

## Pengembangan *Virtual Laboratory* Biology Pada Praktikum Pengamatan Protista Kelas X SMA

**Alya Febrina Nasution**

Tadris Biologi, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan,  
Mahasiswa Universitas Islam Negeri Sumatera Utara  
Korespondensi penulis: [alyafebrina4@gmail.com](mailto:alyafebrina4@gmail.com)

**Kartika Manalu**

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

**Miza Nina Adlini**

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

**Abstract:** *This research aims to develop learning media in the form of a virtual laboratory for practicum observing protists and to find out how to develop procedures, their practicality and their effectiveness. This research is a Research and Development (R&D) research with a 4 D research design, namely: define, design, develop, and disseminate, /1 however this research was only carried out to the develop stage due to researcher limitations. The subjects in the research were 30 class X students of SMA Negeri 1 Perbaungan. The research instruments used are validation sheets from media experts and material experts to measure the validity of the virtual laboratory, response sheets from field practitioners (Teachers) and students to measure the practicality of the virtual Laboratory. The research results show that the virtual laboratory has an appropriate category based on the percentage of validity by media expert validators of 80.33%, material expert validators of 98.66%. The virtual laboratory was declared very feasible based on the percentage obtained from student responses in phase I product trials of 92.71%, phase II product trials of 86.58%, and the percentage based on teacher responses was 100%. Recommendations for future researchers and teachers to develop a three-dimensional virtual laboratory to provide a more real experience for students when simulating a practicum.*

**Keywords:** *Learning Media, Virtual Laboratory, Practicum, 4 D*

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berupa Laboratorium virtual pada praktikum pengamatan protista dan untuk mengetahui bagaimana prosedur pengembangannya, kepraktisannya, dan keefektifannya. Penelitian ini adalah penelitian *Research dan Development* (R&D) dengan desain penelitian 4 D yaitu: *define, design, develop, and disseminate*, /1 namun penelitian ini hanya dilakukan sampai tahap *develop* karena keterbatasan peneliti. Subjek dalam penelitian adalah siswa kelas X SMA Negeri 1 Perbaungan yang berjumlah 30 orang. Instrumen penelitian yang digunakan ialah lembar validasi ahli media dan ahli materi untuk mengukur kevalidan Laboratorium virtual, lembar respon praktisi lapangan (Guru) dan siswa untuk mengukur kepraktisan Laboratorium virtual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Laboratorium virtual memiliki kategori layak berdasarkan persentase kevalidan oleh validator ahli media sebesar 80,33%, validator ahli materi sebesar 98,66%. Laboratorium virtual dinyatakan sangat layak berdasarkan persentase yang diperoleh dari respon siswa pada uji coba produk tahap I sebesar 92,71%, uji coba produk tahap II sebesar 86,58%, dan persentase berdasarkan respon guru sebesar 100%. Rekomendasi untuk peneliti selanjutnya dan guru untuk mengembangkan laboratorium virtual tiga dimensi agar memberikan pengalaman yang lebih nyata bagi siswa saat mensimulasikan sebuah praktikum.

**Kata Kunci:** Media Pembelajaran, Laboratorium Virtual, Praktikum, 4 D

## LATAR BELAKANG

Di era globalisasi kemajuan ilmu pengetahuan serta teknologi begitu berguna dalam menghasilkan kemudahan dalam kehidupan (Amiruddin, 2010). Teknologi adalah partner guru dalam rangka menciptakan kegiatan belajar mengajar yang efektif, efisien dan produktif sesuai dengan kebutuhan peserta didik (Sudarwan, 2008). Pembelajaran Biologi menuntut adanya peran aktif dari peserta didik melalui kegiatan percobaan atau praktikum. Kegiatan praktikum dapat mempermudah siswa untuk memahami materi pelajaran yang sulit jika hanya berupa teks saja, akan lebih mudah dipahami jika dilakukan dengan kegiatan praktikum (Sorry, *et al.*, 2020).

Dari observasi awal yang dilaksanakan di SMA Negeri 1 Perbaungan, diketahui sepanjang praktikum protista biasa menggunakan laboratorium biologi, tetapi kerap terjalin hambatan siswa yang hendak mencari bahan untuk praktikum, sehingga sering sekali terjadi ketika praktikum siswa tidak membawa bahan yang dibutuhkan dan membuat praktikum jadi tidak kondusif. Selain terkendala dengan menemukan bahan serta kurangnya fasilitas di laboratorium, oleh karenanya peneliti ini mengembangkan *Virtual Laboratory* ini. Pada saat ini di sekolah SMA Negeri 1 Perbaungan masih tatap muka terbatas, membuat praktikum terkendala sebab tidak dapat melakukan praktikum secara tatap muka. Selama belajar secara tatap muka terbatas guru melaksanakan praktikum secara online menggunakan power point atau juga video *Youtube*. Dengan adanya kendala-kendala tersebut membuat siswa kurang memahami praktikum yang di adakan oleh guru. Pada praktikum pengamatan protista siswa mengalami kesulitan berupa keterbatasan penyediaan alat dan bahan praktikum di sekolah yang kurang memadai maka, guru memilih untuk tidak melaksanakan praktikum di laboratorium. Disamping itu, kurangnya pemahaman dalam penggunaan alat-alat yang ada di laboratorium juga menjadi penyebab kegiatan praktikum tidak terlaksanakan. Dalam hal ini *Virtual Laboratory* merupakan media pengembangan praktikum yang sangat mudah untuk digunakan. *Virtual laboratory* merupakan lingkungan belajar alternatif yang dapat membantu peserta didik untuk mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium (Tatly, 2013). *Virtual Laboratory* adalah media yang dapat mensimulasikan aktivitas di laboratorium yang sesungguhnya. *Virtual Laboratory* ini sangat bermanfaat menolong proses pendidikan untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap pelajaran, serta sesuai untuk memprediksi minimnya persiapan di laboratorium yang sesungguhnya. *Virtual*

*Laboratory* adalah pengalaman interaktif siswa sehingga dapat mengamati serta memanipulasi objek, informasi ataupun fenomena yang dihasilkan oleh sistem untuk menggapai tujuan pembelajarannya (Nur, 2017).

Tujuan pemakaian media dalam pendidikan merupakan upaya mendekatkan siswa pada pengalaman yang lebih khusus, sehingga dapat menggapai data serta tujuan yang akan diinformasikan. *Virtual Laboratory* yang disusun dalam riset ini bertujuan untuk membagikan pengalaman kepada siswa tentang pengamatan pada protista. Pembelajaran tanpa harus menghilangkan eksperimen yang sesungguhnya. Sebab penyusunan *Virtual Laboratory* pada riset ini lebih mirip dengan format simulasi, hingga menampilkan lebih banyak aktivitas eksperimental, semacam aktivitas di laboratorium biologi. *Virtual Laboratory* adalah simulasi interaktif dari eksperimen di mana semua manipulasi dilakukan di dalam komputer (Spornjak&Sorgo, 2017). Menurut Abramov, et al. (2016) *Virtual Laboratory* merupakan suatu software yang mensimulasikan eksperimen di laboratorium nyata. *Virtual Laboratory* telah populer digunakan dalam kebanyakan pembelajaran sains, terutama karena didukung oleh peningkatan kemampuan komputer dalam pemrosesan informasi. Berbagai hasil penelitian telah memaparkan implikasi dari penggunaan *Virtual Laboratory* dalam pembelajaran sains, misalnya berpotensi untuk meningkatkan persiapan pra-laboratorium sehingga merasa jauh lebih percaya diri dan nyaman mengoperasikan peralatan laboratorium, mampu menyesuaikan parameter dan hasilnya, serta meningkatkan partisipasi diskusi dalam praktikum (Dyrberg, et al, 2016).

Adanya perkembangan media didalam pendidikan membuat meningkatnya media pendidikan berbasis teknologi *Virtual Laboratory* yang dapat menjadi pemecah kendala tersebut. Dengan adanya fakta dilapangan maka dapat dikatakan bahwa laboratorium mempunyai peranan yang sangat berarti, maka dibutuhkan pengembangan *Virtual Laboratory* pada praktikum pengamatan Protista agar dapat dilakukan visualisasi guna menghasilkan daya tarik serta dapat meminimalisir adanya rasa jenuh siswa. Menurut Odeh (2015) bahwa *Virtual Laboratory* mudah digunakan, mudah untuk memahami konsep teori, tersedia yang banyak, memuaskan pada teori, lingkungan yang aman, kemajuan keahlian baru, pengetahuan dengan kerja sama kelompok, tempat yang nyaman, waktu bereksperimen lebih banyak. Penggunaan laboratorium virtual berpengaruh terhadap penguasaan konsep siswa serta penggunaan laboratorium irtual berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kreatif siswa. (Hermansyah, 2015) Oleh

karenanya, penelitian ini bertujuan untuk melihat respon peserta didik terhadap *Virtual Laboratory* yang akan dikembangkan.

Pengembangan *Virtual Laboratory* sudah banyak dilakukan, walaupun demikian pengembangan tersebut masih terfokus/pada mata pelajaran yang lain/diantaranya Pengembangan Praktikum *Virtual* materi Urinalis untuk kelas XI (Ade, 2017) materi Invertebrata siswa kelas X (Aden, 2016), *Virtual Laboratory*/pada materi Usaha dan Energi (Nora, 2018). Namun masih sedikit *Virtual Laboratory* pada materi Protista. Protista merupakan salah satu materi yang dianggap sulit untuk peserta didik kelas X. Hal tersebut dikarenakan cakupan materi ini sangat luas dan banyak terdapat istilah latin yang harus diketahui, selain itu juga karena objek yang dipelajari merupakan organisme mikro yang tidak dapat diamati secara langsung sehingga peserta didik kurang memahami materi dengan benar (Mukaromah, 2012). Dari uraian di atas maka perlu dilakukannya penelitian mengenai **“Pengembangan *Virtual Laboratory* Pada Praktikum Pengamatan Protista Kelas X SMA”**.

## **METODE PENELITIAN**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan penelitian *research and development* (R&D) atau penelitian pengembangan. Menurut Borg and Gall dalam (Setyosari, 2010: 194) R&D (*Research and Development*) adalah proses yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk pendidikan. Sedangkan menurut Sukmainata, *Research and Development* adalah pendekatan penelitian dimana akan menghasilkan sebuah produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada sebelumnya (Agung, 2017). Berdasarkan pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa penelitian pengembangan (R&D) merupakan sebuah pendekatan penelitian yang menghasilkan sebuah produk dan terdapat proses validasi di dalamnya untuk melihat sejauh mana produk tersebut layak untuk digunakan.

Desain yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan model pengembangan 4-D, model pengembangan ini seperti yang disarankan oleh Thiagarajan dan Semmel. Peneliti memilih menggunakan desain 4D karena dalam pengembangan media membutuhkan beberapa analisis yang saling terkait dari awal hingga akhir./1Metode dan penelitian sangat erat kaitannya dengan bidang teknologi pembelajaran. Penelitian dalam bidang teknologi pembelajaran telah bersinggungan dengan masalah pengembangan

produk dan desain, media, bahan ajar dan sistem pembelajaran. Telah kita ketahui bahwa teknologi pembelajaran dapat diartikan sebagai teori dan praktik desain, pengembangan, pemanfaatan, pengelolaan, dan evaluasi proses dan sumber-sumber belajar (Punaji, 2013). Model ini terdiri atas 4 tahap, yaitu *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate* atau yang diadaptasikan menjadi model 4-P yaitu pendefinisian, perancangan, pengembangan, dan penyebaran (Trianto, 2016).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian pengembangan laboratorium virtual pada praktikum pengamatan protista ada beberapa aspek yang dilihat yaitu kevalidan, kepraktisan yang dimuat pada tahapan penelitian. Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan sebelumnya, dihasilkan media pembelajaran praktikum yaitu laboratorium virtual pada materi protista kelas XSMA/MA.

Tahapan penelitian yang pertama yaitu *define* (pendefinisian), tahap ini berisi hal-hal awal yang menjadi landasan pengembangan produk berupa analisis ujung depan yang merupakan pengumpulan informasi terkait hal-hal yang melatarbelakangi pengembangan produk terutama terkait masalah dasar yang dihadapi pada pembelajaran biologi di SMA Negeri 1 Perbaungan seperti guru biologi belum pernah menggunakan media berbasis aplikasi khususnya pada kegiatan praktikum dan siswa banyak yang tidak antusias mengikuti pembelajaran biologi, selain itu tahap ini juga berisikan informasi terkait karakteristik siswa pada saat mengikuti pembelajaran siswa yang diperoleh dari wawancara bersama guru biologi kelas X. Pentingnya tahap analisis karakteristik siswa pada tahap ini sebagai mana dipaparkan oleh Taufik bahwa perlunya dilakukan pemahaman karakteristik dan kemampuan awal peserta didik sebelum melakukan proses mempersiapkan pembelajaran seperti untuk menetapkan spesifikasi tujuan dan materi pembelajaran. (Taufik. 2019)

Setelah mengetahui masalah yang ditemukan pada proses pembelajaran biologi selanjutnya yaitu tahap menganalisis tugas yang didasarkan pada kompetensi inti (KI) dan kompetensi dasar, selanjutnya yaitu tahap pemilihan materi yang dianggap abstrak dan perlu dilakukannya praktikum agar siswa tertarik mengikuti pembelajaran biologi khususnya pada materi protista yang selanjutnya yaitu perumusan tujuan pembelajaran. Setelah tahap pendefinisian selesai, maka tahap selanjutnya adalah perancangan produk.

Tahap penelitian selanjutnya yaitu *design* (perancangan produk), adapun tahapannya yaitu pemilihan media, pemilihan format media, tahap ini disesuaikan berdasarkan analisis kebutuhan guru di SMA Negeri 1 Perbaungan. Perancangan format media pembelajaran berupa laboratorium virtual kompetensi dasar, materi, praktikum/simulasi, soal evaluasi, daftar pustaka, dan profil pengembang. Format media dirancang dengan menggunakan *software Adobe Flash CS6* yang merupakan perangkat lunak komputer yang digunakan untuk membuat gambarvektor maupun animasi gambar. Dilakukan dengan merancang animasi, menatatulisan, serta ikon yang diperlukan dalam laboratorium virtual selanjutnya diberikan bahasa pemrograman (*Action Script*) yang berfungsi untuk memberikan perintah sesuai dengan prosedur praktikum yang telah dirancang, setelah itu dilakukan publishing dengan menyesuaikan dimana media akan digunakan. Pemilihan *Adobe Flash CS6* sebagai aplikasi pembuat laboratorium virtual dikarenakan software ini sangat baik untuk mendukung pembelajaran interaktif yang mana dapat menggabungkan grafis, animasi, suara, serta memiliki kemampuan untuk interaksi dengan pengguna. (Rezeki. 2018)

Perancangan keseluruhan laboratorium ini dilakukan interaksi dengan carameletakkan dan mengambil (*drop and drag*) melalui sentuhan di layar gawai, pemilihan format ini secara teknis sejalan dengan pendapat Jaya ,bahwa pengembangan komponen laboratorium virtual terdiri atas (a) adanya materi, objek yang berkaitan dengan kegiatan yang dipraktekkan, (b) adanya Job sheet, yang berisi langkah kegiatan praktikum, (c) adanya simulasi yang dapat dilakukanoleh siswa serta terdapat animasi/ ilustrasi dari alat dan bahan yang digunakanselama melaksanakan simulasi, (d) representasi dunia maya yang berisi objek atau lingkungan yang direpresentasikan di dunia maya, (e) *Interactive tools*, komponen yang digunakan untuk interaksi dilakukan dengan konsep *draganddrop* (mengambil dan meletakkan) (Mohajarah. 2020), pada tahap ini juga menghasilkan rancangan awalatau hasil sementara dari laboratorium virtual sebelum dilakukan validasi pada tahap *develop*(pengembangan). Kemudian selanjutnya yaitu penyusunan teskualitas media meliputi lembar validasi, angket respon, dan soal tes dimana instrumen yang digunakan sebelumnya telah divalidasi oleh dosen validasi. Sehingga pada akhir tahapan *ndesign* ini menghasilkan produk awal yang dikembangkan.

Kevalidan produk yang diperoleh yaitu terdapat pada tahap *develop*(pengembangan) berupa validasi desain media oleh validator yaitu ahli media dan

ahli materi, laboratorium virtual dikatakan valid apabila memenuhi syarat kevalidan yang telah ditetapkan. Berdasarkan analisis data kevalidan oleh ahlimedia diperoleh persentase kevalidan produk sebesar 80,33% dengan kriteria/layak yang memuat aspek tampilan, visual dan manfaat. Selanjutnya analisis kevalidan produk oleh ahli materi diperoleh persentase sebesar 98,66% dengan kriteria sangat layak yang mana berisi aspek pembelajaran, penyajian dan bahasa. Pada tahap ini juga revisi produk sesuai dengan masukan dan saran dari ahli media dan materi yang kemudian menghasilkan produk yang valid untuk selanjutnya dilakukan tahap uji coba produk.

Tahap *develop* berikutnya menghasilkan data kepraktisan produk yang diperoleh dari angket respon praktisi lapangan yaitu guru dan siswa sebanyak 30 orang yang mana tahap ini dilakukan saat uji coba produk secara perorangan dan uji coba produk skala terbatas di kelas X sekolah SMA Negeri 1 Perbaungan. Tahap ini dilakukan selama 1 hari. Pertemuan pertama dilakukan uji coba skala terbatas dengan 30 orang siswa yang diawali dengan pengenalan terhadap laboratorium virtual serta menjelaskan cara penggunaan dan menginstal. Kemudian dilanjutkan dengan pengisian lembar angket respon siswa sekaligus guru yang dilakukan secara tatap muka di Sekolah SMA Negeri 1 Perbaungan. Setelah itu pengisian angket respon oleh guru.

Berdasarkan analisis respon siswa dengan uji coba terbatas dengan 30 orang siswa diperoleh persentase rata-rata total sebesar 80,33% dengan kriteria sangat setuju persentase penyajian materi sebesar 86,22% dengan kriteria sangat setuju, persentase aspek media sebesar 87,02% dengan kriteria sangat setuju, aspek bahasa 90% dengan kriteria sangat setuju, aspek manfaat persentase sebesar 83,58% dengan kriteria sangat setuju dan tidak ditemukan saran perbaikan sehingga tidak dilakukan revisi. Kemudian analisis respon oleh guru diperoleh persentase kepraktisan Laboratorium *Virtual* sebesar 100% dengan kriteria sangat layak. Sehingga dapat diperoleh bahwa Laboratorium *Virtual* berdasarkan respon siswa dan guru sangat praktis digunakan dalam pembelajaran.

Keefektifan media yang dikembangkan diperoleh berdasarkan hasil belajar melalui soal evaluasi yang terdapat pada laboratorium virtual, sebagaimana hal tersebut mengacu pada tujuan dari dilakukannya evaluasi pembelajarannya itu untuk mengetahui keefektifan dan efisiensi sistem pembelajaran (Khairun 2019).

Berdasarkan kriteria ketentuan akademik laboratorium virtual yang dikembangkan memiliki kategori sangat baik sehingga dapat dinyatakan bahwa laboratorium virtual yang dikembangkan efektif digunakan pada pembelajaran biologi. Cara mengakses *Virtual Laboratory* ini juga cukup sederhana, dengan cara:

1. Menggunakan Link Aplikasi, kemudian download (unduh) Aplikasi setelah itu tampil di device android.
2. Setelah mengizinkan Aplikasi untuk terinstal maka Aplikasi akan langsung terpasang di android.

Pada penelitian ini, Laboratorium Virtual yang dikembangkan hanya dapat diakses melalui device Android tidak dapat diakses melalui Iphone (IOS). Rekomendasi yang dapat diberikan peneliti untuk pengembang *software* lainnya untuk Laboratorium *Virtual* agar dapat mengembangkan laboratorium virtual tiga dimensi yang lebih memberikan kesan nyata bagi siswa begitu pula dengan guru juga direkomendasikan untuk menggunakan atau memilih laboratorium virtual bukan hanya yang dua dimensi melainkan yang tiga dimensi agar memberikan pengalaman yang lebih nyata bagi siswa saat mensimulasikan sebuah praktikum. Rekomendasi selanjutnya yang dapat diberikan peneliti untuk materi pembahasan pada penelitian *Virtual Laboratory* agar dapat membahas praktikum protista mirip jamur dikarenakan keterbatasan penelitian hanya pada praktikum pengamatan protista mirip hewan dan protista mirip tumbuhan saja.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kevalidan Laboratorium *Virtual* yang dikembangkan divalidasi oleh validator yaitu ahli media dan ahli materi, dengan hasil yang diperoleh skor persentase kevalidan media seluruh aspek oleh validator ahli media sebesar 80,33% dengan kriteria layak. Selanjutnya hasil skor persentase kevalidan materi seluruh aspek oleh validator ahli materi sebesar 98,66% dengan kriteria sangat layak, sehingga dapat dinyatakan bahwa Laboratorium *Virtual* yang dikembangkan sangat valid dan layak digunakan untuk pembelajaran biologi.
2. Kepraktisan laboratorium yang dikembangkan dalam penelitian ini memenuhi kriteria sangat praktis dengan hasil respon guru sebesar 100%, respon siswa pada

uji coba produk skala terbatas sebesar 86,58%.

## **SARAN**

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan laboratorium virtual pada praktikum Pengamatan Protista untuk kelas X SMA Negeri 1 Perbaungan, peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Untuk guru agar memperhatikan media pembelajaran berbasis IT yang disesuaikan dengan metode pembelajaran dan materi pelajaran agar membantu dalam pembelajaran khususnya pada materi biologi yang sulit dipahami siswa, selain itu diharapkan agar guru dapat mengembangkan media pembelajaran berbasis aplikasi seperti *Laboratorium Virtual* untuk praktikum pada materi yang lainnya untuk meningkatkan hasil belajar dan minat siswa.
2. Untuk peserta didik agar lebih menguasai dan memahami penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi lainnya selain laboratorium yang dikembangkan.
3. Untuk peneliti selanjutnya agar dapat melaksanakan penelitian yang lebih maksimal dengan menguji efektifitas *Virtual Laboratory* yang telah dikembangkan, mengembangkan *Virtual Laboratory* yang dapat diakses semua *Device*, *Virtual Laboratory* dengan tampilan 3 dimensi dan menambahkan materi pada *Virtual Laboratory* untuk praktikum pengamatan protista mirip jamur.
4. Untuk sekolah agar bekerjasama serta mendukung ketersediaan media pembelajaran berbasis teknologi dalam pembelajaran dengan memfasilitasi sarana pendukung lainnya agar penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi dapat digunakan dalam pembelajaran sehingga dapat membantu dalam mencapai tujuan pembelajaran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abramov, V., Kugurakova, V., Rizvanov, A., Abramskiy, M., Manakhov, N., Evstafiev, M., & Ivanov, D. 2016. Virtual biotechnological lab development. *BioNanoScience*, 7(2), 363– 365.
- Adita, A. 2016. Penyusunan *Virtual Laboratory* Sebagai Media Pembelajaran Biologi. *Jurnal PPKM II*.
- Anwar, C. 2017. *Teori-Teori Pendidikan Klasik Hingga Kontemporer*. Yogyakarta: IRCiSoD.
- Ardina, D.Y.I., Rizhal, H.R., Diana, V.S., & Mieke, M. 2020. Laboratorium Virtual Protista: Media Pembelajaran untuk Meningkatkan Sikap Ilmiah. *Jurnal Pendidikan Biologi*. 5(2), 212-222.
- Arsyad, A. 2013. *Media Pembelajaran*. Jakarta: Rajawali Pers./1
- Budiyono. 2017. *Manajemen Penelitian Pengembangan (Research and Development)*. Yogyakarta: Aswaja Pressindo.
- Chairani, Slamet, A. Wiyono, K. 2019. Pengembangan sistem sirkulasi pada pembelajaran biologi disekolah menengah atas. *Jurnal Inovasi Pendidikan*. 9 (1), 29-42
- Danim, S. 2008. *Media komunikasi pendidikan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Daryanto. 2013. *Strategi Dan Tahapan Mengajar: Bekal Keterampilan Dasar Bagi Guru*. Bandung: Yrama Widya.
- Dina, L. 2018. Pengembangan berbasis pendekatan saintifik pada mata pelajaran biologi untuk siswa SMA. *Jurnal Pedagogi Hayati*. 2 (2), 6-12
- Djamarah, Syaiful B. 2010. *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Dyrberg, N. R., Treusch, A. H., & Wiegand, C. 2016. Virtual laboratories in science education: Students' motivation and experiences in two tertiary biology courses. *Journal of Biological Education*, doi: <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2016.1257498>
- Faour, M.A., Ayoubi, Z., & The, Z. 2018. The Effect/1of Using Virtual Laboratory on Grade 10 Students' Conceptual Understanding and their attitudes towards Physics. *Journal of Education in Science Environment and Health*. 4 (1), 54-68
- Gaffar, Aden A. 2016. Pembelajaran Berbasis Praktikum *Virtual* Untuk Meningkatkan Sikap Ilmiah Siswa Kelas X Pada Materi Invertebrata. *Jurnal Bio Educatio*. 2 (2), 18-15
- Gunawan, Sahidu, H., Harjono, A., & Suranti, N. M. Y. 2017. The effect of project-based learning with virtual media assistance on student's creativity in physics. *Cakrawala Pendidikan*, XXXVI(2), 167-179. doi: 10.21831/cp.v36i2.13514.
- Hamdani, H. 2013 *Pengembangan Sistem Pendidikan Di Indonesia*. Bandung: Pusaka Setia.
- Hasrul. 2018. *Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Multimedia Interaktif*. Yogyakarta: Samudra Biru.

- Hidayat, M, A. 2017. *The Evaluation of Learning (Evaluasi Pembelajaran)*. Medan: Perdana Publishing
- Hikmah, N. Saridewi, N. Agung, Salamah. 2017. Penerapan Laboratorium Virtual Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*. 2 (2). 186-194
- Himah, N. 2017. Penerapan Laboratorium *Virtual* Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*. 2 (2), 97-102
- Ikhsan. M. 2016. "Kajian Motivasi Belajar Siswa dalam Pembelajaran Kimia Menggunakan,". *Jurnal Pendidikan Dasar*, 1 (1), 65-68
- Irnaningtyas. 2016. *Biologi untuk SMA/MA kelas X*. Jakarta: Erlangga.
- Istiadi, A. 2017. Manajemen Penelitian Pengembangan. Yogyakarta; Aswaja Pressindo
- Juwariyah, S., Koes H. S., & Latifah, E. 2017. Guided inquiry method employing virtual laboratory to improve scientific working skills. *Jurnal Pendidikan Sains*, 5(1), 17–25.
- Maldarelli, G. A., Hartmann, E. M., Cummings, P. J., Horner, R. D., Obom, K. M., Shingles, R., & Pearlman. 2009. Virtual lab demonstrations improve students' mastery of basic biology laboratory techniques. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 10, 51-57
- Muchson. 2019. Pengembangan Virtual Lab Berbasis Android Pada Materi Asam Basa Untuk Siswa SMA". *Jurnal Pembelajaran Kimia*. 4(1)
- Muhajarah, Kurniadan Sultan, Moh. (2020). Pengembangan Laboratorium Virtual Sebagai Media Pembelajaran, Peluang dan Tantangan. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 3(2). 77-83
- Mukaromah, E, Bintari, S. H, & Mubarak, I. 2012. Hasil Belajar Siswa Pada Materi Protista Akibat Penerapan Model Learning Cycle. *Unnes Journal Of Biology Education*, 1 (2), 182-189.
- Nasihin, Khairun. (2019). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Adobe Flash CS6 Materi Fotosintesis Kelas VIII MTs Muslimat NU Palangka Raya. *Skripsi*. Palangka Raya: IAIN Palangka Raya
- Nurul, R. 2018. Pengembangan Media Berbasis Software *Macromedia* Flash Pada Pembelajaran Biologi Untuk Siswa Kelas XI Sma. *Inovasi Pendidikan*. 5 (2), 127-133.
- Odeh, S., Shanab, S, A., & Anabtawi, M. 2015. Augmented Reality Internet Labs versus its Traditional and Virtual Equivalence. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 10 (3), 4 - 9.
- Rahardjo, M. D. 2002. *Ensiklopedi Alquran tafsir sosila berdasarkan konsep-konsep kunci*. Jakarta: Paramadina.
- Rahmaini. 2015. *Strategi Pembelajaran Bahasa Arab Aktif Dan Menarik*. Medan: Perdana Publishing
- Rahmawida. 2020. Efektifitas Pembelajaran Berbasis *Inquiry* Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Dan Kemampuan Berpikir Kreatid Mahasiswa Farmasi Pada Mata Kuliah Anatomi Fisiologi Manusia". *Jurnal Biolokus*. 3 (2). 298-304

- Ramli, M. 2012. *Media Dan Teknologi Pembelajaran*. Banjarmasin: IAIN Antasari Press.
- Republik Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2002, Lembaga Negara Tahun 2002 No. 18*. Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia No .4219.
- Rezeki, Sri. (2018). Pemanfaatan Adobe Flash CS6 Berbasis Problem Based Learning Pada Materi Fungsian Komposisi Invers. *Jurnal Pendidikan Tambusai*. 2(4). 856-864
- Riduwan. 2012. *Pengantar Statistika untuk Penelitian: Pendidikan Sosial Komunikasi Ekonomi dan Bisnis*: Bandung.
- Riduwan. 2013. *Skala Pengukuran Variabel-variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta
- Riduwan. 2014. *1 Dasar-Dasar Statistik*. Bandung: Alfabeta.
- Rohani. 2019. *1 Media Pembelajaran*. Medan: UIN SU.
- Romi Satrio, W. 2006 . *Aspek dan Kriteria Penilaian Media Pembelajaran*. Diakses dari <http://romisatriawahono.net/2006/06/21/aspek-dan-kriteria-penilaian-media-pembelajaran>. Pada tanggal 01 juni 2022.
- Rusman. 2013. *Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi*. Jakarta : Rajawali Pers.
- Setyosari, P. 2013. *Metode Penelitian Pendidikan dan Pengembangan*. Jakarta: Kencana.
- Siahaan, A. 2010. *Ilmu Pendidikan & Masyarakat Belajar*. Medan: Perdana Mulya Sarana.
- Sony, S., & Katkar, M, D. (2014). Survey paper on virtual lab for E-Learners. *International Journal of Application in Engineering & Management*, 3(1), 108-110.
- Špernjak, A., & Šorgo, A. 2017. Differences in acquired knowledge and attitudes achieved with traditional, computer-supported and virtual laboratory biology laboratory exercises. *Journal of Biological Education*. doi: <https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1298532>
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&B*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D Best Seller*, Bandung: Alfabeta.
- Sukiman. 2012. *Pengembangan Media Pembelajaran*. Yogyakarta: Pedagogia.
- Supriyadi. 2017. Pengaruh Praktikum *Virtual* Terhadap Sikap Ilmiah Siswa SMA. *Jurnal Biosfer*. 8 (2), 115-131
- Suryanda, A. 2017. Pengembangan Praktikum *Virtual Urinalisis* Sebagai Media Pembelajaran Biologi Siswa SMA Kelas XI'. *Jurnal Biosfer*. 1 (1), 55-64
- Suryanti, E. Fitriani, A. Redjeki, S. Riandi R. 2019. Persepsi Mahasiswa Terhadap Penggunaan Virtual Laboratory Dalam Pembelajaran Biologi Molekuler. *Journal of Natural Science and Integration*: 2 (2). 153-162
- Sutrisno. (2011). *Pengantar pembelajaran inovatif*. Jakarta: Gaung Persada Press.
- Sutrisno. 2011. *Pengantar Pembelajaran Inovatif*. Jakarta: GP Press.

- Tanjung, I. F. 2018. *Strategi Pembelajaran Biologi*. Medan: Cv. Widya Puspita.
- Tatli, Z., & Ayas, A. 2013. Effect of a Virtual Chemistry Laboratory on Students' Achievement. *Educational Technology & Society*, 16 (1), 159–170.
- Trianto.(2016).*Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif*. Jakarta: Kencana
- Turner, H. R. 2004. *Sains Islam yang mengagungkan sebuah catatan terhadap abad pertengahan*. Bandung: Nuansa Bandung.
- Wandah. 2020. *Laboratorium Virtual Konsep Dan Pengembangan Simulasi Fisika*. Semarang: LPPM UNNES.
- Wiarso, G. 2016. *Media Pembelajaran Dalam Pendidikan Jasmani*. Yogyakarta: Laksitas. XVI (1).1-13
- Yulastri, N. I. 2018. Peningkatan Keterampilan Proses Sains Dan Pemahaman Konsep Melalui Model Learning Cycle 5E Berbantuan Virtual Lab Pada Materi Usaha Dan Energi. *Jurnal Kumparan Fisika*, 1 (3), 76-82.