

Implementasi Virtual Laboratory BTEM Berbasis Android Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Proses Sains

Ipin Aripin*, Yeni Suryaningsih

Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Majalengka, Jl. K.H. Abdul Halim No. 103
Majalengka, Jawa Barat 45418
ipin_aripin@unma.ac.id

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the implementation of the Android-based BTEM virtual laboratory to improve mastery concepts and science process skills. This study used a purposive sampling method involving 21 students of class X at Madrasah Aliyah in Majalengka. The research data were collected using tests and questionnaires then analyzed using descriptive and quantitative techniques paired t-test and ANOVA used SPSS 25. The results showed that there was an increase in concept mastery with an average n-gain of 0.42 (moderate) and an increase in science process skills n-gain of 0.40 (moderate), there was no significant difference in the score of process skills in the upper, middle, and lower group of students. The use of Android-based BTEM virtual laboratories received a very good response from 81% of students. The results of this study concluded that the use of android-based BTEM virtual laboratories could be a solution to improving students' conceptual mastery and practicing science process skills in students so that this application is recommended to be used especially during the Covid-19 pandemic.

Keywords: virtual laboratory, BTEM, android, mastery concept, science process skills

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui implementasi virtual laboratory BTEM berbasis Android untuk meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan proses sains. Penelitian ini menggunakan metode purposive sampling dengan melibatkan siswa kelas X di sebuah MA di Majalengka yang berjumlah 21 siswa. Data penelitian dikumpulkan menggunakan tes dan angket kemudian dianalisis menggunakan teknik deskriptif dan kuantitatif uji t berpasangan dan uji Anova dengan bantuan aplikasi SPSS 25. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan penguasaan konsep dengan rata-rata n-gain 0,42 (sedang) dan peningkatan keterampilan proses sains dengan rata-rata n-gain 0,40 (sedang), tidak terdapat perbedaan yang signifikan peningkatan skor keterampilan proses pada kelompok siswa atas, sedang maupun bawah. Penggunaan virtual laboratory BTEM berbasis android mendapat respon yang sangat baik dari 81% siswa. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan virtual laboratory BTEM berbasis android dapat menjadi solusi dalam meningkatkan penguasaan konsep siswa dan berlatih keterampilan proses sains pada siswa sehingga aplikasi ini direkomendasikan digunakan khususnya pada saat pandemic covid-19 seperti saat ini.

Kata Kunci: virtual laboratory, BTEM, android, penguasaan konsep, keterampilan proses sains

Submitted May 30, 2021 | Revised Jun 24, 2021 | Accepted Jun 30, 2021

Pendahuluan

Pandemic covid-19 yang di mulai tahun 2019 ini telah merubah paradigm dalam proses pembelajaran dari berbasis kelas ke berbasis virtual, hal ini berdampak pada metode dan teknis dalam pelaksanaan pembelajaran. Salah satu kegiatan pembelajaran yang sulit untuk dilaksanakan secara online (daring) adalah pelaksanaan praktikum. Dalam pembelajaran biologi kegiatan praktikum memiliki peranan yang sangat penting untuk mengembangkan keterampilan proses dan berinkuiri pada siswa (Widowati et al., 2017). Kegiatan praktikum memiliki banyak manfaat bagi siswa untuk membangkitkan motivasi belajar sains, mengembangkan keterampilan dasar melakukan eksperimen, menjadi wahana belajar pendekatan ilmiah, dan penunjang materi pelajaran (Rustaman, 2003). Perlu dikembangkan sebuah solusi nyata untuk memfasilitasi kegiatan praktikum pada siswa di era pandemic ini. Penggunaan virtual laboratorium dapat menjadi salah satu solusi mengatasi kendala untuk pelaksanaan praktikum (Flowers, 2011).

Virtual laboratory diartikan sebagai simulasi computer untuk mempraktikum kegiatan praktikum nyata di laboratorium (Babateen, 2011). Pengertian ini diperkuat oleh Woodfield (2005) yang menyatakan bahwa laboratorium virtual mensimulasikan lingkungan dan proses laboratorium nyata sebagai lingkungan belajar di mana siswa mengubah pengetahuan teoretis mereka menjadi pengetahuan praktis melalui kegiatan eksperimen. Dapat disimpulkan bahwa laboratorium virtual merupakan program simulasi komputer yang dirancang seperti lingkungan laboratorium nyata untuk mempraktikkan suatu konsep materi pembelajaran.

Dalam penelitian awal yang dilakukan Aripin & Suryaningsih (2020) mengemukakan bahwa penggunaan praktikum virtual berbasis BTEM efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada konsep bakteri, namun salah satu kendala yang dihadapi dalam penelitian tersebut adalah platform aplikasi yang digunakan masih dalam bentuk PC sementara kebanyakan siswa hanya memiliki perangkat smartphone sehingga perlu dikembangkan aplikasi virtual laboratory berbasis BTEM yang lebih efektif dan menjangkau semua siswa, sehingga penelitian ini berupaya melakukan perbaikan terhadap penelitian sebelumnya dengan mengembangkan aplikasi virtual laboratory dalam bentuk Android. Aplikasi BTEM yang digunakan dalam penelitian ini sudah merupakan hasil pengembangan penelitian sebelumnya dan sudah diuji penggunaannya dengan hasil layak (Aripin & Suryaningsih, 2021). Penggunaan virtual laboratory berbentuk platform Android lebih efektif dalam meningkatkan penguasaan konsep (Arista & Kuswanto, 2018; Suryaningsih et al., 2020).

Secara praktis virtual laboratory berbasis Android memiliki banyak manfaat seperti mengurangi dana infrastruktur laboratorium, aman dari zat atau bahan berbahaya, dapat digunakan pada jarak dan ruang waktu yang lebih luas (Jong and Joolingen, 1998); (Sypsas & Kalles, 2018). Laboratorium virtual biologi berbasis BTEM yang dikembangkan berbasis Android dengan harapan semua siswa telah dapat menggunakannya melalui perangkat smartphone. BTEM merupakan bagian dari *New Biology for 21st* yang mengintegrasikan lintas interdisiplin ilmu yang berbeda seperti teknik, ilmu komputer, fisika, kimia dan matematika (NRC, 2009; Zubaidah, 2019). Laboratorium virtual biologi BTEM berbasis Android diharapkan akan mampu memfasilitasi pengembangan keterampilan dalam bidang ilmu biologi, teknologi, teknik dan matematika sehingga dapat merangsang pemahaman konsep dan berpikir tingkat tinggi melalui kegiatan simulasi praktikum yang disajikan serta keterampilan proses sains.

Salah satu materi kajian biologi SMA yang cukup sulit untuk dilakukan praktikum secara langsung adalah konsep bakteri khususnya terkait dengan proses penghitungan koloni bakteri dan pewarnaan bakteri (Dewi & Prasetyo, 2015), hal ini karena peralatan yang digunakan untuk praktikum tersebut tidak semua sekolah memilikikinya. Konsep eubacteria (bakteri) kurang dieksploitasi dalam pembelajaran padahal implementasi produk yang dihasilkan dalam pembelajaran materi tersebut dapat dijadikan sebagai produk yang dapat di desiminasikan ke masyarakat luas (Andry Setyawati et al., 2018). Melalui simulasi virtual laboratorium dapat mempermudah mempraktikkan konsep tersebut. Kegiatan praktikum memiliki relevansi dengan keterampilan proses sains dimana praktikum menjadi salah satu wahana untuk mengembangkan keterampilan proses sains peserta didik (Suryaningsih, 2017). Permendikbud No. 21 Tahun 2016 menyebutkan bahwa kompetensi siswa pada mata pelajaran biologi SMA adalah siswa mampu menerapkan proses dan kerja ilmiah laboratorium biologi dalam pengamatan dan percobaan untuk memahami permasalahan biologi pada berbagai objek dan bioproses, serta mengaitkan biologi dengan lingkungan, teknologi, dan masyarakat di abad XXI (Permendikbud No. 21 Tahun 2016). Secara tersurat keterampilan proses sains merupakan salah satu keterampilan yang harus dikuasai siswa, namun dalam kenyataannya pembelajaran biologi di sekolah terkadang kurang membekalkan keterampilan proses tersebut.

Pandemic covid-19 telah menyebabkan terjadinya pergeseran dalam pola pembelajaran menjadi berbasis online hal ini tentunya juga berpengaruh terhadap penguasaan materi pada siswa terlebih lagi terkait dengan pengembangan keterampilan proses. Keterampilan proses pada siswa selama ini banyak diajarkan guru melalui kegiatan praktikum (Suryaningsih, 2017; Yuanita, 2018; Astuti et al., 2019),

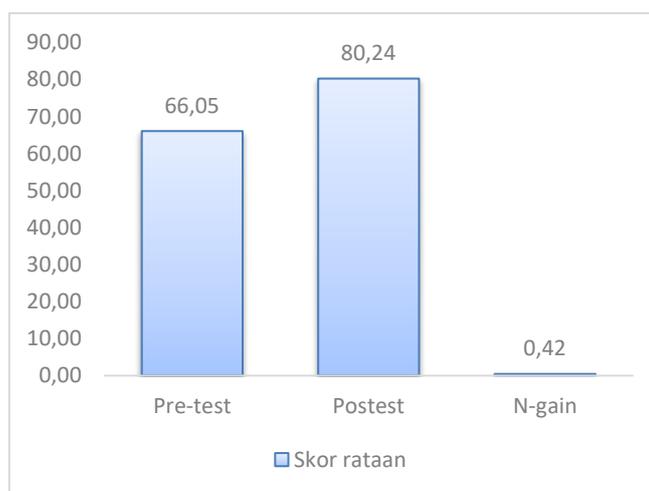
dengan bergesernya ke platform digital menyebabkan terkendalanya kegiatan praktikum sebagai sarana untuk pengembangan keterampilan proses siswa. Virtual laboratory menjadi solusi yang saat ini banyak ditawarkan dalam memfasilitasi praktikum di era pandemic covid-19 (Vasiliadou, 2020) dan juga solusi dalam pengembangan keterampilan proses sains pada siswa (Gunawan et al., 2019).

Metode

Penelitian ini menggunakan metode kuasi eksperimen dengan desain penelitian one grup pretest-posttest, sampel diambil secara purposive dengan subjek penelitian sebanyak 21 siswa sebuah MA di Kabupaten Majalengka. Aplikasi virtual laboratory BTEM yang digunakan dikembangkan menggunakan software Construct-2 kemudian dirubah menjadi aplikasi Android menggunakan software Android to APK Builder. Aplikasi virtual laboratory ini sebelumnya sudah diuji coba dan digunakan pada penelitian pada tahun 2020 dalam bentuk platform PC. Instrumen penelitian di jaring menggunakan tes dan angket dengan teknik analisis data secara deskriptif dan kuantitatif menggunakan uji t berpasangan dan uji anova dengan bantuan aplikasi SPSS 25.

Hasil dan Pembahasan

Data penelitian penguasaan konsep siswa dalam penelitian ini di jaring menggunakan tes pilihan ganda dengan jumlah soal sebanyak 20 soal jumlah subjek penelitian sebanyak 21 siswa. Berdasarkan rekapitulasi hasil tes penguasaan konsep siswa diketahui bahwa rata-rata skor pretest dan posttest siswa mengalami peningkatan dengan kategori n-gain sedang. Selengkapnya disajikan pada gambar berikut.



Gambar 1. Histogram Tes Penguasaan Konsep

Gambar 1 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan penguasaan konsep siswa dengan perolehan n-gain sebesar 0.42 (sedang). Hal ini menunjukkan bahwa penguasaan konsep siswa mengalami peningkatan sebelum dan setelah penggunaan aplikasi virtual laboratory BTEM berbasis android. Konten utama virtual laboratory menyajikan materi pembelajaran, video, animasi dan praktikum virtual. Berikut sajian tampilan virtual laboratory BTEM berbasis android.



Gambar 2. Tampilan Menu Virtual Laboratory berbasis Android

Virtual laboratory BTEM berbasis android yang dikembangkan kemudian digunakan dalam penelitian. Variabel penguasaan konsep dan keterampilan proses sains (KPS) merupakan variabel yang ingin diketahui melalui penelitian ini sehingga luaran penelitian ini tidak hanya menghasilkan sebuah produk aplikasi pembelajaran yang inovatif tetapi juga memiliki tingkat efektivitas dan memiliki tingkat

kesesuaian yang tinggi bagi pengguna aplikasi tersebut khususnya dalam memfasilitasi kegiatan praktikum secara virtual. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh deskripsi data terkait penguasaan konsep, keterampilan proses sains, dan respon siswa terhadap penggunaan virtual laboratory BTEM berbasis android sebagaimana disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Tes Penguasaan Konsep Siswa

Nilai Rataan			Uji t-paired	Keterangan
Pre-test	Post-test	N-gain		
66,05	80,24	0,42	0.000	Berbeda signifikan

Tabel 1 menunjukkan rata-rata skor penguasaan konsep siswa pada materi bakteri dan hasil pengujian statistik menggunakan uji t berpasangan dan diperoleh Sig. 0.000 menunjukkan adanya perbedaan signifikan hasil tes awal (pretest) dan tes akhir (posttest) yang bermakna penguasaan konsep siswa berbeda signifikan, artinya penggunaan aplikasi virtual laboratory BTEM berbasis android efektif dalam meningkatkan penguasaan konsep siswa. Selanjutnya untuk melihat efektivitas penggunaan virtual laboratory terhadap keterampilan proses sains siswa dilakukan tes KPS berupa soal uraian terkait dengan kegiatan praktikum pada konsep bakteri, pada virtual laboratory disediakan 4 (empat) simulasi praktikum virtual, yaitu praktikum pembuatan koloni bakteri, praktikum penghitungan koloni bakteri, pengamatan bakteri dan pewarnaan bakteri, pada simulasi praktikum siswa diminta untuk menyusun rancangan kegiatan praktikum yang akan mereka lakukan selanjutnya mendemostrasikan praktikum melalui simulasi yang disajikan pada virtual laboratory. Hasil rekapitulasi tes keterampilan proses siswa dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Tes Keterampilan Proses Sains Siswa

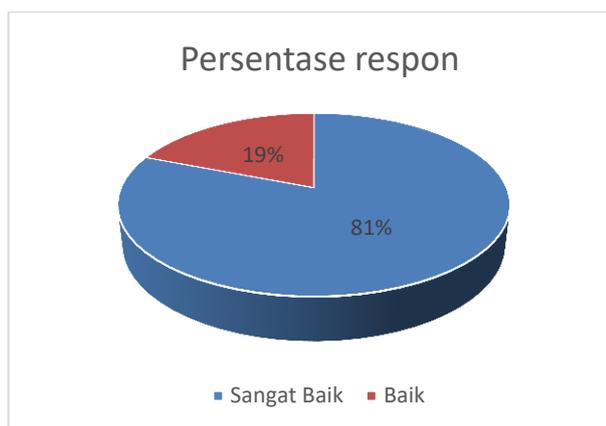
Nilai Rataan			Uji t-paired	Keterangan
Pre-test	Post-test	N-gain		
64,90	79,19	0,40	0.000	Berbeda signifikan

Data pada tabel 2 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan yang signifikan skor tes keterampilan proses siswa pada pre-test dan posttest dengan n-gain 0.40 (sedang) dan uji t berpasangan menunjukkan bahwa peningkatan tersebut signifikan. Untuk menguji kelompok siswa yang mengalami peningkatan yang paling signifikan dilakukan uji anova satu jalur terhadap data KPS siswa dan diperoleh rekapitulasi sebagaimana disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Data Antar Kelompok

Rataan N-gain Kelompok			Uji Anova Satu jalur	Keterangan
Atas	Sedang	Bawah		
0,34	0,45	0,40	0.175	Tidak berbeda signifikan

Hasil pengujian Anova satu jalur (*one ways anova*) pada tabel 3 menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan peningkatan rata-rata n-gain keterampilan proses siswa. Hal ini menunjukkan bahwa perolehan skor rata-rata n-gain keterampilan proses siswa memiliki kecenderungan yang sama artinya penggunaan virtual laboratory efektif digunakan pada semua kelompok siswa.



Gambar 2. Diagram Pie Respon Siswa

Gambar 2 memperlihatkan respon siswa terhadap implementasi virtual laboratory BTEM berbasis android dengan 81% menyatakan bahwa pelaksanaan dan aplikasi pembelajaran virtual tersebut sangat baik dan 19% menyatakan baik, dengan perolehan respon yang hampir seluruhnya menyatakan sangat baik mengandung makna bahwa penggunaan aplikasi virtual laboratory BTEM berbasis android mendapat apresiasi dari pengguna hal ini tentunya menjadi modal bagi peneliti untuk senantiasa berinovasi mengembangkan produk pembelajaran yang efektif dan memenuhi kebutuhan pembelajar khususnya di era covid-19 yang sudah dua tahun ini berlangsung.

Praktikum merupakan salah satu indikator yang ada dalam keterampilan proses sains, dimana merancang dan melakukan praktikum merupakan esensi dari keterampilan proses sains (Rustaman, 2008). Terdapat hubungan yang erat antara kegiatan praktikum dengan penguasaan konsep siswa (Astuti et al., 2019). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan praktikum secara virtual dapat meningkatkan keterampilan proses sains dengan efektivitas paling tinggi pada kelompok atas. Penggunaan virtual laboratory BTEM berbasis Android memiliki efektivitas yang baik dalam mengembangkan penguasaan konsep dan keterampilan proses sains (Gunawan et al., 2019). Virtual laboratory mampu mengembangkan pemahaman konsep sebagaimana penelitian (Arista & Kuswanto, 2018; Suryaningsih et al., 2020). Virtual laboratory juga dapat menjadi alat untuk berlatih dan meningkatkan keterampilan proses sains (Lutfi dan Hidayat, 2017). Melalui penggunaan virtual laboratory siswa dapat melakukan praktikum secara virtual di rumah melalui simulasi seperti halnya yang mereka lakukan di laboratorium (Vasiliadou, 2020) sehingga secara teknis kegiatan praktikum yang dilakukan siswa lebih praktis dan hemat biaya, waktu dan tempat. Virtual laboratory yang bersifat 3D membantu siswa memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak sehingga dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran (Muhamad et al., 2011).

Integrasi konsep BTEM dalam bentuk virtual laboratory diharapkan akan mengintegrasikan keterampilan abad 21 ke dalam kurikulum biologi dengan lebih efektif. Konsep BTEM yang dikemukakan oleh Osman et al., (2013) pada hakikatnya lebih mengedepankan pada discovery inkuiri yang bertujuan untuk menyediakan kerangka kerja untuk pengajaran penemuan penyelidikan, yang menekankan penemuan aktif pengetahuan biologi oleh siswa (Hiong & Osman, 2013). Melalui virtual laboratory berbasis BTEM akan diperoleh penyajian konsep BTEM dalam bentuk virtual yang tidak hanya praktis digunakan tetapi juga memperkaya pengembangan dalam proses belajar siswa.

Hasil penelitian ini diperoleh respon yang tinggi, yaitu 84% siswa sangat setuju dengan penggunaan virtual laboratory BTEM berbasis Android. Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran menggunakan VL menarik perhatian siswa sehingga mereka lebih termotivasi untuk belajar (de Vries & May, 2019). Menurut Deci dan Ryan, (1985) terdapat dua jenis motivasi, yaitu motivasi ekstrinsik dan intrinsik. Penggunaan VL mendorong motivasi ekstrinsik siswa sehingga motivasi ini membentuk *self-efficacy* pada peserta didik. *Self-efficacy* merupakan penilaian seseorang terhadap kemampuannya dalam

melakukan suatu tugas (Margolis & McCabe, 2006) dalam hal ini tugas yang dimaksud adalah melakukan kegiatan praktikum sebagai salah satu indikator keterampilan proses sains. Berdasarkan hasil penelitian ini penggunaan virtual laboratory memiliki peranan dalam meningkatkan penguasaan konsep dan latihan keterampilan proses sains pada siswa sehingga dapat menjadi pilihan bagi guru biologi untuk melakukan praktikum melalui virtual laboratory BTEM berbasis android.

Kesimpulan

Penggunaan virtual laboratory BTEM berbasis Android terbukti dapat meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan proses sains. Hasil pengujian secara statistic menunjukkan bahwa penguasaan konsep siswa mengalami peningkatan dengan kategori sedang, adapun hasil pengujian Anova satu jalur menunjukkan bahwa keterampilan proses siswa pada kelompok rendah, sedang dan tinggi tidak menunjukkan adanya perbedaan, artinya virtual laboratory yang digunakan efektif untuk seluruh kelompok siswa. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi guru biologi untuk menjadikan virtual laboratory sebagai alternative dalam pembelajaran biologi di era pandemic covid-19 seperti sekarang ini.

Daftar Pustaka

- Andry S., L. D., Kamil, P., & Nuryadin, E. (2018). Pengaruh Model Pembelajaran Sains Teknologi Masyarakat Terhadap keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Archaeobacteria dan Eubacteria Serta Penerapannya pada Usaha Mikro Kecil dan Menengah. *Bio Educatio*, 3(2), 279482.
- Aripin, I., & Suryaningsih, Y. (2021). The development of prototype virtual laboratory through biology, technology, engineering, and mathematics (BTEM). *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012171>
- Aripin, I., & Suryaningsih, Y. (2020). Developing BTEM-Based Virtual Biology Laboratory to Improve Students' Critical Thinking Skills on the Concept of Bacteria. *Scientiae Educatia*, 9(2), 216. <https://doi.org/10.24235/sc.educatia.v9i2.7379>
- Arista, F. S., & Kuswanto, H. (2018). Virtual physics laboratory application based on the android smartphone to improve learning independence and conceptual understanding. *International Journal of Instruction*, 11(1), 1–16. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.1111a>
- Astuti, N. W., Yolida, B., & Sikumbang, D. (2019). Hubungan Praktikum dan Keterampilan Proses Sains Terhadap Hasil Belajar Materi Ekosistem. *Jurnal Jurnal Bioterdidik*, 7(5), 54.
- Babateen, H. (2011). The role of Virtual Laboratories in Science Education. *5th International Conference on Distance Learning and Education*, 12, 100–104. <https://pdfs.semanticscholar.org/a98d/73d731659b5e9053f10b3213daeb85f630eb.pdf>
- de Vries, L. E., & May, M. (2019). Virtual laboratory simulation in the education of laboratory technicians—motivation and study intensity. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 47(3), 257–262. <https://doi.org/10.1002/bmb.21221>
- Deci, E. L., and Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Plenum.
- Dewi, E. R. S., & Prasetyo. (2015). Penerapan Media Virtual Laboratorium dalam Pembelajaran Biologi Materi Eubacteria Terhadap Hasil Belajar dan Karakter Siswa. *Bioma*, 4(1), 69–79. <https://doi.org/10.26877/bioma.v4i1>
- Flowers, L. O. (2011). Investigating the Effectiveness of Virtual Laboratories in an Undergraduate

- Biology Course. *Journal of Human Resources & Adult Learning*, 7(December), 110–116. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eue&AN=78856956&site=ehost-live>
- Gunawan, Harjono, A., Hermansyah, & Herayanti, L. (2019). Guided inquiry model through virtual laboratory to enhance students' science process skills on heat concept. *Cakrawala Pendidikan*, 38(2), 259–268. <https://doi.org/10.21831/cp.v38i2.23345>
- Hiong, L. C., & Osman, K. (2013). A conceptual framework for the integration of 21st century skills in biology education. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 6(16), 2976–2983. <https://doi.org/10.19026/rjaset.6.3681>
- Permendikbud No. 21 Tahun 2016.
- Lutfi, Achmad, dan Hidayat, R. (2017). Training Science Process Skills Using Virtual Laboratory on Learning Acid, Base, and Salt. *Journal of Chemistry Education Research*, 1(1).
- Margolis, H., & McCabe, P. P. (2006). Improving self-efficacy and motivation: What to do, what to say. *Intervention in School and Clinic*, 41(4), 218–227. <https://doi.org/10.1177/10534512060410040401>
- Muhamad, M., Zaman, H. B., & Ahmad, A. (2011). *Developing Virtual Laboratory for Biology (VLab-Bio): A Proposed Research Conceptual Framework*. July.
- NRC. (2009). *A New Biology for the 21st Century: Ensuring the United States Leads the Coming Biology Revolution*. National Academies Press. www.nap.edu/catalog.php?record_id_12764
- Osman, K., Hiong, L. C., & Vebrianto, R. (2013). 21st Century Biology: An Interdisciplinary Approach of Biology, Technology, Engineering and Mathematics Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 102(Ifee 2012), 188–194. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.732>
- Rustaman, N. (2008). Modul 1 Bekerja Ilmiah. In *Materi dan Pembelajaran IPA di SD* (p. 1.5).
- Rustaman, N. Y. et all. (2003). *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. UM Press.
- Suryaningsih, Y. (2017). Pembelajaran Berbasis Praktikum Sebagai Sarana Siswa untuk Berlatih Menerapkan Keterampilan Proses Sains dalam Materi Biologi. *Bio Educatio*, 2(2), 279492.
- Suryaningsih, Y, Gaffar, A. A., & Sugandi, M. K. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Praktikum Virtual Berbasis Android Untuk Meningkatkan Berpikir Kreatif Siswa. *BIO EDUCATIO: (The Journal of Science and Biology Education)*, 5(1), 74–82. <https://doi.org/10.31949/be.v5i1.2243>
- Sypsas, A., & Kalles, D. (2018). Virtual laboratories in biology, biotechnology and chemistry education: A literature review. *ACM International Conference Proceeding Series*, 70–75. <https://doi.org/10.1145/3291533.3291560>
- T. De Jong and W. R. Van Joolingen. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains*, 68(2), 179–201. <https://doi.org/10.3102/00346543068002179>
- Vasiliadou, R. (2020). Virtual laboratories during coronavirus (COVID-19) pandemic. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 48(5), 482–483. <https://doi.org/10.1002/bmb.21407>
- Widowati, A., Nurohman, S., & Setyowarno, D. (2017). Development of Inquiry-Based Science Virtual Laboratory for Improving Student Thinking Skill of Junior High School. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 5(2), 170–177. <https://doi.org/10.21831/jpms.v5i2.16708>

Woodfield, B. (2005). *Virtual chemlab getting started*. Pearson Education.

Yuanita. (2018). Analisis Keterampilan Proses Sains Melalui Praktikum IPA Materi Bagian-Bagian Bunga dan Biji. *Jurnal Pemikiran Dan Pengembangan SD*, 6(April), 27–35.

Zubaidah, S. (2019). Pendidikan Biologi dalam Perkembangan Revolusi Industri. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dengan Tema “Biologi Di Era Revolusi Industri 4.0: Riset Dan Pembelajaran” Di FKIP Univesitas Negeri Jakarta*, 1–22.