

**PENGEMBANGAN MEDIA *PROTECH* BERBASIS MODEL POE TERINTEGRASI SDGS UNTUK MELATIH LITERASI VISUAL DAN HASIL BELAJAR KOGNITIF**

***Development of POE Model-Based PROTECH Media Integrated with the SDGs to Enhance Visual Literacy and Cognitive Learning Outcomes***

**Puri Rahayu**

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang

Email: [purhy653@gmail.com](mailto:purhy653@gmail.com)

**Mimien Henie Irawati Al-Muhdhar**

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang

Email: [mimien.henie.fmipa@um.ac.id](mailto:mimien.henie.fmipa@um.ac.id)

**Sofia Ery Rahayu**

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang

Email: [sofia.ery.fmipa@um.ac.id](mailto:sofia.ery.fmipa@um.ac.id)

**Sueb**

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang

Email: [sueb.fmipa@um.ac.id](mailto:sueb.fmipa@um.ac.id)

**Deny Setiawan**

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang

Email: [setiawan.fmipa@um.ac.id](mailto:setiawan.fmipa@um.ac.id)

**Situresmi Prabaningtyas**

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang

Email: [situresmi.prabaningtyas.fmipa@um.ac.id](mailto:situresmi.prabaningtyas.fmipa@um.ac.id)

**Wachidatul Linda Yuhanna**

Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, PGRI Madiun

Email: [linda.yuhanna@unipma.ac.id](mailto:linda.yuhanna@unipma.ac.id)

**Nunik Hidayati**

SMA Negeri 1 Singosari

Email: [hidayatinunik169@gmail.com](mailto:hidayatinunik169@gmail.com)

**Abstrak**

Literasi visual dan hasil belajar kognitif merupakan aspek fundamental yang perlu ditumbuhkan dalam pembelajaran abad ke-21. Pencapaian kedua aspek tersebut membutuhkan dukungan media belajar yang relevan dan representatif, seperti melalui pemanfaatan media audiovisual elektronik yang terpadu dengan basis model yang tepat serta dukungan terhadap tujuan pembangunan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan menghasilkan media audiovisual elektronik bernama *Protist Electronic Charta (PROTECH)* yang dipadukan dengan basis model POE terintegrasi poin SDGs “Clean Water and Sanitation” untuk melatih literasi visual dan hasil belajar kognitif siswa pada materi protista. Metode penelitian ini yaitu *Research & Development* dengan model pengembangan Lee and Owens yang dibatasi hingga tahap *development*, tepatnya pada uji kevalidan dan kepraktisan media. Instrumen yang dimanfaatkan untuk menguji kevalidan media yaitu lembar validasi ahli materi, ahli media, dan praktisi pendidikan biologi. Adapun kepraktisan media diuji menggunakan instrumen angket respons siswa melalui tiga tahap uji coba, yaitu uji coba perseorangan, kelompok kecil, dan lapangan. Hasil uji kevalidan dan kepraktisan dianalisis secara deskriptif melalui perhitungan persentase yang mengacu pada kriteria penilaian tertentu. Hasil uji validitas menunjukkan rerata kevalidan mencapai 97,5% (valid), sedangkan rerata uji kepraktisan mencapai 91,9% (praktis). Tingginya kedua rerata tersebut mengindikasikan bahwa media audiovisual *PROTECH*

yang dikembangkan dinilai valid dan praktis untuk melatih literasi visual dan hasil belajar kognitif materi protista peserta didik, sehingga layak untuk diimplementasikan.

**Kata Kunci:** media instruksional, pembelajaran biologi, clean water and sanitation, literasi, capaian belajar, protista

### Abstract

*Visual literacy and cognitive learning outcomes are fundamental aspects that need to be fostered in 21st-century education. Achieving these two aspects requires the support of relevant and representative learning media, one of which is through the use of integrated electronic audiovisual media combined with an appropriate learning model and aligned with the goals of sustainable development. This study aims to develop an electronic audiovisual medium called Protist Electronic Charta (PROTECH), which integrates the Predict–Observe–Explain (POE) model with the Sustainable Development Goals (SDGs) “Clean Water and Sanitation”, to enhance students’ visual literacy and cognitive learning outcomes on the topic of protists. The research employed a Research and Development method using the Lee and Owens development model, limited to the development stage, specifically focusing on media validity and practicality testing. Instruments used to assess media validity included expert validation sheets from material experts, media experts, and biology education practitioners. The practicality of the media was evaluated using student response questionnaires administered through three stages of testing: individual trials, small-group trials, and field trials. The results of the validity and practicality tests were analyzed descriptively through percentage calculations based on predetermined assessment criteria. The validity test results showed an average validity score of 97.5%, while the average practicality score reached 91.8%. These high averages indicate that the developed PROTECH audiovisual medium is both valid and practical for enhancing students’ visual literacy and cognitive learning outcomes in the protist topic, making it feasible for implementation in learning activities.*

**Keywords:** instructional media, biology learning, clean water and sanitation, literacy, learning outcomes, protists

### PENDAHULUAN

Pada abad ke-21, sains dan teknologi terus mengalami perkembangan yang berdampak pada berbagai sektor kehidupan manusia, salah satunya kemudahan dalam mendapatkan maupun menyebarkan sebuah informasi (Yamin, 2019; Motunrayo, dkk., 2022). Namun, informasi yang didapatkan tersebut seringkali kurang dapat dipahami akibat literasi yang rendah sehingga dapat berdampak pada sektor pendidikan (Baugher & Singleton, 2021). Terdapat berbagai macam literasi yang penting untuk dikembangkan melalui pendidikan pada abad ke-21, salah satunya yaitu literasi visual (Supsakova, 2020). Literasi visual merupakan suatu kemampuan untuk dapat menafsirkan, menganalisis, dan mengembangkan pemahaman secara kritis terhadap suatu objek visual (Prameswari, dkk., 2023). Literasi visual memiliki peran penting dalam mengembangkan beberapa keterampilan abad ke-21 yang lain, seperti berpikir kritis, kreatif, kolaborasi, serta komunikasi (Danis, 2021; Irasuti & Bachtiar, 2024). Oleh sebab itu, literasi visual menjadi penting untuk dilatihkan dalam proses pembelajaran.

Penelitian dari *Program for International Students Assessment* (PISA) tahun 2022 menyampaikan bahwa literasi visual menjadi salah satu aspek penting dalam domain berpikir kreatif yang berkaitan dengan kemampuan matematika dan membaca (OECD, 2024). Literasi visual memiliki keterkaitan dengan kemampuan

matematika dan membaca, karena kedua komampuan tersebut menuntut kemampuan menafsirkan grafik, tabel, simbol, diagram, serta teks yang mengombinasikan unsur visual dan verbal. Hasil dari PISA 2022 menunjukkan bahwa kemampuan matematika dan membaca peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah dan mengalami penurunan sebesar 12 hingga 13 poin dibandingkan empat tahun sebelumnya (OECD, 2023). Adapun di sekolah menengah atas, permasalahan serupa juga ditunjukkan dari hasil penelitian pendahuluan di SMAN 1 Singosari yang menunjukkan bahwa 52,9% peserta didik belum mengetahui tentang tingkat literasi visualnya akibat pelatihan literasi visual yang masih jarang dilakukan. Rendahnya literasi visual berhubungan dengan rendanya hasil belajar kognitif peserta didik. Hal ini ditunjukkan oleh Eutsler (2021) dan Fávaro, dkk. (2022) melalui penelitiannya bahwa terdapat pengaruh literasi visual dalam pembelajaran dalam peningkatan hasil belajar peserta didik. Hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan juga menunjukkan bahwa rerata skor hasil belajar kognitif peserta didik hanya sebesar 72,3. Berdasarkan paparan data tersebut dapat diketahui bahwa literasi visual dan hasil belajar kognitif peserta didik masih rendah dan perlu dilatihkan.

Berdasarkan hasil observasi kegiatan peserta didik SMAN 1 Singosari diketahui pula bahwa peserta didik masih kesulitan ketika mempelajari materi biologi yang bersifat mikroskopis seperti protista. Protista merupakan

salah satu materi biologi dengan dominasi organisme mikroskopis yang membutuhkan alat bantu dalam proses mengamatinya (Kirmizigül & Esra, 2020). Hasil penelitian pendahuluan di sekolah menunjukkan bahwa 76,6% peserta didik kelas XI masih mengalami miskonsepsi mengenai materi protista meskipun sudah mempelajarinya sejak kelas X. Hardianto, dkk. (2024) mengemukakan beberapa studi yang menyoroti hubungan antara rendahnya pengetahuan protista peserta didik dengan rendahnya pengetahuan beberapa konsep materi biologi yang lain. Materi protista memiliki hubungan dengan materi fungi, animalia, dan tumbuhan (Singer, dkk., 2018; Xie, dkk., 2023). Lebih lanjut, terdapat keterkaitan yang kuat antara pengetahuan protista dengan literasi lingkungan (Olive, dkk., 2020). Miskonsepsi dan kesulitan peserta didik dalam mempelajari materi protista disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kurangnya sarana berupa media maupun metode pembelajaran (De Fraga, 2018; Etten, dkk., 2022). Selaras dengan hal tersebut, hasil penelitian pendahuluan kepada guru dan peserta didik menunjukkan bahwa proses pembelajaran masih jarang menerapkan media yang menarik dan menunjang. Oleh sebab itu, dibutuhkan adanya media pembelajaran yang sesuai untuk memfasilitasi peserta didik dalam mendalami materi protista.

Salah satu bentuk media pembelajaran terbukti efektif dalam mengoptimalkan kualitas proses dan hasil pembelajaran yaitu media berbentuk audiovisual elektronik (Abdulrahman, dkk., 2020; Sappaile, dkk., 2024). *Protists Electronic Charta (PROTECH)* merupakan suatu media pembelajaran audiovisual elektronik berbentuk *website* yang dapat digunakan untuk mempelajari materi protista secara menarik oleh peserta didik. Kelebihan dari media pembelajaran berbentuk *website* yaitu efisiensi serta kemampuannya dalam menunjang kegiatan belajar peserta didik dimanapun dan kapanpun (Ahyanuardi & Ratih, 2019; Shana, dkk., 2024). Adapun kombinasi antara penglihatan dan pendengaran dalam media ini dapat membangun atmosfer belajar yang baru bagi peserta didik ketika menggali pengetahuan mengenai materi biologi dan mengembangkan keterampilan yang ingin dicapai dalam tujuan pembelajaran (Jamhari, dkk., 2023; Mahmudah & Subiantoro, 2025). Media *PROTECH* juga terintegrasi dengan salah satu tujuan yang dicetuskan dalam *Sustainable Development Goals (SDGs)*, yaitu *clean water and sanitation*. Poin *SDGs* tersebut berkaitan dengan materi protista yang dimuat dalam media *PROTECH*, khususnya mengenai peranannya dalam kualitas perairan (Li, dkk., 2023). Media *PROTECH* juga sudah diakui oleh Direktorat Jenderal Kekayaan

Intelektual Indonesia sebagai bentuk inovasi baru media pembelajaran elektronik.

Keberhasilan media pembelajaran dalam kegiatan belajar mengajar dipengaruhi oleh model pembelajaran yang digunakan untuk penerapannya. Media pembelajaran yang digabungkan dengan model pembelajaran yang secara langsung melibatkan peserta didik terbukti dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik (Inayah, dkk., 2022). Salah satu model pembelajaran yang berpusat pada aktivitas peserta didik yaitu *Predict, Observe, Explain (POE)*. Menurut Zakiyah, dkk. (2019), POE memiliki kelebihan dalam meminimalisir miskonsepsi dan meningkatkan hasil belajar siswa dibandingkan model pembelajaran yang hanya berpusat pada guru. Hasil penelitian Arif & Sahara (2022) juga menunjukkan bahwa model POE terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan siswa apabila dipadukan dengan bahan ajar dan media pembelajaran. Oleh sebab itu, model pembelajaran ini selaras untuk dipadukan dengan media *PROTECH*.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini memiliki tujuan untuk mengembangkan media *PROTECH* berbasis model POE yang diintegrasikan dengan *SDGs* yang teruji dari segi kevalidan dan kepraktisannya untuk melatih literasi visual dan hasil belajar kognitif materi protista peserta didik. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan manfaat berupa media pembelajaran biologi yang inovatif, mendukung pencapaian keterampilan abad ke-21, serta memperkuat pemahaman siswa terkait literasi visual, hasil belajar kognitif, dan isu-isu keberlanjutan.

## METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam pengembangan media *PROTECH* yaitu *Research & Development* yang mengadaptasi tahapan model pengembangan Lee & Owens (2004). Penelitian ini dibatasi hingga tahap ketiga, yaitu *Development* tepatnya pada uji kevalidan dan kepraktisan media. Adapun pelaksanaan penelitian berlangsung mulai dari bulan September hingga November 2024.

Tahap pertama model pengembangan Lee & Owens (2004) yaitu *analyze*. Tahap ini bertujuan untuk menganalisis permasalahan dan kebutuhan pada pembelajaran biologi di sekolah. Tahap analisis kebutuhan ini melibatkan guru biologi dan peserta didik kelas X dan XI SMAN 1 Singosari untuk mengisi instrumen angket analisis kebutuhan. Data hasil analisis kebutuhan mengenai literasi visual dan hasil belajar kognitif dianalisis menggunakan analisis deskriptif kuantitatif. Analisis dilakukan dengan menghitung nilai rerata (*mean*) dan standar deviasi dari skor angket dan tes

yang diperoleh peserta didik. Perhitungan nilai rerata analisis kebutuhan literasi visual dan hasil belajar kognitif menggunakan rumus berikut.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

Sedangkan standar deviasi dihitung menggunakan rumus berikut.

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{x})^2}{N}}$$

Keterangan:

- $\bar{x}$  : Nilai rerata
- x : Skor responden
- N : Jumlah responden
- SD : Standar deviasi

Skor yang diperoleh telah dinormalisasi ke dalam skala 0–100. Nilai rerata kemudian diinterpretasikan berdasarkan Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) yang ditetapkan oleh SMAN 1 Singosari. Adapun standar deviasi digunakan untuk menggambarkan tingkat penyebaran data responden terhadap nilai rerata. KKTP di SMAN 1 Singosari tertera dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran SMAN 1 Singosari

Rentang Skor	Kriteria	Keterangan
0 – 50	Sangat Kurang	Belum mampu mencapai kompetensi yang diinginkan dalam tujuan pembelajaran
51 – 75	Kurang	Baru muncul sebagian kecil kompetensi yang diinginkan dalam tujuan pembelajaran
76 – 85	Baik	Telah muncul sebagian besar kompetensi yang diinginkan dalam tujuan pembelajaran
86 – 100	Sangat Baik	Telah muncul secara keseluruhan aspek kompetensi yang diinginkan dalam tujuan pembelajaran

Sumber: Pedoman Akademik SMAN 1 Singosari 2024/2025

Informasi yang diperoleh dari hasil analisis selanjutnya digunakan sebagai dasar rancangan media *PROTECH* pada tahap kedua yakni *design*. Media *PROTECH* dirancang dalam format *website* dengan basis model POE yang terintegrasi *SDGs Clean Water and Sanitation* untuk materi protista. Rancangan media *PROTECH* disempurnakan dan dievaluasi mengenai kevalidan serta kepraktisannya pada tahap ketiga, yaitu *development*.

Uji kevalidan media dilakukan melalui tiga jenis validasi yakni validasi oleh ahli materi, ahli media, dan

praktisi pendidikan biologi. Validasi tersebut dilaksanakan sebanyak dua tahap menggunakan instrumen lembar validasi yang memuat butir pertanyaan sesuai aspek yang dinilai. Hasil uji kevalidan media yang diperoleh dihitung menggunakan rumus berikut.

*Percentase Kevalidan*

$$= \frac{\sum \text{Skor Perolehan Validasi}}{\sum \text{Skor Maksimum Validasi}} \times 100\%$$

Adapun uji kepraktisan media diuji melalui tiga tahap uji coba yang merujuk pada tahapan desain instruksional Branch (2009), yakni uji coba perseorangan, kelompok kecil, dan lapangan. Ketiga uji coba tersebut dilakukan dengan melibatkan peserta didik kelas XI SMAN 1 Singosari yang selesai menempuh materi protista untuk mengisi instrumen angket respons peserta didik mengenai media yang dikembangkan. Perhitungan hasil angket dari uji kepraktisan media menggunakan rumus berikut.

$$\text{Percentase Kepraktisan} = \frac{\sum \text{Skor Respons Peserta Didik}}{\sum \text{Skor Maksimum Respons}} \times 100\%$$

Hasil uji kevalidan dan kepraktisan media *PROTECH* dianalisis secara deskriptif berdasarkan hasil perhitungan dan catatan perbaikan yang diberikan oleh validator maupun peserta didik. Adapun interpretasi dari hasil perhitungan kevalidan dan kepraktisan media tersebut tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Kevalidan dan Kepraktisan Media Pembelajaran

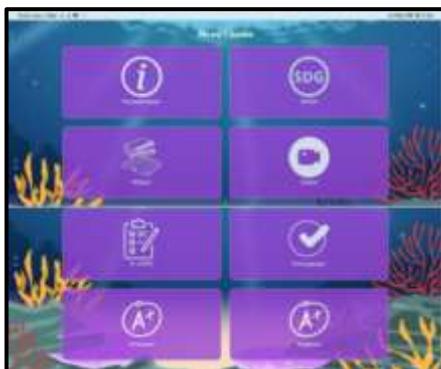
Percentase	Kriteria
X = 100	Sangat valid, sangat praktis, bisa digunakan tanpa revisi
80 ≤ X < 100	Valid, praktis, dan dapat digunakan dengan sedikit revisi
60 ≤ X < 80	Kurang valid, kurang praktis, terdapat revisi sedang, disarankan untuk tidak digunakan
40 ≤ X < 60	Tidak valid, tidak praktis, terdapat revisi besar, tidak boleh digunakan
20 ≤ X < 40	Sangat tidak valid, sangat tidak praktis, revisi total, tidak boleh digunakan

Sumber: Aka, dkk. (2018)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Media *Protists Electronic Charta (PROTECH)* merupakan sebuah media audiovisual elektronik yang dikemas dalam format *website* yang dikhurasukan untuk materi protista yang sering dianggap sulit. Media berbasis *website* memiliki dampak yang cukup signifikan terhadap perilaku pengaturan diri peserta didik selama proses pembelajaran pada materi biologi yang sulit (Lai & Chen, 2025). Peserta didik mampu untuk mengatur waktu belajarnya secara lebih fleksibel dengan bantuan media

berbentuk *website* yang dapat diakses secara *online* (Ismawati & Fuadi, 2025). Terdapat delapan menu utama yang tersedia dalam *website* *PROTECH*, yaitu menu pendahuluan, rangkuman materi, video pembelajaran, Informasi tentang *SDGs*, *student's worksheet*, unggah dan eksplor karya, evaluasi berupa *game*, dan daftar rujukan. Tampilan dan menu utama media *PROTECH* tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan Menu Utama Media *PROTECH*

Pengembangan media *PROTECH* didasarkan pada lima tahapan model pengembangan yang dikemukakan oleh Lee & Owens (2004), yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Namun, penelitian ini dibatasi hingga tahap pengembangan.

### Tahap Analisis (*Analysis*)

Tahap pertama model pengembangan Lee & Owens (2004) yaitu analisis. Pada tahap ini dilakukan kegiatan analisis kebutuhan untuk menemukan kesenjangan yang ada antara kondisi sebenarnya dengan kondisi yang diinginkan dalam proses pembelajaran biologi. Kegiatan analisis ini dengan melibatkan guru biologi serta peserta didik dari kelas X SMAN 1 Singosari sebagai sumber informasi. Berdasarkan hasil analisis pendahuluan yang telah dilaksanakan tersebut diketahui bahwa tingkat literasi visual dan hasil belajar kognitif peserta didik kelas X pada materi protista masih tergolong rendah. Hasil analisis literasi visual dan hasil belajar kognitif peserta didik tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Literasi Visual dan Hasil Belajar Kognitif Peserta Didik Kelas X (n=34)

Indikator	Rerata Skor (Skor Ideal 100)	± SD	Kriteria
Literasi Visual	47,4	± 1,1	Sangat Kurang
Hasil Belajar Kognitif	72,3	± 1,0	Kurang

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan tersebut, diketahui bahwa analisis terhadap 11 indikator literasi visual (Avgerinou, 2009) hanya memperoleh rerata skor sebesar 47,4. Adapun analisis terhadap enam indikator

hasil belajar kognitif (Anderson & Krathwohl, 2001) reratanya hanya sebesar 72,3. Kedua rerata tersebut tergolong rendah apabila mengacu pada kriteria ketercapaian tujuan pembelajaran yang ditetapkan di sekolah yakni 76. Rendahnya kedua skor tersebut disebabkan oleh masih kurangnya proses pelatihan yang dilakukan oleh guru selama proses pembelajaran biologi. Adapun aktivitas pembelajaran masih didominasi oleh peran guru (*teacher learning centered*) dan jarang menggunakan variasi media pembelajaran yang menarik serta menunjang proses pelatihan literasi visual dan hasil belajar kognitif peserta didik pada materi biologi yang kompleks seperti protista.

Protista merupakan materi biologi yang cukup kompleks serta didominasi oleh organisme mikroskopis (Raharjo, dkk., 2018). Selama proses pembelajaran protista diperlukan penyajian objek visual yang memudahkan pemahaman peserta didik. Penyajian objek visual tersebut dapat dibantu dengan adanya penerapan media pembelajaran yang tepat seperti media audiovisual berbentuk elektronik. Media pembelajaran elektronik dinilai dapat mempengaruhi keefektifan pembelajaran karena selaras dengan perkembangan zaman (Ananda, dkk., 2024). Adapun Yuliani (2021) mengungkapkan bahwa media audiovisual elektronik dalam kegiatan pembelajaran dinilai mampu meningkatkan pemahaman konsep materi yang kompleks seperti biologi dan berperan dalam upaya penguatan memori peserta didik. Dengan demikian, dibutuhkan pengembangan media pembelajaran audiovisual elektronik yang mampu mendukung peningkatan literasi visual dan hasil belajar kognitif peserta didik, khususnya pada materi biologi yang kompleks seperti protista.

### Tahap Perencanaan (*Design*)

Hasil analisis kebutuhan yang telah diperoleh dijadikan landasan dalam proses kedua pengembangan media yaitu *design*. Media yang dikembangkan diberi nama *Protists Electronic Charta (PROTECH)* yang dirancang dalam format *website* yang bisa menggabungkan beberapa unsur, seperti teks, gambar, *charta*, audio, video, dan *game*. Media *PROTECH* dikembangkan menggunakan *framework* pemrograman yaitu Laravel yang dipadukan dengan *software* *Articulate Storyline* untuk mengembangkan fitur *game* edukasi berkonsep *drag and drop*.

Tambahan fitur *game* ditujukan untuk sarana evaluasi pemahaman mengenai materi secara interaktif serta dapat mengoptimalkan keterampilan peserta didik dalam proses pembelajaran (Smiderle, dkk., 2020). Adapun menurut Chu, dkk. (2021) pemberian *game* dalam pembelajaran efektif dalam meningkatkan prestasi dan sikap peduli peserta didik terhadap proses belajarnya. Sikap peduli peserta didik ini berkaitan dengan kekuatan *game* dalam memotivasi peserta didik dengan tantangan secara aktif

yang terdapat di dalamnya (Westera, 2019). Peserta didik cenderung meningkat perhatian, kesenangan, dan keterlibatannya dalam proses belajar karena peran dari *game* (Chen & Liang, 2022; Wulan, dkk., 2024). Hal ini dapat memudahkan tercapainya keterampilan yang ingin dilatih dalam pembelajaran menggunakan media *PROTECH*. Rancangan *game* dalam media *PROTECH* disajikan pada Gambar 2.

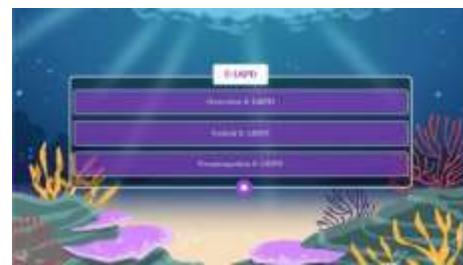


Gambar 2. Rancangan *Game* Media *PROTECH*

Media *PROTECH* dipadukan dengan basis model pembelajaran *Predict, Observe, Explain* (POE) dan terintegrasi salah satu poin *SDGs* yakni *Clean Water and Sanitation*. Model pembelajaran POE didasarkan pada teori pembelajaran konstruktivisme, di mana fokus pembelajarannya yaitu peran aktif dari peserta didik dalam mendorong perubahan konseptual mengenai materi (Hsiao, dkk., 2017). Berdasarkan penelitian Özcan & Uyanık (2022) diketahui model pembelajaran POE memiliki efek yang positif pada usaha peningkatan prestasi, sikap, dan ingatan sains peserta didik seperti biologi. Model POE juga terbukti dapat mendorong adanya perubahan konseptual, peningkatan minat belajar, serta proses komunikasi pengetahuan baru yang didapat oleh peserta didik (Hwang, dkk., 2022; Hidayati, dkk., 2024). Tahapan model pembelajaran POE disajikan pada menu pendahuluan dan *student worksheet* yang digunakan peserta didik, sehingga mereka dapat memahami langkah-langkah pembelajaran dengan media *PROTECH*. Tampilan menu pendahuluan dan *student worksheet* pada disajikan pada Gambar 3 serta 4.

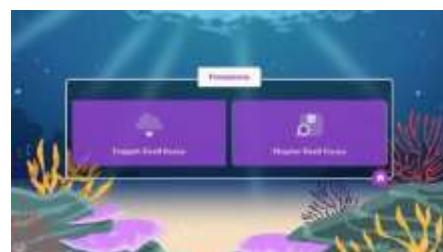


Gambar 3. Tampilan Pendahuluan Media *PROTECH*



Gambar 4. Tampilan Menu *Student Worksheet* Media *PROTECH*

Adapun tahapan *Explain* pada model pembelajaran POE, difasilitasi oleh media *PROTECH* melalui fitur unggah dan eksplorasi karya. Fitur unggah karya yang disediakan dapat dimanfaatkan oleh peserta didik sebagai wadah dari produk visual yang dibuat. Adanya wadah khusus bagi produk visual tersebut dapat memfasilitasi kreativitas dan kegiatan berbagi informasi peserta didik. Penelitian dari Hakim & Rismayana (2023) memberi dukungan bahwa penambahan fitur unggah karya tersebut dapat menumbuhkan partisipasi aktif peserta didik selama kegiatan pembelajaran. Tampilan menu unggah dan eksplor karya dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Tampilan Menu Unggah Karya



Gambar 6. Tampilan Menu Eksplor Karya

Media *PROTECH* terintegrasi dengan poin *SDGs* dalam pembelajaran khususnya biologi perlu untuk memberikan pengetahuan yang relevan dengan tuntutan abad ke-21 pada peserta didik. Menurut Zidny, dkk. (2020) pembelajaran biologi yang dihubungkan dengan *SDGs* mampu menanamkan pemahaman dan kompetensi yang sesuai dengan pembangunan berkelanjutan. Hal ini juga berdampak pada kemampuan peserta didik untuk dapat berpikir lebih kritis dan kreatif saat dihadapkan dengan isu global yang sedang terjadi di masyarakat.

Adapun alasan pemilihan poin *SDGs Clean Water and Sanitation* untuk diintegrasikan dalam media karena memiliki hubungan dengan materi protista khususnya mengenai peranan protista dengan kualitas perairan. Pengetahuan mengenai *SDGs* ini dirasa perlu untuk peserta didik karena dapat menumbuhkan pemahaman mendalam mengenai tanggung jawab dalam menjaga kualitas perairan (Cimene & Otterpohl, 2024). Penjelasan mengenai *SDGs* ini disajikan dalam menu khusus dalam media *PROTECH* yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Menu *SDGs* Pada Media *PROTECH*

### Tahap Pengembangan (*Development*)

Pengembangan merupakan tahap ketiga dari model pengembangan Lee & Owens (2004). Tahap pengembangan bertujuan untuk membuat dan menyempurnakan media yang telah dirancang pada tahap *design*. Tahap pengembangan terdiri dari tiga tahap, yaitu pra-produksi dengan menghasilkan *output* berupa *storyboard*, produksi dengan *output* berupa prototipe, dan pasca-produksi untuk menguji kelayakan media. Uji kelayakan media terdiri dari dua proses, yaitu uji kevalidan dan uji kepraktisan.

### Uji Kevalidan

Uji kevalidan dilaksanakan dengan mendapatkan validasi dari ahli materi, ahli media, dan praktisi pendidikan biologi. Validasi oleh ahli materi digunakan untuk memverifikasi kebenaran isi materi protista yang disajikan dalam media *PROTECH* sudah relevan dan akurat untuk diajarkan. Materi yang diajarkan kepada peserta didik harus 100% benar sekaligus valid. Protista merupakan materi dengan konsep yang paling banyak menimbulkan kesalahpahaman, oleh sebab itu konsepnya harus otentik dan benar (Pratomo, dkk., 2021). Validasi oleh ahli materi dilakukan sebanyak dua tahap oleh dosen biologi dari Universitas Negeri Malang dengan penilaian yang terdiri atas tiga aspek, yaitu segi kelayakan isi, penyajian, serta kebahasaan materi. Hasil validasi oleh ahli materi tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli Materi (n=1)

No.	Aspek yang Dinilai	Skor Validasi	
		Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
1.	Kelayakan Isi	38,0	40,0
2.	Kelayakan Penyajian	20,0	20,0
3.	Kebahasaan	45,0	45,0
<b>Total</b>		103,0	105,0
<b>Persentase</b>		98,1	100,0

Kriteria Kevalidan	Valid	Sangat Valid
--------------------	-------	--------------

Berdasarkan hasil validasi oleh ahli materi diketahui bahwa pada tahap 1, materi pada media sudah tergolong valid dengan persentase validasi yang mencapai 98,1. Meskipun sudah tergolong valid, validator ahli materi masih memberikan masukan untuk perbaikan kekurangan dari aspek kelayakan isi. Masukan yang diberikan berupa penambahan daftar rujukan yang kredibel. Penambahan daftar rujukan tersebut dimaksudkan untuk memfasilitasi peserta didik dalam mendalami materi secara lebih rinci dengan sumber yang sesuai dan kredibel. Hal ini didukung oleh kajian Samsinar (2019) yang menunjukkan bahwa pemilihan sumber belajar yang sesuai dengan kriteria mampu mendukung tercapainya tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan, sehingga dapat meningkatkan kualitas pembelajaran.

Validator ahli materi juga memberikan masukan pada butir soal yang akan diujikan, berupa perbaikan redaksi. Redaksi yang tepat dan dirumuskan dengan bahasa yang jelas bertujuan untuk menghindari penafsiran soal yang berbeda pada peserta didik. Hal ini dikuatkan oleh Siregar, dkk. (2024) bahwa penggunaan redaksi kalimat yang tepat dapat meningkatkan keterbacaan dan mencegah kesalahan penafsiran materi. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh pada validasi materi tahap 2 menunjukkan bahwa 100% isi materi dalam media *PROTECH* telah sangat valid setelah dilakukan perbaikan terhadap mausukan yang diberikan. Hasil perbaikan dari masukan validator tersebut tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Masukan dan Perbaikan Validasi Ahli Materi

Sebelum Revisi	Setelah Revisi
Belum terdapat menu yang berisi daftar atau sumber rujukan	Ditambahkan menu yang berisi daftar atau sumber rujukan
	
Memperbaiki redaksi kalimat pada soal “alat penggosok”	Pengubahan redaksi kalimat pada soal menjadi “sebagai bahan pembuatan alat penggosok”
	

Validasi oleh ahli media dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai kelayakan media ditinjau dari kualitas segi teknis media, seperti tampilan, tipografi, kebahasaan, dan keterkaitan media dengan indikator literasi visual serta hasil belajar kognitif. Beberapa poin tersebut dikelompokkan ke dalam tiga aspek, yaitu kelayakan media, tampilan, dan kebahasaan. Media pembelajaran memiliki peran penting dalam mengatasi kendala pemahaman konsep protista pada peserta didik (Agustina, dkk., 2021). Oleh karena itu, penilaian kualitas dari media yang dikembangkan penting untuk dilakukan.

Validasi ahli media ini diberikan oleh seorang dosen biologi dari Universitas PGRI Madiun. Hasil validasi oleh ahli media tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Validasi Ahli Media (n=1)

No.	Aspek yang Dinilai	Skor Validasi	
		Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
1.	Kelayakan Media	120,0	145,0
2.	Tampilan	71,0	90,0
3.	Kebahasaan	19,0	20,0
<b>Total</b>		210,0	246,0
<b>Persentase</b>		82,4	96,5
<b>Kriteria Kevalidan</b>		Valid	Valid

Persentase skor yang didapatkan dari validasi oleh ahli media pada tahap 1 sebesar 82,4. Persentase yang diperoleh tersebut valid berdasarkan kriteria kevalidan yang digunakan. Validator ahli media memberikan masukan untuk memperbaiki beberapa kekurangan pada media. Masukan yang diberikan tersebut meliputi fungsi tombol, ukuran *font* dan gambar, serta penambahan menu utama tersendiri untuk informasi *SDGs*. Penyesuaian ukuran *font* dan gambar menjadi masukan yang paling banyak diberikan oleh validator ahli media. Penyesuaian ukuran *font* yang proporsional bertujuan untuk membuat teks dalam media lebih menarik, mudah dibaca, dan efektif dalam menyampaikan pesan. Chang & Brainerd (2022) mengungkapkan bahwa besar kecilnya ukuran *font* dalam sebuah teks memiliki pengaruh terhadap memori peserta didik. Selain itu, salah satu penyebab kesalahpahaman peserta didik dalam materi protista yaitu bentuk spesiesnya yang bersifat mikroskopis, sehingga diperlukan gambar yang jelas dalam media pembelajaran untuk memvisualisasikannya (Yunanda, dkk., 2019). Oleh sebab itu, penyesuaian ukuran gambar menjadi hal krusial untuk diperhatikan karena memiliki pengaruh terhadap kejelasan gambar yang termuat dalam media. Hasil validasi media mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada tahap 2 menjadi 96,5% setelah dilakukan perbaikan terhadap masukan yang diberikan. Perbaikan dari masukan yang diberikan validator ahli media tertera pada Tabel 7.

Tabel 7. Masukan dan Perbaikan Validasi Ahli Media

Sebelum Revisi	Setelah Revisi
Perbaikan tombol sound setting yang tidak berfungsi	Tombol <i>sound setting</i> dihilangkan dari tampilan media, sehingga pengaturan <i>volume</i> dapat dilakukan menggunakan tombol bawaan perangkat elektronik dari pengguna

Sebelum Revisi	Setelah Revisi
Penyesuaian ukuran <i>font</i> yang kurang presisi pada tujuan pembelajaran	Ukuran <i>font</i> yang lebih serasi dan sesuai
Penambahan tombol yang bisa menuju menu selanjutnya tanpa perlu kembali ke halaman sebelumnya	Penambahan tombol <i>previous</i> dan <i>next</i> di bagian materi
Penyesuaian ukuran pada tampilan gambar yang kurang jernih	Kualitas gambar dan <i>charta</i> yang lebih jernih
Pembuatan menu utama tersendiri untuk informasi <i>SDGs</i> sehingga tidak masuk ke dalam menu materi	Penambahan menu utama <i>SDGs</i>

Validasi oleh praktisi pendidikan digunakan untuk mengetahui kelayakan media untuk diterapkan pada proses pembelajaran. Validasi praktisi pendidikan biologi dilakukan sebanyak satu tahap oleh seorang guru mata pelajaran biologi dari SMA Negeri 1 Singosari dengan pengalaman mengajar selama lebih dari 10 tahun. Hasil validasi praktisi pendidikan biologi tertera pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Validasi Praktisi Pendidikan Biologi (n=1)

No.	Aspek yang Dinilai	Skor Validasi
1.	Kelayakan dan Penerapan Media	48,0
2.	Kemampuan Media dalam Meningkatkan Literasi Visual	51,0
3.	Kemampuan Media dalam Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif	29,0
4.	Kesesuaian Materi	35,0
5.	Kualitas Media	53,0
<b>Total</b>		216,0
<b>Persentase</b>		96,0
<b>Kriteria Kevalidan</b>		Valid

Skor yang didapatkan dari hasil validasi oleh praktisi pendidikan biologi tergolong valid, yaitu sebesar 96%.

Praktisi pendidikan biologi menilai media *PROTECH* yang dikembangkan sangat interaktif dan dapat membuat peserta didik antusias selama kegiatan belajar. Hal ini diperkuat oleh Rokhim, dkk. (2023) melalui penelitiannya yang menunjukkan bahwa media pembelajaran yang interaktif terbukti mampu meningkatkan motivasi belajar peserta didik. Media berbasis *website* memberikan kesempatan belajar secara fleksibel dan menyenangkan, sehingga peserta didik bisa belajar secara lebih efektif dalam mengingat materi pelajaran (Marzani, dkk., 2023). Validator praktisi pendidikan biologi tidak memberikan catatan untuk perbaikan media *PROTECH*, sehingga media dapat diuji cobakan tanpa revisi.

### **Uji Kepraktisan**

Uji kepraktisan merupakan proses penilaian untuk mendapatkan pengetahuan mengenai kemudahan dan kelayakan media pembelajaran ketika dioperasikan oleh peserta didik. Uji kepraktisan dilakukan dengan menyebarkan angket respons terhadap media *PROTECH* kepada peserta didik yang telah menempuh materi protista. Terdapat tiga tahap uji kepraktisan, yaitu uji coba perorangan, uji coba kelompok kecil, dan uji coba lapangan (Branch, 2009).

Uji coba perorangan memiliki tujuan untuk menemukan dan menghilangkan kesalahan paling jelas dalam media, serta untuk memperoleh respons awal dari pengguna. Uji coba ini dilakukan dengan melibatkan tiga orang peserta didik XI dengan prestasi akademik yang beragam sebagai responden. Uji coba selanjutnya yaitu uji coba kelompok kecil dengan responden sebanyak 10 peserta didik yang bertujuan untuk mengetahui efektivitas dari media *PROTECH* setelah uji coba perorangan selesai dilakukan. Adapun uji coba terakhir yaitu uji coba lapangan yang dalam satu pertemuan langsung dengan melibatkan 36 peserta didik. Uji coba lapangan merupakan uji kepraktisan yang bertujuan untuk menentukan kesesuaian instruksi dalam media *PROTECH* selama digunakan oleh peserta didik. Hasil uji kepraktisan yang didapatkan dari tiga kegiatan uji coba tersebut tertera dalam Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Kepraktisan di Kelas XI

No.	Aspek yang Dinilai	Skor Uji Coba		
		Perorangan (n=1)	Kelompok Kecil (n=10)	Lapangan (n=36)
1.	Pemahaman Materi	67,0	239,0	822,0
2.	Penyajian	66,0	244,0	816,0
3.	Kebahasaan	65,0	239,0	811,0
4.	Minat Media	120,0	439,0	1460,0
<b>Total</b>		318,0	1161,0	3909,0
<b>Persentase</b>		88,3	96,8	90,5
<b>Kriteria Kepraktisan</b>		Praktis	Praktis	Praktis

Uji coba mencakup empat aspek penilaian, yaitu pemahaman materi, penyajian, kebahasaan, dan minat peserta didik terhadap media. Hasil uji coba dari ketiga tahapan menunjukkan bahwa tingkat respons peserta didik terhadap media *PROTECH* mencapai 88,3%, 96,8%, dan 90,5%. Ketiga hasil yang diperoleh tersebut tergolong praktis jika mengacu pada kriteria kepraktisan yang digunakan. Peserta didik yang terlibat dalam kegiatan uji coba menilai media *PROTECH* sebagai media pembelajaran yang unik dan berbeda dari media pembelajaran biologi yang pernah digunakan sebelumnya. Peserta didik merasa antusias terhadap komponen audio serta gambar yang dimuat untuk menunjang kegiatan pembelajaran protista. Menurut Zubairu (2021), penyajian audio dan visual berpengaruh signifikan terhadap pemahaman materi pembelajaran peserta didik. Seluruh peserta didik menilai media *PROTECH* bisa dioperasikan dengan baik sejak awal kegiatan pembelajaran.

### **PENUTUP**

#### **Simpulan**

Media *PROTECH* memenuhi kriteria kevalidan dengan rerata skor sebesar 97,5% setelah dinilai dari segi kebenaran materi, kualitas teknis, hingga kesesuaian dengan pembelajaran di kelas oleh validator ahli materi, ahli media, dan praktisi pendidikan biologi. Media *PROTECH* juga memenuhi kriteria yang tergolong praktis untuk digunakan peserta didik dalam pembelajaran setelah diuji coba perorangan, kelompok kecil, maupun lapangan dengan rerata skor sebesar 91,9%. Oleh karena itu, media *PROTECH* yang dikembangkan dengan basis model POE dan terintegrasi *Clean Water and Sanitation* terbukti valid dan praktis untuk melatih literasi visual dan hasil belajar kognitif materi protista peserta didik.

#### **Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu untuk melanjutkan pengembangan media *PROTECH* hingga tahap implementasi untuk dapat menilai keefektifan media dalam upaya peningkatan literasi visual dan hasil belajar kognitif peserta didik.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Abdulrahaman, M. D., Faruk, N., Oloyede, A. A., Surajudeen-Bakinde, N. T., Olawoyin, L. A., Mejabi, O. V., Imam-Fulani, Y. O., Fahm, A. O., & Azeez, A. L. (2020). Multimedia Tools In The Teaching and Learning Processes: A Systematic Review. *Heliyon*, 6(11), 5132.
- Agustina, A., Rusijono, R., & Dewi, U. (2021). Pengaruh Project-Based Online Learning Terhadap Visual

- Literacy Skill Siswa SMK Jurusan Multimedia. *Jurnal Pendidikan Glasser*, 5(2), 59–68.
- Ahyuanuardi, A., & Ratih, R. (2019). Effectiveness of Use Web-Based Learning Media for Information and Communication Technology in Senior High School. *Journal of Physics: Conference Series*, 1387(1), 1–6.
- Aka, K. A., Akbar, S., & Sahertian, J. (2018). Development of Validation Instrument for Interactive Multimedia Learning Implementation Plan. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR): 1st International Conference on Early Childhood and Primary Education (ECPE 2018)*, 118–123.
- Ananda, W. R., Iriani, R., & Hamid, A. (2024). Development of Interactive Multimedia Based on Articulate Storyline to Improve Students' Creative Thinking Skills on Support Solution Materials. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains & Matematika*, 12(1), 55–65.
- Anderson, L., & Krathwohl, D. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Addison Wesley Longman, Inc.
- Arif, S., & Sahara, C. A. (2022). Development of student worksheet based on POE (predict, observe, and explain) with science literature approach. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains & Matematika*, 10(1), 44–60.
- Avgerinou, M. D. (2009). Re-viewing Visual Literacy in the "Bain D" Images Era." *TechTrends*, 53(2), 28–34.
- Baugher, J., & Singleton, E. (2021). Perceptions and Understandings of Low Literacy Among Developing Teacher Candidates. *Educational Renaissance*, 10(1), 14–21.
- Branch, R. M. (2009). Approach, Instructional Design: The ADDIE. In *Department of Educational Psychology and Instructional Technology University of Georgia*. New York: Springer.
- Chang, M., & Brainerd, C. J. (2022). Association and Dissociation Between Judgments of Learning and memory: A Meta-Analysis of the Font Size Effect. *Metacognition and Learning*, 17(1), 443–476.
- Chen, J., & Liang, M. (2022). Play Hard, Study Hard? The Influence of Gamification on Students' Study Engagement. *Frontiers in Psychology*, 13(10), 1–9.
- Chu, H. C., Chen, J. M., Kuo, F. R., & Yang, S. M. (2021). Development of an Adaptive Game-Based Diagnostic and Remedial Learning System Based on the Concept-Effect Model for Improving Learning Achievements in Mathematics. *Educational Technology and Society*, 24(4), 36–53.
- Cimene, F. T. A., & Otterpohl, R. (2024). Editorial: Towards Sustainable Development Goal: Clean Water and Sanitation, An Educational Perspective. *Frontiers in Education*, 1(1), 1–3.
- Danis, S. (2021). An assessment in the light of 21st century skills: The importance of visual literacy education in visual arts class. *Journal for the Interdisciplinary Art and Education*, 2(1), 45–54.
- De Fraga, F. B. F. F. (2018). Towards an Evolutionary Perspective in Teaching and Popularizing Microbiology. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 19(1), 1–6.
- Etten, J. Van, Keddis, R., Lisa, J., & Rauschenbach, I. (2022). The Diverse World of Protists—an Ideal Community with which to Introduce Microscopy in the Microbiology Teaching Laboratory. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 23(1), 1–3.
- Eutsler, L. (2021). Making Space for Visual Literacy in Literacy Teacher Preparation: Preservice Teachers Coding to Design Digital Books. *TechTrends*, 65(5), 833–846.
- Fávaro, L., Iwasse, A., Silva, J. A. P. Da, & Neves, M. C. D. (2022). Reading images as a possibility for scientific and visual literacy: a brief literature review. *International Journal of Development Research*, 12(7), 57455–57459.
- Hakim, A., & Rismayana, A. H. (2023). Aplikasi Karya Siswa Sebagai Media Promosi Digital Berbasis Mobile dan Web. *Journal of Informatics and Electronic Engineering*, 3(2), 39–43.
- Hardianto, H., Mahanal, S., Susanto, H., & Prabuningtyas, S. (2024). Protist literacy: A novel concept of protist learning in higher education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(2), 1–15.
- Hidayati, H., Sundari, P. D., Dewi, W. S., Saputra, D., Ayani, N. I., Anusba, E. B., Afrizon, R., Anggraini, F., & Rahim, F. R. (2024). The Effectiveness of Digital Module Based-POE (Predict- Observe-Explain) with Computer-Assisted Feedback to Improve Student Understanding of Physics Concept. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(9), 1262–1270.
- Hsiao, H., Chen, J., Hong, J.-C., Chen, P., Lu, C., & Chen, S. Y. (2017). A five-stage Prediction-observation-explanation inquiry- based Learning Model to improve Students' Learning Performance in Science Courses. *EURASIA: Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(7), 3393–3416.
- Hwang, G.-J., Chen, C.-H., & Chen, W.-H. (2022). A concept mapping-based prediction-observation-explanation approach to promoting students' flipped learning achievements and perceptions.

- Educational Technology Research and Development*, 70(1), 1497–1516.
- Inayah, S., Andriini, V. S., & Suharto, S. (2022). Hubungan Model Pembelajaran Inquiri Terbimbing Dengan Media Audio-Visual Terhadap Hasil Pembelajaran Matematika Materi Penyajian Data Siswa Kelas VII MTs AL-Huda Kepuhbener. *Dharma Pendidikan*, 17(2), 130–135.
- Irasuti, I., & Bachtiar, B. (2024). Empowering Indonesian EFL Teachers: The Transformative Impact of Visual Literacy Training on Teaching Materials. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 23(8), 116–136.
- Ismawati, D., & Fuadi, D. S. (2025). Development of Web-Based Learning Media to Improve Digital Literacy in Coastal Communities. *International Journal of Research and Review*, 12(2), 234–239.
- Jamhari, M., Dewi, Y. M., & Astija, A. (2023). Development of audiovisual learning media on ecosystem topic at SMA Negeri 1 Sigi. *International Journal of Science and Research Archive*, 10(2), 181–184.
- Kırmızıgül, A. S., & Esra, K. (2020). Investigation of the Pre-service Science Teachers' Perceptions of Protists. *Pedagogical Research*, 5(4), 1–10.
- Lai, C. Y., & Chen, L. J. (2025). Effects of Web-Based Multimedia Annotation on The Performance, Self-Regulation, and Cognitive Load of Students. *Educational Technology and Society*, 28(2), 238–258.
- Lee, W., & Owens, D. (2004). *Multimedia-Based Instructional Design* (2nd Editio). John Wiley & Sons, Inc.
- Li, L. J., Lin, C., Huang, X. R., An, X. L., Li, W. J., Su, J. Q., & Zhu, Y. G. (2023). Characterizing potential pathogens from intracellular bacterial community of protists in wastewater treatment plants. *Environment International*, 171(2023), 1–11.
- Mahmudah, S. R., & Subiantoro, A. W. (2025). Effectiveness of Ricosre Learning Model Using Audiovisual Media on Students' Critical Thinking Abilities and Learning Outcomes On Blood Circulatory System Material. *Journal of World Science (JWS)*, 4(3), 283–295.
- Marzani, E., Kartikowati, S., & Gimini, G. (2023). Development of Website-Based Learning Media to Improve Students Self-Regulated Learning in Economics at Islamic Senior High School. *Jurnal EDUCATIO (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 9(2), 929–941.
- Motunrayo, O., Okhakhu, D. O., & Agbenu, D. O. (2022). 21St Century Education: Information Resources Availability and Information Service Delivery in Nigerian College Libraries Towards National Development. *Library Philosophy & Practice*, 1(4), 1–21.
- OECD. (2023). PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education. In *OECD Publishing*, 46(183), 1–10.
- OECD. (2024). PISA 2022 Results (Volume III): Creative Minds, Creative Schools-Indonesia. *Factsheets*, III, 1–10.
- Olive, M., Gan, C., Carratalà, A., & Kohn, T. (2020). Control of waterborne human viruses by indigenous bacteria and protists is influenced by temperature, virus type, and microbial species. *Applied and Environmental Microbiology*, 86(3), 1–12.
- Özcan, G. E., & Uyanık, G. (2022). The effects of the "Predict -Observe- Explain (POE)" strategy on academic achievement, attitude and retention in science learning. *Journal of Pedagogical Research*, 6(3), 103–111.
- Prameswari, N. S., Cahyono, A., Subiyantoro, S., & Haryanto, E. (2023). Understanding Visual Literacy on Teachers and Students Between Indonesia and Malaysia. *Research Journal in Advanced Humanities*, 4(2), 16–34.
- Pratomo, G. N., Suhartini, & Ikhwanudin. (2021). Student's Misconception Profile of First Semester 10 th Grade on Biology. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR): Proceedings of the 6th International Seminar on Science Education (ISSE 2020)*, 541(1), 145–149.
- Raharjo, D., Ramli, M., & Rinanto, Y. (2018). Misconception Protist in High School Biology Textbooks. *International Conference on Mathematics and Science Education of Universitas Pendidikan Indonesia*, 3(1), 85–90.
- Rokhim, D. A., Rokayah, D. Y., Arifanti, D., & Kaukaba, S. Q. (2023). Penggunaan Media Interaktif Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Kimia Pada Materi Spu Dalam Pembelajaran Hybrid. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematika*, 11(5), 93–102.
- Samsinar, S. (2019). Urgensi Learning Resources (Sumber Belajar) dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 13(2), 194–205.
- Sappaile, B. I., Yusuf, N. F. M., Mardiati, M., Zoraida, M. N. cahya, & Sitepu, E. (2024). Effectiveness of Using Audio Visual Media in Improving Student Achievement in Mathematics Learning in Elementary Schools. *Journal Emerging Technologies in Education*, 2(1), 49–60.
- Shana, Z., Naser, K., & Zeitoun, E. (2024). Impact of web-based learning platforms on primary school students' academic performance in the UAE: Exploring the digital frontier. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(1), 1–10.

- Singer, D., Kosakyan, A., Seppey, C. V. W., Pillonel, A., Fernández, L. D., Fontaneto, D., Mitchell, E. A. D., & Lara, E. (2018). Environmental filtering and phylogenetic clustering correlate with the distribution patterns of cryptic protist species. *Ecology*, 99(4), 904–914.
- Siregar, M. A., Andini, N. P., Juriska, N., Gukguk, R., Mevia, R. A., Gaol, L., Silaen, W. M., & Febrina, I. (2024). Analisis Penggunaan Bahasa Indonesia Baku dalam Konteks Rumpun Biologi: Upaya Meningkatkan Keterbacaan dan Konsistensi Terminologi Ilmiah. *Humaniora Dan Seni (JISHS)*, 02(3), 393–402.
- Smiderle, R., Rigo, S. J., Marques, L. B., Coelho, J. A. P. de M., & Jaques, P. A. (2020). The impact of gamification on students' learning, engagement and behavior based on their personality traits. *Smart Learning Environments*, 7(3), 1–11.
- psakova, B. (2020). Visual Literacy for the 21st Century: The Required Ability to Understand the Power of Modern Images. *International Conference on Education and New Developments*, 1(1), 404–408.
- Westera, W. (2019). The Presumed Conflict Between Learning and Play. *Educational Technology & Society*, 22(1), 59–69.
- Wulan, D. R., Nainggolan, D. M., Hidayat, Y., Rohman, T., & Fiyul, A. Y. (2024). Exploring the Benefits and Challenges of Gamification in Enhancing Student Learning Outcomes. *Global International Journal of Innovative Research*, 2(7), 1657–1674.
- Xie, J., Tan, B., & Zhang, Y. (2023). A Large-Scale Study into Protist-Animal Interactions Based on Public Genomic Data Using DNA Barcodes. *Animals*, 13(14), 1–12.
- Yamin, M. (2019). Information Technologies Of 21st Century And Their Impact On The Society. *International Journal of Information Technology*, 11(4), 759–766.
- Yuliani, R. (2021). Peningkatan Motivasi Belajar Daring pada Pembelajaran Tematik melalui Media Audio Visual Siswa Kelas III Sekolah Dasar. *Kalam Cendekia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 9(1), 393–399.
- Yunanda, I., Susilo, H., & Ghofur, A. (2019). Misconceptions Identification on Biodiversity and Protists Using Multiple-Choice Open Reason (MCOR). *Biosfer: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 12(2), 170–181.
- Zakiyah, I., Widodo, W., & Tukiran. (2019). The Effectiveness of Predict-Observe-Explain Strategy to Reduce Misconception in Thermochemistry. *Advances in Computer Science Research: Mathematics, Informatics, Science, and Education International Conference (MISEIC 2019)*, 95(1), 139–142.
- Zidny, R., Sjöström, J., & Eilks, I. (2020). A Multi-Perspective Reflection on How Indigenous Knowledge and Related Ideas Can Improve Science Education for Sustainability. *Science and Education*, 29(1), 145–185.
- Zubairu, U. (2021). The Influence of Audio-Visual Media on the Ability to Understand Up Space Students. *International Journal of Humanities Education and Social Sciences (IJHESS)*, 1(1), 31–36.