

**PENYUSUNAN MODUL SMA KELAS X MATERI EKOSISTEM BERBASIS  
KEANEKARAGAMAN DAN KEMELIMPAHAN MAKROZOOBENTOS  
DI ALIRAN SUNGAI KALI ASIN MADIUN**

Nency Andriani  
Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas PGRI Madiun  
nencyandriani@gmail.com

**ABSTRACT**

*This study aims as a source material for the compilers of SMA X class modules for ecosystem materials by identifying the diversity and abundance of types of macrozoobentos that serve as a bioindicator of water quality of the Asin River Madiun River. The research was conducted in April - May 2017 at three stations that have been determined on the flow of River Asin River Madiun including Station I river near the settlement, Station II river flow near sand mine and Station III river flow near the Market. The study was conducted by plotting quadrant plots 1m x 1m with 10 replications with a maximum depth of 20 cm using a net with a hole diameter of 1 mm and with the help of the hand. The results showed that the index of the diversity of the Asin Madiun River value was 1.63 in the semi-polluted category (medium polluted). Physical-chemical conditions of river waters in the form of DO, temperature and pH in all three research stations still meet the water quality standard requirements so that the flow of River Asin Madiun River is still feasible to become a habitat and the survival of macrozoobentos. Based on the results of research conducted, the overall data obtained successfully compiled into a module based learning ecosystem is very feasible to use the calculation of validation module which has a value of 84.4% with two validator testers.*

**Keywords:** *Diversity, abundance, macrozoobentos, bioindicators.*

**PENDAHULUAN**

Perkembangan kurikulum pendidikan dewasa ini menuntut siswa untuk belajar secara mandiri dan kreatif dengan peranan guru sebagai pembimbing bukan lagi sebagai sumber materi tunggal bagi peserta didik. Modul adalah sebuah buku yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa arahan atau bimbingan guru. Ini menunjukkan bahwa modul dapat digunakan untuk pembelajaran meskipun tidak ada pengajar.

Dari penggunaannya yang dapat dimanfaatkan tanpa adanya guru, maka modul harus berisi hal-hal detail mengenai pembelajaran yang dilakukan mulai dari tujuan, perencanaan, materi pembelajaran, hingga evaluasi yang digunakan dalam pembelajaran. Isi yang ada dalam modul tentu saja dilengkapi dengan informasi dan materi-materi pembelajaran. Ini membuat modul dapat digunakan sebagai salah satu rujukan atau referensi bagi informasi tertentu dan yang berkaitan. Salah satu contoh modul sebagai sumber belajar siswa SMA kelas X pada materi ekosistem disusun

dari Penelitian tentang Keanekaragaman dan Kelimpahan Makrozoobentos Makrozoobentos di Sungai Kali Asin Madiun.

Kabupaten Madiun dan Kabupaten Ponorogo dipisahkan oleh Kali Asin. Kali Asin bersumber dari Telaga Ngebel, bermuara ke Sungai atau Bengawan Madiun dan selanjutnya bermuara ke Bangawan Solo. Sungai Kali Asin ini mempunyai panjang 6,5 Km. Aliran sungai ini melewati pemukiman penduduk, areal persawahan, serta pasar. Pada beberapa titik di sepanjang aliran sungai ini juga dijadikan tempat penambangan pasir yang dikelola oleh warga sekitar. Pada sepanjang aliran sungai Kali Asin Madiun ini dipenuhi berbagai macam keanekaragaman hayati baik tumbuhan, hewan maupun mikroorganisme.

Keanekaragaman alam hayati menunjukkan berbagai variasi dalam bentuk, struktur tubuh, warna, jumlah, dan sifat lain dari makhluk hidup di suatu daerah. Sumber alam hayati merupakan bagian dari mata rantai tatanan lingkungan hidup, yang menjadikan lingkungan ini hidup dan mampu menghidupkan manusia dari generasi ke generasi.

Keanekaragaman hayati tersebar ke dalam berbagai macam ekosistem yang ada di bumi. Salah satu ekosistem yang penting untuk dicermati adalah ekosistem sungai. Secara ekologis sungai mempunyai fungsi sebagai tempat tinggal, berkembang biak serta tempat untuk mencari makan bagi makhluk hidup. Sungai merupakan ekosistem terbuka yang mempunyai pergerakan air yang mengalir sehingga digolongkan menjadi ekosistem lotik. Sebagai ekosistem terbuka, ekosistem lotik mendapat kiriman bahan organik yang berasal baik dari hulu, sampah dari daratan ataupun daun-daun yang gugur dari pohon di sekitar aliran sungai. Bahan organik yang membusuk dan larut di dalam air sungai ini akan menjadi sumber bagi berbagai macam bentos dan plankton.

Ekologi Kali Asin pada tahun 1960an termonitor masih sangat komplit. Pada air tawar Kali Asin ini hidup aneka biota antara lain ikan berbagai macam jenis ikan, lobster air tawar, udang dan berbagai macam serangga air. Namun pada tahun 2012, keberadaan biota itu sudah langka. Kerusakan ekologi disebabkan antara lain dampak dari pencarian ikan dengan racun, penyetruman, dan pencemaran limbah rumah tangga (Pemerintah Kecamatan Dolopo, 2013).

Kualitas air sungai dapat ditentukan dengan berbagai macam parameter, baik parameter fisika, kimia maupun biologi. Parameter fisika-kimia dapat dilihat dari tingkat kekeruhan air, BOD, COD, DO, pH serta kandungan bahan-bahan kimia yang terlarut pada air. Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang klasifikasi mutu air kelas 1 dan kelas 2, perairan yang baik untuk aktifitas seperti pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut mempunyai batas BOD sebesar 3-6 mg/L, batas COD sebesar 25-50 mg/L, batas DO minimal sebesar 3-4 mg/L, dan kadar pH 6-9.

Penurunan kualitas perairan dapat menyebabkan terjadinya perubahan komposisi organisme yang menghuni suatu perairan tersebut. Komunitas organisme yang dapat digunakan sebagai pendekatan dalam menduga kualitas perairan tempat organisme itu berada umumnya ialah makrozoobenthos. Hal ini dikarenakan hewan ini hidupnya bersifat relatif menetap, pergerakan yang rendah, serta kemampuannya untuk mengakumulasi bahan pencemar di dalam tubuhnya. Pendekatan kualitas perairan sungai dengan melihat struktur organisme dalam hal ini makrozoobenthos yang ada di sungai dikenal sebagai pendekatan secara biologi (Yunita, 2012).

Nugroho (dalam Infa, 2013) menyebutkan keberadaan hewan bentos pada suatu perairan, sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, baik biotik maupun abiotik. Faktor biotik yang berpengaruh diantaranya adalah produsen, yang merupakan salah satu sumber makanan bagi hewan bentos. Adapun faktor abiotik adalah fisika-kimia air yang diantaranya: penetrasi cahaya yang berpengaruh terhadap suhu air, kandungan unsur kimia seperti kandungan ion hidrogen (pH), oksigen terlarut (DO), dan kebutuhan oksigen biologi (BOD). Kelimpahan makrozoobentos juga bergantung pada toleransi atau sensitifitasnya terhadap perubahan lingkungan. Setiap komunitas memberikan respon terhadap perubahan kualitas habitat dengan cara penyesuaian diri pada struktur komunitas.

Kelompok hewan tersebut dapat lebih mencerminkan adanya perubahan faktor-faktor lingkungan dari waktu ke waktu. Hewan bentos terus menerus terbawa oleh air yang kualitasnya berubah-ubah. Diantara hewan bentos yang relatif mudah diidentifikasi dan peka terhadap perubahan lingkungan perairan adalah jenis-jenis yang termasuk dalam kelompok invertebrata makro. Kelompok ini lebih dikenal dengan

makrozoobentos. Makrozoobentos merupakan organisme akuatik yang hidup di dasar perairan dengan pergerakan relatif lambat dan menetap serta daur hidupnya relatif lama sehingga hewan tersebut mempunyai kemampuan merespon kondisi kualitas air secara terus menerus.

Makrozoobenthos sangat peka terhadap perubahan kualitas air tempat hidupnya sehingga akan berpengaruh terhadap komposisi dan kelimpahannya. Hal ini tergantung pada toleransinya terhadap perubahan lingkungan, sehingga organisme ini sering dipakai sebagai indikator tingkat pencemaran suatu perairan. Menurut Sinambela (dalam Achmad, 2013), kehidupan makrozoobentos di air dapat bertahan jika ada oksigen terlarut (DO) minimum sebanyak 2 mg/l.

Pada penelitian yang dilakukan Sernando (2015) di Sungai Suhuyon Sulawesi Utara, menunjukkan bahwa jumlah individu makrozoobentos yang ditemukan pada daerah hulu berjumlah 120 individu dengan 17 marga berbeda, hal ini dikarenakan kondisi lingkungan dan faktor fisika kimia yang ada pada daerah hulu sesuai dengan habitat yang disukai makrozoobentos. Pada daerah hilir ditemukan 44 individu makrozoobentos dengan 10 marga berbeda, hal ini disebabkan semakin ke hilir air sungai mengalami penurunan kualitas dan kondisi lingkungan yang tidak sesuai dengan habitat makrozoobentos diantaranya substrat yang berlumpur dan air yang keruh. Penelitian ini membuktikan bahwa makrozoobentos dapat digunakan sebagai bioindikator kualitas air.

Salah satu faktor yang juga menjadikan makrozoobentos sebagai bioindikator untuk kualitas perairan dilihat berdasarkan sebarannya yang luas, jumlah spesies lebih banyak dapat memberikan spektrum respon terhadap tekanan lingkungan. Cara hidup makrozoobentos yang relatif menetap (*sedentary*) pada habitatnya dan juga memiliki siklus hidup lebih panjang memungkinkan menjelaskan perubahan temporal.

Dengan adanya aktivitas manusia yang cukup banyak pada aliran Sungai Kali Asin maka limbah yang masuk ke sungai dapat mempengaruhi kualitas air dan mengganggu aktifitas tumbuhan, hewan maupun mikroorganisme yang hidup di sungai tersebut. Pada beberapa kali survey yang dilakukan diketahui bahwa tidak terdapat pengelolaan limbah khusus yang dilakukan warga terhadap sampah rumah tangga maupun industri yang mereka lakukan, sehingga limbah-limbah tersebut

langsung masuk ke dalam aliran sungai. Masuknya limbah-limbah ini dapat mempengaruhi kondisi fisika-kimia perairan sungai sehingga berpengaruh pada keanekaragaman serta kelimpahan makrozoobentos yang ada.

Mengingat peran penting makrozoobentos sebagai bioindikator pencemaran air, dan belum adanya informasi serta data mengenai kualitas air di Sungai Kali Asin Madiun, maka diperlukan adanya suatu penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kualitas air pada Aliran Sungai Kali Asin dengan menggunakan bioindikator berupa makrozoobentos.

## **METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode kualitatif deskriptif. Penelitian dilakukan di tiga stasiun yang telah ditentukan pada aliran Sungai Kali Asin Madiun dan identifikasi makrozoobentos dilakukan di Laboratorium Biologi Universitas PGRI Madiun. Sumber data pada penelitian ini adalah semua jenis makrozoobentos yang ditemukan pada tiga stasiun yang telah ditentukan pada aliran Sungai Kali Asin Madiun. Stasiun I berada pada aliran sungai yang dekat dengan pemukiman penduduk, Stasiun II berada pada aliran sungai yang dekat dengan tempat penambangan pasir dan Stasiun III berada pada daerah pasar lokal.

Data yang dikumpulkan meliputi : 1) Data indentifikasi jenis-jenis Makrozoobentos yang ditemui kemudian dilakukan pengklasifikasian sampai tingkat spesies. 2) Data validasi modul biologi. Teknik pengumpulan data dilakukan selama proses penelitian pada pukul 06.00 sampai 16.00 WIB pada saat cuaca cerah, mulai awal hingga semua data terkumpul.

Pengambilan sampel masing-masing sub stasiun (plot) dilakukan lima ulangan kuadran 1m x 1m dengan kedalaman 20 cm untuk menghitung keragaman dan dominansi benthos. Sampel yang telah diambil kemudian disaring dengan menggunakan ayakan benthos dengan lubang berdiameter 1 mm. Makrozoobentos yang tersaring diambil dan dimasukkan ke dalam kantong sampel atau botol dan diberi fixative atau pengawet (alkohol 70 %). Sampel kemudian diidentifikasi dengan bantuan lup dan buku identifikasi makrozoobentos di Laboratorium Biologi Universitas PGRI Madiun. Pengukuran parameter lingkungan sebagai data penunjang adalah suhu perairan yang langsung diukur di setiap stasiun dengan

menggunakan thermometer, pengukuran DO dititrasi langsung di lapangan dan pH meter.

Penyusunan modul dilakukan apabila data-data yang dibutuhkan untuk penyusunan materi sudah lengkap, yaitu data dari jenis-jenis Makrozoobentos yang ditemukan melalui identifikasi makrozoobentos dikawasan Aliran Sungai Kali Asin Madiun. Penyusunan modul nantinya didasarkan pada 3 kegiatan penting yaitu merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi. Modul yang sudah jadi maka di validasi oleh validator yaitu dosen ahli, dosen pendamping, dosen media pembelajaran, dan guru mata pelajaran.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di sekitar aliran sungai Kali Asin Madiun, peneliti menemukan 8 spesies dari 6 famili. Kedelapan famili tersebut adalah Pachychilidae, Pleuroceridae, Thiaridae, Lymnaeidae, Ampullariidae dan Gecarcinucidae. Hasil identifikasi kemudian dipaparkan dalam bentuk tabel yang berisikan klasifikasi singkat sub ordo hingga spesies. Berikut ini merupakan jenis makrozoobentos yang dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 1. Tabel Spesies Makrozoobentos di Aliran Sungai Kali Asin Madiun

No.	Ordo	Famili	Nama Spesies	Nama Lokal
1.	Surbeoconcha	1. Pachychilidae	1. <i>Brotia testudinaria</i>	Susuh Kura
			2. <i>Elimia acuta</i>	-
		2. Thiaridae	3. <i>Melanooides granifera</i>	-
			4. <i>Thiara scabra</i>	Susuh Duri
2.	Pulmonata	3. Lymnaeidae	5. <i>Belamnya javanica</i>	Tutut Jawa
3.	Hygrophila		6. <i>Lymnea rubiginosa</i>	Onga Jawa
4.	Architaenioglossa	4. Ampullariidae	7. <i>Pomacea caniculata</i>	Siput Murbai
5.	Decapoda	5. Gecarcinucidae	8. <i>Parathelphusa convexa</i>	Yuyu/Cuyu

### 1. Parameter Lingkungan

Kondisi lingkungan mempengaruhi keberadaan makrozoobentos pada suatu lingkungan. Parameter lingkungan yang diambil pada saat pengambilan sampel dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Parameter Lingkungan Aliran Sungai Kali Asin Madiun

No	Parameter Lingkungan	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
1.	Suhu Perairan (°C)	27°C	28°C	31°C
2.	Suhu Udara (°C)	31°C	33°C	35°C
3.	Ph	6,71	7,06	6,48
4.	DO (mg/L)	7,4	4,8	3,7

## 2. Kemelimpahan Makrozoobentos

Hasil analisis tentang kemelimpahan makrozoobentos yang ditemukan di Aliran Air Sungai Kali Asin Madiun pada bulan April-Mei 2017 dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3. Kemelimpahan Makrozoobentos di Sungai Kali Asin Madiun

No	Spesies	DAS Pemukiman Penduduk		DAS Tambang Pasir		DAS Pasar		Total	
		Jumlah	KR (%)	Jumlah	KR (%)	Jumlah	KR (%)	Jumlah	KR (%)
1.	<i>Belamnya javanica</i>	26	7,93	38	32,48	22	9,65	86	12,78
2.	<i>Brotia testudinaria</i>	138	42,07	60	51,28	73	32,02	271	40,27
3.	<i>Elimia acuta</i>	83	25,30	0	0,00	75	32,89	158	23,48
4.	<i>Lymnea rubiginosa</i>	24	7,32	10	8,55	15	6,58	49	7,28
5.	<i>Melanoidas granifera</i>	39	11,89	0	0,00	21	9,21	60	8,92
6.	<i>Parathelphusa convexa</i>	3	0,91	0	0,00	1	0,44	4	0,59
7.	<i>Pomacea canaliculata</i>	0	0,00	9	7,69	5	2,19	14	2,08
8.	<i>Thiara scabra</i>	15	4,57	0	0,00	16	7,02	31	4,61
TOTAL		328		117		228		673	

## 3. Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos (H')

Indeks keanekaragaman menggambarkan keanekaragaman suatu spesies, produktivitas, tekanan pada ekosistem, dan kestabilan ekosistem. Indeks keanekaragaman dapat dihitung menggunakan rumus Shannon-Wiener, adapun tabel hasil indeks keanekaragaman Makrozoobentos di Aliran Sungai Kali Asin Madiun dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos di Sungai Kali Asin Madiun

No	Spesies	Jumlah Individu per-jalur			$pi \ln pi$			$\Sigma$ Individu	$pi \ln pi$
		Aliran Sungai Pemukiman Penduduk	Aliran Sungai Tambang Pasir	Aliran Sungai Pasar	Aliran Sungai Pemukiman Penduduk	Aliran Sungai Tambang Pasir	Aliran Sungai Pasar		
1.	<i>Belamnya javanica</i>	26	38	22	-0,20	-0,37	-0,23	86	-0,26
2.	<i>Brotia testudinaria</i>	138	60	73	-0,36	-0,34	-0,36	271	-0,37
3.	<i>Elimia acuta</i>	83	0	75	-0,35	0,00	-0,37	158	-0,34
4.	<i>Lymnea rubiginosa</i>	24	10	15	-0,19	-0,21	-0,18	49	-0,19
5.	<i>Melanooides granifera</i>	39	0	21	-0,25	0,00	-0,22	60	-0,22
6.	<i>Parathelpusa convexa</i>	3	0	1	-0,04	0,00	-0,02	4	-0,03
7.	<i>Pomacea canaliculata</i>	0	9	5	0,00	-0,20	-0,08	14	-0,08
8.	<i>Thiara scabra</i>	15	0	16	-0,14	0,00	-0,19	31	-0,14
TOTAL		328	117	228	-1,54	-1,12	-1,65	673	-1,63
Indeks Keanekaragaman (H')					1,54	1,12	1,65		1,63

### A. Modul Ekologi Makrozoobentos

Berdasarkan hasil validasi yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa validator 1 terdapat 5 butir penilaian yang bernilai 4 (sangat setuju), 14 butir penilaian yang bernilai 3 (setuju) dan 1 butir penilaian bernilai 1. Berdasarkan hasil validasi tersebut terdapat 1 butir penilaian yang bernilai 1 sehingga perlu adanya sedikit perbaikan yang yaitu pada butir no 13 yang berkaitan dengan ilustrasi sampul modul. Total skor validator 1 adalah 72 dengan nilai rata-rata 3,6. Sedangkan jumlah skor validator 2 adalah 92 dengan nilai rata-rata 4,6 terdapat 16 butir penilaian bernilai 5 dan 4 butir penilaian dengan nilai 3 pada hasil validasi validator 2.

Modul Ekologi Makrozoobentos ini disusun secara sistematis dan sederhana. Pembelajaran diawali dengan memahami ciri morfologi makrozoobentos secara umum. Tahapan selanjutnya adalah membedakan jenis makrozoobentos berdasarkan nama spesies yang dimiliki dan perbedaan jenis kelamin. Setelah kedua hal tersebut



dipahami masalah ketahapan deskripsi yang kemudian dilanjutkan dengan klasifikasi makrozoobentos tersebut.

Penentuan layak atau tidaknya modul Ekologi Makrozoobentos dihitung dari jumlah skor validator 1 dan validator 2 yang kemudian dipresentasikan menggunakan rumus adapun perhitungan layak atau tidaknya modul tersebut digunakan adalah sebagai berikut :

Perhitungan Validasi

Skor Kriteria =  $n.p.r = 4 \times 20 \times 2 = 160$

Presentase persepsi validator =  $\frac{\text{jumlah skor hasil pengumpulan data}}{\text{skor kriteria}} \times 100\%$

$$= \frac{135}{160} \times 100\% = 84,4 \%$$

Hasil perhitungan validasi modul ekologi makrozoobentos adalah 84,4 % presentasi tersebut menunjukkan bahwa modul yang telah disusun memiliki kriteria “sangat layak” berdasarkan kriteria presentase penilaian Suharsimi Arikunto (2010) yaitu jika presentasi 81-100% maka modul tersebut sangat layak digunakan hanya saja ada beberapa bagian memerlukan perbaikan yaitu pada bagian sampul modul.

## **B. Makrozoobentos yang Ditemukan di Sekitar Aliran Sungai Kali Asin Madiun**

Berdasarkan paparan data yang telah dideskripsikan, berbagai jenis makrozoobentos yang berhasil ditemukan dari lokasi penelitian kemudian diidentifikasi dengan cara mengamati ciri-ciri morfologi. Ciri-ciri morfologi tersebut digunakan untuk melakukan klasifikasi spesies makrozoobentos yang ditemukan.

Hasil penelitian yang telah dilakukan di sekitar Aliran Sungai Kali Asin Madiun ditemukan 8 spesies dari 6 famili. Keenam famili tersebut adalah Pachychilidae sejumlah 1 spesies, Pleuroceridae 1 spesies, Thiaridae 2 spesies, Lymnaeidae 2 spesies, Ampullariidae 1 spesies dan Gecarcinucidaen 1 spesies. Keseluruhan spesies yang ditemukan memiliki kesamaan dengan penelitian Elina (2013) yang berlokasi di Kabupaten Kendal, spesies yang sama yaitu *Melanoides granifera* dan *Thiara scabra*. Kesamaan juga dijumpai pada penelitian Izmiarti dan Afrizal (2013) di Sumatera Barat juga menemukan spesies yang sama yaitu *Melanoides granifera* dan *Thiara scabra*. Ditemukannya kedua spesies tersebut di

pulau Jawa dan Sumatera menandakan bahwa persebaran spesies tersebut cukup luas. Gastropoda memang memiliki tingkat toleransi yang cukup baik terhadap lingkungan. Namun tetap memiliki batas yang berbeda pada masing-masing spesies.

Tingkat keanekaragaman pada stasiun I, II, dan III ini disebabkan adanya perbedaan jenis substrat dan parameter lingkungan lainnya. Berdasarkan hasil pengukuran faktor abiotik (suhu air, pH, substrat, jenis substrat, Oksigen terlarut, kedalaman air, dan kecerahan air) dan faktor biotik (jenis tumbuhan dan berbagai macam organisme) pada ketiga stasiun tidak sama.

Berdasarkan hasil perhitungan kelimpahan makrozoobentos ditemukan kelimpahan tertinggi terdapat pada stasiun I yaitu pada daerah aliran sungai yang berdampingan dengan pemukiman penduduk dengan nilai 328 individu. Hal ini dapat disebabkan karena pada stasiun I memiliki substrat dasar berupa batuan besar dan kerikil, pada kiri kanan sungai juga masih banyak tumbuh-tumbuhan yang serasahnya jatuh ke badan sungai sehingga kandungan oksigen terlarut dan kandungan substrat organiknya cukup tinggi dan cukup untuk memenuhi kebutuhan makrozoobentos untuk hidup. Sampah rumah tangga yang berasal dari pemukiman penduduk juga mempengaruhi keadaan ini. Kecepatan arus juga masih cukup tinggi dimana daerah seperti ini disukai oleh organisme makrozoobentos. Nilai kepadatan ini dipengaruhi oleh variasi kondisi fisika kimia perairan, substrat dasar, dan kecepatan arus.

Kelimpahan terendah terdapat pada stasiun 2 yang berdampingan dengan daerah penambangan pasir. Hal ini dapat disebabkan karena substrat dasar pada stasiun 2 ini berupa pasir berlumpur. Sesuai dengan pernyataan Tiorinse (2009) bahwa kondisi substrat dasar yang berupa pasir berlumpur dan kandungan substrat organik yang tinggi menyebabkan rendahnya kelimpahan makrozoobentos. Hal ini dikarenakan dasar perairan berupa pasir merupakan lingkungan hidup yang kurang baik untuk hewan bentos.

Kelimpahan relatif (KR) tertinggi dimiliki oleh *Brotia testudinaria* yaitu sebesar 40,27 % diikuti dengan spesies *Elimia acuta* sebesar 23,48 % untuk lebih jelasnya pada tabel 4.3. *Brotia testudinaria* dan *Elimia acuta* merupakan makrozoobentos yang sangat mudah dijumpai pada sungai-sungai di pulau Jawa. Hal ini juga dapat menjadi alasan kenapa spesies tersebut mempunyai nilai

kemelimpahan tertinggi. Selain itu spesies ini juga mempunyai nilai toleransi yang tinggi terhadap perubahan kondisi lingkungan dibuktikan dengan adanya kehadiran pada setiap stasiun penelitian. Pada penelitian Hendra (tahun tidak diketahui) juga menunjukkan bahwa kemelimpahan *Brotia testudinaria* juga menunjukkan nilai kemelimpahan yang cukup tinggi yaitu sebesar 33% dari jumlah total keseluruhan makrozoobentos yang ditemukan di Sungai Cangar Kota Batu Malang. Kemelimpahan relatif (KR) terendah dimiliki oleh *Parathelphusa convexa* yaitu sebesar 0,59% diikuti dengan spesies *Pomacea canaliculata* 2,08% hal ini terjadi karena substrat sungai Kali Asin Madiun sebagian besar berpasir sehingga sumber makanan organik yang merupakan salah satu makanan utama makrozoobentos masih kurang.

Keanekaragaman tertinggi terletak pada stasiun 3 yang berlokasi pada daerah aliran sungai yang bersandingan dengan pasar yaitu dengan indeks keanekaragaman ( $H'$ ) sebesar 1,65. Pada daerah ini ditemukan 8 spesies dari 6 family. Hal ini dikarenakan area sungai yang memiliki substrat batuan besar serta kerikil. Pada stasiun 3 juga terdapat sumber-sumber makanan organik bagi makrozoobentos yang berasal dari seresah tumbuhan di sekitar sungai dan juga limbah rumah tangga dan industri khususnya yang berasal dari daerah pasar yang di buang dibadan sungai. Area sungai juga memiliki riak-riak kecil yang berasal dari aliran air yang terjun melalui DAM yang berfungsi memecah arus sungai untuk menghindari arus yang terlalu deras. Menurut penelitian Hamdani (2016), area sungai yang beriak merupakan area yang disukai oleh organisme makrozoobenthos, hal ini dikarenakan pada bagian *riffle* (riak) kandungan oksigen terlarutnya tinggi.

Keanekaragaman terendah terletak pada stasiun 2 yang berlokasi pada daerah aliran sungai yang bersandingan dengan penambangan pasir dengan nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ) sebesar 1,12. Pada daerah ini hanya ditemukan 4 spesies dari 4 family. Hal ini dikarenakan area sungai yang memiliki substrat pasir dan berlumpur. Kekeruhan daerah aliran sungai pada stasiun 2 juga merupakan yang tertinggi dibandingkan stasiun lainnya, pada stasiun 2 air sungai terlihat keruh kecoklatan. Wilhm (1975) menyatakan bahwa berdasarkan indeks keragaman zoobentos, kualitas air dapat dikelompokkan atas: tercemar berat ( $0 < H' < 1$ ), setengah tercemar ( $1 < H' < 2$ ),

tercemar ringan ( $2 < H' < 3$ ) dan tercemar sangat ringan ( $3 < H' < 4,5$ ). Sungai Kali Asin dapat digolongkan dalam sungai yang setengah tercemar.

### **C. Pengaruh Parameter Fisika Kimia terhadap Makrozoobentos**

Hasil pengukuran parameter lingkungan pada tabel 4.2 menunjukkan kondisi lingkungan saat pengambilan data di sekitar aliran sungai Kali Asin Madiun. Suhu lingkungan pada stasiun 1 adalah  $27^{\circ}\text{C}$ , stasiun 2 adalah  $28^{\circ}\text{C}$  dan stasiun 3 adalah  $31^{\circ}\text{C}$ . Suhu pada lima stasiun tersebut relatif sama, tidak mengalami fluktuasi, karena keadaan cuaca pada saat pengukuran suhu relatif sama, sehingga suhu tidak mengalami perubahan yang signifikan. Menurut penelitian Achmad Taher (2014) secara umum kisaran suhu  $28^{\circ}\text{C}$  -  $31^{\circ}\text{C}$  tersebut merupakan kisaran yang normal bagi laju pertumbuhan makrozoobentos.

Nilai pH yang didapatkan dari ketiga stasiun penelitian masih mendukung kehidupan dan perkembangan makrozoobentos. Pada stasiun 1 pH mencapai nilai 6,71, stasiun 2 dengan nilai 7,06 dan stasiun 3 dengan nilai 6,48. Menurut penelitian Irmawati (2017), Organisme bentos menyukai nilai pH sekitar 7–8,5 pada lingkungan hidupnya, jika  $\text{pH} < 7$  maka telah terjadi penurunan populasi hewan-hewan bentos. Menurut penelitian Sinaga (2009) derajat keasaman (pH) maksimum yang diperbolehkan untuk air kelas I dan kelas II adalah 6-9, sedang di stasiun pengamatan berkisar 6,48 – 7,06 dengan demikian perairan ini masih layak digunakan untuk air kelas I dan II.

Nilai DO yang didapatkan dari ketiga stasiun penelitian didapatkan nilai pada stasiun 1 yaitu 7,4, stasiun 2 yaitu 4,8, dan stasiun 3 yaitu 3,7. Hasil penelitian Irma (2017) yang dilakukan di perairan pantai Kota Makassar kadar DO yang ditemukan pada setiap stasiun rata-rata didapatkan nilai 3.7-6.8, hasil tersebut tergolong normal dan sudah sesuai dengan yang dibutuhkan oleh makrozoobentos untuk menunjang kehidupannya. Berdasarkan penelitian tersebut dapat disimpulkan juga bahwa nilai DO yang terdapat pada 3 stasiun yang telah di tentukan di Sungai Kali Asin tersebut masih layak menjadi habitat makrozoobentos

Kondisi fisika kimia daerah sekitar aliran sungai Kali Asin Madiun tergolong telah tercemar ringan. Berdasarkan peraturan pemerintah no.82 tahun 2001 angka batas DO bagi kualitas perairan adalah 4 untuk perairan kelas 1 dan 3 untuk perairan kelas II.

## SIMPULAN

Berdasarkan paparan data yang telah dijabarkan pada bab paparan data dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil penelitian yang berupa dokumentasi, deskripsi dan klasifikasi dapat digunakan sebagai bahan penyusun modul Ekosistem sungai berbasis Keanekaragaman dan Kemelimpahan Makrozoobentos di sungai Kali Asin Madiun sehingga siswa kelas X SMA/SMK diharapkan mampu dan mengenal keanekaragaman serta kemelimpahan makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas suatu perairan.
2. Hasil perhitungan indeks keanekaragaman ( $H'$ ) *Shanon-Weiner* yang diperoleh untuk tiap lokasi daerah aliran sungai dalam penelitian ini berbeda-beda. Indeks keanekaragaman stasiun 1 diperoleh 1,54, stasiun 2 diperoleh 1,12 dan Stasiun 3 diperoleh 1,65. Dari ketiga stasiun tersebut menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman di daerah aliran sungai Kali Asin Madiun adalah 1,63 yang masuk kategori tercemar ringan. Ditemukan 8 spesies dari 6 famili. Keenam famili tersebut adalah Pachychilidae, Pleuroceridae, Thiaridae, Lymnaeidae, Ampullariidae dan Gecarcinucidae. Spesies yang memiliki kemelimpahan relatif tertinggi adalah *Brotia testudinaria* dengan (40,27%) sedangkan terendah *Parathelphusa convexa* (0,59%).
3. Keanekaragaman tertinggi terletak pada stasiun 3 yang berlokasi pada daerah aliran sungai yang bersandingan dengan pasar yaitu dengan indeks keanekaragaman ( $H'$ ) sebesar 1,65. Keanekaragaman terendah terletak pada stasiun 2 yang berlokasi pada daerah aliran sungai yang bersandingan dengan penambangan pasir dengan nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ) sebesar 1,12.
4. Kondisi faktor-faktor fisika kimia yaitu suhu, DO, dan pH di ketiga stasiun penelitian daerah aliran sungai Kali Asin Madiun masih memenuhi syarat baku mutu perairan sehingga ketiga stasiun masih layak menjadi habitat dan kelangsungan hidup makrozoobentos

## DAFTAR PUSTAKA

- Cahyo F., Anwarus S., & Achmad M. Budhi U. (2013). Pengukuran tingkat pencemaran sumber mata air yang terdapat di kota Kediri menggunakan paramater organisme makrozoobentos. Kediri: Universitas Nusantara Kediri

- Dyah M., Gunawan P., Hefni E., & Yusli W. (2015). Penggunaan Makrozoobentos Sebagai Indikator Status Perairan Hulu Sungai Cisadane, Bogor: Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)
- Elina L. (2013). Studi komparasi diversitas makrozoobentos pada sungai dengan pola pendekatan ekohidrolik dan hidrolik murni diperairan sungai kabupaten kendal jawa tengah bulan november 2013. Semarang: Institut Agama Islam Negeri Walisongo Semarang
- Erni D., Isdradjad S., & Majariana K. (2014). Kondisi perairan dan struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Belumai Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Eta R. & Masdiana S. (2016). Analisis Substrat dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos di Aliran Sungai Babura Kota Medan. Medan; Universitas Negeri Medan
- Irma Pratiwi. (2017). Karakteristik Parameter Fisika Kimia pada Berbagai Aktivitas Antropogenik Hubungannya dengan Makrozoobentos di Perairan Pantai Kota Makassar. Makassar: Universitas Hasanuddin
- Izmiarti. (2010). Komunitas Makrozoobentos di Banda Bakali Kota Padang. *Jurnal Biospectrum* 6 (1). 34-40.
- Odum, E. P. (1994). Dasar-Dasar Ekologi. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press
- Peraturan Pemerintah RI Nomor 82. (2001). Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Ratna S., Andry I., Dedi S., & Lilik B. (2012). Keanekaragaman Makrozoobentos sebagai Indikator Kualitas Air Sungai Cisadane, Jawa Barat – Banten. Bogor. Institut Pertanian Bogor
- Rifgah M., Ratna S., Roni K., & Marnix L. (2013). Makrozoobentos sebagai Indikator Biologis dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Ranopoyo, Minahasa selatan, Sulawesi Utara. Universitas Sam Ratulangi
- Sernando R., Marnix L., & Deldy Y. (2015). Makrozoobentos Sebagai Indikator Biologis dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Suhuyon Sulawesi Utara. Manado. Universitas Sam Ratulangi
- Setiawan D. (2008). Struktur Komunitas Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Lingkungan Perairan Hilir Sungai Musi [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Simamora D.R. (2009). *Skripsi : Studi Keanekaragaman Makrozoobentos di Aliran Sungai Padang Kota Tebing Tinggi*. FMIPA USU. Medan (*tidak diterbitkan*).
- Sinaga T. (2009). Keanekaragaman makrozoobenthos sebagai indikator kualitas perairan Danau Toba Balige Kabupaten Toba Samosir. Medan: Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.

Yunitawati, Sunarto & Hasan Z., (2012), Hubungan Antara Substrat Dengan Struktur Komunitas Makrozoobentos di Sungai Cantigi, Kabupaten Indramayu. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 3 (3): 221- 227.