiga pengulangan sampling di setiap stasiun pengamatan dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Terlarut di Sungai Silandak

Logam Berat	Ulangan	Konsentrasi Logam Timbal (Pb) mg/l			Baku Mutu * (mg/l)
		A	B	C	
Timbal (Pb)	1	0.004	0.004	0.007	0.008
	2	0.007	0.004	0.004	0.008
	3	0.006	0.006	0.002	0.008
Rataan	X	0.006	0.005	0.004	0.008
SD		0.002	0.001	0.003	0.008

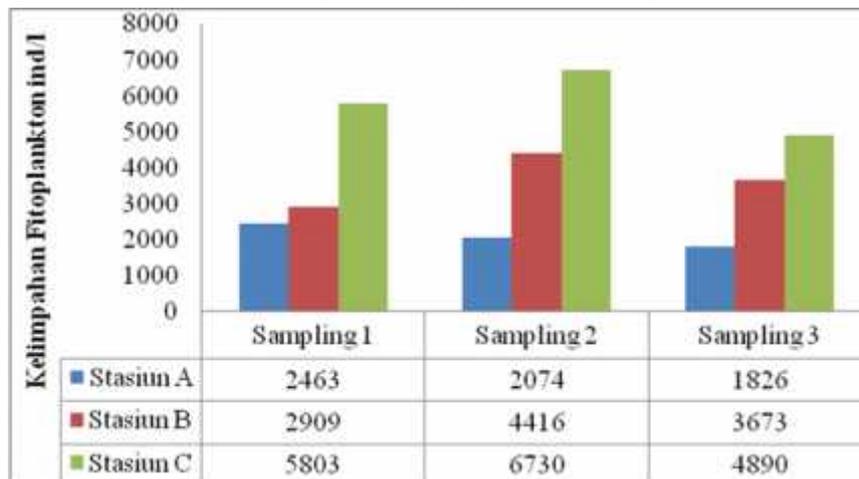
Sumber : Penelitian April 2016

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

Berdasarkan data hasil pengukuran logam berat timbal di stasiun A,B, dan C diperoleh angka 0.004 - 0.007 mg/l pada sampling pertama, dan 0.004 - 0.007 mg/l pada sampling kedua, serta sampling ketiga 0.002 - 0.006 mg/l. Hasil tersebut tidak melebihi baku mutu (0,008 mg/l) yang telah ditetapkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 tentang baku mutu air untuk biota air.

Hasil Analisis Kelimpahan Fitoplankton

Hasil analisis kelimpahan fitoplankton di Sungai Silandak.Nilai rata – rata pada setiap titik diambil untuk mengetahui kelimpahan fitoplankton pada setiap stasiun.Jenis fitoplankton yang ditemukan selama pengamatan di Laboratorium Pengelolaan Sumber Daya Ikan dan Lingkungan Kampus FPIK Undip terdiri dari 37 genera.Kelimpahan total fitoplankton yang tercacah dapat dilihat dalam gambar 3.sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik Histogram Kelimpahan Fitoplankton

Berdasarkan hasil identifikasi dan analisis data kelimpahan fitoplankton diperoleh hasil kelimpahan pada sampling pertama di ketiga stasiun berkisar antara 2463 - 5803 ind/l. Kelimpahan fitoplankton pada sampling kedua di ketiga stasiun berkisar antara 2074 – 6730 ind/l, dan Kelimpahan fitoplankton pada sampling ketiga di setiap stasiun berkisar antara 1826 – 4890 ind/l.

Hasil Analisis Struktur Komunitas Fitoplankton

Hasil analisis struktur komunitas fitoplankton menggunakan nilai rata – rata individu pada setiap titik dari ketiga pengulangan sampling di setiap stasiun pengamatan diambil untuk mengetahui keanekaragaman (H'), keseragaman (e), dan dominansi (d). Hasil analisis struktur komunitas fitoplankton dapat dilihat pada Tabel 3berikut :

Tabel 3. Analisis Struktur Komunitas Fitoplankton

Pengulangan	Stasiun	S	Keanekaragaman	Dominasi	Keseragaman
			H'	D	E
1	A	15	1.973	0.194	0.729
	B	24	2.828	0.077	0.890
	C	19	2.618	0.085	0.889
2	A	15	1.747	0.284	0.645
	B	26	2.689	0.099	0.825
	C	21	2.661	0.086	0.874
3	A	13	1.789	0.232	0.697
	B	18	2.315	0.154	0.801
	C	20	2.633	0.090	0.879

Sumber : Penelitian April 2016

Berdasarkan hasil sampling pertama diperoleh indeks keanekaragaman (H') dengan angka 1.973 - 2.828. Indeks dominansi (d) 0.077-0.194 serta angka indeks keseragaman (e) 0.729 - 0.890. Sampling kedua diperoleh hasil indeks keanekaragaman (H') dengan angka diantara 1.747 - 2.689, indeks dominansi (d) dengan angka 0.086 - 0.284 dan hasil indeks keseragaman (e) dengan angka antara 0.645 - 0.874. Sampling ketiga diperoleh hasil indeks keanekaragaman (H') dengan angka antara 1.789 - 2.633, indeks dominansi (d) dengan angka 0.090 - 0.232 dan nilai indeks keseragaman (e) dengan nilai 0.697 - 0.879.

Hasil indeks keanekaragaman diperoleh angka 1.747 - 2.828. Hal ini memiliki arti bahwa stabilitas komunitas biota sedang atau kualitas air tercemar sedang. Hasil indeks dominansi diperoleh hasil dengan angka 0.077 - 0.284. Hasil tersebut menggambarkan tidak terdapat genus yang mendominasi genus lainnya atau struktur komunitas dalam keadaan stabil. Hasil indeks keseragaman diperoleh hasil dengan angka 0.645 - 0.890. Angka tersebut menggambarkan bahwa pemerataan antar genus relatif merata atau jumlah individu masing-masing genus relatif sama.

Hubungan Kadmium dan Timbal dengan Kelimpahan Fitoplankton

Analisis korelasi digunakan untuk menganalisa hubungan antara konsentrasi kadmium dan timbal dengan kelimpahan fitoplankton. Hasil analisis korelasi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Analisis Uji Korelasi Pearson Konsentrasi Cd dan Pb dengan Kelimpahan Fitoplankton

Analisa Uji	Korelasi	Determinasi	Signifikan
	R	R ²	0.05 (95%)
Kadmium (Cd) dengan Kelimpahan	-0.179	0.032	0.646
Timbal (Pb) dengan Kelimpahan	-0.261	0.068	0.497

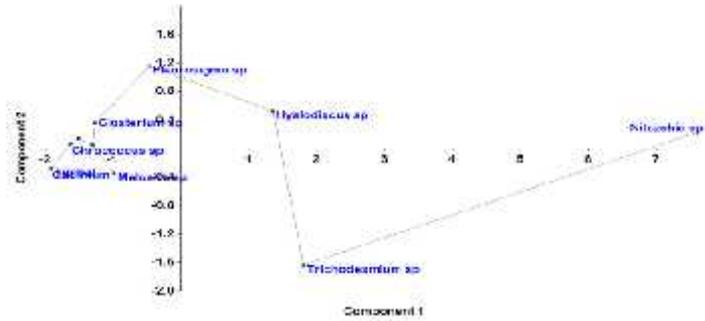
Sumber : Uji Korelasi Pearson SPSS 23 Statistik

Berdasarkan hasil analisis korelasi pearson dengan menggunakan taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$) yang dilihat dengan angka signifikansi (Sig.). Angka koefisien korelasi (r) sebesar -0.179 menunjukkan korelasi kadmium terhadap kelimpahan fitoplankton memiliki korelasi sangat lemah. Angka koefisien determinasi (R²) sebesar 0.0319 menunjukkan sebesar 3% kelimpahan fitoplankton dipengaruhi oleh kadmium. Signifikansi sebesar 0.646 lebih besar dari $\alpha=0,05$ dapat disimpulkan bahwa konsentrasi logam kadmium tidak memiliki hubungan dengan kelimpahan fitoplankton.

Berdasarkan hasil analisis korelasi pearson dengan menggunakan taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$) yang dilihat dengan angka signifikansi (Sig.). Angka koefisien korelasi (r) sebesar -0.261 menunjukkan korelasi antara timbal dengan kelimpahan fitoplankton lemah. Angka koefisien determinasi (R²) sebesar 0.068 menunjukkan sebesar 6% kelimpahan fitoplankton dipengaruhi oleh timbal (Pb). Signifikansi sebesar 0.497 lebih besar dari $\alpha=0,05$ dapat disimpulkan bahwa konsentrasi logam timbal setiap stasiun tidak memiliki hubungan dengan kelimpahan fitoplankton.

Principle Component Analysis (PCA)

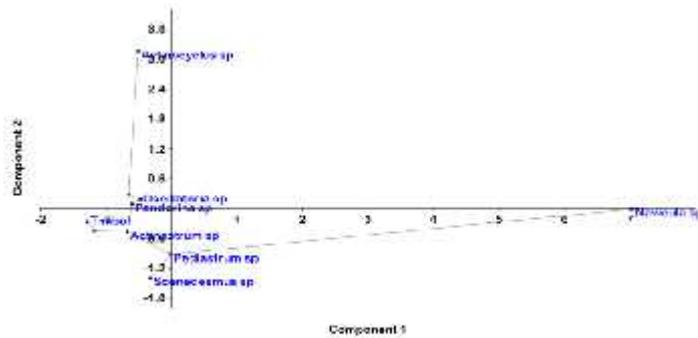
Principle Component Analysis digunakan untuk mengetahui hubungan antara logam berat kadmium dan timbal dengan kelimpahan genus fitoplankton. Hasil analisis Principle Component Analysis dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini :



Gambar 4. Uji PCA Logam Berat dengan Genus Fitoplankton

Berdasarkan gambar Uji Principle Component Analysis dapat dilihat bahwa logam berat kadmium memiliki korelasi lemah dengan kelimpahan *Coelastrum* sp, *Melosira* sp, dan *Chroococcus* sp dengan angka koefisien korelasi (r) sebesar 0.30, -0.33, dan -0.32 dan hubungan kadmium dengan kelimpahan genus lainnya memiliki korelasi sangat lemah. Logam berat timbal memiliki korelasi cukup erat dengan kelimpahan genus *Nitzschia* sp dengan angka koefisien korelasi (r) sebesar 0.47.

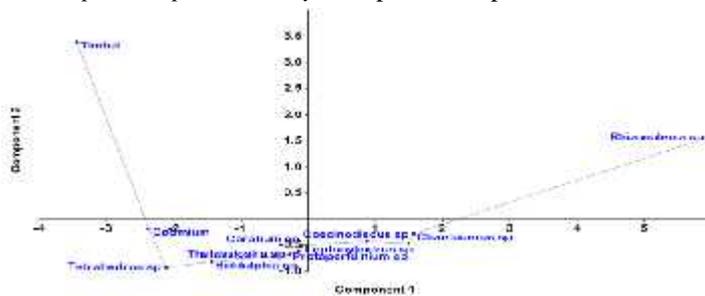
Hasil analisis Principle Component Analysis(PCA) dapat dilihat pada Gambar 5.berikut ini :



Gambar 5. Uji PCA Logam Berat dengan Genus Fitoplankton

Berdasarkan gambar Uji Principle Component Analysis dapat dilihat bahwa konsentrasi logam berat kadmium dengan kelimpahan genus *Scenedesmus* sp dan *Stigeoclonium* sp memiliki korelasi cukup erat dengan angka koefisien korelasi (r) sebesar 0.55 dan 0.41 dan memiliki korelasi lemah dengan genus lainnya. Logam berat timbal dengan kelimpahan genus *Scenedesmus* sp memiliki korelasi cukup erat sebesar -0.44 dan memiliki korelasi lemah dengan genus lainnya. Tidak adanya hubungan yang signifikan antara logam berat kadmium dan timbal dengan kelimpahan genus tersebut.

Hasil analisis Principle Component Analysis dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini :

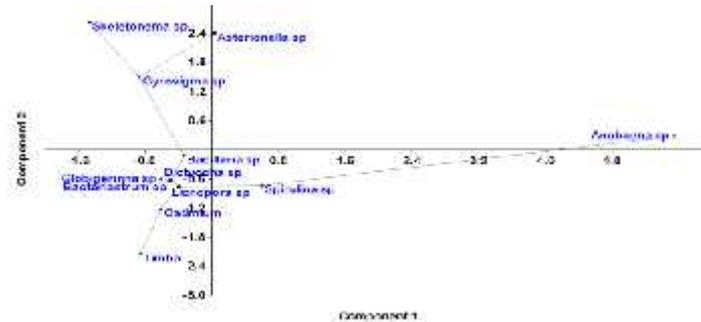


Gambar 6. Uji PCA Logam Berat dengan Genus Fitoplankton

Berdasarkan gambar Uji Principle Component Analysis dapat dilihat bahwa konsentrasi logam berat kadmium dengan kelimpahan genus *Coscinodiscus* sp, *Tetrahedron* sp dan *Biddulphia* sp memiliki korelasi lemah dengan angka koefisien korelasi (r) sebesar -0.26, -0.26 dan -0.34 dan memiliki korelasi sangat lemah dengan genus lainnya. Logam berat timbal dengan kelimpahan genus *Rhizosolenia* sp memiliki korelasi cukup erat dengan koefisien korelasi (r) sebesar -0.43 dan memiliki korelasi lemah dengan kelimpahan genus

lainnya. Tidak adanya hubungan yang signifikan antara logam berat kadmium dan timbal dengan kelimpahan genus tersebut.

Hasil analisis *Principle Component Analysis* dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini :



Gambar 7. Uji PCA Logam Berat dengan Genus Fitoplankton

Berdasarkan gambar Uji *Principle Component Analysis* dapat dilihat bahwa konsentrasi logam berat kadmium dengan kelimpahan genus *Anabaena* sp, *Spirulina* sp dan *Bacillaria* sp memiliki korelasi cukup erat dengan angka koefisien korelasi (r) sebesar 0.50, 0.43, 0.41 dan memiliki korelasi lemah dengan genus lainnya. Logam timbal dengan kelimpahan genus *Dictyocha* sp dan *Bacteriastrium* sp memiliki korelasi kuat dengan koefisien korelasi (r) sebesar -0.68 dan -0.68, logam timbal dengan kelimpahan genus *Gyrosigma* sp, *Globigerinna* sp, dan *Bacillaria* sp memiliki korelasi cukup erat dengan koefisien korelasi (r) sebesar -0.61, 0.46, -0.64 dan memiliki korelasi lemah dengan genus lainnya. Terdapat hubungan signifikan logam berat timbal dengan kelimpahan genus *Dyctyocha* sp dan *Bacteriastrium* sp di level 0.05 dari rentang kepercayaan 95 % (0.05).

PEMBAHASAN

Konsentrasi Logam Berat Kadmium dan Timbal

Berdasarkan hasil penelitian logam berat kadmium dan timbal di Sungai Silandak diperoleh hasil 0.0007 – 0.0010 mg/l untuk angka kadmium pada ketiga pengulangan sampling di setiap stasiun, dan timbal diperoleh hasil 0.002 – 0.007 mg/l. Konsentrasi logam berat kadmium dan timbal yang rendah disebabkan oleh rendahnya sumber pencemar yang masuk ke dalam badan perairan. Menurut Widowati *et al.* (2008) bahwa berdasarkan hasil pencemaran rata-rata konsentrasi kadmium disekitar industri electroplating adalah sebesar 0.0830 mg/l, industri percetakan sebesar 0.0731 mg/l, industri plastik sebesar 0.0060 mg/l dan industri makanan sebesar 0.0066 mg/l. Menurut Effendi (2003), untuk melindungi kehidupan ekosistem akuatik, perairan sebaiknya memiliki konsentrasi kadmium 0,0002 mg/liter.

Konsentrasi timbal yang rendah disebabkan karena lokasi Sungai Silandak sedikit dilalui oleh transportasi air yang menjadi sumber pencemar utama pencemaran timbal, serta kemungkinan industri disekitar aliran Sungai Silandak memiliki sistem pengolahan air limbah yang baik sebelum dialirkan kedalam badan perairan. Hasil timbal diperoleh antara 0.002 – 0.007 mg/l. Menurut Effendi (2003), bahwa timbal tidak termasuk unsur yang esensial bagi makhluk hidup, bahkan unsur ini bersifat toksik bagi hewan dan manusia. Konsentrasi timbal diperairan alami 0.0003 mg/l.

Perindustrian di era modern seperti ini telah memiliki bentuk pengolahan air limbah yang baik. Konsentrasi logam berat yang digunakan sebagai bahan produksi telah diolah sedemikian rupa sebelum dialirkan kedalam badan perairan agar tidak menimbulkan pencemaran air dan lingkungan. Air limbah yang dialirkan ke badan perairan telah melalui proses pengurangan konsentrasi logam berat terlarut.

Hal ini diperkuat oleh Gintings (1992), proses adsorpsi tersebut terjadi melalui media filtrasi. Proses penyaringan ini zat padat tersuspensi dihilangkan pada waktu air melalui lapisan materi berbentuk butiran yang disebut media filter. Media filter terdiri atas berbagai jenis diantaranya pasir, karbon aktif, dan zeolit. Pada pengolahan penjernihan air yang digunakan untuk mengurangi pengotoran bahan organik, mengurangi konsentrasi bahan-bahan logam terlarut. Pasir kuarsa juga dapat bereaksi dengan logam berat dengan mengubah ion logam fluida menjadi padatan atau presiparat. Zeolit digunakan untuk mengurangi konsentrasi bahan-bahan logam terlarut seperti Na, Mg, Ca, Cd, Pb dan Fe. Zeolit biasanya ditulis dengan reaksi kimia oksida atau berdasarkan sel kristal.

Kelimpahan dan Struktur Komunitas Fitoplankton

Berdasarkan hasil identifikasi dan analisis data kelimpahan fitoplankton diperoleh hasil kelimpahan dari seluruh pengulangan sampling disetiap stasiun pengamatan nilai kelimpahan berkisar antara 1826 – 6730 ind/l. Dapat disimpulkan bahwa kelimpahan fitoplankton di Sungai Silandak cukup baik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Soegianto (1994) dalam Madinawati (2010), bahwa kelimpahan dengan nilai < 1.000 ind/l termasuk

rendah, kelimpahan antara 1.000 – 40.000 ind/l tergolong sedang, dan kelimpahan > 40.000 ind/l tergolong tinggi.

Kelimpahan yang cukup baik di Sungai Silandak disebabkan karena rendahnya konsentrasi logam berat kadmium dan timbal terlarut. Konsentrasi logam berat kadmium dan timbal di wilayah pengamatan masih dapat ditoleransi oleh fitoplankton. Hal ini diperkuat oleh Lestari (2004), logam berat bersifat akumulatif, sifat racunnya baru muncul bila logam berat tersebut terakumulasi dalam konsentrasi yang relatif tinggi dalam tubuh biota, keadaan ini tercapai dalam waktu yang cukup lama, sehingga tidak dapat menimbulkan kematian secara mendadak.

Indeks keanekaragaman yang cukup baik di Sungai Silandak didukung dengan diidentifikasinya total 37 genera fitoplankton. Indeks keanekaragaman fitoplankton di Sungai Silandak dari total stasiun pengamatan berkisar antara 1.747 – 2.828. Hasil analisis keanekaragaman (H') fitoplankton memperlihatkan bahwa seluruh stasiun termasuk stabil moderat. Menurut Stirn (1981) dalam Pirzan, *et al.* (2008), bahwa apabila $H' < 1$, maka komunitas biota dinyatakan tidak stabil, apabila H' berkisar 1-3 maka stabilitas komunitas biota tersebut adalah moderat (sedang) dan apabila $H' > 3$ berarti stabilitas komunitas biota berada dalam kondisi prima (stabil). Semakin besar nilai H' menunjukkan semakin beragamnya kehidupan di perairan tersebut, kondisi ini merupakan tempat hidup yang lebih baik.

Hubungan Logam Berat Kadmium dan Timbal dengan Kelimpahan Fitoplankton

Hasil analisis korelasi logam berat kadmium dengan kelimpahan fitoplankton diperoleh angka koefisien korelasi (r) sebesar -0.179, menunjukkan korelasi kadmium terhadap kelimpahan fitoplankton memiliki korelasi sangat lemah. Angka koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.0319 menunjukkan sebesar 3% kelimpahan fitoplankton dipengaruhi oleh kadmium. Hasil analisis korelasi logam berat timbal dengan kelimpahan fitoplankton diperoleh angka koefisien korelasi (r) sebesar -0.261, menunjukkan korelasi antara timbal dengan kelimpahan fitoplankton lemah. Angka koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.068 menunjukkan sebesar 6% kelimpahan fitoplankton dipengaruhi oleh timbal. Tidak ada hubungan yang signifikan dari taraf kepercayaan 95% antara logam berat kadmium dan timbal dengan kelimpahan fitoplankton.

Hasil Uji *Principle Component Analysis* dapat dilihat bahwa logam berat kadmium memiliki korelasi lemah dengan kelimpahan *Coelastrum* sp, *Melosira* sp, *Chroococcus* sp, *Coscinodiscus* sp, *Tetrahedron* sp dan *Biddulphia* sp dengan angka koefisien korelasi (r) dengan angka 0.30, -0.33, -0.32, 0.26, -0.26, dan -0.34. Logam berat kadmium dengan kelimpahan genus *Scenedesmus* sp, *Stigeoclonium* sp, *Anabaena* sp, *Spirulina* sp dan *Bacillaria* sp memiliki korelasi cukup dengan angka koefisien korelasi (r) 0.55, 0.41, 0.50, 0.43, dan 0.41. Tidak ada hubungan yang signifikan antara kadmium dengan kelimpahan genus fitoplankton tersebut. Menurut Sulardiono, *et al.* (2015), spesies algae yang berpotensi teradsorpsi logam berat antara lain *Scenedesmus acutus*, *Chaetoceros* sp, *Anabaena*, *Phormidium* sp, *Cladophora glomerata*, *Galaxaura rugosa*, *Euchema isiforme*, *Corallina* sp, *Fucus vesiculosus*, *Bacillaria* sp, *Padina boergesii*, *Nostoc* sp dan *Sargassum* sp.

Korelasi lemah antara timbal dengan kelimpahan genus *Pellaghotrix* sp dan *Closterium* sp dengan angka koefisien korelasi (r) 0.27 dan -0.24. Logam berat timbal memiliki korelasi cukup dengan kelimpahan genus *Nitzschia* sp, *Scenedesmus* sp, *Gyrosigma* sp, *Globigerinna* sp, dan *Bacillaria* sp memiliki korelasi cukup dengan angka koefisien korelasi (r) 0.47, -0.44, -0.61, 0.46, dan -0.64. Logam timbal dengan kelimpahan genus *Dityocha* sp dan *Bacteriastrum* sp memiliki korelasi kuat dengan koefisien korelasi (r) -0.68 dan -0.68. Terdapat hubungan signifikan logam berat timbal dengan kelimpahan genus *Dityocha* sp dan *Bacteriastrum* sp dilevel 0.05 dari rentan kepercayaan (-sig) 95 %. Menurut Sulardiono, *et al.* (2015) suatu lingkungan yang memiliki tingkat kandungan logam berat yang melebihi jumlah yang diperlukan dapat mengakibatkan kelimpahan dan pertumbuhan terhambat. Sehingga dalam keadaan ini eksistensi logam dalam lingkungan adalah pencemar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Angka konsentrasi kadmium pada keseluruhan sampling berkisar antara 0.0007–0.0010 mg/l, sedangkan angka konsentrasi timbal pada keseluruhan sampling berkisar antara 0.002 – 0.007 mg/l.
2. Kelimpahan fitoplankton di Sungai Silandak pada keseluruhan sampling berkisar antara 1826 – 6730 ind/l. Indeks keanekaragaman (H') fitoplankton pada keseluruhan sampling diperoleh angka 1.747 – 2.828. Hal ini memiliki arti bahwa kualitas air tercemar sedang dan stabilitas biota sedang. Indeks dominasi (d) diperoleh hasil dengan angka 0.077 – 0.284 menggambarkan bahwa tidak terdapat genus yang mendominasi dan indeks keseragaman (e) dengan angka 0.645 – 0.890 hal ini menggambarkan pemerataan masing-masing genus relatif sama.
3. Tidak ada hubungan yang signifikan antara kadmium dan timbal dengan kelimpahan fitoplankton. Angka koefisien korelasi (r) sebesar 0.179 menunjukkan korelasi lemah antara kadmium dengan kelimpahan fitoplankton. Angka koefisien korelasi (r) sebesar 0.261, menunjukkan korelasi lemah antara timbal dengan kelimpahan fitoplankton. Namun, terdapat hubungan signifikan logam berat timbal dengan kelimpahan genus



Dyctyocha sp dan *Bacteriastrum* sp di level 0.05 dari rentang kepercayaan 95 %, Korelasi kuat dengan koefisien korelasi (r) sebesar -0.68.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Prof. Norma Afiati, M.Sc., Ph.D, Dra. Niniek Widyorini, M.S, Dr. Ir. Max Rudolf Muskananfolo, M.Sc, dan Dr. Ir. Pudjiono Wahyu Purnomo, 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

- APHA American Public Health Association, American Water Works Association dan Water Pollution Control Federation. 2012. *Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater 25th Edition*. American Public Health Assoiation. Washington D.C., 1193 p.
- Edward, G.B. dan C.S. David. 2010. *Freshwater Algae Identification and Use as Bioindicators*. John Wiley and Sons, Ltd. London, 254 p.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta, 258 hlm.
- Lestari, dan Edward. 2004. Dampak Pencemaran Logam Berat Terhadap Kualitas Air Laut dan Sumberdaya Perikanan (Studi Kasus Kematian Massal Ikan-Ikan di Teluk Jakarta). Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta. Jurnal Makara Sains. Vol. 8 (2) 52-58.
- Madinawati. 2010. Kelimpahan dan Keanekaragaman Plankton Di Perairan Laguna Desa Tolongano Kecamatan Banawa Selatan. Jurnal Media Litbang Sulteng. Universitas Tadulako Vol 3 (2) hal 119-123
- Odum, E.P. 1993. *Fundamentals of Ecology*. W.B Saunders co. Philadelphia, 696 p.
- Palar, H. 2008. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta, 151 hlm.
- Perdana, G. 1992. Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta, 232 hlm.
- Pirzan, A.M. dan P.R. Pong-masak. 2008. Hubungan Keragaman Fitoplankton dengan Kualitas Air di Pulau Bauluang, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Jurusan Biologi FMIPA UNS. Surakarta. Jurnal Biodiversitas Vol 9 (3) hal 217-221.
- Sulardiono, B. S. Hutabarat dan A. Djunaedi. 2015. Buku Ajar Planktonologi. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. ISBN. Semarang, 118 hlm.
- Widowati, W., A. Sastiono dan J.R. Raymond. 2008. Efek Toksik Logam. Andi. Yogyakarta. 410 hlm.
- Yamaji, I. 1996. *Illustration of the Marine Plankton of Japan*. Hoikusho, Japan. 437 hlm