

**ANALISIS KUALITAS AIR DI SITU TLAJUNG
HILIR DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI
MEDIA PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA
BERBASIS *E-MAGAZINE***

Skripsi

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan

Shakira

036121012



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS PAKUAN
BOGOR
2025**

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Penulis menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Kualitas air di Situ Tlajung Hilir dan Pemanfaatannya sebagai Media Pembelajaran Biologi SMA Berbasis *E-Magazine*” adalah hasil karya penulis dengan arahan dari dosen pembimbing. Karya ilmiah ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pendidikan. Sumber informasi yang dikutip dalam karya ilmiah ini, baik dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis telah memenuhi etika penulisan karya ilmiah dengan disebutkan dalam teks dan tercantum dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari ditemukan sebagian atau seluruh dari skripsi ini melanggar undang-undang hak cipta, maka peneliti siap bertanggung jawab secara hukum dan menerima konsekuensinya.

Bogor, 06 Agustus 2025



Shakira

036121012

ABSTRAK

Shakira. Analisis Kualitas Air di Situ Tlajung Hilir dan Pemanfaatannya sebagai Media Pembelajaran Biologi SMA Berbasis *E-Magazine*. Skripsi. Universitas Pakuan. Bogor. Di bawah bimbingan Dr. Rita Istiana, M.Pd. dan Dina Dyah Saputri, M.Si.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh adanya indikasi pencemaran di Situ Tlajung Hilir dan belum adanya data ilmiah mengenai status kualitas air di situ tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kualitas air berdasarkan parameter fisika, kimia, dan biologi, menentukan status mutu air, serta mengembangkan media pembelajaran berbasis *e-magazine* untuk siswa SMA. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan teknik *purposive sampling* di empat stasiun pengamatan. Data diperoleh melalui observasi langsung dan analisis laboratorium. Parameter fisika yang dianalisis meliputi suhu, kecerahan, intensitas cahaya, warna, dan bau; parameter kimia meliputi pH, DO, dan BOD; serta parameter biologi melalui plankton. Data dianalisis menggunakan dua pendekatan: indeks pencemaran (untuk suhu, pH, DO, dan BOD) dan *saprobic quotient* (SQ) untuk plankton. Hasil penelitian menunjukkan DO dan suhu berada di luar baku mutu, sedangkan pH dan BOD masih sesuai. Berdasarkan indeks pencemaran, keempat stasiun tergolong tercemar ringan, sedangkan berdasarkan SQ tergolong tercemar sedang hingga cukup berat. Hasil dari penelitian dikembangkan *e-magazine* dengan judul Lakezine yang memperoleh skor validasi rata-rata sebesar 98%, sehingga layak digunakan sebagai media pembelajaran Biologi SMA.

Kata kunci: *E-Magazine*, Kualitas Air, Situ Tlajung Hilir.

LEMBAR PENGESAHAN

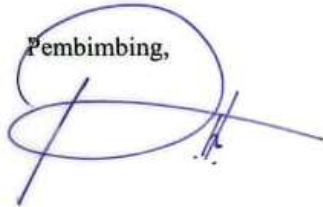
Judul : Analisis Kualitas Air di Situ Tlajung Hilir dan Pemanfaatannya
sebagai Media Pembelajaran Biologi SMA Berbasis *E-Magazine*

Peneliti : Shakira

NPM : 036121012

Disetujui oleh:

Pembimbing,



Dr. Rita Istiana, M.Pd

NIK. 1.1213032623

Pembimbing,



Dina Dyah Saputri, M.Si

NIK. 1.0416032740

Diketahui oleh:

Dekan FKIP

Universitas Pakuan,

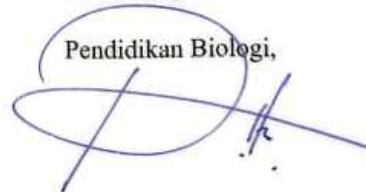



Dr. Eka Suhardi, M.Si

NIP. 1.0694021205

Ketua Program Studi

Pendidikan Biologi,



Dr. Rita Istiana, M.Pd.

NIK. 1.1213032623

Tanggal Lulus: 25 Juli 2025

Hak Pelimpahan Kekayaan Intelektual

Kami yang bertandatangan di bawah ini adalah para penyusun dan penanggung jawab skripsi yang berjudul "Analisis Kualitas Air di Situ Tlajung Hilir dan Pemanfaatannya sebagai Media Pembelajaran Biologi SMA Berbasis *E-Magazine*", yaitu:

1. Shakira, Nomor Pokok Mahasiswa (036121012), Mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pakuan, selaku penulis skripsi dengan tersebut di atas.
2. Dr. Rita Istiana, M.Pd., Dosen Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pakuan, selaku Pembimbing Satu Skripsi dengan judul tersebut di atas.
3. Dina Dyah Saputri, M.Si., Dosen Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pakuan, selaku Pembimbing Dua Skripsi dengan judul tersebut di atas.

Secara bersama-sama menyatakan kesediaan dan memberikan izin kepada Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Pakuan untuk melakukan revisi, penulisan ulang penggunaan data penelitian, dan atau pengembangan skripsi ini untuk kepentingan pendidikan dan keilmuan.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dan ditandatangani bersama agar selanjutnya dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bogor, 06 Agustus 2025

Yang Memberikan Pernyataan:

1. Shakira :



2. Pembimbing I :



3. Pembimbing II :



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad beserta keluarga, sahabat, dan para pengikutnya. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana pendidikan. Skripsi ini berjudul “**Analisis Kualitas Air di Situ Tlajung Hilir dan Pemanfaatannya sebagai Media Pembelajaran Biologi SMA Berbasis E-Magazine**”.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dan kekeliruan, hal ini semata-mata karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang penulis miliki. Oleh karena itu, penulis mempunyai banyak harapan semoga skripsi ini dapat menjadi alat penunjang dan ilmu pengetahuan bagi penulis dan pembaca pada umumnya tentang pentingnya menjaga kelestarian situ di lingkungan sekitar.

Penulis menyadari tanpa adanya bimbingan dan bantuan, skripsi ini tidak dapat terselesaikan. Maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam segala dukungan baik materi maupun moril. Secara khusus penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Rita Istiana, M.Pd selaku dosen pembimbing I dan selaku ketua Program Studi Pendidikan Biologi yang telah memberikan saran, motivasi, arahan, dan masukan kepada penulis.
2. Ibu Dina Dyah Saputri, M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran, motivasi, arahan, dan masukan kepada penulis.
3. Prof. Dr. Ir. H. Didik Notosudjono, M.Sc selaku Rektor Universitas Pakuan
4. Dr. Eka Suhardi, M.Si selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Pakuan.

5. Bapak Lufty Hari Susanto, M.Pd selaku Dosen Wali Program Studi Pendidikan Biologi Tahun 2021.
6. Seluruh dosen dan staf Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Pakuan.
7. Teristimewa kepada keluarga dan sahabat yang selalu memberikan dukungan moril dan materil kepada penulis.
8. Teman-teman pendidikan biologi angkatan 2021 yang telah memberikan semangat, dukungan, dan motivasi demi terselesaikannya skripsi ini.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak untuk perbaikan pada peneliti selanjutnya.

Bogor, 25 Juli 2025

Shakira
036121012

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A Latar Belakang	1
B Identifikasi Masalah	4
C Pembatasan Masalah	5
D Rumusan Masalah	5
F Tujuan Penelitian	5
G Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A Kualitas Air	7
B Situ	17
C Media Pembelajaran <i>E-Magazine</i>	10
D Hasil Penelitian Yang Relevan	20
F Kerangka Berpikir	21

BAB III	METODE PENELITIAN	24
A	Waktu Dan Tempat Penelitian	24
B	Metode Penelitian	24
C	Desain Penelitian	26
D	Analisis Data	29
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	35
A	Hasil Penelitian Kualitas Air	35
B	Hasil Kelayakan <i>E-Magazine</i>	37
C	Pembahasan hasil Kualitas Air	39
D	Pembahasan Produk <i>E-Magazine</i>	46
BAB V	SIMPULAN DAN SARAN	50
A	Simpulan	50
B	Saran	50
C	Rekomendasi	51
DAFTAR PUSTAKA		52

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Filum fitoplankton perairan air tawar	15
Tabel 2	Klasifikasi mutu air	16
Tabel 3	Baku mutu air.....	17
Tabel 4	Waktu penelitian	24
Tabel 5	Klasifikasi nilai IP.....	30
Tabel 6	Klasifikasi nilai SQ	31
Tabel 7	Identitas materi ajar.....	31
Tabel 8	Komponen pembelajaran	32
Tabel 9	Kerangka <i>e-magazine</i>	32
Tabel 10	Angket validasi <i>e-magazine</i> ahli materi.....	33
Tabel 11	Angket validasi <i>e-magazine</i> ahli media	33
Tabel 12	Kriteria tingkat kelayakan media pembelajaran.....	34
Tabel 13	Hasil pengukuran parameter kimia	35
Tabel 14	Hasil pengukuran parameter fisika	35
Tabel 15	Hasil analisis keberadaan plankton	36
Tabel 16	Hasil analisis parameter biologi.....	36
Tabel 17	Analisis indeks pencemaran.....	36
Tabel 18	Hasil revisi <i>e-magazine</i>	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Lokasi Situ Tlajung Hilir	18
Gambar 2	Kerangka berpikir.....	23
Gambar 3	Penentuan lokasi pengamatan	27
Gambar 4	Secchi disk	28
Gambar 5	Plankton net	29
Gambar 6	Skor validasi <i>e-magazine</i>	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	SK bimbingan skripsi	60
Lampiran 2	Surat izin penelitian	61
Lampiran 3	Surat peminjaman alat laboratorium.....	61
Lampiran 4	Surat validator ahli materi dan media.....	62
Lampiran 5	Hasil validasi ahli materi dan media.....	62
Lampiran 6	Surat hasil laboratorium untuk DO dan BOD	63
Lampiran 7	Analisis plankton	63
Lampiran 8	Produk <i>e-magazine</i>	64
Lampiran 9	Dokumentasi kegiatan penelitian.....	66
Lampiran 10	Publish artikel	66

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air termasuk salah satu unsur sumber daya alam yang memiliki peran krusial dalam menunjang keberlangsungan kehidupan di bumi. Tanpa air, tidak ada makhluk hidup yang dapat bertahan, karena air memiliki peran esensial dalam berbagai proses biologis (Lutfi & Zulfiqri, 2023). Selain itu, air juga berperan penting dalam menjaga ekosistem dan keberlangsungan alam. Sungai, danau, laut, dan sumber air lainnya merupakan habitat bagi berbagai spesies tumbuhan dan hewan. Dalam bidang pertanian, air juga menjadi komponen vital. Pertanian sangat bergantung pada air untuk irigasi tanaman yang menjadi sumber makanan manusia. Dengan demikian, ketersediaan air yang cukup dan berkualitas sangat mempengaruhi kehidupan di bumi.

Sumber air dapat ditemukan pada permukaan tanah, salah satunya yaitu danau. Warga Jawa Barat menyebut danau dengan istilah situ. Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2008, situ adalah suatu wadah genangan air di atas permukaan tanah yang terbentuk secara alami maupun buatan yang airnya berasal dari tanah atau air permukaan sebagai siklus hidrologis yang merupakan salah satu bentuk kawasan lindung. Menurut Kementerian Pekerja Umum dan Penataan Ruang 2015, situ merupakan salah satu reservoir alami yang berfungsi sebagai penampungan atau resapan air, pemasok cadangan air tanah, pendingin suhu udara kota, pengendali banjir, wisata olahraga air (perahu dayung, kano, memancing), habitat satwa liar, media budidaya ikan dan penambah keindahan kota.

Salah satu situ yang terdapat di Jawa Barat yaitu Situ Tlajung Hilir. Situ ini terletak di Desa Wanaherang, Kecamatan Gunung Putri, Kabupaten

Bogor, Jawa Barat dengan koordinat 6°24'44.16" LS dan 106°56'11.36" BT yang terbentuk secara alami dan memiliki luas 7 ha. Situ Tlajung Hilir memberikan berbagai manfaat ekologis dan ekonomis bagi masyarakat sekitar. Secara ekologis, situ ini berfungsi menjaga keseimbangan ekosistem lokal. Secara ekonomis, situ ini dimanfaatkan masyarakat sekitar untuk budidaya ikan air tawar seperti mujair (*Oreochromis mossambicus*) dan nila (*Oreochromis niloticus*), pengambilan ciput, pengairan lahan pertanian, serta sebagai lokasi pemancingan. Selain itu, situ ini juga berfungsi sebagai wadah penampungan air hujan yang berperan dalam mengurangi limpasan permukaan, sehingga membantu menahan dan mengendalikan banjir di kawasan sekitarnya.

Idealnya, situ berfungsi sebagai ekosistem perairan yang sehat dan berkelanjutan, terbebas dari limbah domestik, pabrik, maupun bahan berbahaya lainnya. Namun demikian, salah satu permasalahan utama di Situ Tlajung Hilir adalah tingginya input limbah yang diduga berasal dari kawasan permukiman dan aktivitas industri di sekitarnya. Hasil observasi menunjukkan adanya saluran pembuangan langsung ke badan air, yang berpotensi meningkatkan beban pencemaran. Apabila tidak dikelola dengan baik, kondisi ini dapat merusak keseimbangan ekosistem akuatik dan menurunkan kualitas air secara signifikan. Hal ini sejalan dengan peringatan Idrus (2015), bahwa pencemaran air dapat merusak ekosistem dan biota air. Pembuangan berbagai jenis limbah, baik yang mudah terurai maupun yang sukar terurai, ke dalam badan perairan mengakibatkan peningkatan beban pencemaran yang harus ditanggung oleh situ. Oleh sebab itu, jika sudah melebihi ambang batas maka situ dapat dikatakan tercemar. Hal ini menjadi perhatian global yang sejalan dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) ke-6 yaitu *Clean Water and Sanitation*, yang bertujuan untuk menjamin ketersediaan dan pengelolaan air bersih serta sanitasi yang berkelanjutan, termasuk melalui pengendalian pencemaran dan perlindungan ekosistem air tawar seperti danau.

Namun, hingga saat ini belum terdapat penelitian yang secara khusus menganalisis status kualitas airnya berdasarkan parameter fisika, kimia, dan biologi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran objektif mengenai kondisi perairan situ sebagai dasar untuk upaya pelestarian. Sebagai bagian dari ekosistem perairan tawar, situ ini menyediakan habitat bagi berbagai spesies akuatik, sekaligus mendukung kehidupan masyarakat melalui pemanfaatannya untuk budidaya ikan, irigasi pertanian, hingga aktivitas ekonomi seperti pemancingan. Oleh karena itu, informasi mengenai kualitas air sangat penting tidak hanya untuk melindungi kesehatan manusia dan hewan, menjaga keberlanjutan sumber daya air, serta mencegah pencemaran lingkungan, tetapi juga untuk menjamin keberlangsungan kegiatan ekonomi yang bergantung pada situ tersebut. Dengan tersedianya data kualitas air, masyarakat diharapkan lebih memahami pentingnya menjaga ekosistem perairan sebagai bagian dari tanggung jawab bersama terhadap lingkungan..

Untuk menjaga kelestarian lingkungan sekitar, pendidikan memerankan peran yang besar. Pendidikan berperan penting dalam membentuk individu melalui pemberian pengetahuan, pengembangan keterampilan, serta internalisasi nilai-nilai moral yang turut memengaruhi perilaku mereka dalam kehidupan sehari-hari. Pendidikan juga berfungsi sebagai media untuk meningkatkan kesadaran tentang berbagai isu, seperti isu lingkungan. Salah satu sasaran dalam tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*) ke-4 yakni *Quality Education*, yaitu memastikan pendidikan yang inklusif, berkualitas, dan relevan dengan tantangan dunia nyata. Di tingkat Sekolah Menengah Atas kelas X pada Kurikulum Merdeka terdapat fase E yang mempelajari materi tentang Perubahan Lingkungan. Pemahaman bermakna pada materi Perubahan Lingkungan yaitu peserta didik dapat memahami tentang pentingnya menjaga lingkungan. Hal ini penting dipelajari untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan, seperti pencemaran air.

Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya difokuskan pada kajian terhadap pencemaran situ, melainkan juga mengintegrasikan inovasi berupa pengembangan media pembelajaran biologi berbasis *e-magazine* untuk jenjang SMA. *E-magazine* yang digunakan sebagai sumber belajar ini tidak memerlukan instalasi aplikasi tertentu, dapat dioperasikan di laptop, komputer, gadget, dan sejenisnya. Selain itu penyajian informasi dari *e-magazine* ini menarik, dimana selain terdapat teks juga terdapat gambar, video, fitur interaktif, serta tampilannya *flipbook* sehingga menarik untuk digunakan. Melalui pemanfaatan media pembelajaran ini, diharapkan peserta didik mampu meningkatkan literasi lingkungan yang pada akhirnya mendorong terbentuknya perilaku positif dalam upaya pelestarian lingkungan dan menjaga kualitas air situ.

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti mengangkat judul penelitian “Analisis Kualitas Air di Situ Tlajung Hilir dan Pemanfaatannya sebagai Media Pembelajaran Biologi SMA Berbasis *E-Magazine*”.

B. Identifikasi Masalah

Merujuk pada uraian latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Belum ada penelitian terkait analisis kualitas air di Situ Tlajung Hilir menggunakan parameter kimia, fisika, dan biologi.
2. Adanya pembuangan berbagai jenis limbah ke dalam badan perairan mengakibatkan peningkatan beban pencemaran yang harus ditanggung oleh situ.
3. Penurunan kualitas air menandakan air tersebut sudah tercemar sehingga keberadaan makhluk hidup di situ akan terganggu.
4. Jika parameter fisika, kimia, dan biologi melebihi standar baku mutu, maka penurunan kualitas perairan dapat menimbulkan dampak serius terhadap keseimbangan ekosistem.
5. Masih terbatas media pembelajaran berbasis elektronik bagi peserta didik yang dapat meningkatkan rasa tanggung jawab dalam menjaga kelestarian lingkungan sekitar.

C. Pembatasan Masalah

Dengan mempertimbangkan identifikasi permasalahan, penelitian ini dibatasi pada ruang lingkup berikut agar pembahasan lebih terarah dan fokus:

1. Analisis kualitas air di Situ Tlajung Hilir di empat stasiun meliputi wilayah utara, timur, selatan, dan barat.
2. Data yang diambil dalam penelitian ini adalah parameter kimia, fisika, dan biologi, serta status mutu perairan di Situ Tlajung Hilir.
3. Sumber belajar yang dibuat dari hasil penelitian ini berupa *e-magazine* materi perubahan lingkungan hingga tahap pengembangan.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas air berdasarkan parameter kimia, fisika, dan biologi di Situ Tlajung Hilir?
2. Bagaimana status mutu air di Situ Tlajung Hilir?
3. Apakah hasil dari penelitian ini layak dijadikan sebagai suatu media pembelajaran biologi berbasis *e-magazine* dalam materi perubahan lingkungan?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Menganalisis kualitas air di Situ Tlajung Hilir menggunakan parameter kimia, fisika, dan biologi di empat stasiun meliputi wilayah utara, timur, selatan, dan barat.
2. Menentukan status mutu air di Situ Tlajung Hilir.
3. Membuat media belajar *e-magazine* serta uji kelayakan yang digunakan sebagai media pembelajaran biologi SMA.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi peneliti

Penelitian ini dapat menambah pengetahuan dan memberikan gambaran informasi tentang analisis kualitas air di Situ Tlajung Hilir

serta menjadi sumber informasi dan referensi bagi peneliti-peneliti selanjutnya.

2. Bagi sekolah

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam memperkaya khazanah literatur mengenai kualitas air di Situ Tlajung Hilir. Pengembangan media pembelajaran berupa *e-magazine* memiliki potensi untuk diimplementasikan secara langsung dalam proses pendidikan, khususnya guna meningkatkan efektivitas pembelajaran biologi pada topik perubahan lingkungan di kelas X. *E-magazine* ini dapat dimanfaatkan oleh guru dan siswa sebagai media pembelajaran yang menarik dan kontekstual. Bagi peserta didik, media ini juga menyajikan informasi aktual mengenai kondisi kualitas air di Situ Tlajung Hilir, yang diharapkan dapat menumbuhkan kesadaran dan tanggung jawab terhadap pentingnya menjaga kelestarian ekosistem perairan.

3. Bagi masyarakat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi mengenai kondisi perairan di Situ Tlajung Hilir serta mendorong peningkatan kesadaran masyarakat dalam upaya pelestarian lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kualitas Air

Air merupakan sumber daya yang tak tergantikan, meskipun ketersediaan dan kualitasnya mengalami variasi berdasarkan wilayah dan waktu. (Vivan *et al.*, 2023). Sebagai elemen vital bagi kehidupan seluruh organisme, kualitas air memiliki peran penting dalam menunjang kesehatan, kesejahteraan manusia, serta keseimbangan ekosistem (Mardizal *et al.*, 2024). Menurut Diersing *et al.* (2009), istilah kualitas air merujuk pada kondisi air yang mencakup karakteristik fisika, kimia, dan biologi. Penilaian kualitas air umumnya dikaitkan dengan tingkat kesesuaiannya untuk tujuan tertentu, seperti konsumsi, rekreasi, atau aktivitas perikanan. Namun, seiring perkembangan zaman, kualitas air di berbagai wilayah mengalami penurunan yang signifikan akibat meningkatnya pencemaran.

Menurut Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan /atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu air yang telah ditetapkan. Menurut Pinontoan (2019), pencemaran pada berbagai sumber air seperti danau, sungai, laut, dan air tanah umumnya disebabkan oleh aktivitas antropogenik atau ulah manusia. Air dikategorikan tercemar apabila tidak lagi dapat digunakan sesuai dengan peruntukannya. Meskipun beberapa fenomena alam seperti letusan gunung berapi, pertumbuhan gulma yang berlebihan, badai, dan gempa bumi turut memengaruhi perubahan kualitas air, faktor-faktor tersebut tidak dapat dianggap sebagai penyebab utama pencemaran air.

1. Sumber pencemaran air

Secara umum, sumber-sumber pencemaran air adalah sebagai berikut:

1. Limbah industri.
2. Pengurangan lahan hijau/hutan akibat perumahan, bangunan.
3. Limbah pertanian.
4. Limbah pengolahan kayu.
5. Penggunaan bom oleh nelayan dalam mencari ikan.
6. Rumah tangga.

2. Parameter kualitas air

Parameter kualitas air adalah indikator yang menyatakan standar kelayakan dari air tersebut yang digunakan sesuai dengan peruntukan dan kebutuhannya. Dengan menguji kualitas air menggunakan parameter kualitas air, maka dapat diketahui kualitas dari air tersebut. Adapun parameter yang dapat digunakan untuk menguji kualitas air yaitu parameter kimia, fisika, dan biologi (Saputra *et al.*, 2023).

a. Kualitas air berdasarkan parameter kimia

1) pH (derajat keasaman)

pH (derajat keasaman) merupakan indikator penting dalam menentukan kualitas perairan (Riza *et al.*, 2015). pH merupakan suatu ukuran dari konsentrasi ion hidrogen dan menunjukkan suasana asam atau basa pada suatu perairan (Gazali *et al.*, 2013). Perubahan pH dalam perairan dapat memengaruhi berbagai proses kimia, fisika, dan biologi yang berlangsung, termasuk aktivitas dan kelangsungan hidup organisme akuatik di dalamnya (Putra & Yulia, 2019).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, baku mutu air danau kategori kelas III untuk pH yaitu 6-9. Konsentrasi pH air dipengaruhi oleh kadar karbon dioksida (CO₂), yang berfluktuasi sesuai dengan waktu. Pada siang hari, aktivitas fotosintesis organisme autotrof menurunkan konsentrasi CO₂, sehingga menyebabkan peningkatan nilai pH. Sebaliknya, pada

malam hari, seluruh organisme akuatik melakukan respirasi dan melepaskan CO₂ ke dalam air, yang mengakibatkan penurunan pH (Supriatna *et al.*, 2020).

Nilai pH dalam perairan ditentukan oleh konsentrasi ion hidrogen (H⁺); semakin tinggi konsentrasi ion tersebut, semakin rendah nilai pH, yang pada akhirnya meningkatkan sifat toksisitas perairan. Sebagian besar organisme akuatik sangat sensitif terhadap perubahan pH dan umumnya berkembang optimal dalam kisaran pH 7,0 hingga 8,5. Kondisi pH berperan penting dalam mengatur dinamika kimiawi unsur atau senyawa serta proses-proses biokimia di dalam perairan. Sebagai contoh, penurunan pH dapat menghambat proses nitrifikasi. Perubahan pH yang menurun hingga mendekati nilai 6 dapat memengaruhi kelimpahan dan keanekaragaman plankton serta bentos. Sementara itu, pada pH di bawah 5, terjadi penurunan signifikan pada biomassa zooplankton dan peningkatan dominansi alga hijau berfilamen. Jika pH menurun hingga mencapai nilai 4, sebagian besar tumbuhan hijau tidak mampu bertahan hidup (Suyasa, 2015).

2) DO (*Dissolved Oxygen* atau Oksigen Terlarut)

Tersedianya DO dalam air sangat menentukan kehidupan organisme akuatik, karena DO digunakan untuk respirasi, pertumbuhan, perkembangbiakan, proses metabolisme oleh jasad hidup organisme akuatik. DO dalam suatu perairan diperoleh melalui difusi dari udara ke dalam air, aerasi mekanis dan fotosintesis tanaman akuatik. Konsentrasi DO pada umumnya mengalami penurunan dengan bertambahnya kedalaman dan biasanya konsentrasi DO tertinggi berada pada lapisan permukaan perairan (Adithiya *et al.*, 2023).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, baku mutu air danau kategori kelas III untuk oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) adalah 3 mg/L. Kadar oksigen terlarut

(DO) yang tinggi menunjukkan bahwa kualitas air berada dalam kondisi baik, sedangkan penurunan nilai DO merupakan indikator adanya pencemaran dalam perairan (Laurenza, 2023).

3) BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD (*Biological Oxygen Demand*) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat pemecahan bahan organik pada kondisi aerobik (Ramadani *et al.*, 2021). BOD merupakan parameter yang mencerminkan konsentrasi bahan organik terurai dalam perairan dimana semakin besar beban limbah organik, semakin tinggi pula nilai BOD yang dihasilkan. (Riza *et al.*, 2015).

Nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) mencerminkan konsentrasi bahan organik di perairan, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme aerob untuk menguraikan bahan organik menjadi karbon dioksida dan air. Proses oksidasi ini dilakukan oleh berbagai jenis mikroba yang hidup di dalam air, dan sangat bergantung pada ketersediaan nutrisi. Namun demikian, keberadaan zat toksik dapat menghambat aktivitas mikroba dalam menguraikan bahan organik. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, nilai BOD untuk kelas III yaitu 6 mg/L.

b. Kualitas perairan berdasarkan parameter fisika

1) Suhu

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, suhu adalah ukuran kuantitatif terhadap temperatur, yaitu panas dinginnya badan atau hawa. Pengukuran suhu air dilakukan dengan menggunakan alat berupa termometer.

Suhu merupakan suatu faktor pembatas penting di ekosistem perairan tawar karena jasad-jasad akuatik seringkali kurang dapat menoleransi perubahan-perubahan suhu atau yang bisa disebut dengan stenothermal. Bahkan pencemaran termal dalam tingkat

ringan sekalipun dapat menimbulkan dampak yang luas terhadap lingkungan perairan (Soegianto, 2010). Kenaikan suhu perairan sebesar 10°C dapat menyebabkan peningkatan laju konsumsi oksigen oleh organisme akuatik hingga 2–3 kali lipat, sehingga kebutuhan oksigen dalam ekosistem perairan turut meningkat secara signifikan (Ramadani *et al.*, 2021).

Suhu merupakan faktor yang memengaruhi berbagai aspek dalam ekosistem perairan, termasuk kadar oksigen terlarut, laju metabolisme organisme akuatik, serta berbagai reaksi kimia yang berlangsung di dalam air. Perubahan suhu yang signifikan dapat menimbulkan stres fisiologis pada organisme akuatik dan berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem. Suhu yang terlalu tinggi juga dapat merangsang pertumbuhan alga secara berlebihan, sekaligus menurunkan kandungan oksigen terlarut, sehingga memperburuk kondisi kualitas perairan (Mardizal, 2024). Rentang suhu optimal untuk mendukung pertumbuhan fitoplankton berada pada kisaran 20°C hingga 30°C (Oktaria *et al.*, 2021).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, baku mutu air untuk kelas III yaitu deviasi 3 yang artinya jika suhu normalnya 25°C, maka kriteria untuk kelas III yaitu 22°C-28°C.

2) Kecerahan

Tingkat kecerahan atau kejernihan air sangat dipengaruhi oleh keberadaan partikel-partikel tersuspensi, seperti lumpur. Kekeruhan air tersebut akan memengaruhi sejauh mana cahaya matahari dapat menembus hingga ke dasar perairan (Merliyana, 2017). Kekeruhan air disebabkan oleh keberadaan material anorganik maupun organik yang terlarut atau tersuspensi dalam perairan, seperti partikel lumpur serta limbah dari aktivitas pertambangan, pelabuhan, dan rumah tangga (Riza *et al.*, 2015).

Jika cahaya matahari kurang di perairan, maka mikroorganisme tidak dapat melakukan fotosintesis dengan

sempurna. Fotosintesa dibutuhkan untuk menghasilkan oksigen yang cukup bagi organisme perairan (Suyasa, 2015). Kecerahan yang baik untuk kehidupan organisme air adalah lebih dari 45 cm, dimana semakin dalam lapisan air yang dapat ditembus cahaya maka semakin baik untuk kehidupan akuatik (Pahrela *et al.*, 2023).

3) Intensitas cahaya

Menurut Laurenza (2023), intensitas cahaya matahari merupakan komponen dasar yang mendukung dinamika ekosistem perairan. Energi yang diperoleh melalui proses fotosintesis digunakan untuk membentuk bahan organik dalam berbagai bentuk di lingkungan danau. Tingkat radiasi matahari yang mencapai permukaan perairan akan memengaruhi aktivitas alga dan fitoplankton, yang memiliki peran penting sebagai produsen primer dalam proses fotosintesis di ekosistem akuatik. Intensitas cahaya matahari berpengaruh terhadap fluktuasi suhu perairan, di mana peningkatan intensitas cahaya cenderung menyebabkan kenaikan suhu air (Zainuri *et al.*, 2023). Ketika intensitas cahaya matahari meningkat, suhu lingkungan cenderung mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya jumlah energi radiasi yang diserap oleh permukaan (Deqita, 2022).

4) Warna

Warna perairan dipengaruhi oleh keberadaan ion logam seperti besi dan mangan, serta oleh kandungan humus, plankton, dan tumbuhan air. Warna tampak merupakan warna yang terbentuk akibat kombinasi antara zat terlarut, termasuk ion-ion logam, dan partikel padat tersuspensi di dalam perairan (Asnawi, 2023). Peningkatan pH dapat menyebabkan intensitas warna air meningkat, sementara keberadaan warna dalam perairan turut mengurangi kemampuan cahaya untuk menembus lapisan air (Suyasa, 2015).

Menurut Laurenza (2023), terdapat kriteria warna air yang dapat dijadikan acuan standar dalam upaya pengelolaan kualitas perairan, sebagaimana dijelaskan berikut ini:

1. Warna air danau hijau tua menunjukkan bahwa adanya dominasi chlorophyceae.
2. Warna air kecoklatan menunjukkan bahwa adanya dominasi diatom.
3. Warna air hijau kecoklatan menunjukkan bahwa dominasi yang terjadi perpaduan antara diatom dengan chlorophyta.

Menurut Sitorus (2019), warna air dapat dijadikan sebagai indikator awal untuk mendeteksi pencemaran perairan. Perubahan warna air menjadi hijau, merah, atau kuning menunjukkan bahwa perairan tersebut telah tercemar, baik oleh limbah industri yang mengandung zat pewarna, maupun oleh limbah domestik dan pertanian yang kaya akan bahan organik. Kandungan nutrisi yang berlebihan dapat memicu proses eutrofikasi, yang menyebabkan ledakan populasi fitoplankton tertentu (*blooming*), sehingga mengubah warna air. Jika yang mengalami *blooming* adalah alga hijau (Chlorophyceae), maka air akan tampak berwarna hijau; jika alga merah (Rhodophyceae) mendominasi, air akan tampak kemerahan; sedangkan dominasi alga keemasan (Chrysophyceae) menyebabkan air tampak kekuningan.

5) Bau

Bau umumnya berasal dari berbagai aktivitas, seperti pembuangan limbah industri, proses pembusukan limbah organik yang menghasilkan gas hidrogen sulfida, serta dekomposisi bahan organik lainnya. Bahan makanan yang mengandung protein dan gugus amina dapat terurai menjadi senyawa amonia yang bersifat mudah menguap dan berbau tidak sedap. Selain itu, perairan yang tercemar sering kali mengandung mikroorganisme, termasuk bakteri patogen yang berpotensi membahayakan kesehatan

manusia (Suyasa, 2015). Timbulnya bau dari air khususnya bau telur busuk (belerang) merupakan indikator sudah terjadinya penguraian bahan organik dalam air. Maka sudah dapat dipastikan bahwa perairan tersebut telah mengalami pencemaran dan sudah berkembang mikroba pengurai (Sitorus, 2019).

c. Kualitas perairan berdasarkan parameter biologi

Kualitas perairan dapat dinilai melalui parameter biologi, salah satunya dengan menganalisis keberadaan plankton, yang berfungsi sebagai indikator kesehatan ekosistem perairan. Plankton merespons cepat perubahan kualitas air seperti peningkatan nutrisi, polusi, dan suhu. Karena siklus hidupnya singkat dan berada di dasar rantai makanan, plankton menjadi indikator awal perubahan ekosistem danau sebelum dampaknya terlihat pada organisme lain (Manzoor, 2021).

1) Zooplankton

Menurut Wijaya *et al.* (2022), zooplankton merupakan organisme hewani yang hidup melayang di perairan. Organisme ini memiliki peran yang sangat penting dalam struktur rantai makanan akuatik sebagai penghubung antara produsen primer, seperti fitoplankton, dan konsumen tingkat lebih tinggi.

Menurut Dang *et al.* (2015), zooplankton memegang peran kunci dalam transfer energi dari produsen primer ke konsumen tingkat pertama dalam jenjang trofik ekosistem perairan. Oleh karena itu, keberadaan dan kelimpahannya di suatu perairan dapat mencerminkan karakteristik ekosistem perairan tersebut. Ada beberapa phylum yang termasuk zooplankton, yaitu Sarcomastigophora, Rotifera, Arthropoda, dan Ciliophora.

2) Fitoplankton

Fitoplankton adalah salah satu golongan plankton yang mempunyai klorofil (Adani *et al.*, 2013). Fitoplankton berperan sebagai salah satu bioindikator yang efektif dalam mencerminkan

kondisi kualitas perairan. Organisme ini bersifat kosmopolit dan memiliki dinamika populasi yang tinggi, di mana dominasi suatu spesies dapat berubah seiring waktu tergantung pada perubahan kondisi lingkungan perairan. Walaupun komposisi fitoplankton di perairan danau secara temporal dan spasial bervariasi, karakteristik kondisi fisik dan kimiawi lingkungan perairan banyak yang dipengaruhi aktivitas antropogenik dapat mencerminkan komposisi fitoplankton yang tumbuh di lingkungan perairan tersebut (Pranoto & Herald, 2022).

Peningkatan jumlah fitoplankton yang berlebihan sering kali menandakan adanya eutrofikasi, yang dapat merugikan ekosistem dengan mengurangi oksigen di dalam air. Sebaliknya, populasi plankton yang seimbang mencerminkan perairan yang sehat dan mampu mendukung kehidupan organisme lainnya.

Filum utama pada fitoplankton perairan air tawar ditinjau dari penampakan mikroskopis (Sulastri, 2018):

Tabel 1 Filum fitoplankton perairan air tawar

No.	Filum	Tipe Warna	Penampakan Morfologi Sel	Pergerakan Sel atau Koloni Sel
1.	Chrysophyta	Cokelat keemasan	Mikroskopis, sel tunggal, atau koloni	Beberapa jenis pergerakan menggunakan flagela
2.	Bacillariophyta/ Diatom	Cokelat keemasan	Mikroskopis, sel tunggal, atau koloni berbentuk filamen	Meluncur pada substrat
3.	Chlorophyta	Hijau rumput	Mikroskopis atau mudah dilihat, berbentuk sel tunggal, koloni atau koloni berbentuk filamen	Beberapa jenis bersel tunggal atau koloni, berflagela
4.	Cyanophyta	Biru hijau	Mikroskopis atau mudah dilihat, biasanya berbentuk koloni	Menggunakan gelembung gas atau beberapa dapat meluncur
5.	Dinophyta/ Pyrrhophyta/ Dinoflagelata	Merah kecoklatan	Mikroskopis, berbentuk sel tunggal	Seluruhnya menggunakan flagela
6.	Euglenophyta	Beragam warna	Mikroskopis, berbentuk sel tunggal	Umumnya menggunakan flagela
7.	Xanthophyta	Kuning kehijauan	Mikroskopis, berbentuk sel tunggal atau filamen	Zoospora dan gamet berfilamen

No.	Filum	Tipe Warna	Penampakan Morfologi Sel	Pergerakan Sel atau Koloni Sel
8.	Cryptophyta/ cryptomonas	Bermacam- macam warna	Mikroskopis berbentuk sel tunggal	Tidak melakukan pergerakan
9.	Rhodophyta	Merah	Mikroskopis atau mudah dilihat, berbentuk sel tunggal atau koloni	Tidak melakukan pergerakan
10.	Phaeophyta	Cokelat	Mudah dilihat, terdiri atas beberapa sel, dilengkapi dengan bantalan dan lapisan kulit pada perakaran	Tidak melakukan pergerakan

3. Baku mutu air

Baku mutu air adalah seperangkat standar yang ditetapkan untuk memastikan bahwa kualitas air memenuhi persyaratan yang aman bagi konsumsi manusia dan keberlanjutan ekosistem. Standar ini mencakup sejumlah parameter kimia, fisika, dan biologi yang diawasi dan diukur secara rutin untuk memastikan hawa air yang dikonsumsi atau digunakan oleh masyarakat dan lingkungan tidak membahayakan kesehatan atau keberlangsungan ekosistem (Boyd, 2019).

Tabel 2 Klasifikasi mutu air berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air

Kelas	Kegunaan
I	Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
II	Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
III	Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
IV	Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Tabel 3 Baku mutu air danau dan sejenisnya berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup

Parameter	Unit	Kelas			
		1	2	3	4
Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3
pH		6-9	6-9	6-9	6-9
BOD	Mg/L	2	3	6	12
DO	Mg/L	6	4	3	1

Berdasarkan teori-teori yang telah diuraikan, dapat disintesis bahwa kualitas air memiliki peran penting dalam mendukung keberlanjutan lingkungan, kesehatan masyarakat, serta berbagai aktivitas yang bergantung pada sumber daya air. Penurunan kualitas air ditandai oleh adanya pencemaran, yaitu masuknya zat-zat pencemar ke dalam badan air akibat aktivitas antropogenik, yang menyebabkan konsentrasi pencemar melebihi ambang batas baku mutu air yang telah ditetapkan.

B. Situ Tlajung Hilir

Warga Jawa Barat menyebut danau dengan istilah situ. Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 54 Tahun 2008, situ adalah suatu wadah genangan air di atas permukaan tanah yang terbentuk secara alami maupun buatan yang airnya berasal dari tanah atau air permukaan sebagai siklus hidrologis yang merupakan salah satu bentuk kawasan lindung. Menurut Kementerian Pekerja Umum dan Penataan Ruang 2015, situ atau danau merupakan salah satu reservoir alami yang berfungsi sebagai penampungan atau resapan air pemasok cadangan air tanah, pendingin suhu udara kota, pengendali banjir, wisata olahraga air (perahu dayung, kano, memancing), habitat satwa liar, media budidaya ikan dan penambah keindahan kota.



Gambar 1 Lokasi Situ Tlajung Hilir

Salah satu situ yang terdapat di Jawa Barat yaitu Situ Tlajung Hilir. Tepatnya Situ Tlajung Hilir ini terletak di Desa Wanaherang, Kecamatan Gunung Putri, Kabupaten Bogor, Jawa Barat dengan titik koordinat $6^{\circ}24'44.16''$ LS dan $106^{\circ}56'11.36''$ BT. Situ ini terbentuk secara alami dengan memiliki luas 7 ha. Dalam Dinas Pengelolaan Sumber daya Air, kapasitas/daya tampung situ di kualifikasi menjadi besar (luas lebih dari 10 ha), sedang (luas 2-10 ha), dan kecil (luas kurang dari 2 ha). Berdasarkan hal tersebut maka Situ Tlajung Hilir memiliki kapasitas/daya tampung yang sedang. Situ ini dikelilingi oleh kawasan pemukiman, jalan raya, perkebunan, dan pemancingan.

Situ Tlajung Hilir memberikan berbagai manfaat ekologis dan ekonomis bagi masyarakat sekitar. Secara ekologis, situ ini berfungsi menjaga keseimbangan ekosistem lokal. Secara ekonomis, situ ini dimanfaatkan masyarakat sekitar untuk budidaya ikan air tawar seperti mujair (*Oreochromis mossambicus*) dan nila (*Oreochromis niloticus*), pengambilan ciput, pengairan lahan pertanian, serta sebagai lokasi pemancingan. Selain itu, situ ini juga berfungsi sebagai wadah penampungan air hujan yang berperan dalam mengurangi limpasan permukaan, sehingga membantu menahan dan mengendalikan banjir di kawasan sekitarnya. Namun demikian, salah satu permasalahan utama di Situ Tlajung Hilir adalah tingginya input limbah yang diduga berasal dari kawasan permukiman dan aktivitas industri di sekitarnya. Kurangnya sistem pengelolaan limbah terpadu menyebabkan meningkatnya beban pencemaran yang mengancam keseimbangan ekosistem perairan.

Dari teori-teori di atas, dapat disintesis bahwa situ adalah suatu wadah genangan air di atas permukaan tanah yang terbentuk secara alami maupun buatan yang air nya berasal dari tanah atau air permukaan yang memiliki beberapa fungsi.

C. Media Pembelajaran *E-Magazine*

E-magazine adalah media pembelajaran berbentuk majalah digital yang sepenuhnya disajikan dalam format elektronik tanpa menggunakan kertas. Kontennya dapat diakses melalui perangkat berbasis listrik, seperti komputer dan ponsel pintar, sehingga memudahkan distribusi dan penggunaan (Sangian, 2014; Ramli *et al.*, 2023). Media ini mampu menyajikan materi pembelajaran secara menarik melalui berbagai elemen multimedia, seperti gambar, video, audio, hingga fitur evaluatif seperti teka-teki silang yang mendukung interaktivitas dan meningkatkan efektivitas pembelajaran (Supriyadi *et al.*, 2018). Dalam proses pembuatannya, *e-magazine* dapat dirancang menggunakan aplikasi desain grafis seperti Canva, yang memungkinkan pengguna untuk berkreasi secara mudah dan menarik dalam menghasilkan konten visual yang komunikatif (Gunawan *et al.*, 2022).

E-magazine memiliki sejumlah keunggulan yang membuatnya menjadi media pembelajaran yang efektif. Pertama, *e-magazine* dapat menyajikan informasi dengan tata letak yang menarik, menggunakan elemen visual, grafis, dan multimedia yang dapat menarik perhatian pembaca. Kedua, sifat interaktif *e-magazine* memungkinkan pembaca untuk berpartisipasi aktif, seperti melakukan klik untuk mendapatkan informasi tambahan atau menyelesaikan kuis yang terintegrasi. Hal ini membuat pembelajaran menjadi lebih menarik dan berkesan (Septiani *et al.*, 2022). *E-Magazine* memiliki beberapa manfaat, yaitu menarik minat peserta didik, memperkaya pengalaman belajar, meningkatkan pemahaman, meningkatkan motivasi, mengembangkan keterampilan, serta membuat proses belajar maupun mengajar lebih efektif dan efisien (Adhan *et al.*, 2023).

Penggunaan *e-magazine* dalam konteks literasi lingkungan memiliki dampak positif. Melalui penyajian informasi yang menarik dan mudah diakses, *e-magazine* dapat meningkatkan pemahaman masyarakat tentang isu-isu lingkungan. Sehingga *e-magazine* mampu memberikan peningkatan literasi ilmiah peserta didik (Shofia *et al.*, 2024). Visualisasi yang kaya dan penjelasan yang terperinci dapat membantu audiens memahami kompleksitas masalah lingkungan dan dampak dari aktivitas manusia (Karomah *et al.*, 2023).

Setiap keunggulan atau kelebihan, pastinya ada kekurangan. Menurut Risti (2022), kekurangan *e-magazine* yaitu biaya akses yang diperlukan cukup mahal dan terbatasnya sasarannya, hanya dapat dinikmati oleh orang yang paham akan teknologi. Selain itu menurut Nurhasanah *et al.* (2022), kekurangan dari *e-magazine* yaitu *e-magazine* memiliki ukuran penyimpanan yang cukup besar dan memerlukan akses internet untuk mengakses video yang disajikan.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disintesis bahwa *e-magazine* merupakan media pembelajaran digital berbasis teknologi yang bersifat menarik dan interaktif, sehingga berpotensi meningkatkan motivasi belajar, pemahaman konsep, serta literasi lingkungan peserta didik..

D. Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh (Laurenza, 2023) dengan judul Analisis Kualitas Air di Danau Situ Gede sebagai Media Pembelajaran Biologi Berbasis *E-Handout* yang bertujuan untuk menentukan analisis kualitas air di Danau Situ Gede menggunakan parameter fisika, kimia, dan biologi di empat stasiun, menghitung produktivitas perairan, menentukan status mutu air, dan membuat *e-handout*. Analisis data menggunakan indeks pencemaran. Pada stasiun I & II tergolong kategori perairan dengan tingkat pencemaran sedang dan stasiun III & IV tergolong dengan tingkat pencemaran ringan. Hasil validasi materi dan media pembelajaran didapatkan skor rata-rata sebanyak 84% sehingga dapat meningkatkan motivasi belajar siswa.

Penelitian yang dilakukan oleh (Nurfadillah *et al.*, 2023) dengan judul *Pollution status of Aneuk Laot lake Sabang based on pollution index and saprobic index* yang bertujuan untuk menilai kondisi pencemaran Danau Aneuk Laot di Sabang dengan menggunakan indikator indeks pencemaran, CCME WQI, dan indeks saprobik. Dilakukan dengan menggunakan metode *stratified random sampling* di empat stasiun. Hasil penelitian yaitu tercemar ringan untuk kelas III dan indeks saprobik 2,3 (tercemar sedang).

Penelitian yang dilakukan oleh (Risya, 2020) dengan judul Pengembangan Bahan Ajar Berbasis *E-Magazine* pada Materi Pencemaran Lingkungan dalam Meningkatkan Tanggung Jawab Lingkungan Siswa SMA. Dengan metode R&D model ADDIE. Hasil validasi 90% yang menunjukkan bahwa *e-magazine* dapat meningkatkan perilaku tanggung jawab lingkungan siswa yang menyajikan masalah pencemaran lingkungan serta penanganannya dengan komponen isi yang dapat membantu siswa memahami materi melalui pembelajaran mandiri.

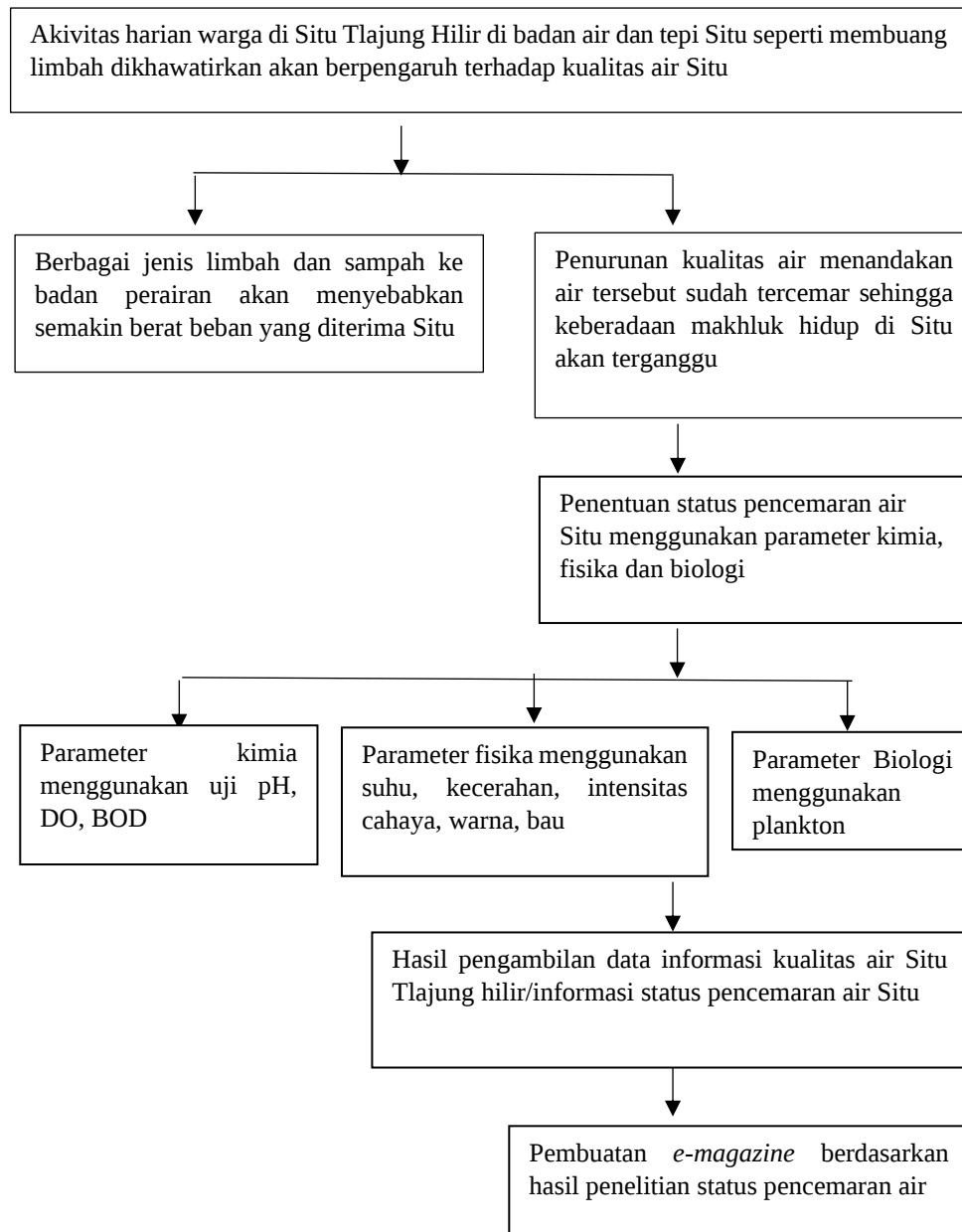
E. Kerangka Berpikir

Air bersih sangat penting dalam kehidupan manusia, dan situ yang bersih memainkan peran kunci dalam menyediakan sumber air bersih. Sejak dahulu situ telah dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan manusia, misalnya pemanfaatan situ untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, sanitasi lingkungan, pertanian, industri, pariwisata, olahraga, pertahanan, perikanan, dan transportasi. Demikian pula fungsinya bagi alam sebagai pendukung utama kehidupan tumbuhan dan hewan.

Situ Tlajung Hilir merupakan danau yang melintasi Desa Wanaherang, Kecamatan Gunung Putri, kabupaten Bogor yang hingga saat ini masih dimanfaatkan oleh warga sekitar untuk beberapa keperluan sehari-hari. Adanya aktivitas warga dan buangan limbah langsung ke situ menyebabkan penurunan kualitas air situ yang berdampak pada organisme akuatik di Situ Tlajung Hilir, sehingga perlu adanya analisis mengenai kualitas air di Situ Tlajung Hilir.

Penelitian ini dilakukan di Situ Tlajung Hilir dengan menguji kualitas air menggunakan tiga parameter yaitu parameter kimia, fisika, dan biologi serta status mutu perairan. Dari data-data tersebut dapat menentukan tingkat kualitas air pada Situ Tlajung Hilir.

Hasil dari penelitian kualitas air ini akan dimanfaatkan menjadi media pembelajaran biologi bagi peserta didik SMA dalam bentuk *e-magazine*. Media pembelajaran yang dibuat akan mengacu pada fase e materi perubahan lingkungan.



Gambar 2 Kerangka Berpikir

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2024 – Juli 2025. Jadwal tersebut digambarkan dalam bentuk tabel *time schedule*.

Tabel 4 Waktu penelitian

No.	Kegiatan	2024				2025		
		9	10	11	12	5	6	7
1.	Penyusunan Proposal							
2.	Seminar Proposal							
3.	Penelitian Lapangan							
4.	Pengolahan Data Penelitian							
5.	Pembuatan Media Pembelajaran							
6.	Uji Kelayakan Media Pembelajaran							
7.	Penyusunan Skripsi							
8.	Penyusunan Artikel Ilmiah							
9.	Sidang Skripsi							

2. Tempat penelitian

Penelitian mengenai kualitas air ini dilakukan di Situ Tlajung Hilir, Desa Wanaherang, Kecamatan Gunung Putri, Kabupaten Bogor yang memiliki luas 7 ha dan berada pada koordinat 6° 24' 44.16" LS dan 106° 56' 11.36" BT. Terdapat empat stasiun untuk menjadi titik fokus penelitian, yaitu stasiun I di area utara, stasiun II di area timur, stasiun III di area selatan, dan stasiun IV di area barat.

B. Metode Penelitian

1. Metode pengambilan data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu deskriptif kuantitatif. Metode kuantitatif dimulai dengan data, menganalisis data, dan menginterpretasikan nya. Adapun metode yang digunakan dalam

pengambilan sampel yaitu metode observasi dan metode *purposive sampling*.

Observasi merupakan proses pengamatan sistematis dari aktivitas manusia untuk menghasilkan fakta (Hasanah, 2017). Menurut (Weick, 1976) dalam (Hasanah, 2017), tahapan atau proses observasi tersebut meliputi pemilihan, pengubahan, pencatatan, dan pengkodean, rangkaian perilaku dan suasana, in situ, dan untuk tujuan empiris.

Purposive sampling merupakan teknik pengambilan sampel non-random, di mana peneliti secara sengaja memilih subjek yang memiliki karakteristik tertentu sesuai dengan tujuan penelitian. Pemilihan ini diharapkan mampu memberikan informasi yang relevan dan menjawab permasalahan yang dikaji dalam penelitian (Lenaini, 2021).

2. Populasi

Populasi dalam penelitian diartikan sebagai keseluruhan elemen yang terdiri atas objek maupun subjek yang memiliki karakteristik atau ciri-ciri tertentu yang relevan dengan fokus penelitian (Amin, 2023). Maka dari itu populasi dari penelitian ini adalah air yang terdapat di Situ Tlajung Hilir.

3. Sampel

Sampel merupakan bagian dari populasi yang dipilih sebagai sumber data utama dalam suatu penelitian. Dengan kata lain, sampel berfungsi untuk mewakili karakteristik populasi secara keseluruhan (Amin, 2023). Maka dari itu, sampel dari penelitian ini adalah sampel air yang didapatkan dari masing-masing stasiun, sampel diambil dari 4 stasiun di Situ Tlajung Hilir.

4. Alat dan bahan penelitian

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan untuk parameter kimia yaitu pH meter dan botol sampel. Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk parameter fisika yaitu termometer, secchi disk, lux meter, dan meteran. Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk parameter biologi yaitu plankton

net, ember 10lt, botol sampel, mikroskop, pipet tetes, objek *glass*, dan *cover glass*.

C. Desain Penelitian

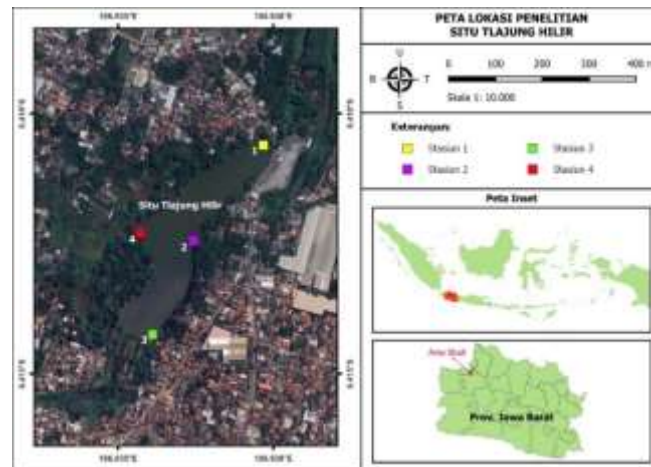
1. Tahap persiapan

Tahap persiapan awal penelitian ini berupa studi kepustakaan mempersiapkan alat dan bahan penelitian yang akan digunakan. Kemudian, melakukan observasi lapangan, menentukan lokasi penelitian, dan melakukan pengurusan surat izin penelitian dari instansi terkait.

2. Penentuan titik pengambilan data

Penentuan titik pengambilan data dilakukan dengan metode *purposive sampling*, yaitu penentuan stasiun pengamatan dilakukan dengan memperhatikan berbagai pertimbangan kondisi dan keadaan tempat penelitian seperti kondisi aktivitas yang berada di sekitar situ, yang diduga berpengaruh terhadap kualitas air situ. Kondisi tersebut ditentukan saat observasi.

Titik lokasi pengamatan pada stasiun I terletak di arah utara Situ Tlajung Hilir yang merupakan daerah dengan kegiatan pedagang dan jalan raya. Pada stasiun II terletak di arah timur Situ Tlajung Hilir yang merupakan daerah dengan kegiatan permukiman dan pemancingan. Pada stasiun III terletak di arah selatan Situ Tlajung Hilir yang merupakan daerah dengan kegiatan permukiman dan pabrik, Pada stasiun IV terletak di arah barat Situ Tlajung Hilir yang merupakan daerah dengan kegiatan pemancingan dan perkebunan. Letak stasiun tersebut mewakili kondisisi perairan terhadap aktivitas makhluk hidup yang berbeda.



Gambar 3 Penentuan lokasi pengamatan

3. Teknik pengambilan data

Pengambilan dan pengukuran data kualitas air di lapangan sebaiknya tidak dilakukan pada saat hujan, karena curah hujan dapat memengaruhi hasil pengamatan. Adapun data yang diambil berupa data dengan pengukuran langsung di lapangan dan analisis laboratorium yang meliputi:

a. Parameter kimia

Parameter kimia meliputi pengukuran pH dengan menggunakan pH meter yang dicelupkan secara langsung ke air situ lalu didiamkan sampai angkanya stabil, kemudian mencatat hasilnya.

Pengukuran DO dan BOD dilakukan dengan mengambil sampel air di setiap stasiun penelitian yang dilakukan pada pagi hari. Kemudian mencelupkan botol sampel ke dalam air dengan hati-hati, posisi mulut botol searah dengan aliran air situ, sehingga air masuk dengan tenang ke dalam botol, dan mengisi botol hingga penuh. Hindari turbulensi dan gelembung udara saat pengisian dan tutup botol (Badan Standardisasi Nasional, 2008). Setelah itu, sampel air tersebut langsung dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian kadar DO dan BOD.

b. Parameter fisika

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer. Alat tersebut dicelupkan ke dalam situ dan didiamkan hingga termometer menunjukkan nilai konstan, kemudian hasil pengukuran suhu dicatat.

Pengukuran tingkat kecerahan air di situ dilakukan menggunakan alat bernama Secchi disk. Alat ini diturunkan secara vertikal ke dalam air hingga tidak lagi terlihat dari permukaan, dan kedalaman tersebut dicatat sebagai D_1 . Selanjutnya, alat diangkat perlahan hingga cakram mulai terlihat kembali, lalu kedalaman tersebut dicatat sebagai D_2 . Nilai kecerahan air diperoleh dari rata-rata antara D_1 dan D_2 , dan dinyatakan dalam satuan sentimeter (cm).



Gambar 4 *Secchi disk*

Pengukuran warna dan bau air situ dilakukan dengan cara tes organoleptik, yaitu dengan melibatkan alat indera pelihat berupa mata dan indera pembau berupa hidung lalu dicatat hasilnya. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan dengan menggunakan alat bernama lux meter. Sensor cahaya pada lux meter diarahkan ke sumber cahaya, dan hasil pengukuran intensitas ditampilkan pada skala indikator. Alat ini bekerja berdasarkan sensor yang mendeteksi tingkat pencahayaan dalam satuan lux.

c. Parameter biologi

Pengukuran parameter biologi dilakukan pada pagi hari, antara pukul 06.00 hingga 10.00 WIB, karena pada rentang waktu tersebut plankton cenderung bergerak menuju permukaan perairan untuk memperoleh sinar matahari. Sebaliknya, pada siang hari, plankton

biasanya bergerak ke lapisan yang lebih dalam, sehingga pengambilan sampel pada waktu tersebut menjadi kurang efektif (Winarsih & Susanto, 2023). Parameter yang diambil berupa sampel air dengan metode filtrasi. Filtrasi pada setiap stasiun dengan menggunakan ember bervolume 10 liter sebanyak 100 liter, kemudian disaring dengan menggunakan plankton net (Juadi *et al.*, 2018). Sampel air hasil penyaringan dimasukkan ke dalam botol sampel berbahan polietilen volume 100ml karena polietilen merupakan bahan botol yang dianjurkan untuk contoh air plankton (Alianto, 2024). Pada pemeriksaan sampel, setiap botol diambil 1 ml (Winarsih & Susanto, 2023). Pengamatan sampel dilakukan 10 kali pada setiap botol dengan asumsi 10 kali sebanyak 1 ml. Proses identifikasi plankton dilakukan di laboratorium dengan bantuan mikroskop, menggunakan referensi dari buku identifikasi fitoplankton danau-danau di Pulau Jawa karya Sulastris sebagai acuan utama.



Gambar 5 Plankton net

Teknik pengambilan data untuk parameter kualitas perairan yang diukur secara langsung di lapangan meliputi suhu, pH, kecerahan, intensitas cahaya, warna, bau, serta pengambilan sampel plankton. Sementara itu, parameter kualitas air lainnya dianalisis lebih lanjut di laboratorium.

D. Analisis Data

Analisis kualitas air dilakukan dengan membandingkan kualitas air situ antara stasiun I, II, III, dan IV. Data yang diperoleh dari hasil

pengamatan diolah untuk mengetahui parameter kimia, fisika, dan biologi. Berikut penjelasan masing-masing analisis yang dipakai.

1. Analisis indeks pencemaran

Analisis kualitas air dengan menggunakan indeks pencemaran menurut Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang pedoman penentuan status mutu air, untuk mengetahui tingkat pencemaran situ menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

IPj = indeks pencemaran bagi peruntukan j

Ci = konsentrasi parameter kualitas air i

Lij = konsentrasi parameter kualitas air i yang tercantum dalam baku peruntukan air j

M = Ci/Lij maksimum

R = Ci/Lij rata-rata

Tabel 5 Klasifikasi nilai IP

Skor	Kualitas air
$0 \leq PIj \leq 1,0$	Memenuhi baku mutu (kondisi baik)
$1,0 < PIj \leq 5,0$	Cemar ringan
$5,0 < PIj \leq 10$	Cemar sedang
$PIj > 10$	Cemar berat

2. Analisis *Saprobic Quotient*

Salah satu cara untuk mengetahui tingkat pencemaran suatu perairan dapat diketahui dari nilai *saprobic quotient*. *Saprobic quotient* adalah metrik yang digunakan untuk mengukur jumlah spesies yang diklasifikasikan dalam status polusi organik di badan air (Nurfadillah *et al.*, 2024). Berikut rumus *saprobic quotient* menurut Dresscher & Mark (1980):

$$\text{Saprobic Quotient (SQ)} = \frac{C+3D-B-3A}{A+B+C+D}$$

Keterangan:

SQ = *Saprobic Quotient*

A = Ciliates, polisaprobik

B = Euglenophyceae, α -mesosaprobik

C = Chlorococcales + diatom, β -mesosaprobik

D = Peridineae + Chrysophyceae + Conjugales, oligosaprobik

Tabel 6 Klasifikasi nilai SQ

Tingkat pencemaran	Fase saprobik	Koefisien saprobik
Sangat berat	Polisaprobik	-3,0 s.d -2,0
	Poli/ α - Mesosaprobik	-2,- s.d -1,5
Cukup berat	α - Meso / Polisaprobik	-1,5 s.d -1,0
	α - Mesosaprobik	-1,0 s.d -0,5
Sedang	α / β - Mesosaprobik	-0,5 s.d 0,0
	β / α - Mesosaprobik	0,0 s.d + 0,5
Ringan	β - Mesosaprobik	+0,5 s.d +1,0
	β - Meso / Oligosaprobik	+1,0 s.d +1,5
Sangat ringan	Oligo / β - Mesosaprobik	+1,5 s.d +2,0
	Oligosaprobik	+2,0 s.d +3,0

3. Langkah-langkah pembuatan media pembelajaran

a. Mengumpulkan informasi

Hasil penelitian yang telah dilakukan selanjutnya akan digunakan dalam pembuatan media pembelajaran berbentuk *e-magazine* bagi peserta didik SMA kelas X. *E-magazine* ini berisi materi perubahan lingkungan, seperti yang disajikan di tabel 7 dan 8.

Tabel 7 Identitas materi ajar

Jenis	Keterangan
Jenjang Sekolah	SMA
Kelas/Semester	X/Genap
Mata Pelajaran	Biologi
Materi	Perubahan Lingkungan

Tabel 8 Komponen pembelajaran

Komponen	Keterangan
Capaian Pembelajaran	Pada akhir fase E, Peserta didik memiliki kemampuan menciptakan solusi atas permasalahan-permasalahan berdasarkan isu lokal, nasional atau global terkait pemahaman keanekaragaman makhluk hidup dan peranannya, virus dan peranannya, inovasi teknologi biologi, komponen ekosistem dan interaksi antar komponen serta perubahan lingkungan.
Fase	E
Tujuan Pembelajaran	1. Melalui studi literatur dan diskusi, peserta didik dapat menelaah penyebab pencemaran lingkungan dengan tepat. 2. Melalui studi literatur dan diskusi, peserta didik dapat menelaah dampak pencemaran lingkungan dengan tepat. 3. Melalui diskusi, peserta didik dapat menyampaikan solusi upaya penanggulangan pencemaran lingkungan sekitar dengan kritis.

b. Desain produk

Media pembelajaran berbasis *e-magazine* disajikan dalam bentuk flipbook dengan menggunakan aplikasi *heyzine flipbook*. *E-magazine* ini berisi gambar beserta informasi dan penjelasan yang singkat, jelas, dan *full color* sehingga dapat menarik minat peserta didik dalam belajar agar mencapai tujuan pembelajaran yang diinginkan. Berikut adalah kerangka dari *e-magazine*:

Tabel 9 Kerangka *e-magazine*

No.	Unsur <i>E-Magazine</i>	Keterangan
1.	Pendahuluan	- Sampul depan - Sambutan redaksi - Daftar isi - Kompetensi pembelajaran
2.	Isi	- Situ yang dulu asri, kini berubah wajah - Ngobrolin fakta, apa yang terjadi di Situ Tlajung Hilir? - Saat data bicara, penelitian kualitas air - Siapa biang keroknya? - Ekosistem terancam
4	Isi	- Gak cuma alam yang kena, kita juga bisa kena dampaknya - Diskusi kelompok - Teka-teki silang
3.	Penutup	- Rangkuman - Glosarium - Daftar pustaka - Tentang penulis - Sampul belakang

c. Pengembangan produk

1) Uji kelayakan ahli materi dan ahli media

Media pembelajaran yang telah dibuat selanjutnya akan dilakukan validasi oleh ahli materi dan ahli media dengan menggunakan tabel validasi sebagai berikut:

Tabel 10 Angket validasi *e-magazine* ahli materi

No.	Aspek Penilaian	Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
Kesesuaian Materi dengan Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran						
1.	Kelengkapan materi ditinjau dari Capaian Pembelajaran (CP) dan Tujuan Pembelajaran (TP)					
2.	Kesesuaian materi dengan kebutuhan pembelajaran					
Aspek Materi						
3.	Isi <i>E-Magazine</i> tidak berpotensi menimbulkan kesalahan konsep					
4.	Keakuratan gambar maupun ilustrasi					
5.	<i>E-Magazine</i> menyajikan hasil dari penelitian secara lengkap					
6.	Uraian materi yang disajikan relevan dan menarik					
7.	Materi yang disajikan dapat menambah pengetahuan peserta didik					
Komunikatif dan Interaktif						
8.	Kemudahan penyajian materi untuk dipahami peserta didik					
9.	Kesesuaian dengan perkembangan intelektual peserta didik					
10.	Materi yang disajikan dengan bahasa yang sederhana					

Tabel 11 Angket Validasi *E-Magazine* Ahli Media

No.	Aspek Penilaian	Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
Kejelasan Tampilan Media						
1.	Ilustrasi tampilan media menggambarkan isi dalam materi					
2.	Warna tampilan media menarik					
3.	Penampilan unsur tata letak pada sampul secara harmonis memiliki irama dan kesatuan serta konsisten					
4.	Huruf yang digunakan menarik dan mudah dibaca					
5.	Warna judul <i>E-Magazine</i> kontras dan bagus					
Kesesuaian Format						
6.	Bidang cetak dan margins proporsional					
7.	Kesesuaian spasi antar teks dan ilustrasi					
8.	Keterpaduan warna antar komponen (tulisan, gambar, background, dan lain-lain) kontras dan meningkatkan ketertarikan terhadap materi yang disajikan					

No.	Aspek Penilaian	Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
Kejelasan Tampilan Media						
9.	Menjadikan pembelajaran menarik karena disajikan sesuai karakteristik peserta didik, media membantu peserta didik menerima materi dengan baik					
10.	Menjadikan pembelajaran menarik karena media tepat sasaran, bermanfaat dan meminimalkan pengeluaran waktu dan biaya					

Kelayakan media pembelajaran diperoleh dari penilaian ahli materi dan ahli media. Data validitas dianalisis menggunakan rumus menurut Arikunto (1993) sebagai berikut:

$$P = \frac{\sum X}{\sum Y} \times 100\%$$

Keterangan:

P = presentasi kelayakan

X = jawaban skor validitas (nilai nyata)

Y = jawaban tertinggi (nilai harapan)

Hasil yang telah diperoleh kemudian dikategorikan sesuai tabel 12 dengan (Arikunto, 2013).

Tabel 12 Kriteria tingkat kelayakan media pembelajaran

No.	Skor	Kualifikasi
1.	0% – 20%	Tidak Valid
2.	21% – 40%	Kurang Valid
3.	41% – 60%	Cukup Valid
4.	60% – 80%	Valid
5.	81% – 100%	Sangat valid

2) Revisi produk

Setelah dilakukan pengujian oleh ahli materi dan ahli media, kekurangan-kekurangan dari media pembelajaran yang telah dibuat diperbaiki agar media pembelajaran tersebut layak dan efektif untuk digunakan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian Kualitas Air

A. Parameter kimia

Parameter kimia yang dianalisis dalam penelitian ini adalah pH, DO, dan BOD. Data hasil pengukuran selanjutnya dibandingkan dengan acuan nilai baku mutu air kelas III yang merujuk pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021.

Tabel 13 Hasil pengukuran parameter kimia

No.	Parameter Kimia	Stasiun				Standar baku mutu air Kelas III
		I	II	III	IV	
1.	pH	7,9	7,1	7,8	6,9	6-9
2.	DO (mg/L)	2,5	2,4	2,8	2,1	3
3.	BOD (mg/L)	2	2	2	2,52	6

B. Parameter fisika

Parameter fisika yang diukur pada penelitian ini adalah suhu, kecerahan, intensitas cahaya, warna, dan bau.

Tabel 14 Hasil pengukuran parameter fisika

No.	Parameter Fisika	Stasiun				Standar baku mutu air Kelas III
		I	II	III	IV	
1.	Suhu (°C)	29	29	29	28,7	22°C -28°C
2.	Kecerahan (cm)	68	58,3	49,8	55,7	-
3.	Intensitas Cahaya (Lux)	720	529	589	393	-
4.	Warna	Hijau kuning	Hijau coklat keabuan	Hijau coklat kebiruan	Hijau kuning kecoklatan	-
5.	Bau	Sedikit amis	Amis	Amis busuk	Sedikit amis	-

C. Parameter biologi

Parameter biologi yang diukur pada penelitian ini adalah dengan menganalisis keberadaan plankton yang diklasifikasikan dalam status polusi organik di badan air yang kemudian dianalisis menggunakan rumus *Saprobic Quotient* (Dresscher & Mark, 1980). Hasil analisis keberadaan plankton disajikan dalam tabel 15 dan hasil analisis *Saprobic Quotient* disajikan pada tabel 16.

Tabel 15 Hasil analisis keberadaan plankton

Kelompok	Plankton	Jumlah plankton pada setiap stasiun			
		I	II	III	IV
A	Ciliates	0	1	2	0
B	Euglenophyceae	24	22	23	15
C	Chlorococcales	0	1	0	1
	Diatom	0	1	1	1
D	Peridineae	0	0	0	0
	Chrysophyceae	6	1	1	2
	Conjugales	1	2	1	1

Tabel 16 Hasil analisis parameter biologi

Stasiun	<i>Saprobic Quotient</i> (SQ)	Tingkat Pencemaran
I	-0,10	Tercemar sedang
II	-0,5	Tercemar sedang
III	-0,79	Tercemar cukup berat
IV	-0,2	Tercemar sedang

D. Analisis Indeks Pencemaran

Indeks pencemaran ditentukan dengan membandingkan data hasil penelitian dengan baku mutu kualitas air kelas III yang tercantum di dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 dengan rumus yang tercantum dalam Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003.

Tabel 17 Analisis indeks pencemaran

Stasiun	Nilai IP	Tingkat Pencemaran
I	1,03	Tercemar ringan
II	1,03	Tercemar ringan
III	1,02	Tercemar ringan
IV	1,04	Tercemar ringan

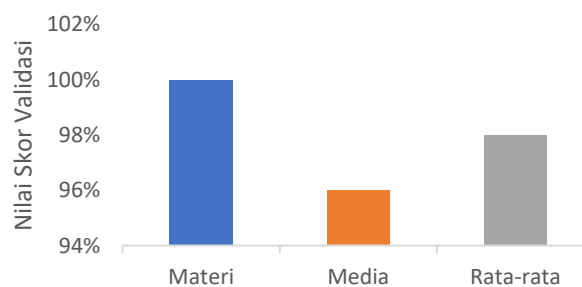
B. Hasil Kelayakan E-Magazine

Tabel 18 Hasil revisi *e-magazine*

Saran (Sebelum revisi)	Perbaikan (Setelah revisi)
 Ahli media menyarankan agar mengganti “kata pengantar” dan memperbaiki layout.	 “Kata pengantar” diganti menjadi “sambutan redaksi” dan memperbaiki layout.
 Ahli media menyarankan untuk memperbaiki layout, menampilkan video youtube tanpa harus beralih ke web youtube, dan tambahkan foto-foto penelitian.	 Memperbaiki layout, menambahkan video youtube, dan menambah foto-foto penelitian.
 Ahli materi menyarankan untuk mengganti kata “stasiun” dengan “wilayah” dan beri gambar animasi.	 Mengganti “stasiun” dengan “wilayah” dan memberi gambar animasi untuk merepresentasikan wilayah.

Saran (Sebelum revisi)	Perbaikan (Setelah revisi)
 Ahli media menyarankan untuk memperbaiki layout dan ahli materi menyarankan untuk mengubah data di tabel menjadi infografis.	 Memperbaiki layout dan mengubah data di tabel menjadi infografis agar lebih mudah dipahami oleh peserta didik.
 Ahli materi menyarankan untuk mengganti foto wajah peserta didik menjadi berwajah Indonesia dan ahli media menyarankan untuk memperjelas petunjuk pengerjaan kolom diskusi.	 Mengganti foto peserta didik yang sebelumnya berwajah Jepang menjadi Indonesia dan memperjelas petunjuk pengerjaan kolom diskusi.

E-magazine yang sudah diperbaiki mendapatkan nilai akhir atau kelayakan sebagai berikut:



Gambar 6 Skor validasi *e-magazine*

C. Pembahasan Hasil Kualitas Air

Situ Tlajung Hilir merupakan situ yang terletak di Desa Wanaherang, Kecamatan Gunung Putri, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Situ ini memiliki luas 7ha yang digunakan untuk budidaya perikanan, irigasi, dan retensi. Di sekitar situ terdapat berbagai macam aktivitas, di antaranya yaitu di stasiun I merupakan daerah dengan kegiatan pedagang dan jalan raya, di stasiun II merupakan daerah dengan kegiatan permukiman dan pemancingan, stasiun III merupakan daerah dengan kegiatan permukiman dan pabrik, stasiun IV merupakan daerah dengan kegiatan pemancingan dan perkebunan.

Letak stasiun tersebut mewakili kondisi perairan terhadap aktivitas makhluk hidup di sekitar situ. Pembahasan hasil penelitian disajikan secara deskriptif berdasarkan analisis parameter kimia, fisika, dan biologi. Parameter biologi dianalisis menggunakan rumus *saprobic quotient* yang dikemukakan oleh Dresscher & Mark (1980), sementara perhitungan indeks pencemaran mengacu pada rumus yang tercantum dalam Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003.

1. Parameter Kimia

pH atau derajat keasaman merupakan suatu ukuran dari konsentrasi ion hidrogen dan menunjukkan suasana asam atau basa pada suatu perairan (Gazali *et al.*, 2013). Berdasarkan tabel 13 dapat diketahui bahwa nilai pH dari yang terendah ke yang tertinggi yaitu pH 6,9 terdapat pada stasiun IV, pH 7,1 terdapat pada stasiun II, pH 7,8 terdapat pada stasiun III, pH 7,9 terdapat pada stasiun I. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, baku mutu air danau kategori kelas III untuk pH yaitu 6-9. Dengan demikian pH perairan Situ Tlajung Hilir masih berada pada kisaran yang layak bagi kehidupan organisme.

Dissolved Oxygen (DO) merupakan nilai konsentrasi oksigen terlarut di dalam air yang berasal dari proses transfer oksigen dari keadaan fasa gas ke fasa liquid (Triputra *et al.*, 2023). Tersedianya DO dalam air sangat menentukan kehidupan organisme akuatik karena oksigen terlarut digunakan untuk respirasi, pertumbuhan,

perkembangbiakan, proses metabolisme oleh seluruh jasad hidup organisme akuatik (Adithiya *et al.*, 2023). Berdasarkan tabel 13 dapat diketahui bahwa nilai DO dari yang terendah ke yang tertinggi yaitu DO 2,1 terdapat pada stasiun IV, DO 2,4 terdapat pada stasiun II, DO 2,5 terdapat pada stasiun I, DO 2,8 terdapat pada stasiun III. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, baku mutu air danau kategori kelas III untuk DO yaitu 3. Semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang baik, semakin rendah nilai DO maka air tersebut telah tercemar (Laurenza, 2023). Kondisi hipoksia (DO rendah) dan anoksia (DO sangat rendah) juga memicu pelepasan nutrisi yang mempercepat pertumbuhan alga dan fitoplankton yang mana saat alga mati dan terurai, proses ini semakin menguras oksigen dan memperparah hipoksia yang memperburuk kondisi danau dari tahun ke tahun (Bocaniov *et al.*, 2020). Kekurangan oksigen terlarut membatasi habitat bagi ikan dan organisme air lainnya, sehingga banyak spesies sensitif tidak dapat bertahan dan keanekaragaman hayati menurun (Jane *et al.*, 2022). Dengan demikian, DO perairan Situ Tlajung Hilir tidak berada pada kisaran yang layak bagi kehidupan organisme.

Biological Oxygen Demand (BOD) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat pemecahan bahan organik pada kondisi aerobik (Ramadani *et al.*, 2021). Nilai BOD dapat digunakan sebagai indikator tentang banyaknya bahan organik mudah urai yang masuk ke lingkungan perairan. Semakin banyak limbah organik yang masuk ke suatu perairan, maka akan semakin tinggi nilai BOD perairan tersebut (Riza *et al.*, 2015). Berdasarkan tabel 13 dapat diketahui bahwa nilai BOD dari yang terendah ke yang tertinggi yaitu 2 terdapat pada stasiun I, II, dan III. BOD 2,52 pada stasiun IV. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, baku mutu air danau kategori kelas III untuk BOD yaitu 6. BOD di situ ini masih dalam batas aman yang menandakan air belum tercemar secara signifikan oleh

bahan organik. Penyebab utama BOD adalah masuknya bahan organik ke badan air (Triphathi, 2024). Limbah organik yang sulit terurai, seperti senyawa organik kompleks atau bahan yang sudah mengalami proses dekomposisi, tidak mudah diuraikan oleh mikroorganisme sehingga tidak meningkatkan BOD secara signifikan (Song *et al.*, 2019). Berdasarkan hasil observasi di lapangan, ditemukan adanya lapisan minyak yang mengapung di permukaan air situ. Minyak goreng bekas termasuk limbah organik yang sulit terurai secara alami di lingkungan. Minyak memiliki struktur kimia yang kompleks dan bersifat hidrofobik, sehingga mikroorganisme pengurai membutuhkan waktu lebih lama untuk memecahnya dibandingkan limbah organik sederhana seperti sisa makanan atau gula (Liu *et al.*, 2023).

2. Parameter fisika

Menurut KBBI, suhu adalah ukuran kuantitatif terhadap temperatur, yaitu panas dinginnya badan atau hawa. Suhu yang dimaksud disini adalah suhu perairan. Berdasarkan tabel 14 dapat diketahui bahwa nilai suhu dari yang terendah ke yang tertinggi yaitu suhu 28,7°C terdapat pada stasiun IV, suhu 29°C terdapat pada stasiun I, II, dan III. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, baku mutu air danau kategori kelas III untuk suhu yaitu 22°C-28°C. Dengan demikian suhu perairan Situ Tlajung Hilir tidak berada pada kisaran yang layak bagi kehidupan organisme. Suhu perairan yang tinggi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti perubahan iklim global, aktivitas industri yang membuang limbah panas ke perairan, serta paparan sinar matahari yang intens dalam waktu lama (Furst *et al.*, 2024). Pada saat intensitas matahari semakin besar maka suhu lingkungan juga akan semakin meningkat (Deqita, 2022). Stasiun I merupakan daerah dekat jalan raya sehingga intensitas cahaya di stasiun I tinggi yang membuat suhu perairan juga tinggi. Dampak yang sering terjadi akibat dari suhu yang tinggi yaitu penurunan kadar oksigen terlarut dan bau air (Novakova & Rucka (2019).

Kecerahan merupakan ukuran transparansi perairan yang ditentukan secara visual dengan menggunakan secchi disk. Nilai kecerahan dinyatakan dalam satuan centimeter. Berdasarkan tabel 14 dapat diketahui bahwa nilai kecerahan dari yang terendah ke yang tertinggi yaitu kecerahan 49,8cm terdapat pada stasiun III, kecerahan 55,7cm terdapat pada stasiun IV, kecerahan 58,3cm terdapat pada stasiun II, kecerahan 68cm terdapat pada stasiun I. Menurut Makumbe *et al.* (2022), tingkat kecerahan suatu perairan dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari serta jumlah material tersuspensi di dalam air, seperti partikel lumpur, pasir, bahan organik, mikroorganisme, termasuk bakteri, plankton, dan organisme renik lainnya. Selain itu juga ada atau tidaknya naungan dari pohon-pohon disekitarnya (Laurenza, 2023). Stasiun I memiliki nilai kecerahan tertinggi karena adanya intensitas cahaya yang tinggi dan memiliki nilai *Saprobic Quotient* (SQ) yang paling tinggi dari stasiun yang lain. Stasiun III memiliki nilai kecerahan terendah karena adanya material tersuspensi di dalam air dan memiliki nilai SQ yang paling rendah. Menurut Pahrela *et al.* (2023), kecerahan yang baik untuk kehidupan organisme air adalah lebih dari 45cm dimana semakin dalam lapisan air yang dapat ditembus cahaya, semakin baik untuk kehidupan akuatik. Dengan demikian kecerahan perairan Situ Tlajung Hilir masih berada pada kisaran yang layak bagi kehidupan organisme.

Pengukuran intensitas cahaya menggunakan Lux meter. Berdasarkan tabel 14 dapat diketahui bahwa nilai lux dari yang terendah ke yang tertinggi yaitu 393 pada stasiun IV, 529 pada stasiun II, 589 pada stasiun III, dan 720 pada stasiun I. Intensitas cahaya dapat mempengaruhi tinggi rendahnya suhu suatu perairan (Zainuri *et al.*, 2023). Adanya pepohonan atau vegetasi di sekitar situ dapat menghalangi sinar matahari langsung ke permukaan air, sehingga mengurangi intensitas cahaya yang masuk, terutama di area yang teduh (Tanabe *et al.*, 2019). Stasiun IV memiliki nilai terendah karena berada di daerah pertanian yang banyak terdapat pepohonan.

Pengukuran parameter warna menggunakan tes organoleptik dengan melibatkan indera penglihatan yang telah disimpulkan pada tabel 14. Menurut Asnawi (2023), zat padat yang tersuspensi dan plankton merupakan penyebab warna di dalam air. Warna air akan menjadi hijau apabila terdapat Chlorophyceae, akan berwarna kuning apabila terdapat Chrysophyceae, akan berwarna kecoklatan apabila terdapat diatom. Stasiun I memiliki warna hijau kuning, stasiun II memiliki warna hijau coklat keabuan, stasiun III memiliki warna hijau coklat kebiruan, stasiun IV memiliki warna hijau kuning kecoklatan. Menurut Sitorus (2019), warna air dapat dijadikan sebagai indikator awal untuk mendeteksi pencemaran perairan. Perubahan warna air menjadi hijau, merah, atau kuning menunjukkan bahwa perairan tersebut telah tercemar.

Pengukuran parameter bau menggunakan tes organoleptik dengan melibatkan indera penciuman yang telah disimpulkan pada tabel 14. Stasiun I memiliki bau sedikit amis, stasiun II memiliki bau amis, stasiun III memiliki amis busuk, stasiun IV memiliki bau sedikit amis. Pencemaran bahan organik yang masuk ke perairan dapat menyebabkan bau amis karena meningkatkan pertumbuhan alga dan bakteri (Sarkar *et al.*, 2023). Berdasarkan hasil pengamatan, ditemukan *Ochromonas*. Menurut Wang (2023), *Ochromonas* merupakan salah satu penyebab bau amis. Timbulnya bau dari air khususnya busuk merupakan indikator sudah terjadinya penguraian bahan organik dalam air. Maka sudah dapat dipastikan bahwa perairan tersebut telah mengalami pencemaran (Sitorus, 2019).

3. Parameter biologi

Plankton merupakan semua kumpulan organisme air yang terdiri atas zooplankton dan fitoplankton. Plankton yang telah didapatkan kemudian diklasifikasikan kedalam empat kelompok. Kelompok A yaitu anggota Ciliates, kelompok B yaitu anggota Euglenophyceae, kelompok C yaitu anggota Chlorococcales dan Diatom, kelompok D yaitu anggota Peridineae, Chrysophyceae, dan Conjugales. Kemudian dianalisis

menggunakan rumus *Saprobic Quotient* (Dresscher & Mark, 1980). Berdasarkan tabel 16 dapat diketahui bahwa pada stasiun I memiliki nilai SQ -0,10 dengan kategori tercemar sedang, stasiun II memiliki nilai SQ -0,5 dengan kategori tercemar sedang, stasiun III memiliki nilai SQ -0,79 dengan kategori tercemar cukup berat, stasiun IV memiliki nilai SQ -0,2 dengan kategori tercemar sedang. Tingkat pencemaran yang cukup berat pada stasiun III diduga disebabkan oleh adanya buangan limbah dari pemukiman yang padat dan aktivitas industri di sekitarnya. Pembuangan limbah, terutama limbah organik, meningkatkan beban polutan seperti bahan organik dan nutrisi di air. Ketika limbah ini masuk ke perairan, mikroorganisme akan menguraikannya. Proses penguraian bahan organik oleh bakteri dan mikroorganisme lain membutuhkan oksigen terlarut. Akibatnya, kadar oksigen di air menurun, menciptakan kondisi yang hanya bisa ditoleransi oleh organisme tertentu. Komunitas plankton dan organisme air lainnya berubah, spesies yang tahan terhadap polusi menjadi dominan, sementara spesies sensitif menurun. Hal ini menyebabkan nilai *saprobic quotient* meningkat, menandakan pencemaran organik.

Ditemukannya *Paramecium* dari kelompok Ciliates di stasiun II & III mendukung hasil nilai SQ. *Paramecium* merupakan indikator biologis khas perairan tercemar organik karena mereka berkembang biak dengan baik di lingkungan yang mengandung banyak bakteri dan bahan organik terlarut (Fauziah *et al*, 2016). Hasil pengukuran suhu di seluruh stasiun yaitu 28,7°C-29°C, berada dalam rentang optimal untuk mendukung perumbuhan fitoplankton sebagaimana yang dinyatakan oleh Oktaria *et al*. (2021) bahwa suhu ideal fitoplankton berkisar antara 20°C-30°C. Pada setiap stasiun juga banyak ditemukan euglenophyceae, yang mana hal ini menunjukkan bahwa perairan tersebut memiliki kualitas air yang rendah (Dresscher & Mark, 1980). Euglenophyceae dapat membentuk *bloom algae* yang dapat menutupi permukaan air, menghalangi cahaya, menurunkan kadar oksigen terlarut, dan mengganggu rantai makanan

akuatik (Sultana *et al.*, 2024). Beberapa spesies euglenophyceae menghasilkan toksin bernama euglenophycin yang telah terbukti menyebabkan kematian ikan dan menghambat pertumbuhan jaringan mamalia serta mikroalga lain (Zimba *et al.*, 2017).

4. Status mutu air dengan analisis indeks pencemaran

Indeks pencemaran digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air. Dalam perhitungan status mutu air ini menggunakan parameter pH, DO, BOD, dan suhu dengan baku mutu status mutu air danau menggunakan kriteria peruntukan air Kelas III. Berdasarkan tabel 17 dapat diketahui bahwa semua stasiun memiliki nilai indeks pencemaran berada pada rentang 1,0-5,0 yang menunjukkan bahwa semua stasiun termasuk kedalam kategori tingkat pencemaran ringan. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa parameter yang tidak memenuhi baku mutu, yaitu DO dan suhu. Dengan demikian, perairan di Situ Tlajung Hilir kurang layak digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Hasil indeks pencemaran ringan untuk air kelas III juga terdapat di Danau Aneuk Laot Sabang yang diteliti oleh Nurfadillah *et al.* (2021) dimana terdapat beberapa parameter yang terindikasi tidak memenuhi baku mutu air yaitu DO, BOD, COD, TSS, dan total fosfat. Di Danau Sunter yang diteliti oleh Saputro *et al.* (2019) juga mengalami pencemaran ringan karena kandungan BOD dan suhu yang tidak memenuhi baku mutu air. Di Danau Lutan Palangka Raya yang diteliti oleh Ruthena *et al.* (2023) juga menunjukkan bahwa kualitas air di danau tersebut termasuk dalam kategori tercemar ringan dikarenakan suhu dan DO yang tidak memenuhi baku mutu.

Indeks pencemaran (IP) dengan *saprobic quotient* (SQ) keduanya digunakan untuk menilai tingkat pencemaran air, namun memiliki pendekatan yang berbeda. Indeks pencemaran menggunakan pendekatan

fisika-kimia berdasarkan paramater pH, DO, BOD, dan suhu terhadap baku mutu air dari PP No. 22 Th. 2021. Sedangkan *saprobic quotient* berbasis biologis dengan menganalisis komunitas plankton yang toleran terhadap pencemaran air. Meskipun secara IP situ ini tergolong tercemar ringan, namun berdasarkan SQ menunjukkan tercemar sedang dan cukup berat, yang berarti secara biologis perairan sudah kurang layak untuk aktivitas manusia seperti perikanan, peternakan, dan irigasi tanpa pengolahan lebih lanjut. Oleh karena itu, perlu langkah konkrit seperti peningkatan pengelolaan limbah rumah tangga dan industri yang baik, seperti pengumpulan, pemisahan, dan pengolahan limbah (Widiyanto *et al.*, 2019), dapat juga dengan *bio-remediasi* menggunakan mikroorganisme pengurai limbah (Mazur *et al.*, 2024), serta peningkatan partisipasi masyarakat dalam monitoring kualitas air secara berkala.

D. Pembahasan Produk *E-Magazine* Hasil Penelitian

Menurut Risya (2020), *e-magazine* berfungsi sebagai media edukatif yang dapat meningkatkan kesadaran dan tanggung jawab siswa terhadap lingkungan, mendorong semangat belajar, serta menumbuhkan minat literasi di kalangan peserta didik. Berdasarkan hal tersebut, data hasil penelitian mengenai kualitas air di Situ Tlajung Hilir dimanfaatkan menjadi media pembelajaran berupa *e-magazine*, yang disusun hingga tahap pengembangan. Media pembelajaran ini dirancang untuk digunakan oleh peserta didik kelas X SMA pada fase E, yaitu peserta didik memiliki kemampuan menciptakan solusi atas permasalahan-permasalahan berdasarkan isu lokal, nasional atau global terkait pemahaman keanekaragaman makhluk hidup dan peranannya, virus dan peranannya, inovasi teknologi biologi, komponen ekosistem dan interaksi antar komponen serta perubahan lingkungan. Dengan tujuan pembelajaran yaitu melalui studi literatur dan diskusi, peserta didik dapat menelaah penyebab dan dampak pencemaran lingkungan dengan tepat serta dapat menyampaikan solusi upaya penanggulangan pencemaran lingkungan sekitar dengan kritis”.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Vonti *et al.* (2024), *e-magazine* dapat meningkatkan literasi digital dan pemahaman materi peserta didik terhadap pencemaran lingkungan. *E-magazine* yang dikembangkan dalam penelitian ini didesain menggunakan aplikasi canva dan disajikan dalam format *flipbook* menggunakan aplikasi *Heyzine Flipbook*, sehingga dapat diakses secara digital melalui tautan. Materi dalam *e-magazine* disusun secara kontekstual dengan mengaitkan konsep pelajaran dengan kondisi nyata. Hal ini selaras dengan penelitian Ferella *et al.* (2025), yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis kontekstual dapat meningkatkan meningkatkan kemampuan berpikir logis dan rasa ingin tahu peserta didik.

E-magazine ini juga dilengkapi fitur interaktif. Menurut Septiani *et al.* (2022), adanya fitur interaktif meningkatkan partisipasi aktif pembaca dan elemen visual dapat menarik dan membuat pembelajaran berkesan. Visualisasi yang kaya dan penjelasan yang terperinci dapat membantu audiens memahami kompleksitas masalah lingkungan dan dampak dari aktivitas manusia (Karomah *et al.*, 2023). Oleh karena itu, selain menyajikan teks naratif, *e-magazine* ini dilengkapi dengan berbagai fitur interaktif, seperti *link* ke *Google Maps* untuk memberikan pengalaman belajar berbasis lokasi nyata, evaluasi melalui *Google Form* untuk mengukur pemahaman siswa secara langsung, dan tautan ke permainan edukatif seperti teka-teki silang yang mendukung pembelajaran yang menyenangkan dan mendorong keterlibatan aktif siswa.

Dari segi penyajian, *e-magazine* ini juga memperhatikan ragam gaya belajar siswa, antara lain: visual *learners* terbantu dengan keberadaan gambar dan foto, auditori dan audiovisual *learners* mendapatkan manfaat dari tayangan video, dan kinestetik *learners* terlibat melalui fitur interaktif yang menuntut aksi dan eksplorasi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Winarti *et al.* (2024), pembelajaran elektronik yang dirancang sesuai gaya belajar mampu meningkatkan pemahaman kognitif siswa, baik yang visual, auditori, maupun kinestetik.

Selanjutnya dilakukan proses validasi untuk menilai tingkat kelayakan *e-magazine*. Proses validasi mencakup tiga komponen utama, yaitu bagian pendahuluan, isi, dan penutup. Bagian pembuka terdiri dari sampul depan, sambutan redaksi, daftar isi, dan kompetensi pembelajaran. Bagian isi memuat informasi sebagai berikut: (1) Situ yang dulu asri, kini berubah wajah, (2) Ngobrolin fakta, apa yang terjadi di Situ Tlajung Hilir?, (3) Saat data bicara, penelitian kualitas air, (4) Siapa biang keroknya?, (5) Ekosistem terancam, (6) Gak Cuma alam yang kena, kita juga bisa kena dampaknya, (7) Diskusi kelompok, (8) Teka-teki silang. Bagian penutup terdapat rangkuman, glosarium, daftar pustaka, tentang penulis, dan sampul belakang.

Penilaian kelayakan dilakukan oleh dua validator, yaitu ahli materi dan ahli media. Validasi oleh ahli materi dan media sangat penting dalam pengembangan bahan ajar atau media pembelajaran untuk memastikan kualitas, kelayakan, dan efektivitas produk sebelum digunakan oleh peserta didik. Ahli materi bertugas menilai kebenaran, kelengkapan, dan relevansi isi materi, serta kejelasan bahasa dan penyajiannya, sehingga materi yang disampaikan sesuai dengan tujuan pembelajaran dan mudah dipahami oleh siswa (Fadhila *et al.*, 2022). Sementara itu, ahli media mengevaluasi aspek teknis seperti desain, tampilan visual, tata letak, interaktivitas, dan kemudahan penggunaan, agar media pembelajaran menarik, mudah diakses, dan mendukung proses belajar secara optimal (Saputri *et al.*, 2021). Proses validasi ini juga memberikan masukan dan saran perbaikan, baik dari segi isi maupun tampilan, sehingga produk akhir dapat direvisi dan disempurnakan sebelum diimplementasikan (Istiqamah *et al.*, 2023). Dengan demikian, validasi oleh kedua ahli ini memastikan bahwa media atau bahan ajar yang dikembangkan benar-benar layak, efektif, dan sesuai kebutuhan pengguna. Hasil validasi disajikan pada gambar 6. Skor validasi dari ahli materi didapatkan skor 100% dengan kriteria sangat valid yang menunjukkan bahwa *e-magazine* telah memenuhi kriteria ketepatan materi, kesesuaian dengan tujuan pembelajaran, serta kemampuan menyampaikan

informasi secara komunikatif dan interaktif, sehingga sangat valid untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Skor validasi dari ahli media didapatkan skor 96% dengan kriteria sangat valid yang menunjukkan kejelasan tampilan, kesesuaian format, serta aspek kreativitas dan inovasi media dalam mendukung pembelajaran. Rata-rata skor validasi diperoleh sebanyak 98% dengan kriteria sangat valid. Dengan demikian, *e-magazine* ini dinyatakan layak digunakan sebagai media pembelajaran biologi pada materi perubahan lingkungan di kelas X.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan parameter kimia; DO tergolong tidak layak, sedangkan pH dan BOD tergolong layak. Berdasarkan parameter fisika; suhu, warna, dan bau tergolong tidak layak, sedangkan kecerahan dan intensitas cahaya layak. Berdasarkan parameter biologi menggunakan *Saprobic Quotient*, pada stasiun I, II, dan IV tergolong dalam kategori perairan dengan tingkat pencemaran sedang, sedangkan stasiun III tergolong dalam kategori perairan dengan tingkat pencemaran cukup berat.
2. Status mutu air di Situ Tlajung Hilir berdasarkan indeks pencemaran air dari keempat stasiun tergolong dalam kategori perairan dengan tingkat pencemaran ringan.
3. *E-magazine* telah dilakukan proses validasi dan hasilnya diperoleh rata-rata nilai sebesar 98% yang termasuk kedalam kategori sangat valid sehingga dapat digunakan dalam proses pembelajaran biologi SMA kelas X materi perubahan lingkungan.

B. Saran

Adapun saran yang penulis sampaikan sebagai berikut:

1. Diperlukan peningkatan kesadaran masyarakat, pemerintah, dan pelaku usaha di sekitar Situ Tlajung Hilir mengenai pentingnya menjaga kelestarian situ.
2. Perlu dilakukannya penelitian secara berkala untuk memantau perubahan tingkat pencemaran yang terjadi di Situ Tlajung Hilir.
3. Pengambilan dan pengukuran sampel air tidak disarankan dilakukan saat hujan.

4. Perlu penelitian lanjutan untuk mengetahui efektivitas *e-magazine* dalam pembelajaran di kelas.

C. Rekomendasi

Adapun saran yang penulis sampaikan sebagai berikut:

1. Diperlukan sistem pengolahan limbah domestik dan industri yang lebih baik, terutama di area sekitar stasiun III yang menunjukkan pencemaran cukup berat. Pengolahan limbah secara terpadu dan penggunaan teknologi seperti bio-remediasi perlu ditimbangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adani, N. G., Muskanonfola, M. R., & Hendrarto, I. B. (2013). Kesuburan Perairan Ditinjau Dari Kandungan Klorofil-A Fitoplankton. *Diponegoro Journal Of Maquares*, 5(4), 38-45. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/maquares>.
- Adhan, Haryadi., Putri, D. H., Purwanto, Andik. (2023). Penerapan Problem Based Learning Berbantuan E-Magazine Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Materi Fluida Statis. *Navigation Physics: Journal of Physics Education*, 5(2).
- Adithiya, S., Febri, S. P., Komariyah, S., Haser, T. F., & Rinaldi, R. (2023). The Effect of Different Time on Temperature, pH, and Disolved Oxygen in Indoor Hatchery. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 7 (1), 33–39. <https://doi.org/10.33059/jisa.v7i1.8308>.
- Amin, N. F., Garancang, S., Abunawas, K. (2023). Konsep Umum Populasi Dan Sampel Dalam Penelitian. *Jurnal Pilar: Jurnal Kajian Islam Kontemporer*, 14 (1).
- Alianto. 2024. Menyediakan Panduan Pengambilan dan Penanganan Contoh Air Plankton Bagi Mahasiswa dan Peneliti Pemula. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, 2(4), 376-386. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v2i4.291>.
- Arikunto, S. (1993). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. PT. Rineka Cipta.
- Arikunto, S. (2013). *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan Edisi Kedua*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa. (n.d.). *Suhu*. Dalam *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Diakses pada 01 September 2024, dari <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/suhu>.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang kualitas air*. Jakarta: BSN.
- Bocaniov, S., Lamb, K., Liu, W., Rao, Y., & Smith, R. (2020). High Sensitivity of Lake Hypoxia to Air Temperatures, Winds, and Nutrient Loading: Insights From a 3-D Lake Model. *Water Resources Research*, 56. <https://doi.org/10.1029/2019WR027040>.
- Boyd, C. E. (2019). *Water quality: an introduction*. Springer Nature.
- Dang et al. (2015). *Identification Handbook of Freshwater Zooplankton of the Mekong River and its Tributaries*. Vientiane: Mekong River Commission.
- Deqita, A. (2022). Artikel Analisis Intensitas Radiasi Matahari Dan Peningkatan Suhu Lingkungan . *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains (JPFS)*, 5(2), 76-82. <https://doi.org/10.52188/jpfs.v5i2.237>.

- Diersing, N., Keys, F., & Marine, N. (2009). Water Quality: Frequently Asked Questions. *Florida Keys National Marine Sanctuary*, 8, 5–6. <http://floridakeys.noaa.gov/scisummaries/wqfaq.pdf>.
- Dresscher & Mark. (1980). Experience With a Simple Method for the Biological Evaluation of Surface Water Quality. *Hydrobiologia* 71, 169-173. Netherlands: The Hague.
- Fadhila, N., Setyaningsih, N., Gatta, R., & Handziko, R. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Menggunakan Model Addie Pada Materi Struktur Dan Fungsi Jaringan Tumbuhan Sma Kurikulum 2013. Bioedukasi. *Jurnal Pendidikan Biologi*. <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v13i1.5298>.
- Fauziah, B., Sunardi, S., Rosada, Keukeu Kaniawati. (2016). Penurunan Kandungan Bahan Organik & Coliform dalam Lindi TPA Sarimukti oleh *Paramexium caudatum* pada pH dan Oksigen Terlarut yang Berbeda. *BIOTIKA Jurnal Ilmiah Biologi*, 12 (12), 46-52.
- Febbriana, V., Muskananfolo, M. R., Suryanti. (2017). Produktivitas Primer Perairan Berdasarkan Kandungan Klorofil-A Dan Kelimpahan Fitoplankton Di Muara Sungai Bedono Demak. *Journal of Maquares*, 6 (3), 318-325.
- Ferella, E., Rakhmawati, A., & Efendi, A. (2025). The Development Electronic Magazine Based on Contextual Teaching And Learning to Increase Logical Thinking Skills and Curiosity of Students on Body Defense System Learning Material. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v13i1.40832>.
- Furst, K., Graham, K., Weisman, R., & Adusei, K. (2024). It's getting hot in here: Effects of heat on temperature, disinfection, and opportunistic pathogens in drinking water distribution systems.. *Water research*, 260, 121913 . <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121913>.
- Gazali, I., Widiatmono, B. R., Wirosoedarmo, R. (2013). Evaluasi Dampak Pembuangan Limbah Cair Pabrik Kertas Terhadap Kualitas Air Sungai Klintar Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1 (2), 1-8.
- Gunawan, C. W., Risdianto, E., Putri, D. H. (2022). Development of Canva Aplication based E-Magazine on Static Fluids to Improve Student Motivation. *Kasuari: Physics Education Journal*, 5(2), 116-125.
- Hardiyanto, R., Suherman, H., Pratama, R. I. (2012). Kajian Produktivitas Primer Fitoplankton Di Waduk Saguling, Desa Bongas Dalam Kaitannya Dengan Kegiatan Perikanan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3 (4), 51-59.

- Idrus, S. W. (2015). Analisis Pencemaran Air Menggunakan Metode Sederhana Pada Sungai Jangkuk, Kekalik Dan Sekarbela Kota Mataram. *Jurnal Pijar Mipa*, 10(2), 8–14. <https://doi.org/10.29303/jpm.v10i2.28>.
- Istiqamah, I., Salihah, S., Himmah, N., & Destiara, M. (2023). Development of elementary science learning device based on the KKNi curriculum review project based. *Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*. <https://doi.org/10.20527/bino.v5i2.15411>.
- Hasanah, H. (2017). Teknik-Teknik Observasi (Sebuah Alternatif Metode Pengumpulan Data Kualitatif Ilmu-ilmu Sosial). *At-Taqaddum*, 8(1), 21. <https://doi.org/10.21580/at.v8i1.1163>.
- Jane, S., Mincer, J., Lau, M., Lewis, A., Stetler, J., & Rose, K. (2022). Longer duration of seasonal stratification contributes to widespread increases in lake hypoxia and anoxia. *Global Change Biology*, 29, 1009 - 1023. <https://doi.org/10.1111/gcb.16525>.
- Juadi, Dewiyanti, I., & Nurfadillah. (2018). Komposisi Jenis dan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Ujong Pie Kecamatan muara Tiga Kabupaten Pidie. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 3(1) 112-120.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). Laporan tentang pengelolaan situ di Indonesia. Jakarta.
- Karomah, A. S., Hariyanti, E. N., Indriani, R. P., Ristanto, R. H., & Miarsyah, M. (2023). HAIBIO: Development of an e-magazine to Improve Biological Literacy. *J.Sci.Learn*.2023, 6(3), 272–280. <https://doi.org/10.17509/jsl.v6i3.54176>
- Laurenza, A. M. (2023). *Analisis Kualitas Air di Danau Situ Gede sebagai Media Pembelajaran Berbasis E-handout*. (Skripsi). Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Pakuan, Bogor.
- Lenaini, I. (2021). Teknik Pengambilan Sampel Purposive Dan Snowball Sampling. *HISTORIS: Jurnal Kajian, Penelitian & Pengembangan Pendidikan Sejarah*, 6(1), 33–39. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/historis>.
- Liu, J., Shen, Y., Ding, J., Luo, W., Zhou, H., Cheng, H., Wang, H., Zhang, X., Wang, J., Xu, P., Cheng, Q., S., & Chen, K. (2023). High oil content inhibits humification in food waste composting by affecting microbial community succession and organic matter degradation. *Bioresource technology*, 128832 . <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128832>.
- Lutfi, C., & Zulfiqri, . (2023). Air dalam Pandangan Sains dan Al-quran. *El-Moon: Jurnal Ilmu Pendidikan Islam*, 5(1), 35-44.
- Manzoor, M., Bhat, K., Khurshid, N., Yatoo, A., Zaheen, Z., Ali, S., Ali, M., Amin, I., Mir, M., Rashid, S., & Rehman, M. (2021). Bio-Indicator Species and Their Role

- in Monitoring Water Pollution. *Freshwater Pollution and Aquatic Ecosystems*.
<https://doi.org/10.1201/9781003130116-12>.
- Mardizal, J., Rizal F. & Syah N. (2024). *Manajemen Kualitas Air*. Purbalingga: Eureka Media Aksara.
- Mazur, R., Kowalewski, Z., Głowienka, E., Santos, L., & Jakubiak, M. (2024). Sustainability in Aquatic Ecosystem Restoration: Combining Classical and Remote Sensing Methods for Effective Water Quality Management. *Sustainability*.
<https://doi.org/10.3390/su16093716>.
- Merliyana. (2017). *Analisis Status Pencemaran Air Sungai dengan Makrobentos sebagai Bioindikator di Aliran Sungai Sumur Putri Teluk Betung*. (Skripsi). Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Lampung.
- Nováková, J., & Ručka, J. (2019). Undesirable Consequences Of Increased Water Temperature In Drinking Water Distribution System. *Mm Science Journal*.
https://doi.org/10.17973/mmsj.2019_12_2019158.
- Nurhasanah, Handoyo, B., & Irawan L. (2022). Pengembangan Bahan Ajar E-Magazine dengan Pendekatan SAVI pada Materi Dinamika Litosfer dan Dampaknya terhadap Kehidupan. *Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial*, 9 (1), 15-27.
- Oktaria, E., Suharto, E., & Deselina. (2021). Studi Kualitas Air Danau Tes di Taman Wisata Alam (TWA) Danau Tes Kabupaten Lebong Provinsi Bengkulu. *Journal of Global Forest and Environmental Science*, 1(1), 60–68.
<https://ejournal.unib.ac.id/jhutanlingkungan/article/view/16662/8037>.
- Pahrela, Yuni., Rosana Elvince, & Kembarawati. (2023). Hubungan Antara Kualitas Air Dengan Keanekaragaman Ikan Di Danau Tahai, Kecamatan Bukit Batu Kota Palangka Raya. *Journal of Tropical Fisheries*, 17(2), 86–96.
<https://doi.org/10.36873/jtf.v17i2.8774>.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 54 Tahun 2008 tentang Penataan Ruang Kawasan Jakarta, Bogor, Depok, tangerang, bekasi, Pucak, Cianjur.
- Pinontoan, R. O., Oksfriani J. Sumampouw, dan Jeini E. Nelwan. (2019). *Epidemiologi Kesehatan Lingkungan*. Deepublish.
- Pranoto & Heraldy, E. (2022). *Kimia Air*. Jakarta: PT Bumi Aksara.

- Putra, A. Y., & Yulia, P. A. R. (2019). Kajian Kualitas Air Tanah Ditinjau dari Parameter pH, Nilai COD dan BOD pada Desa Teluk Nilap Kecamatan Kubu Babussalam Rokan Hilir Provinsi Riau. *Jurnal Riset Kimia*, 10(2), 103–109. <https://doi.org/10.25077/jrk.v10i2.337>.
- Ramli, I. U., Kurniasih, Surti., Herawati, Desti. (2023). Pengembangan E-Magazine Untuk Meningkatkan Keterampilan Argumentasi Siswa Pada Materi Pembelajaran Virus. *Jurnal Esabi (Jurnal Edukasi dan Sains Biologi)*, 5(1), 8-12.
- Risti, Sarah Nurfadila. (2022). *Desain Dan Uji Coba E-Magazine dengan Bantuan Software Flipcreator Berbasis Litwarsi Sains pada Materi Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Risya, Fauziah. A. (2020). *Pengembangan Bahan Ajar Berbasis E-Magazine pada Materi Pencemaran Lingkungan dalam Meningkatkan Tanggung Jawab Lingkungan Siswa SMA*. (Skripsi). Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Pakuan, Bogor.
- Riza F., Bambang A. N. & Krismartini. (2015). Tingkat Pencemaran Lingkungan Perairan Ditinjau Dari Aspek Fisika, Kimia Dan Logam Di Pantai Kartini Jepara. *Indonesian Journal of Conservation*, 04 (1), 52-60.
- Rofiah, K., Nurrahman, Y. A. & Prayitno, D. I. (2022). Produktivitas Primer Perairan Teluk Cina di Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 5 (2), 39-47.
- Rohmah, W. S., Muskananfolo, M. R., Studi, P., Sumberdaya, M., Diponegoro, U., & Semarang, W. J. (2016). <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/maquares>. 5, 150–156.
- Ruthena, Y., Anggoro, S., & Soeprbowati, T. (2023). Diversity of Plankton Bio-indicators on Water Quality of Lutan Lake, Palangka Raya, Central Kalimantan, Indonesia. E3S Web of Conferences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344803068>.
- Samadi. (2007). *Geografi 2*. Yudhistira.
- Sangian, N. I., Lumenta, A. & Robot, J. (2014). Rancang Bangun E-magazine Universitas Sam Ratulangi. *E-journal Teknik Informatika*, 4 (1).
- Saputra, H. M., Sari, M., Purnomo, T., Suhartawan, B., Asnawi, I., Palupi, I. F., Shabuddin, E. S., Sinaga, J., Juhanto, A., Yuniarti, E., & Nur, S. (2023). Parameter Kualitas Air. *Pt.Suri Tani Pemuka*.
- Saputri, D., Atmojo, I., & Ardiansyah, R. (2021). The Expert Validation Of Game-Based Interactive Multimedia In The Digitalization Era For Elementary School Students. , 5, 918-931. <https://doi.org/10.33578/PJR.V5I4.8375>.

- Saputro, Agung Aji., Sunaryo., Fahdiran, Riser. (2020). Kaulitas Air Danau Sunter Berdasarkan arameter Fisika dan Kimia enggunakan Metode Indeks Pencemaran. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, Vol. 9. DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2020.01.FA.21.
- Sarkar, K., Yandi, R., Sagita, N., & Li, F. (2023). Spatiotemporal Variation of Fishy Smell-Causing Algae (*Uroglena americana*) and Its Correlation with Water Quality Factors in the Source Water of Drinking Water Treatment Plant. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234. <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06490-7>.
- Septiani, P. A., Alimin, A., & Muharram, D. M. (2022). The Effect Of E-Magazine In Discovery Learning Model On The Learning Outcomes Of Students In Class X Sma Negeri 8 Selayar (Study On Oxidation Reduction Subject Metter). In *Unesa Journal of Chemical Education* (Vol. 11, Issue 3).
- Shofia, R. N., Rakhmawan, A., Tamam, B., Wahyuni, E. A., & Hadi, W. P. (2024). Peningkatan Literasi Sains Peserta Didik Melalui Pembelajaran Dengan Pendekatan Kontekstual Berbantuan E-Magazine Eco Explorer. *Jurnal Natural Science Educational Research*, 7(2), 110–117.
- Sitorus, Hasan. (2019). Indikator Pencemaran Perairan. Media Warta Digital.
- Soegianto, Agoes. (2010). *Ekologi Perairan Tawar*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Song, J., Zhang, W., Gao, J., Hu, X., Zhang, C., He, Q., Yang, F., Wang, H., Wang, X., & Zhan, X. (2019). A pilot-scale study on the treatment of landfill leachate by a composite biological system under low dissolved oxygen conditions: Performance and microbial community. *Bioresource technology*. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122344>
- Sulastri. (2018). *Fitoplankton Danau-danau di Pulau Jawa: Keanekaragaman dan Perannya sebagai Bioindikator Perairan*. Jakarta: Lipi Press.
- Sultana, S., Khan, S., Shaika, N., Hena, S., Mahmud, Y., & Haque, M. (2024). Ecology of freshwater harmful euglenophytes: A review. *Heliyon*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29625>.
- Sunaryo, Ade. (2017). Produktivitas Primer Di Waduk Ir.H.Juanda Kabupaten Purwakarta Propinsi Jawa Barat. *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, 11 (2), 110-120.
- Supriatna, Mahmudi, M., Musa, M., Krusdiani. (2020). Hubungan pH dengan Parameter Kualitas Air Pada Tambak Intensif Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4 (3), 368-374.

- Supriyadi., Hidayat, W., Bahri, A. (2018). Pengembangan E-Magazine Menggunakan Flipcreator Sebagai Sumber Belajar Biologi. *Prosiding Seminar Nasional Biologi dan Pembelajarannya*. Hal. 24-32.
- Suyasa, W. B. (2015). *Pencemaran Air & Pengolahan Air Limbah*. Bali: Udayana University Press.
- Tanabe, Y., Hori, M., Mizuno, A., Osono, T., Uchida, M., Kudoh, S., & Yamamuro, M. (2019). Light quality determines primary production in nutrient-poor small lakes. *Scientific Reports*, 9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41003-9>.
- Triphathi, G. (2024). Causes of Water Pollution and it's effects and control. *Journal of Advances and Scholarly Researches in Allied Education*. <https://doi.org/10.29070/r6tgjj74>.
- Triputra, Zery., Muchammad., Tauviquirrahman, Mohammad. (2023). Studi Numerik Transfer Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen) pada Kolam Budidaya Udang Vaname Marine Science Techno Park-Undip. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(3).
- Vivan, E. L., Bashir, F. M., Eziashi, A. C., Gammoudi, T., & Dodo, Y. A. (2023). Ground water quality evaluation using hydrogeochemical characterization and novel machine learning in the Chikun Local Government Area of Kaduna State, Nigeria. *Water Science and Technology*, 88(7), 1875–1892. <https://doi.org/10.2166/wst.2023.294>.
- Vonti, L., , Indriyani., Ganeswara, M., Rahmah, M., & Rosyid, A. (2024). Bilingual E-Magazine: The Development of Digital Teaching Resource on Students' Literacy of Environmental Pollution. *Journal of Education Technology*. <https://doi.org/10.23887/jet.v8i1.68115>.
- Wang, C., Liu, T., Jia, Z., Su, M., Dong, Y., Guo, Q., Yang, M., & Yu, J. (2023). Unraveling the source-water fishy odor occurrence during low-temperature periods: Odorants identification, typical algae species and odor-producing potential.. *The Science of the total environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166998>.
- Widiyanto, A., Suratman, S., Alifah, N., Murniati, T., & Pratiwi, O. (2019). Knowledge and Practice in Household Waste Management. *Kesmas: National Public Health Journal*. <https://doi.org/10.21109/KESMAS.V13I3.2705>.
- Wijaya, A. S., Nugrahani, M. P., & Putri, R. J. (2022). Struktur Komunitas Zooplankton Di Perairan Sungai Kawasan Pantai Cemara Banyuwangi. *Nusantara Hasana Journal*, 1(10), 101–111.
- Winarsih, Lies & Susanto, Dedi. (2023). Efektivitas Larutan Pengawet pada Sampel Plankton pada Pemeriksaan di Laboratorium. *Indonesian Journal of Laboratory*, 6(3), 226-236.

- Winarti, A., Almubarak, A., Sundari, T., Sumardjoko, B., & Nzuza, Z. (2024). Enhancing Cognitive Learning: A Comparative Analysis of E-Learning Media Tailored to Different Learning Styles. *Indonesian Journal on Learning and Advanced Education (IJOLAE)*. <https://doi.org/10.23917/ijolae.v6i2.23079>.
- Zainuri, M., Inriyawati, N., Syarifah, W. (2023). Korelasi Intensitas Cahaya Dan Suhu Terhadap Kelimpahan Fitoplankton Di Perairan Estuari Ujung Piring Bangkalan. *Buletin Oseanografi Marina*, 12 (1), 20-26.
- Zimba, P., Huang, I., Gutierrez, D., Shin, W., Bennett, M., & Triemer, R. (2017). Euglenophycin is produced in at least six species of euglenoid algae and six of seven strains of *Euglena sanguinea*. *Harmful algae*, 63, 79-84 .
<https://doi.org/10.1016/j.hal.2017.01.010>

LAMPIRAN

Lampiran 1 SK Bimbingan Skripsi



YAYASAN PAKUAN SILIWANGI
UNIVERSITAS PAKUAN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Bermutu, Mandiri dan Berkepribadian

Jalan Pakuan Ketak Pos 452, E-mail: fkip@umpak.ac.id, Telepon (0251) 8375608 Bogor

SURAT KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN UNIVERSITAS PAKUAN
Nomor: 3763/SK/DFKIP/VI/2025

TENTANG
PENGANGKATAN PEMBIMBING SKRIPSI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN UNIVERSITAS PAKUAN
DEKAN FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Menimbang	1. Bahwa demi kepentingan peningkatan akademis, perlu adanya bimbingan terhadap mahasiswa dalam menyusun skripsi sesuai dengan peraturan yang berlaku; 2. Bahwa perlu menetapkan pengangkatan pembimbing skripsi bagi mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Pakuan; 3. Skripsi merupakan syarat mutlak bagi mahasiswa untuk menempuh ujian Sarjana; 4. Ujian Sarjana harus diselenggarakan dengan baik.				
Mengingat	1. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional; 2. Peraturan Pemerintah Nomor 32 Tahun 2013 Merupakan Perubahan dari Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005, tentang Standar Nasional Pendidikan; 3. Peraturan Pemerintah Nomor 17 Tahun 2010, tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan; 4. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi; 5. Keputusan Rektor Universitas Pakuan Nomor 150/KEP/REK/XI/2021, tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Antar Waktu Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Pakuan Masa Bakti 2021-2025.				
Memperhatikan	Laporan dan permintaan Ketua Program Studi Pendidikan Biologi dalam rapat staf pimpinan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Pakuan.				
Menetapkan Pertama	MEMUTUSKAN Mengangkat Saudara <table> <tr> <td>Dr. Rita Istiana, M.Pd</td><td>Pembimbing Utama</td></tr> <tr> <td>Dina Dyah Saputri, M.Si</td><td>Pembimbing Pendamping</td></tr> </table> Nama : Shakra NPM : 036121012 Program Studi : PENDIDIKAN BIOLOGI Judul Skripsi : ANALISIS KUALITAS AIR DI SITU TLAJUNG HILIR DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA BERBASIS E-MAGAZINE	Dr. Rita Istiana, M.Pd	Pembimbing Utama	Dina Dyah Saputri, M.Si	Pembimbing Pendamping
Dr. Rita Istiana, M.Pd	Pembimbing Utama				
Dina Dyah Saputri, M.Si	Pembimbing Pendamping				
Kedua	Kepada yang bersangkutan diberlakukan hak dan tanggung jawab serta kewajiban sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Pakuan.				
Ketiga	Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan selama 1 (satu) tahun, dan apabila di kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam keputusan ini akan diadakan perbaikan seperlunya.				



Tembusan

1. Rektor Universitas Pakuan
2. Wakil Rektor I, II, dan III Universitas Pakuan

Lampiran 2 Surat izin penelitian


YAYASAN PAKUAN SILIWANGI
UNIVERSITAS PAKUAN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Berprestasi, Mandiri dan Berkeberhasilan
Jalan Pakuan Raya Km. 4,52, K.ond: Bojongsari rt.04, Telaga (0271) 8779008 Bogor

Nomor : 0006/INAC/01/STK/P/03/2024
Tgl. : 27 Desember 2024

Yth. Kepala Desa Wanasiheng Klatapan Bogor
di
Tempat

Dalam rangka penyusunan proposal, bersama ini kami menghadap mahasiswa :

Nama	: Shukla
NPM	: 036121012
Program Studi	: PENDIDIKAN BIOLOGI
Semester	: 7

Untuk melakukan penelitian di lokasi yang Bapak/Ibu pimpin. Adapun kegiatan penelitian yang akan dilakukan pada tanggal 06 Januari s.d. 06 Maret 2025 mengenai **ANALISIS KUALITAS AIR DI SITU TILAJUNG HILIR DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI MEDIA PEMBIKLAJARAN BIOLOGI SMA BERBASIS E-MAGAZINE**

Kami mohon bantuan Bapak/Ibu memberikan izin penelitian kepada mahasiswa yang bersangkutan.

Atas perhatian dan bantuan Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

A.P. Dikirim
Ked. Cakart
Wakil Wakil dan berkepercayaan

Rina Irtama, S.Si., M.Pd.
000000489

Lampiran 3 Surat peminjaman alat laboratorium


UNIVERSITAS PAKUAN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
Sekretariat : Jalan Pakuan Raya Km 4,52 (0251) 8779608 Bogor 16143

Lampiran : Satu Lembar
Perihal : Permohonan Peminjaman Alat Laboratorium

27 Desember 2024

Yth. Kepala Laboratorium Biologi
di
Tempat

Dengan hormat,

Selubungan dengan kegiatan penelitian yang sedang saya lakukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir berupa Skripsi yang berjudul "**Analisis Kualitas Air di Situ Tilajung Hilir dan Pemanfaatannya sebagai Media Pembelajaran Biologi SMA Berbasis E-Magazine**". Saya mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pakuan. Maka dengan ini bermaksud mengajukan permohonan peminjaman alat laboratorium untuk penelitian yang akan dilakukan pada:

hari, tanggal : Senin, 06 Januari 2025 s.d. 06 Maret 2025
tempat : Situ Tilajung Hilir, Wanasiheng, Gunung Putri, Bogor

Demiikian surat permohonan ini saya sampaikan. Atas perhatian dan bntu serta bntu saya ucapkan terima kasih.

Mengucapkan,

Ketua Program Studi Pendidikan Biologi	Peminjam,
	
Dr. Rina Irtama, S.Si., M.Pd. NIK. 1.1213032623	Shukla NPM 036121012

Lampiran 4 Surat validator ahli materi dan media

UNIVERSITAS PAKUAN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Beriman, Mandiri dan Berkeadilan

Nomor : 1113/WADK-UKIP/VI/03/25
Perihal : Penunjukan Validator Data 2 Juli 2025

Yth. Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Pakuan
Dago

Dengan hormat,

Dalam rangka Penyusunan Skripsi, dengan ini kami mohon bantuan Bapak untuk memberikan nilai kepada mahasiswa

Nama : Shukira
NPM : 836121012
Program Studi : Pendidikan Biologi

agar dapat lebih baik validator data dari pihak Sekolah Pascasarjana Universitas Pakuan untuk mengetahui data yang dibutuhkan oleh mahasiswa tersebut. Adapun validasi data yaitu:

Nama Dosen : Dr. Yvona Triati, M.Pd.

Demikian permohonan ini kami sampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak, kami ucapkan terima kasih.

Berkas Dekan
Revisi-Substansi dan Keresahanmas


Dr. Yvona Triati, M.Pd.
NPM: 44409 025 440

Men Pakuan Kotak Pos 412, Dago 16163, Jakarta (021) 8311608
http://www.fkip.pakuan.ac.id email: fkip@pakuan.ac.id

UNIVERSITAS PAKUAN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Beriman, Mandiri dan Berkeadilan

Nomor : 1113/WADK-UKIP/VI/03/25
Perihal : Penunjukan Validator Data 2 Juli 2025

Yth. Bapak Lully Hari Susanto, M.Pd.
Dekan FKIP Universitas Pakuan
Dago

Dengan hormat,

Sehubungan dengan penelitian mahasiswa dengan identitas sebagai berikut:

Nama : Shukira
NPM : 836121012
Program Studi : Pendidikan Biologi

Kami mohon bantuan Bapak untuk menjadi validator data yang diperlukan oleh mahasiswa tersebut dalam penyusunan skripsi.

Demikian permohonan ini kami sampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak, kami ucapkan terima kasih.

Berkas Dekan
Revisi-Substansi dan Keresahanmas


Dr. Yvona Triati, M.Pd.
NPM: 44409 025 440

Jalan Pakuan Kotak Pos 412, Dago 16163, Jakarta (021) 8311608
http://www.fkip.pakuan.ac.id email: fkip@pakuan.ac.id

Lampiran 5 Hasil validasi ahli materi dan media

No.	Aspek Penilaian	Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
Kesesuaian Materi dengan Capaian Pembelajaran dan Aspek Pembelajaran						
1	Ketersesuaian materi dengan Capaian Pembelajaran (CP) dan Aspek Pembelajaran (AP)					✓
2	Kesesuaian materi dengan kebutuhan pembelajaran					✓
Aspek Materi						
3	Isi E-Magazine tidak bertentangan, memuat hal-hal yang bermanfaat					✓
4	Ketersesuaian gambar dengan isi materi					✓
5	E-Magazine memuat hasil dan penelitian sesuai lapangan					✓
6	Uraian materi yang disajikan menarik dan menarik					✓
7	Materi yang disajikan dapat membantu pemahaman siswa					✓
Kemudahan dan Interaktivitas						
8	Ketersediaan foto atau materi untuk dipelajari peserta didik					✓
9	Ketersediaan dengan pembelajaran individual peserta didik					✓
10	Materi yang disajikan dengan bahasa yang sederhana					✓

Isian:

Berikut ini diberikan untuk memberikan tanda check (✓/√) untuk memberikan kesesuaian terhadap E-Magazine pada materi Pembelajaran Lapangan untuk SMA/SLTA.

Kesimpulan:

E-magazine belum dapat digunakan	
E-magazine dapat digunakan dengan revisi	
E-magazine dapat digunakan tanpa revisi	✓

Baga, 3 Juli 2025
Validator materi


NPM: 082121012

No.	Aspek Penilaian	Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
Kepentingan Templat Media						
1	Isi materi templat media menggunakan isi dalam materi					✓
2	Warna templat media menarik					✓
3	Penempatan unsur atau titik pada templat media harmonis menarik serta dan kesatuan serta kesatuan					✓
4	Header yang digunakan menarik dan mudah dibaca					✓
5	Warna judul E-Magazine menarik dan bagus					✓
Kemudahan Format						
6	Bentuk cetak dan margin proporsional					✓
7	Kemudahan agar siswa atau guru memahami					✓
8	Ketersediaan materi atau konsep yang menarik, menarik, dan lain-lain, menarik dan menarik					✓
Kemudahan dan Interaktivitas dalam Media Pembelajaran						
9	Menggunakan pembelajaran menarik karena disajikan dengan bahasa yang menarik, menarik, dan lain-lain, menarik dan menarik					✓
10	Menggunakan pembelajaran menarik karena disajikan dengan bahasa yang menarik, menarik, dan lain-lain, menarik dan menarik					✓

Isian:

Berikut ini diberikan untuk memberikan tanda check (✓/√) untuk memberikan kesesuaian terhadap E-Magazine pada materi Pembelajaran Lapangan untuk SMA/SLTA.

Kesimpulan:

E-magazine belum dapat digunakan	
E-magazine dapat digunakan dengan revisi	
E-magazine dapat digunakan tanpa revisi	✓

Baga, 3 Juli 2025
Validator media


NPM: 082121012

Lampiran 6 Surat hasil laboratorium untuk DO dan BOD

Surat Sampel : <u>Air Limas ST-1 Limas</u>				Surat Sampel : <u>Air Limas ST-2 Limas</u>					
No	PARAMETER PADA HASIL	SATUAN UNIT	HASIL HASIL	REMARKS REMARKS	No	PARAMETER PADA HASIL	SATUAN UNIT	HASIL HASIL	REMARKS REMARKS
1	DO	mg/L	3.5	OK	1	DO	mg/L	3.5	OK
2	BOD ₅	mg/L	2	OK	2	BOD ₅	mg/L	2	OK

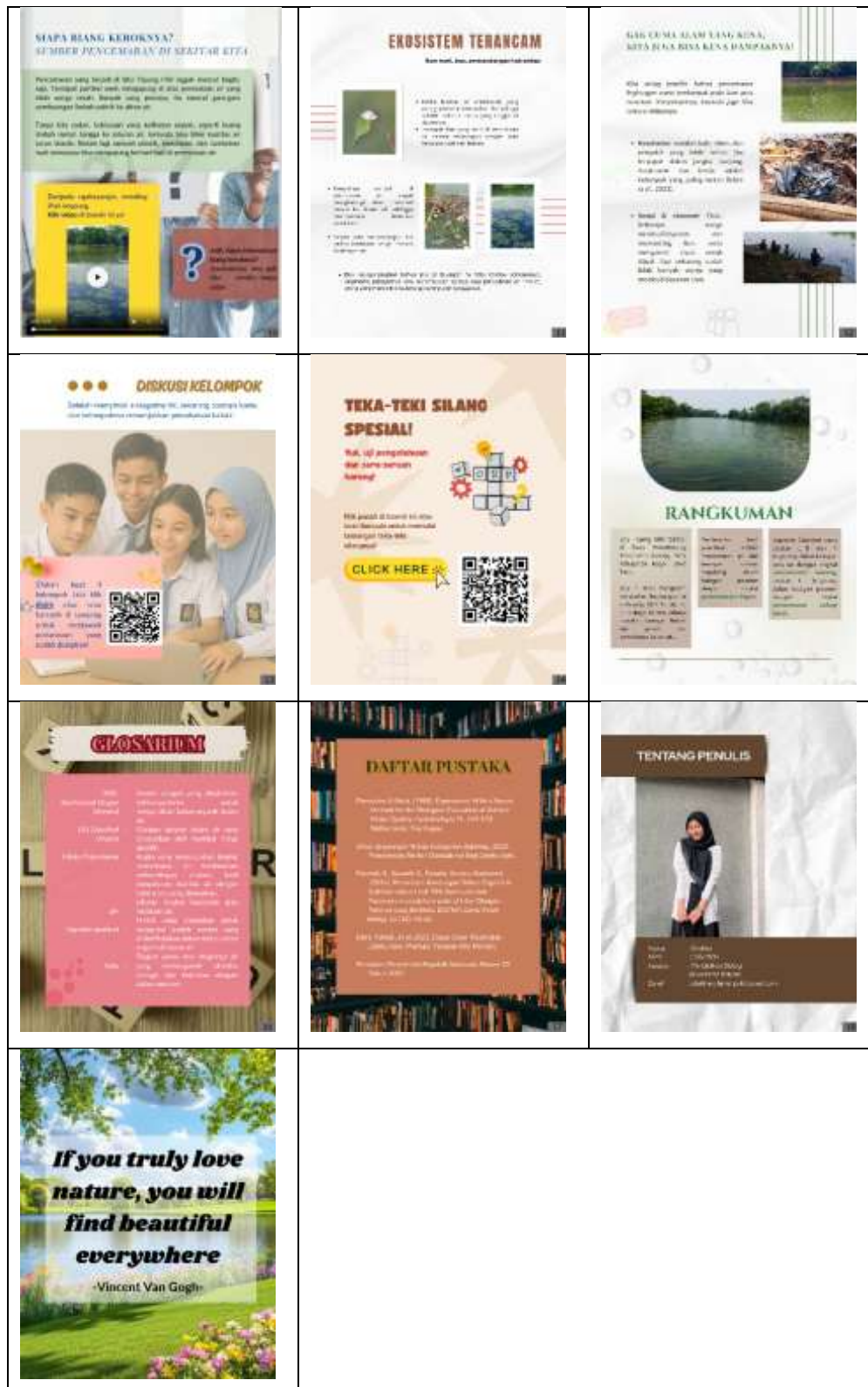
Surat Sampel : <u>Air Limas ST-3 Limas</u>				Surat Sampel : <u>Air Limas ST-4 Limas</u>					
No	PARAMETER PADA HASIL	SATUAN UNIT	HASIL HASIL	REMARKS REMARKS	No	PARAMETER PADA HASIL	SATUAN UNIT	HASIL HASIL	REMARKS REMARKS
1	DO	mg/L	3.5	OK	1	DO	mg/L	3.5	OK
2	BOD ₅	mg/L	2	OK	2	BOD ₅	mg/L	2.01	OK

Lampiran 7 Analisis plankton

 <i>Euglena acus</i> Euglenophyceae	 <i>Euglena viridis</i> Euglenophyceae	 <i>Ochromonas</i> sp. Chrysophyceae	 <i>Chlorella</i> sp. Chlorococcales
 <i>Navicula</i> sp. Diatom	 <i>Zygnema</i> sp. Conjugales	 <i>Scenedesmus</i> sp. Chlorococcales	 <i>Paramecium</i> sp. Ciliates
 <i>Stauroneis</i> sp. Diatom	 <i>Phacus</i> sp. Euglenophyceae		

Lampiran 8 Produk e-magazine





Lampiran 9 Dokumentasi kegiatan penelitian



Lampiran 10 Publish artikel

The screenshot displays the homepage of the Biolink journal. At the top, the journal's name "Biolink" is shown in a green box. Below it, the full name "BIOLINK (JURNAL BIOLOGI LINGKUNGAN, INDUSTRI, KESEHATAN)" is written, followed by the affiliation "UNIVERSITAS MEDAN ARIKA". The journal's ISSN numbers (P-ISSN: 25975210 and E-ISSN: 2356458X) and subject area (Science, Agriculture) are also listed.

Key statistics are highlighted in three boxes: 2.38636 Impact, 1749 Google Citations, and Sinta 3 Current Accreditation.

Below the statistics, there is a section for "Archived Submissions". It includes a search bar, a "Filters" button, and a "New Submission" button. A list of articles is shown, with the first entry being "Shakira et al." with the title "ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN SITU TLAJUNG HILIR USING POLLUTION INDEX AND SAPR...". The article is marked as "Published" and has a "View" button next to it.