

Keanekaragaman Jenis-jenis Tumbuhan Akumulator Kadmium (Cd) di Sungai Sudimoro Mojokerto

Diversity of Plant Types of Cadmium Accumulator (Cd) in the Sudimoro Mojokerto River

Refika Yuliana Pratiwi*, Fida Rachmadiarti

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Surabaya

e-mail: refika.17030244064@mhs.unesa.ac.id

Abstrak. Sungai Sudimoro adalah salah satu sungai yang mengalir di wilayah Mojokerto. Di wilayah sepanjang sungai ini terdapat berbagai aktivitas seperti kegiatan industri, pemukiman, dan pertanian. Berbagai aktivitas ini setiap hari mengeluarkan limbah ke dalam Sungai Sudimoro, sehingga kualitas air perairan tersebut menurun. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengeksplorasi tentang keanekaragaman tumbuhan akuatik yang toleran terhadap logam berat kadmium (Cd) di Sungai Sudimoro Mojokerto. Penentuan stasiun penelitian dilakukan dengan metode *purposive sampling*, dengan membagi 3 stasiun pengamatan. Parameter yang digunakan adalah indeks nilai penting (INP), indeks keanekaragaman (H'), kadar Cd pada air sungai, kadar Cd pada tumbuhan, kadar klorofil, dan pengukuran faktor fisik dan kimia perairan. Uji logam berat Cd menggunakan metode *Spectrophotometry*. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 5 jenis tumbuhan akuatik, yaitu *Eichhornia crassipes*, *Ipomoea aquatica*, *Althernanthera philoxeroides*, *Persicaria amphibia*, *Lemna minor*. Keanekaragaman tumbuhan di Sungai Sudimoro Mojokerto berkisar antara 0,98 - 0,602, menurut perhitungan indeks keanekaragaman tersebut tergolong rendah dengan indeks keanekaragaman $H' < 1$. Tumbuhan akuatik yang mendominasi di Sungai Sudimoro adalah *E. crassipes* karena terdapat pada seluruh stasiun pengamatan. Rerata kadar logam berat Cd tertinggi di stasiun 2 sebesar 0,04 ppm yang berada di wilayah industri.

Kata kunci: keanekaragaman; logam berat Cd; Sungai Sudimoro; tumbuhan akumulator

Abstract. The Sudimoro River is one of the rivers that flows in the Mojokerto area. In this area along the river, there are various activities such as industrial, residential and agricultural activities. These various activities every day release waste into the Sudimoro River, so that the water quality of the waters decreases. The purpose of this study was to explore the diversity of aquatic plants that are tolerant of the heavy metal cadmium (Cd) in the Sudimoro Mojokerto River. The research station was determined by using *purposive sampling* method, dividing 3 observation stations. The parameters used were important value index (INP), diversity index (H'), Cd content in river water, Cd content in plants, chlorophyll content, and measurement of physical and chemical factors in water. The Cd heavy metal test used the *Spectrophotometry* method. The results showed that there were 5 types of aquatic plants, namely *Eichhornia crassipes*, *Ipomoea aquatica*, *Althernanthera philoxeroides*, *Persicaria amphibia*, *Lemna minor*. Diversity in the Sudimoro Mojokerto River ranges from 0.98 to 0.602, according to the calculation of the diversity index is low with the diversity index $H' < 1$. The aquatic plant that dominates the Sudimoro River is *E. crassipes* because it is found in all observation stations. The average of the highest Cd heavy metal content at station 2 is 0.04 ppm in industrial areas.

Kata kunci: diversity; cd heavy metal; sudimoro river; accumulator macrophytes

PENDAHULUAN

Air merupakan bahan alam yang kegunaannya berdampak pada kehidupan makhluk hidup yang digunakan sebagai habitat dan berkembangbiak bagi biota air serta bagi manusia sebagai prasarana kegiatan sehari-hari (Hanifah, dkk., 2017). Air banyak dimanfaatkan sebagai industri, air minum, irigasi pertanian, kebutuhan rumah tangga, dan lainnya. Manusia memiliki banyak aktivitas pada perairan yang terkadang mengakibatkan lingkungan sungai mengalami penurunan untuk kelestariannya salah satunya dengan sengaja membuang limbah yang sebelumnya tanpa dilakukan proses pengolahan limbah (Suripin, 2002).

Permasalahan utama yang dialami berkaitan dengan sumber energi air yaitu kualitas air menjadi turun, di mana adanya peningkatan kegiatan manusia yang kurang bijak dalam menggunakan sumber daya alam dapat menimbulkan pencemaran air pada sumber-sumber air. Pencemaran di perairan diperlukan pengendalian khusus dan terus-menerus, dalam keadaan air yang tercemar sangat mengganggu mekanisme aktivitas, karena organisme perlu adanya air dengan kondisi kualitas dan kuantitas yang efektif serta ketersediaan yang berkecukupan (Sariwati, 2010).

Pencemaran akan menyebabkan terjadinya penyimpangan oleh adanya limbah, baik padat maupun cair pada perairan dalam kondisi air normal di mana hal tersebut mengakibatkan air sungai menjadi tidak layak digunakan sebagai sumber persediaan air karena adanya pencemaran. Pencemaran air yang sangat berbahaya berasal dari logam karena, merupakan golongan zat pencemar yang terdapat sifat logam berat yang tidak dapat terurai serta mudah diabsorpsi (Kohar, dkk., 2005). Dalam kurun waktu yang lama logam pada perairan akan mengendap di dasar perairan yang akan membentuk pengendapan serta apabila jumlah melimpah akan mengakibatkan dampak toksik bagi lingkungan. Bagi kesehatan manusia akan menjadi berbahaya apabila logam tersebut masuk ke rantai makanan, maka perlunya dilakukan pemantauan kadar logam berat di suatu perairan (Rahman, 2018).

Sungai Sudimoro adalah salah satu sungai di daerah Mojokerto tepatnya berada di Desa Sampang Agung Kecamatan Kutorejo Kabupaten Mojokerto. Aliran Sungai Sudimoro Mojokerto melewati beberapa perindustrian dan pemukiman penduduk. Salah satunya merupakan industri bir di mana industri tersebut sebagian besar melakukan kegiatan dari proses pembuatan sampai akhir pembuatan, sehingga terdapat endapan atau limbah yang dikeluarkan yakni ada limbah ditimbun ke dalam pabrik dan ada yang dibuang di sungai. Aliran sungai tersebut juga dimanfaatkan untuk tempat penampungan limbah yang keluar dari pipa pabrik. Adanya kemampuan pencemaran yang berasal dari limbah cair pabrik bir dan limbah pemukiman, aliran Sungai Sudimoro mengalami perubahan yang menimbulkan kualitas air pada perairan tersebut mengalami penurunan (Khusna, 2018).

Umumnya limbah cair industri pada perairan mengandung logam berat seperti kadmium, kualitas air juga mempengaruhi keadaan lingkungan dan sumber daya hayati perairan, karena logam berat mempunyai karakteristik mampu mengakumulasi pada tubuh biota. Akumulasi dapat terjadi karena adanya cara absorpsi logam berat yang masuk ke tubuh melalui saluran pencernaan dan pernapasan (Barus, 2017). Di mana semakin lama proses tersebut mengakibatkan kenaikan logam berat dalam tubuh biota perairan serta mengakibatkan kematian.

Mengingat tingginya kadar logam berat dan bahaya logam berat pada lingkungan penting untuk minimalisasi, salah satunya dengan menurunkan kadar logam berat. Diperoleh jenis-jenis tumbuhan yang ditemukan mampu untuk hidup pada kondisi lingkungan yang memiliki akumulasi logam cukup tinggi. Konsentrasi pencemaran dapat diturunkan dengan adanya operasi dari tanaman yang dikenal dengan sebutan fitoremediasi (Widyati, 2011). Fitoremediasi dikatakan berhasil bergantung pada laju pertumbuhan dan daya serap logam dari media pertumbuhan. Tanaman harus menghasilkan biomassa yang cukup dan dapat mengakumulasi logam berat dengan konsentrasi yang tinggi pada jaringannya (Rachmadiarti, 2019).

Seluruh tumbuhan mempunyai kemampuan menyerap logam namun dengan jumlah yang bervariasi. Tidak seluruhnya dapat dikatakan sebagai tumbuhan hiperakumulator syarat tumbuhan dikatakan hiperakumulator yakni memiliki sifat toleran terhadap kandungan logam yang tinggi menyebabkan pertumbuhan akar dan pucuk tidak mengalami hambatan. Tumbuhan yang toleran terhadap logam tidak akan terganggu pertumbuhannya meskipun tumbuh pada lingkungan dengan pencemaran yang tinggi. Pengolahan limbah secara sederhana dapat dilakukan menggunakan pencucian polutan yang kemudian dimediasi oleh tumbuhan hiperakumulator (Smits, 2005).

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka penelitian ini melakukan eksplorasi tentang keanekaragaman tumbuhan akuatik yang toleran terhadap logam berat di Sungai Sudimoro dengan harapan agar ditemukan lebih banyak lagi jenis tumbuhan yang mampu mengakumulasi logam berat dan dapat dijadikan sebagai agen fitoremediator.

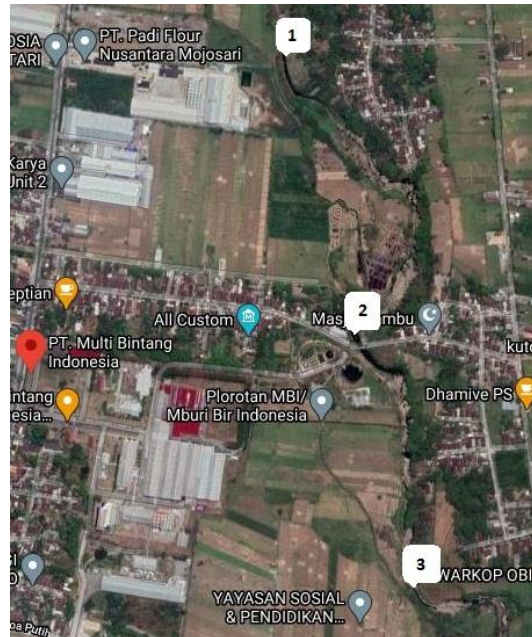
BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan metode observasional. Penelitian ini dilakukan pada bulan September – Desember 2020 berupa pengambilan sampel air sungai untuk diuji kandungan logam berat sebagai acuan tingginya konsentrasi logam berat pada sungai tersebut serta dilakukan pengambilan sampel tanaman air yang toleran pada perairan tercemar logam berat di

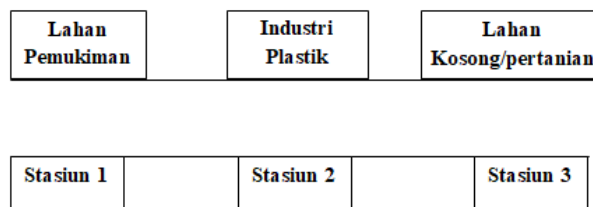
Sungai Sudimoro Mojokerto. Pengujian kadar logam berat pada sampel air sungai dilakukan di Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya. Analisis kadar klorofil dilakukan di Laboratorium Fisiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah ember, saringan, kantong plastik, kertas label, kertas saring, kertas *millimeter block*, termometer, spektrofotometer tipe V-1100D, DO meter, pH meter, plot berukuran 1m², gelas beaker, gelas ukur 100 ml, rak dan tabung reaksi, erlenmeyer 250 ml, botol sampel, lumpang dan alu porselen. Adapun bahan yang digunakan yakni sampel air sungai, sampel tumbuhan air dan alkohol 96%.

Penelitian ini diawali dengan menentukan lokasi dan stasiun penelitian, dengan menggunakan metode *purposive sampling* di mana menentukan pengambilan sampel sesuai dengan tujuan penelitian. Selanjutnya diperoleh 3 stasiun yaitu stasiun 1 merupakan wilayah pemukiman/domestik, stasiun 2 merupakan wilayah industri, dan stasiun 3 merupakan lahan kosong dan pertanian.



Gambar 1. Peta Sungai Sudimoro Mojokerto (Sumber : Google maps)



Gambar 2. Penentuan Stasiun Penelitian

Tahap berikutnya yaitu pengambilan sampel air sungai dan tumbuhan air yang terdapat di Sungai Sudimoro dengan menempatkan plot kuadran berukuran 1m² di bagian tepi yang terdapat tumbuhan akuatik saja. Kemudian identifikasi nama tumbuhan menggunakan aplikasi PlantNet, hitung jumlah jenisnya dan difoto.

Pada pengukuran kualitas air menggunakan parameter fisik meliputi suhu diukur menggunakan termometer, sedangkan parameter kimia meliputi pH diukur dengan pH meter, serta DO dan BOD diukur menggunakan DO meter. Nilai BOD didapatkan dengan melakukan pengukuran kadar BOD pada hari ke-5 setelah pengambilan sampel kemudian dikurangi kadar DO yang diukur pada hari pertama sampel diambil.

Selanjutnya menentukan Indeks Nilai Penting (INP) yang merupakan indeks untuk menggambarkan pentingnya peranan suatu jenis vegetasi dalam ekosistemnya. Untuk vegetasi tingkat semai, nilai penting dihitung dengan cara menjumlahkan nilai kerapatan relatif, dominansi relatif, dan frekuensi relatif yang dihitung berdasarkan persamaan Cox (1985).

$$KR = \frac{\text{kerapatan suatu jenis}}{\text{kerapatan seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$FR = \frac{\text{frekuensi suatu jenis}}{\text{frekuensi seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$DR = \frac{\text{dominansi mutlak suatu jenis}}{\text{jumlah dominansi seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$INP = KR + FR + DR$$

Keterangan:

INP : Indeks Nilai Penting

KR : Kerapatan Relatif

FR : Frekuensi Relatif

DR : Dominansi Relatif

Setelah menghitung INP dilanjutkan dengan menghitung nilai Indeks Keanekaragaman (H') dengan menggunakan rumus Shannon-Whiener (Lahusen dkk, 2014).

$$H' = -\sum (P_i \ln P_i)$$

Keterangan:

H' : Indeks Keaneekaragaman Jenis

P_i : n_i/N

N_i : Jumlah individu jenis ke 1

N : Jumlah individu semua jenis

Pengujian logam berat kadmium pada sampel air sungai dan sampel tumbuhan air, dimana setiap stasiun diambil sebanyak 250gr dari masing-masing jenis untuk uji kadar Cd dan 600 ml sampel air Sungai Sudimoro. Uji logam berat pada sampel air dan sampel tumbuhan dilakukan uji menggunakan metode *Atomic Absorption Spechtrophotometry* (AAS). Analisis kadar logam Cd dilakukan dengan membersihkan sampel tumbuhan kemudian dikeringkan pada oven dengan suhu 105°C. Setelah kering sampel diambil sekitar 0,5-1 g dan dilarutkan dengan HNO₃. Larutan tersebut kemudian disaring menggunakan kertas saring dan ditambahkan akuades hingga volumenya mencapai 50 ml. Setelah larutan dipreparasi selanjutnya siap dianalisis kadar logam beratnya menggunakan AAS (Sugiyanto dkk, 2016).

Pengujian kadar klorofil dilakukan dengan menimbang daun masing-masing sampel tanaman sebanyak 1 g dan memotong kecil, kemudian dihaluskan memakai lumpang porselin sampai lembut. Daun yang telah lembut kemudian diekstraksi dengan menambahkan 100 ml alkohol 95% dan disaring untuk mendapatkan filtrat. Jika filtrat yang didapatkan kurang dari 100 ml maka ditambahkan alkohol 95% sampai volume mendekati 100 ml. Kadar klorofil diukur memakai *spektrofotometer* pada panjang gelombang 649nm dan 665nm untuk menentukan *Optical Density*. Kandungan klorofil total dengan menggunakan rumus *Wintermans* dan *De Mots* (Rahayu, 2013).

Klorofil a : $13,7 \times OD\ 665 - 5,67\ OD\ 649$ (mg/l)

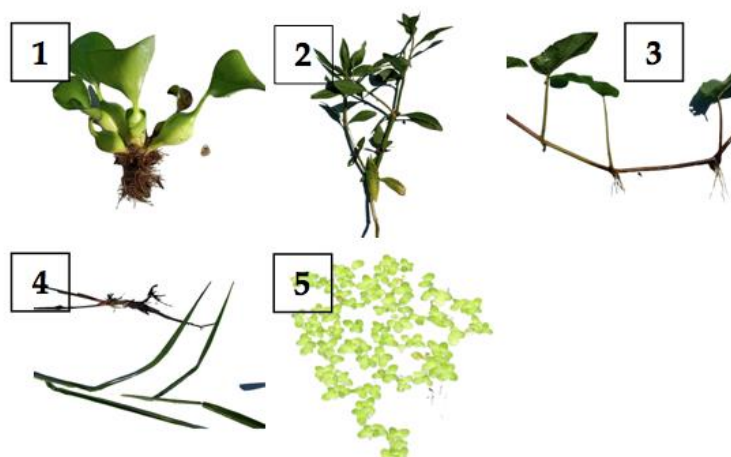
Klorofil b : $25,8 \times OD\ 649 - 7,7\ OD\ 665$ (mg/l)

Klorofil total : $20,0 \times OD\ 649 + 6,1\ OD\ 665$ (mg/l)

Data yang diperoleh berupa hasil perhitungan frekuensi relatif, dominansi, kerapatan relatif, nilai INP, indeks keanekaragaman (H'), kadar klorofil a, kadar klorofil b, kadar klorofil total, dan kadar logam berat Cd baik pada sampel air maupun sampel tumbuhan.

HASIL

Di Sungai Sudimoro Mojokerto ditemukan 5 jenis tumbuhan akuatik, yaitu *Eichhornia crassipes*, *Ipomoea aquatica*, *Althernanthera philoxeroides*, *Persicaria amphibia*, *Lemna minor* (Tabel 1) (Gambar 2). Sementara itu, terdapat 2 hasil perhitungan yaitu indeks nilai penting dan indeks keanekaragaman tumbuhan akuatik di Sungai Sudimoro. Indeks nilai penting (INP) yang didapatkan di seluruh stasiun sebesar 300% sedangkan indeks keanekaragaman (H') menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu pada stasiun 1 (wilayah pemukiman) didapatkan nilai sebesar 0,98, pada stasiun 2 (wilayah industri) didapatkan nilai sebesar 0,602 sedangkan pada stasiun 3 (lahan pertanian kosong) didapatkan nilai sebesar 0,523 (Tabel 2).



Gambar 3. Tumbuhan akuatik di Sungai Sudimoro Mojokerto 1. *Eicchornia crassipes*, 2. *Ipomoea aquatica*, 3. *Persicaria amphibi*, 4. *Althernanthera philoxeroides*, 5. *Lemna minor*

Tabel 1. Jumlah individu tumbuhan akuatik di Sungai Sudimoro Mojokerto

Stasiun	Jenis Tumbuhan	Jumlah Individu		
		Plot 1	Plot 2	Plot 3
1	<i>Eicchornia crassipes</i>	19	5	14
	<i>Ipomoea aquatica</i>	5	-	9
	<i>Althernanthera philoxeroides</i>	14	40	-
2	<i>Eicchornia crassipes</i>	34	42	49
	<i>Ipomoea aquatica</i>	4	-	-
	<i>Persicaria amphibia</i>	17	6	8
3	<i>Eicchornia crassipes</i>	24	11	8
	<i>Lemna minor</i>	97	52	-

Tabel 2. Indeks Nilai Penting (INP) dan Indeks Keanekaragaman (H') tumbuhan akuatik di Sungai Sudimoro Mojoketo

Stasiun	Sampel	FR (%)	KR (%)	DR (%)	INP (%)	H'
1	<i>Eicchornia crassipes</i>	42,86	35,85	30,50	109,21	0,368
	<i>Ipomoea aquatica</i>	28,57	50,94	14,31	93,83	0,345
	<i>Althernanthera philoxeroides</i>	28,57	13,21	55,19	96,97	0,267
	Total	100	100	100	300	0,98
2	<i>Eicchornia crassipes</i>	42,86	78,13	6,47	121,05	0,192
	<i>Ipomoea aquatica</i>	42,86	19,38	62,49	62,49	0,317
	<i>Persicaria amphibia</i>	14,29	2,50	17,46	17,46	0,093
	Total	100	100	100	300	0,602
3	<i>Eicchornia crassipes</i>	60,00	21,72	84,39	81,87	0,331
	<i>Lemna minor</i>	40,00	78,28	15,61	118,44	0,192
	Total	100	100	100	300	0,523

Berdasarkan Tabel 3 kadar Cd air sungai pada stasiun 1, stasiun 2 dan stasiun 3 berturut-turut sebesar 0,02 ppm; 0,04 ppm; 0,01 ppm. Akumulasi logam berat Cd dilihat dari seberapa besar kadar Cd yang terdapat pada tumbuhan. Rerata kadar Cd tertinggi di stasiun 1 yakni sebesar 0,032±0,001 yang merupakan tumbuhan *E. crassipes*, sedangkan rerata kedua tumbuhan lainnya *I. aquatica* sebesar 0,111±0,001 dan *A. philoxeroides* sebesar 0,029±0,001. Pada stasiun 2 rerata kadar kadmium tertinggi yakni tumbuhan *E. crassipes* sebesar 0,040±0,001, sedangkan dua tumbuhan lainnya yakni *P. amphibia* dan *I. aquatica* secara berturut-turut sebesar 0,019±0,001; 0,034±0,001. Serta pada stasiun 3 hanya terdapat tumbuhan *E. crassipes* dengan rerata kadar Cd sebesar 0,018±0,003.

Tabel 3. Kadar Logam Berat Cd Pada Air Sungai dan Tumbuhan Akuatik Pada Sungai Sudimoro Mojokerto

Stasiun	Kadar Cd Pada Air Sungai (ppm)	Jenis Tumbuhan	Rerata Kadar Cd Pada Tumbuhan
1	0,02	<i>Eicchornia crassipes</i>	0,032±0,001
		<i>Ipomoea aquatica</i>	0,111±0,001
		<i>Althernanthera philoxeroides</i>	0,029±0,001

2	0,04	<i>Eichhornia crassipes</i>	0,040±0,001
		<i>Ipomoea aquatica</i>	0,019±0,001
3	0,01	<i>Persicaria amphibia</i>	0,034±0,001
		<i>Eichhornia crassipes</i>	0,018±0,001

Hasil kadar klorofil pada tabel 4, menunjukkan rerata kandungan kadar klorofil total terendah adalah tumbuhan *E. crassipes* yang terdapat di stasiun 3 yaitu sebesar 4,999±0,314 mg/L, sedangkan tumbuhan akuatik yang memiliki rerata kandungan kadar klorofil tertinggi adalah tumbuhan *L. minor* pada stasiun 2 yaitu sebesar 17,101±0,042 mg/L. Pada hasil dari uji parameter fisika dapat diketahui bahwa suhu perairan dari stasiun 1 sampai stasiun 3 memiliki rerata sebesar 32,3°C, yang apabila dibandingkan dengan kriteria baku mutu air kelas II berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 yaitu pada deviasi 3°C dari temperatur alamiahnya, ditinjau dari parameter suhu kondisi air sungai tersebut masih sesuai dengan kriteria air yang sesuai dengan peruntukannya. pH perairan memiliki rerata 7,57 yang jika dibandingkan dengan baku mutu, pH di sungai tersebut tergolong optimal. DO perairan memiliki rerata sebesar 2,63 ppm yang dibandingkan dengan baku mutu masih tergolong optimal, sedangkan BOD pada perairan tersebut memiliki rerata 8,83 mg/L nilai tersebut melampaui batas baku mutu air (Tabel 5).

Tabel 4. Hasil pengukuran kadar klorofil daun tumbuhan akuatik

Stasiun	Jenis Sampel	Kadar Klorofil (ppm)			Rerata Klorofil Total ±SD (ppm)		
		Klorofil a	Klorofil b	Klorofil total			
1	<i>Eichhornia crassipes</i>	6,486	6,260	12,794	12,766±0,029		
		6,456	6,231	12,736			
		6,431	6,290	12,769			
	<i>Ipomoea aquatica</i>	7,157	6,153	13,363			
		6,942	6,239	13,358			
		6,444	9,239	15,731			
	<i>Althernanthera philoxeroides</i>	5,076	5,225	10,338		10,325±0,035	
		5,060	5,189	10,286			
		5,056	5,258	10,352			
	2	<i>Eichhornia crassipes</i>	7,630	9,452		17,139	4,999±0,314
			2,204	2,416		4,637	
			3,256	1,893		5,173	
<i>Ipomoea aquatica</i>		3,189	1,976	5,188			
		7,064	5,709	12,826			
		6,934	5,918	12,903			
<i>Persicaria amphibia</i>	7,034	8,637	15,723	15,776±0,063			
	7,069	8,640	15,761				
	7,106	8,686	15,846				
3	<i>Eichhornia crassipes</i>	5,214	3,049	8,301	8,355±0,046		
		5,238	3,103	8,380			
		5,144	3,201	8,383			
	<i>Lemna minor</i>	7,747	9,251	17,056			
		7,407	9,645	17,108			
		7,082	5,789	12,924			

Tabel 5. Hasil pengukuran kualitas air Sudimoro Mojokerto berdasarkan faktor fisik dan kimia

Stasiun	Suhu (°C)	Parameter		
		pH	DO (ppm)	BOD (mg/L)
1	32	7,36	2,46	9,15
	32	7,34	2,58	10,07
	32	7,35	2,97	9,98
Rata-rata ± sd	32,33 ±0,577	7,35 ± 0,010	2,67 ± 0,267	9,73 ± 0,507
2	33	7,73	0,98	12
	33	7,74	1,08	12,76
	32	7,73	1,14	13,1
Rata-rata ± sd	32,67 ± 0,577	7,73 ± 0,006	1,07 ± 0,081	12,62 ± 0,563
3	32	7,64	4,12	3,45
	33	7,63	4,25	3,96
	31	7,65	4,08	3,17
Rata-rata ± sd	32 ± 1	7,64 ± 0,010	4,15 ± 0,089	4,15 ± 0,089

Stasiun	Suhu (°C)	Parameter		
		pH	DO (ppm)	BOD (mg/L)
Rata-rata total	32,33 ± 0,34	7,57 ± 0,20	2,63 ± 1,54	8,83 ± 4,31
Baku mutu	Deviasi 3	6 – 9	4	3

PEMBAHASAN

Tumbuhan akuatik yang didapat di Sungai Sudimoro Mojokerto adalah *E. crassipes*, *I. aquatica*, *A. philoxeroides*, *P. amphibia*, *L. minor*, setiap stasiun memiliki jenis tumbuhan akuatik yang berbeda, maka dari itu tidak semua jenis tumbuhan akuatik tersebut terdapat di setiap stasiun.

Keanekaragaman tumbuhan akuatik berdasarkan hasil perhitungan indeks keanekaragaman Shannon Weaver di Sungai Sudimoro Mojokerto berkisar antara 0,98 – 0,602. Menurut perhitungan indeks keanekaragaman sungai tersebut tergolong rendah dan termasuk ke dalam kategori tercemar berat, hal ini sesuai dengan hubungan antara nilai indeks keanekaragaman dan kualitas perairan. Suatu perairan dapat dikatakan tercemar berat apabila memiliki indeks keanekaragaman jenis $H' < 1$ (Dharmawan, dkk., 2015). Tingkat keanekaragaman lingkungan perairan dapat digunakan sebagai indikator pencemaran, oleh karena itu tumbuhan akuatik yang hidup bertahan serta tingkat adaptasi yang beragam seringkali digunakan sebagai bukti bagi penelitian kualitas air (Ratih, dkk., 2016). Sungai Sudimoro Mojokerto membuktikan bahwa sungai ini berpotensi tinggi mengalami pencemaran yang diakibatkan oleh adanya limbah pemukiman maupun limbah industri sehingga keanekaragaman tumbuhan akuatik sangat rendah.

Indeks Nilai Penting (INP) dapat dijadikan salah satu acuan untuk menentukan jenis yang paling dominan pada suatu tempat. Jenis dominan yaitu jenis yang memiliki nilai INP tertinggi dalam suatu vegetasi (Kusmana, 1997). Selain itu, INP juga menunjukkan peranan spesies yang bersangkutan dengan komunitasnya. Suatu komunitas apabila komunitas tersebut tersusun oleh beragam spesies maka termasuk keanekaragaman spesies tersebut tinggi, dan dinyatakan rendah apabila komunitas tersebut hanya memiliki keragaman dan tingkat dominan spesies yang terbatas (Indriyanto, 2006). Berdasarkan hasil analisis data pengamatan menunjukkan bahwa jenis vegetasi yang paling mendominasi dengan indeks nilai penting adalah tumbuhan *Eichhornia crassipes* karena tumbuhan tersebut ditemukan di seluruh stasiun pengamatan. Nilai paling tinggi terdapat di stasiun 2 sebesar 121,05%, di stasiun tersebut merupakan wilayah aliran industri dimana banyak industri yang membuang limbahnya ke dalam perairan tersebut. Namun, tumbuhan *E. crassipes* bisa berkembang biak dengan baik, hal tersebut membuktikan bahwa *E. crassipes* tanaman air yang mempunyai daya untuk melakukan penyerapan dan mengakumulasi adanya logam berat, karena memiliki toleransi tinggi dan dapat berkembang serta laju pertumbuhan yang tinggi (Ingole, 2003).

Dapat dilihat (tabel 4) bahwa kadar logam kadmium dalam air, secara umum rerata konsentrasi memiliki nilai yang telah melampaui baku mutu perairan yang telah ditentukan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 82 Tahun 2001 yakni sejumlah 0,01 mg/L. Kadar logam kadmium yang memiliki nilai melampaui batas optimum yang telah ditentukan maka perairan ini dinyatakan berbahaya untuk ekosistem air yang terdapat pada perairan tersebut, karena pada ketiga stasiun tersebut mendapat limpasan polusi limbah cukup tinggi yang berasal dari limbah organik atau anorganik di mana sepanjang aliran sungai tersebut banyak terdapat industri serta pemukiman (Sanusi, 2006). Keberadaan logam berat dalam air memiliki berbagai macam jenis yakni terlarut, sedimen atau butiran halus. Proses pelarutan pada logam berat memerlukan jangka waktu yang lebih lama (Hutagalung, 2002).

Logam berat yang terdapat pada perairan akan diakumulasi oleh tumbuhan akuatik yang ada di dalam perairan, berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil bahwa tumbuhan *E. crassipes* memiliki rerata kadungan kadar logam kadmium tertinggi pada setiap stasiun dibandingkan dengan tumbuhan lain. Kondisi ini sebanding dengan beberapa penelitian sebelumnya, yang menyatakan bahwa tumbuhan *E. crassipes* mampu mengakumulasi logam kadmium dengan cukup baik (Indrasti, dkk., 2006). Bagi tumbuhan logam berat dapat dikelompokkan menjadi beberapa proses yang berhubungan untuk melakukan penyerapan dan akumulasi, yakni penyerapan logam pada akar, translokasi logam yang berawal dari akar menuju organ tumbuhan lainnya serta agar tidak mengakibatkan terjadinya penghambatan pada metabolisme tumbuhan maka perlu lokasi logam dibagian sel khusus (Setyaningsih, 2007). Tumbuhan pada umumnya mempunyai keefektifan dalam menyerap logam dalam jumlah yang beragam, beberapa tumbuhan teruji mempunyai sifat hiperakumulasi yang dimaksud yaitu mampu mengakumulasi unsur logam tertentu (Hidayati, 2005). Tumbuhan *E. crassipes* merupakan salah satu tumbuhan akumulator yang mampu bertahan di

lingkungan yang tercemar logam, dan mempunyai daya tahan yang kuat terhadap kadar logam berat serta sanggup menampung pencemaran dengan nilai yang besar (Rahayu, dkk., 2016).

Pengaruh akibat adanya kontaminasi logam kadmium pada media perkembangan tanaman yaitu mengurangi daya produksi perkembangan dan mortalitas pada tanaman (Monita, 2013). Hasil biomassa dapat berkurang berkaitan dengan menurunnya laju fotosintesis, akibat terhambatnya proses sintesis klorofil (Kholidiyah, 2010). Kadar logam berat dengan berubahnya kandungan klorofil pada daun saling berkaitan, kandungan klorofil dapat mengalami penyusutan searah dengan bertambahnya logam berat pada media pertumbuhan (Olivares, 2003). Klorofil dapat digunakan sebagai sistem pemantauan tumbuhan, sehingga pengujian kandungan klorofil a dan b mempunyai korelasi efektif dengan kecepatan tumbuh tajuk (Solichatun, 2007). Kandungan klorofil di daun tumbuhan terdapat perubahan yang berkaitan dengan rusaknya struktur kloroplas, hal ini diakibatkan adanya konsentrasi logam pada media pertumbuhan dan lama waktu pemaparan logam.

Hasil pengujian kadar klorofil didapatkan beberapa jenis tumbuhan akuatik (tabel 4), di mana kandungan klorofil total tertinggi adalah *L. minor* memiliki rerata sebesar $17,101 \pm 0,042$ ppm di stasiun 3, sedangkan rerata kandungan klorofil total terendah adalah tumbuhan *E. crassipes* sebesar $4,999 \pm 0,314$ ppm pada stasiun 2. Berdasarkan pengujian tersebut, dimana klorofil terendah yang memiliki akumulasi logam tertinggi pada tanaman. Hal ini sesuai dengan penelitian (Ulfah, 2017) bahwa penumpukan logam berat dengan kandungan klorofil memiliki keterkaitan, di mana semakin bertambah tinggi akumulasi logam dalam tumbuhan maka kadar klorofil pada daun mengalami penurunan. Penelitian yang dilakukan Rivero, dkk., (2011) berkaitan dengan mekanisme toleransi tumbuhan *E. crassipes* yang mengalami paparan logam kadmium, menyatakan terjadinya peningkatan penyerapan tanaman semakin tinggi bertepatan meningkatnya konsentrasi logam berat, yang mengakibatkan adanya penurunan kandungan klorofil yang signifikan hingga mencapai 20-94%. Mekanisme yang dapat dilakukan tumbuhan supaya bertahan terhadap logam berat, dengan mengakumulasi logam ke vakuola sel daun yakni secara penanggulangan (*ameliorasi*) (Margiati, 2006).

Hubungan keanekaragaman tumbuhan akuatik tidak terlepas dari faktor lingkungan yaitu faktor fisik-kimia pada perairan tersebut. Parameter penunjang lainnya antara lain suhu, pH, DO, dan BOD yang memiliki peran dapat berpengaruh secara langsung ataupun tidak langsung. Hasil parameter lingkungan di Sungai Sudimoro menunjukkan bahwa, untuk parameter suhu pada Sungai Sudimoro yaitu berkisar $30-32^{\circ}\text{C}$ di mana menurut kriteria mutu air masih sesuai dengan kegunaannya. Parameter pH di Sungai Sudimoro rerata yaitu sebesar 7,5 yang jika dibandingkan dengan baku mutu, pH di perairan tersebut tergolong optimal. DO di Sungai Sudimoro memiliki rata-rata sebesar 2,63 ppm apabila dibandingkan dengan baku mutu masih tergolong optimal, sedangkan untuk parameter BOD di Sungai Sudimoro memiliki rata-rata 8,83 mg/L dimana nilai tersebut sedikit diatas kriteria mutu air yang menunjukkan dalam kondisi tercemar. Tingginya kadar BOD dapat dikarenakan banyaknya bahan organik pada perairan tersebut, atau bisa berasal dari buangan limbah industri yang terletak disekitar hulu sungai (Afif, dkk., 2014)

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai keanekaragaman tumbuhan akuatik diperoleh beberapa jenis tumbuhan akuatik yang terdapat di Sungai Sudimoro Mojokerto yakni, *Eichornia crassipes*, *Ipomoea aquatica*, *Althernanthera philoxeroides*, *Persicaria amphibia* dan *Lemna minor*. Berdasarkan hasil indeks keanekaragaman tergolong rendah yakni dengan indeks keanekaragaman $H' < 1$ indeks keanekaragaman. Selain itu adanya penumpukan logam berat dengan kandungan klorofil memiliki keterkaitan, di mana semakin bertambah tinggi akumulasi logam dalam tumbuhan maka kadar klorofil pada daun mengalami penurunan. Kualitas air berdasarkan faktor fisik dan kimia masih tergolong baik, sesuai dengan baku mutu perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif J, Ngabekti S, & Pribadi TA, 2014. Keanekaragaman makrozoobentos sebagai indikator kualitas perairan di ekosistem mangrove Wilayah Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Life Science*, 3(1).
- Barus, BS, 2017. Analisis kandungan logam berat kadmium (Cd) dan merkuri (Hg) pada air dan sedimen di perairan Muara Sungai Banyuasin. *Maspari Journal*, 9(1), 69-76.
- Dharmawan, Ibrohim, Suwono, dan Susanto, 2015. *Ekologi Hewan*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Hanifah Y, & Widyastuti W, 2017. Kajian Kualitas Air Sungai Konteng sebagai Sumber Air Baku Pdam Tirta Darma Unit Gamping, Kabupaten Sleman. *Jurnal Bumi Indonesia*, 6(1), 228741.
- Hidayati N, 2005. Fitoremediasi dan potensi tumbuhan hiperakumulator. *Hayati Journal of Biosciences*, 12 (1), 35-40.

- Hutagalung H & Manik J, 2002. Kandungan logam berat dalam air, dan sedimen di perairan muara Sungai Digul dan Arafura. *Jurnal Pesisir dan Pantai Indonesia VII*. Pusat Penelitian Oseanologi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
- Indrasti NS, Suprihatin B, & Novita A, 2006. Penyerapan logam Pb dan Cd oleh eceng gondok: pengaruh konsentrasi logam dan lama waktu kontak. *Journal of Agroindustrial Technology*, 16(1).
- Indriyanto, 2006. *Ekologi Hutan*. Buku. Bumi Aksara. Jakarta. 210 p
- Ingole NW, Bhole ag, 2003. Removal Of Heavy Metals From Aqueous Solution By Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*). *J. Water SRT-Aqua* 52: 119-128
- Khusna A, 2018. *Studi Kualitas Air Sungai Sudimoro Di Mojokerto Berdasarkan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Sumber Belajar Biologi* (Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang).
- Kholidiyah N, 2010. *Respon biologis tumbuhan eceng gondok (Eichhornia crassipes Solms) sebagai biomonitoring pencemaran logam berat Cadmium (Cd) dan Plumbum (Pb) pada sungai pembuangan lumpur Lapindo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Kohar I, Budiono R, Indriany D, & Wilujeng NS, 2005. Studi kandungan logam berat dalam daging ikan dari tambak yang dekat dan yang jauh dari daerah industri. *Berkala Penelitian Hayati*, 10(2), 111-115.
- Kusmana C, 1997. *Metode Survei Vegetasi*. Bogor.
- Monita R, 2013. Kandungan Klorofil Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Akibat Pemberian Logam Kadmium (Cd) pada Berbagai Konsentrasi. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 2(3).
- Olivares, E, 2003. Pengaruh timbal pada fitokimia *Tithonia diversifolia* yang terpapar polusi otomotif pinggir jalan atau ditanam dalam pot tanah yang disuplementasi Pb. *Jurnal Fisiologi Tumbuhan Brasil*, 15 (3), 149-158.
- Pilon-Smits, E, 2005. Fitoremediasi. *Annu. Rev. Biol Tanaman.*, 56, 15-39.
- Rachmadiarti F, & Trimulyono G, 2019. Phytoremediation Capability Of Water Clover (*Marsilea Crenata* (L). *PRESL.*) In Synthetic Pb Solution. *Applied Ecology And Environmental Research*, 17(4), 9609-9619.
- Rahayu ST, Faradilla M, Verawati EY, & Triana M, 2016. Respon Bioakumulator Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Logam Berat Pb Dan Cd Di Sungai Pegangsaan Dua. *Pharmaceutical Sciences and Research (PSR)*, 1(1), 9-15.
- Rahman A, 2018. Kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada beberapa jenis krustasea di pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Bioscientiae*, 3 (2).
- Ratih I, Prihanta W, & Susetyarini RE, 2016. Inventarisasi keanekaragaman makrozoobentos di daerah aliran sungai Brantas Kecamatan Ngoro Mojokerto sebagai sumber belajar biologi SMA kelas X. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 1(2).
- Rivero GC, Puzon JM, & Alcantara HP, 2011. *Tolerance Mechanism In Cadmium-Exposed Eichhornia crassipes Mart. Solms, A Phytoremediator. Thesis. Dipublikasikan. Philippines: University of the Philippines.*
- Sanusi HS, 2006. Kimia Laut, Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan. *Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor*, 188.
- Sariwati E, 2010. *Analisis beban pencemaran Sungai Cihideung sebagai bahan baku pengolahan air di Kampus IPB Dramaga*. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Setyaningsih L, 2007. Pemanfaatan cendawan mikoriza arbuskula dan kompos aktif untuk meningkatkan pertumbuhan semai mindi (*Melia azedarach* Linn) pada media tailing tambang emas Pongkor. *Bogor: Institut Pertanian Bogor*.
- Solichatun, 2007. Kajian Klorofil dan Karotenoid *Plantago major* L. dan *Phaseolus vulgaris* L. sebagai Bioindikator Kualitas Udara. *Biodiversitas*, 8(4), 279-282.
- Suripin, 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Udara*. Penerbit Andi Yogyakarta.
- Ulfah M, Rachmadiarti, & Rahayu YS, 2017. Pengaruh Timbal (Pb) terhadap Kandungan Klorofil Kiambang (*Salvinia molesta*). *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 6(2): 44-48

Published: 31 Januari 2021

Authors:

Refika Yuliana Pratiwi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang, Gayungan, 60231 Surabaya, Indonesia, e-mail:refika.17030244064@mhs.unesa.ac.id
 Fida Rachmadiarti, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang, Gayungan, 60231 Surabaya, Indonesia, e-mail: fidarachmadiarti@unesa.ac.id

How to cite this article:

Pratiwi RY, Rachmadiarti F, 2021. Keanekaragaman Jenis-jenis Tumbuhan Akumulator Kadmium (Cd) di Sungai Sudimoro Mojokerto. *LenteraBio*; 10(1): 125-133