BAB V

Pembahasan

A. Pembahasan Penelitian Tahap 1

1. Genus Mikroalga yang ditemukan di Kawasan Sungai Ngrowo Tulungagung

Hasil pengamatan genus mikroalga yang terdapat di kawasan Sungai Ngrowo Tulungagung sebanyak 10 genus, 7 ordo yang terdiri dari 5 filum. Genus yang paling banyak ditemukan dari filum Cyanophyta sebanyak 3 genus. Genus tersebut diantaranya *Arthospira*, *Oscillatoria*, dan *Microcystis*.

Menurut Vuuren Cyanophyta yang memiliki nama lain Cyanobacteria memiliki bentuk sel tunggal, koloni, atau filamen. Mikroorganisme ini secara umum memiliki warna biru kehijauan selain itu, terdapat beberapa organisme berwarna abu-abu, kecoklatan, kehitaman, atau bahkan ungu. Cyanophyta dapat ditemukan di air laut, air tawar, air payau dan terestrial. Jenis mikroalga ini jika berkembang biak secara berlebihan dapat menimbulkan beberapa permasalahan seperti buih permukaan, masalah rasa air, bau air, iritasi kulit, pelepasan zat beracun, dan saat organisme ini mengalami kematian dengan jumlah yang sangat banyak dapat mengakibatkan penipisan oksigen parah sehingga membuat organisme air seperti ikan mati.¹ Proses perkembangbiakan Cyanophyta membutuhkan suhu yang relatif tinggi untuk berkembangbiak dengan baik.² Filum

¹ Sanet Janse Van Vuuren, dkk, *Easy Identification of the most common freshwater algae a guide for the identification of microscopic algae in South African freshwater*, Copyright North West University and Departement of Water of Affairs and Forestry, 2006, ISBN 0-621-35471-6

² Harmoko, Sepriyaningsih, *Keanekaragaman Mikroalga di Sungai Kati Kota Lubuklinggau*, Program Studi Pendidikan Biologi STIKIP PGRI Lubuklinggau, Scripta Biologica

ini merupakan mikroalga yang paling dominan ditemukan di semua titik. Hal ini sesuai dengan pernyataan yang terdapat di artikel Lukman, bahwa komposisi fitoplankton di suatu lingkungan penyebarannya tidak selalu merata, dimana disuatu ekosistem perairan sering ditemukan beberapa jenis mikroalga yang jumlahnya melimpah sedangkan jenis yang lainnya tidak. Faktor utama penyebabnya ialah kondisi lingkungan perairan sesuai tidak dengan daur hidupnya yang dapat menunjang kehidupannya.³

Ordo dan Genus Cyanophyta yang ditemukan di kawasan Sungai Ngrowo Tulungagung diantaranya sebagai berikut:

a. Ordo Oscillatoriales

1) *Arthospira sp*

Arthospira merupakan mikroalga yang dapat ditemukan mengambang bebas di perairan tawar, daratan dan pesisir perairan lautan. Mikroorganisme ini memiliki kemampuan berkembang biak di perairan yang sangat tinggi kandungan mineral, alkali, dan perairan hangat yang mana hampir tidak ditemukan organisme maupun mikroorganisme yang dapat bertahan hidup.

Arthospira biasanya dibudidayakan kemudian dijual ke pasar makanan dalam bentuk bubuk atau pil. *Arthospira* juga dipilih oleh NASA (Badan Penerbangan dan Antariksa Nasional) dan Badan Antariksa Eropa sebagai salah satu makanan utama untuk misi jangka panjang di luar angkasa. Kebanyakan masyarakat mengenal *arthospira* sebagai “Spirulina” sebagai mikroalga yang dibudidayakan. Pemerintahan Meksino dan China mensubsidi bubuk *Arthospira*

Vol 4 Nomer 3 2017. [HTTPS://DOLORG/10.20884/1.SB.2017.4.3.452](https://dologr/10.20884/1.SB.2017.4.3.452), Online diakses 20 Januari 2019

³ Aziz Lukman, *Inventarisasi Mikroalga di Sungai Mesat Kecamatan Lubuklinggau Timur II Kota Lubuklinggau*, Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan Pendidikan MIPA STKIP-PGRI Lubuklinggau, Jurnal online.

untuk ditambahkan ke makanan anak-anak seperti biscuit dan cokelat. Produk lain yang berasal dari *Arthrospira* berupa protein hasil ekstraksi *Arthrospira* yang mengandung phycocyanin atau pigmen biru dengan merek dagang “Lima Five” . Produk ini digunakan sebagai pewarna makanan yang dapat dikonsumsi, biasanya ditambahkan pada es krim. Tidak hanya itu, pewarna alami ini juga digunakan oleh industri kosmetik.⁴

2) *Oscillatoria sp*

Oscillatoria merupakan jenis dari mikroalga yang tersebar luas dan umum di berbagai habitat yaitu perairan tawar, perairan laut, dan sumber air panas. Selain itu, *Oscillatoria* dapat ditemukan di substrat sub-aerial yang lembab.

Oscillatoria memiliki beberapa spesies yang dapat memproduksi racun berupa neurotoksin (anatoxins) dan hepatotoksin (microcystins). Anatoxin dapat memblokir transmisi sinyal dari neuron ke neuron dan dari neuron ke otot, sedangkan hepatotoksin dapat menyebabkan pendarahan pada hati. Racun-racun tersebut dampaknya sangat besar pada ternak daripada manusia. Saat manusia berenang di perairan yang memiliki kandungan *Oscillatoria* tinggi dapat berakibat iritasi kulit (dermatitis parah).

Pada masa kini *Oscillatoria* menjadi bahan penelitian ke dalam produksi alami butylated hydroxytoluene (BHT), kimia antioksidan, aditif makanan dan industri. Selain itu terdapat tambak yang memanfaatkan mikroorganisme ini sebagai pakan alami untuk ikan-ikan yang dikembangkan petani tambak.⁵

⁴ *Arthrospira* (Spirulina)

Claudio Sili , Giuseppe Torzillo and Avigad Vonshak

⁵ Puspa ika, dkk, *Identifikasi Mikroalga pada Sampel Air Tambak di Kabupaten Pasuruan, Gresik dan Sidoarjo*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Studi Biologi, Universitas Negeri Malang. 2013, www.academia.edu. Diakses 19 April 2019

b. Ordo Chroococcales

1) *Microcystis sp*

Microcystis dapat ditemukan di lingkungan perairan tawar, waduk air eutrofik, beberapa spesies hidup bentik di tegalan, epifit atau epilitik di berbagai jenis air yang menggenang, mengalir, dan di bebatuan basah. Beberapa strain dari *Microcystis* ini dapat beracun dan memproduksi pyclocitral.⁶

Beberapa spesies dari *Microcystis* dapat menghasilkan neurotoksin dan hepatotoksin. Akibat dari hepatotoksin yang dihasilkan *Microcystis* membuat perairan sungai tercemar sehingga berpengaruh terhadap jumlah oksigen yang terdapat di air sungai. Jika kadar oksigen diperairan rendah dapat mengakibatkan kematian ikan dan kehidupan air lainnya. Sehingga *Microcystis* ini mendapat julukan sebagai plankton yang keras.

Chlorophyta merupakan filum dari mikroalga yang memiliki karakteristik bewarna hijau terang. Warna ini berasal dari pigmen klorofil yang dimiliki mikroalga ini yaitu klorofil a, b, karoten, dan terdapat beberapa Chlorophyta yang memiliki xantofil. Filum ini memiliki jenis-jenis terbanyak dibandingkan filum-filum lainnya. Mikroalga ini memiliki bentuk uniseluler, koloni dan ada juga yang berbentuk filamen. Dinding selnya terbuat dari selulosa atau polimer xylosa, atau mannososa, atau hemiselulosa.

Sebagian dari filum ini memiliki flagel namun hanya dapat bergerak sedikit. Bentuk, jumlah, dan letak flagel bervariasi (dapat terletak dibagian apikal, sub-apikal, dan lateral). Proses perkembangbiakan filum ini dengan cara seksual

⁶ http://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus_id=43294

(isogami, anisogami, oogami) dan dengan cara aseksual yaitu membentuk sel khusus yang mampu berkembangbiak menjadi sel baru tanpa terjadinya peleburan sel kelamin.

Menurut Vuuren, Chlorophyta memiliki genus diantaranya Actinastrum, Ankistrodesmus, Ankyra, Carteria, Clamydomonas, Chorella, Chlorogonium, Closterium, Coelastrum, Cosmarium, Crucigenia, Crucigeniella, Dictyosphaerum, Euastrum, Eudorina, Golenkinia, Kirchneriella, Lagerheimia, Micractinium, Micrasterias, Monoraphidium, Oedogonium, Oocytis, Pandorina, Pediastrum, Scenedesmus, dan Tertaedron.⁷ Hasil penelitian yang dilakukan di Sungai Ngrowo, tidak semua genus yang dipaparkan tersebut ditemukan. Beberapa genus yang ditemukan di Sungai Ngrowo diantaranya Chlorococcum dan Pandorina.

c. Chlamydomonadales

1) *Chlorococcum sp*

Habitat genus ini sangat beragam, seperti mata air panas di Asia Tengah dan tanah dari Antartika.⁸ Chlorococcum memiliki peranan dalam kehidupan, yakni dapat digunakan sebagai pakan alami ikan-ikan yang dikembangkan di tambak. Hal ini telah dilakukan oleh petani tambak di Daerah Desa Ketingan, Sidoarjo.⁹

⁷ Sanet Janse Van Vuuren, dkk, *Easy Identification of the most common freshwater algae a guide for the identification of microscopic algae in South African freshwater*, Copyright North West University and Departement of Water of Affairs and Forestry, 2006, ISBN 0-621-35471-6 hal 123

⁸ Ibid

⁹ Puspa ika, dkk, *Identifikasi Mikroalga pada Sampel Air Tambak di Kabupaten Pasuruan, Gresik dan Sidoarjo*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Studi Biologi, Universitas Negeri Malang. 2013, www.academia.edu. Diakses 19 April 2019

d. Ordo Chlamudomonadales

1) *Pandorina sp*

Pandorina masuk kedalam Familia Volvocaceae. Sebagian besar Familia Volvocaceae ini autotof sehingga dapat berkontribusi terhadap produksi oksigen yang berfungsi sebagai makanan untuk sejumlah organisme akuatik, terutama invertebrata mikroskopis yang disebut rotifer.¹⁰

Filum Charophyta merupakan ganggang hijau yang memiliki talus, memiliki klorofil a dan b (seperti Chlorophyta dan tumbuhan tingkat tinggi). Filum Charophyta dicirikan dengan sel berflagel (saat sel motil), memiliki satu flagela dan dua flagela namun berbeda akar (termasuk stukturanya yang berlapis-lapis), terdapat beberapa sistem enzim yang tidak ditemukan pada ganggang hijau lainnya. Proses reproduksi Filum ini dengan oogami. Filum Charophyta merupakan komponen vegetasi yang sangat penting dalam beberapa jenis badan air dan dapat digunakan sebagai bio-indikator ekosistem, kualitas air, dan pemulihan ekosistem.¹¹

Berdasarkan literatur Alga yaitu “AlgaBase”, filum ini memiliki beberapa genus diantaranya *Acutochara*, *Altochara*, *Amphorochara*, *Closterium*, *Gemmicara*, *Gobichara*, *Grovesichara*, *Hornichara* dan masih banyak lainnya.¹² Namun hasil penelitian yang dilakukan di Sungai Ngrowo, genus yang terdeteksi dari filum ini hanya *Closterium*.

¹⁰ <https://www.britannica.com/science/Volvox>

¹¹ Barinova Sophia dan Roman Romanov, *The Charophytes (Charophyta) Locality in The Stream, Lower Jordan, Israel*, Institute of Evolution, University of Haifa, Israel, Central Siberian Botanical Garden of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia. *Natural Resources and Conservation* 3(2): 19-30,2015. DOI: 10.13189/nrc.2015.030201. <http://www.hrpub.org>

¹² <http://www.algaebase.org/search/genus/?currentMethod=genera&sk=20>

e. Ordo Desmidiiales

1) *Closterium sp*

Habitat *Closterium* tersebar luas dan seringkali jumlahnya berlimpah. Mereka dapat ditemukan di perairan kolam, danau atau sungai yang arusnya lambat. Selain itu, mereka juga umum ditemukan di perairan asam dan jarang ditemukan di lingkungan alkali.¹³ *Closterium* ini ditemukan pada stasiun I yaitu di daerah Moyoketen belakang dari IPLT Moyoketen. Hal yang menjadi pendukung hidupnya *Closterium* di kawasan bantaran sungai wilayah Moyoketen karena pHnya masih termasuk asam (bisa dilihat pada tabel 4.2).

Genus *Closterium* merupakan mikroalga yang ideal untuk menguji toksisitas ekosistem perairan. Terdapat jenis dari *Closterium* yang digunakan untuk mengukur kadar toksisitas akut tembaga (Cu). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Cu dapat menginduksi stres dalam proses metabolisme seluler dan dapat menyebabkan kerusakan fisiologis parah pada sel *Closterium*, dan bahkan dapat menyebabkan kematian sel *Closterium*. Sehingga dengan jelas *Closterium* merupakan model uji yang berpotensi kuat untuk digunakan penelitian toksisitas air.¹⁴

Filum Bacillariophyta menurut Vuuren berasal dari bahasa latin “bacillus” yang berarti tongkat kecil atau tongkat dan kata “phyta” dari bahasa Yunani yang berarti tanaman. Bacillariophyta biasanya disebut dengan diatom. Diatoms merupakan sel tunggal, koloni atau filamen bersifat mikroskopis dan biasanya

¹³ Sanet Janse Van Vuuren, dkk, *Easy Identification of the most common freshwater algae a guide for the identification of microscopic algae in South African freshwater*, Copyright North West University and Departement of Water of Affairs and Forestry, 2006, ISBN 0-621-35471-6 hal 138

¹⁴ <https://www.e-algae.org/journal/view.php?number=2829>

bewarna kuning hingga coklat muda. Sebagian besar diatom bersifat autotrofik tetapi diantara mereka ada yang heterotrof obligat yakni mereka harus menyerap karbon organik karena terdapat beberapa diatoms yang memiliki sedikit klorofil. Diatoms yang memiliki kloroplas mengandung pigmen klorofil a, c dan fucoxanthin. Berbagai macam diatom dapat ditemui di perairan tawar dan laut dengan cara mengambang bebas atau melekat pada substrat. Diatom merupakan komponen fitoplankton penting yang menjadi kontributor terbesar pada tingkatan primer dalam membentuk jaring-jaring dasar makanan di perairan, mereka dapat digunakan sebagai alat ekologi yang kuat untuk menyelidiki fosil atau kondisi masa lalu dan memantau perubahan lingkungan dari waktu ke waktu. Selain itu, diatom dapat diaplikasikan dalam proyek industri seperti makanan, cat, dan kosmetik.¹⁵

Pertumbuhan dan perkembangan filum Bacillariophyta sangat tergantung terhadap kualitas dan kuantitas senyawa kimia yang terlarut di air sungai. Perubahan komposisi zat kimia yang terdapat pada air sungai merupakan salah satu faktor penting dalam mempelajari perkembangan diatom.¹⁶ Bacillariophyta atau diatom umum ditemukan sebagai kelompok produsen primer dominan maupun subdominan pada sungai berlumpur. Bacillariophyta juga dapat digunakan sebagai indikator tingkat pencemaran di suatu perairan.¹⁷ Filum Bacillariophyta memiliki kemampuan beradaptasi terhadap arus yang deras

¹⁵ Sanet Janse Van Vuuren, dkk, *Easy Identification of the most common freshwater algae a guide for the identification of microscopic algae in South African freshwater*, Copyright North West University and Departement of Water of Affairs and Forestry, 2006, ISBN 0-621-35471-6

¹⁶ Aziz Lukman, *Inventarisasi Mikroalga di Sungai Mesat Kecamatan Lubuklinggau Timur II Kota Lubuklinggau*, Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan Pendidikan MIPA STKIP-PGRI Lubuklinggau, Jurnal online diakses 12 Januari 2019.

¹⁷ Harmoko, Sepriyaningsih, *Keanekaragaman Mikroalga di Sungai Kati Kota Lubuklinggau*, Program Studi Pendidikan Biologi STIKIP PGRI Lubuklinggau, Scripta Biologica Vol 4 Nomer 3 2017, [HTTPS://DOLORG/10.20884/1.SB.2017.4.3.452](https://doi.org/10.20884/1.SB.2017.4.3.452). Online diakses 20 Januari 2019

sampai lambat karena memiliki alat yang dapat menempel pada substrat berupa tangkai bergelatin. Bacillariophyta banyak ditemukan di titik stasiun II dan III karena lokasi penelitian tersebut arus sungai tidak terlalu deras. Filum Bacillariophyta yang terdapat di kawasan Sungai Ngrowo terdapat 2 ordo dan 2 genus, yaitu: *Nitzchia Sp* dan *Navicula Sp*.

Ordo dan Genus Bacillariophyta yang ditemukan di Kawasan Sungai Ngrowo Tulungagung diantaranya sebagai berikut:

f. Ordo Naviculales

1) *Navicula sp*

Navicula dapat ditemukan di semua jenis perairan baik laut maupun tawar bahkan perairan oligotrofik hingga eutrofik. Mikroalga ini seperti diatom lainnya yang mengeluarkan lendir dari raphe untuk meluncur disepanjang substratum.

Dampak Negatif :

Navicula dapat menyumbat filter di instalansi pengolahan air.¹⁸

g. Ordo Bacillariales

1) *Nitzchia sp*

Genus *Nitzchia* mampu menghasilkan banyak informasi ekologis karena beberapa taksa terdapat indikasi pengayaan nutrisi (eutrofikasi), sementara yang lain merupakan indikator yang berguna untuk peningkatan sanilitas. *Nitzchia* dapat ditemukan di perairan oligotropik (perairan yang memiliki sedikit

¹⁸ Sanet Janse Van Vuuren, dkk, *Easy Identification of the most common freshwater algae a guide for the identification of microscopic algae in South African freshwater*, Copyright North West University and Departement of Water of Affairs and Forestry, 2006, ISBN 0-621-35471-6 hal 78

kandungan zat hara). Saat alga bloom dari jenis ini tidak menimbulkan permasalahan.¹⁹

Nitzschia akhir-akhir ini menarik perhatian lebih lanjut yang menekankan perlunya studi morfologis dan filogenik secara menyeluruh dari genus. Spesies baru dari Nitzschia yakni Nitzschia navis-varingica menyebabkan kematian udang mati di tambak udang Vietnam. Nitzschia navis-varingica ternyata memproduksi neurotoxin dan asam domoat. Asam domoat merupakan racun yang sebelumnya sudah menumpuk di organisme laut, sehingga menyebabkan keracunan Amnesic Shellfish (ASP) pada hewan dan manusia.²⁰

Filum Euglenophyta merupakan filum yang jumlahnya sama dengan Bacillariophyta, yaitu terdapat dua 2 ordo dan 2 genus, yaitu: *Euglena Sp* dan *Phacus Sp*. Menurut Janse Van Vuuren Euglena berasal dari bahasa Yunani yaitu “eu” yang berarti “baik atau benar” dan “glene” yang mengacu pada “mata”. Beberapa Euglenophyta ada yang disebut dengan nama Euglenoids. Organisme uniseluler ini memiliki kloroplas hijau terang (meskipun bentuk tidak terang juga terjadi atau ditemui) dan pot mata merah mencolok bagian ujung depan. Kloroplas euglena memiliki pigmen klorofil a dan b serta karotenoid. Euglenoids hidup di habitat perairan dengan pH dan tingkat cahaya yang bervariasi terutama daerah rawa-rawa, lahan basah yang banyak dengan bahan organik yang membusuk. Reproduksi Euglenophyta biasanya terjadi secara aseksual. Kandungan bahan anorganik disuatu perairan dapat mempengaruhi keberadaan Euglenophyta.

¹⁹ Sanet Janse Van Vuuren, dkk, *Easy Identification of the most common freshwater algae a guide for the identification of microscopic algae in South African freshwater*, Copyright North West University and Departement of Water of Affairs and Forestry, 2006, ISBN 0-621-35471-6 hal 80

²⁰ Knattrup Anita, dkk. A, *Detailed Description Of A Danish Strain Of Nitzschia Sigmoidea, The Type Species Of Nitzschia, Providing A Reference For Future Morphological and Phylogenetic Studies Of The Genus*, Denmark, Departement of Phycology, Biological Institute, University of Copenhagen, Diatom Research Volume 22 (1) 2007, 105-116.

Contohnya kadar oksigen dan karbondioksida diperairan sungai. Menurut hasil penelitian Kartakusumah dalam jurnal Marsi orina, dkk menyatakan bahwa konsentrasi karbondioksida akan mempengaruhi proses pertumbuhan Euglenophyta. Kondisi normal dengan jumlah karbondioksida yang jenuh akan menyebabkan penurunan pertumbuhan jumlah sel Euglenophyta. Namun, konsentrasi karbondioksida yang jenuh juga akan menyebabkan penurunan pertumbuhan jumlah sel Euglenophyta. Hal ini menunjukkan bahwa Euglenophyta memerlukan kadar karbondioksida yang benar-benar sesuai dengan pertumbuhannya.²¹

Filum Euglenophyta ini mendominasi di titik stasiun I dan II yaitu daerah Moyoketen yang berbatasan langsung dengan Kalituri dan daerah Sembung. Hal ini dikarenakan lokasi Moyoketen berada di lingkungan pembuangan IPLT Moyoketen sedangkan Lokasi Sembung di daerah perairan dekat dengan pembuangan limbah domestik masyarakat. Janse Van Vuuren menyatakan bahwa filum ini seringkali melimpah dan mewarnai air kolam sehingga bewarna hijau tua atau membentuk filamen hijau di permukaan air. Euglena dapat berkembang dengan baik di lingkungan yang tercemar atau diperkaya kandungan limbah organik (baik berasal dari limbah hewan atau tanaman air). Euglena biasanya menyukai lingkungan perairan dengan suhu air yang tinggi.²²

Ordo dan Genus Euglenophyta yang ditemukan di Kawasan Sungai Ngrowo Tulungagung diantaranya sebagai berikut:

²¹ Orina Opat Marsi, dkk, *Inventarisasi Mikroalga dan Protozoa pada Instalansi Pengolahan Air Limbah Karet Sistem Biofilter Skala Laboratorium*, Jurnal Protobion Vol. 4 (3) 2016 hal: 19-25

²² Aziz Lukman, *Inventarisasi Mikroalga di Sungai Mesat Kecamatan Lubuklinggau Timur II Kota Lubuklinggau*, Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan Pendidikan MIPA STKIP-PGRI Lubuklinggau, Jurnal online diakses 12 Januari 2019.

h. Ordo Euglenales

1) *Euglena sp*

Euglena merupakan jenis mikroalga yang dapat ditemukan berenang bebas hampir di semua lokasi perairan air segar atau payau.²³ Era millennial ini, *Euglena sp* dimanfaatkan Negara Jepang menjadi bubuk euglena yang terlihat seperti bubuk teh hijau dengan cita rasa seperti sarden kering. Mereka memanfaatkan euglena karena nilai gizi yang berasal dari mineral dan vitamin serta asam docosahexonic, asam omega-3 yang ditemukan pada beberapa spesies ikan yang berguna untuk mengurangi lemak netral. Produk ini dibuat di Pulau Ishigaki, Okinawa.²⁴

2) *Phacus sp.*

Habitat *Phacus* secara umum mirip dengan habitat *Euglena* tetapi tidak sepenuhnya mirip. Saat spesies ini mengalami alga bloom tidak ditemui permasalahan yang muncul. Peranan *Phacus* dapat sebagai sumber rantai utama untuk organisme perairan seperti ikan.

Pertumbuhan mikroalga sangat berkaitan dengan faktor lingkungan hidupnya, jika pertumbuhan mikroalga di suatu lingkungan jarang dijumpai maka lingkungan tersebut tidak memiliki faktor-faktor pendukung kehidupan mikroalga,

²³ Sanet Janse Van Vuuren, dkk, *Easy Identification of the most common freshwater algae a guide for the identification of microscopic algae in South African freshwater*, Copyright North West University and Departement of Water of Affairs and Forestry, 2006, ISBN 0-621-35471-6 hal 112

²⁴ Kyodo, *Tiny Euglena latest fad in eating healthy*, <https://www.japantimes.co.jp/news/2014/01/23/national/tiny-euglena-latest-fad-in-eating-healthy/#.XLgkD3ZMQdB>. Diakses 18 April 2019

namun sebaliknya jika pertumbuhan mikroalga tinggi maka faktor lingkungan pendukung kehidupannya baik. Hal ini sesuai dengan pernyataan jurnal Lukman bahwa faktor lingkungan di suatu perairan sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga.

Suhu lingkungan yang diukur di lokasi penelitian pada masing-masing stasiun tidak terlalu berbeda jauh yaitu pada nilai 27,8⁰C, 28,7⁰C, dan 28,6⁰C. Hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Lukman di Sungai Mesat Lubuklinggau, suhu perairan pada masing-masing stasiun dan periode tidak begitu mengalami perubahan yaitu hanya berada pada nilai 25,3⁰C. Suhu perairan Sungai Ngrowo Tulungagung dan Sungai Mesat hasil penelitian terdahulu merupakan suhu yang ideal untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroalga, seperti yang diungkapkan oleh Hajoeningtjas, Pratiwi, dan Pelczar pada artikel Lukman yang menyatakan bahwa suhu optimum mikroalga dapat tumbuh pada suhu sekitar 20-30⁰C. Namun suhu ini dapat berbeda-beda tergantung pada lokasi perairan, komposisi zat kimia perairan, cadangan makanan yang terkandung, pigmen dan sifat fisiologis yang dimiliki oleh mikroalga.²⁵

Hasil pengukuran yang telah dilakukan suhu tertinggi berada di stasiun II (daerah sembung), walaupun tidak jauh berbeda dengan stasiun III yang mempunyai suhu nomer dua setelah sembung (lihat tabel 4.2). Genus yang paling banyak ditemui pada stasiun ini adalah *Euglena Sp* dan *Mycrocystis*. Tingginya suhu pada stasiun II disebabkan karena waktu penelitian yang dilakukan pada pukul 09.00-10.00 dimana intensitas cahaya matahari yang masuk mulai tinggi,

²⁵ Aziz Lukman, *Inventarisasi Mikroalga di Sungai Mesat Kecamatan Lubuklinggau Timur II Kota Lubuklinggau*, Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan Pendidikan MIPA STKIP-PGRI Lubuklinggau, Jurnal online diakses 12 Januari 2019.

jarangnya tumbuhan tingkat tinggi sehingga sinar matahari langsung jatuh ke air, dan banyaknya saluran pembuangan limbah cair masyarakat

Derajat keasaman atau pH suatu perairan merupakan nilai yang menunjukkan aktivitas ion hidrogen yang terdapat pada air baik tawar maupun laut. Nilai pH yang muncul di suatu perairan yang diukur menggunakan pH meter dapat menggambarkan kondisi lingkungan perairan tersebut, baik kondisi tersebut asam maupun basa. Penyerapan karbondioksida bebas di perairan dan bikarbonat oleh mikroalga mampu meningkatkan nilai pH suatu perairan.²⁶ Nilai keseluruhan pH di Kawasan Sungai Ngrowo dapat dilihat pada tabel 4.2 diatas. Hasil penelitian terdahulu yang dilakukan di Sungai Mesat Lubuklinggau oleh Lukman, pH perairan Sungai yang di dapatkan di lokasi penelitian berada pada kisaran normal yaitu pada rata-rata 7,26. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pH perairan Sungai Ngrowo dan Sungai Mesat hasil penelitian terdahulu mendukung kehidupan mikroalga. Pendapat para ahli mengatakan bahwa pH yang sesuai untuk daya dukung kehidupan mikroalga di suatu perairan berkisar 6-9.²⁷ Sedangkan literatur lain menyatakan bahwa pH optimum pertumbuhan mikroalga yakni berkisar sekitar 4-11. Dengan demikian dapat diketahui mengapa mikroalga dapat hidup di perairan Sungai Ngrowo karena nilai pH air sungai mendukung kehidupan mikroalga.²⁸

DO atau *Dissolved oxygen* merupakan salah satu faktor penting terhadap pertumbuhan mikroalga. DO membantu mikroalga untuk proses oksidasi nutrisi

²⁶ Ibid

²⁷ Zulaikha Siti, *Identifikasi Mikroalga yang Terdapat di Kawasan Hutan Bakau Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh Sebagai Penunjang Praktikum Botani Tumbuhan Rendah*, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh. 2016, Skripsi

²⁸ Aziz Lukman, *Inventarisasi Mikroalga di Sungai Mesat Kecamatan Lubuklinggau Timur II Kota Lubuklinggau*, Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan Pendidikan MIPA STKIP-PGRI Lubuklinggau. Jurnal online diakses 12 Januari 2019.

yang masuk ke dalam tubuh mikroalga. Analisis DO pada perairan Sungai Ngrowo menggunakan metoda titrasi dengan cara Winkler. Pada prinsipnya metode ini menggunakan titrasi iodometri. Sampel yang akan dianalisis terlebih dahulu ditambahi dengan larutan kimia $MnCl_2$ dan $NaOH-KI$, sehingga akan terbentuk endapan MnO_2 . Kemudian menambahkan H_2SO_4 atau HCl maka endapan akan kembali larut dan juga akan membebaskan molekul iodium (I_2) yang ekuivalen dengan oksigen terlarut. Iodium yang terlarut selanjutnya akan dititrasi dengan larutan standar natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) dan menggunakan indikator larutan amilum (kanji). Penentuan oksigen terlarut menggunakan cara titrasi Winkler lebih analitis apabila dibandingkan dengan cara alat DO meter.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan langsung di lapangan (Sungai Ngrowo Tulungagung) mendapatkan kisaran rata-rata DO yang dapat dilihat pada tabel 4.2. Dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu yang dilakukan di Sungai Mesat Kecamatan Lubuklinggau Timur II Kota Lubuklinggau nilai kisaran rata-rata DO yaitu nilai 4,64 mg/L Sungai Ngrowo memiliki kadar oksigen terlarut cukup rendah. Andriansya, dkk (2014:8) menyatakan bahwa rendahnya kadar oksigen terlarut pada suatu lingkungan perairan dapat mendukung proses fotosintesis mikroalga dengan menyerap kadar karbondioksida yang terdapat pada perairan. Kandungan oksigen terlarut (DO) minimum ialah 2 ppm dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (toksik).²⁹

Menurut oseanografi Lipi, suatu perairan dikatakan tingkat pencemaran rendah dan bisa dikategorikan sebagai perairan yang baik jika kadar oksigen terlarutnya (DO) > 5 ppm dan kada oksigen biokimiannya (BOD) berkisar 0-10

²⁹ Harmoko dan Yuni Krisnawati, *Keanekaragaman Mikroalga Divisi Cyanoobacteria di Danau Aur Kabupaten Musi Rawas*. Pendidikan Biologi STIKIP PGRI Lubuklinggau, Lubuklinggau, Jurnal Biodjati (1) 2018, <http://journal.uinsgd.ac.id/index.php/biodjati>.

ppm.³⁰ Maka, berdasarkan tabel hasil perhitungan DO menggunakan metode Winkler dan penjelasan menurut beberapa literatur³¹, kualitas Sungai Ngrowo dikatakan bahwa perairan Sungai Ngrowo sudah tercemar karena memiliki kadar oksigen terlarut dibawah 5 ppm.

B. Pembahasan Penelitian Tahap II

1. Hasil Analisis Kebutuhan

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan sebanyak 24 siswa kelas X MIPA MAN 1 Kota Kediri mendapatkan nilai presentase diatas 51-91%, sedangkan 3 siswa mendapatkan nilai dengan presentase 42-47% (dapat dilihat pada tabel 3.5). Mereka menganggap bahwa perlu adanya pembuatan sumber belajar kontekstual untuk mendukung sumber belajar lainnya ketika belajar. Mereka mengharapkan sumber belajar tambahan yang lebih menarik dalam sumber belajar yang selama ini digunakan. Hal ini dikarenakan dalam proses pembelajaran terdapat sumber belajar yang biasa dalam artian kurang menarik daya belajar siswa. Sehingga mereka setuju dalam proses pembuatan *booklet* dari hasil penelitian tahap I untuk lebih mendalami materi klasifikasi makhluk hidup terlebih pada bagian mikroalga atau fitoplankton. Nugroho dkk, menyatakan bahwa sumber belajar yang baik dapat menyalurkan pesan tidak menimbulkan keambiguan atau persepsi ganda, serta meningkatkan pemahaman berdasarkan apa yang dipaparkan dalam sumber belajar.³²

³⁰ Salmin. *Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan*, Oseana, Volume XXX, Nomor 3, 2005: 21-26. ISSN 0216-1877, Sumber: www.oseanografi.lipi.go.id diakses 23 April 2019.

³² Paramita ratna, Ruqiah Ganda Putri Panjaitan,& Eka Ariyanti, *Pengembangan Booklet Hasil Inventarisasi Tumbuhan Obat Sebagai Media Pembelajaran pada Materi Manfaat Keanekaragaman Hayati*, Universitas Tanjungpura Pontianak,2018 Jurnal Jipi Vol 02, No 02, hlm 83-88

2. Hasil Validasi Ahli Media

Hasil analisis penilaian terhadap ahli media digunakan untuk merevisi *booklet* yang dikembangkan. Hasil penilaian kelayakan dari validator ahli media dapat dilihat di tabel 5.1

Table 5.1 Penilaian Kelayakan *Booklet* Ahli Media

No	Penilaian Validator	Skor	Kriteria
1	Ahli Media I	83%	Sangat Layak
2	Ahli Media II	100%	Sangat Layak

Penilaian kelayakan *Booklet* sebagai sumber belajar Klasifikasi Makhluk Hidup menggunakan instrument penilaian kelayakan media dan kelayakan materi. *Booklet* hasil penelitian tahap I yang digunakan sebagai sumber belajar biologi memenuhi skor kriteria kelayakan dari validator. Berdasarkan hasil penilaian ahli media I dan II komponen desain yang ditampilkan dalam *booklet* layak digunakan sebagai sumber belajar karena huruf yang digunakan dalam *booklet* sudah sesuai dan mudah dibaca, penggunaan bentuk huruf yang sesuai, warna huruf, kesesuaian gambar dengan materi, materi yang disajikan sistematis, mudah untuk dipahami siswa, dan dapat meningkatkan informasi. Sumber belajar *booklet* ini juga menampilkan gambar-gambar mikroalga yang cukup jelas. Penyajian tampilan yang jelas pada *booklet* merupakan hal penting dikarenakan dapat menyalurkan pesan-pesan pembelajaran secara efektif. Sesuai pendapat Nugroho dkk, media yang efektif ialah media yang dapat menyalurkan pesan atau dapat mengkomunikasikan sesuatu yang ingin disampaikan. Kemudian, menurut Fadli dkk dalam jurnal Ratna Paramita dkk, media yang baik disusun dengan huruf yang tidak terlalu kecil karena mempertimbangkan terbaca atau tidaknya tulisan yang dipaparkan dalam media belajar. Penyusunan sumber belajar *booklet* dimulai dari daftar kompetensi, daftar isi, tinjauan umum, alat dan bahan, pengenalan

tentang mikroalga perairan tawar, dan materi mikroalga menunjukkan *booklet* yang dibuat cukup sistematis dan layak untuk digunakan sebagai sumber belajar. Hal ini sesuai yang dipaparkan dalam jurnal Ratna, dkk bahwa dalam pengembangan media harus didesain secara sistematis, sehingga perannya dalam menunjang proses pembelajaran dapat tercapai secara efektif.³³

proses pengembangan media belajar perlu memperhatikan prinsip *VISUALS*, yaitu singkatan dari: (1) *Visible*: Mudah dilihat, (2) *Interesting*: Menarik, (3) *Simple*: Sederhana, (4) *Useful*: Isinya bermanfaat, (5) *Accurate*: Benar (dapat dipertanggungjawabkan), (6) *Legitimate*: Masuk akal atau sah, dan *Structured*: terstruktur atau tersusun dengan baik³⁴

3. Hasil Validasi Ahli Materi

Tabel 5.2 Penilaian Kelayakan *Booklet* Ahli Materi

No	Penilaian Validator	Skor	Kriteria
1	Ahli Materi	54%	Layak

Penilaian dari ahli materi menyatakan bahwa *booklet* yang dibuat memiliki kriteria layak dengan revisi. Rendahnya nilai dari ahli materi dikarenakan banyak kata-kata yang kurang mudah dipahami sehingga memunculkan kesalahpahaman pada materi. Penilaian *booklet* tidak hanya pada materi tetapi juga mempertimbangkan hal lain seperti kesesuaian materi dengan kompetensi dasar, kesesuaian materi dengan indikator pembelajaran, materi yang dipaparkan dalam *booklet* benar, serta materi yang dipaparkan dalam *booklet* disajikan secara runtut. Hal ini didukung oleh pernyataan dalam jurnal Mutia Imtihana bahwa dalam

³³ Paramita ratna, Ruqiah Ganda Putri Panjaitan, & Eka Ariyanti, *Pengembangan Booklet Hasil Inventarisasi Tumbuhan Obat Sebagai Media Pembelajaran pada Materi Manfaat Keanekaragaman Hayati*, Universitas Tanjungpura Pontianak, 2018 Jurnal Jipi Vol 02, No 02, hlm 83-88

³⁴ Imtihana, Mutia, F. Putut Martin dan H.B, Bambang Priyono, *Pengembangan Buklet Berbasis Penelitian Sebagai Sumber Belajar Materi Pencemaran Lingkungan di SMA*, (Semarang: Jurnal dipublikasikan Agustus 2014 Unnes J.Biol.Educ) hal 186-192

memilih sumber belajar perlu mempertimbangkan isi sumber belajar yang tepat, sesuai dengan konsep, aktual, kesesuaian contoh dengan konsep, keluasan materi serta kedalaman materi.³⁵

Proses penyusunan sumber belajar yang tepat harus disesuaikan dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai, sehingga fungsi utama sumber belajar dapat dimanfaatkan secara maksimal. Aspek materi dikaitkan dengan kesesuaian kompetensi dasar tentang ciri-ciri filum protista beserta peranannya memperoleh skor 1, dimana skor tersebut menyatakan kesesuaian materi yang dipaparkan peneliti dalam *booklet* dengan kompetensi dasar dianggap valid. Penyusunan materi harus disesuaikan dengan kompetensi dasar dan indikator agar penyampaian materi tepat sasaran dan proses pembelajaran dapat berjalan secara efektif. Sesuai dengan pendapat Titin dan Dara dalam jurnal Ratna dkk, bahwa menyusun media yang tepat harus sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai, sehingga fungsi utama media sebagai sumber belajar dapat dimanfaatkan secara maksimal. Selanjutnya, kejelasan materi yang dipaparkan dalam *booklet* sangat jelas dan sesuai kompetensi dasar. Dalam materi tidak hanya menjelaskan ciri-ciri genus yang ditemukan di Sungai Ngrowo, tetapi juga peranan genus mikroalga tersebut. Hal ini sesuai dengan pendapat Istifaidahd alam jurnal Ratna media pembelajaran harus memuat konten yang jelas agar materi pembelajaran tersampaikan secara efektif.³⁶

Berdasarkan hasil dari ketiga Validator, kriteria yang dinilai dari *booklet* sudah mendapatkan nilai layak digunakan sebagai sumber belajar siswa. Hal yang

³⁵ Paramita ratna, Ruqiah Ganda Putri Panjaitan,& Eka Ariyanti, *Pengembangan Booklet Hasil Inventarisasi Tumbuhan Obat Sebagai Media Pembelajaran pada Materi Manfaat Keanekaragaman Hayati*, Universitas Tanjungpura Pontianak,2018 Jurnal Jipi Vol 02, No 02, hlm 83-88

³⁶ Ibid

perlu digaris bawahi dalam pembuatan sumber belajar yaitu penyajian *booklet* yang ditujukan untuk siswa harus secara umum atau khusus, sebab tingkat keterbacaan, pemahaman dan perkembangan siswa tidak sama. Sumber belajar harus sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai, sehingga mampu mendukung siswa dalam menguasai kompetensi belajar.³⁷

Booklet yang dikembangkan peneliti merupakan sumber belajar mandiri. Peneliti membuat *booklet* untuk pembelajaran Biologi. Guru dan siswa dapat menggunakan *booklet* ini sebagai sumber belajar mandiri maupun dikelas. Karena *booklet* dapat dibaca dimana saja karena bentuknya yang lebih fleksibel. Selain siswa, *booklet* ini dapat juga digunakan oleh masyarakat dalam memperoleh informasi jenis mikroalga yang terdapat pada Sungai Ngrowo Tulungagung.

4. Keterbatasan Penelitian

Penelitian pengembangan yang menghasilkan *booklet* Mikroalga Perairan Tawar Sungai Ngrowo Tulungagung. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilaksanakan, keterbatasan produk yang telah dikembangkan adalah sebagai berikut:

- a) Produk sumber belajar *booklet* yang dikembangkan peneliti dari hasil penelitian di Sungai Ngrowo hanya memuat satu kompetensi dasar dari mata pelajaran Biologi yaitu menyajikan ciri-ciri umum filum dalam kingdom Protista dan peranannya bagi kehidupan.
- b) Hasil mikroalga yang ditemukan dan dipaparkan pada *booklet* terbatas pada 10 genus.

³⁷ Oktarida Ria, dkk, *Inventarisasi Tumbuhan Obat di Desa Dwijaya Kecamatan Tugumulyo pada Suku Jawa Sebagai Pengembangan Booklet di SMA*, Program Studi Pendidikan Biologi, STKIP-PGRI Lubuklinggau. Lubuklinggau.

- c) Belum dapat di uji cobakan kepada siswa, karena batasan waktu dalam pengerjaan penelitian dan pengembangan dari hasil penelitian.