

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahap Penelitian I (Analisis Kualitas Sungai Brantas)

1. Faktor Abiotik Perairan Sungai Brantas Tulungagung

Daerah perairan sungai Brantas merupakan sebuah sungai terpanjang yang berada di Jawa Timur termasuk Tulungagung. Sungai ini memiliki arus yang cukup kuat dan juga lebar sungai kurang lebih 9-12 m. Sungai Brantas juga masih menjadi kebutuhan dalam sumber pengairan di daerah sekitar, aktivitas manusia di sekitar sungai juga masih banyak, seperti pertanian, peternakan, industri, rumah tangga dan transportasi. Penelitian ini menempatkan setiap stasiun yang berbeda jenis substrat dan juga kondisi sungai. Faktor abiotik sangat mempengaruhi kehidupan makrozoobentos dikarenakan dapat mempengaruhi kondisi lingkungan yang sedang ditinggalkannya. Sifat kimia-fisika perairan sangat penting dalam ekologi. Faktor Abiotik yang dapat mempengaruhi kualitas perairan sungai Brantas terdiri atas suhu, pH, TDS, kecepatan arus, dan tipe substrat.

Tabel 4.1 Data Faktor Abiotik

Stasiun 1 (Desa Jeli, Karangrejo)	Plot	Faktor Abiotik				
		Suhu (°C)	pH	TDS (mg/L)	Kecepatan Arus (m/s)	Tipe Substrat
	1	28,5	8,7	131	0,4	Bebatuan
	2	26	8,5	144	0,4	

	3	26	8,3	211	0,4	
Stasiun 2 (Desa Ngujang, Kedungwaru)	1	27	8,3	217	0,13	Batu dan pasir
	2	27	8,1	201	0,13	
	3	26,5	8,6	151	0,13	
Stasiun 3 (Desa Tapan, Kedungwaru)	1	26	8,35	220	0,22	Bebatuan dan tanah
	2	26	8,1	225	0,22	
	3	26	8,25	205	0,22	
Stasiun 4 (Desa Bukur, Sumbergempol)	1	27	8,6	207	0,4	Bebatuan
	2	26,5	8,7	191	0,4	
	3	27	8,3	161	0,4	

a. Suhu

Faktor abiotik yang pertama diukur adalah Suhu. Suhu adalah salah satu faktor abiotik mendasar bagi organisme yang dapat mempengaruhi semua proses biologis dari tingkat molekuler, seluler, organisme hingga komunitas.⁵⁰ Suhu merupakan parameter fisik yang penting untuk diketahui karena perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika kimia dan biologi air sehingga juga berpengaruh terhadap kehidupan makrozoobentos. Tabel 4.2 suhu rata-rata pada setiap stasiun sebagai berikut :

Tabel 4.2 Suhu rata-rata pada setiap stasiun

Stasiun	Plot	Suhu Per Plot	Suhu Rata-Rata
Stasiun 1 (Desa Jeli, Karangrejo)	1	28,5 °C	26,8 °C
	2	26 °C	
	3	26 °C	
Stasiun 2 (Desa Ngujang,	1	27 °C	26,8 °C
	2	27 °C	

⁵⁰ Dawes, Clinton J. "Marine Botany" 2nd Edition. USA: John Wley & Sons, Inc. 1998, hlm 948

Kedungwaru)	3	26,5 °C	
Stasiun 3 (Desa Tapan, Kedungwaru)	1	26 °C	26 °C
	2	26 °C	
	3	26 °C	
Stasiun 4 (Desa Bukur, Sumbergempol)	1	27 °C	26,8 °C
	2	26,5 °C	
	3	27 °C	

Hasil pengukuran suhu disetiap stasiun sungai Brantas yang dilakukan bekisar antara (26 – 27)°C. Stasiun 1, 2, 3 dan 4 dengan rata-rata suhu 26,8°C; 26,8°C;26°C; dan 26,8°C yang berarti antara stasiun 1,2 dan 4 memiliki nilai rata-rata yang sama, dan stasiun 3 memiliki nilai rata-rata 26°C. Suhu perairan Sungai Brantas ini masih dalam kisaran suhu perairan tawar di Indonesia yaitu 21,3 – 31,4°C⁵¹. Perbedaan suhu diantara stasiun sampling dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantara rantai intensitas cahaya matahari, pertukaran panas antara udara dan sekelilingnya, ketinggian geografis dan juga faktor kanopi yang ada ditepian sungai.

Suhu mempunyai hubungan yang negative terhadap keaneragaman makrozoobentos, sehingga kenaikan pada suhu akan menyebabkan menurunnya keaneragaman makrozoobentos di sungai Brantas Tulungagung. Suhu sangat mempengaruhi laju pertumbuhan organisme tertentu, kenaikan suhu tersebut dapat mempercepat masa pertumbuhan 3 kali lipat⁵². Sehingga dapat meningkatnya jumlah individu pada spesies tertentu dapat mengakibatkan adanya penurunan pemerataan jumlah individu pada tiap

⁵¹ Macan TT, “*Fresswater Ecology*”, London. Longman, 1978, Hlm 354

⁵² Barus, T.A. *Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Sungai dan Danau*. Medan:, FMIPA USU, 2002, hlm 30-32

spesies dan itu berarti akan menurunkan keanekaragaman. Selain itu kenaikan suhu juga mempengaruhi kelarutan oksigen yang terlarut didalamnya. Korelasi suhu dengan oksigen terlarut memiliki hubungan yang cukup namun saling berlawanan arah, ketika suhu mengalami peningkatan akan menyebabkan kandungan oksigen terlarut yang ada pada perairan akan mengalami penurunan sehingga suhu yang tinggi akan menyebabkan keanekaragaman makrozoobentos semakin menurun..⁵³ Pada data, penelitian ini keanekaragaman tertinggi pada suhu paling rendah yang terdapat di stasiun 3 dengan suhu 26° C, hal ini benar seperti teori yang ada, bahwasannya Suhu mempunyai hubungan yang negative terhadap keanekaragaman makrozoobentos, sehingga menurunnya pada suhu akan menyebabkan kenaikan keanekaragaman makrozoobentos di sungai Brantas Tulungagung. Suhu pada sungai Brantas masih mendukung kehidupan makrozoobentos didalamnya dengan Batas toleransi hewan terhadap suhu tergantung kepada spesiesnya, umumnya suhu diatas 30° C dapat menekan pertumbuhan populasi hewan bentos..⁵⁴



Gambar 4.1 Diagram perbandingan nilai suhu air pada setiap stasiun

⁵³ Arya Wardhana, Wisnu. “*Dampak Pencemaran Lingkungan*”. Penerbit Andi: Yogyakarta, 2004, hlm 124

⁵⁴ Ibid., hlm 30

b. PH (Derajat Keasaman)

Derajat keasaman atau pH merupakan suatu indeks kadar ion hydrogen (H^+) yang mencirikan keseimbangan asam dan basa. Derajat keasaman suatu perairan, dipakai sebagai petunjuk untuk menyatakan baik atau buruknya suatu perairan⁵⁵. pH air sungai bekisar 4-9. Kisaran pH yang cocok buat organism akuatik tidak sama tergantung pada jenis organisme tersebut.⁵⁶ Perubahan pH menjadi hal yang peka bagi sebagian besar biota akuatik. Organisme akuatik lebih menyukai pH yang mendekati pH netral.⁵⁷ Tabel 4.3 pH rata-rata pada setiap stasiun sebagai berikut;

Tabel 4.3 pH rata-rata pada setiap stasiun

Stasiun	Plot	pH Per Plot	pH Rata-Rata
Stasiun 1 (Desa Jeli, Karangrejo)	1	8,7	8,5
	2	8,5	
	3	8,3	
Stasiun 2 (Desa Ngujang, Kedungwaru)	1	8,3	8,3
	2	8,1	
	3	8,6	
Stasiun 3 (Desa Tapan, Kedungwaru)	1	8,35	8,2
	2	8,1	
	3	8,25	
	1	8,6	

⁵⁵ Eugene P. Odum, "Fundamental of Ecology" 2nd Edition, Press of W.B Saunder Company, United States of America;1959, hlm 314

⁵⁶ John Wiley & Sons ,” *Principles of Water Resources: History, Development, Management, and Policy.*” Ed ke-2. Hoboken Cech TV, 2005

⁵⁷ Novonty, V., H. Olem, "Water Water Quality: prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution. New York: van Nostrand Reinhold", 1993 hlm 132.

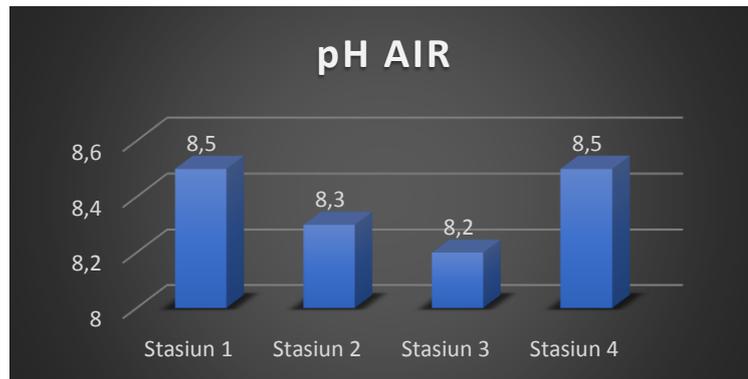
Stasiun 4 (Desa Bukur, Sumbergempol)	2	8,7	8,5
	3	8,3	

pH air sungai Brantas berfluktuasi sekitar (8,2- 8,5). Konsentrasi nilai pH rata rata terendah terletak di stasiun 3 dengan rata-rata 8,2 dan tertinggi pada stasiun 4 dengan rata-rata 8,5. Adanya variasi pH tersebut biasanya disebabkan karena proses-proses kimia dan biologis yang dapat menghasilkan senyawa-senyawa yang bersifat asam maupun alkalis, selain itu variasi pH juga bisa disebabkan masuknya limbah yang bersifat asam atau alkalis dari daratan maupun aktivitas manusia.⁵⁸ Pada musim hujan nilai pH cenderung lebih tinggi mungkin akibat akumulasi senyawa karbonat dan bikarbonat sehingga air sungai lebih basa.⁵⁹ Nilai pH menunjukkan derajat keasaman atau kebasan suatu perairan. Nilai pH yang ideal bagi kehidupan organisme akuatik pada umumnya terdapat antara 7 antara 8.5. kondisi perairan yang sangat basa maupun asam akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan terjadinya metabolisme dan respirasi.⁶⁰ pH sungai Brantas Tulungagung masih mendukung keberadaan makrozoobentos yang ada didalamnya, terbukti masih adanya spesies.

⁵⁸ Hendrik, V.A, dkk “ *Analisis Struktur Komunitas Makroalga Ekonomis Penting Di Perairan Intertidal Manokwari, Papua Barat* ” , Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan Vo.8, 2017 hlm. 33

⁵⁹ Novonty, V., H. Olem, “*Water Water Quality: prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution*” New York: van Nostrand Reinhold, 1993, hlm 978-979

⁶⁰ Tiorinse Sinaga, “*Keanekaragaman Makroobentos sebagai indikator kualitas perairan danau Toba Balige Kabupaten Toba Samosir*”, (Tesis Universitas Sumatera Utara 2009) hlm 33



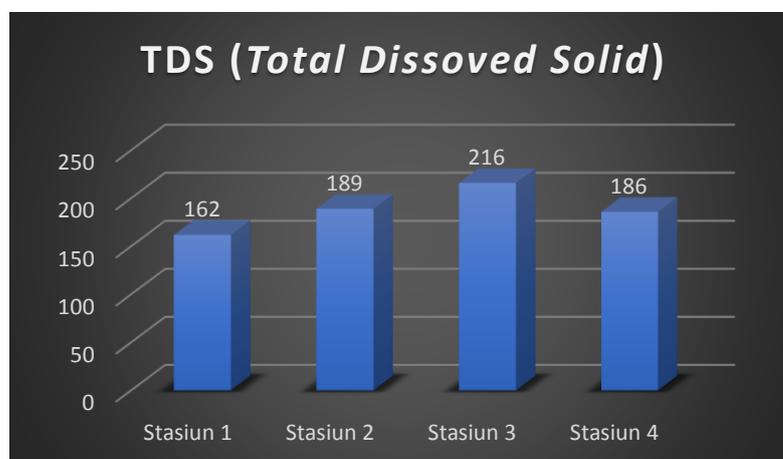
Gambar 4.2 Diagram perbandingan nilai pH air setiap stasiun

c. TDS (*Total Dissolved Solid*)

Hasil pengukuran TDS pada sungai Brantas Tulungagung, diketahui bahwa Nilai tertinggi terdapat pada stasiun 3 plot 2 (216 ppm) dan terendah pada stasiun 1 plot 1 (162 ppm), jika dihitung rata-rata dari semua 4 stasiun, maka nilai TDS adalah 188 ppm. Tingginya nilai TDS terjadi karena adanya akumulasi berbagai limbah maupun kotoran yang lebih tinggi, PP.Np 82 tahun 2001 tentang kriteria baku mutu air menjelaskan, untuk kelas II nilai TDS batas maksimum yang diperoleh adalah 1000 ppm. Sehingga kadar TDS sungai Brantas masih layak untuk air kelas II. Bahan- bahan tersuspensi terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Padatan tersuspensi dapat disebabkan oleh erosi tanah akibat hujan lebat. Padatan tersuspensi dalam air umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, kotoran manusia, kotoran hewan, lumpur, sisa tanaman dan hewan dan limbah industry. Tabel 4.4 merupakan TDS rata-rata setiap stasiun :

Tabel 4.4 merupakan TDS rata-rata setiap stasiun

Stasiun	Plot	TDS Per Plot	TDS Rata-Rata
Stasiun 1 (Desa Jeli, Karangrejo)	1	131	162
	2	144	
	3	211	
Stasiun 2 (Desa Ngujang, Kedungwaru)	1	217	189
	2	201	
	3	151	
Stasiun 3 (Desa Tapan, Kedungwaru)	1	220	216
	2	225	
	3	205	
Stasiun 4 (Desa Bukur, Sumbergempol)	1	207	186
	2	191	
	3	161	



Gambar 4.3 diagram perbandingan TDS setiap staisun

d. Kecepatan Arus

Kecepatan Arus penting diamati sebab merupakan faktor pembatas kehadiran organism didalam sungai. Tetapi dasar yang berbatu dapat menyediakan permukaan yang cocok untuk organisme menempel dan melekat. Kecepatan arus sungai Brantas berfluktuasi (0,4- 0,13 m/detik) yang semakin melambat ke hilir. Faktor gravitasi, lebar sungai dan materian yang dibawah oleh air sungai membuat kecepatan arus dihulu paling besar. Kecepatan arus dengan nilai tinggi terdapat pada stasiun 2 dengan 0,13 m/s. Stasiun 1 dan 4 kecepatan arus menunjukkan nilai yang sama yaitu 0,4 m/s. Kecepatan arus juga merupakan salah satu faktor fisik yang mempengaruhi keberadaan makrozoobenthos. Berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa keceparan arus di 4 muara hanya berkisar 0,4-0,22 m/s. berikut adalah tabel 4.5 kecepatan arus disetiap stasiun:

Tabel 4.5 kecepatan arus disetiap stasiun

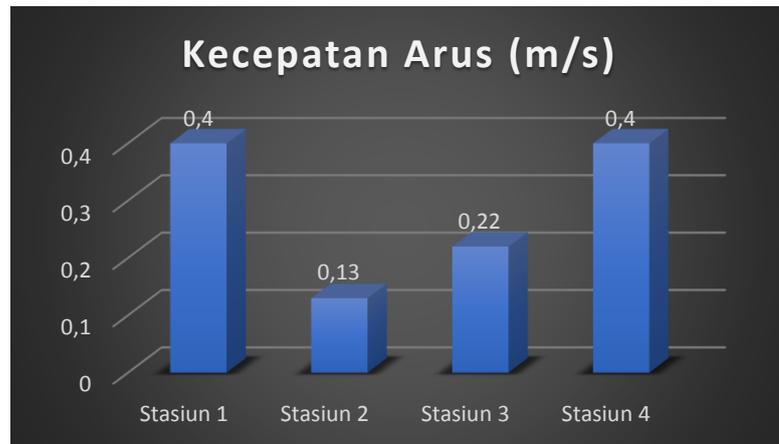
No.	Stasiun	Kecepatan Arus
1.	Stasiun 1 (Desa Jeli, Karangrejo)	0,4 m/s
2.	Stasiun 2 (Desa Ngujang, Kedungwaru)	0,13 m/s
3.	Stasiun 3 (Desa Tapan, Kedungwaru)	0,22 m/s
4.	Stasiun 4 (Desa Bukur, Sumbergempol)	0,4 m/s

Hal ini dikarenakan saat pengukuran kondisi muara. sedang surut dan sedang musim kemarau sehingga kecepatan arus yang terukur sangat rendah. Kecepatan arus dipengaruhi kekuatan angin, topografi, kondisi pasang surut dan musim. Pada saat musim penghujan, akan meningkat debit air dan sekaligus mempengaruhi kecepatan arus, selain itu adanya bentuk alur sungai

dan kondisi substrat pada dasar perairan menyebabkan kecepatan arus bervariasi.⁶¹ Dasar air tenang yang lunak dan terus menerus berubah umumnya membatasi organisme bentik yang lebih kecil sampai ke bentuk penggali, tetapi apabila kedalaman lebih besar lagi, dimana gerakan air lebih lambat lagi, lebih sesuai untuk plankton, nekton dan neuston⁶². Distribusi organisme di dalam air sangat dipengaruhi oleh kecepatan arus air, karena kecepatan arus air akan terus merubah habitat sungai. Arus dapat mempengaruhi kelangsungan hidup bentos. Jika arus kecil maka akan menunjang kehidupan bentos, jadi ketika arus kecil maka bentos akan dapat hidup dengan baik dan akan memudahkan saat mengidentifikasi bentos. Terdapat sedikit perbedaan antara teori dengan data yang kita dapat. Kecepatan arus mempunyai hubungan negative terhadap keaneragaman makrozoobentos. Dengan demikian penurunan kecepatan arus dapat menaikkan keaneragaman makrozoobentos di Sungai Brantas. Dalam penelitian ini faktor kecepatan arus tidak berpengaruh terhadap keaneragaman dikarenakan nilai dari semua stasiun sampling masih batas kisaran toleransi optimum pertumbuhan makrozoobentos secara umum sehingga kenaikan ataupun penurunannya tidak berpengaruh terhadap keaneragaman makrozoobentos.

⁶¹ Barus, T.A “*Metode Ekologis untuk menilai kualitas suatu perairan lotik*” Fakultas MIPA USU Medan, 1996, hlm 54

⁶² Eugene P. Odum, “*Fundamental of Ecology*” 2nd Edition, Press of W.B Saunder Company, United States of America;1959, hlm 321



Gambar 4.4 Diagram perbandingan kecepatan arus setiap stasiun

e. Tipe Subtrat

Subtrat merupakan tempat melekatnya suatu organisme untuk dapat bertahan hidup. Subtrat pada perairan sungai Brantas beranekaragam tergantung pada kondisi lokasi sungai. Pada stasiun 1 tipe subtrat lumpur dan batuan kecil, pada stasiun 2 tipe dasar subtrat batuan dan pasir. Pada stasiun 3 tipe dasar subtrat adalah bebatuan. Pada stasiun 4 tipe dasar subtrat adalah bebatuan dan pasir. Kondisi subtrat yang berbeda dikarenakan lokasi stasiun yang jauh dan juga kondisi sungai yang berbeda. Macam dari substrat sangat penting dalam perkembangan komunitas hewan bentos. Pasir cenderung memudahkan untuk bergeser dan bergerak ke tempat lain. Subtrat berupa lumpur biasanya mengandung sedikit oksigen dan karena itu organisme yang hidup di dalamnya harus dapat beradaptasi pada keadaan ini.⁶³ Subtrat dasar perairan secara langsung dan tidak langsung dapat dipengaruhi oleh kecepatan arus, selanjutnya keadaan substrat dasar merupakan faktor yang sangat menentukan pola distribusi atau penyebaran serangga dalam suatu

⁶³ Ramli, H. Dzaki "*Ekologi*" Penerbit Jakarta : P2LPTK, 1989 hlm. 14

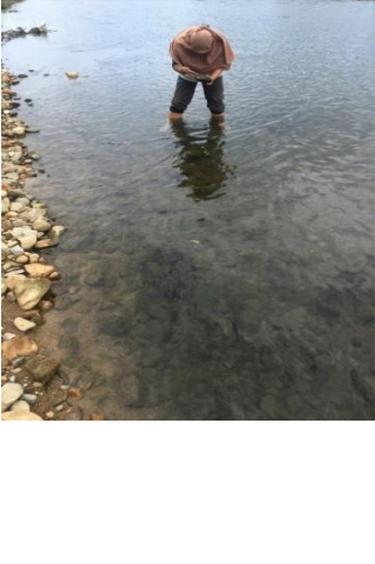
perairan⁶⁴. Substrat dasar merupakan salah satu faktor ekologis utama yang mempengaruhi struktur komunitas makrobentos. Penyebaran makrobentos dapat dengan jelas berkorelasi dengan tipe substrat. Makrozoobentos yang mempunyai sifat penggali pemakan deposit cenderung melimpah pada sedimen lumpur dan sedimen lunak yang merupakan daerah yang mengandung bahan organik yang tinggi. Substrat batu menyediakan tempat bagi spesies yang melekat sepanjang hidupnya, juga digunakan oleh hewan yang bergerak sebagai tempat perlindungan dari predator. Substrat yang halus seperti lumpur, pasir dan tanah liat menjadi tempat makanan dan perlindungan bagi organisme yang hidup didasar perairan. Substrat dasar yang berupa batu-batu pipih dan batu keriki merupakan lingkungan hidup yang baik bagi makrozoobento, namun dasar perairan yang berupa pasir dan sedimen halus merupakan lingkungan hidup yang kurang baik bagi makrozoobentos.⁶⁵

Tabel 4.6 Dokumentasi tipe substrat pada setiap stasiun

No.	Stasiun	Dokumentasi	Keterangan
1	Stasiun 1 (Desa Jeli, Karangrejo)		Bebatuan,

⁶⁴ J.W Nybakken., “*Bilogi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*” . Terjemahan M. Ediman, Koesoebiono, D.G Bengen, M. Hutomo, & S. Sukardjo. PT. Gramedia, Jakarta: 1988, hlm 35

⁶⁵ Ibid., hlm 36-37

2	<p style="text-align: center;">Stasiun 2 (Desa Ngujang, Kedungwaru)</p>		Batu dan Pasir
3	<p style="text-align: center;">Stasiun 3 (Desa Tapan, Kedungwaru)</p>		Bebatuan dan Tanah
4	<p style="text-align: center;">Stasiun 4 (Desa Bukur, Sumbergempol)</p>		Bebatuan

2. Data Makrozoobentos Sungai Brantas Tulungagung

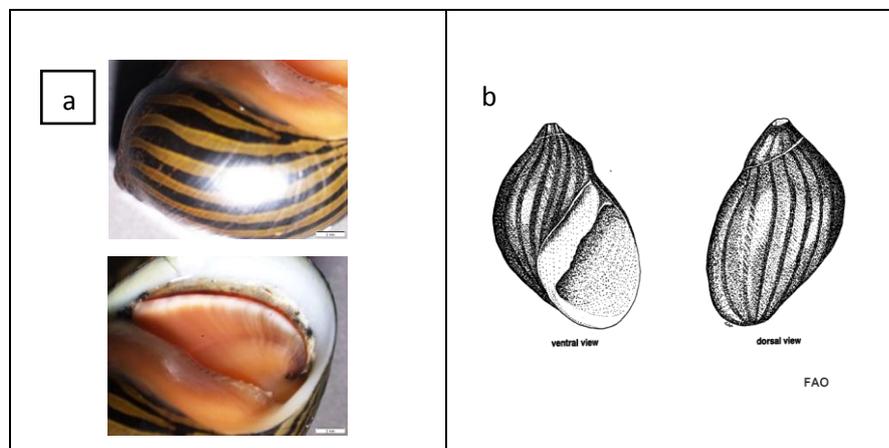
Makrozoobentos yang ditemukan dan diidentifikasi pada perairan sungai Brantas Tulungagung berjumlah 185 ekor dengan 9 spesies. Makrozoobentos yang ditemukan pada masing-masing stasiun dapat digunakan untuk menggambarkan makrozoobentos yang berada pada perairan tersebut. Makrozoobentos yang ditemukan pada perairan sungai Brantas dapat dilihat pada table 4.7 sebagai berikut

Table 4.7 Makrozoobentos yang ditemukan di Sungai Brantas (ekor)

No.	Spesimen					Total
		Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	
1	Spesimen 1	0	0	17	0	17
2	Spesimen 2	2	3	4	10	9
3	Spesimen 3	4	1	0	0	5
4	Spesimen 4	21	17	34	21	93
5	Spesimen 5	9	0	9	11	29
6	Spesimen 6	12	9	0	0	12
7	Spesimen 7	0	0	2	0	2
8.	Spesimen 8	0	0	0	15	15
9.	Spesimen 9	0	0	0	3	3
JUMLAH		48	30	66	60	204

Spesimen makrozoobentos yang tertangkap pada waktu penelitian di Sungai Brantas diidentifikasi berdasarkan ciri-ciri berupa :

a. Spesimen 1



Gambar 4.5 Spesimen 1 Famili *Neritidae* (Pandangan Lateral)

a. Hasil Penelitian b. Dokumentasi Literatur (Pandangan lateral)

Spesimen 1 ditemukan dengan ciri-ciri sebagai berikut : cangkang berbentuk lonjong kecurut, lurik berkilau, ujungnya runcing, dengan warna kuning garis hitam miring dan melengkung. Panjang cangkangnya 25-32

mm. Aperture berwarna putih dan area kolumelar berwarna putih dan kuning dengan garis-garis yang rapi dengan pola garis kuning dan hitam.⁶⁶ Berdasarkan ciri-ciri tersebut, specimen 1 memiliki kemiripan dengan ciri-ciri family *Neritidae*. *Neritidae* ditemukan dirawa-rawa pesisir sebagian besar wilayah tropis.⁶⁷ *Neritina turruta* dapat ditemukan diseluruh wilayah Indo-Pasifik termasuk Madagaskar, Jepang hingga Indonesia dan pulau di Samudra Pasifik bagian barat. Total *Neritina turruta* terdapat 25 spesies. *Neritina turruta* mendiami pasang surut yang dipengaruhi perairan sungai, *Neritina turruta* sering ditemukan didekat lumpur atau diatas batu. *Neritina turruta* termasuk hewan herbivore pada tahap dewasa, berkembang dari planktonik ke larva. Pertumbuhannya lebih cepat pada musim yang lebih hangat (April-Oktober) dan lebih lambat pada musim dingin. *Neritina turruta* merupakan spesies yang tangguh akan perubahan kondisi lingkungannya.⁶⁸ Kelimpahan famili *Neritidae* selain karena faktor ekologis yang mendukung, juga disebabkan sifat perkembangbiakannya yang mudah, dan cara hidup mereka yang berkoloni, sehingga sangat mudah menemukan mereka pada suatu tempat didalam ekosistem sungai.

Klasifikasi *Neritidae* sebagai berikut⁶⁹:

Kingdom : Animalia

Phylum : Mollusca

⁶⁶ Poutiers, J.M. Gastropods In Carpenter, K. E. and V. H. Niem. FAO “*species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 1. Seaweeds, corals, bivalves, and gastropods.*” Rome, FAO. 1998. Hal 349

⁶⁷ Hristov, K.K. Observations on *Neritina turruta*...., hlm 5-6.

⁶⁸ Ibid., hlm 9

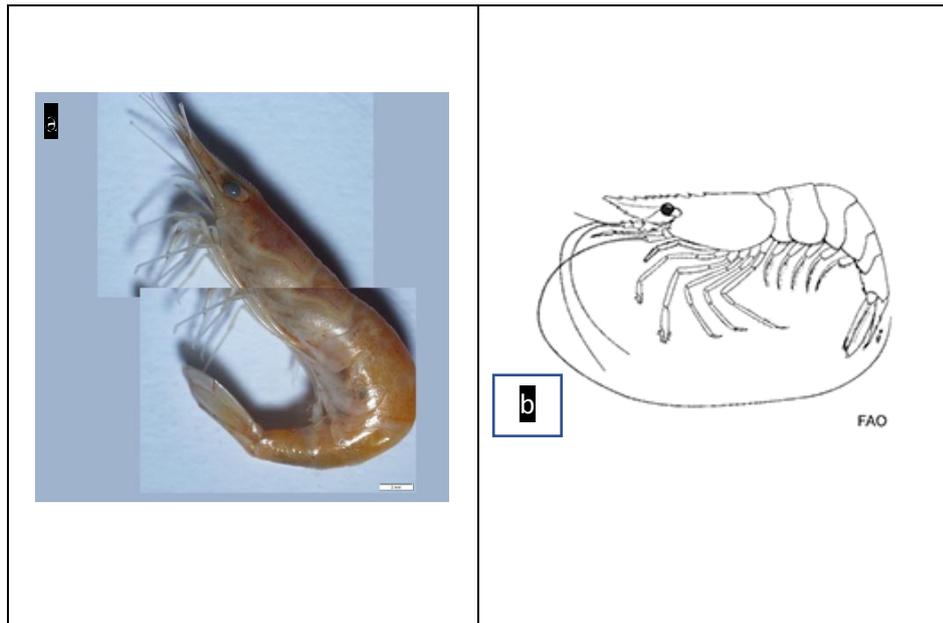
⁶⁹ Hristov, K.K. “*Observations on Neritina turruta* “....., hlm 10

Class : Gastropoda

Ordo: Archaeogastropoda

Family: Neritidae

b. Spesimen 2



Gambar 4.6 Spesimen 2 Famili *Palaemonidae* (Pandangan Lateral)

a. Hasil Penelitian b. Dokumentasi Literatur (Pandangan lateral)

Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan ciri-ciri specimen 2 sebagai berikut : warna tubuh kuning transparan dengan ukuran antara 2-7 cm dengan tubuh beruas-ruas. Hewan ini memiliki ukuran yang bermacam-macam dari yang terkecil sampai besar. Ekor berbentuk seperti kipas dibagian abdomen, dengan lima kaki. Habitat lebih banyak ditemukan dibawah bebatuan dan serasah.

Habitat udang ditemukan didaerah yang lambat atau tidak ada aliran dalam danau. Kolam, sungai dan sungai. Mereka biasanya dikumpulkan didaerah vegetasi akuatik. Dengan ukuran tubuh yang paling kecil sampai

besar (25-240 mm). *Cephalothorax* (kepala dada menyatu) dan perut silinder dengan beberapa sisi ke sisi merata, sepasang antennae lebih panjang dari pasangan antenna lain.⁷⁰

Kingdom : Animalia

Phylum : Artropoda

Class : Crustacea

Ordo: Decapoda

Family : Palaemonidae

c. Spesimen 3



Gambar 4.7 Spesimen 3 Famili *Potamonautidae* (Pandangan Lateral)

a. Hasil Penelitian b. Dokumentasi Literatur (Pandangan lateral)

Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan ciri –ciri spesimen 3 sebagai berikut : tubuh berwarna coklat dengan ukuran 0,5-3 cm, terdapat lima pasang kaki dan diujung kaki terdapat penjepit. Tubuh yang lebar, empat pasang kaki, sepasang supit, mata pada batang bergerak, perut berada dibawah tubuh. Berdasarkan ciri-ciri tersebut, spesimen 3 memiliki kemiripan dengan ciri-ciri morfologi yang dimiliki oleh family

⁷⁰ R.W Bouchard . “*Guide to aquatic invertebrates of the Upper Midwest identification manual for students, citizen monitors, and aquatic resource professionals*”. University of Minnesota, hlm 146

potamonautidae. Famili ini memiliki ciri khas abdomen yang tidak terlalu berkembang dan menyusut. Selain itu *Potamonautidae* juga memiliki batang mata. Batang mata memiliki fungsi menopang pergerakan mata. Batang mata menyebabkan mata kepiting air tawar ini seolah olah memanjang. Capit yang dimiliki juga berfungsi sebagai kuku yang besar. Kepiting adalah salah satu kelompok yang penting karena berguna untuk makan dan menyuplai kebutuhan industri perairan. Borrer). Habitat didasar perairan, danau ataupun rawa.⁷¹

Klasifikasi spesimen III adalah :

Kingdom : Animalia

Phylum: Artropoda

Class : Crustacea

Ordo : Decapoda

Family : Potamonautidae

d. Spesimen 4



Gambar 4.8 Spesimen 4 Famili *Pachychilidae* (Pandangan Lateral)

⁷¹ Gerber, A. "Aquatic Invertebrates of South African Rivers", Africa Institute for Water Quality Studies. 2002, Hlm. 149

a. Hasil Penelitian b. Dokumentasi Literatur (Pandangan lateral

Gastropoda ini memiliki ciri panjang 22-40 mm, tempurung memanjang kerucut, padat, bagian ulir utama membesar, permukaan cangkang halus, padat dan tebal, berwarna gelap kecoklatan hingga hitam, kuning hingga coklat dan kecoklat-coklatan nyala⁷². Morfologi luar dan organ rongga mantel hewan relatif besar, dengan tubuh terdiri hingga delapan lingkaran. Kulitnya abu-abu tua, kadang-kadang terang mengkilap. Moncongnya lebar dan berkerut. Klasifikasi dari Spesimen 4 sebagai berikut:

Kingdom : Animalia

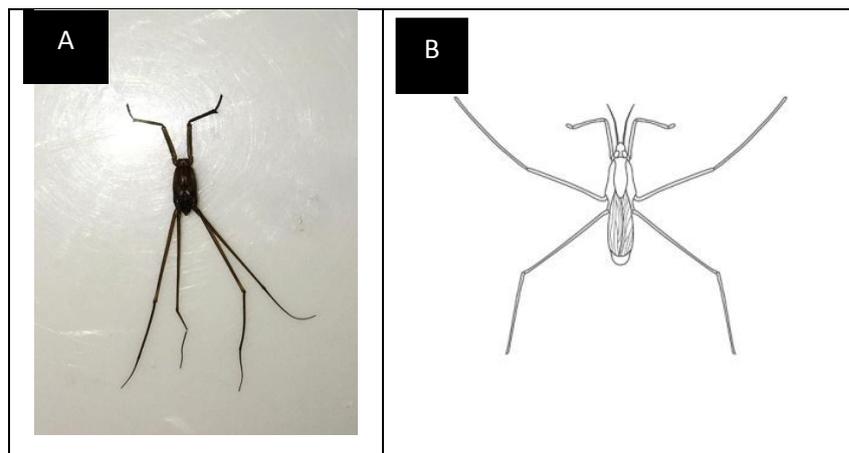
Phylum : Mollusca

Class : Gastropoda

Ordo : Caenogastropoda

Family : Pachychilidae

e. Spesimen 5



⁷² M.M dan Nur R.I Ristiyanti M. Marwoto and Nur R. Isnaningsih. "The Freshwater Snail Genus *Sulcospira* Troschel, 1857 From Java, With Description Of A New Species From Tasikmalaya, West Java, Indonesia (Mollusca: Gastropoda: Pachychilidae)." The Raffles Bulletin Of Zoology 2012 60 (1): hlm 1–10.

Gambar 4.9 Spesimen 5 Famili *Gerridae* (Pandangan Lateral)

a. Hasil Penelitian b. Dokumentasi Literatur (Pandangan lateral)

Berdasarkan hasil pengamatan ciri-ciri spesimen 5 sebagai berikut :
 tubuh berwarna coklat tua dengan ukuran tubuh antara 204 cm. mata menonjol dan bagian abdomen beruas-ruas, memiliki tiga pasang kaki bersendi sepasang antenna. Tubuh berbentuk ramping panjang. Kaki depan untuk merebut mangsa, sedangkan kaki tengah dan kaki belakang tipis dan sangat panjang. Perilaku melompat pada permukaan perairan. Famili *Gerridae* atau biasa disebut kepik atau anggang- anggang pejalan air serangga ini biasa terdapat di air tenang, didalam lubang lubang yang kecil atau tempat yang terlindung. Mereka seringkali dalam jumlah yang besar. Kepik yang menghuni aliran air yang terputus-putus membuat lubang kedalam lumpur atau dibawah batu – batuan bila aliran air mengering dan tetap tinggal sampai alirab terisi dengan air kembali. Serangga dewasa yang bersayap dan yang tidak bersayap terdapat banyak jenis, dan serangga bergerak dari satu tempat akuatik ke lainnya pada waktu tahapan bersayap. Telur-telur diletakkan pada permukaan air pada benda-benda yang mengapung.

Family *Gerridae* atau kepik pejalan air, kepik ini adalah serangga yang bertungkai panjang yang hidup diatas permukaan air, lari atau meluncur diatas permukaan dan makan serangga- serangga yang jatuh diatas permukaan air. Tungkai-tungkai depan pendek dan dipakai untuk menangkap makanan, tungkai-tungkai tengah dan belakang panjang dan

dipakai untuk berjalan. Kebanyakan jenis gelap atau hitam, dan tubuhnya panjang dan sempit. Kepik pejalan kaki dilapisi oleh rambut-rambut halus dan sulit basah. Struktur tarsus memungkinkan seekor kepik pejalan air meluncur sekitar permukaan air. Bila tarsi menjadi basah serangga tidak dapat lebih lama lagi tinggal diatas permukaan air dan serangga akan tenggelam kecuali ia dapat merayap keatas pada suatu permukaan yang kering. Bila tarsi kering lagi, mereka berfungsi normal. Serangga ini biasanya terdapat pada air yang tenang, didalam lubang-lubang yang kecil atau tempat yg terlindungi. Mereka seringkali terdapat pada jumlah yang besar. Jenis yang menghuni aliran air yang terputus-putus membuat lubang kedalam lumpur atau bawah batu-batuan bila aliran air mengering dan tetap tinggal tidur sampai aliran terisi kembali dengan air. Kepik dewasa akan diam tidur kecuali bagi satu genus Halobates. Halobates hidup diatas permukaan lautan, seringkali beberapa mil dari darat. Serangga dewasa yang bersayap dan yang tidak bersayap terdapat dalam banyak jenis, dan serangga bergerak dari satu tempat akuatik ke lainnya pada waktu tahapan bersayap. Telur-telur diletakkan pada permukaan air pada benda- benda yang mengapung.⁷³

Klasifikasi specimen 5 adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia

Phylum : Artropoda

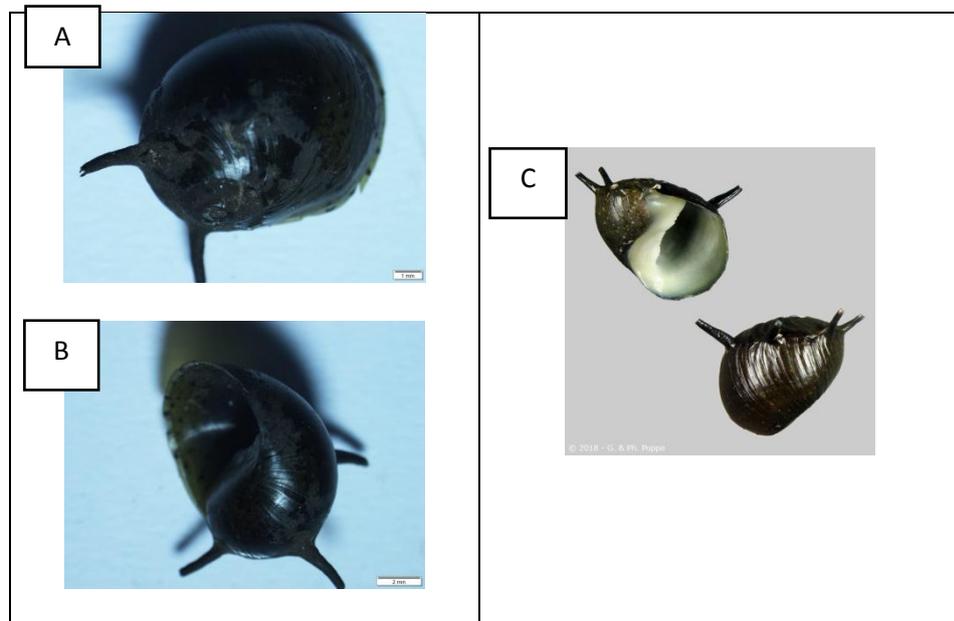
Class : Insecta

⁷³ Donald J. Borror and Dwight M. DeLong, " *An Introduction to the Study of Insects*" 1992. Hlm. 369-370

Ordo : Hemiptera

Family : Gerridae

f. Spesimen 6



Gambar 4.10 Spesimen 6 Famili *Neritidae* (Pandangan Lateral)

a. Hasil Penelitian tampak atas b. Hasil Penelitian tampak samping, c.

Dokumentasi Literatur (Pandangan lateral)

Neritidae merupakan salah satu suku dari gastropoda yang paling primitif bersama dengan suku lainnya (*Hydrocenidae*, *Helicinidae*, *Neritiliidae*, *Phenacolepadidae*, *Neritopsidae*) tergabung dalam kelompok superordo Neritimorpha. Neritidae terdiri dari 16-17 marga, hidup diperairan laut, estuarine maupun perairan tawar. Neritidae memiliki cangkang yang polimorfik, dalam satu jenis dapat memiliki banyak variasi pola dan warna. Hal ini memicu banyaknya penamaan dalam jenis tersebut, sehingga masih banyak terjadi inkonsistensi dalam keabsahan nama jenis serta pemakaiannya. Marga *Clithon* terdiri dari sekitar 79 jenis

dengan *clithon corona* sebagai tipe jenis dari marga tersebut.⁷⁴ *Clithon* bersama dengan kelima marga lainnya (*Neritina*, *Vittina*, *Neritodryas*, *Neripteron*, *Septaria*) memiliki distribusi geografis di perairan indo-pasifik. *Clithon flavovirens* dapat dimeukan di Jawa, Madura, Balui, Kalimantan Dan Sulawesi, sedangkan *C. Fuliginosus* hanya dapat ditemukan di Jawa dan Sumatera.⁷⁵ Gastropoda family neritidae merupakan kelompok bentos yang sangat toleran atau memiliki ketahanan tubuh cukup tinggi unruk dapat hidup di sungai Brantas dibandingkan kelas dari bivalvia, hal ini disebabkan karena kelas gastropoda memiliki cangkang yang kedap air yang berfungsi sebagai pembatas, sehingga saat surut dapat menutup rapat cangkangnya dengan operculum. Selain itu, dihabitatnya Gastropoda memiliki kebiasaan untuk memakan mikroorganisme atau bahan organik tanah demi kelangsungan hidupnya.⁷⁶ *Clithon corona* atau yang disebut sebagai keong tanduk ini berwarna gelap pekat dengan duri dicangkangnya yang menyerupai tanduk. Ukuran rata-rata keong ini berukuran 10 mm.

Kingdom: Animalia

Phylum: Mollusca

Class: Gastropoda

⁷⁴ Nova Mujiono, "Keong Marga *Clithon* (Gastropoda: Neritidae) di Jawa: Status, distribusi, dan kekerabatannya" Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon Vol. 2, 2016, hlm 149-154

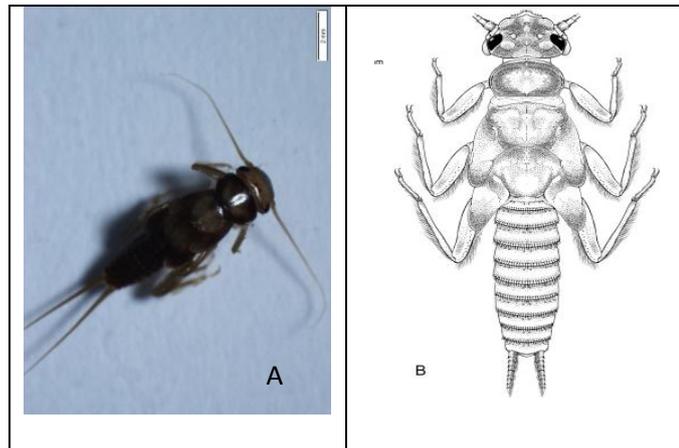
⁷⁵ Jutting TvB. "Catalogue of the non-marine Mollusca of Sumatra and of its satellite islands". Beaufortia 8 (7): 1959. Hlm. 41-191.

⁷⁶ Muhammad Fajar Purnama, Alfi Kusuma dan Haslianti, "Freshwater Bivalves And Gastropods, In Southeast Sulawesi" Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia Vol.3, 2019 , hlm 198-199

Ordo: Cyloneurita

Family: Neritidae

g. Spesimen 7



Gambar 4.11 Spesimen 7 Famili *Perlidae* (Pandangan Lateral)

a. Hasil Penelitian b. Dokumentasi Literatur (Pandangan lateral)

Lalat batu biasanya serangga yang berukuran kecil, agak gepeng, bertubuh lunak dan berwarna agak kelabu kusam yang terdapat dekat aliran air atau tepian sungai berbatu. Mereka adalah penerbang – penerbang yang lemah dan jarang terdapat jauh dari air. Nimfa lalat batu agak memanjang, dengan sungut yang panjang. Mereka sangat serupa dengan nimfa-nimfa *Ephemeroptera*, tetapi tidak mempunyai filament ekor tengah, yaitu mereka hanya mempunyai dua ekor. Nimfa lalat batu seringkali terdapat dibawah batu-batu didalam aliran air atau sepanjang tepi danau, tetapi kadang juga ditemukan di manapun didalam aliran air di tempat makanan dapat diperoleh. Beberapa jenis ini dikenal hidup dibawah air bawah tanah. Nimfa jenis ini biasanya merupakan pemakan tumbuhan. Family *perlidae* – lalat batu biasa, kebanyakan dari mereka

panjangnya 20-40 mm, warna coklat dengan sayap agak kelabu, dengan dua titik hitam pada kepalanya yang kuning.⁷⁷

Kingdom : Animalia

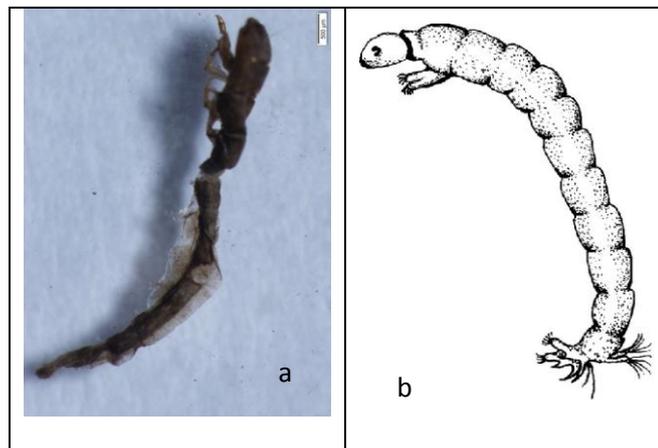
Phylum : Artropoda

Class: Insecta

Ordo : Plecoptera

Family : Perlidae

h. Spesimen 8



Gambar 4.12 Spesimen 8 Famili *Chironomidae* (Pandangan Lateral)

a. Hasil Penelitian b. Dokumentasi Literatur (Pandangan lateral

Chironomidae atau disebut serangga agas-agas ini dapat ditemukan dimana-mana. Penampilan mereka seperti nyamuk, kecil (panjangnya 1-10 mm), tetapi mereka tidak mempunyai sisik-sisik pada sayapnya, dan tidak mempunyai satu probosis/mulut yang panjang (mereka tidak menggigit). Tungkai depan mereka biasanya panjang dan mempunyai lekuk di metanotum. Peyebaran *Chironomidae* cukup besar kira-kira ada 760 jenis

⁷⁷ Donald J. Borror and Dwight M. DeLong, " *An Introduction ...*, hlm. 319-320

di Amerika Utara. *Chironomidae* merupakan serangga akuatik dan terdapat dalam habitat akuatik. Beberapa juga terdapat didalam tanah, zat yang membusuk dan dibawah kulit kayu dan habitat-habitat yang basah dan kaya zat organic. Banyak bentuk-bentuk akuatik hidup didalam buluh-buluh atau selubung yang terdiri dari partikel yang halus. Larva dari jenis ini banyak yang berwarna merah, karena terdapat hemoglobin didalam darah, dan dikenal sebagai cacing darah. Larva ini berenang dengan memakai gerakan menggoyangkan tubuh yang khas, seperti jentik-jentik pada nyamuk. Larva ini merupakan makanan dari banyak ikan dan hewan akuatik lainnya⁷⁸. Klasifikasi dari *Chironomidae* sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Phylum: Artropoda

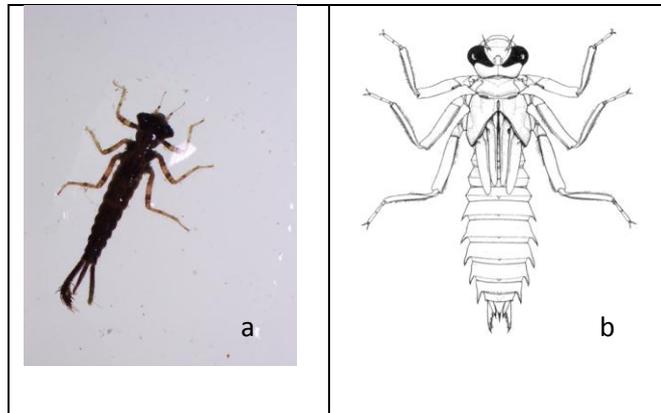
Class: Insecta

Ordo: Diptera

Family: Chironomidae

⁷⁸ Donald J. Borror and Dwight M. DeLong, “ *An Introduction ..*, hlm. 676-678

i. Spesimen 9



Gambar 4.13 Spesimen 9 Famili Aeshnidae (Pandangan Lateral)

a. Hasil Penelitian b. Dokumentasi Literatur (Pandangan lateral)

Odonata adalah serangga yang relative besar dan seringkali berwarna bagus. Aeshnidae atau capung loreng. Kelompok ini mencakup capung-capung yang besar dan tua. Kebanyakan dari mereka panjangnya kira-kira 75 mm. jenis ini pada umumnya tersebar pada kolam, mempunyai toraks yang hijau, abdomen yang kebiru-biruan dan sebuah tanda sasaran pada bagian atas wajah. Genus *aeshna* mengandung sejumlah jenis, kebanyakan terdapat dekat paya-paya dibagian akhir musim panas. Mereka berwarna hitam untuk larvanya, larva capung loreng sedikit agak lemah dan mereka mudah dapat ditangkap. Mereka belum berwarna sepenuhnya dan mereka mempunyai tubuh yang sangat lunak⁷⁹

Serangga dewasa umumnya besar dan memanjang, dengan dua pasang sayap membran besar yang memiliki jaringan pembuluh darah yang padat. Mata majemuk cukup besar, dan sering menempati sebagian besar kepala. Banyak spesies yang cukup indah, dengan tanda logam cerah

⁷⁹Donald J. Borror and Dwight M. DeLong, " *An Introduction*,....hlm.242 -251

pada tubuhnya, atau berbagai pola garis pada sayapnya. Orang dewasa adalah penerbang yang kuat, dan termasuk yang tercepat dari semua serangga. Larva itu hidup di air, dan memiliki mulut yang memanjang dan dapat memegang yang dapat mereka gunakan untuk menangkap mangsanya. Kebiasaan larva di air membatasi reproduksi pada sumber air, tetapi capung dewasa dapat ditemukan di seluruh Australia. Habitat Capung ini terikat dengan habitat perairan. Meskipun capung dewasa hidup bebas dan mampu terbang dengan kuat, tahapan kehidupannya membutuhkan habitat riparian/peralihan. Telur capung diletakkan di dalam air, paling umum, betina yang melayang mencelupkan perut mereka ke dalam air untuk menyimpan telurnya, dan mereka sering terlihat melakukan ini, baik sendiri-sendiri atau masih berpasangan dengan jantan. Larva menghabiskan seluruh hidupnya terendam air, di mana mereka menjadi predator bagi organisme air kecil lainnya. Berbagai spesies dapat menempati sebagian besar habitat air tawar, termasuk air terjun, aliran deras, sungai, danau, kolam, rawa, rawa, dan muara. Kemunculan larva dewasa terjadi ketika larva merangkak keluar dari air ke atas batu atau cabang, dengan kuat menggenggam substrat dengan kakinya, dan larva dewasa keluar dari kulit larva. Capung dewasa adalah penerbang yang kuat. Capung jantan seringkali teritorial, dan dapat diamati kembali ke tempat bertengger favorit di mana mereka mengamati wilayah mereka dan

siap terbang keluar untuk menangkap makanan atau menjaga dari pejection lain.⁸⁰ Klasifikasi Aeshnidae sebagai berikut⁸¹ :

Kingdom: Animalia

Phylum: Artropoda

Class: Insecta

Ordo: Odonata

Family: Aeshnidae

3. Tingkat Keaneragaman Makrozoobentos (Indeks Shannon-Wiener)

Pada penelitian ini dilakukan penghitungan tingkat keaneragaman dengan menggunakan indeks Shannon-Wiener. Adapaun perhitungannya adalah sebagai berikut.

Tabel 4.8 Hasil Penghitungan Shannon-Wiener pada Stasiun 1

No.	Nama Family	Jumlah (n)	Phi	Ln Phi	-PHi ln pHi
1	<i>Palaemonidae</i>	2	0,042	0,132	0,132
2	<i>Potamonautidae</i>	4	0,083	0,207	0,207
3	<i>Pachychilidae</i>	21	0,438	0,362	0,362
4	<i>Geridae</i>	9	0,188	0,314	0,314
5	<i>Neritidae 1</i>	12	0,250	0,347	0,347
Jumlah		N= 48			H'= 1,362

Nilai pada stasiun 1 adalah 1,362. Dimana menurut indeks Shannon-Wiener tingkat keaneragaman makrozoobentos pada stasiun 1

⁸⁰ Watson, J.A.L., Theischinger, G. & Abbey, H.M.: *A Guide to the Identification, Distributions and Habitats of Australian Odonata*. The Australian Dragonflies CSIRO. 1991. Hlm 294-310

⁸¹ Donald J. Borror and Dwight M. DeLong, " *An Introduction*,...hlm.242 -251

dalam kategori sedang. Artinya, pada stasiun 1 memiliki keaneragaman makrozoobentos yang cukup beragam sehingga tidak terjadi kelangkaan spesies.

Tabel 4.9 Hasil Penghitungan Shannon-Wiener pada stasiun 2

No.	Nama Family	Jumlah (n/N)	Phi	Ln Phi	-PHi ln pHi
1	<i>Palaemonidae</i>	3	0,100	-2,303	0,230
2	<i>Potamonautidae</i>	1	0,033	-3,401	0,113
3	<i>Pachychilidae</i>	17	0,567	-0,568	0,322
4	<i>Neritidae 2</i>	9	0,300	-1,204	0,361
Jumlah (N)		30			H' = 1,027

Nilai pada stasiun 2 adalah 1,027. Dimana menurut indeks Shannon-Wiener tingkat keaneragaman makrozoobentos pada stasiun 2 dalam kategori sedang. Artinya, pada stasiun 1 memiliki keaneragaman makrozoobentos yang cukup beragam sehingga tidak terjadi kelangkaan spesies.

Tabel 4.10 Hasil Penghitungan Shannon-Winner pada stasiun 3

No.	Nama Family	Jumlah (n/N)	Phi	Ln Phi	-PHi ln pHi
1	<i>Neritidae 1</i>	17	0,258	-1,356	0,349
2	<i>Palaemonidae</i>	4	0,061	-2,803	0,170
3	<i>Pachychilidae</i>	34	0,515	-0,663	0,342
4	<i>Geridae</i>	9	0,136	-1,992	0,272
5	<i>Perlidae</i>	2	0,030	-3,497	0,106
Jumlah (N)		66			H' = 1,239

Nilai pada stasiun 3 adalah 1,239. Dimana menurut indeks Shannon-Wiener tingkat keaneragaman makrozoobentos pada stasiun 2 dalam kategori sedang. Artinya, pada stasiun 3 memiliki keaneragaman makrozoobentos yang cukup beragam sehingga tidak terjadi kelangkaan spesies.

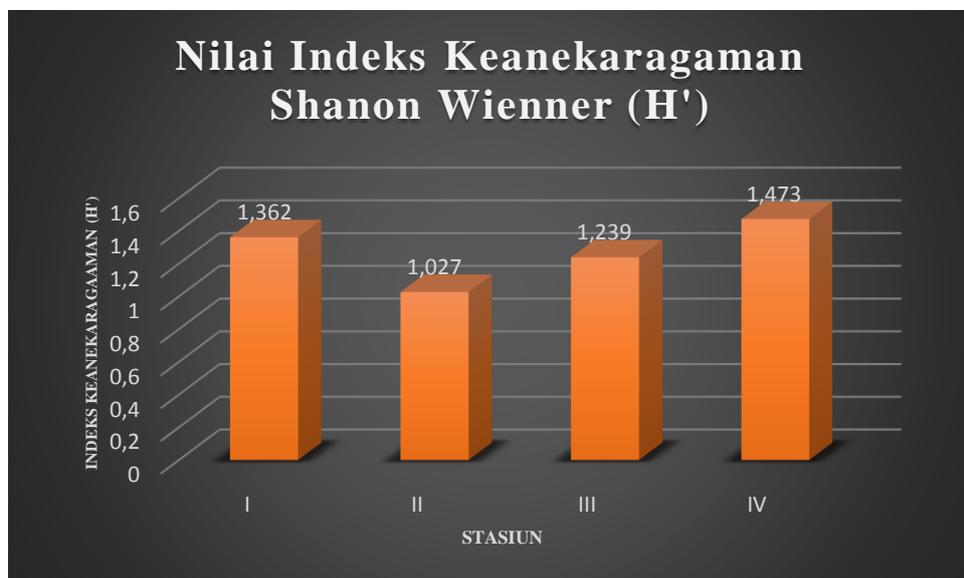
Tabel 4.11 Hasil Penghitungan Shannon-Winner pada stasiun 4

No.	Nama Family	Jumlah (n/N)	Phi	Ln Phi	-Phi ln Phi
1	<i>Palaemonidae</i>	10	0,167	-1,792	0,299
2	<i>Pachychilidae</i>	21	0,350	-1,050	0,367
3	<i>Geridae</i>	11	0,183	-1,696	0,311
4	<i>Chironomidae</i>	15	0,250	-1,386	0,347
5	<i>Odonata</i>	3	0,050	-2,996	0,150
Jumlah (N)		60			H' = 1,473

Nilai pada stasiun 4 adalah 1,473 . Dimana menurut indeks Shannon-Wiener tingkat keaneragaman makrozoobentos pada stasiun 2 dalam kategori sedang. Artinya, pada stasiun 4 memiliki keaneragaman makrozoobentos yang cukup beragam sehingga tidak terjadi kelangkaan spesies.

Berdasarkan hasil penelitian dari keempat stasiun nilai H' bisa dilihat pada diagram terkait nilai stasiun yang paling tinggi hingga yang terendah. Adanya perbedaan nilai H' tersebut dapat disebabkan karena faktor lingkungan (abiotik) yang menyusun tiap-tiap stasiun. Berdasarkan

faktor abiotic, dapat disimpulkan bahwa dari keempat yang memiliki lingkungan yang cukup ideal untuk pertumbuhan makrozoobentos, dibuktikan dengan masih ditemukannya beberapa spesies dengan persebaran dan jumlah yang masih banyak. Jika diurutkan dari lingkungan yang paling ideal maka urutannya stasiun 4,1, 3 dan 2. Hal ini berbanding lurus dengan nilai H' -nya



Gambar 4.14 Diagram Perbandingan Nilai Indeks Keanekaragaman Shannon- Wiener Setiap Stasiun

4. Hubungan Keanekaragaman Makrozoobentos dengan Kualitas Air Sungai Brantas Kabupaten Tulungagung

Berdasarkan indeks keanekaragaman Shannon Wiener di keempat stasiun, stasiun 1 dengan total H' 1,362, stasiun 2 dengan total H' 1,027, stasiun 3 dengan total H' 1,239 dan stasiun 4 dengan total H' 1,473 yang dimana bisa dikatakan keanekaragaman Makrozoobentos yang terdapat disungai Brantas

disemua staisun adalah tercemar sedang. Spesies yang ditemukan mencakup *Neritidae 1*, *Palarmonidae*, *Potamonautidae*, *Pachychilidae*, *Gerridae*, *Neritidae 2*, *Perlidae*, *Chironomidae*, *Aeshnidae*. Makrozoobentos memiliki tingkat toleransi yang berbeda. Tingkat toleransi tersebut dapat digunakan sebagai tolak ukur kualitas perairan. Makrozoobentos indikator yang dapat digunakan untuk menilai kualitas air. Makrozoobentos yang dapat digunakan sebagai tolak ukur kualitas lingkungan atas dasar nilai kualitas hayati dan keanekaragaman hayati.⁸² Keberadaan Mollusca seperti *Neritidae* dapat menunjukkan pencemaran sedang. Hal ini disebabkan sifatnya yang toleran terhadap pencemaran. Beberapa makrozoobentos yang dapat menunjukkan pencemaran sedang yaitu *Palaemonidae*, *Potamonautidae*, dan juga *Aeshnidae*. Beberapa makrozoobentos lainnya yang memiliki sifat toleransi tercemar adalah *Gerridae* yang dapat hidup diperairan yang tercemar, sedangkan spesies makrozoobentos *Perlidae* menunjukkan pencemaran ringan yang bahwasannya jenis ini memiliki toleransi yang rendah. Makrozoobentos yang memiliki tingkat toleransi yang rendah dan banyak ditemukan pada perairan yang tergolong baik.⁸³ Berdasarkan indeks keanekaragaman dengan nilai sedang disemua stasiun dan spesies yang banyak ditemukan memiliki toleransi yang tercemar sedang, sehingga kualitas perairan Sungai Brantas Kabupaten Tulungagung dapat digolongkan Tercemar sedang.

⁸² Lia Himatul Maula, *Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Cokro Malang*, (Malang. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2018) hlm 28-29

⁸³ Purdyaningrum, Rahardian dan Muhammad, 2013 “*Struktur Komunitas Larva Tricoptera di Sungai Galang Semarang*” *Jurnal Biologi*, Volume 2 No.4

B. Hasil Penelitian Tahap II (Pengembangan Bahan Ajar)

Model pengembangan yang digunakan pada penelitian ini adalah model ADDIE. Namun, dalam penelitian ini hanya sampai pada tahap pengembangan (development), dikarenakan keterbatasan waktu yang ada. Adapun beberapa tahapan dalam pengembangan bahan ajar ini adalah sebagai berikut.

1. Analysis (Analisis)

Pada tahap awal ini dilakukan analisis mengenai perlunya buku petunjuk praktikum sebagai bahan ajar Biologi. Beberapa hal yang dilakukan adalah analisis kebutuhan bahan ajar melalui angket yang diberikan kepada mahasiswa Tadris Biologi yang telah menempuh mata kuliah Ekologi. Alasan dari pemilihan responden ini adalah peneliti hendak mengambil data dari berbagai macam latar belakang kemampuan kognitif mahasiswa, sehingga dapat menghasilkan data yang valid.

Berdasarkan hasil angket analisis kebutuhan bahan ajar yang telah diberikan kepada 26 mahasiswa Tadris Biologi yang telah menempuh mata kuliah Ekologi, terdapat

Tabel 4.12 Hasil Angket Analisis Kebutuhan Bahan Ajar

No.	Pertanyaan	Presentase Jawaban Mahasiswa
1.	Apa yang saudara ketahui tentang Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos?	50% menjawab tahu 42,3% menjawab setengah tahu 7,7% menjawab tidak tahu
2.	menurut saudara apakah indikator pencapaian kompetensi untuk topik Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos tercapai maksimal?	53,8% menjawab Sudah 46,2% menjawab Belum

3.	Apa kesulitan yang saudara alami ketika mempelajari Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos?	34,6% menjawab pelajaran monoton dan hanya diskusi 34,6% menjawab materi sulit dipahami 23,1% menjawab bahan ajar kurang menarik 7,7% menjawab tidak ada kesulitan
4.	Apakah dosen saudara menggunakan sumber belajar yang dapat membantu saudara dalam mempelajari Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos?	72% menjawab Ya 28% menjawab Tidak
5.	Apakah selama ini sudah ada buku petunjuk praktikum untuk topik Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos?	53,8% menjawab belum 46,2% menjawab sudah
6.	Menurut saudara apakah perlu untuk mengembangkan buku petunjuk praktikum sebagai bahan ajar Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos?	100% menjawab perlu 0% menjawab tidak perlu
7.	Bagaimana buku petunjuk praktikum yang saudara inginkan?	84,6% menjawab dilengkapi dengan gambar 15,4% menjawab memuat tulisan saja
8.	Buku petunjuk praktikum adalah salah satu jenis bahan ajar. Menurut saudara apakah petunjuk praktikum efektif untuk mempelajari topik Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos	100% menjawab efektif 0% menjawab tidak efektif

Pertanyaan pertama adalah “Apa yang saudara ketahui tentang Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos?”, hasil dari jawaban tersebut adalah 50% menjawab tahu, 42,3% menjawab setengah tahu, 7,7% menjawab tidak tahu, sehingga dapat disimpulkan bahwasanya sebagian besar mahasiswa telah mengetahui Studi Kualitas

Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos dan hanya sedikit yang menjawab setengah tahu maupun tidak tahu.

Pertanyaan kedua adalah “menurut saudara apakah indikator pencapaian kompetensi untuk topik Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos tercapai maksimal?”, hasil dari 53,8% menjawab sudah, 46,2%. Mahasiswa yang menjawab indikator sudah tercapai menjelaskan bahwa mereka telah mampu memahami topic tersebut dengan baik, adanya kesesuaian antara teori dengan praktik, serta sumber belajar yang telah memenuhi. Sedangkan mahasiswa yang menjawab indikator belum tercapai menjelaskan bahwa topic tersebut bersifat abstrak dan sulit dipahami, dan bahan ajar kurang menarik.

Pertanyaan ketiga adalah “Apa kesulitan yang saudara alami ketika mempelajari Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos?”, hasil dari jawaban pertanyaan tersebut adalah 34,6% menjawab pelajaran monoton dan hanya diskusi, 34,6% menjawab materi sulit dipahami, 23,1% menjawab bahan ajar kurang menarik, 7,7% menjawab tidak ada kesulitan. Berdasarkan hasil jawaban tersebut maka dapat disimpulkan bahwasannya mahasiswa sesekali menginginkan pembelajaran diluar kelas (di lapangan) yang dilengkapi dengan bahan ajar yang menarik, sehingga lebih memudahkan mereka dalam mempelajari studi kualitas perairan ketika mereka diterjukan langsung di habitat aslinya.

Pertanyaan keempat adalah “Apakah dosen saudara menggunakan sumber belajar yang dapat membantu saudara dalam mempelajari Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos?” 72% menjawab ya, 28% menjawab tidak. Mahasiswa yang menjawab ya, menyebutkan beberapa sumber belajar yang selama ini telah digunakan yakni berupa buku, jurnal, *power point*, gambar dan video, serta buku petunjuk praktikum.

Pertanyaan kelima adalah “Apakah selama ini sudah ada buku petunjuk praktikum untuk topik Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos?”, hasil dari jawaban pertanyaan tersebut adalah 53,8% menjawab belum ada buku petunjuk praktikum untuk topik Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos, 46,2% menjawab sudah ada buku petunjuk praktikum untuk topik Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos.

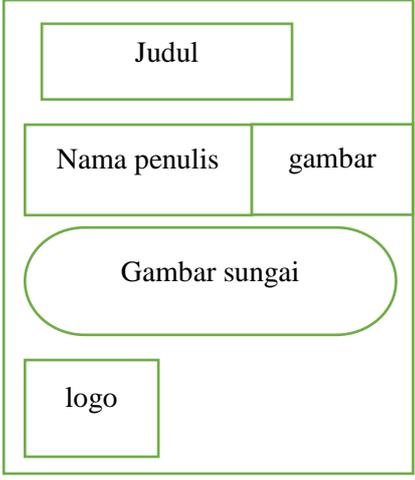
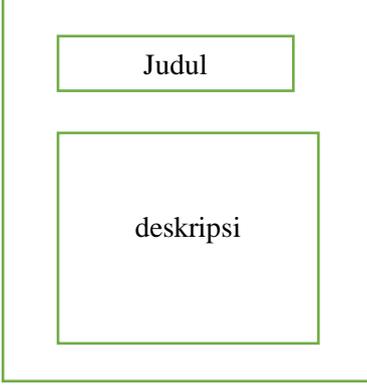
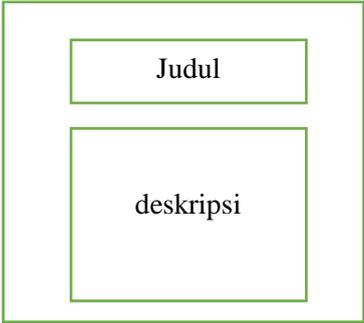
Pertanyaan keenam adalah “Menurut saudara apakah perlu untuk mengembangkan buku petunjuk praktikum sebagai bahan ajar Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos?”, hasil dari jawaban pertanyaan tersebut adalah 100% menjawab perlu untuk mengembangkannya, 0% menjawab tidak perlu untuk mengembangkannya.

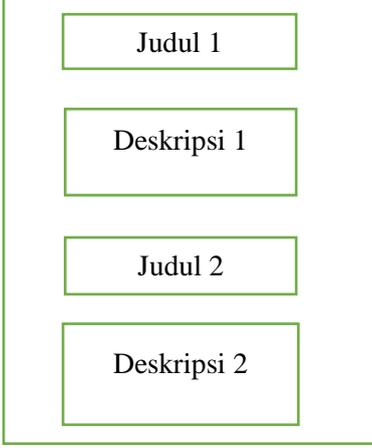
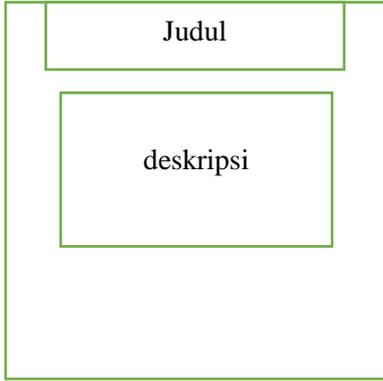
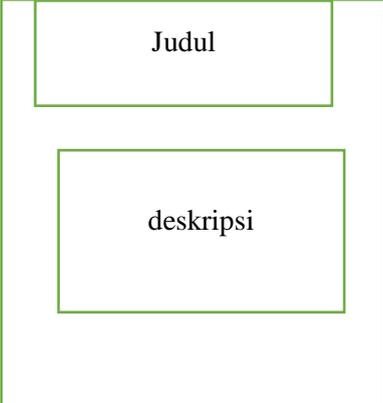
Pertanyaan ketujuh adalah “Bagaimana buku petunjuk praktikum yang saudara inginkan?” 84,6% menjawab dilengkapi dengan gambar, 15,4% menjawab memuat tulisan saja.

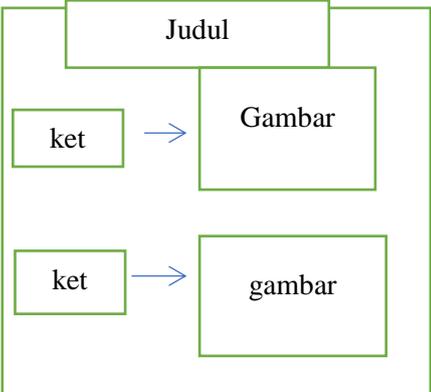
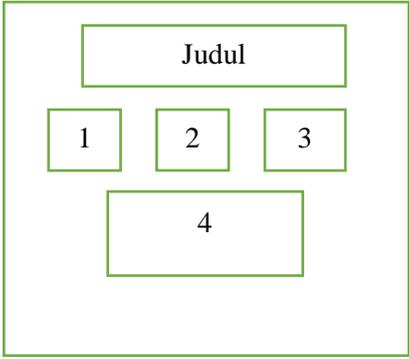
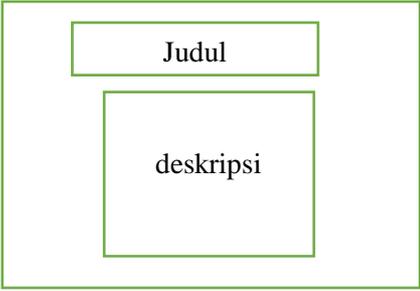
Pertanyaan kedelapan adalah “Buku petunjuk praktikum adalah salah satu jenis bahan ajar. Menurut saudara apakah petunjuk praktikum efektif untuk mempelajari topik Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos”, hasil dari jawaban pertanyaan 100% menjawab efektif untuk mempelajari topik Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos, 0% menjawab tidak efektif Studi Kualitas Perairan dan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos.

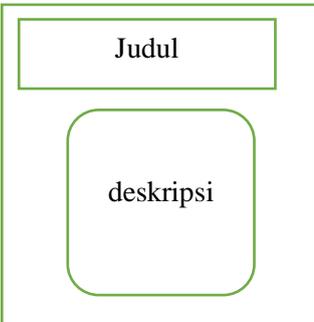
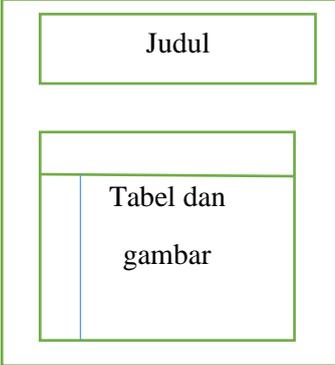
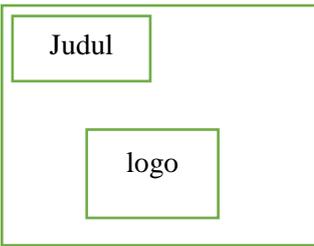
2. Design (Desain)

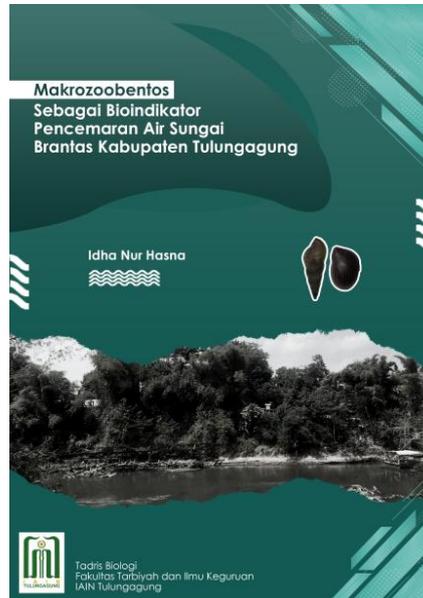
Pada tahap ini dilakukan desain perancangan dari bahan ajar yang dikembangkan yakni buku petunjuk praktikum, yang mengacu pada materi kualitas air . Buku petunjuk ini memuat beberapa komponen yakni cover, tata tertib praktikum, aturan dan format penulisan laporan praktikum, petunjuk penggunaan buku petunjuk praktikum, topik praktikum, indicator pencapaian, dasar teori, tujuan praktikum, alat dan bahan, prosedur kerja, hasil pengamatan, diskusi, refleksi, daftar rujukan dan table identifikasi. Buku petunjuk praktikum ini didesain dengan menarik, yaitu kombinasi warna dan penyajian gambar yang sederhana dan jelas yang dapat memudahkan saat pelaksanaan kegiatan praktikum. Adapun *Storyboard* dari bahan ajar yang telah dihasilkan adalah sebagai berikut.

No.	Visual	Keterangan
1.	<p data-bbox="488 349 724 376">Layout <i>cover</i> depan</p>  <p>The diagram shows a rectangular layout for the front cover. At the top is a box labeled 'Judul'. Below it are two boxes: 'Nama penulis' on the left and 'gambar' on the right. In the center is a large rounded rectangular box labeled 'Gambar sungai'. At the bottom left is a small box labeled 'logo'.</p>	<p data-bbox="978 349 1283 405">Bagian pada <i>cover</i> depan memuat :</p> <ol data-bbox="994 416 1337 846" style="list-style-type: none"> 1. Judul "Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Brantas Tulungagung" 2. Nama penulis "Idha Nur Hasna" 3. Gambar Makrozoobentos yang ditemukan 4. Gambar sungai Brantas Tulungagung 5. Logo Institusi
2.	<p data-bbox="488 913 756 940">Layout kata pengantar</p>  <p>The diagram shows a rectangular layout for the preface. At the top is a box labeled 'Judul'. Below it is a larger box labeled 'deskripsi'.</p>	<p data-bbox="978 913 1337 969">Bagian kata pengantar memuat::</p> <ol data-bbox="1026 981 1337 1137" style="list-style-type: none"> 1. Judul memuat "Kata pengantar" 2. Deskripsi berisikan isi terkait kata pengantar
3.	<p data-bbox="488 1379 686 1406">Layout daftar isi</p>  <p>The diagram shows a rectangular layout for the table of contents. At the top is a box labeled 'Judul'. Below it is a larger box labeled 'deskripsi'.</p>	<p data-bbox="978 1379 1289 1413">Bagian daftar isi memuat:</p> <ol data-bbox="1026 1424 1337 1536" style="list-style-type: none"> 1. Judul memuat "Daftar Isi" 2. Deskripsi berisikan isi terkait daftar isi
4.	<p data-bbox="488 1787 858 1814">Layout daftar gambar dan tabel</p>	<p data-bbox="978 1787 1337 1843">Bagian daftar gambar dan tabel memuat:</p> <ol data-bbox="1026 1854 1337 2011" style="list-style-type: none"> 1. Judul 1 memuat "Daftar gambar" 2. Deskripsi 1 berisikan isi terkait daftar gambar

		<p>3. Judul 2 memuat “Daftar tabel”</p> <p>4. Deskripsi 2 berisikan isi terkait daftar tabel</p>
5.	<p>Layout tata tertib praktikum</p> 	<p>Bagian tata tertib praktikum memuat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Judul memuat “Tata tertib praktikum” 2. Deskripsi berisikan isi terkait tata tertib praktikum
6.	<p>Layout format dan penulisan laporan praktikum</p> 	<p>Bagian format dan penulisan laporan praktikum memuat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Judul memuat “format dan penulisan laporan praktikum” 2. Deskripsi berisikan isi terkait format dan penulisan laporan praktikum
7.	<p>Layout prosedur penggunaan petunjuk praktikum</p>	<p>Bagian format dan penulisan laporan praktikum memuat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Judul memuat “prosedur penggunaan petunjuk

		<p>praktikum”</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Keterangan berisikan isi terkait bab didalam petunjuk praktikum 3. Gambar berisikan gambar bab maupun sub bab.
8.	<p>Layout topik praktikum</p> 	<p>Bagian topik praktikum memuat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Judul memuat “Topik praktikum” 2. Poin 1,2,3,4 merupakan gambar yang mewakili topik praktikum.
9.	<p>Layout dasar teori</p> 	<p>Bagian dasar teori memuat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Judul memuat “dasar teori” 2. Deskripsi berisikan isi terkait dasar teori
10.	<p>Layout alat dan bahan</p>	<p>Bagian alat dan bahan memuat;</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Judul 1 memuat “Alat” 2. Deskripsi 1 berisikan isi terkait alat yang digunakan 3. Judul 2 memuat “bahan” 4. Deskripsi 2 berisikan isi terkait bahan yang akan digunakan

		
11	<p>Layout daftar rujukan</p> 	<p>Bagian dasar teori memuat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Judul memuat “daftar rujukan” 2. Deskripsi berisikan isi terkait daftar rujukan
12	<p>Layout tabel identifikasi</p> 	<p>Bagian dasar teori memuat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Judul memuat “tabel identifikasi” 2. Tabel dan gambar berisikan gambar makrozoobentos yang ditemukan beserta keterangannya
13	<p>Layout cover belakang</p> 	<p>Bagian dasar teori memuat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Judul memuat “Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Brantas Tulungagung” 2. Logo institusi

a. *Cover* (Sampul Depan)

Gambar 4.15 Desain *cover* buku petunjuk praktikum

Cover pada buku petunjuk praktikum ini menggunakan jenis kertas sesuai standard ISO, yaitu HVS A4 ukuran 21 cm x 29,7 cm. *Cover* menggunakan warna latar belakang hijau menyesuaikan dengan kombinasi desain shape berwarna hitam dan gambar yang didesain gelap. Gambar sungai Brantas dan juga beberapa hewan makrozoobentos tersebut dipilih karena dapat mewakili topik yang akan dibahas dalam buku petunjuk praktikum, yakni membahas makrozoobentos sebagai bioindikator pencemaran air sungai Brantas Kabupaten Tulungagung. Berdasarkan aspek topografi cover dari buku petunjuk praktikum ini menggunakan font Time New Roman dengan ukuran yang berbeda untuk penulisan judul, nama penulis, nama lembaga. Aspek tipografi dalam buku petunjuk praktikum ini telah sesuai dengan standard yang telah

ditetapkan, yakni tidak menggunakan lebih dari dua font tulisan yang berbeda

b. Komponen Buku Petunjuk Praktikum

pada bagian komponen atau isi buku petunjuk praktikum juga menggunakan kertas HVS A4, dengan ukuran margin (3,81 x 2,54 x 2,54 x 2,54) cm berturut-turut (kiri x kanan x atas x bawah). Seluruh komponen buku petunjuk praktikum diketik menggunakan huruf dengan font Time New Roman ukuran 12, spasi 1,5 pt, dengan warna tulisan hitam untuk menyesuaikan warna latar kertas yaitu putih, sehinggamudan untuk dibaca. Adapun komponen petunjuk praktikum ini adalah sebagai berikut.

1) Tata Tertib Praktikum



Gambar 4.16 Tata tertib praktikum

Pada bagian tata tertib praktikum berisi tentang hal-hal yang harus dilakukan dan tidak boleh dilakukan saat melaksanakan praktikum,

khususnya saat berada didalam laboratorium. Adanya tata ertib praktikum diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum dan mencegah terjadinya kecelakaan kerja saat kegiatan praktikum berlangsung

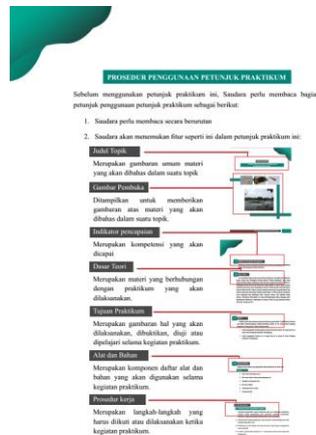
2) Aturan dan Format Penulisan Laporan Praktikum

Pada bagian ini berisikan tentang aturan dalam penulisan laporan praktikum, batas waktu pengumpulannya dan format penulisannya. Adanya bagian ini disesuaikan dengan salah satu karaktersitik buku petunjuk praktikum yaitu self instruction, dimana mahasiswa mampu mempelajari buku praktikum secara mandiri. Mulai dari sebelum kegiatan praktikum sampai proses penyusunan laporannya, tanpa bantuan orang lain.



Gambar 4.17 Aturan dan Format Penulisan Laporan Praktikum

3) Prosedur Penggunaan Petunjuk Praktikum



Gambar 4.18 prosedur penggunaan petunjuk praktikum

Pada bagian ini berisi tentang petunjuk penggunaan buku petunjuk praktikum pada setiap komponen buku petunjuk praktikum mulai dari yang paling awal hingga akhir, yang dilengkapi dengan gambar.

4) Topik Praktikum



Gambar 4.19 Topik praktikum

Pada bagian ini berisi judul topik praktikum yang merupakan gambaran umum dari materi yang akan dibahas dalam topic, dilengkapi dengan gambar pembuka untuk memberikan gambaran atas materi yang akan dibahas

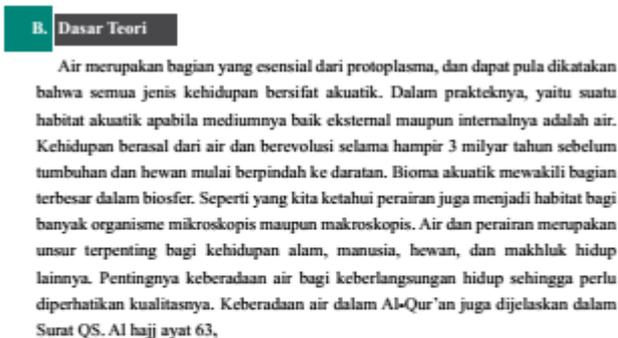
5) Indikator Pencapaian



Gambar 4.20 Indikator pencapaian

Pada bagian ini berisi indikator pencapaian yang merupakan kompetensi yang harus dicapai oleh mahasiswa setelah melakukan kegiatan praktikum

6) Dasar Teori

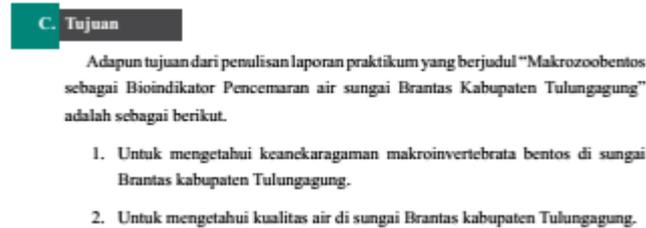


أَلَمْ نَكْرَأَنَّ اللَّهَ الْوَسْطَاءَ مِنَ السَّمَاءِ وَمَاءً فَتُصْبِحُ الْأَرْضُ مُغْطًى إِنَّ اللَّهَ لَبِظِيمٌ خَبِيرٌ ﴿٦٣﴾

Gambar 4.21 Dasar Teori

Pada bagian dasar teori berisi materi yang berhubungan dengan topic praktikum yang akan dilaksanakan. Dasar teori disusun berdasarkan rujukan-rujukan yang relevan seperti buku maupun jurnal.

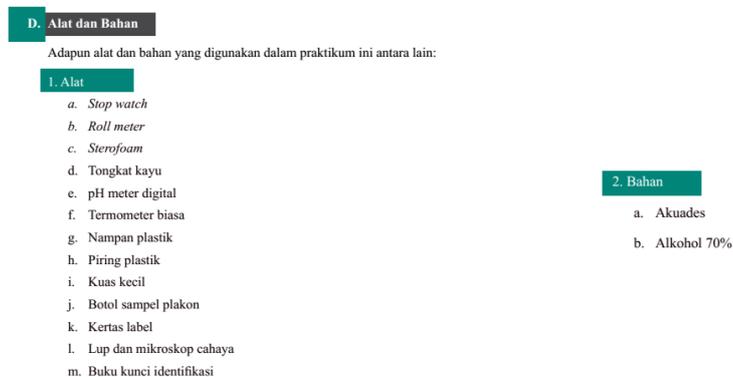
7) Tujuan Praktikum



Gambar 4.22 Tujuan Praktikum

Pada bagian tujuan praktikum berisi tentang hal-hal yang akan dilaksanakan, dibuktikan, diuji atau dipelajari selama kegiatan praktikum berlangsung berdasarkan indicator pencapaian pembelajaran.

8) Alat dan Bahan



Gambar 4.23 Alat dan Bahan

Pada bagian alat dan bahan berisi tentang daftar alat dan abahn yang disebutkan secara detail dan jelas apa saja yang diperlukan selama kegiatan praktikum. Pada bagian ini juga dilengkapi dengan gambra ilustrasi beberapa alat sehingga memudahkan mahasiswa dalam memahami alat dan bahan.

9) Prosedur Kerja

A. Prosedur Kerja

a. Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Penentuan pengambilan sampel didasarkan pada rona lingkungan disekitarnya misalnya daerah penambangan pasir, pariwisata, pertanian, perkebunan, perkotaan, tempat pembuangan limbah industry atau yang lainnya.

- 1) Tentukan letak stasiun pengamatan, yakni sebanyak 4 stasiun dengan jarak antar stasiun kurang lebih 3 km.
- 2) Buatlah garis transek dengan arah tegak lurus garis sungai dengan menggunakan meteran gulung!
- 3) Letakkan 3 plot kuadrat (berukuran 2 x 2 meter) pada setiap stasiun sebagai titik pengamatan!.

Gambar 4.24 Prosedur Kerja

Pada bagian ini berisi tentang prosedur atau langkah-langkah kerja yang disebutkan secara detail dan terperinci mulai dari awal sampai akhir kegiatan praktikum. Yang harus diikuti atau dilaksanakan oleh mahasiswa sehingga tujuan praktikum dapat tercapai dengan baik.

10) Data Hasil Pengamatan

B. Data Hasil Pengamatan

Data yang sudah tertata kemudian dianalisis untuk mengetahui struktur komunitas makrozoobentos dan kualitas air sungai. Dengan menuliskan nama spesies yang ditemukan serta faktor abiotik. Selanjutnya Analisis dilakukan menggunakan indeks Diversitas Shannon-Wiener.

Isilah table dibawah ini dengan data yang ditemukan!

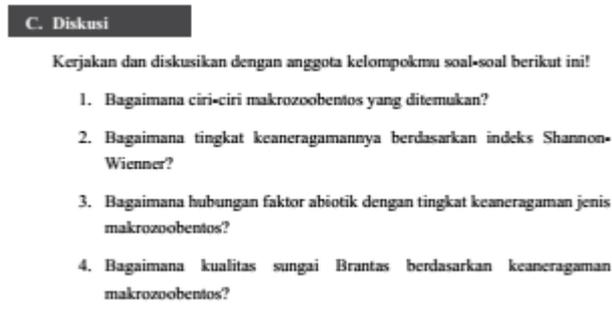
Table 1.1 Data Hasil Pengamatan Setiap Stasiun

No.	Letak	Nama Famili	Jumlah	Faktor Abiotik			
				pH	Suhu	Kecepatan Arus	Subtrat
1.	Stasiun.../ Plot 1						

Gambar 4.25 Data Hasil Pengamatan

Pada bagian ini data hasil pengamatan berisi table kosong yang berfungsi untuk mencatat data yang diperoleh dari kegiatan praktikum yang telah dilaksanakan.

11) Diskusi



Gambar 4.26 Diskusi

Pada bagian diskusi berisi pertanyaan atau latihan soal yang berfungsi untuk menguji kemampuan mahasiswa setelah melakukan kegiatan praktikum. Penyusunan soal diskusi didasarkan atas indikator pencapaian dan kognitif serta psikomotorik yang harus dikuasai oleh mahasiswa.

12) Refleksi



Gambar 4. 27 Refleksi

Pada bagian refleksi.berisi kolom uraian yang kosong, yang nantinya diisi oleh mahasiswa dan kesan setelah melakukan kegiatan praktikum mengenai hasil praktikumnya, apakah sudah sesuai dengan teori dan pembelajaran sebelumnya.

13) Daftar Rujukan



Gambar 4.28 Daftar Rujukan

Pada bagian ini berisi daftar rujukan atau sumber referensi yang digunakan untuk menyusun materi dalam buku petunjuk praktikum, yang memudahkan mahasiswa dalam memahami dan melaksanakan kegiatan praktikum.

14) Tabel Identifikasi

TABEL IDENTIFIKASI

Contoh Makrozoobentos yang ditemukan di sungai Brantas Kabupaten Tulungagung

No.	Gambar Spesies
1.	 Gambar 1 : Neriidae (Dokumen Pribadi)
2.	 Gambar 2: Palaemonidae (Dokumen Pribadi)
3.	 Gambar 3: Potamoanuridae (Dokumen Pribadi)
4.	 Gambar 4: Pachychilidae (Dokumen Pribadi)

Gambar 4.29 Tabel Identifikasi

Pada bagian tabel identifikasi berisi contoh gambar spesies makrozoobentos yang ditemukan di sungai Brantas beserta nama family yang dapat digunakan mahasiswa sebagai rujukan dalam proses identifikasi spesies.

6. *Development (Pengembangan)*

Pada tahap ini dilakukan validasi terkait produk bahan ajar buku petunjuk praktikum yang telah dikembangkan. Validasi dilakukan oleh beberapa ahli seperti ahli materi, ahli media, dan keterbacaan mahasiswa Tadris Biologi yang telah menempuh mata kuliah Ekologi. Validasi dilakukan untuk mengetahui apakah bahan ajar sudah baik dan layak digunakan atau perlu dilakukan perbaikan atau revisi kembali. Presentase skor hasil validasi bahan ajar oleh beberapa ahli dijelaskan pada table 4.12 Berikut ini.

Tabel 4.13 Hasil Validasi Ahli

No.	Nama	Keterangan	Presentase Skor
1.	Arif Mustakim M.Si	Ahli Materi	91,6%
2.	Nanang Purwanto, M.Pd	Ahli Media	81,6%

Adapun hasil validasi dan revisi bahan ajar setelah divalidasi oleh beberapa ahli adalah sebagai berikut.

a. Hasil Validasi

1) Ahli Materi

Validasi materi buku petunjuk praktikum dilakukan oleh ahli materi yaitu, Bapak Arif Mustakim M.Si. validasi materi meliputi isi dan

urutan komponen dalam buku petunjuk praktikum. Berdasarkan data hasil ahli materi, buku petunjuk praktikum mendapatkan presentase skor sebesar 91,6%, sehingga dapat dikatakan bahwa dari aspek materi, buku petunjuk praktikum dinyatakan valid, dengan sedikit memerlukan revisi, dan layak digunakan sebagai bahan ajar. Adapun komentar dan saran yang diberikan oleh ahli materi adalah penambahan penjabaran pengukuran faktor abiotik didalam pengambilan data pengamatan.

2) Ahli Media

Validasi media buku petunjuk praktikum dilakukan oleh ahli media yaitu, Bapak Nanang Purwanto, M.Pd. Validasi media meliputi komponen dan format penulisan buku petunjuk praktikum. Berdasarkan data hasil validasi ahli media, buku petunjuk praktikum mendapatkan presentase skor sebesar 81,6%, sehingga dapat dikatakan bahwa, dari aspek media, buku petunjuk praktikum dinyatakan valid, tidak memerlukan revisi, dan layak digunakan sebagai bahan ajar. Adapun komentar dan saran yang diberikan oleh ahli media adalah foto yang tidak perlu dibingkai tebal hijau dengan menghilangkan bingkai, spasi 1,5 pt antar baris, pengaturan paragraph. Bagian spacing, before after dengan nilai 0.

b. Pembahasan Produk (Revisi Buku Petunjuk Praktikum)

Berdasarkan hasil validasi produk bahan ajar buku petunjuk praktikum kepada beberapa ahli, buku petunjuk praktikum telah dinyatakan valid dan digunakan sebagai bahan ajar. Namun, para ahli juga menyarankan adanya sedikit revisi atau perbaikan pada bagian-bagian tertentu agar

menghasilkan buku petunjuk praktikum yang lebih baik lagi, sehingga dapat memudahkan dan menarik praktikan maupun pembaca untuk mempelajarinya. Adapun gambaran beberapa bagian buku petunjuk praktikum sebelum dan setelah revisi adalah sebagai berikut.

a) Revisi oleh Ahli Media

1) Bingkai pada gambar

TABEL IDENTIFIKASI

Contoh Makrozoobentos yang ditemukan di sungai Brantas Kabupaten Tulungagung

No.	Gambar Spesies	Keterangan
1.		Kingdom : Animalia Phylum : Mollusca Class : Gastropoda Ordo: Archaeogastropoda Family: Neritidae

Gambar 4.30 Bingkai foto pada tabel identifikasi sebelum direvisi

Pada bingkai pada gambar di tabel identifikasi terdapat revisi sedikit, yaitu adanya bingkai hijau yang menurut ahli media dihalangkan saja.

TABEL IDENTIFIKASI

Contoh Makrozoobentos yang ditemukan di sungai Brantas Kabupaten Tulungagung

No.	Gambar Spesies
1.	 Gambar 1 : Neritidae (Dokumen Pribadi)

Gambar 4.31 Bingkai foto pada tabel identifikasi setelah direvisi

b) Revisi oleh Ahli Materi

- 1) Penambahan Penjabaran Pengukuran Faktor Abiotik didalam Pengambilan Data pengamatan.

c. Pengukuran Faktor Abiotik Air Sungai

- 1) Ukurlah faktor abiotik penyusun air sungai yang meliputi suhu, pH, kecepatan arus dan jenis substrat

Gambar 4.32 Penulisan pengukuran faktor abiotik sebelum direvisi

Penyusunan pengukuran faktor abiotik didalam prosedur kerja kurang dengan penjabaran cara pengukuran yang jelas, sehingga perlunya revisi dengan penjelasan sehingga mahasiswa bisa memahami cara pengukuran factor abiotik didalam prosedur kerja.

c. Pengukuran Faktor Abiotik Air Sungai

Ukurlah faktor abiotik penyusun air sungai yang meliputi suhu, pH, kecepatan arus dan jenis substrat

1. Pengukuran pH dan Suhu

Cara mengukur pH dengan menggunakan pH meter yaitu dengan dikalibrasi terlebih dahulu, kemudian probe dicuci dengan aquades. Selanjutnya probe dimasukkan kedalam air sungai yang diukur, tunggu beberapa detik sampai menunjukkan angka yang konstan. pH meter menunjukkan 2 pengukuran yaitu pH dan suhu, catat hasilnya.

2. Pengukuran Kecepatan Arus

Pengukuran kecepatan arus dengan menggunakan alat Sterofoam dan juga stopwatch dengan rumus.

$$V = (\text{Jarak A-B})/\text{Waktu}$$

Sterofoam dialirkan dialiran sungai dengan ukuran jarak yang sama setiap pengambilan sampel dengan menyalakan stopwatch agar mengetahui waktu tempuh antara jarak A-B.

3. Substrat

Untuk mengetahui hasil subtract cukup dengan menganalisis jenis substrat yang berada pada lokasi, jenis subtract dengan bebatuan, pasir atau lumpur.

Gambar 4.33 Penulisan pengukuran faktor abiotik setelah direvisi

4) *Implementation* (Implementasi)

Tahapan terakhir dalam pembuatan produk bahan ajar buku petunjuk praktikum setelah dilakukan validasi kepada beberapa ahli adalah melakukan survey terkait produk yang telah dibuat kepada sasaran produknya, dalam hal ini adalah mahasiswa Tadris Biologi yang telah menempuh mata kuliah ekologi. Survey dilakukan dengan memberikan

angket yang berupa lembar keterbacaan kepada 13 mahasiswa. Adapun rata-rata presentase skor dari hasil survey keterbacaan mahasiswa tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 4.14 Hasil Survey Keterbacaan Mahasiswa

No.	Indikator	Rata-rata Presentase Skor
1.	Buku petunjuk praktikum memiliki tampilan yang menarik	86,5%
2.	Isi buku petunjuk praktikum mendorong mahasiswa untuk antusias belajar	88,4%
3.	Buku petunjuk praktikum mendorong mahasiswa untuk memahami materi makrozoobentos dan mengaitkan dengan kehidupan sehari-hari	92,3%
4.	Materi yang disajikan dalam buku petunjuk praktikum mudah dipahami	86,5%
5.	Prosedur kerja disajikan dengan runtun dan jelas	88,4%
6.	Prosedur kerja memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk berinteraksi dengan baik, terampil menggunakan alat-alat laboratorium, membuat plot pengamatan, mengambil sampel setiap spesies, serta menghitung jumlahnya	94,2%
7.	Soal diskusi membantu mahasiswa untuk menganalisis data dan mendorong untuk melakukan penalaran dengan baik	88,4%
8.	Kalimat yang digunakan dalam buku petunjuk praktikum jelas dan mudah dipahami	90,3%
9.	Huruf yang digunakan jelas dan mudah dibaca	92,3%
10.	Pola penyajian gambar terlihat jelas, konsisten, dan sesuai dengan materi	84,6%
11.	Buku prtunjuk praktikum telah memuat daftar	86,5%

	rujukan yang mutakhir dan relevan	
12.	Buku petunjuk praktikum cocok digunakan untuk mahasiswa Tadris Biologi	90,3%
Rata-Rata Total Presentase Skor		89%

Pada hasil keterbacaan mahasiswa terhadap produk bahan ajar buku petunjuk praktikum terdapat 12 indikator yang harus dinilai. Indikator pertama yaitu, “Buku petunjuk praktikum memiliki tampilan yang menarik”, rata-rata presentase skorsnya adalah 86,5%, hal ini berarti berdasarkan aspek tampilan, buku petunjuk praktikum sudah sesuai, menarik dan layak digunakan.

Indikator yang kedua, yaitu “Isi buku petunjuk praktikum mendorong mahasiswa untuk antusias belajar” rata-rata presentase skornya adalah 88,4% sehingga berdasarkan isinya, buku petunjuk praktikum sudah sesuai dan dapat memotivasi antusias belajar mahasiswa.

Indikator yang ketiga yaitu, “Buku petunjuk praktikum mendorong mahasiswa untuk memahami materi makrozoobentos dan mengaitkan dengan kehidupan sehari-hari” rata-rata presentase skornya adalah 92,3% sehingga berdasarkan aspek materi yang dapat dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari, buku petunjuk praktikum sudah sesuai dan dapat digunakan tanpa adanya revisi.

Indikator yang keempat yaitu, “Materi yang disajikan dalam buku petunjuk praktikum mudah dipahami” rata-rata presentase skornya adalah

86,5%, sehingga berdasarkan aspek materinya, buku petunjuk praktikum sudah sesuai dan mudah dipahami

Indikator yang kelima yaitu, “Prosedur kerja disajikan dengan runtun dan jelas” rata-rata presentase skornya adalah 88,4%, sehingga berdasarkan aspek penyajian produk kerja, buku petunjuk praktikum sudah sesuai dan mudah dipahami.

Indikator yang keenam, yaitu “Prosedur kerja memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk berinteraksi dengan baik, terampil menggunakan alat-alat laboratorium, membuat plot pengamatan, mengambil sampel setiap spesies, serta menghitung jumlahnya”, rata-rata presentase skornya adalah 94,2%, sehingga berdasarkan aspek penyusunan prosedur kerja dapat melatih kemampuan psikomotorik mahasiswa, sudah sesuai dan dapat digunakan tanpa adanya revisi.

Indikator yang ketujuh, yaitu “Soal diskusi membantu mahasiswa untuk menganalisis data dan mendorong untuk melakukan penalaran dengan baik”, rata-rata presentase skornya adalah 88,4%, sehingga berdasarkan aspek penyusunan soal diskusi dalam buku petunjuk praktikum yang dapat melatih kemampuan psikomotorik mahasiswa sudah sesuai.

Indikator yang kedelapan yaitu, “Kalimat yang digunakan dalam buku petunjuk praktikum jelas dan mudah dipahami”, rata-rata presentase skornya adalah 90,3%. Sehingga berdasarkan aspek penyusunan kalimat dalam buku petunjuk praktikum sudah sesuai dan dapat digunakan.

Indikator yang kesembilan yaitu, “Huruf yang digunakan jelas dan mudah dibaca”, rata-rata presentase skornya adalah 92,3%, sehingga berdasarkan aspek pemilihan huruf dalam buku petunjuk praktikum dan sudah sesuai.

Indikator yang kesepuluh yaitu “Pola penyajian gambar terlihat jelas, konsisten, dan sesuai dengan materi”, rata-rata presentase skornya adalah 84,6%, sehingga berdasarkan aspek penyajian gambar dalam buku petunjuk praktikum sudah sesuai.

Indikator yang kesebelas yaitu, “Buku petunjuk praktikum telah memuat daftar rujukan yang mutakhir dan relevan” rata-rata skornya adalah 86,5%, sehingga berdasarkan aspek pemilihan daftar rujukan dalam buku petunjuk praktikum sudah sesuai.

Indikator yang kedua belas yaitu, “Buku petunjuk praktikum cocok digunakan untuk mahasiswa Tadris Biologi”, rata-rata presentase skornya adalah 90,3%, sehingga berdasarkan aspek kecocokan atau kesesuaian buku petunjuk praktikum dengan sasaran buku petunjuk praktikum sudah sesuai.

Adanya rata-rata total presentase skor dari kedua belas indikator adalah 89% dengan demikian dapat dikatakan bahwa, dari aspek keterbacaan mahasiswa, buku petunjuk praktikum dapat dinyatakan telah sesuai untuk mahasiswa Tadris Biologi, tidak memerlukan revisi, dan dapat digunakan sebagai bahan ajar.

Produk bahan ajar buku petunjuk praktikum ini memiliki keunggulan yaitu memiliki tampilan yang menarik, komponen dari tata tertib praktikum, petunjuk penggunaan, format penulisan laporan, indikator pencapaian, dasar teori, tujuan praktikum, alat dan bahan, prosedur kerja, tabel pengamatan sampai daftar pustaka yang disajikan cukup lengkap, terdapat soal-soal diskusi yang mampu melatih kemampuan praktikan, dan gambar-gambar pendukung, serta tabel identifikasi yang dapat memudahkan praktikan dalam mempelajarinya. Hal ini sejalan dengan Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Nomor: 36/D/0/2001, bahwa buku petunjuk praktikum merupakan pedoman pelaksanaan kegiatan praktikum yang memuat tata cara persiapan, pelaksanaan kegiatan praktikum yang memuat tata cara persiapan, pelaksanaan, analisis dan pelaporan hasil praktikum, yang disusun dan ditulis oleh kelompok staf pengajar yang ahli dalam bidang tersebut dan mengikuti kaidah tulisan ilmiah.⁸⁴ Demikian dengan buku petunjuk praktikum ini dapat digunakan sebagai bahan ajar pada mata kuliah Ekologi.

Kekurangan pada buku petunjuk praktikum ini adalah pengembangan produknya masih pada tahap *development* saja dan belum sampai pada tahap *implementation* atau uji coba, yang seharusnya diuji sobakan kepada mahasiswa Tadris Biologi. Hal ini berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan oleh Astri Anggraini pada tahun 2016,

⁸⁴ Astri Anggraini, "Pengembangan Petunjuk Praktikum Biologi pada Materi Jamur dengan Pola Pemberdayaan Berfikir Melalui Pertanyaan (Studi Kasus Di Kelas X.3 SMA Muhammadiyah 1 Metro tahun Pelajaran (2013/2014))", Bioedukasi, Vo.7, No.1.2016, hlm 78

dimana pengembangan bahan ajar buku petunjuk praktikumnya dilakukan sampai pada tahap uji coba. Adapaun hasil dari uji coba ini buku petunjuk praktikum sudah layak dan menarik untuk digunakan dalam proses praktikum.⁸⁵

Penyajian materi dalam buku petunjuk praktikum ini dapat dikatakan sangat valid, dengan isi dan urutan komponen yang baik. Hal ini sesuai dengan validasi ahli materi yang nilai presentase skornya mencapai 91,6%, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Triana Asih, dkk pada tahun 2018 dimana hasil validasi mendapatkan presentase skor sebesar 925, Dimana Jika dikonversikan mencapai kategori “sangat kuat” dan buku petunjuk praktikum sudah sangat layak digunakan dari segi aspek materi.⁸⁶

Desain dari buku petunjuk praktikum ini dapat dikatakan sangat valid, dengan tampilan, format penulisan dan tata letak yang baik. Hal tersebut sesuai dengan hasil validasi oleh ahli media yang nilai presentase skornya mencapai 81,6% , bersesuaian dengan penelitian yang dilakuakn oleh Triana Asih, dkk, dimana hasil validasi media buku petunjuk praktikum mendapatlan presentase skor sebesar 76%. Jika dikonversikan mencapai kategori validasi kuat dan buku petunjuk praktikum dapat digunakan sebagai bahan ajar dari aspek media.⁸⁷

⁸⁵ *Ibid.*, hlm. 75

⁸⁶ *Ibid.*, hlm.96

⁸⁷ Triana Asih, dkk., “*Pengembangan Praktikum Botani Tumbuhan Rendah Melalui Identifikasi Makroalga Kawasan Pesisir Barat Lampung*” *Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*” Vol.2 No.2, 2018, hlm 95