

Pengembangan mikroskop *online* interaktif pada materi biologi sel guna revitalisasi pembelajaran praktikum daring

Zahra Firdaus¹⁾, Jasmine Nurul Izza²⁾, Alby Aruna³⁾, Moch Dicky Novaldi⁴⁾, Deny Setiawan⁵⁾*

^{1,2,5} Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No.5, Sumber Sari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, Malang, Indonesia.

^{3,4} Jurusan Seni dan Desain, Fakultas Sastra, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No.5, Sumber Sari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, Malang, Indonesia.

setiawan.fmipa@um.ac.id* ; zahra.firdaus.1803416@students.um.ac.id ;
jasmine.nurul.1803416@students.um.ac.id ; alby.aruna.1802516@students.um.ac.id ;
mochdickyvaldi@gmail.com

*Penulis Koresponden

ABSTRAK

Pandemi covid-19 menyebabkan pelaksanaan pendidikan di Indonesia dilakukan secara *online*. Beberapa pembelajaran yang membutuhkan praktik seperti Biologi mengalami hambatan. Solusi yang telah dilakukan dengan melakukan praktikum mandiri, namun hal ini tidak dapat memfasilitasi praktikum pada material submikroskopik seperti sel. Penyediaan laboratorium virtual pada masa pandemi yang efektif, efisien, ekonomis sangat dibutuhkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan mikroskop *online* interaktif, menguji kevalidan media, dan menguji keefektifan media. Penelitian dilakukan di SMA Negeri 3 Malang pada kelas 11 D3. Mikroskop *online* ini dikembangkan menggunakan metode Lee dan Owens (2004) meliputi *Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation*. Tahap *Analyze* menghasilkan data *need assessment* dan *front-end analyze*. Tahap *design*, menghasilkan desain materi dan media. Tahap *development*, menghasilkan mikroskop *online* interaktif dengan nilai validasi materi sebesar 93%, validasi media 88%, dan uji kepraktisan sebesar 96%. Tahap *implementation* tidak dilakukan. Tahap *evaluation*, dilakukan evaluasi untuk evaluasi media. Sehingga dapat disimpulkan mikroskop *online* ini praktis dan valid untuk memenuhi kebutuhan praktikum daring.

Kata kunci: Mikroskop *online*, Biologi sel, Praktikum, Laboratorium

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic has caused the implementation of education in Indonesia to be carried out online. Some lessons that require practice, such as Biology, experience obstacles. The solution that has been carried out is by conducting independent experiments, but this cannot facilitate practicum on submicroscopic materials such as cells. The availability of a virtual laboratory during a pandemic that is effective, efficient, and economical is urgently needed. The purpose of this study was to produce an interactive online microscope, test the validity of the media, and test the effectiveness of the media. The research was conducted at SMA Negeri 3 Malang in grade 11 D3. This online microscope was developed by Lee and Owens (2004) including Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation. The Analyze stage produced need assessment and front-end analyze data. The Design stage produced material and media designs. The Development stage produced an interactive online microscope with a material validation value of 93%, media validation 88%, and a practicality test of 96%. The Implementation phase was not carried out. In Evaluation stage, an evaluation is carried out for media evaluation. It can be concluded that this online microscope is practical and valid to meet the needs of online practicum.

Keyword: Online Microscope, Cell Biology, Laboratorium Practice

diunggah: 2021/12/06, direvisi: 2022/04/12; diterima: 2022/05/26, dipublikasi: 2022/05/31

Copyright (c) 2022 Firdaus et al

This is an open-access article under the CC-BY license



Cara sitasi: Firdaus, Z., Izza, J. N., Aruna, A., Novaldi, M. D., & Setiawan, D. (2022). Pengembangan mikroskop online interaktif pada materi biologi sel guna revitalisasi pembelajaran praktikum daring. *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, 8(1). <https://doi.org/10.22219/jinop.v8i1.18997>

PENDAHULUAN

Sars-Cov-19 secara resmi diumumkan sebagai pandemi oleh World Health Organization pada 11 Maret 2020, berdasarkan informasi yang dihimpun dari [CNN Indonesia \(2020\)](#). Hingga tahun 2022, pembelajaran masih dilakukan *blended learning*, hal ini akan mempengaruhi kelangsungan sektor utama kehidupan seperti ekonomi dan pendidikan ([Hafni, 2021](#)). Menyambut era new normal kegiatan perekonomian mulai merangkak dengan ditiadakannya PSBB (pembatasan sosial berskala besar). Berdasarkan hasil analisis kebutuhan (*need assessment*) di SMA N 3 Malang, penyelenggaraan pembelajaran masih 50% daring dan 50% luring. Kebijakan ini menyebabkan tidak meratanya *skill* praktikum yang dimiliki siswa. Hanya siswa luring yang mendapatkan keterampilan tersebut.

Keterampilan praktikum penting untuk didapatkan terutama siswa Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA), untuk membiasakan sikap ilmiah. Menurut ([Sadjati & Pertiwi, 2013](#)) praktikum adalah kegiatan yang sangat penting diterapkan karena mampu memberikan pengalaman dan pengembangan keterampilan proses dan sikap ilmiah untuk mencapai kompetensi merangkai alat, menggunakan alat, melakukan eksperimen, mengelola zat, merepresentasikan hasil eksperimen, dan penilaian terhadap laporan praktikum. Digitalisasi proses pembelajaran belum mampu mengcover pelaksanaan praktikum *online*. Hasil angket kebutuhan siswa menunjukkan bahwa 63% siswa menjawab merasa sangat kesulitan, 26% merasa sulit, dan sisanya 11% merasa tidak terpengaruh pada kondisi praktikum daring. Kesulitan bagi siswa ini menjadikan tingkat pemahaman siswa terhadap proses praktikum menjadi rendah. Menurut survei Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2016, rendahnya minat baca di Indonesia disebabkan oleh sulitnya akses buku, buku dengan visual yang kurang menarik, dan anak lebih suka menonton daripada membaca. Persentase anak Indonesia yang memiliki minat baca sebesar 17,66%. Sementara, yang memiliki minat menonton sebesar 91,67%. Tidak hanya buku, namun aplikasi belajar, video interaktif, dan bimbingan belajar dapat diakses dengan mudah secara *online*. Perkembangan media pembelajaran *online* di Indonesia memberikan peluang akan adanya media yang memfasilitasi praktikum secara *online*.

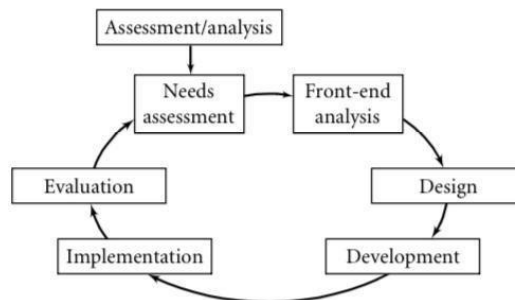
Praktikum dalam pembelajaran siswa jurusan MIPA beragam, salah satunya pada praktikum biologi. Menurut data yang dihimpun dari analisis kebutuhan, sejauh ini praktikum daring dilakukan secara mandiri oleh siswa pada praktikum-praktikum sederhana. Namun, untuk praktikum sub mikroskopik seperti materi sel terkadang sulit dibayangkan jika tanpa menggunakan alat bantu seperti mikroskop. Se jauh ini pembelajaran materi biologi sel di Sekolah Menengah Atas (SMA) banyak menggunakan gambar, teks, serta peraga sederhana untuk merepresentasikan materi submikroskopik dari biologi sel ([Adrianto, 2020](#)). Materi biologi sel mencakup penemuan sel dan teori sel, tipe sel, komponen kimiawi sel, struktur sel dan fungsinya, sistem endomembrane, perbedaan sel hewan dan sel tumbuhan, dan mekanisme transport melalui membrane plasma ([Irnaningtyas, 2019](#)). Kebanyakan materi dalam biologi sel bersifat submikroskopik dan sulit untuk dibayangkan. Bagi siswa SMA representatif bentuk sel sangat diperlukan guna memahami fungsi dan kerjanya, serta menunjang pengetahuan siswa agar mempermudah dalam pembelajaran di SMA maupun menjadi dasar saat menempuh perkuliahan ([Haka,](#)

2020) Menurut data analisis kebutuhan, selama pembelajaran daring siswa tidak melakukan praktikum pengamatan sel dan langsung diberikan gambar hasil amatan. Sedangkan, di sekolah lain penelitian dilakukan secara campuran yang menggunakan teknik pengumpulan data melalui: wawancara, observasi dan angket. Nilai masing-masing faktor adalah: penguasaan materi (8,80%), pelaksanaan praktik (20,50%) dan eksternal (14,50%), dengan kesimpulan kurang baik (Qonita et al., 2021). Karena biologi sel menjadi dasar beberapa ilmu lainnya, diharap tidak mengalami miskonsepsi.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, penelitian dan pengembangan “Pengembangan Mikroskop *Online* Interaktif pada Materi Biologi Sel Guna Revitalisasi Pembelajaran Praktikum Daring” perlu dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan mikroskop *online* interaktif yang teruji praktis teruji valid untuk digunakan sebagai media pembelajaran praktikum daring.

METODE

Jenis penelitian adalah Research & Development menggunakan model pengembangan Lee and Owens (2004). Bertempat di SMA Negeri 3 Malang pada kelas XI D3 dengan sampel 10 siswa. Prosedur penelitian dan pengembangan pada model Research and Development Lee and Owens memiliki 5 tahapan meliputi 1. *Assessment/analysis* yang terdiri dari *need assessment* dan *front-end analysis*, 2. *Design*, 3. *Development*, 4. *Implementation*, 5. *Evaluation*. Penjelasan terkait prosedur penelitian dan pengembangan Lee and Owens (2004) dirumuskan pada gambar 1.



Gambar 1. Bagan Model Prosedur Penelitian dan Pengembangan
(Sumber : Lee and Owens, 2004: 3)

Prosedur Penelitian dan Pengembangan

1. *Assessment/analysis*

a. Analisis Kebutuhan (*Need Assesment*)

Need assessment merupakan proses sistematis untuk menentukan tujuan. Hal ini untuk mengidentifikasi ketidaksesuaian kondisi di lapangan dengan kondisi yang diharapkan serta menentukan pemecahan masalah yang akan dilakukan. Analisis kebutuhan dilakukan dengan menyebarkan angket respon siswa dan wawancara guru untuk mengetahui kesenjangan yang menjadi kendala dibandingkan dengan kondisi ideal yang seharusnya terjadi.

b. Analisis Awal-Akhir (*Front-End Analysis*)

Menentukan langkah melalui analisis awal-akhir agar solusi berjalan dengan baik dan sesuai dengan kondisi di lapangan. Terdiri dari analisis teknologi (*technology analysis*), analisis pengguna (*audience analysis*), analisis tugas yang diperlukan (*task analysis*), analisis insiden kritis (*critical incident analysis*), analisis situasi (*situation analysis*), analisis objek (*objective analysis*), analisis media (*media analysis*).

2. *Design*

a. Membuat jadwal pengembangan media

Media mulai dikerjakan dengan kegiatan observasi yang dilakukan pada bulan Oktober 2021 dengan rencana uji praktisi pada bulan November 2021.

b. *Project team*

Mengkoordinir kebutuhan penyusunan media dengan membagi tugas menjadi desainer, developer, dan penyusun materi.

c. *Spesifikasi media*

Penelitian pengembangan ini memiliki spesifikasi media keluaran berupa *link website* dengan format html5.

d. *Struktur pembelajaran*

Materi yang diambil dalam penelitian ini yaitu pada KD 3.1 Menjelaskan komponen kimiawi penyusun sel, struktur, fungsi, dan proses yang berlangsung dalam sel sebagai unit terkecil kehidupan. Materi diambil pada praktikum biologi sel yaitu praktikum sel hewan dan sel tumbuhan. Tujuan praktikum adalah untuk mengetahui struktur, bentuk, dan perbedaan sel hewan dan tumbuhan.

e. *Konfigurasi kontrol dan penyusunan*

Menjelaskan bagaimana kontrol media dan desain setiap elemen dalam penyusunan media. Hal ini disusun dalam *story board* dan *user interface*.

3. *Development*

a. *Membuat desain user interface media*

Membuat *story board* sebagai gambaran umum tampilan media untuk selanjutnya di susun sebuah user interface media untuk melihat alur media dan tampilan media secara detail. Desain 2D dilakukan menggunakan Corel Draw.

b. *Mengembangkan web sebagai platform media*

Mengembangkan main website dibuat menggunakan domain dan hosting. Keluaran berupa *link website* yang dapat ditelusuri menggunakan perangkat komputer maupun *smartphone*.

c. *Mengembangkan mikroskop online*

Mengembangkan mikroskop *online* menggunakan aplikasi construct 2 menghasilkan keluaran produk berbasis HTML5 yang akan diunggah pada laman *website*.

d. *Validasi*

Uji validasi media dilakukan oleh ahli media, yaitu seorang dosen pendidikan biologi dengan pengalaman 5 tahun mengajar mata kuliah pengembangan media pembelajaran biologi. Validator materi adalah seorang praktisi lapangan guru Biologi SMA Negeri.

e. *Teknik Pengambilan dan Jenis Data*

Teknik pengambilan sampel menggunakan teknik *purposive sampling*, dengan kriteria siswa kelas XI semester ganjil pada kelas kognitif tinggi, tengah, dan bawah. Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif dengan jenis data berupa kuantitatif-kualitatif. Data kuantitatif didapat dari perhitungan menggunakan angka-angka yang diperoleh dari uji kepraktisan skala kecil oleh siswa, sedangkan data kualitatif didapat melalui deskripsi komentar dan saran yang diperoleh dari angket siswa dan lembar validasi ahli praktisi pendidikan biologi (guru).

4. *Implementation*

Pada penelitian pengembangan ini tidak dilakukan implementasi melainkan di uji kepraktisan pada skala kecil.

5. *Evaluation*

Tahap evaluasi bertujuan untuk memberikan penilaian terhadap media dan proses yang telah dilakukan. Tahapan pada evaluasi mengadopsi tahap evaluasi dari Branch (2009), dengan tahapan sebagai berikut.

a. *Menentukan kriteria evaluasi (Determine evaluation criteria)*

Uji kevalidan

Uji kevalidan pada mikroskop *online* meliputi validasi materi dan validasi media. Kriteria diuraikan sebagai berikut.

a. *Uji Kevalidan Media dan Materi*

Data hasil validasi yang dilakukan oleh ahli media, materi, perangkat pembelajaran, dan praktisi berupa data kualitatif (kritik dan saran) dan data kuantitatif berupa angka yang diukur dengan skala Likert sebagai berikut.

- Angka 4 menunjukkan kriteria sangat baik
- Angka 3 menunjukkan kriteria baik
- Angka 2 menunjukkan kriteria kurang baik
- Angka 1 menunjukkan kriteria sangat kurang baik

Data yang terkumpul akan dianalisis menggunakan rumus dan ketentuan sebagai berikut (1).

$$P = \frac{\sum x}{\sum xi} \times 100 \tag{1}$$

Keterangan

- P : Persentase
 $\sum X$: Skor total dalam butir pertanyaan
 $\sum Xi$: Skor maksimal dalam butir pertanyaan

b. Memilih alat evaluasi (*Select evaluation tools*)

Setelah persentase di dapat menggunakan rumus yang tersedia, maka persentase digunakan untuk menentukan tingkat validitas media. Penentuan ukuran persentase validasi media berdasarkan Tabel 1 kriteria kualifikasi hasil validasi.

Tabel 1. Kriteria Kualifikasi Hasil Validasi

No.	Persentase	Tingkat Validitas
1	76% - 100%	Sangat valid, dapat digunakan dan perlu dikaji ulang
2	51% - 75%	Valid, dapat digunakan tetapi perlu revisi
3	26% - 50%	Kurang valid, disarankan tidak dipergunakan karena memerlukan revisi
4	1% - 25%	Tidak valid, tidak diperbolehkan digunakan, perlu banyak revisi

Sumber: Diadaptasi (Akbar, 2013)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mikroskop merupakan alat yang digunakan untuk memperbesar objek berukuran kecil berupa suatu struktur atau material. Pembelajaran biologi biasanya memanfaatkan mikroskop optik dan mikroskop elektron untuk mengamati komponen submikroskopik dan mikroskopik (Simatupang & Siregar, 2017). Barreveld et al., (2020) menyatakan sejak pandemi siswa SMP maupun SMA mengalami keterbatasan melakukan pengamatan objek praktikum biologi akibat ketiadaan alat dan bahan untuk melakukan secara mandiri di rumah. Biasanya guru lebih sering menggunakan video sebagai pengganti praktikum agar siswa tetap memperoleh visualisasi materi seperti sel (Mu'minah, 2021). (Lidwan et al., 2020) menambahkan bahwa video mikroskop demonstrasi oleh guru yang digunakan siswa memiliki kualitas yang kurang baik dari segi pengambilan gambar maupun kualitas gambar. Menangani hal ini mikroskop digital atau *online* menjadi solusi yang mampu memberikan pencitraan realis dan realistis untuk diterapkan.

Mikroskop *online* yang dikembangkan menggunakan model Lee and Owens memiliki rincian sebagai berikut.

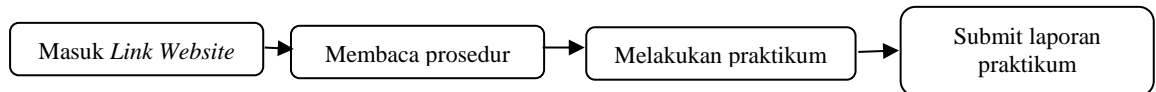
1. Assessment/Analysis

Assessment/analysis terdiri dari *Need Analysis/Analisis* kebutuhan dan *front-end analysis*. Analisis kebutuhan pada penelitian ini ditemukan masalah di lapangan,

ditiadakannya praktikum pengamatan sel karena daring. Sedangkan pada *front-end analysis* terdiri dari analisis teknologi (*technology analysis*) yaitu menganalisis teknologi apa yang sudah diterapkan di sekolah. Dalam hal ini di SMA 3 Malang sudah memiliki lab komputer yang mendukung, LCD, dan sound system, analisis pengguna (*audience analysis*) yaitu dengan menganalisis pengguna nantinya, yaitu siswa kelas XI di SMA N 3 Malang yang memiliki tingkat literasi teknologi menengah dan dapat menggunakan teknologi seperti smartphone dan laptop dengan baik, analisis tugas yang diperlukan (*task analysis*), analisis insiden kritis (*critical incident analysis*), analisis situasi (*situation analysis*) yaitu keadaan daring, analisis objek (*objective analysis*), analisis media (*media analysis*). Solusi yang paling efektif adalah menggunakan mikroskop *online* untuk mendukung praktikum daring.

2. Design

Tahapan desain dilakukan penjadwalan penelitian yang dimulai bulan Oktober-November 2022. Luaran dari penelitian ini adalah *link website* dengan format html5 yang berisi mikroskop *online*. Materi yang diambil dalam penelitian ini yaitu pada KD 3.1 Menjelaskan komponen kimiawi penyusun sel, struktur, fungsi, dan proses yang berlangsung dalam sel sebagai unit terkecil kehidupan. Materi diambil pada praktikum biologi sel yaitu praktikum sel hewan dan sel tumbuhan. Tujuan praktikum adalah untuk mengetahui struktur, bentuk, dan perbedaan sel hewan dan tumbuhan. Tahapan desain ini juga membuat *flowchart* media dan *user interface* dari media. *Flowchat* dari media dijabarkan pada [gambar 2](#).



Gambar 2. *flowchart* media dan *user interface* dari media

3. Development

Tahapan *development* dimulai dengan membuat asset media sesuai *user interface*. Selanjutnya dilakukan tahap pengembangan menggunakan *develop engine* construct 2. Dengan hasil media di jabarkan pada [gambar 3](#), [gambar 4](#), dan [gambar 5](#).



Gambar 3. Tampilan awal mikroskop *online*



Gambar 4. Tampilan proses praktikum *online*



Gambar 5. Tampilan mikroskop online

Hasil pengembangan berupa file yang diekspor dalam bentuk *link website* yang dapat digunakan secara *online*. Pemilihan *website* dikarenakan kemudahannya yaitu dapat digunakan dengan berbagai *device*, menggunakan kuota yang kecil, dan kemudahan *update* konten (Ramdhani et al., 2021). Mikroskop *online* ini mencakup beberapa menu diantaranya : (1) menu persiapan berupa adanya petunjuk praktikum ; (2) menu praktikum yaitu dilakukannya proses praktikum dengan sediaan preparate dan mikroskop yang memiliki fasilitas seperti mikroskop nyata yaitu zoom in, zoom out, fokus, pengaturan pencahayaan, dan perbesaran ; (3) menu evaluasi yang berisi pengumpulan laporan praktikum sementara dan *post test*. Urutan penggunaan disesuaikan dengan urutan praktikum luring. Pembiasaan pada praktikum *online* berguna untuk membiasakan pengguna dengan aturan praktikum aslinya

Simulasi praktikum *online* dapat menjadi solusi yang dapat menggantikan praktikum *offline*, karena praktikum *online* ini berbasis simulasi yang memberikan pengalaman bagi pengguna untuk menggunakan alat dan bahan praktikum. Simulasi praktikum dapat meningkatkan minat belajar siswa, mengurangi kesalahan saat praktikum sebenarnya, dan memberikan pemahaman materi yang lebih dalam (Samijayani & Astharini, 2014).

Mikroskop *online* yang dikembangkan dalam penelitian ini ialah bentuk integrasi dari sajian materi biologi sel dalam *electronic flipbook*. Berdasarkan studi yang dilakukan diperoleh besaran nilai validasi materi 93% dan validasi media 88%. Validasi materi digunakan untuk memastikan bahwa materi yang diberikan kepada responden, dalam penelitian ini siswa kelas XI SMA Negeri 3 Malang telah sesuai dengan capaian pembelajaran juga didasarkan kepada ahli. Penelitian harus melewati proses validasi sebelum digunakan dalam proses pembelajaran atau implementasi (Santosa & Badawi, 2022). Ahli yang memberi validasi adalah dosen mata kuliah biologi sel yang bersyarat minimal 5 tahun masa mengajar juga memiliki riwayat pengalaman terkait. Dengan nilai tersebut dipastikan bahwa materi sudah dapat digunakan tanpa revisi. Materi tersebut juga mencakup keterangan dalam mikroskop *online*. Disamping sudah diperolehnya validasi media yang juga memenuhi standar untuk diterapkan.

4. Implementation

Pada tahap ini dilakukan penerapan mikroskop *online*. Akan tetapi sehubungan dengan kebijakan pembelajaran kegiatan belajar mengajar yang dilakukan secara *online*, maka penerapan yang dijalani berupa uji kepraktisan skala kecil. Hasil pengambilan data yakni uji kepraktisan terhadap siswa memperoleh angka 96%. Uji ini digunakan untuk mengetahui bagaimana respons siswa setelah menggunakan mikroskop *online*.

Uji kepraktisan merupakan data kuantitatif yang diperoleh dengan teknik pengumpulan data melalui angket media pembelajaran (Annisa et al., 2020). Uji kepraktisan diawali dengan pengambilan data kelompok kecil yakni 3 orang yang diwakili dari tingkat akademik rendah, menengah, dan tertinggi yang dinamakan sebagai one-to-one trial. Uji ini menggunakan sampel perwakilan masing-masing kelompok tingkat

pengetahuan kognitif rendah, menengah, dan tinggi sebagai bentuk penyetaraan kepraktisan masing-masing kelompok sehingga merata (Gumilang et al., 2019). Setelah itu diambil data terhadap kelompok yakni 10 orang. Kemudian mendapatkan hasil akhir dari pengambilan data keseluruhan siswa dalam kelas yang kemudian memperoleh hasil rerata 96% tersebut. Data kualitatif yang mendukung data kuantitatif dalam bentuk komentar menyatakan bahwa siswa merasa terbantu dalam mencerna materi biologi sel. Selain itu tampilan fitur yang menarik menumbuhkan rasa keingintahuan siswa untuk belajar. Siswa juga menyatakan bahwa guru sangat jarang memberikan media pembelajaran sehingga belajar biologi terasa monoton. Siswa menyatakan lebih antusias jika setiap pembelajaran menjadi momen untuk mendapatkan media terintegrasi teknologi lainnya yang menunjukkan hal-hal unik berbeda dari pembelajaran biasanya. Hal ini sejalan dengan pernyataan Subakti (2021) bahwa pembelajaran yang baik tidak hanya memenuhi tingkat keberhasilan tujuan pembelajaran namun bagaimana proses tujuan itu tercapai melalui interaksi komponen-komponen pembelajaran yang digunakan.

5. Evaluation

Tahap evaluasi menghasilkan hasil sebagai berikut.

a. Menentukan kriteria evaluasi (*Determine Evaluation Criteria*)

Kriteria evaluasi dipilih untuk mengukur keberhasilan dari produk yang telah dikembangkan meliputi kelayakan dan kepraktisan. Kriteria evaluasi kelayakan perangkat pembelajaran menggunakan kriteria dari Akbar (2013) yang terdiri dari tidak valid, kurang valid, cukup valid, dan sangat valid. Kepraktisan menggunakan kriteria dari (Akbar, 2013) yang terdiri dari tidak praktis, kurang praktis, cukup praktis, dan sangat praktis.

b. Memilih alat evaluasi (*Select Evaluation Tools*)

Alat yang dipilih untuk mengevaluasi produk pengembangan yaitu lembar angket validasi, lembar angket analisis kebutuhan, dan angket uji kepraktisan untuk mengetahui kepraktisan perangkat pembelajaran, dan lembar wawancara terhadap guru Biologi SMA Negeri 3 Malang.

c. Melakukan Evaluasi (*Conduct Evaluations*)

Evaluasi dilakukan pada setiap tahapan pengembangan model Lee and Owens sehingga produk pengembangan dapat mencapai kevalidan dan kepraktisan untuk dapat digunakan.

Berdasarkan hasil evaluasi bersama tenaga pendidik yang dipertimbangkan dari data kualitatif dalam angket kepraktisan menunjukkan mikroskop *online* interaktif mampu memotivasi siswa dalam belajar serta mengasah keterampilan kinestetik siswa melalui pengoperasian mikroskop beserta prosedur yang dijalankan. Selaras dengan Retnasari & Sintawati (2021). yang menyatakan keterlibatan aspek teknologi dalam pembelajaran seiring dengan perkembangan era saat ini yang penuh digitalisasi mampu membuat siswa termotivasi untuk menggali lebih dalam pengetahuan karena dapat mengaitkan kemampuan awal dengan konsep. Kondisi pandemi yang menyebabkan siswa sangat jarang bahkan sama sekali tidak melakukan praktikum dapat difasilitasi sehingga tetap memperoleh kualitas belajar yang sama bahkan lebih (Pusung et al., 2021). Mikroskop *online* mampu digunakan sebagai penunjang praktikum seperti pada materi sel tumbuhan dan hewan yang akan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan produktivitas pembelajaran (Sugianto et al., 2020). Pengadaan mikroskop *online* berfungsi sebagai alternatif untuk menunjukkan objek belajar tanpa menggunakan mikroskop secara langsung. Proses ini memudahkan siswa memahami materi juga berkontribusi dalam literasi teknologi. Hasil penelitian Bachrum (2019) menunjukkan penggunaan mikroskop *online* meningkatkan pemahaman sebesar 65,7%. Kelebihan lain ialah sifat kepraktisan dan fleksibilitas yang akan mengefektifkan pembelajaran, sehingga dapat ditarik benang merah bahwa teknologi informasi menunjang pembelajaran agar berjalan semakin efektif dan efisien (Hariyadi & Hariyati, 2020).

Adanya mikroskop *online* juga berfungsi sebagai bentuk pemanfaatan era revolusi industri 4.0. Kebanyakan pembelajaran selama ini, terutama sebelum pandemi masih membudayakan penggunaan media pembelajaran konvensional seperti papan tulis, bahan ajar cetak, atau buku secara bergiliran (Simatupang & Siregar, 2017). Keterkaitan dengan pembelajaran biologi ialah masa sebelum pandemi pada sebagian besar sekolah juga jarang mengadakan praktikum untuk mengamati bentuk sel. Melalui pandemi ini siswa lebih dekat dengan teknologi digital. Transformasi pembelajaran menjadikan guru memiliki metode yang beragam untuk menyampaikan materi. Secara tidak langsung pengadaan mikroskop *online* juga akan meningkatkan literasi teknologi dan digital (Ladjar, 2021). Secara keseluruhan melihat aspek pembelajaran, peningkatan keterampilan kinestetik, keterampilan abad 21, serta berbagai keunggulan diciptakannya mikroskop *online* diyakini dapat merevitalisasi pembelajaran terkhusus praktikum dalam jaringan.

SIMPULAN

Mikroskop *online* interaktif yang dikembangkan berbasis *website* telah tervalidasi dengan nilai validasi materi sebesar 93%, validasi media 88%, dan uji kepraktisan sebesar 96% yang berarti mampu digunakan tanpa revisi. Mikroskop ini membantu siswa memvisualkan komponen dan struktur dalam biologi sel sehingga lebih mudah memahami proses yang berlangsung dalam sel sebagai unit terkecil makhluk hidup yang cenderung sulit untuk divisualkan jika tidak dilakukan pengamatan secara langsung.

Adapun pengembangan mikroskop ini mampu memotivasi siswa dalam belajar serta mengasah keterampilan kinestetik. Berdasarkan angket respon siswa sebagai data kualitatif menerangkan siswa senang menggunakan mikroskop *online* ini serta menumbuhkan keingintahuan tinggi terhadap pembelajaran biologi sel terkhusus di masa pandemi. Melalui mikroskop *online* tidak hanya berperan mengatasi permasalahan pembelajaran. Namun penggunaan teknologi didalamnya akan menumbuhkan tingkat literasi teknologi. Adanya mikroskop *online* sebagai media pembelajaran yang interaktif, efektif, efisien, ekonomis mampu merevitalisasi pembelajaran praktikum daring.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, H. A. (2020). Pembelajaran biologi sel dengan peraga sederhana. *Jurnal Pengabdian Bareleng*, 2(01), 7–12.
- Akbar, S. (2013). *Instrumen perangkat pembelajaran*.
- Annisa, A. R., Putra, A. P., & Dharmono, D. (2020). Kepraktisan Media Pembelajaran Daya Antibakteri Ekstrak Buah Sawo Berbasis Macromedia Flash. *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 11(1), 72–80.
- Aripin, I., & Suryaningsih, Y. (2021). Implementasi Virtual Laboratory BTEM Berbasis Android untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 7(3), 583-591.
- Bachrum, H. F., GS, S. P. E. S., & Lestari, I. (2019). Rancang Bangun Aplikasi Pembelajaran 3D Klasifikasi Makhluk Hidup Kingdom Monera dan Protista Berbasis Desktop untuk Siswa Sekolah Menengah Pertama (SMP). *Jurnal Komputer Terapan*, 5(1), 36–44.
- Badan Pusat Statistika, 2016. Minat Baca Anak Indonesia. *Online*. <https://sirusa.bps.go.id/sirusa/index.php/sektoral/pdf?kd=16945&th=2016>. Diakses pada 1 November 2021.
- Barrevel, A. M., Hogans, B. B., & Katzman, J. G. (2021). Learning in and teaching on: Pain educators report innovations during a global pandemic. *Pain Medicine*, 22(8), 1711-1712.
- CNN Indonesia, (2020, 2 Maret) Jokowi Umumkan Dua WNI Positif Corona di Indonesia. *CNN Indonesia*. Diambil dari

- <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20200302111534-20-479660/jokowi-umumkan-dua-wni-positif-corona-di-indonesia>.
- Gumilang, M. R., Wahyudi, W., & Indarini, E. (2019). Pengembangan Media Komik dengan Model Problem Posing untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika. *Journal of Medives: Journal of Mathematics Education IKIP Veteran Semarang*, 3(2), 185–196.
- Hafni, R. (2021). Dampak Pandemi Covid-19 Terhadap Pendidikan Online. *Seminar Nasional Teknologi Edukasi Dan Humaniora 2021, Vol. 1, No. 1, pp. 601–611*.
- Haka, N. B., Suryaasih, P. A., Anggoro, B. S., & Hamid, A. (2021). Pengembangan Multimedia Interaktif Terintegrasi Nilai Sains Sebagai Solusi Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Kelas XI Mata Pembelajaran Biologi Di Tingkat SMA/MA. *Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 13(1), 1-13.
- Hariyadi, A. B., & Hariyati, N. (n.d.). *Pentingnya Fasilitas Belajar Berbasis Teknologi Informasi Terhadap Hasil Belajar Siswa*.
- Pusung, R. E., Manggopa, H. K., & Takaredase, A. (2021). Analisis Kendala dan Alternatif Pembelajaran Daring pada Masa Pandemi Covid-19. *Eduatik: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 1(6), 719-730.
- Irnaningtyas. (2019). *Biologi Untuk SMA/MA Kelas XI*. Penerbit Erlangga.
- Ladjar, M. A. B. (2021). Optimalisasi Pemahaman Mahasiswa Mata Kuliah Evaluasi Pembelajaran Penjasorkes Melalui Strategi Pembelajaran Daring. *Akademisi dan Jurusan Jitu Pembelajaran Daring*, 49.
- Lidwan, N., Ridwan, W., Lahat, M. A., & Al Atas, M. M. (2020). Penerapan Metode Demonstrasi Dengan Menggunakan Media Video Tutorial untuk Meningkatkan Aktifitas Belajar Pada Mata Pelajaran Produktif Teknik Komputer Jaringan Siswa Kelas XI TKJ 1 SMK PKP 2 DKI Jakarta. *Jurnal Akrab Juara*, 5(4), 135–147.
- Mu'minah, I. H. (2021). Pemanfaatan media pembelajaran berbasis video sebagai alternatif dalam pembelajaran daring IPA pada masa pandemi covid-19. *Prosiding Penelitian Pendidikan Dan Pengabdian 2021*, 1(1), 1197–1211.
- Qonita R, A'tourrohman, M, Ulwiyah, & Wijayanti, E.. (2021). Student Learning Difficulties in Online Biochemistry Practicum: An Experiences during Covid-19. *BIOEDUSCIENCE*, 5(1), 74–79. <https://doi.org/10.22236/j.bes/515597>
- Ramdhani, R. M., Nurrahman, A. D., Affendi, P. H., Hasugian, L. P., & Rafdhi, A. A. (2021). Gamification Implementation in Health Service Website in 5.0 Society Era. *International Journal of Research and Applied Technology (INJURATECH)*, 1(2), 424–430. <https://doi.org/10.34010/injuratech.v1i2.6777>
- Retnasari, L., & Sintawati, M. (2021). Pelatihan Pembelajaran Online Menggunakan Google Classroom Bagi Guru SD Muhammadiyah Sekapanewon Moyudan. *Prosiding Penelitian Pendidikan dan Pengabdian 2021*, 1(1), 884-890.
- Sadjati, I. M., & Pertiwi, P. R. (2013). Persepsi Mahasiswa Tentang Penyelenggaraan Praktikum pada Pendidikan Tinggi Terbuka Jarak Jauh (Kasus: Program Studi Agribisnis FMIPA Universitas Terbuka). *Jurnal Pendidikan Terbuka Dan Jarak Jauh*, 14(1), 45–56.
- Samijayani, O. N., & Astharini, D. (2014). Penerapan Metode Simulasi Pra-

- Praktikum Menggunakan Graphic User Interface (GUI) dan FDATool, Matlab. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 1(4), 186. <https://doi.org/10.36722/sst.v1i4.87>
- Santosa, S., & Badawi, J. A. (2022). Analisis Butir Soal Pilihan Ganda Tema Pertumbuhan dan Perkembangan Makhluk Hidup Kelas III Madrasah Ibtidaiyah. *Jurnal Basicedu*, 6(2), 1678-1686.
- Simatupang, H., & Siregar, E. H. (2017). Pengembangan Bahan Ajar Praktikum Biologi Umum I Berbasis Inkuiri Untuk Meningkatkan Keterampilan Ilmiah Mahasiswa Biologi Angkatan 2015. *Jurnal Handayani Pgsd Fip Unimed*, 6(2), 17–23.
- Subakti, H., Watulingas, K. H., Haruna, N. H., Ritonga, M. W., Simarmata, J., Fauzi, A., Ardiana, D. P. Y., Rahmi, S. Y., Chamidah, D., & Saputro, A. N. C. (2021). *Inovasi Pembelajaran*. Yayasan Kita Menulis.
- Sugianto, S., Fitriani, A., Anggraeni, S., & Setiawan, W. (2020). Pengembangan Mikroskop Digital Berbasis Blended Learning untuk Meningkatkan Kecerdasan Jasmaniah Kinestetik Mahasiswa pada Praktikum Anatomi Tumbuhan. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Sains*, 1(2), 53–58.