

Struktur Komunitas Makrofita Akuatik di Sungai Embau Kecamatan Hulu Gurung Kabupaten Kapuas Hulu

Irvan Fitra Jayadi¹, Riza Linda¹, Tri Rima Setyawati¹

Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak, email korespondensi: irvan.f.jayadi@gmail.com

Abstract

Aquatic macrophyte is one of macro plants that grows in or in near that water. The study aimed to know structure of aquatic macrophyte community plants in Embau river district of Hulu Gurung, Kapuas Hulu Regency. The research sample were taken in april 2016 using cover area transect. There are 15 species from 12 families of aquatic macrophytes found in the research site. Thirteen types of these plants are emergent such as *Calla* sp., *Cyperus pilosus* L., *Chiloscyphus polyanthos* L., *Dichodontium* sp., *Donax canniformes*, *Eleocharis pervula* R.Br, *Fissidens toxifolius* L. Vhal, *Fluminea festutacea*, *Eleusine indica* (L) Gaertn, *Homalomena* sp., *Monosolenium terenum*, *Polygonum* sp. dan *Rosmarinus* sp. The two types of submerged plants found in the sampling site are *Glossostigma* sp., and *Elodea* sp. Species of *F. toxifolius* L. Vhal is one of aquatic macrophytes that had the highest cover area transect (CAT) with 18,1% while *Eleusine indica* (L) Gaertn had the lowest CAT with 1,39%. According diversity index aquatic macrophyte in Embau river was moderate ($H^2 = 1,18-1,8$), Index of dominance was low ($C = 0,21-0,44$) and high level of evenness index ($E = 0,44-0,69$). The Embau river is the highest polluted heavy metal of Plumbum (Pb^{2+}) in sediment with 13,4 mg/l.

Keywords: Aquatic macrophyte, Cover Area Transect, emergent, submerged, *Fissidens toxifolius* L. Vhal

PENDAHULUAN

Makrofita akuatik merupakan jenis tumbuhan makro yang dapat hidup di perairan atau sebagian besar menghabiskan masa siklus hidup di dalam air. Menurut Odum (1993), makrofita akuatik memiliki ciri kutikula tipis, stomata tebal dan umumnya jumlah stomata pada bagian permukaan atas daun lebih banyak dibandingkan bagian bawah permukaan daun. Agustiniingsih (2012), menyatakan bahwa komposisi dan kelimpahan makrofita akuatik dapat dijadikan sebagai bioindikator untuk menentukan kualitas suatu perairan. Wilhm (1975) menjelaskan bahwa lamanya paparan suatu toksikan berbahaya di lingkungan perairan menyebabkan terjadinya penurunan keanekaragaman dari makrofita. Paparan toksikan berbahaya memberikan suatu mekanisme reaksi adaptasi yang berbeda. Menurut Cook (1996), makrofita akuatik yang hidup di lingkungan tercemar toksikan yang melebihi nilai ambang batas (NAB) memiliki daya adaptasi yang tinggi, sehingga mampu berada pada kondisi lingkungan tersebut.

Berdasarkan hasil penelitian Juhaeti (2004) pada lahan bekas penambangan emas ditemukan *Mikania cordata*, *Scoparia dulcis* L., dan *Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl. yang menyerap logam berat dan mengakumulasi logam pada organ daun, batang dan akar, berpotensi sebagai fitoremediasi. Indrawati & Muhsin (2008), telah mengidentifikasi jenis-jenis

makrofita di sungai dan rawa air tawar di Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara. Jenis makrofita akuatik yang ditemukan dari sungai tercemar ringan sebanyak 14 jenis. Penelitian Burhan (2014), di Sungai Tallo, Sulawesi Selatan yang merupakan sungai tercemar logam berat Pb hanya ditemukan satu makrofita akuatik dari kelompok *Chlorophyceae*.

Sungai Embau ada di Kecamatan Hulu Gurung Kabupaten Kapuas Hulu merupakan sungai penghubung antar anak sungai lainnya. Wilayah yang ada di sekitar Sungai Embau telah dilakukan penambangan emas, contohnya di Kecamatan Mentebah, Bunut Hilir, Boyan dan Hulu Gurung (Badan Pusat Statistik, 2015). Adanya aktivitas penambangan emas di sepanjang Sungai Embau diprediksi akan mengganggu keberadaan komunitas makrofita akuatik yang ada, sehingga kajian mengenai struktur komunitas makrofita akuatik di Sungai Embau penting untuk dilakukan.

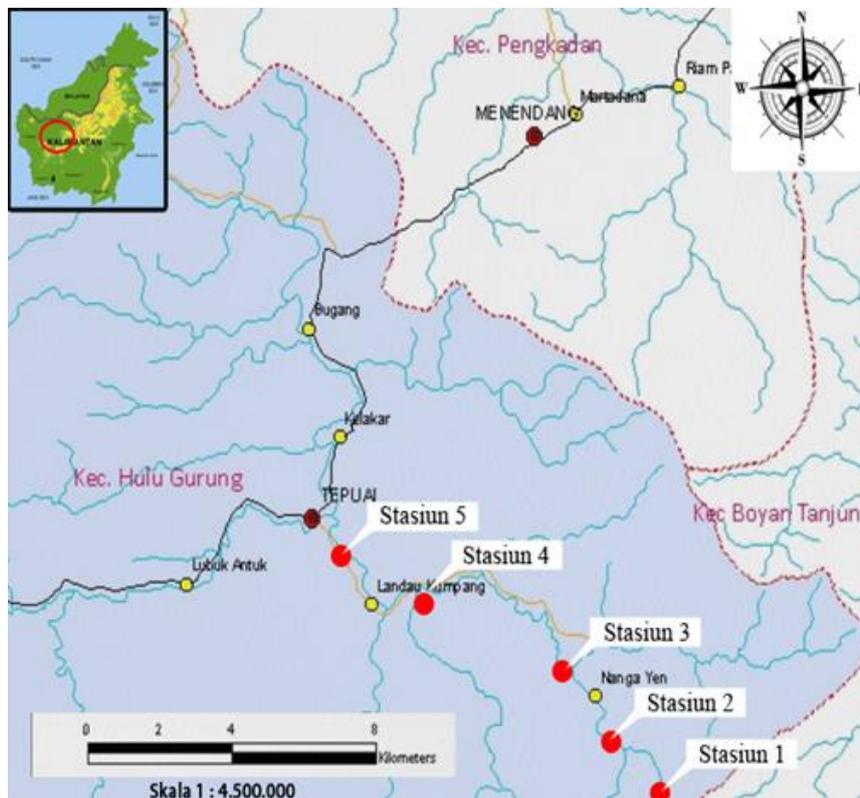
BAHAN DAN METODE

Sampel makrofita akuatik diambil pada bulan April 2016 di Sungai Embau Kecamatan Hulu Gurung Kabupaten Kapuas Hulu. Identifikasi dan analisis parameter lingkungan dilakukan di Laboratorium BARISTAND Pontianak dan Laboratorium Zoologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah botol sampel, botol Winkler, bola pimpong, buku identifikasi, Erlenmeyer, kantung plastik, kertas label, keping *Secchi*, meteran gulung, pH meter, plot kayu, spuit, spektrofotometer, sterofom, tali

rafia, termometer, tabung reaksi, tongkat kayu. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sampel makrofita akuatik, air dan sedimen Sungai Embau, amilum, asam sulfat (H_2SO_4), akuades, larutan KI, K_2SO_4 , larutan $Na_2S_2O_3$, larutan $MnSO_4$ dan alkohol 70%.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Deskripsi Lokasi Penelitian

Hulu Gurung menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Kapuas Hulu (Badan Pusat Statistik, 2015) merupakan salah satu kecamatan yang berada di Kabupaten Kapuas Hulu. Hulu Gurung memiliki banyak anak sungai sebagai dan sebagian besar masih terjaga kondisi lingkungannya. Sungai Embau merupakan sungai yang menghubungkan aliran sungai induk dan sub DAS di dalamnya dengan luasan sebesar 31.180 Ha. Kecamatan Hulu Gurung, secara astronomis berada pada $0,350^{\circ}$ LU– $0,460^{\circ}$ LU dan $112,220^{\circ}$ BT sampai $112,380^{\circ}$ BT.

Prosedur Penelitian

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel makrofita akuatik dilakukan di Sungai Embau Kecamatan Hulu Gurung Kabupaten Kapuas Hulu. Luas plot sampling berukuran 2×6 m dengan ukuran plot 2×2 m dan panjang jalur transek 80 m setiap sub stasiun (Kusuma, 1997). Sampling dilakukan pada kedua tepian sungai dan

dilakukan pengukuran faktor lingkungan, kedalaman dan tipe substrat. Pengukuran kerapatan makrofita akuatik menggunakan metode luas penutupan area modifikasi *line-transect* (Dibble *et al.*, 2006). Jenis makrofita akuatik yang diperoleh kemudian didokumentasi dan diawetkan menggunakan alkohol 70% (herbarium basah).

Identifikasi Makrofita Akuatik

Identifikasi tingkat genus dilakukan dengan mengamati bangun daun, organ bunga, organ batang, tipe ruas batang dan organ akar. Setiap individu yang dikoleksi diidentifikasi dengan menggunakan buku *A Manual of Aquatic Plants* (Fasset, 1940), dan *Aquatic Macrophyte Risk Assessment for Pesticides* (Maltby *et al.*, 2008).

Analisis Data

Pengukuran kerapatan makrofita akuatik menggunakan metode luas tutupan area (LTA) (Dibble *et al.*, 2006). Sampel makrofita akuatik yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan

rumus Kerapatan Relatif (KR), Indeks keanekaragaman (H), Indeks dominansi Simpson (C) dan Indeks kemerataan jenis (E). Kerapatan komunitas makrofitakuatik dihitung dengan rumus luas tutupan area (LTA) (Dibble *et al.*, 2006);

$$LTA = \frac{\text{Jumlah titik penutupan oleh spesies ke } - i}{\text{Total titik (plot)}}$$

Menurut Magurran (1988), Kerapatan Relatif (KR) makrofitakuatik, dihitung dengan rumus;

$$KR (\%) = \frac{\text{Luas kerapatan oleh spesies } i}{\text{Jumlah total kerapatan seluruh spesies}} \times 100\%$$

Menurut Michael (1984), Indeks diversitas (Shanon-Wiener), dihitung dengan rumus;

$$H = - \sum \frac{ni}{N} \ln \frac{ni}{N}$$

Keterangan:

H² = indeks diversitas

ni = jumlah individu tiap jenis

N = jumlah total individu semua jenis

Menurut Michael (1984), Indeks dominansi (Simpson), dihitung dengan rumus;

$$C = \sum_{i=1}^s \left[\frac{ni}{N} \right]^2$$

Keterangan :

C = indeks dominan simpson

ni = Kelimpahan spesies ke-i

N = Kelimpahan total spesies ditemukan

Menurut Michael (1984), Indeks Kemerataan (E) dapat dihitung dengan rumus;

$$E = \frac{H' \text{ Spesies}}{H \text{ Max}}$$

H² Spesies : Indeks kemerataan spesies pada stasiun ke-i
H Max : LnS (Jumlah spesies yang ditemukan pada stasiun ke-i)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Makrofitakuatik yang ditemukan di Sungai Embau sebanyak 15 jenis makrofitakuatik yang dikelompokkan dalam 12 famili. Berdasarkan pola hidupnya, ditemukan 13 jenis makrofitakuatik yang muncul ke permukaan (*emergent*) yaitu *Calla* sp., *Cyperus pilosus* L., *Chiloscyphus polyanthos* L., *Dichodontium* sp., *Donax canniformes*, *Eleocharis pervula* R.Br, *Fissidens toxifolius* L., *Fluminea festutacea*, *Eleusine indica* (L) Gaertn, *Homalomena* sp., *Monosolenium terenum*, *Polygonum* sp. dan *Rosmarinus* sp (Gambar 2). Jenis makrofitakuatik yang berakar dan berdaun di dasar (*submerged*) ditemukan 2 jenis yaitu *Glossostigma* sp., dan *Elodea* sp. (Tabel 1).

Tabel 1. Makrofitakuatik yang ditemukan di Sungai Embau

No	Famili	Spesies	Pola Hidup
1	<i>Araceae</i>	<i>Hamolomena</i> sp. <i>Calla</i> sp.	<i>Emergent</i> <i>Emergent</i>
2	<i>Cyperaceae</i>	<i>Cyperus pilosus</i> L. <i>Eleocharis pervula</i> R. Br. <i>Fluminea</i> sp.	<i>Emergent</i> <i>Emergent</i> <i>Emergent</i>
3	<i>Fissinaceae</i>	<i>Fissidens toxifolius</i> L. Vhal	<i>Emergent</i>
4	<i>Graminae</i>	<i>Eleusine indica</i> (L) Gaertn	<i>Emergent</i>
5	<i>Limiaceae</i>	<i>Rosmarinus</i> sp.	<i>Emergent</i>
6	<i>Lophocoleaceae</i>	<i>Chiloscyphus polyanthos</i> (L) Corda	<i>Emergent</i>
7	<i>Monosoleniaceae</i>	<i>Monosolenium terenum</i>	<i>Emergent</i>
8	<i>Marantaceae</i>	<i>Donax canniformes</i> L.	<i>Emergent</i>
9	<i>Polygonaceae</i>	<i>Polygonum</i> sp.	<i>Emergent</i>
10	<i>Rhabdoweisiaceae</i>	<i>Dichodontium</i> sp.	<i>Emergent</i>
11	<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Glossostigma</i> sp.	<i>Submerged</i>
12	<i>Hydrocharioideae</i>	<i>Elodea</i> sp.	<i>Submerged</i>



Gambar 2. Lima belas jenis makrofita akuatik ditemukan di Sungai Embau, diketahui jenis *emergent* (a) *Calla* sp., (b) *Eleusine indica* (L.) Gaertn, (c) *Homalomena* sp., (d) *Donax toxifolius*, (e) *Chiloscypus polyanthos*, (f) *Fissidens toxifolius* (L) Vhal., (g) *Eleocharis pervula*, (j) *Polygonum* sp., (k) *Cyperus pilosus* L., (l) *Fluminea festucacea*, (m) *Monosolenium tenerum*, (n) *Dichodontium* sp., (o) *Rosmarinus* sp. Sedangkan jenis *submerged* diketahui jenis (h) *Glossostigma* sp., (i) *Eleodea* sp.

Tabel 2. Kerapatan Populasi (KP/LTA) dan Kerapatan Relatif (KR) di Sungai Embau

No	Spesies	Stasiun (%)										Kisaran KP (%)	Kisaran KR (%)		
		I		II		III		IV		V					
		KP	KR	KP	KR	KP	KR	KP	KR	KP	KR				
1	<i>Hamolomena</i> sp.	2,78	15,4	-	-	-	-	-	-	1,39	3,02	1,39-2,78	3,02-15,4		
2	<i>Calla</i> sp. ⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	8,33	18,2	8,33	18,2		
3	<i>Cyperus pilosus</i> L. ⁺	-	-	2,78	19,8	-	-	-	-	-	-	2,78	19,8		
4	<i>Eleocharis pervula</i> R. Br.	1,39	7,72	-	-	1,39	3,47	11,1	18,5	-	-	1,39-11,1	3,47-18,5		
5	<i>Fluminea festucaceae</i>	-	-	-	-	6,94	17,4	-	-	5,56	12,1	5,56-6,94	12,1-17,4		
6	<i>Fissidens toxifolius</i> L. Vhal	8,33	46,3	1,39	9,92	5,56	13,9	18,1**	23,2	5,56	12,1	1,39-18,1**	9,92-46,3**		
7	<i>Eleusine indica</i> (L) Gaertn ⁺	1,39*	7,72	-	-	-	-	-	-	-	-	1,39*	7,72*		
8	<i>Elodea</i> sp.	-	-	2,78	19,8	-	-	6,94	11,6	-	-	2,78-6,94	11,6-19,8		
9	<i>Rosmarinus</i> sp.	-	-	1,39	9,92	8,33	20,8	-	-	9,72	21,1	1,39-9,72	9,92-21,1		
10	<i>Chilosecyphus polyanthos</i> (L) Corda	1,39*	7,72	-	-	-	-	13,9	23,2	-	-	1,39-13,9	7,72-23,2		
11	<i>Monosolenium terenum</i>	-	-	-	-	1,39	3,47	-	-	4,17	9,06	1,39-4,17	3,47-9,06		
12	<i>Donax canniformes</i> L. ⁺	2,78	15,4	-	-	-	-	-	-	-	-	2,78	15,4		
13	<i>Polygonum</i> sp.	-	-	-	-	9,72	24,3	1,39	2,31	1,39	3,02	1,39-9,72	2,31-24,3		
14	<i>Dichodontium</i> sp.	-	-	-	-	1,39	3,34	-	-	2,78	6,04	1,39-2,78	3,34-6,04		
15	<i>Glossostigma</i> sp.	-	-	5,56	39,7	5,56	14	8,33	14	6,94	11,1	5,56-8,33	11,1-39,7		
Total		18		14*		40		60**		46		1,39-18,1		2,31-46,3	

Keterangan: KP/LTA = Kerapatan Populasi/Luas Tutupan Area
 KR = Kerapatan Relatif
 * = Nilai terendah
 ** = Nilai tertinggi
 + = Ditemukan hanya pada satu stasiun penelitian

Luas tutupan area (LTA) makrofita akuatik di Sungai Embau berkisar antara 1,39-18,1%. Kerapatan relatif total (KR) makrofita akuatik berkisar antara 2,31-46,3%. *Fissidens toxifolius* L. Vhal. ditemukan di semua stasiun dengan luas

tutupan area (LTA) berkisar antara 1,39-18,1%. Beberapa spesies yang hanya ditemukan pada satu stasiun yaitu *E. indica* (L). Gaertn, *Calla* sp., *C. pilosus* L., dan *D. canniformes* (Tabel 2).

Tabel 3. Nilai Keanekaragaman (H'), Dominansi (C) dan Kemerataan (E)

No	Stasiun	H'	C	E
1	I	1.18*	0.44**	0.66*
2	II	1.67	0.23	0.94**
3	III	1.78	0.22	0.85
4	IV	1.51	0.27	0.84
5	V	1.88**	0.21*	0.85

Keterangan: * = Nilai indeks terendah
 ** = Nilai indeks tertinggi

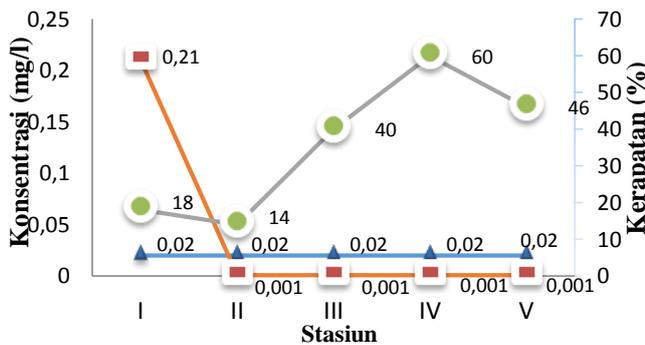
Parameter uji fisika dan kimia lingkungan berperan penting dan mempengaruhi sebaran kerapatan makrofita akuatik di Sungai Embau yaitu kedalaman sungai 1,4 m dan kecerahan 1,11 m (Tabel 4). Perairan Sungai Embau memiliki rerata pH sebesar 6,8; DO 10,38 mg/l; CO₂ 8,62 mg/l; nitrat < 0,02 mg/l; fosfat < 0,001 mg/l; timbal air < 0,002 mg/l dan sedimen berkisar antara < 0,100

sampai 13,4 mg/l (Gambar 4). Konsentrasi nitrat tersebar merata di setiap stasiun yaitu < 0,02 mg/l. Konsentrasi fosfat terlarut tertinggi ditemukan di Stasiun I sebesar 0,21 mg/l, sedangkan pada stasiun lainnya < 0,001 mg/l. Hubungan keberadaan fosfat dan nitrat terlarut terhadap kerapatan komunitas makrofita akuatik di Sungai Embau terlihat pada Gambar 3

Tabel 4. Hasil Pengukuran Faktor Lingkungan Sungai Embau

Parameter	Satuan	Stasiun					Rerata
		I	II	III	IV	V	
Suhu Udara	⁰ C	28	28	28	28	28	28
Suhu Air	⁰ C	28	29	28	28	28	28,2
Kedalaman	m	1,9**	1,3	1,03*	1,4	1,5	1,4
Kecerahan	m	1,16**	0,33*	0,39	0,36	0,47	0,74
Kecepatan Arus	m/s	0,17	0,20	0,17	0,25	0,20	0,18
TSS	mg/l	0,012	0,06	0,05	0,04	0,026	0,04
TDS	mg/l	0,02	0,05	0,045	0,03	0,038	0,04
pH		6	7	7	7	7	6,8
DO	mg/l	19,2**	11,4	17,2	11,2*	11,6	15,9
CO ₂	mg/l	12,76**	7,92	10,7	7,04*	9,7	9,6
Nitrat	mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Posfat	mg/l	0,21**	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Timbal Air	mg/l	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Timbal sedimen	mg/l	13,4**	8,70	8,119	< 0,10	< 0,10*	6,10

Keterangan ** Nilai tertinggi * Nilai terendah



Gambar 3. Hubungan fosfat, nitrat dan kerapatan makrofita akuatik (Ket: ■ fosfat (mg/l); ▲ nitrat (mg/l); dan ● kerapatan (%)).

Pembahasan

Komposisi dan Kerapatan Vegetasi Makrofita Akuatik di Sungai Embau

Komunitas makrofita akuatik yang ditemukan di Sungai Embau sebanyak 15 jenis, terdiri atas 13 jenis makrofita akuatik *emergent* dan 2 jenis makrofita *submerged* (Tabel 1). Jenis makrofita akuatik bertipe *emergent* lebih banyak ditemukan di perairan Sungai Embau. Hal ini disebabkan karena sebagian besar makrofita akuatik yang berada di perairan melekat pada bebatuan besar dan kayu. Menurut Dibble *et al.* (2006), cara tumbuh makrofita akuatik *emergent* merupakan ciri khas adaptasi makrofita akuatik yang berada di sungai berarus sedang dengan cara tumbuh pada substrat bebatuan besar dan kayu yang berada ditepian sungai (Tabel 4.). Substrat berfungsi sebagai tempat

perlekatan akar dan sumber unsur hara. Substrat tumbuh makrofita akuatik Sungai Embau adalah bebatuan besar berpasir dan kayu besar yang telah mati berada di badan perairan. Karakteristik substrat seperti ini sesuai pada saat survei yang telah dilakukan, sehingga menjadi ciri khas untuk substrat tumbuh bagi makrofita *emergent*. Menurut (Odum, 1993), makrofita *emergent* merupakan jenis makrofita akuatik yang mudah ditemukan pada berbagai substrat tepian sungai khususnya substrat tanah berpasir dan kayu.

Makrofita *emergent* yang ditemukan mendominasi di semua stasiun penelitian yaitu jenis *Fissidens toxifolius* L. Vhal. Kerapatan *F. toxifolius* L. Vhal. tertinggi ditemukan di stasiun I dengan menempati luas tutupan area (LTA) sebesar 18,1%. Jenis tersebut melimpah dan tersebar merata di semua stasiun, karena *F. toxifolius* L. Vhal merupakan jenis tumbuhan lumut air yang mudah hidup pada substrat yang lembab dengan unsur hara yang cukup. Bapna (1980), menjelaskan bahwa *Fissidens toxifolius* L. Vhal. memiliki jenis spora yang berukuran mikro dan masa dormansi sangat singkat, sehingga memudahkan individu baru tumbuh di substrat jatuhnya spora.

Faktor utama ditemukan lebih banyak makrofita *emergent* dibandingkan makrofita *submerged* di Sungai Embau yaitu tingginya konsentrasi anorganik fosfat berkisar antara < 0,001-0,21 mg/l dan nitrat terlarut < 0,02 mg/l. Faktor lain yang mendukung keberadaan makrofita *emergent*. Konsentrasi fosfat (PO₄) dengan rerata 0,02 mg/l

diduga memengaruhi pertumbuhan makrofita akuatik di Sungai Embau. Tingginya konsentrasi senyawa PO_4 terlarut yang ditemukan di stasiun I sebesar 0,21 mg/l menyebabkan kelebihan unsur hara yang diperlukan oleh makrofita akuatik. Simarata (2007), menjelaskan bahwa konsentrasi PO_4 terlarut di perairan yang diperlukan makrofita akuatik untuk pertumbuhan sebesar 0,001-0,009 mg/l. Karena, konsentrasi $PO_4 > 0,1$ mg/l dapat menyebabkan eutrofikasi dan berdampak pada peledakan (*blooming*) spesies makrofita akuatik karena konsentrasi PO_4 di perairan sungai tidak kurang dari 1 mg/l (Barus, 1996).

Hamolomena sp dan *Eleusine indica* (L) Gaertn. merupakan spesies makrofita akuatik *emergent* dengan kisaran LTA terkecil 1,39-2,78% dan 1,39%. Kerapatan relatif (KR) makrofita *emergent* kedua spesies tersebut berkisar antara 3,02-15,4% dan 7,7% (Tabel 2). Makrofita *emergent* lainnya yang ditemukan di stasiun I yaitu *Eleocharis pervula* yang memiliki LTA total stasiun sebesar 1,39%. Menurut Odum (1993) *Eleocharis pervula* merupakan jenis makrofita akuatik yang umum ditemukan pada perairan bersih, namun dapat beradaptasi di perairan dengan kualitas lingkungan yang buruk. Menurut Costa dan Henry (2010) *Eleocharis pervula* dapat dijadikan sebagai bioindikator perairan tercemar berat.

Hasil penelitian ini menemukan dua jenis makrofita *submerged* di Sungai Embau yaitu jenis *Elodea* sp dan *Glossostigma* sp. Jenis makrofita *submerged* ditemukan di stasiun II sampai stasiun V. Jenis *Elodea* sp ditemukan hanya di stasiun II, IV dan V, sedangkan *Glossostigma* sp ditemukan di stasiun II sampai stasiun V. Sedikitnya jumlah makrofita *submerged* yang ditemukan di Sungai Embau ini disebabkan oleh konsentrasi zat padat terlarut TSS. Salah satu stasiun dengan konsentrasi TSS tinggi yaitu stasiun II berkisar antara 0,012 mg/l sampai 0,06 mg/l. Dilihat dari LTA makrofita *submerged* yang diperoleh, mengindikasikan bahwa makrofita akuatik *submerged* tidak mampu bertahan pada konsentrasi padatan tersuspensi yang tinggi (Tabel 4). Wilhm (1975), menjelaskan bahwa konsentrasi padatan tersuspensi yang tinggi menjadi faktor penghalang keberadaan makrofita *submerged* sehingga memungkinkan lebih banyak ditemukan makrofita *emergent*.

Keberadaan makrofita *submerged* juga dipengaruhi kondisi fisik Sungai Embau seperti kecepatan arus (0,17 m/s - 0,25 m/s) dan kedalaman sungai (1,3 m - 1,9 m) (Tabel 4). Kondisi kecepatan arus dan

kedalaman sungai tersebut mengindikasikan bahwa bagian hulu Sungai Embau menjadikan makrofita *emergent* lebih banyak ditemukan (Tabel 2.). Namun dalam penelitian ini ditemukan makrofita *submerged* di stasiun II dengan kedalaman 1,3 m (Tabel 2).

Makrofita akuatik dengan cara hidup *submerged* lebih sedikit bila dibandingkan dengan *emergent*. Sedikitnya spesies makrofita akuatik *submerged* yang ditemukan di Sungai Embau diduga karena tingginya konsentrasi senyawa nitrat dan fosfat yang memengaruhi sebaran LTA makrofita akuatik tersebut (Gambar 3). Jenis *Glossostigma* sp umumnya hidup pada kondisi lingkungan perairan yang bersih. Mühlberg (1982) dan Kasselmann (2003), mengungkapkan bahwa perubahan lingkungan yang terjadi secara terus-menerus dapat menyebabkan penurunan kepadatan spesies *Glossostigma* sp pada suatu area. Cook (1996), menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi padatan tersuspensi dapat menyebabkan penumpukan pada permukaan daun dan merusak stomata *Glossostigma* sp, sehingga menurunkan fungsi fisiologis dari tumbuhan tersebut.

Derajat keasaman (pH) perairan Sungai Embau termasuk kategori asam-netral (6-7). Menurut Costa & Henry (2010), pH 6-7 merupakan pH optimum untuk penguraian bahan anorganik (N dan P) di perairan dan mengindikasikan bahwa tumbuhan memiliki nutrisi yang cukup di perairan. Konsentrasi senyawa nitrat dan fosfat terlarut di Sungai Embau yang tersebar tidak merata diduga menjadi penyebab mendominasinya pertumbuhan makrofita akuatik pada stasiun tertentu.

Tingginya kerapatan makrofita akuatik di stasiun IV dan V diduga disebabkan oleh rendahnya kecerahan air sungai yaitu 0,36-0,47 meter, sehingga menjadi penyebab ditemukan sebagian besar makrofita *emergent* pada stasiun tersebut. Makrofita *submerged* jenis *Glossostigma* sp dan *Elodea* sp ditemukan pada stasiun IV dan V namun memiliki LTA relatif rendah bila dibandingkan dengan makrofita *emergent* (Tabel 2). Tingkat kecerahan berpengaruh terhadap penetrasi cahaya yang masuk ke perairan akan menurun, sehingga menghambat proses fotosintesis makrofita akuatik *submerged* (Odum, 1993 dan Asmawi, 1983 dalam Retnowati, 2003)

Glossostigma sp umumnya mampu bertahan pada tingkat kedalaman yang bervariasi yaitu berkisar antara 0,1 m - 2,3 m (Riis & Hawes, 2002). Hasil

penelitian Les *et al.* (2006), menemukan spesies *Glossostigma* sp mampu hidup pada kedalaman hingga 2,6 m dan kecerahan mencapai 2,5 m. *Glossostigma* sp yang berada di Sungai Embau ditemukan pada kedalaman 1,0 m - 1,5 m, pada penelitian ini tidak ditemukan jenis *Glossostigma* sp pada stasiun dengan kedalaman 1,9 m (Tabel 4). Faktor yang memengaruhi tidak ditemukan makrofita akuatik *submerged* di stasiun I yaitu tingginya konsentrasi fosfat terlarut yaitu sebesar 0,21 mg/l. Keberadaan fosfat terlarut dalam batas aman untuk makrofita akuatik *submerged* < 0,009 mg/l (Simarata, 2007).

Makrofita akuatik *submerged* umumnya dipengaruhi oleh konsentrasi karbon yang terkonsentrasi di perairan. Keberadaan senyawa karbon terlarut umumnya diperoleh dari hasil pelapukan mineral dan difusi karbon yang berada dipermukaan air. Tingkat kejenuhan karbon dipengaruhi oleh faktor zat tersuspensi, pH, dan suhu air optimum, sehingga meningkatkan konsentrasi karbon anorganik (Long, 1991 dan Chen *et al.*, 1994). Hasil penelitian Olesen & Madsen (2000), menjelaskan bahwa makrofita *submerged* jenis *Elodea* sp memiliki kemampuan mempertahankan diri dari karbon terlarut pada konsentrasi zat tersuspensi yang tidak melebihi NAB ketersediaan di lingkungan perairan.

Struktur Komunitas Makrofita Akuatik di Sungai Embau

Nilai keanekaragaman (H') di Sungai Embau berkisar antara 1,2-2,0 (Tabel 3). Nilai H' yang diperoleh tersebut dikategorikan sebagai keanekaragaman sedang (1,00-3,00) (Odum, 1993). Nilai H' yang ditemukan menunjukkan sebaran spesies pada setiap stasiun LTA makrofita akuatik cukup heterogen. Berdasarkan hubungan nilai H' terhadap kualitas lingkungan perairan Sungai Embau maka dapat dikategorikan termasuk sungai yang tercemar ringan ($H' = 1,6-2,00$) kecuali pada stasiun I tercemar sedang ($H' = 1,16$).

Keanekaragaman tertinggi ditemukan pada stasiun V yaitu dengan nilai 1,8 (Tabel 3). Relatif meratanya LTA di stasiun V menggambarkan bahwa tidak ada spesies yang mendominasi. Spesies yang memiliki LTA tertinggi yaitu *Rosmarinus* sp sebesar 9,72% dari total area sampling stasiun V. Faktor utama yang mendukung kerapatan *Rosmarinus* sp pada stasiun V terdiri dari substratnya yang bertipe bebatuan besar. Umumnya bebatuan besar di perairan ditutupi oleh pasir yang

bercampur dengan tanah, sehingga mampu menjadi substrat tumbuh yang sesuai untuk spesies *Rosmarinus* sp. Hasil penelitian Mateu-Andreas (2013), menyatakan bahwa *Rosmarinus* sp memiliki karakteristik tempat tumbuh pada kondisi yang basah dan memiliki substrat sebagian besar berpasir dan melekat pada bebatuan sungai. Selain itu, kerapatan *Rosmarinus* sp juga dipengaruhi oleh konsentrasi unsur hara nitrat < 0,02 mg/L dan fosfat < 0,001 mg/l (Tabel 4). Konsentrasi nitrat melebihi 0,02 mg/l di perairan sungai dapat menyebabkan terjadinya perubahan stimulasi pertumbuhan makrofita akuatik dengan cepat (Odum, 1993; Schulthorpe, 1985; & Effendi, 2003).

Nilai keanekaragaman spesies terendah terdapat di stasiun I yang sebesar 1,11 (Tabel 3). Rendahnya nilai H' pada stasiun I disebabkan tingginya konsentrasi fosfat terlarut yaitu sebesar 0,021 mg/l dan nitrat < 0,02 mg/l. Spesies yang memiliki LTA tertinggi di stasiun ini yaitu *F. toxifolius* L. Vhal. 8,33% (Tabel 2). Menurut Cook (1974), tingginya konsentrasi fosfat terlarut di perairan dapat mengakibatkan LTA makrofita akuatik didominasi oleh spesies makrofita tertentu. Menurut Costa & Henry (2010), tingginya konsentrasi bahan kimia terlarut yang berfungsi sebagai pemicu nutrisi pertumbuhan dapat berdampak pada jumlah populasi yang menempati area di suatu kawasan perairan.

Nilai dominansi (C) tertinggi makrofita akuatik di perairan Sungai Embau sebesar 0,44 dan nilai dominansi terendah ditemukan di stasiun V (Tabel 3). Nilai C yang diperoleh dikategorikan rendah (kisaran 0-0,5). Merujuk pada Maltby *et al.* (2008), Indeks dominansi tergolong kategori dominansi makrofita akuatik di Sungai Embau rendah (mendekati 0).

Indeks dominansi tertinggi ditemukan di stasiun I sebesar 0,44 yang didominasi oleh *F. toxifolius* L. Vhal. dengan presentasi LTA sebesar 8,33%. Kerapatan *F. toxifolius* L. ini didukung dengan konsentrasi bahan anorganik nitrat (< 0,02 mg/l) dan fosfat (0,21 mg/L). Tingginya konsentrasi senyawa anorganik terlarut dapat memacu pertumbuhan suatu spesies yang berada di lingkungan perairan tersebut (Mukono & Corie, 2006). Indeks dominansi makrofita terendah ditemukan pada stasiun V sebesar 0,21 (Tabel 3). Mengacu pada Odum (1993), kondisi lingkungan perairan ini didukung oleh keberadaan nutrisi yang cukup (Tabel 4).

Nilai kemerataan (E) di perairan Sungai Embau berkisar antara 0,66-0,94 (Tabel 3). Nilai E tertinggi ditemukan di stasiun V dan nilai E terendah ditemukan di stasiun I. Nilai kemerataan yang diperoleh dapat dikategorikan kedalam kemerataan tinggi ($E \geq 0,6$). Tingginya nilai kemerataan di Sungai Embau yang mendekati nilai 1 menunjukkan bahwa kerapatan komunitas makrofita akuatik relatif merata. Rendahnya nilai kemerataan di stasiun I dikarenakan tingginya bahan anorganik yang berada di perairan (Tabel 4). Basmi (2000), menjelaskan bahwa tingginya keberadaan konsentrasi bahan anorganik menyebabkan tidak mendukungnya untuk spesies makrofita *submerged*, dan hanya beberapa diantaranya yang mampu bertahan pada kondisi yang melebihi nilai ambang batas (NAB).

Pengaruh Kualitas Lingkungan terhadap Makrofita Akuatik di Sungai Embau

Faktor fisika-kimia sangat memengaruhi komunitas makrofita akuatik dan nilai H' dalam suatu ekosistem perairan sungai. Hasil pengukuran suhu air di Sungai Embau berkisar antara 27-28 °C (Tabel 4). Suhu yang diperoleh dari pengukuran semua stasiun merupakan suhu optimum pertumbuhan makrofita akuatik. Fachrul (2007); Maltby *et al.* (2008) dan Costa & Henry (2010), menyatakan bahwa suhu optimum pertumbuhan makrofita akuatik di perairan berkisar 20-30 °C. Suhu udara berpengaruh terhadap kualitas air suatu perairan. Semakin tinggi suhu udara maka semakin tinggi juga suhu air. Menurut Odum (1993), radiasi cahaya matahari yang berada di permukaan perairan akan meningkatkan energi panas di badan perairan.

Suhu perairan juga dipengaruhi oleh kecerahan suatu perairan, banyaknya konsentrasi zat tersuspensi berpengaruh terhadap meningkatnya suhu air karena energi panas terserap oleh zat tersuspensi. Kecerahan perairan Sungai Embau berkisar antara 0,33-1,16 m. Kecerahan tertinggi ditemukan di stasiun I dengan kecerahan 1,16 meter dan kedalaman 1,9 m (Tabel 4). Kecerahan terendah ditemukan di stasiun II 0,33 meter dengan kedalaman 1,3 meter. Stasiun II merupakan stasiun yang ditemukan mulai melakukan aktivitas pertambangan emas.

Aktivitas pertambangan emas memicu peningkatan konsentrasi zat tersuspensi dan kecerahan suatu perairan. Rendahnya nilai kecerahan dan tingginya konsentrasi TSS serta TDS di stasiun II diduga

menjadi penyebab sedikitnya makrofita akuatik yang ditemukan. Makrofita akuatik yang dijumpai di dominasi spesies makrofita akuatik *emergent* menempati nilai LTA stasiun berkisar 1,39-2,78% (Tabel 2). Menurut Cook (1974), Hakanson & Jansson (1983), aktivitas antropogenik seperti pertambangan yang dilakukan di sekitar area perairan dapat menyebabkan menurunnya kecerahan dan meningkatnya zat tersuspensi di ekosistem tersebut. Menurut Boyd (1988) dalam Setiawan (2008), perairan yang tergolong jernih kecerahannya mencapai 40 cm.

Konsentrasi TSS dan TDS di Sungai Embau berkisar antara 0,012-0,06 mg/l dan 0,02-0,05 mg/l (Tabel 4). TSS tertinggi ditemukan di stasiun II 0,06 mg/l dan TDS 0,05 mg/l. Nilai TSS terendah ditemukan di stasiun I 0,012 mg/l dan TDS 0,02 mg/l. Tingginya nilai TSS di stasiun II dikarenakan aktivitas pertambangan emas menjadi penyebab sedikitnya makrofita akuatik *submerged*. Jenis yang ditemukan yaitu *Elodea* sp dan *Glossostigma* sp dengan nilai LTA sebesar 2,78% dan 5,56% (Tabel 2). Makrofita *emergent* merupakan makrofita yang muncul ke permukaan sehingga menyebabkan makrofita *emergent* lebih mampu bertahan dari konsentrasi TSS dan TDS yang tinggi. Wilhm (1975), menyatakan bahwa makrofita akuatik *emergent* lebih mampu beradaptasi di perairan yang memiliki konsentrasi zat suspensi tinggi, hal ini dikarenakan pola hidup makrofita *emergent* umumnya berada di permukaan.

Kecepatan arus memiliki peranan yang sangat penting terhadap keberadaan parameter lainnya seperti suhu, kecerahan dan padatan tersuspensi. Kecepatan arus Sungai Embau berkisar antara 0,17-0,25 m/s (Tabel 4). Kecepatan arus tertinggi ditemukan di Stasiun I 0,17 m/s, sedangkan kecepatan arus terendah ditemukan di Stasiun IV 0,25 m/s. Stasiun I merupakan stasiun yang berada di bagian paling hulu Sungai Embau memiliki arus deras. Hal ini mengacu pada Odum (1993), daerah hulu sungai memiliki ciri yang khas berarus deras dan memiliki bebatuan besar di badan perairan. Cook (1974) dan Capers *et al.* (2010) menjelaskan bahwa hanya makrofita akuatik yang memiliki perakaran yang rapat dan melekat di bebatuan yang mampu bertahan di arus sungai deras.

Kecepatan arus sungai sangat berpengaruh terhadap suhu perairan karena perpindahan suhu air dari satu tempat ke tempat lain ditentukan oleh kecepatan arus sungai tersebut. Lajunya arus sungai

menentukan perpindahan zat tersuspensi di perairan yang berdampak pada meningkatnya kecerahan air sungai. Menurut Odum (1993), laju arus sungai berdampak pada kecepatan perpindahan suhu, mineral, kecerahan dan zat tersuspensi di perairan sungai.

Konsentrasi DO berkisar antara 10,16-12,2 mg/l (Tabel 4), DO tertinggi terdapat di stasiun I dan DO terendah ditemukan di stasiun IV. Karbondioksida (CO₂) bebas Sungai Embau berkisar antara 7,04-9,76 mg/l. Konsentrasi DO cenderung lebih tinggi dibandingkan CO₂ di perairan. Hal ini mendukung ketersediaan oksigen terlarut di perairan untuk makrofita *submerged* sebagai bahan utama untuk respirasi.

Konsentrasi nitrat dan fosfat terlarut di Sungai Embau berkisar < 0,02 mg/l; < 0,001 mg/l - 0,21 mg/l (Gambar 2). Fosfat tertinggi ditemukan di stasiun I 0,21 mg/l dan terendah tersebar di stasiun II, III, IV dan V < 0,001 mg/l. Tingginya konsentrasi nutrisi senyawa anorganik di stasiun I menunjukkan terjadinya spesies dominansi dikarenakan tingginya unsur hara dapat menimbulkan dampak *blooming* pada spesies tertentu yang adaptif. Menurut Michael (1984) dan Mukono & Corie (2006), konsentrasi fosfat > 0,1 mg/l dikategorikan perairan eutrofikasi dan mengindikasikan respon pertumbuhan pada spesies tertentu sehingga berdampak pada LTA komunitas makrofita akuatik di perairan tersebut.

Konsentrasi mineral di Sungai Embau diperkirakan hasil dari aktivitas alamiah. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (MenLH) (2010), pelapukan mineral dan limbah industri yang mengandung senyawa fosfat merupakan sumber ketersediaan fosfat terlarut di perairan sungai. Moore (1989), menjelaskan bahwa eutrofikasi bersumber dari senyawa fosfat sebesar 10% dari aktifitas alamiah seperti pelapukan bebatuan dan erosi di badan perairan, 7% berasal dari industri, 11% dari senyawa tidak terkoagulasi, 17% dari pupuk pertanian dan 23% dari limbah manusia.

Konsentrasi logam Pb²⁺ di Sungai Embau yang berada di air < 0,002 mg/l (2 ppb) dan di sedimen berkisar antara < 0,10-13,4 mg/l. Menurut Alahuhta *et al.* (2012), keberadaan Pb²⁺ di perairan sangat perlu dipantau dikarenakan Pb²⁺ merupakan logam berat paling reaktif bila dibandingkan logam lainnya. Konsentrasi timbal (Pb²⁺) yang tertinggi pada sedimen ditemukan pada stasiun I, II dan III.

Makrofita akuatik merupakan jenis tumbuhan yang sangat adaptif terhadap keberadaan senyawa kimia terlarut. Peningkatan konsentrasi Pb²⁺ di perairan akan diserap dan disimpan di bagian akar, batang dan daun. Menurut MenLH (2010), keberadaan logam timbal (Pb²⁺) terlarut di perairan berkisar antara 0,008 mg/l (8 ppb) dapat menyebabkan kematian pada makrofita akuatik dan spesies lainnya.

Tingginya konsentrasi timbal (Pb²⁺) pada substrat di perairan mengindikasikan menjadi penyebab makrofita *submerged* tidak ditemukan pada stasiun tersebut. Hal ini diduga karena jenis makrofita akuatik *submerged* tidak mampu bertahan pada kondisi substrat sedimen yang tinggi akan konsentrasi timbal (Pb²⁺). Konsentrasi timbal (Pb²⁺) semakin menurun dari stasiun ditemukannya makrofita akuatik *submerged* yaitu pada stasiun II sebesar 8,70 mg/l dan stasiun III sebesar 8,19 mg/l. Makrofita akuatik *submerged* mulai ditemukan pada stasiun II sebanyak dua jenis yaitu *Elodea* sp dan *Glossostigma* sp, sedangkan pada stasiun III hanya ditemukan makrofita akuatik *submerged* dari jenis *Glossostigma* sp (Tabel 2).

Rendahnya nilai keanekaragaman yang ditemukan pada stasiun I juga dapat disebabkan oleh faktor keberadaan logam timbal (Pb²⁺) yang terkonsentrasi di substrat sedimen (Tabel 4). Konsentrasi senyawa timbal sedimen (Pb²⁺) yang ditemukan tinggi pada stasiun I yaitu sebesar 13,4 mg/l, senyawa tersebut memungkinkan menjadi pengaruh terbesar tidak ditemukan makrofita akuatik *submerged*. Menurut Odum (1993), Mukono & Corie (2006) dan Alahuhta *et al.* (2012), tingginya konsentrasi senyawa logam timbal di perairan dapat menyebabkan penurunan struktur komunitas jenis biota perairan khususnya makrofita akuatik.

Hakanson & Jansson (1983), menjelaskan bahwa timbal (Pb²⁺) alami umumnya lebih banyak terdapat di sedimen dibandingkan di perairan. Olesen & Madsen, (2000), menyatakan bahwa keberadaan timbal secara alami di alam umumnya dalam bentuk padatan timah hitam. Timbal (Pb²⁺) alami berbentuk padatan yang berada di sedimen tanah dapat bermigrasi ke permukaan dalam bentuk ion yang terkonsentrasi di air tanah. Oksidasi antara air tanah dan timbal (Pb²⁺) yang berada pada sedimen akan menghasilkan senyawa timbal anorganik yang terkonsentrasi pada molekul air dan terserap oleh makrofita akuatik *submerged*.

Konsentrasi timbal (Pb^{2+}) sedimen menurun sangat signifikan pada stasiun IV dan V yaitu $< 0,10$ mg/l. Luas penutupan makrofita akuatik tertinggi yaitu di stasiun IV dan V mengindikasikan timbal (Pb^{2+}) sedimen terserap lebih banyak oleh makrofita yang ditemukan pada stasiun IV dan V. Schulthorpe (1985) dan Mukono & Corie (2006), menjelaskan makrofita akuatik *submerged* hampir sama dibandingkan makrofita akuatik *emergent* dalam mengakumulasi logam timbal (Pb^{2+}), namun terdapat perbedaan cara penyerapannya melalui akar dan daun. Moore (1989) dan Maltby *et al.*, (2008), menyatakan bahwa makrofita *emergent* umumnya menyerap unsur hara langsung dari air dan sedimen. Beberapa makrofita *emergent* dapat menyerap unsur hara secara langsung melalui organ stomata seperti makrofita *Eichhornia* sp dan *Lemna minor*. Hasil penelitian Cook, (1974), makrofita *submerged* melakukan absorpsi logam berat dari akar dan daun, perakaran menyerap langsung bahan anorganik yang berasal dari substrat maupun sedimen.

Glossostigma sp yang ditemukan pada penelitian ini hidup melekat di bebatuan besar di perairan Sungai Embau dan tidak ditemukan melekat atau tumbuh pada substrat kayu yang berada di badan sungai. (Odum, 1993), menjelaskan bahwa ciri khas tumbuh yang melekat di substrat bebatuan menjadi cara adaptasi lingkungan yang dilakukan oleh *Glossostigma* sp yaitu sistem perakaran tidak langsung mengambil unsur hara yang berada di sedimen. Capers *et al.* (2010), menjelaskan bahwa akar *Glossostigma* sp berukuran sebesar 0,6-1,9 cm, hal ini memungkinkan tidak akan ditemui jenis *Glossostigma* sp yang tumbuh pada substrat sedimen secara langsung, sehingga mekanisme absorpsi logam timbal (Pb^{2+}) secara alamiah dari air tanah yang meresap naik ke permukaan sedimen.

Jenis *Elodea* sp yang memiliki sistem perakaran lebih panjang dari *Glossostigma* sp. yaitu berkisar antara 2,7-5,6 cm dan berada dalam substrat sedimen (Capers *et al.*, 2010; Harrison *et al.*, 2010). Saat pengambilan sampel ditemukan sebagian besar jenis *Elodea* sp tumbuh pada substrat pasir bebatuan namun ada juga ditemukan tumbuh melekat pada substrat kayu di sungai. Cara hidup *Elodea* sp. yang dominan ditemukan tumbuh pada sedimen mengindikasikan bahwa spesies ini menyerap timbal (Pb^{2+}) alami secara langsung yang terdapat sedimen substrat. Pada stasiun I dengan konsentrasi 13,4 mg/l timbal (Pb^{2+}) sedimen menjadi penyebab bahwa *Elodea* sp. dan *Glossostigma* sp. tidak

mampu bertahan pada konsentrasi timbal (Pb^{2+}) sedimen yang tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada M. Gagit Syafriansyah dan Firmansyah yang ikut serta membantu dalam proses pengambilan sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiningsih, D, 2012, *Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal*, Tesis, Megister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang
- Alahuhta *et al.*, 2012, 'Response of macrophyte communities and status metrics to natural gradients and land use in boreal lakes', *Journal of Aquatic Botanic*, vol. 103, no.2, hal. 106–114
- Bapna, KR, 1980, 'Occurrence of Fissidens in Rajasthan', *Journal Indian Botany*, no.59, hal. 20-26
- Basmi, HJ, 2000, *Planktonologi: Plankton sebagai Bioindikator Kualitas Perairan*, FKIK, IPB, Bogor
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Kapuas Hulu, 2015, *Hulu Gurung dalam Angka*, Badan Pusat Statistik Kapuas Hulu
- Barus, TA, 1996, *Metodologi Ekologis untuk Menilai Kualitas Perairan Lotik*, Jurusan Biologi, Fakultas MIPA Universitas Sumatra Utara, Medan
- Burhan, S, 2014, 'Kajian Karakteristik dan Potensi Makrofita Akuatik sebagai Bioindikator Kualitas Air pada Sungai Tallo', *Jurnal Teknik Lingkungan*, Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanudin, vol. 3, no. 1, hal. 13-17
- Capers *et al.*, 2010, 'The Relative Importance Of Local Conditions and Regional Processes In Structuring Aquatic Plant Communities', *Freshw Biol*, vol.55, no. 12, hal. 952–966
- Chen *et al.*, 1994, 'Interactive effects of CO₂ enrichment and temperature on the growth of dioecious *Hydrilla verticillata*', *Environmental and Experimental Botany* vol.34, hal:345-353
- Cook, CDK, 1974, *Aquatic Plants Book*, SPB Academic Press, The Huge Publisher
- Cook, CDK, 1996, *Aquatic and wetland plants of India: a reference book and identification manual for the vascular plants found in permanent or seasonal fresh water in the subcontinent of India south of the Himalayas*, Oxford University Press, New York, New York, USA

- Costa, MLR & Henry, R, 2010, 'Phosphorus, Nitrogen, and Carbon Contents of Macrophyte in Lakes Lateral to a Tropical River', *Acta Limnologica Brasiliensia*, Parapananema River, Sao Paulo, Brazil, vol.22, no.2, hal. 122-132
- Dibble et al., 2006, 'Spatial Complexity Measured at a Multi-Scale in Three Aquatic Plant Species', *Journal of Ecology Fresh Water*, vol. 21, no. 2, hal. 239-247
- Effendi, H, 2003, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengolahan Air Bagi Pengolahan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Kanisius, Yogyakarta
- Fachrul, MF, 2007, *Metode Sampling Bioekologi*, Bumi Askara
- Fasset, NC, 1940, *A Manual of Aquatic Plants*, McGraw Hill Company, Inc, University of Wisconsin, New York
- Hakanson, L & Jansson, M, 1983, *Principles of Lake Sedimentology*, Springer Verlag, Berlin, German
- Harrison et al., 2010, 'Identifying and prioritising services in European terrestrial and freshwater ecosystems', *Journal of Biodivers Conserv* vo.19, no.2791
- Indrawati & Muhsin, 2008, 'Keanekaragaman Tumbuhan Air pada Perairan Sungai dan Rawa di Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara', *Jurnal WARKA-WIFTEK*, Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Haluoleo, Kendari, vol. 16, no. 2, hal 5-9
- Juhaeti, T, 2004, 'Inventarisasi Tumbuhan Potensial untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas', *Laboratorium Fisiologi Stress, Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi, LIPI, Bogor*, vol. 6, hal, 31-33
- Kasselmann, C, 2003, *Aquarium plants*, Krieger Publishing, Malabar, Florida, USA
- Kementrian Lingkungan Hidup (Kemen LH), 2010, *Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air*, Jakarta, Indonesia
- Kusuma, 1997, *Metode Survey Vegetasi*, IPB, Bogor
- Les et al., 2006, 'Introduction Of Glossostigma (Phrymaceae) To North America: A Taxonomic And Ecological Overview', *American Journal of Botany*, Department of Ecology & Evolutionary Biology, University of Connecticut, Storrs, Usa, Vol.93, No.6, Hal: 927-939
- Long, SP, 1991, 'Modification of the response of photosynthetic productivity to rising temperature by atmospheric CO₂ concentrations: has its importance been underestimated', *Plant Cell and Environment* vol.14, hal:729-739
- Magurran, AE, 1988, *Ecological Diversity and Its Measurement*, Departement of Zoology, Universitas of Oxford
- Maltby et al., 2008, *Aquatic Macrophyte Risk Assesment for Practides*, Gorsuch Enveromental Management Service, Inc. Webster, New York, USA
- Mateu-Andreas, 2013, 'Geographical patterns of genetic variation in rosemary (*Rosmarinus officinalis*) in the Medetarranean basin', *Botanical Journal of The Linnean Society*, no.171, hal.700-712
- Michael, P, 1984, *Metode Ekologi untuk Penyelidikan Ladang dan Laboratorium*, UI Press, Jakarta
- Mukono, J & Corie, IP, 2006, 'Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampak terhadap Kesehatan', *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol. 2, no. 2, hal. 129-142
- Odum, EP, 1993, *Dasar-Dasar Ekologi Edisi Tiga*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Olesen, B & Madsen, TV, (2000), 'Growth and physiological acclimation to temperature and inorganic carbon availability by two submerged aquatic macrophyte species, *Callitriche cophocarpa* and *Elodea canadensis*', *Wiley Journal of Ecology Plant*, Department of Plant Ecology, Nordlandsvej, Denmark, vol.14, no.2, hal:252-260
- Retnowati, DN, 2003, *Manajemen Sumberdaya Perairan*, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB Bogor
- Riis, T & Hawes, I, 2002, 'Relationships Between Water Level Fluctuations and Vegetation Diversity in Shallow Water of New Zealand Lakes', *Aquatic Botany*, vol.74, hal:133-148
- Setiawan, D, 2008, *Struktur Komunitas Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Lingkungan Perairan Hilir Sungai Musi*, Tesis, Program Studi Biologi, Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Simarata, AH, 2007, 'Kajian Keterkaitan antara Cadangan Oksigen dengan Beban Organik di Zona Lakustrin dan Transisi Waduk Ir. H. Djuanda'. *Jurnal Perikanan*, IPB, Bogor vol. 14, no. 2, hal. 1-4
- Schulthorpe, CD, 1985, *The Biology of Aquatic Vascular*, Edward Arnold, London
- Wilhm, JL, 1975, *Biological Indicator of Pollutans in River Ecological*, Blackwell Scientific Publication