



Research Article



Pengembangan Aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) Berbasis STEM Sebagai Media Pembelajaran Biologi

(*Development of the STEM-based PraMetaVirLab (Virtual Laboratory Metabolism Practicum) Application as a Media For Biology Learning*)

Rina Amalia Rahma*, Irma Yuniar Wardhani

Program Studi Tadris Biologi, Fakultas Tarbiyah, Institut Agama Islam Negeri Kudus
Jl. Conge Ngembalrejo, Ngembal Rejo, Ngembalrejo, Kec. Bae, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah 59322
Corresponding author: rinaar724@gmail.com

Informasi Artikel	ABSTRACT
Submit: 13 – 04 – 2024 Diterima: 31 – 05 – 2024 Dipublikasikan: 01 – 06 – 2024	<p><i>This research uses R&D (Research and Development) research with a 4D development model adapted to 3D (Define, Design, Develop). The objectives of this research are: 1) To determine the procedure for developing the STEM-based PraMetaVirLab (Virtual Laboratory Metabolism Practicum) application as a Biology Learning Media, 2) To determine the level of feasibility of the STEM-based PraMetaVirLab (Virtual Laboratory Metabolism Practicum) application as a Learning Media in Class XII SMA/ M.A. The test subjects in this research were students in class XII MIPA MA Raudlatus Shibyan. Data collection techniques through questionnaires, interviews and documentation. The sampling technique used is saturated sampling which is a type of non-probability sampling. The validation results from material experts obtained an assessment with an overall average percentage of 92.5% including the "Very Valid" category and an assessment from media experts with an overall average percentage of 89.964% "Very Valid" category. In the feasibility assessment by teachers, a percentage of 80% was obtained with the "Practical" category used by teachers, while the overall percentage obtained by students was 83.3% with the "Very Practical" category used by students. Thus, the STEM-based PraMetaVirLab (Virtual Laboratory Metabolism Practicum) application as a Biology Learning Media for class XII SMA/MA is practically used by teachers and students.</i></p> <p>Key words: <i>PraMetaVirLab Application, Learning Media, Cell Metabolism, STEM</i></p>
Penerbit	ABSTRAK
Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jambi, Jambi- Indonesia	<p>Penelitian ini menggunakan jenis penelitian R&D (<i>Research and Development</i>) dengan model pengembangan 4D yang diadaptasi menjadi 3D (<i>Define, Design, Develop</i>). Tujuan penelitian ini adalah : 1) Untuk mengetahui prosedur pengembangan aplikasi <i>PraMetaVirLab</i> (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) Berbasis STEM Sebagai Media Pembelajaran Biologi, 2) Untuk mengetahui tingkat kelayakan aplikasi <i>PraMetaVirLab</i> (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) Berbasis STEM Sebagai Media Pembelajaran Pada Kelas XII SMA/MA. Subjek uji coba dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas XII MIPA MA Raudlatus Shibyan. Teknik pengambilan data melalui angket, wawancara dan dokumentasi. Teknik sampling yang digunakan ialah sampling jenuh yang termasuk jenis <i>non probability sampling</i>.. Hasil validasi ahli materi memperoleh penilaian dengan rata-rata presentase keseluruhan sebesar 92,5% termasuk kategori "Sangat Valid" dan penilaian dari ahli media dengan rata-rata</p>

presentase keseluruhan sebesar 89,964% kategori “Sangat Valid”. Pada penilaian kelayakan oleh guru didapat presentase sejumlah 80% dengan kategori “Praktis” digunakan oleh guru sedangkan oleh peserta didik diperoleh rata-rata presentase keseluruhan sebesar 83,3% dengan kategori “Sangat Praktis” digunakan oleh peserta didik. Dengan demikian, aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) Berbasis STEM Sebagai Media Pembelajaran Biologi kelas XII SMA/MA praktis digunakan oleh guru dan peserta didik.

Kata kunci: Aplikasi *PraMetaVirLab*, Media Pembelajaran, Metabolisme Sel, STEM



This Biodik : Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi is licensed under a [CC BY-NC-SA \(Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

PENDAHULUAN

Pendidikan ialah aspek yang selalu berkembang dengan berkelanjutan sesuai dengan kontinuitas zaman. Dunia pendidikan tidak terlepas dari seorang guru dan peserta didik. Guru tentunya di abad 21 dituntut untuk terbuka akan perkembangan teknologi, yang saat ini sudah memasuki berbagai sendi kehidupan. Guru sebagai komponen penting dalam pendidikan diharapkan mampu menyiapkan peserta didik untuk menjadi masyarakat global. Pada perkembangan abad 21 ini guru dan peserta didik perlu piawai dalam berbagai keterampilan, seperti keterampilan teknologi di era digital (Muttaqin, 2023). Teknologi akan mempermudah kita dalam memperoleh informasi. Pada ruang lingkup pendidikan, teknologi berperan sebagai media pembelajaran dan juga sebagai sumber belajar (Hikmah, 2017). Inovasi media pembelajaran seiring berkembangnya zaman sangat diperlukan guna menunjang kegiatan belajar (Ariyanto dkk, 2018). Guru memerlukan media pembelajaran guna mendukung penyampaian materi pembelajaran, mempermudah pemahaman dan keterampilan peserta didik (Ariyanto dkk, 2018). Hal ini berlaku pada semua mata pelajaran yang ada, tanpa terkecuali mata pelajaran Biologi.

Biologi ialah ilmu yang mempelajari alam melalui observasi, eksperimen, dan telaah rasional sehingga mampu menciptakan fakta dan konsep. Pembelajaran Biologi berperan guna menyiapkan peserta didik dengan keahlian serta wawasan ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga peserta didik cakap memecahkan masalah dan menemukan solusi dalam kehidupan berprinsipkan sikap ilmiah (Ismiati 2020). Sesuai dengan abad 21, pembelajaran Biologi tentunya perlu beberapa komponen penunjang antara lain media pembelajaran, metode, strategi yang menarik (Novi, 2017). Selain hal tersebut, fasilitas yang memadai juga dibutuhkan guna menunjang tujuan pembelajaran. Seperti halnya keberadaan laboratorium yang sangat diperlukan dalam pembelajaran biologi yang berguna untuk kegiatan praktikum. Kegiatan praktikum memberikan kesempatan bagi peserta didik guna menyalurkan rasa ingin tahu dan membantu dalam menemukan suatu wawasan melalui eksplorasinya. Dengan adanya kegiatan praktikum peserta didik diharapkan mampu memperoleh pengalaman mengidentifikasi masalah secara nyata, mampu merumuskan secara operasional, mampu menemukan solusi dan mengaplikasikannya di laboratorium serta mampu mengevaluasi hasilnya (Lia, 2022).

Media pembelajaran yang dapat dikembangkan sebagai pendukung keterampilan pembelajaran biologi yang fleksibel dan dapat diakses dimanapun tidak terbatas oleh ruang, alat dan bahan adalah Virtual Laboratorium (Wndah, 2020). Virtual Laboratorium ialah media berbasis teknologi dan virtual

(bersifat nyata) yang disusun secara terstruktur sehingga peserta didik mampu mandiri dalam belajar (Saridewi, 2017). Aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) merupakan media pembelajaran berbentuk digital yang disusun secara terstruktur dengan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Melalui aplikasi ini menjadikan peserta didik tetap bisa melakukan praktikum dengan aman, mudah diakses tanpa terkendala ruangan, alat, bahan dan waktu serta mampu meningkatkan konseptualnya. Kelebihan pengembangan aplikasi *PraMetaVirLab* antara lain dapat diakses kapan saja dan dimana saja, dapat diakses meskipun secara *offline*, dapat menjadi alternatif kegiatan praktikum yang tidak dapat dilaksanakan secara langsung serta dapat digunakan untuk latihan soal. Dengan adanya aplikasi ini, dapat digunakan sebagai alternatif media pembelajaran guna kegiatan praktikum yang masih terbatas dalam ruang, alat dan bahan.

Pendekatan STEM ialah pendekatan pembelajaran selaras karakteristik kurikulum 2013 yang menggabungkan beberapa bidang ilmu yakni sains, teknologi, teknik, dan matematika (Nur, 2013). STEM digunakan secara terintegrasi guna mengembangkan produk, proses dan sistem yang bermanfaat bagi kehidupan nyata. Pendekatan ini memfokuskan peserta didik dalam mengeksplorasi dua atau lebih bidang sehingga diharapkan peserta didik mempunyai keterampilan aktif, berpikir kritis, kreatif, inovatif, mampu menguraikan masalah dan menemukan solusi (Nur, 2013). Dengan demikian, pendekatan STEM disebut sesuai diterapkan dalam pembelajaran biologi, sebab mampu melatih peserta didik guna menyelesaikan masalah, berpikir logis dan berkemajuan dalam teknologi sehingga potensi keterampilan abad 21 dapat berkembang optimal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui prosedur pengembangan aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) Berbasis STEM Sebagai Media Pembelajaran Pada Kelas XII SMA/MA dan untuk mengetahui tingkat kelayakan aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) Berbasis STEM Sebagai Media Pembelajaran Pada Kelas XII SMA/MA.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yakni jenis penelitian R&D (*Research and Development*) dengan menggunakan model pengembangan 4D *Define, Design, Develop* dan *Disseminat*. Kemudian dalam penelitian ini diadaptasi menjadi 3D (*Define, Design, Develop*) karena keterbatasan waktu dalam pengembangan dan hanya terfokus dalam kevalidan dan kepraktisan produk. Penelitian ini dilakukan di MA Raudhlatul Shiban Pegunungan Kudus pada tanggal 21 Maret 2024 dengan subjek penelitian kelas XII MIPA sejumlah 30 peserta didik. Pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik sampling jenuh yang termasuk dalam kategori *non probability sampling*. Penggunaan teknik sampling jenuh sebab populasi yang ada relatif kecil sehingga semua populasi digunakan sebagai sampel. Teknik pengumpulan data melalui analisis pendahuluan berupa wawancara kepada guru biologi dan penyebaran angket kepada peserta didik, hal ini bertujuan untuk memperoleh informasi awal dan memperoleh data analisis kebutuhan (*need assessment*), pengumpulan data juga melalui angket validasi ahli dan angket praktikalitas serta dokumentasi. Teknik analisis data menggunakan analisis data validitas dan praktikalitas menggunakan statistik deskriptif dengan berpedoman pada skor skala likert.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian dan pengembangan ini menghasilkan produk berupa aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) berbasis STEM sebagai media pembelajaran biologi kelas XII

SMA/MA. Hasil penelitian sebagai berikut : Berdasarkan observasi awal diperoleh informasi terkait permasalahan yang sering dihadapi peserta didik dan guru saat pembelajaran Biologi bahwa media pembelajaran yang digunakan terkesan monoton serta kegiatan praktikum yang minim sebab ruang dan peralatan laboratorium yang belum memadai. Berdasarkan *need asesment* (analisis kebutuhan), guru dan peserta didik membutuhkan media pembelajaran yang berbasis praktikum seperti aplikasi virtual laboratorium. Aplikasi tersebut memuat materi pelajaran yang mudah dipahami disertai gambar sesuai dengan materi yang disampaikan guru, simulasi praktikum yang sesuai dengan materi dan latihan soal.

Penelitian ini membuat produk berupa media pembelajaran berbentuk aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) Berbasis STEM kelas XII SMA/MA yang disesuaikan dengan kurikulum 2013 dan KD. Kemudian, dilakukan pengumpulan informasi terkait materi metabolisme sel dan kegiatan praktikum yang sesuai. Selanjutnya membuat aplikasi melalui *software articulate storyline* dan *publish* hasilnya dalam bentuk aplikasi khusus android. Produk yang dibuat terdiri dari beberapa susunan isi antara lain tampilan awal, tampilan KD dan tujuan pembelajaran, uraian materi, kegiatan praktikum uji enzim katalase dan uji ingenhousz, *quiz* dan diakhiri dengan profil peneliti serta dosen pembimbing. Berikut merupakan hasil rancangan produk yang dikembangkan.

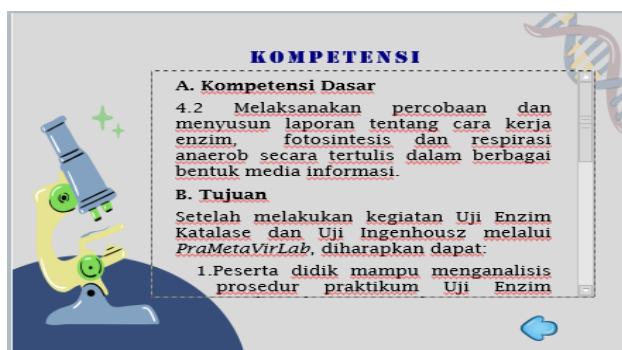
1) Tampilan awal



Gambar 1 Tampilan awal aplikasi *PraMetaVirLab*

Tampilan aplikasi *PraMetaVirLab* memuat nama aplikasi, kalimat sapaan, tombol mulai, tombol kembali dan tombol *next*. Desain background tampilan awal terdapat gambar alat-alat laboratorium, dan seorang praktikan.

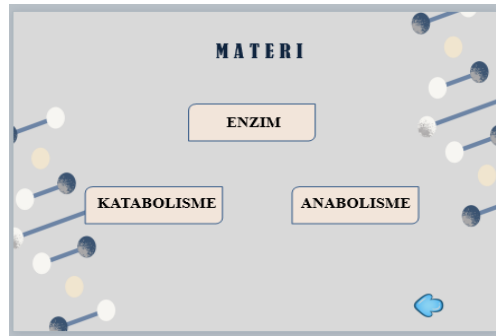
2) Tampilan KD



Gambar 2. Tampilan KD dan Tujuan Pembelajaran

Kompetensi Dasar (KD) dan tujuan pembelajaran bertujuan untuk mengetahui apa saja yang harus dikuasai oleh peserta didik dan mengetahui tujuan dari pembelajaran dari KD terkait.

3) Uraian Materi



Gambar 3 Uraian Materi

Materi yang disampaikan pada aplikasi *PraMetaVirLab* terdiri dari sub bab enzim, katabolisme dan anabolisme. Pemaparan materi metabolisme sel dalam aplikasi ini disertai juga gambar berkaitan dengan sub bab yang dibahas.

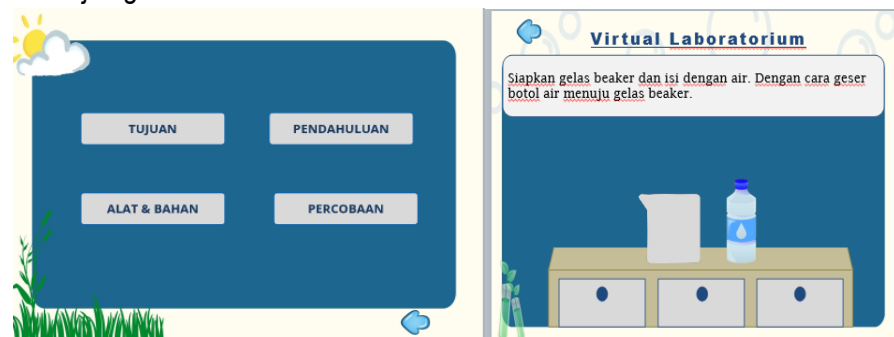
4) Kegiatan Praktikum Uji Enzim Katalase



Gambar 4. Kegiatan Praktikum Uji Enzim Katalase

Kegiatan praktikum uji enzim katalase meliputi tujuan praktikum, pendahuluan (materi pengantar praktikum), alat dan bahan yang digunakan serta kegiatan inti praktikum enzim katalase hingga mencatat hasil dari kegiatan praktikum.

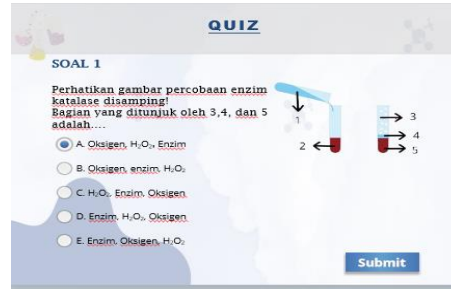
5) Kegiatan Praktikum Uji Ingenhousz



Gambar 5 Tampilan Kegiatan Praktikum Ingenhousz

Kegiatan praktikum ingenhousz meliputi tujuan praktikum, pendahuluan (materi pengantar praktikum), alat dan bahan yang digunakan serta kegiatan inti praktikum ingenhousz hingga mencatat hasil dari kegiatan praktikum.

6) Tampilan Quiz



Gambar 6 Tampilan Quiz

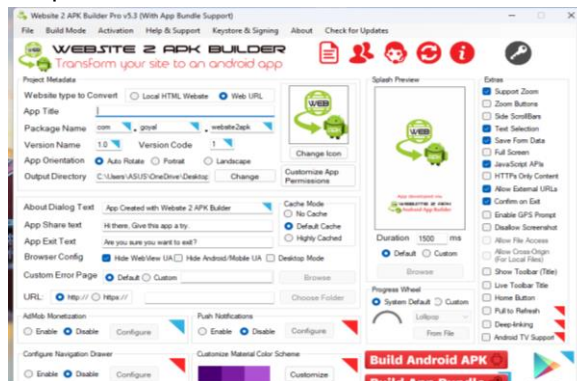
Aplikasi *PraMetaVirLab* menyajikan *quiz* di akhir tampilan aplikasi. *Quiz* berisi 10 pertanyaan dengan rincian 5 soal tentang kegiatan praktikum uji enzim katalase dan 5 soal tentang praktikum ingenhousz. Nilai hasil mengerjakan *quiz* akan langsung dibagikan akhir *quiz*.

7) Tampilan Profil



Gambar 7 Tampilan Profil

8) Tahap *Publish* Produk Menjadi Aplikasi Android



Gambar 8 *Publish* Produk Menjadi Aplikasi Android

Rancangan produk yang telah selesai akan di *publish* oleh *software articulate storyline* dalam bentuk web html5. Jenis ini belum bisa diakses melalui android. Dengan demikian, perlu perubahan hasil produk yang semula berbentuk web html5 menjadi aplikasi yang siap digunakan melalui perantara aplikasi Website 2 APK Builder.

Hasil validasi oleh ahli materi, ahli media, serta hasil uji coba kepraktisan oleh guru dan peserta didik kelas XII terhadap aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) Berbasis STEM. Hasil validasi materi, media dan praktikalitas dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Validasi Materi

No	Aspek	Jumlah Pernyataan	Rata-rata Skor Soal	Rata-rata Presentase
1	Kebenaran Materi	3	4	100%
2	Cakupan Dan Pendalaman Materi	2	3,5	87,5%
3	Teknik Penyajian Materi	4	3,62	90,625%
4	Kesesuaian Materi Dengan KD	4	3,75	93,75%
5	Bahasa Yang Digunakan	4	3,62	90,625%
Rata-Rata Keseluruhan				92,5%

Berdasarkan hasil validasi oleh ahli materi terhadap aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) berbasis STEM memperoleh hasil rata-rata presentase 100% pada aspek kebenaran materi, 87,5% untuk aspek cakupan dan pendalaman materi, 90,625% aspek teknik penyajian materi, 93,75% aspek kesesuaian materi dengan KD, dan 90,625% untuk aspek bahasa yang digunakan. Pernyataan dari kelima aspek berjumlah 17 pernyataan. Diperoleh presentase keseluruhan rata-rata dari validasi materi sejumlah 92,5% dengan skala kevalidan menunjukkan bahwa materi termasuk kategori sangat valid.

Tabel 2. Hasil Validasi Media

No	Aspek	Jumlah Pernyataan	Rata-rata Skor Soal	Rata-rata Presentase
1	Tampilan Aplikasi <i>PraMetaVirLab</i>	2	3,5	87,5%
2	Penggunaan Huruf	4	3,75	93,75%
3	Kemenarikan Tampilan	7	3,64	91,07%
4	Kemudahan Penggunaan	7	3,5	87,5%
5	Pendekatan STEM	5	3,6	90%
Rata-Rata Keseluruhan				89,964%

Hasil validasi media aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) berbasis STEM memperoleh rata-rata presentase 87,5% pada aspek tampilan aplikasi *PraMetaVirLab*, 93,75% aspek penggunaan huruf, 91,07% aspek kemenarikan tampilan, 87,5% kemudahan penggunaan, dan 90% untuk aspek pendekatan STEM. Pernyataan dari kelima aspek berjumlah 25 pernyataan. Diperoleh presentase keseluruhan rata-rata dari validasi media sejumlah 89,964% dengan skala kevalidan menunjukkan bahwa materi termasuk kategori sangat valid.

Tabel 3 Hasil Kepraktisan Produk Oleh Guru

No	Aspek	Jumlah Pernyataan	Rata-Rata Skor Soal	Rata-Rata Presentase
1	Tampilan Aplikasi <i>PraMetaVirLab</i>	2	3	75%
2	Kebenaran Materi	1	3	75%
3	Cakupan dan Pedalaman Materi	2	3	75%

4	Kesesuaian Materi dengan KD	2	3	75%
5	Bahasa Yang Digunakan	4	3	75%
6	Penggunaan Huruf	4	3,5	87,5%
7	Kemenarikan Tampilan	7	3	75%
8	Kemudahan Penggunaan	6	3,33	83,3%
9	Pendekatan STEM	5	3,2	100%
Rata-Rata Keseluruhan				80%

Uji kepraktisan yang dilakukan oleh guru biologi terhadap aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) berbasis STEM memperoleh rata-rata presentase keseluruhan sebesar 80% dengan kategori praktis digunakan, sedangkan hasil uji praktikalitas oleh peserta didik diperoleh rata-rata keseluruhan sebesar 83,3% dengan kategori skala kepraktisan sangat praktis digunakan oleh guru dan peserta didik. Penilaian oleh guru dan peserta didik dilakukan untuk menentukan tingkat kepraktisan produk yang dikembangkan.

Tabel 4 Hasil Kepraktisan Produk Oleh Peserta Didik

No	Aspek	Jumlah Pernyataan	Rata-Rata Skor Soal	Rata-Rata Presentase
1	Ketertarikan dan Minat	4	3,3	82,5%
2	Penyajian Produk	4	3,342	83,54%
3	Materi	4	3,35	83,75%
4	Bahasa	4	3,3	82,5%
5	Kemanfaatan	4	3,358	83,96%
Rata-Rata Keseluruhan				83,3%

Uji kepraktisan yang dilakukan oleh guru biologi terhadap aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) berbasis STEM memperoleh rata-rata presentase keseluruhan sebesar 80% dengan kategori praktis digunakan, sedangkan hasil uji praktikalitas oleh peserta didik diperoleh rata-rata keseluruhan sebesar 83,3% dengan kategori skala kepraktisan sangat praktis digunakan oleh guru dan peserta didik. Penilaian oleh guru dan peserta didik dilakukan untuk menentukan tingkat kepraktisan produk yang dikembangkan.

Hasil validasi dan praktikalitas produk ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Ipin Aripin dan Yeni Suryaningsih yang berjudul “*Developing BTEM-Based Virtual Biology Laboratory to Improve Students’ Critical Thinking Skills on the Concept of Bacteria*”, penelitian ini menyatakan bahwa produk yang dikembangkan memperoleh penilaian dari ahli media dan materi dengan kategori valid serta uji kepraktisan memiliki kategori sangat praktis digunakan oleh peserta didik.

Penelitian serupa oleh Friska Damayanti Syahfitri, Binari Manurung, and Mufti Sudibyo dengan judul “*The Development of Problem Based Virtual Laboratory Media to Improve Science Process Skills of Students in Biology*” menyatakan bahwa *Virtual Biology Laboratory* memperoleh penilaian dari ahli media dan ahli materi dengan kategori valid dengan revisi perbaikan. Berdasarkan hasil uji praktikalitas diperoleh penilaian dengan kategori sangat praktis dan uji efektifitas menunjukkan media pembelajaran efektif digunakan di lapangan. Berdasarkan penelitian yang ada, dapat disimpulkan bahwa penggunaan virtual laboratorium sebagai media pembelajaran sangat praktis digunakan oleh peserta didik dan guru.

Penggunaan media pembelajaran yang digunakan peserta didik dan guru harus selaras dengan jenis Kurikulum yang diterapkan. Aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium)

yang dikembangkan sebagai produk akhir disusun menggunakan pendekatan STEM, hal ini sesuai dengan kurikulum 2013 yang diterapkan pada instansi dengan karakteristik pembelajaran berpusat pada peserta didik. Pendekatan STEM mengoptimalkan aspek *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* menuntut peserta didik untuk melakukan perancangan dan penyelidikan secara ilmiah.

Berdasarkan penelitian Rona Taula Sari dkk, menyatakan bahwa pendekatan STEM efektif digunakan pada pembelajaran serta mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis. Penelitian oleh Arif Muttaqin menyatakan pendekatan STEM memiliki dampak positif dalam pembelajaran sebab dapat menjadikan peserta didik terampil, berpikir kritis, kreatif dan mampu memecahkan suatu permasalahan. Berdasarkan penelitian yang ada, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran dengan menggunakan pendekatan STEM memiliki dampak positif untuk meningkatkan hasil belajar dan keterampilan peserta didik.

Meskipun demikian, masih terdapat kekurangan dalam aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) berbasis STEM yang dikembangkan. Pada aplikasi ini, kegiatan praktikum yang ditampilkan terdiri dari 2 sub bab saja yakni materi enzim dan anabolisme, sebab kedua materi ini merupakan materi yang sering digunakan sebagai praktikum peserta didik tingkat SMA/MA. Apabila ditambah praktikum materi katabolisme, maka akan membuat aplikasi lebih berat dan membuat pengembangan produk lebih lama.

Kekurangan lainnya yaitu jenis aplikasi yang hanya dapat diakses melalui *handphone android* dan belum bisa diakses melalui PC ataupun jenis *handphone* lainnya. Akan tetapi, aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) berbasis STEM memiliki kelebihan antara lain dapat diakses kapan saja dan dimana saja, dapat diakses meskipun secara *offline*, dapat menjadi alternatif kegiatan praktikum yang tidak dapat dilaksanakan secara langsung serta dapat digunakan untuk latihan soal.

SIMPULAN

Pengembangan aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) berbasis STEM sebagai media pembelajaran biologi kelas XII SMA/MA menggunakan model pengembangan 4D yang kemudian diadaptasi menjadi 3D (*Define, Design, Develop*). Kelayakan aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) berbasis STEM sebagai media pembelajaran biologi kelas XII SMA/MA ditinjau dari kriteria valid dan praktis. Tingkat kevalidan diperoleh dari penilaian ahli media dan ahli materi. Hasil penilaian dari ahli materi diperoleh presentase rata-rata keseluruhan sebesar 92,5% dengan kategori "Sangat Valid" dan penilaian dari ahli media diperoleh presentase rata-rata keseluruhan sebesar 89,964% dengan kategori "Sangat Valid". Sedangkan, tingkat kepraktisan oleh guru biologi diperoleh penilaian presentase keseluruhan sebesar 80% dengan kategori "Praktis" digunakan oleh guru dan hasil kepraktisan peserta didik sebesar sebesar 83,3% dengan kategori "Sangat Praktis" digunakan oleh peserta didik. Berdasarkan hasil yang diperoleh, aplikasi *PraMetaVirLab* (Praktikum Metabolisme Virtual Laboratorium) berbasis STEM sebagai media pembelajaran biologi kelas XII SMA/MA praktis digunakan oleh peserta didik dan guru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih peneliti sampaikan kepada semua pihak yang telah mendukung penelitian ini, dosen pembimbing yang senantiasa mengarahkan peneliti, ahli materi, media serta guru biologi dan

peserta didik kelas XII MIPA yang telah membantu dalam memberikan penilaian, kritik dan masukan terhadap produk yang dikembangkan. Kedua orang tua, saudara dan teman yang selalu memberikan support kepada peneliti sehingga penelitian dapat terlaksana dan selesai diwaktu yang tepat.

RUJUKAN

- Adita, Arum, and Teguh Julianto. "Penyusunan Virtual Laboratory Sebagai Media Pembelajaran Biologi." *Jurnal PPKM II* 4 (2016): 69–73. - <https://doi.org/10.32699/ppkm.v3i2.339>
- Ani Daniyati, Ismy Bulqis Saputri, Ricken Wijaya, Siti Aqila Septiyani, and Usep Setiawan. "Konsep Dasar Media Pembelajaran." *Journal of Student Research* 1, no. 1 (2023): 282–94. - <https://doi.org/10.55606/jsr.v1i1.993>.
- Christanty, Novi Cahya. "Pengembangan Virtual Laboratory Pada Pokok Bahasan Sistem Ekskresi Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Biologi," 2017.
- Damayanti Syahfitri, Friska, Binari Manurung, and Mufti Sudibyo. "The Development of Problem Based Virtual Laboratory Media to Improve Science Process Skills of Students in Biology." *International Journal of Research & Review* 6, no. 6 (2019): 64–74. www.ijrrjournal.com.
- Hikmah, Nur, Nanda Saridewi, and Salamah Agung. "Penerapan Laboratorium Virtual Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa." *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)* 2, no. 2 (2017): 186. - <https://doi.org/10.30870/educhemia.v2i2.1608>.
- Inayah, Ardina Dwiyani, Rizhal Hendi Ristanto, Diana Vivanti Sigit, and Mieke Miarsyah. "Analysis of Science Process Skills in Senior High School Students." *Universal Journal of Educational Research* 8, no. 4 A (2020): 15–22. - <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.081803>.
- Izzati, Nur, Linda Rosmery Tambunan, Susanti Susanti, and Nur Asma Riani Siregar. "Pengenalan Pendekatan STEM Sebagai Inovasi Pembelajaran Era Revolusi Industri 4.0." *Jurnal Anugerah* 1, no. 2 (2019): 83–89. - <https://doi.org/10.31629/anugerah.v1i2.1776>.
- Kapilan, N., P. Vidhya, and Xiao Zhi Gao. "Virtual Laboratory: A Boon to the Mechanical Engineering Education During Covid-19 Pandemic." *Higher Education for the Future* 8, no. 1 (2021): 31–46. <https://doi.org/10.1177/2347631120970757>.
- Khairiyah, Nida'ul. *Pendekatan Science, Technology, Engineering Dan Mathematics (STEM)*. Medan: Guepedia Publisher, 2019.
- Liana, Dina, and Nova Adi Kurniawan. "Pengembangan Virtual Laboratory Berbasis Pendekatan Saintifik Pada Mata Pelajaran Biologi Untuk Siswa Sma." *Pedagogi Hayati* 2, no. 2 (2019): 6–12. - <https://doi.org/10.31629/ph.v2i2.834>.
- Mirawati, Zulfani Sesmiarni, Supratman Zakir, and Iswanti. "Pengembangan Virtual Laboratory Berbasis Android Pada Mata Pelajaran Biologi Di Sman 1 Abung Semuli Lampung Utara." *Jurnal Teknologi Inofrmasi* 5, no. 12 (2021): 149–56.
- Muttaqiin, Arief. "Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) Pada Pembelajaran IPA Untuk Melatih Keterampilan Abad 21." *Jurnal Pendidikan Mipa* 13, no. 1 (2023): 34–45. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.819>.
- Rokhim, Deni, Muhammad Asrori, and Hayuni Widarti. "Pengembangan Virtual Laboratory Pada Praktikum Pemisahan Kimia Terintegrasi Telefon Pintar." *JKTP: Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan* 3, no. 2 (2020): 216–26. - <https://doi.org/10.17977/um038v3i22020p216>.
- Sari, Imerlda Helsy, Riri Aisyah, Ferli Septi Irwansyah. *Modul MEDIA PEMBELAJARAN*. Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, 2020. - <https://digilib.uinsgd.ac.id/35492/>
- Sari, Rona Taula, Siska Angreni, and Feni Julia Salsa. "Pengembangan Virtual-Lab Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa." *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia* 10, no. 2 (2022): 391–402. - <https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i2.23833>.
- Setiawan, Nur Candra Eka, Sutrisno Sutrisno, Munzil Munzil, and Dinar Danar. "Pengenalan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Dan Pengembangan Rancangan

- Pembelajarannya Untuk Merintis Pembelajaran Kimia Dengan Sistem SKS Di Kota Madiun.” *Lambung Inovasi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 5, no. 2 (2020): 56. - <https://doi.org/10.36312/linov.v5i2.465>.
- Subardi, Nuryani, Shidiq Pramono. Biologi Untuk Kelas XII SMA/MA. *Angewandte Chemie International Edition*, 6 (11), 951–952., 2009.
- Sugiyono. *Metode Penelitian & Pengembangan*. Bandung : Alfabeta, 2013.
- Suhailah, Fina, Muhammad Muttaqin, Idad Suhada, Dindin Jamaluddin, and Epa Paujiah. “Articulate Storyline: Sebuah Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Pada Materi Sel.” *Pedagonal : Jurnal Ilmiah Pendidikan* 5, no. 1 (2021): 19–25. -<https://doi.org/10.33751/pedagonal.v5i1.3208>.
- Wardhani, I. Y., A. O. Melisa, F. E.A. Fauzia, I. Laelasari, and M. Jalil. “The Development of Biology Comic to Enhancement Analytical Thinking Skill and Adolescent Reproductive Health Knowledge.” *AIP Conference Proceedings* 2595, no. 1 July 2022 (2023). - <https://doi.org/10.1063/5.0123988>.
- Wibawanto, Wandah. *Laboratorium Virtual*. Semarang: LPPM UNNES, 2020.
- Winaryati, Eny. *Cercular Model of RD& D Model RD&D Pendidikan Dan Sosial*. Kbm Indonesia, 2021. - www.penerbitbukumurah.com.
- Wardhani, Irma Yuniar, and Iseu Laelasari. *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Sukabumi: Farha Pustaka, 2021.
- Wardhani, Irma Yuniar, and Zulham Qudsi Farizal Alam. *Biokimia Dasar Konsep Biokimia Dalam Perspektif Sains Dan Islam*. Sukabumi : CV. Haura Utama, 2023.
- Zubaidah, S. “Keterampilan Abad Ke-21: Keterampilan Yang Diajarkan Melalui Pembelajaran.” *Seminar Nasional Pendidikan* 2, no. 2 (2020): 1–17.