

Analisis kualitas air di danau Situ Gede sebagai media pembelajaran berbasis *e-handout*

Anisa Meita Laurenza ^{1,*}; Muhammad Taufik Awaludin ²; Meilisha Putri Pertiwi ³

Pendidikan Biologi, Universitas Pakuan, Bogor, Indonesia

¹ anisameita7@gmail.com; ² muhamad.taufik@unpak.ac.id;

³ meilishaputriPERTIWI@gmail.com

* Penulis koresponden

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
Riwayat artikel Dikirim 20 Agustus 2023 Revisi 28 Oktober 2023 Diterima 17 November 2023	Penelitian analisis kualitas air di Danau Situ Gede sebagai media pembelajaran berbasis <i>e-handout</i> bertujuan untuk menentukan analisis kualitas air di Danau Situ Gede menggunakan parameter fisika, kimia dan biologi di empat stasiun meliputi wilayah barat (1), utara (2), timur (3), dan selatan (4), menghitung produktivitas perairan, menentukan status mutu air Danau Situ Gede serta membuat media pembelajaran berbasis <i>e-handout</i> . Hasil penelitian dikaitkan membuat media belajar <i>e-handout</i> yang digunakan sebagai media pembelajaran biologi. Pengumpulan data pada penelitian ini terdiri dari pengukuran secara langsung di lapangan (<i>in situ</i>) diantaranya parameter fisika meliputi suhu, kecerahan, intensitas cahaya, dan warna air di empat stasiun. Parameter kimia pengukuran pH dan DO. Parameter biologi meliputi metode filtrasi plankton menggunakan plankton net. Pengukuran Produktivitas Primer Perairan menggunakan metode oksigen botol terang dan gelap. Analisis DO dan fitoplankton dilakukan di Laboratorium Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pakuan. Analisis data pada penelitian ini yaitu analisis indeks pencemaran. Indeks pencemaran air keempat stasiun pada stasiun II tergolong kategori perairan dengan tingkat pencemaran sedang dan stasiun IV tergolong dengan tingkat pencemaran ringan. Kondisi Danau Situ Gede pada stasiun I dan II tercemar sedang dengan status eutrofik. Bahan ajar berbasis <i>e-handout</i> dalam pembelajaran dapat meningkatkan motivasi belajar siswa. Hasil validasi materi dan media pembelajaran didapatkan skor rata-rata sebanyak 84%.
Kata kunci Danau Kualitas Perairan Media Pembelajaran	
Keywords: <i>Lake</i> <i>Water Quality</i> <i>Learning Media</i>	ABSTRACT <i>Research on water quality analysis in Situ Gede Lake as an e-handout-based learning medium aims to determine the analysis of water quality in Situ Gede Lake using physical, chemical and biological parameters at four stations covering the western (1), north (2), east (3) regions.), and south (4), calculate water productivity, determine the water quality status of Situ Gede Lake and create e-handout-based learning</i>

media. The results of the research are associated with making e-handout learning media that are used as biology learning media. Data collection in this study consisted of direct measurements in the field (in situ) including physical parameters including temperature, brightness, light intensity, and water color at four stations. Chemical parameters measuring pH and DO. Biological parameters include plankton filtration method using plankton net. Measurement of Primary Productivity of Waters using the light and dark bottle oxygen method. DO and phytoplankton analysis was carried out at the Biology Education Laboratory, FKIP, Pakuan University. Data analysis in this study is the analysis of the pollution index. Fourth water pollution index stations at station II belong to the category of waters with a moderate level of pollution and station IV is classified as a mild level of pollution. The condition of Lake Situ Gede at stations I and II is moderately polluted with eutrophic status. E-handout-based teaching materials in learning can increase student learning motivation. The results of the validation of learning materials and media obtained an average score of 84%.



Pendahuluan

Air merupakan zat paling penting dalam kehidupan setelah udara. Air merupakan materi esensial di dalam kehidupan. Tidak satupun makhluk hidup di dunia ini tidak memerlukan dan tidak mengandung air (Waluyo, 2013). Air juga merupakan sumber daya alam yang mempunyai arti serta fungsi sangat penting bagi makhluk hidup (Andika et al 2020). Salah satu ekosistem air tawar yang menyediakan air adalah danau. Danau merupakan salah satu reservoir alami yang berfungsi sebagai penampungan air atau resapan air, pemasok cadangan air tanah, pendingin suhu udara kota, wisata olahraga air, media budidaya ikan dan penambah keindahan kota (Deng & Chen, 2022). Kota Bogor memiliki beberapa situ salah satunya yaitu Situ Gede yang terletak di Kelurahan Situgede, Bogor Barat, Kota Bogor. Terletak di tepi Hutan Dramaga, yakni hutan penelitian milik badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan yang memiliki luas 6,20 Ha yang memiliki fungsi sebagai irigasi dan retensi.

Selain sebagai Kawasan Konservasi Alam, Danau Situ Gede telah dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk berbagai kegiatan seperti penangkapan ikan, rekreasi, hingga berjualan di sekitar pinggir danau. Danau Situ Gede menjadi habitat bagi sejumlah organisme perairan seperti ikan, plankton dan tumbuhan air. Adanya kegiatan manusia di sekitar perairan Danau Situ Gede dikhawatirkan dapat mengakibatkan masuknya bermacam substansi ke dalam perairan sehingga dapat menurunkan kualitas perairan dan mempengaruhi struktur komunitas serta kelimpahan organisme perairan yang hidup di dalamnya. Hal tersebut sesuai menurut Soeprobowati *et al* (2020) menyatakan bahwa semakin banyak kegiatan di badan air dapat mengganggu kualitas perairan seperti populasi penduduk yang terus meningkat, urbanisasi dan modernisasi menimbulkan masalah terutama pembuangan limbah ke dalam perairan yang menyebabkan penurunan kualitas air.

Salah satu cara yang dapat digunakan dalam pemantauan kualitas air yaitu dengan pengukuran menggunakan parameter fisika, kimia, biologi, produktivitas primer perairan dan analisis indeks pencemaran. Selain itu, metode yang umum digunakan didalam produktivitas primer adalah metode oksigen. Pemilihan metode ini didasarkan pada sifatnya yang praktis dan mudah dilakukan. Parameter fisika, biologi, biologi dan analisis indes pencemaran air dilakukan guna mendukung hasil penelitian ini.

Penelitian mengenai kualitas air berkaitan dengan materi perubahan lingkungan pada subbab pencemaran air yang dapat dijadikan sebagai sarana pendidikan peserta didik menggunakan media pembelajaran berupa *e-handout*. Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan Kurniawan (2018) yang menyatakan bahwa keterbatasan sumber belajar mengakibatkan siswa kurang tertarik dan cenderung bosan dengan sumber belajar berupa media cetak yang bersifat konvensional. Oleh sebab itu, hasil penelitian analisis kualitas air dikembangkan menjadi media pembelajaran berupa *e-handout* yang diharapkan siswa lebih termotivasi dalam pembelajaran dan meningkatkan sikap peduli lingkungan pada ekosistem perairan.

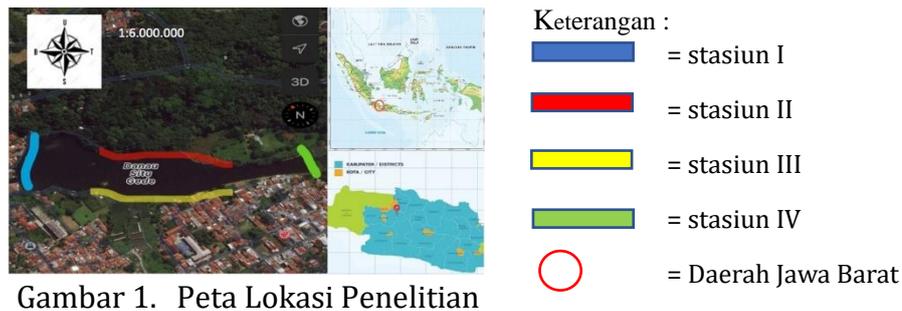
Begitu pentingnya informasi tentang analisis kualitas air di perairan ditunjukkan dengan dilakukannya berbagai penelitian di perairan Indonesia seperti Danau Tuok (Aprianto *et al* 2020), Danau Buyan (Suardiani *et al* 2018), Waduk Koto Panjang (Hasibuan *et al*, 2017), Danau Toba (Karim, 2021). Namun informasi tentang analisis kualitas air di danau belum banyak dimiliki oleh perairan strategis di Bogor seperti halnya Danau Situ Gede. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Menentukan analisis kualitas air di Danau Situ Gede menggunakan parameter fisika, kimia, dan biologi di 4 stasiun meliputi wilayah barat, utara, timur dan selatan. Membuat media belajar *e-handout* yang digunakan sebagai media pembelajaran biologi SMA.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu deskriptif kuantitatif. Metode deskriptif kuantitatif dimulai dengan mengumpulkan data, menganalisis data, dan meninterpretasikannya sedangkan metode yang digunakan dalam pengambilan sampel yaitu metode observasi dan metode *purposive sampling*. Penelitian ini diawali dengan menentukan titik sampel menggunakan metode observasi. Metode dilakukan dengan mengambil data dengan pengukuran langsung dilapangan dan analisis laboratorium (Mardhia & Abdullah, 2018). Kemudian hasil penelitian dikembangkan menjadi media pembelajaran berbasis *e-handout* yang kemudian diuji kelayakannya oleh beberapa ahli. Apabila media pembelajaran berbasis *e-handout* layak dijadikan media, maka media pembelajaran tersebut telah siap digunakan dalam pembelajaran di sekolah. Adanya keanekaragaman fitoplankton di danau yang merupakan habitat tersebut dapat dijadikan sebagai sumber informasi bagi masyarakat untuk menjaga kelestarian ekosistem perairan.

1. Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di perairan Danau Situ Gede. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 11-20 Februari 2023. Penentuan stasiun pengambilan sampel dilakukan dengan melihat pertimbangan-pertimbangan yang dilakukan oleh peneliti antara lain didasari atas perbedaan karakteristik, kemudahan akses, biaya maupun waktu dalam penelitian. Berikut ini merupakan empat stasiun lokasi pengambilan sampel air Danau Situ Gede (gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

- a. Stasiun I
Terletak di arah barat Danau Situ Gede yang merupakan daerah dengan kegiatan masyarakat seperti parkir kendaraan dan pedagang kaki lima
- b. Stasiun II
Terletak di arah utara Danau Situ Gede yang merupakan daerah tutupan pohon area hutan lindung CIFOR.
- c. Stasiun III
Terletak di arah selatan Danau Situ Gede yang merupakan daerah kegiatan penangkapan ikan oleh masyarakat sekitar danau.
- d. Stasiun IV
Terletak di arah timur Danau Situ Gede yang merupakan daerah yang terdapat Jembatan Penyeberangan Wisatawan saat berkunjung.

2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *secchi disk*, termometer, Do meter, *waterquality tester*, plankton net, bambu atau tongkat ukuran 2 m, *cooler box*. Sedangkan bahan yang digunakan adalah botol sampel, formalin (untuk pengawetan plankton di botol sampel), botol plastik PET, plastik hitam, tali rafia dan buku identifikasi plankton Sulastri, 2018.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri dari pengukuran secara langsung di lapangan (*in situ*) dan pengambilan sampel air untuk di Analisa di Laboratorium Biologi FKIP Universitas Pakuan. Pengambilan sampel air danau diambil dengan cara pengambilan sampel sesaat (*grab sample*). Sampel sesaat atau *grab sample* yaitu sampel yang diambil secara langsung dari badan air yang sedang dioantau, samoel ini hanya menggambarkan karakteristik air pada saat pengambilan sampel (Effendi, 2003).

Parameter kualitas perairan yang diukur secara langsung terdiri dari suhu, pH, intensitas cahaya, dan kecerahan. Parameter lainnya yang dianalisa di Laboratorium Biologi FKIP Universitas Pakuan yaitu oksigen terlarut dan analisis sampel fitoplankton. Untuk menjaga kondisi sampel tetap baik dari lokasi pengambilan sampel ke laboratorium, maka dilakukan penyimpanan pada *coolbox* dengan suhu $<4^{\circ}\text{C}$.

4. Analisis Data

Analisis kualitas air dilakukan dengan membandingkan kualitas air danau antara stasiun I, II, III dan IV. Data yang diperoleh dari hasil pengamatan diolah untuk mengetahui parameter fisika, kimia, dan biologi.

4.1 Produktivitas Primer Perairan

Pengukuran produktivitas primer dilakukan dengan metode oksigen botol gelap dan terang. Prinsip kerja metode ini yaitu mengukur perubahan kandungan oksigen dalam botol gelap dan terang yang berisi sampel air yang telah diinkubasi pada perairan yang mendapat sinar matahari. Waktu inkubasi botol gelap dan botol terang yakni 6 jam, untuk memperoleh nilai NPP, GPP dan t per jamnya dihitung berdasarkan rumus berikut

GPP (*Gross primary productivity*) :

$$\frac{(O_2BT) - (O_2BG)(1000) \times 0.375}{(1.25)(t)} \dots\dots\dots (I)$$

NPP (*Net primary productivity*) :

$$\frac{(O_2BT) - O_2BA(1000) \times 0.375}{(1.25)(t)} \dots\dots\dots (II)$$

Keterangan :

- O₂ : oksigen terlarut (mg/l)
- BT : botol terang
- BG : botol gelap
- BA : botol awal
- T : lama inkubasi (jam)

Ditinjau dari nilai produktivitas primer yang diperoleh selama penelitian, perairan Danau Situ Gede dapat dikategorikan berdasarkan tingkat kesuburan, hal ini dapat dilihat berdasarkan klasifikasi tingkat kesuburan perairan menurut Sari dkk., (2017).

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat kesuburan berdasarkan Produktivitas Primer

Produktivitas Primer	Tingkat kesuburan
0-200	Oligotropik
200-750	Mesotrofik
>750	Eutrofik

4.2 Analisis Indeks Pencemaran

Analisis kualitas air dengan menggunakan indeks pencemaran menurut Menteri Lingkungan Hidup No 115/2003 tentang penentuan status mutu air, untuk mengetahui tingkat pencemaran danau menggunakan rumus sebagai berikut :

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{Ci}{Lij}\right)^2 M + \left(\frac{Ci}{Lij}\right)^2 R}{2}} \dots\dots\dots (III)$$

Keterangan :

- IP_j = indeks pencemaran bagi peruntukan j
- C_i = konsentrasi parameter kualitas air i
- L_{ij} = konsentrasi parameter kualitas air i yang tercantum dalam baku peruntukkan air j
- M = maksimum
- R = rerata

Nilai kualitas air IP ditentukan dari nilai maksimum dan nilai rerata rasio konsentrasi per parameter terhadap nilai baku mutunya. Kelas indeks IP terdiri atas 4 yaitu :

- Skor $0 \leq P_{ij} \leq 1,0$ = Baik
- Skor $1,0 < P_{ij} \leq 5,0$ = Tercemar ringan
- Skor $5,0 < P_{ij} \leq 10$ = Tercemar sedang
- Skor $P_{ij} > 10$ = Tercemar berat

Nilai baku mutu suhu yang baik pada perairan kisaran 25-32°C. Tingkat kecerahan yang baik untuk perairan danau sebesar 2 m. Berdasarkan baku mutu air Peraturan Pemerintah No.82 (2001) tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, nilai baku mutu pH pada perairan berkisar 6,5 - 7,5 dengan nilai terendah yaitu 4. Baku mutu untuk parameter DO yaitu 4 mg/L.

4.3 Uji Kelayakan Ahli Materi dan Ahli Media

Teknik analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif dengan hasil data berupa data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif berisi masukan dan saran dari ahli media dan ahli materi yang selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk perbaikan media pembelajaran berbasis *e-handout* dengan materi pencemaran lingkungan pada siswa SMA yang telah dibuat, sedangkan data kualitatif berisi data berupa skor penilaian yang diperoleh dari angket validasi ahli media dan ahli materi.

Handout akan dinyatakan layak atau tidak berdasarkan hasil validasi ahli. Analisis validasi ahli digunakan untuk menentukan tingkat efektifitas dan kemenarikan produk hasil pengembangan yang berupa *e-handout*. Analisis tanggapan validator dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Sofiyana, 2016) :

$$P \frac{\sum x}{\sum xi} \times 100 \dots\dots\dots (IV)$$

Keterangan :

- P : Persentase kelayakan
- $\sum x$: Jumlah total jawaban skor validator (ahli nyata)
- $\sum xi$: Jumlah skor total jawaban tertinggi (nilai harapan)

Penilaian hasil validasi menggunakan konversi skala tingkat pencapaian. Kriteria kelayakan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 2. Kriteria kelayakan berdasarkan persentase

Tingkat Pencapaian	Kualifikasi	Keputusan Uji
80-100%	Valid	Tidak Perlu Revisi
60-79%	Cukup Valid	Tidak Perlu Revisi
40-59%	Kurang Valid	Revisi
0-39%	Tidak Valid	Revisi

Hasil dan pembahasan

1. Parameter Kimia

Tabel 3. Hasil pengukuran parameter kimia

Parameter kimia	Lokasi stasiun				Standar baku mutu air (PP No.82 2001)
	I	II	III	IV	Kelas II
pH	8,3	8,3	8,1	7,1	6-9
DO (mg/L)	4,3	3,95	4,53	4,2	4

Pengukuran pH dilakukan saat siang hari, pH akan meningkat karena fitoplankton menggunakan CO₂ dalam air untuk proses fotosintesis. Kenaikan pH pada siang hari disebabkan beberapa faktor antara lain karena proses fotosintesis yang aktif oleh tanaman air dan fitoplankton sehingga O₂ yang dihasilkan meningkat. Berdasarkan tabel 6 dapat diketahui bahwa nilai pH terendah sebesar 7,1 terdapat pada stasiun IV hal itu diduga kandungan CO₂ di stasiun ini cukup tinggi. Sedangkan pH tertinggi sebesar 8,3 pada stasiun I dan II, hal ini diduga karena CO₂ dimanfaatkan secara optimal oleh tanaman untuk fotosintesis sehingga kandungan CO₂ rendah. Menurut Dahril (2020) bahwa pH yang baik bagi kehidupan organisme adalah berkisar 6-9. Dengan demikian pH perairan Danau Situ Gede masih berada pada kisaran yang layak bagi kehidupan plankton maupun organisme lainnya,

Oksigen merupakan salah satu gas terlarut dalam perairan. Kadar oksigen yang terlarut dalam perairan alami bervariasi, tergantung pada suhu, salinitas, dan tekanan atmosfer. Semakin tinggi suhu dan ketinggian tempat serta semakin kecil tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut semakin kecil. Hasil analisis oksigen terlarut selama penelitian disajikan pada tabel 3 hasil di atas menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut terendah sebesar 3,95mg/L terdapat pada stasiun II, hal ini diduga karena tingginya proses respirasi oleh organisme perairan di stasiun tersebut, disamping itu juga adanya proses dekomposisi dari bahan organik dan oksidasi bahan anorganik. Hal tersebut didukung oleh pendapat Effendi (2003) bahwa dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol. Kandungan oksigen terlarut tertinggi sebesar 4,53 mg/L terdapat pada stasiun III, hal ini diduga adanya aktivitas fotosintesis pada stasiun ini berjalan secara maksimal, hal ini sesuai dengan pendapat (Munirma *et al* 2020) bahwa sebagian besar oksigen pada perairan seperti danau merupakan hasil dari aktivitas fotosintesis. Dengan demikian kisaran oksigen terlarut di Danau Situ Gede menunjukkan bahwa perairan tersebut kurang aman bagi perkembangan dan kelangsungan hidup ikan dan organisme perairan akuatik.

2. Parameter Fisika

Tabel 4. Hasil pengukuran parameter fisika

No	Parameter fisika	Lokasi (stasiun)			
		I	II	III	IV
1.	Suhu (°C)	28	24	28	28
2.	Kecerahan (cm)	58	36	66	58
3.	Intensitas Pagi	24-85	30-42	66-99	40-73
	cahaya Siang	170-400	235-426	121-280	168-515
	(Lux) Sore	90-212	80-280	56-122	31-168
4.	Warna	Warna air tampak kecoklatan	Warna air tampak hijau kecoklatan	Warna air tampak hijau tua	Warna air tampak hijau tua

Suhu perairan akan memengaruhi kelarutan oksigen dalam perairan, semakin tinggi suhu perairan maka kelarutan oksigen semakin berkurang. Suhu berpengaruh terhadap kualitas air, dengan meningkatnya suhu mengakibatkan peningkatan reaksi kimia dan kecepatan metabolisme serta respirasi. Hasil pengukuran suhu selama penelitian disajikan pada tabel 4. Suhu perairan Danau Situ Gede berkisar antara 24-28°C. Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai suhu terendah terdapat pada stasiun II karena letak stasiun II merupakan daerah yang banyak tutupan tajuk pohon. Selain itu intensitas cahaya yang masuk ke perairan juga berbeda. Intensitas cahaya ini dapat mempengaruhi tinggi rendahnya suhu perairan. Suhu tertinggi terdapat pada stasiun I, III, dan IV, karena letaknya yang jauh dari naungan pohon-pohon sehingga cahaya dapat langsung masuk ke perairan dan dapat meningkatkan suhu.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Paserang (2020) bahwa daerah tropis memiliki variasi suhu udara atau air tahunan kecil karena perbedaan antara suhu permukaan dan dasar juga kecil. Selanjutnya, alga air tawar membutuhkan suhu optimum tertentu berkisar antara 20-40°C yang digunakan untuk respirasi, pertumbuhan dan fotosintesis.

Kecerahan suatu perairan dipengaruhi oleh besar kecilnya intensitas matahari dan banyaknya bahan tersuspensi yang ada di perairan, seperti lumpur, pasir, bahan organik, bakteri, plankton dan jasad renik lainnya (Makumbe et al 2022). Disamping itu juga ada tidaknya naungan dari pohon-pohon disekitarnya. Kecerahan merupakan ukuran transparansi perairan yang ditentukan secara visual dengan menggunakan secchi disk. Hasil pengukuran kecerahan di Danau Situ Gede selama penelitian disajikan pada Tabel 7. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kecerahan terendah sebesar 36 cm terdapat pada stasiun II. Nilai kecerahan yang rendah tersebut diduga karena adanya penambahan bahan tersuspensi dari bahan-bahan organik dan anorganik dari dasar perairan yang naik karena adanya pengadukan selama penelitian (Suardiani et al 2018). Kecerahan tertinggi terdapat pada stasiun III sebesar 66 cm, hal ini diduga karena kedalaman stasiun ini yang cukup dangkal karena letaknya agak di pinggir danau, di samping itu pada saat pengamatan terlihat air di stasiun tidak terlalu keruh kehijauan diduga intensitas cahaya yang masuk sangat besar. Adanya perbedaan nilai kecerahan ini diduga karena pengaruh dari kuantitas maupun kualitas setiap stasiun yang karena adanya partikel-partikel bahan organik di perairan (Soeprbowati et al 2020).

Pengukuran intensitas cahaya menggunakan Lux meter. Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, nilai intensitas cahaya di udara dari pukul 08.00-10.00 WIB berada pada nilai 24-99 Lux. Berdasarkan hasil di atas, nilai intensitas cahaya mulai meningkat pada pukul 10.00 dan meningkat pada pukul 12.00 dan 13.00 kemudian menurun ketika menjelang sore pada pukul 15.00-16.00.

Pengukuran parameter warna menggunakan tes organoleptik dengan melibatkan indera penglihatan dari 4 orang responden untuk menentukan kebenaran dari adanya warna air tersebut yang telah disimpulkan pada tabel 4, masing-masing stasiun menunjukkan hasil yang berbeda. Hasil dari pengukuran warna dari keempat sampel air tersebut memiliki warna yang tidak jauh berbeda. Stasiun I berada di daerah dekat dengan kegiatan masyarakat seperti parkir kendaraan dan pedagang kaki lima memiliki warna air tampak kecoklatan dan terdapat sedikit lumpur pada endapan air. Pada stasiun II berada di wilayah tutupan tajuk pohon area hutan lindung CIFOR memiliki warna air tampak hijau kecoklatan terdapat lebih banyak endapan lumpur pada air. Pada Stasiun III berada di wilayah kegiatan penangkapan ikan oleh masyarakat sekitar danau memiliki warna air tampak hijau tua terdapat sedikit endapan lumpur pada air. Pada stasiun IV berada di wilayah Jembatan Penyeberangan Wisatawan saat berkunjung memiliki warna air tampak hijau tua terdapat sedikit endapan lumpur pada air.

3. Parameter Biologi

Tabel 5. Hasil analisis parameter biologi

No	Stasiun	Fitoplankton
1	I	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Chroccocus</i> sp. 2. <i>Crucigenia</i> sp. 3. <i>Cymbella</i> sp. 4. <i>Haematococcus</i> sp.
2	II	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Chroccocus</i> sp. 2. <i>Coelosphaerium</i> sp. 3. <i>Crucigenia</i> sp. 4. <i>Tetroedron minimum</i>
3	III	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Coelastrum</i> sp. 2. <i>Ulothrix</i> sp. 3. <i>Navicula</i> sp. 4. <i>Oocystis borgei</i> 5. <i>Scenedesmus quadricauda</i> 6. <i>Microcystis aeruginosa</i> 7. <i>Crucigenia</i> sp.
4	IV	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Coelosphaerium</i> sp. 2. <i>Cymbella</i> sp. 3. <i>Pinnularia interrupta</i> 4. <i>Scenedesmus acuminatus</i> 5. <i>Trachelomonas</i> sp. 6. <i>Pleurotaenium</i> sp. 7. <i>Scenedesmus bijuga</i>

Fitoplankton dapat disebut dengan mikroba pada air tawar. Peran mikroba air ini dapat dipakai dalam bidang kesehatan, bidang pertanian, bidang peternakan, bidang perikanan, bidang industri, bidang pengairan, pengolahan air, pengolahan limbah (Waluyo, 2013). Fitoplankton yang hidup di air tawar terdiri dari lima kelompok besar (Filum), yaitu Chlorophyta, Cyanophyta, Chrysophyta, Phyrrophyta dan Euglenophyta. Fitoplankton memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan bahan organik yang dapat dimanfaatkan baik untuk fitoplankton itu sendiri ataupun organisme lainnya (Paserang, 2020). Itulah sebabnya kehidupan di dalam perairan tergantung produsen utama dalam ini adalah fitoplankton dalam memproduksi senyawa organik yang dibutuhkan oleh makhluk hidup lainnya disuatu perairan.

Fitoplankton yang dikombinasikan dengan faktor kimia dan fisika air telah diterima secara umum sebagai indikator penilaian lingkungan, dipilih karena merupakan agen bioindikator yang baik (Mize *et al* 2009; Lei *et al* 2010; Los, 2020). Bioindikator merupakan spesies atau komunitas tertentu, dengan keberadaannya dapat memberikan informasi fisik dan kimia lingkungan di tempat tertentu (Soeprbowati *et al.*, 2020). Hasil analisis fitoplankton pada tabel 5, komunitas fitoplankton yang ditemukan selama penelitian sebanyak 4 filum yang terdiri dari 18 genus. Filum Bacillariophyta (4 genus), yaitu *Cymbella*, *Haematococcus*, *Navicula*, *Pinnularia*; Filum Chlorophyta (9 genus), yaitu *Ankistrodesmus*, *Coelasterum*, *Crucigenia*, *Oocytis*, *Pleurotaenium*, *Ulothrix*, *Scenedesmus*, *Selenastrum*, *Tetraedon*; Filum Cyanophyta (4 genus), yaitu *Chroococcus*, *Coelosphaerium*, *Merismopedia*, *Microcystis*; Filum Euglenophyta (1 genus), yaitu *Trachelomonas*. Berdasarkan hasil tabel dapat diketahui jenis fitoplankton dari masing-masing stasiun. Jenis fitoplankton yang paling sedikit terdapat pada stasiun II, hal ini diduga karena sifat fitoplankton yang menggerombol karena pengaruh angin sehingga menyebabkan daerah penyebarannya tidak merata dalam pengambilan sampel.

Hasil analisis jenis fitoplankton paling banyak di temukan pada stasiun III dan IV hal ini di duga penetrasi cahaya yang maksimal dan kandungan unsur hara yang cukup sehingga dapat mendukung perkembangan fitoplankton dan memicu terjadinya blooming alga (Suardiani *et al* 2018). Hal itu sesuai dengan pernyataan Winar (2019) danau yang berstatus eutrofik merupakan danau yang mengandung unsur hara dengan kadar tinggi. Filum yang banyak ditemukan terdapat dari filum Chlorophyta hal tersebut diduga bahwa alga hijau yang bersifat sebagai plankton terdiri dari spesies air tawar serta tidak banyak terganggu oleh angin. Pada Filum Cyanophyta genus yang paling banyak ditemukan yaitu *Chroococcus* jenis ini merupakan golongan fitoplankton yang sukar dicerna karena mengandung lendir, di samping itu diduga karena *Chroococcus* merupakan jenis Cyanophyta yang tahan panas (Waluyo, 2013). Sulastri (2018) menyatakan bahwa spora-spora Cyanophyta terkenal tahan panas dan kering. Jenis ini merupakan fitoplakton yang tidak menguntungkan bagi ikan.

4. Produktivitas Primer Perairan

Tabel 6. Nilai Perhitungan laju GPP dan NPP

Stasiun	GPP (mg/L)			NPP (mg/L)		
	Do	D1	D2	Do	D1	D2
I	4,1	3,0	1,7	4,3	3,2	1,8
II	6,1	10,5	5,9	2,7	11,5	6,7
III	2,5	8,7	9,1	7,5	8,6	8,9
IV	4,7	4,1	4,1	4,9	4,3	4,2

Tabel 7. Hasil pengukuran produktivitas primer

Stasiun	(mgC/m ³ /hari)		
	Do	D1	D2
I	1.343	1.000	562
II	2.343	3.593	2.093
III	843	2.687	2.781
IV	1.531	1.343	1.312

Hasil penelitian Produktivitas primer perairan terdiri dari Produktivitas Primer Kotor (GPP) dan Produktivitas Primer Bersih (NPP). Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa stasiun II memiliki Nilai Produktivitas Primer Perairan bersih tertinggi dibandingkan stasiun lainnya dengan nilai 3.593 mgC/m³/hari, hal ini diduga disebabkan oleh pH pada stasiun tersebut relatif tinggi 8,3 dengan nilai suhu 24°C, sehingga hal ini dapat meningkatkan laju aktivitas fotosintesis oleh fitoplankton. Sedangkan Nilai Produktivitas Primer Perairan bersih terendah berada pada stasiun I dengan nilai 562 mgC/m³/hari memiliki suhu 28°C dan pH rata-rata 8,3. Perbedaan Nilai Produktivitas Primer Perairan Bersih pada tiap stasiun menunjukkan adanya karakteristik yang berbeda pada masing-masing stasiun pengambilan. Namun dapat diketahui bahwa produktivitas primer pada tiap stasiun tidak terlalu memiliki perubahan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena faktor cuaca, cuaca pada saat pengambilan data dapat mempengaruhi kecerahan perairan.

Berdasarkan data pada tabel 10, dapat dilihat bahwa nilai Produktivitas Primer Bersih pada pengambilan data tertinggi terjadi pada stasiun II (3.593 mgC/m³/hari) dan terendah terjadi pada stasiun I (562 mgC/m³/hari). Hal ini diduga disebabkan karena faktor cuaca, cuaca pada saat pengambilan data dapat mempengaruhi kecerahan perairan. Menurut Salwiyah (2011), kecerahan merupakan salah satu faktor pembatas bagi kehidupan fitoplankton karena mempengaruhi penetrasi cahaya yang cukup dapat digunakan oleh fitoplankton untuk perkembangannya. Kondisi cuaca pada saat pengambilan data tidak menentu yaitu terkadang hujan dan terkadang panas bahkan dalam satu hari bisa mengalami kedua cuaca tersebut. Menurut Rasyid (2009), produktivitas primer suatu ekosistem perairan pada dasarnya merupakan hasil perubahan energi cahaya matahari menjadi energi kimia dalam tubuh autotrof perairan melalui fotosintesis per satuan volume tertentu dan dalam suatu periode waktu tertentu.

Suhu air selama tiga kali pengambilan data penelitian berkisar antara 24°C-28°C. Kisaran suhu pada keempat stasiun selama tiga kali pengambilan data mengalami fluktuasi, hal ini disebabkan karena perbedaan tempat pengukuran serta kondisi cuaca saat pengukuran. Kisaran suhu selama penelitian masih sesuai untuk pertumbuhan fitoplankton sebagaimana dikemukakan oleh Mayagitha *et al* (2014), bahwa kisaran suhu yang optimum bagi pertumbuhan dan perkembangan plankton di daerah tropis yaitu pada suhu 25°C-32°C.

Ditinjau dari nilai rata-rata produktivitas primer bersih pada setiap stasiunnya, bahwa nilai rata-rata produktivitas primer bersih tertinggi terdapat pada stasiun III disebabkan karena stasiun III memiliki penetrasi cahaya yang cukup sehingga dapat mendukung perkembangan dan proses fotosintesis. Rendahnya nilai rata-rata Produktivitas Primer Bersih pada stasiun II disebabkan karena penetrasi cahaya yang rendah dan pada permukaan airnya tertutup oleh tajuk pepohonan sehingga pada stasiun ini proses respirasi lebih besar daripada aktivitas fotosintesis. Menurut Suardiani *et al* (2018), faktor utama yang mempengaruhi produktivitas primer yaitu cahaya, nutrient dan suhu. Ditinjau dari nilai produktivitas primer yang diperoleh selama penelitian, perairan Danau Situ Gede dapat dikategorikan sebagai perairan *eutrofik*.

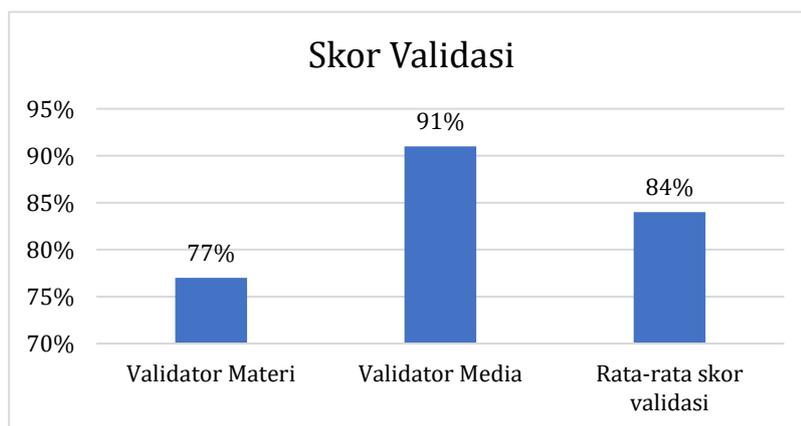
5. Analisis Indeks Pencemaran

Tabel 8. Hasil Analisis Indeks Pencemaran

IPj (Indeks Pencemaran bagi peruntukan)	Indeks Pencemaran Stasiun			
	1	2	3	4
DO	2,50	2,10	2,35	2,20
pH	3,21	3,21	2,5	2,23
Total Indeks Pencemaran	5,71	5,31	4,85	4,43
Keterangan	Tercemar sedang	Tercemar sedang	Tercemar ringan	Tercemar ringan

Status mutu air merupakan tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu perairan yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan (Mahsyar, 2020). Dalam perhitungan status mutu air ini hanya menggunakan parameter pH dan DO, dengan baku mutu status mutu air danau menggunakan kriteria peruntukan air Kelas II. Berdasarkan tabel 11 dapat diketahui bahwa nilai indeks peruntukkan pencemaran tertinggi terdapat pada stasiun I sebesar 5,71 yaitu tercemar sedang karena perairan pada stasiun I dan stasiun II merupakan lokasi padat kegiatan masyarakat yang kemungkinan air danau mengalami pencemaran sedang, sebagai area rekreasi wisatawan, serta berjualan para pedagang kaki lima, sedangkan nilai indeks pencemaran terendah pada stasiun IV sebesar 4,43 hal ini diduga karena aktivitas masyarakat disekitar danau tidak terlalu padat dibandingkan oleh stasiun I dan stasiun II.

6. E-Handout dalam Pembelajaran Biologi



Gambar 2. Hasil Skor Validasi Media Pembelajaran

Skor validasi dari validator 1 ahli materi didapatkan skor 77% dengan kriteria cukup valid. Aspek kesesuaian materi dengan KI, KD serta tujuan pembelajaran, keakuratan, kemuthakiran materi, aspek kelayakan penyajian dan aspek penilaian kontekstual mudah untuk dipahami oleh siswa. Skor validasi dari validator 2 ahli media didapatkan skor 91% dengan rata-rata skor validasi diperoleh sebanyak 84% dengan kriteria sangat valid. Aspek kelayakan kegrafikan dari ukuran, cover, isi dan aspek kelayakan bahasa pada *e-handout* sangat jelas dan menarik sehingga tidak menimbulkan kebingungan pada siswa. Media pembelajaran ini dapat diakses dengan menggunakan berbagai perangkat laptop atau *handphone*.

Dengan adanya *e-handout* siswa dapat melakukan kegiatan belajar dan pembelajaran secara lebih termotivasi. *E-Handout* ini diharapkan mampu menumbuhkan sikap positif peserta didik terhadap materi pembelajaran. Sejalan dengan itu, adanya sumber belajar dapat meningkatkan aktivitas dan kreativitas belajar (Mulyasa, 2013). Selain itu, *handout* yang dihasilkan berdasarkan eksplorasi analisis kualitas air di Danau Situ Gede yang di dalamnya terintegrasi indikator sikap peduli lingkungan di antaranya mensyukuri ciptaan Tuhan berupa menjaga kelestarian lingkungan, menghayati nilai ajaran agama tentang kelestarian lingkungan, menanggapi bahaya permasalahan lingkungan, mengubah perilaku untuk tidak merusak lingkungan, mengajak untuk memelihara kelestarian lingkungan, menunjukkan sikap peduli terhadap permasalahan lingkungan, memilih untuk memperhatikan permasalahan lingkungan, mengurangi dampak permasalahan lingkungan, dan berpendapat secara ilmiah dan kritis dalam menyikapi permasalahan lingkungan (Sulistiyowati *et al* 2020). Peran media pembelajaran juga dapat mengubah guru untuk semakin produktif dan berinovasi lagi. Proses pembelajaran menggunakan media *e-handout* ini diharapkan mampu mengubah tingkah laku secara keseluruhan baik dalam segi kognitif, afektif dan psikomotorik.

Simpulan

Pengujian kualitas air Danau Situ Gede dengan menggunakan parameter fisika kimia dan biologi memiliki hubungan dengan Produktivitas Primer Bersih. Parameter-parameter yang memiliki tingkat hubungan dengan Produktivitas Primer Bersih perairan yaitu dengan oksigen terlarut, suhu, fitoplankton, dan kecerahan perairan. Pengujian kualitas air Danau Situ Gede dengan menggunakan parameter biologi menunjukkan jumlah spesies yang paling banyak ditemukan pada stasiun III dimana pada stasiun ini memicu terjadinya blooming alga karena status perairan di Danau Situ Gede yang tergolong pada perairan *eutrofik*. Indeks pencemaran air dari keempat stasiun belum memenuhi baku mutu PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran, sehingga dari keempat stasiun tersebut pada stasiun II tergolong ke dalam kategori perairan dengan tingkat pencemaran sedang dan stasiun IV tergolong dengan tingkat pencemaran ringan. Informasi mengenai kualitas air di Danau Situ Gede yang kemudian dijadikan sebagai sumber belajar berbentuk *e-handout* telah dilakukan proses validasi dan hasilnya diperoleh rata-rata nilai sebesar 84% termasuk kategori valid untuk digunakan dalam proses pembelajaran Biologi kelas X SMA dengan materi Perubahan Lingkungan sub materi Pencemaran Air.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikirannya dalam memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi kepada penulis. Kedua Orangtua Penulis, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan dan teman-teman Pendidikan Biologi 2019 khususnya Wanda Salsabila, Rasya Zafirah dan Yasinta Listiani yang telah membantu dalam pengambilan data.

Referensi

- Al-Bandjari, A. salim, & Paserang, A. P. (2020). Produktivitas Primer Perairan Danau Sibili Kecamatan Tawaeli, Kota Palu, Sulawesi Tengah. *Biocelbes*, 14(3), 244–252. <https://doi.org/10.22487/bioceb.v14i3.15422>
- Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 2(1), 14–22. <https://ejournalunsam.id/index.php/IQ>
- Aprianto, T. R., Simarmata, A. H., & Dahril, T. (2020). Produktivitas Primer Berdasarkan Metode Oksigen di Danau Tuok Tonga Desa Buluh Cina Kecamatan Siak Hulu Kabupaten Kampar Provinsi Riau. *Jurnal Sumberdaya Dan Lingkungan Akuatik*, 1(1), 40–51.
- Deng, X., & Chen, G. (2022). *Artikel Penelitian Karakteristik Pencemaran Air dan Evaluasi Kualitas Air pada Subsidensi Badan Air di Area Pertambangan Batu Bara. 2022.*
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan* (p. 79). <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=495078>
- Hasibuan, I. F., Hariyadi, S., & Adiwilaga, E. M. (2017). Water Quality State and Trophic of PLTA Koto Panjang Reservoir, Riau Province. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 22(3), 147–155. <https://doi.org/10.18343/jipi.22.3.147>
- Karim, M. (2021). Analisis kualitas air di perairan tongging danau toba kecamatan merek kabupaten karo provinsi sumatera utara. [*Skripsi*], *Universita*(2).
- Lei, YQ., Liang, AM., Z. (2010). "Phytoplankton and water quality in the Tongzhuang River of Three Gorges Reservoir," *Journal of Lake Science*, 22, no. 2, 195–200.
- Los, U. M. D. E. C. D. E. (2020). Identification of The Main Water Quality Parameters for Monitoring and Evaluation Watershed Health. *Indonesian Journal of Geography*, 52.
- Mahsyar, N. (2020). Analisis Kualitas Air Dan Metode Pengendalian Pencemaran Air Sungai Bangkala Kabupaten Jenepoto. *Pencemaran Air Sungai Bangkala*.
- Makumbe, P., Kanda, A., & Chinjani, T. (2022). *Artikel Penelitian Hubungan antara Kumpulan Makroinvertebrata Benthic dan Parameter Kualitas Air di Cekungan Sanyati , Danau Kariba , Zimbabwe. 2022.*
- Mardhia, D., & Abdullah, V. (2018). Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), 182–189. <https://doi.org/10.29303/jbt.v18i2.860>

- Mayagitha, K.A., Haeruddin., & Rudiyantri, S. (2014). Status Kualitas Perairan Sungai Bremsi Kabupaten Pekalongan Ditinjau dari Konsentrasi TSS, BOD5, COD dan Struktur Komunitas Fitoplankton. *Maquares*, 3, 177–185.
- Mize, SV and Demcheck, D. (2009). "Water quality and phytoplankton communities in Lake Pontchartrain during and after the Bonnet Carré Spillway". 29, 431–440.
- Mulyasa, E. (2013). *Peengembangan dan Implikasi Kurikulum 2013*. PT Remaja Rosdakarya.
- Munirma, Kasim, M., Irawati, N., Halili, Nadia, L. O., & Salwiyah. (2020). Studi Produktivitas Primer Fitoplankton Di Perairan Danau Motonuno Desa Lakarinta Kecamatan Lohia Kabupaten Muna. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 5(1), 8–16.
- No.82, P. P. (2001). *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- Rasyid, A. (2009). Distribusi Klorofil a pada Musim Peralihan Barat-Timur di Perairan Spermonde Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 9, 125–132.
- Salwiyah. (2011). *Kondisi Kualitas Air Sehubungan dengan Kesuburan Perairan Sekitar PLTU NII Tanasa Kabupaten Konawe Provinsi Sulawesi Tenggara*. (Skripsi). Universitas Haluoleo.
- Sari, D. Y, Haeruddinm & Rudiyantri, S. (2017). Habitat Quality Review based on Level of Productivity as Utilization Database Coastal Waters Tasikagung Village. *JOURNAL OF MAQUARES*, Volume 6(4), 493.
- Soeprobowati, T. R., Suhry, H. C., Saraswati, T. R., & Jumari, J. (2020). Kualitas Air dan Indeks Pencemaran Danau Galela. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 236–241. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.236-241>
- Sofiyana, Marinda Sari, Fatchur R., & M. S. (2016). Pengembangan Buku Referensi Bioteknologi Berdasarkan Kajian Struktur Komunitas Lumut Epifit di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. *Konstruktivisme: Jurnal Pendidikan Dan Pengembangan*, 8 No.2.
- Suardiani, N. K., Arthana, I. W., & Kartika, G. R. A. (2018). Produktivitas Primer Fitoplankton pada Daerah Penangkapan Ikan di Taman Wisata Alam Danau Buyan, Buleleng, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 1(1), 8. <https://doi.org/10.24843/ctas.2018.v01.i01.p02>
- Sulastri. (2018). *Fitoplankton Danau-Danau di Pulau Jawa* (H. Yulistian (ed.)). <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Sulistyowati, E., Rohman, F., & Ibrohim, I. (2020). Perangkat Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbantuan Handout Berbasis Potensi Lokal Hutan Mangrove untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Sikap Peduli Lingkungan. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 5(3), 374. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v5i3.13272>
- Waluyo, L. (2013). *Mikrobiologi Lingkungan*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Winar, E. I. (2019). *Eutrofikasi Waduk dan Danau*.