

# KUALITAS AIR WADUK PENJALIN BERDASARKAN STRUKTUR KOMUNITAS MAKROBENTHOS

RATIH JUNIKA WIDJAJA PUTRI, CARMUDI, ANASTASIA ENDANG PULUNGSARI

Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Jalan dr. Suparno 63 Purwokerto 53122

## ABSTRACT

Macrobenthos is one of the biotic water constituent and can be used as bioindicator in determining water quality conditions. Water quality can be seen in terms of community structure of macrobenthos. The present study aimed to determine the physical and chemical water qualities in Penjalin Reservoir and to know the community structure of macrobenthos contained in the waters of Penjalin Reservoir. Community structure includes Density (organism/m<sup>2</sup>), Relative Density, Dominance Index (C) and Diversity Index (H') as well as to determine the relationship between the water quality (physical and chemical) and the macrobenthos density. The physical and chemical qualities of Penjalin Reservoir water was good based on class III water quality standard according to PP No. 82 Tahun 2001. Based on observation, 11 macrobenthos were obtained. Diversity Index (H') based on the criteria of Lee *et al.* (1978) showed moderate values (2.07 to 1.66) suggesting a low contamination level. The relationship of macrobenthos density and its chemical and physical quality of water pH, temperature, light penetration, depth, DO, BOD was weak, but had strong relationship with TSS. The results showed a linear regression equation  $Y = 898.76 X - 236.946$  (Y = density and X = TSS) which could be interpreted that the more value of macrobenthos density the higher value of TSS contained in the water.

KEY WORDS: water quality, community structure, diversity index, reservoir of penjalin

Penulis korespondensi: RATIH JUNIKA WIDJAJA PUTRI | email: ratih.junika@gmail.com

## PENDAHULUAN

Makrobenthos adalah komunitas organisme yang sebagian atau seluruh siklus hidupnya berada di dasar perairan, baik yang menetap, merayap maupun menggali lubang (Odum, 1993). Asra (2009) menyatakan bahwa beberapa makrobenthos memang mempunyai peranan penting dalam perairan. Peran tersebut contohnya dalam proses dekomposisi dan mineralisasi material organik yang memasuki perairan, serta menduduki beberapa tingkatan trofik dalam rantai makanan. Jadi dapat dikatakan makrobenthos merupakan komunitas biotik yang termasuk bagian dari ekosistem perairan dan berperan dalam struktur rantai makanan.

Soegianto (1994), menyatakan bahwa keanekaragaman jenis adalah suatu karakteristik tingkatan komunitas berdasarkan organisasi biologisnya. Hal ini dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitas. Suatu komunitas memiliki keanekaragaman tinggi jika disusun oleh banyak spesies dengan kelimpahan spesies yang sama dan jika komunitas disusun oleh spesies yang rendah dan terdapat sedikit spesies dominan, maka keanekaragaman jenis rendah. Kelimpahan makrobenthos bergantung pada toleransi atau sensitivitasnya terhadap perubahan lingkungan.

Memperkirakan kualitas suatu perairan dapat dianalisa berdasarkan indeks keanekaragaman makrozoobentos dan komposisi organisme termasuk dominansi organisme yang mampu bertahan hidup dengan kondisi lingkungan yang berubah sehingga dapat memberikan gambaran perubahan faktor lingkungan dari waktu ke waktu (Fajri, 2013).

Faktor fisika dan kimia, yang berupa padatan tersuspensi, temperatur, kedalaman, substrat dasar, kecepatan arus, kedalaman, oksigen terlarut, derajat keasaman (pH), kesadahan, bahan-bahan beracun dan

nutrien adalah faktor-faktor yang dapat saling mempengaruhi antara kondisi lingkungan perairan dengan jumlah jenis makrobenthos dan jumlah individu makrobenthos di suatu perairan (Hawkes, 1979). Pengukuran parameter fisika kimia dapat menggambarkan kualitas lingkungan pada waktu tertentu. Pengukuran indikator biologi dapat memantau secara kontinyu dan merupakan petunjuk yang mudah untuk melihat kondisi perairan dan dampak adanya pencemaran terhadap organisme perairan, seperti menurunnya keanekaragaman dan kelimpahan hayati pada perairan (Zahidin, 2008).

Tujuan dari penelitian adalah: mengetahui kualitas fisika dan kimia perairan Waduk Penjalin; mengetahui struktur komunitas makrobenthos yang terdapat di perairan Waduk Penjalin meliputi kepadatan (individu/m<sup>2</sup>), kepadatan relatif (KR), dominansi (C) dan indeks keanekaragaman (H'); dan mengetahui hubungan kualitas air (fisika dan kimia) dengan kepadatan makrobenthos.

## METODE

Penelitian dilakukan dengan metode survei yang secara keseluruhan dilaksanakan selama enam bulan. Pengambilan sampel dilaksanakan di Waduk Penjalin Desa Winduaji, Kecamatan Paguyangan, Kabupaten Brebes. Sampel penelitian diambil tiap bulan secara *simple random sampling* dengan tiga pengulangan waktu (3 sampel dalam rentang 3 bulan). Titik lokasi pengambilan sampel ditentukan di tepi (pinggir) waduk pada lima stasiun yang meliputi; *inlet* waduk, daerah percobaan (karamba), dan *outlet*.

Variabel utama penelitian ini dari faktor biotik adalah jenis makrobenthos dan jumlah individual masing-masing jenis makrobenthos. Faktor fisika dan kimia air yaitu; temperatur, kedalaman penetrasi cahaya, kedalaman kolom air, tipe substrat dasar, derajat keasaman (pH), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), oksigen terlarut (DO), dan total padatan tersuspensi (*Total Suspended Solid* / TSS).

Sedangkan variabel pendukung dari penelitian ini adalah hubungan antara kepadatan makrobenthos dengan faktor fisika kimia air.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi kimia dan fisika air saling berkaitan dengan keberadaan makrobenthos. Secara umum nilai parameter kualitas air setiap lokasi tidak berbeda jauh. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air di lima lokasi terlihat bahwa seluruh parameter fisika dan kimia air berada dalam batas toleran standar baku mutu air kelas III PP No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air (Tabel 1). Air kelas III adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk sarana atau prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan untuk mengairi pertamanan dan untuk peruntukan lainnya yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Derajat keasaman (pH) pada kelima stasiun diperoleh nilai antara 6–7. Kondisi ini dapat dikatakan baik karena masih berada dalam kisaran baku mutu air kelas II. Perairan yang memiliki kadar pH ideal bagi kehidupan organisme akuatik pada umumnya berkisar antara 7 sampai 8,5. Kondisi perairan yang asam akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena menyebabkan terjadinya berbagai gangguan seperti gangguan metabolisme dan respirasi, termasuk pada benthos (Barus, 2004).

Temperatur air terdata pada kisaran 25,67–27,0 °C, suatu kondisi yang baik bagi keberadaan makrobenthos. Sedangkan temperatur di atas 30 °C dapat menekan populasi makroinvertebrata air (Odum, 1993). Kisaran nilai tersebut terbukti dengan

kelimpahan spesies yang relatif sama pada temperatur rendah maupun tinggi.

Penetrasi cahaya pada Stasiun I 1,37 m dari kedalaman air 3,5 m; pada Stasiun II 1,63 m dari kedalaman air 3 m; pada Stasiun III 1,27 m dari kedalaman air 2 m; pada Stasiun 4 1,5 m dari kedalaman air 3 m; dan terakhir pada Stasiun V 1,1 m dari kedalaman air 1,5 m. Kemampuan penetrasi cahaya sampai dengan kedalaman tertentu juga akan mempengaruhi distribusi dan cara makrobenthos dalam mencari makanan (Barus, 2004).

Nilai DO yang didapatkan adalah berkisar antara 5,77–7,10 mg/l, kadar tersebut adalah baik karena sudah melebihi batas minimum baku mutu air kelas III. Kandungan oksigen terlarut dalam perairan minimal 2 mg/l yang sudah mampu mendukung kehidupan makrobenthos secara normal diperairan tropis (Pescod, 1973 dalam Agustinus, *et al.*, 2013).

Nilai BOD berkisar antara 1,09–3,09 mg/l. Terlihat bahwa hanya Stasiun V memiliki kadar paling tinggi. Menurut Lee *et al.* (1978) perairan yang mengandung BOD dibawah 3 mg/l berarti perairan tersebut masih cukup bersih. Tingginya nilai BOD pada Stasiun V diduga karena kondisi lingkungan Stasiun yang berada di dekat *outlet* dan sekitarnya sering digunakan untuk aktivitas mencuci pakaian serta terdapat banyak sampah di sekitar tepinya sehingga deterjen yang larut membuat kualitas air menjadi tercemar. Namun jika dilihat dari standar baku mutu air kelas III, nilai ini masih dalam kadar toleran. Nilai TSS pada penelitian yang dilakukan didapatkan 2,99–3,95 mg/l. Nilai tersebut masih berada dalam kadar toleran. Nilai tertinggi didapatkan pada stasiun V.

Tabel 1. Nilai Faktor Fisika dan Kimia Perairan Waduk Penjalin

Parameter Satuan	Stasiun					Baku mutu air kelas III*
	I	II	III	IV	V	
pH	7,00	6,50	6,00	7,00	7,00	6-9
Temperatur °C	25,67	26,67	26,00	27,00	26,33	
P. Cahaya Meter	1,37	1,63	1,27	1,50	1,10	
Kedalaman Meter	3,50	3,00	2,00	3,00	1,50	
Substrat	Lumpur berkerikil	Lumpur	Lumpur	Lumpur	Lumpur berkerikil	
DO mg/l	5,77	5,87	7,10	6,97	6,93	3 **
BOD mg/l	1,24	1,75	2,35	1,09	3,09	6 ***
TSS mg/l	3,26	3,36	3,95	2,99	2,00	400 ***

\*Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air

\*\*Batas minimum

\*\*\*Batas maksimum

Tabel 2. Klasifikasi Makrobenthos yang Ditemukan di Waduk Penjalin

No.	Phylum	Classis	Familia	Species
1	Mollusca	Gastropoda	Buccinidae	<i>Anentome Helena</i>
2			Thiaridae	<i>Melanoides tuberculata</i>
3				<i>Tarebia granifera</i>
4				<i>Bellamya javanica</i>
5				<i>Lymnaea sp.</i>
6				<i>Pomacea sp.</i>
7				<i>Lanistes carinatus</i>
8		Bivalva	Unionidae	<i>Lasmigona compressa</i>
9	Arthropoda	Malacostraca	Palaemonidae	<i>Macrobrachium sp.</i>
10			Parathelphusidae	<i>Parathelphusa convexa</i>
11	Annelida	Clitellata	Megascolecidae	<i>Pheretima sp.</i>

**Tabel 3.** Kepadatan (K), Kepadatan Relatif (KR), Frekuensi Relatif (FR), Indeks Nilai Penting (INP) Makrobenthos yang Ditemukan di Waduk Penjalin

No. Spesies	Kepadatan pada Stasiun ke-					Total	KR	FR	INP
	I	II	III	IV	V				
1 <i>Anentome Helena</i>	400	356	844	489	444	2.533	19,52	18,11	37,63
2 <i>Bellamyia javanica</i>	400	400	667	667	444	2.578	19,86	15,75	35,61
3 <i>Lanistes carinatus</i>	222	178	311	178	311	1.200	9,25	14,96	24,21
4 <i>Melanoides tuberculata</i>	444	489	889	400	-	2.222	17,12	14,17	31,29
5 <i>Pomacea</i> sp.	311	489	667	178	-	1.645	12,68	8,66	21,34
6 <i>Lymnaea</i> sp.	444	-	-	400	89	933	7,19	9,45	16,64
7 <i>Tarebia granifera</i>	-	267	-	-	-	267	2,06	1,57	3,63
8 <i>Lasmigona compressa</i>	-	400	-	-	-	400	3,08	3,15	6,23
9 <i>Macrobrachium</i> sp.	133	-	-	178	178	489	3,77	8,66	12,43
10 <i>Paratropis convexa</i>	89	-	133	178	89	489	3,77	3,15	6,92
11 <i>Pheretima</i> sp.	133	-	-	-	89	222	1,71	2,36	4,07
<b>Jumlah</b>	<b>2.576</b>	<b>2.579</b>	<b>3.511</b>	<b>2.668</b>	<b>1.644</b>	<b>12.978</b>			

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hewan makrobenthos dengan komposisi jenis seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai kepadatan dan kerapatan relatif serta frekuensi dan frekuensi relatif makrobenthos perlu diketahui untuk menentukan kualitas air di perairan Waduk Penjalin. Data kepadatan dan kerapatan relatif dan frekuensi relatif makrobenthos ditampilkan pada Tabel 3.

Total kepadatan spesies berkisar antara 1.644–3.511 individu/m<sup>2</sup> dengan rata-rata 2.560 individu/m<sup>2</sup>. Masing-masing stasiun, kepadatan setiap spesies yang ditemukan bervariasi jumlahnya dikarenakan terdapat beberapa spesies yang jumlahnya jauh lebih besar dibandingkan spesies lainnya sehingga mengakibatkan keanekaragaman suatu ekosistem akan menjadi kecil. Nilai kepadatan relatif tertinggi sebesar 19,86% yaitu *Bellamyia javanica* sedangkan terendah 1,71% yaitu *Pheretima* sp. Nilai frekuensi relatif tertinggi oleh *Anentome Helena* yaitu 18,11% dan terendah oleh *Tarebia granifera* yaitu 1,57%. Indeks Nilai Penting berkisar antara 37,63 yaitu *Anentome Helena* dan terendah 3,63 yaitu *Tarebia granifera*.

Gastropoda merupakan organisme yang mempunyai kisaran penyebaran yang luas di substrat berbatu, berpasir maupun berlumpur (Handayani *et al.*, 2001). Gastropoda terbanyak ditemukan pada Stasiun III. Stasiun III memiliki nilai TSS yang paling besar dibandingkan dengan empat stasiun lainnya yaitu 3,95 mg/l. TSS adalah bahan-bahan tersuspensi dan tidak terlarut dalam air. Padatan tersuspensi pada umumnya mengandung lumpur, humus, buangan industri dan lainnya. Sumber dari padatan tersuspensi berasal dari padatan anorganik dan organik serta cairan tak larut seperti lemak dan minyak.

Satu-satunya makrobenthos dari kelas bivalvia adalah *Lasmigona compressa* yang hanya ditemukan pada Stasiun II dengan kepadatan 400 individu/m<sup>2</sup>. Keberadaan bivalvia pada lokasi ini erat kaitannya dengan pola makan bivalvia yang memakan detritus organik yang tersuspensi dalam air. Menurut Giller & Malmqvist (1998) beberapa spesies bivalvia memakan zat organik yang tersuspensi dari dasar waduk. Bivalvia digunakan sebagai indikator karena moluska termasuk hewan penyaring yang menghisap

air dan menyerap nutrisi dari air yang dihisapnya, termasuk polutan yang terdapat dalam air. Polutan yang diserap akan terakumulasi di dalam tubuh moluska dan dapat memiliki efek yang beragam bagi moluska tersebut. Menurut Trihadiningrum (1998) dalam Wardhana (1999) keberadaan bivalvia menunjukkan bahwa perairan dalam keadaan tercemar ringan.

Makrobenthos selanjutnya adalah *Paratropis convexa* dan *Macrobrachium* sp. yang ditemukan di Stasiun I, III, IV dan V Makrobenthos ini termasuk dalam subphylum Crustacea, kelas Malacostraca, dan merupakan jenis yang mempunyai toleransi rendah terhadap polutan dibandingkan organisme makrobenthos lainnya. Menurut Quynh *et al.* (2001) organisme dari ordo Decapoda mempunyai toleransi yang lebih rendah terhadap polusi daripada Gastropoda dan Bivalvia. Kepadatan kepiting yang sedikit merupakan respon terhadap polusi. Menurut Bergey & Weiss (2008) bahwa kepiting yang berada dalam daerah tercemar menunjukkan populasi yang rendah. Dengan ditemukannya makrobenthos crustacea menunjukkan bahwa stasiun I, III, IV dan V memiliki tingkat pencemaran lebih rendah dibandingkan stasiun II yang tidak ditemukan crustacea melainkan bivalvia yang merupakan indikator perairan telah tercemar ringan.

Menurut Wijayanti (2007) perubahan struktur komunitas hewan makrobenthos meliputi keanekaragaman, kelimpahan, dominansi, biomassa, dan sebagainya akibat akumulasi limbah dari aktivitas manusia. Akumulasi limbah, baik minyak maupun limbah dari daratan (industri dan rumah tangga), yang mengendap di dasar perairan akan mempengaruhi kehidupan hewan makrobenthos karena hewan ini mempunyai peran sebagai dekomposer.

Nilai indeks dominansi yang didapatkan berkisar antara 0,15–0,20. Nilai indeks dominansi dari rendah ke tinggi berturut-turut pada setiap stasiun adalah 0,14 pada Stasiun I, kemudian 0,15 pada Stasiun II, diikuti oleh Stasiun IV yaitu 0,18 serta yang terbesar 0,2 pada Stasiun III dan V (Tabel 4). Secara umum menunjukkan bahwa komposisi di semua stasiun dan lokasi penelitian tidak memperlihatkan adanya

dominasi spesies ( $< 1$ ). Berdasarkan hasil analisis nilai indeks dominansi di kelima stasiun menunjukkan bahwa tidak ada yang mendominasi dan secara keseluruhan kualitas air yang masih dalam kondisi cukup baik.

**Tabel 4.** Hasil Indeks Dominansi (C)

Stasiun	C	Keterangan
I	0,14	Tidak Ada Dominansi
II	0,15	Tidak Ada Dominansi
III	0,20	Tidak Ada Dominansi
IV	0,18	Tidak Ada Dominansi
V	0,20	Tidak Ada Dominansi

Hasil perhitungan Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ) yang diperoleh di Waduk Penjalin adalah antara 1,74–2,07. Berdasarkan analisis kriteria Lee *et al.* (1978) yang dilakukan pada Stasiun I memiliki nilai indeks  $> 2,0$ . Hal tersebut menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies pada stasiun I tersebut baik dengan kondisi kualitas yang baik pula. Namun pada Stasiun II, III, IV dan V nilai indeks  $> 1,6 > H' > 2,0$  yang menunjukkan keanekaragaman sedang dengan kondisi kualitas air sedang yaitu tercemar ringan. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.

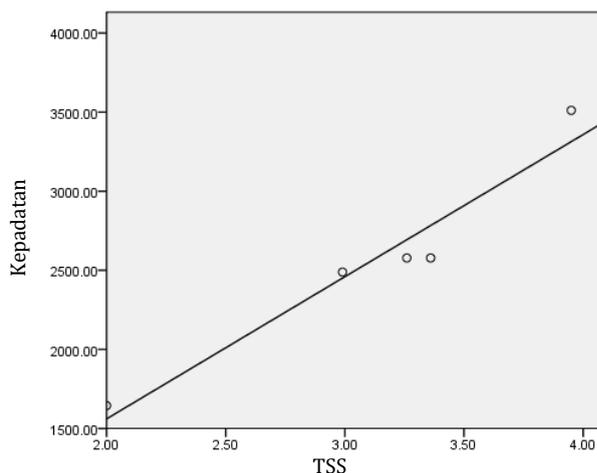
**Tabel 5.** Hasil Nilai Indeks Keanekaragaman ( $H'$ ) Berdasarkan Lee *et al.* (1978)

Stasiun	$H'$	Kondisi Kualitas Air	Tingkat Pencemaran $H'$
I	2,07	Baik	Pencemaran sangat ringan
II	1,90	Sedang	Pencemaran ringan / rendah
III	1,66	Sedang	Pencemaran ringan / rendah
IV	1,83	Sedang	Pencemaran ringan / rendah
V	1,74	Sedang	Pencemaran ringan / rendah

Apabila jumlah spesies dan variasi jumlah individu tiap spesies relatif kecil berarti terjadi ketidakseimbangan ekosistem yang disebabkan gangguan atau tekanan dari lingkungan, hal ini menjelaskan bahwa hanya jenis spesies tertentu saja yang dapat bertahan hidup. Tidak meratanya jumlah individu untuk setiap spesies berhubungan dengan pola adaptasi masing-masing spesies, seperti tersedianya berbagai tipe substrat, makanan, dan kondisi lingkungan (Soegianto, 1994). Makrobenthos sebagai organisme dasar perairan, bentuk mempunyai habitat yang relatif tetap. Dengan sifatnya yang demikian, perubahan-perubahan kualitas air dan substrat tempat hidupnya sangat mempengaruhi komposisi maupun kelimpahannya. Komposisi maupun kelimpahan makrobenthos bergantung pada toleransi atau sensitivitasnya terhadap perubahan lingkungan. Setiap komunitas memberikan respon terhadap perubahan kualitas habitat dengan cara penyesuaian diri pada struktur komunitas. Dalam lingkungan yang relatif stabil, komposisi dan kelimpahan makrobenthos relatif tetap (APHA, 1992).

Berdasarkan hubungan antara kepadatan makrobenthos dengan kualitas air hanya terdapat pada TSS pada perairan Waduk Penjalin maka

diperoleh hasil regresi linier yang menunjukkan korelasi positif dengan persamaan regresi yaitu  $Y = 898,76 X - 236,946$  dengan nilai  $R^2 = 0,941$  dengan nilai sig.  $< 0,05$ . Hasil analisis diperoleh nilai korelasi ( $r$ ) lebih besar dari 0,5 menunjukkan bahwa korelasi antara kedua variabel kuat, sedangkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah 94,1% TSS mempengaruhi kepadatan makrobenthos, sedangkan 5,9% dipengaruhi oleh faktor lain. Kurva hubungan antara kepadatan makrobenthos dengan TSS (total padatan tersuspensi) dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



**Gambar 1.** Kurva Regresi Linier Kepadatan Makrobenthos dengan TSS

Berdasarkan kurva regresi linier kepadatan makrobenthos dengan kualitas air hanya terdapat pada TSS di atas maka diperoleh persamaan regresi dan nilai koefisien korelasi yang menunjukkan korelasi positif dengan hubungan sangat kuat yang dapat diartikan semakin banyak nilai kepadatan maka semakin tinggi pula TSS yang terkandung pada perairan. Sedangkan untuk faktor fisika kimia air lainnya menunjukkan kurva yang menampilkan hubungan sangat lemah antara masing-masing parameter tersebut dengan kepadatan makrobenthos yang dapat dilihat pada gambar kurva dibawah ini.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kualitas air Waduk Penjalin yang meliputi pH, temperatur, Penetrasi Cahaya, Kedalaman, DO, BOD, dan TSS adalah baik berdasarkan standar baku mutu air kelas III PP No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air. Susunan makrobenthos yang terdapat di Waduk Penjalin terdiri dari tiga phyla, empat classes, 9 familiae dan 11 species dengan total kepadatan species bekisar antara 1.644–3.511 individu/m<sup>2</sup> dengan nilai Indeks Keanekaragaman relatif sedang yaitu antara 1,74–2,07 tanpa dominansi spesies. Hubungan kepadatan makrobenthos dengan kualitas air fisika kimia air pH, temperatur, penetrasi cahaya, kedalaman, DO, BOD adalah lemah, namun memiliki hubungan kuat dengan TSS, hasil regresi linier menunjukkan persamaan  $Y = 898,760 X - 236,946$  ( $Y =$

kepadatan dan  $X = \text{TSS}$ ) yang dapat diartikan semakin banyak nilai kepadatan makrobenthos maka semakin tinggi pula TSS yang terkandung pada perairan.

Kualitas air Waduk Penjalin perlu dipertahankan, namun demikian pemeliharaan Waduk Penjalin perlu lebih ditingkatkan terutama mengurangi aktivitas yang menghasilkan limbah yang mencemari perairan seperti kegiatan mencuci dan membuang sampah ke waduk.

#### DAFTAR REFERENSI

- APHA, 1992. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. 16th ed. Washington DC : American Public Health Association.
- Asra R. 2009. Macrozoobenthic as Biological Indicator to Water Quality of Kumpeh River and Arang-Arang Lake at the Muaro Jambi District. *Biospecies*, 2 (1) : 23 - 25
- Barus TA. 2004. Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Air Daratan. Medan : Universitas Sumatera Utara Press.
- Bergey LL, Weis JS. 2008. Aspects of population ecology in two populations of fiddler crabs, *Uca pugnax*. *Marine Biology* 154: 435-442.
- Fajri N. 2013. Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Pantai Kuwang Wae Kabupaten Lombok Timur. *Jurnal Educatio*, 8(2) : 81-100
- Giller PS, Malmqvist B. 1998. *The Biology of Streams and Rivers*. New York : Oxford University Press.
- Handayani TS, Suharto B, Marsoedi. 2001. Penentuan status kualitas perairan Sungai Brantas Hulu dengan biomonitoring makrozoobentos : tinjauan dari pencemaran bahan organik. *Jurnal Biosain* (1).
- Hawkes HA. 1979. *Invertebrates as Indicator of River Water Quality*. New York : John Wiley and Sons.
- Koesbiono. 1979. *Ekologi Perairan*. Pusat Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Krebs CJ. 1985. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. New York: Harper and Row Publishers.
- Lee CD, Wang SB, Kuo CL. 1978. Benthic Macroinvertebrate and Fish as Biological Indicators of Water Quality, With Reference of Community Diversity Index. International Conference on Water Pollution Control in Development Countries. Bangkok. Thailand.
- Odum EP. 1993. *Dasar-dasar Ekologi*. Edisi Ketiga. Diterjemahkan oleh Samingan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Quynh NX, Huan NX, Mai NT. 2002. Studying and using macro-invertebrates for assessing the quality of water environment in Nhue River. Faculty of Biology Vietnam National University. Hanoi.
- Rusmiati, Tri RS, Ari HY. 2014. Keanekaragaman Makrozoobentos di Perairan Danau Kelubi Kecamatan Tayan Hilir Kabupaten Sanggau. *Protobiont*, 3(2) : 141 - 148
- Soegianto A. 1994. *Ekologi Kuantitatif: Metode Analisis Populasi dan Komunitas*. Jakarta: Penerbit Usaha Nasional.
- Tagliapietra D, Sigovini M. 2010. Biological Diversity and Habitat Diversity: A Matter of Science and Perception. In: Dominik Janusz, Chapman DeborahV., Loizeau Jean-Luc, Stanica Adrian, Vignati D. A.L. (eds.). *NEAR Curriculum in Natural Environmental Sciences*, 1(2) : 253–261.
- Wardhana WA. 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta : Andi Offset
- Wardhana WA. 1999. *Perubahan Lingkungan Perairan dan Pengaruhnya Terhadap Biota Akuatik*. Pelatihan Monitoring Biologi Bagi Pengelola Taman Nasional Gunung Halimun, Stasiun Penelitian Cikaniki TNGH. Jurusan Biologi FMIPA-UI, Depok.
- Wijayanti HM. 2007. *Kajian Kualitas Perairan di Pantai Kota Bandar Lampung Berdasarkan Komunitas Hewan Makrobenthos*. Thesis. Program Magister Manajemen Sumberdaya Pantai, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- Zahidin. 2008. *Kajian Kualitas Air Di Muara Sungai Pekalongan Ditinjau dari Indeks Keanekaragaman Makrobenthos dan Indeks Saprobitas Plankton*. Doctoral dissertation. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.