

## **PENERAPAN MEDIA *VIRTUAL LABORATORY* IPA KOMBINASI DEMONSTRASI UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK SMP**

**Diah Puji Lestari**

Ilmu Pendidikan, Pascasarjana, Universitas Negeri Yogyakarta  
[diahpuji.2020@student.uny.ac.id](mailto:diahpuji.2020@student.uny.ac.id)

**Herianto**

Ilmu Pendidikan, Pascasarjana, Universitas Negeri Yogyakarta  
[herianto.2020@student.uny.ac.id](mailto:herianto.2020@student.uny.ac.id)

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pembelajaran berbasis konstruktivisme menggunakan *virtual laboratory* IPA kombinasi demonstrasi dalam meningkatkan berpikir kritis peserta didik SMP. Desain dalam penelitian ini yaitu *pretest-posttest control group design*. Uji coba dilakukan pada peserta didik SMP kelas VIII yang berjumlah tiga kelas, dua kelas sebagai kelas eksperimen dan satu kelas sebagai kelas kontrol yang diambil secara acak (*cluster random sampling*) dari populasi yang homogen. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode tes soal pilihan ganda beralasan untuk mengukur kemampuan berpikir kritis peserta didik SMP. Data *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan ANOVA satu jalur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis konstruktivisme menggunakan *virtual laboratory* IPA kombinasi demonstrasi berdampak positif terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik SMP dengan nilai signifikansi  $<0,05$ . Sedangkan peserta didik yang menggunakan *virtual laboratory* IPA saja dan demonstrasi saja tidak mengalami peningkatan kemampuan berpikir kritis yang signifikan.

**Kata Kunci:** Konstruktivisme, *Virtual laboratory* IPA, Demonstrasi, Kemampuan berpikir kritis.

### **Abstract**

This study aims to determine constructivism-based learning using a science virtual laboratory combination with demonstration to improve the critical thinking skills of junior high school students. The design in this study is the *pretest-posttest control group design*. The trial was conducted on students of SMP class VIII, which consisted of three classes, two classes as the experimental class and one class as the control class which were taken randomly (*cluster random sampling*) from a homogeneous population. The data collection technique used in this research is the multiple choice test method with reasoned questions to measure the critical thinking skills of junior high school students. The *pretest* and *posttest* data were analyzed using one-way ANOVA. The results showed that constructivism-based learning using a virtual laboratory science demonstration combination had a positive impact on the critical thinking skills of junior high school students with a significance value of  $<0.05$ . Meanwhile, students who only used the science virtual laboratory and demonstrations did not experience a significant increase in critical thinking skills.

**Keywords:** Constructivism, Science virtual laboratory, Demonstration, Critical thinking skills.

### **PENDAHULUAN**

Abad 21 ditandai dengan perkembangan teknologi yang begitu cepat dan berpengaruh terhadap proses pembelajaran. Salah satu pengaruhnya yaitu dalam pembelajaran IPA. Perubahan teknologi tersebut mempengaruhi penggunaan laboratorium sebagai bagian integral dari pembelajaran IPA (Nggadas, 2019). Hasil penelitian Palomares-Ruiz et al. (2020) menunjukkan bahwa transformasi metodologi pembelajaran IPA dengan menggunakan teknologi membuat pembelajaran IPA menjadi lebih visual, intuitif, dan kolaboratif, dengan keterlibatan peserta didik yang lebih besar.

Pembelajaran IPA merupakan proses belajar mengajar yang bersifat kompleks dan abstrak.

Pembelajaran IPA di SMP menekankan pada pemberian pengalaman langsung baik di alam maupun kegiatan di laboratorium untuk mengembangkan kompetensi peserta didik. Salah satunya kegiatan praktikum di laboratorium yang dapat memberi peluang positif bagi peserta didik untuk mendapatkan ilmu pengetahuan yang lebih bermakna (Jong et al., 2013). Faktanya, praktikum IPA jarang diterapkan dengan alasan khusus seperti kurangnya fasilitas infrastruktur dan ruang laboratorium. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Nggadas (2019) dimana pemanfaatan laboratorium belum optimal dan terjadi pergeseran fungsi laboratorium menjadi ruang kelas ataupun gudang.

Kegiatan laboratorium dan konstruktivisme merupakan dua gagasan yang telah memainkan peran

penting dalam pembelajaran IPA. Konstruktivisme menekankan bagaimana individu secara aktif membangun pengetahuan dan pemahaman (Santrock, 2011). Melalui pembelajaran konstruktivisme, peserta didik terlebih dahulu dihadapkan pada proses membangun atau menyusun pengetahuan baru, kemudian mereka diarahkan untuk menemukan konsep dasar materi. Selanjutnya guru mengarahkan peserta didik untuk menganalisis hasil temuan mereka melalui pertanyaan-pertanyaan dan diselesaikan dalam kelompok belajar. Sehingga, setiap lingkungan belajar konstruktivis harus memberikan kesempatan untuk belajar aktif (Olusegun, 2015). Salah satu lingkungan belajar yang membuat aktif peserta didik dalam kegiatan praktikum di laboratorium.

Penelitian yang dilakukan oleh Widodo, Maria, & Fitriani (2017) menunjukkan bahwa hasil yang tidak konsisten tentang efektivitas kegiatan laboratorium. Hal ini dikarenakan terdapat kekurangan dari kegiatan laboratorium yaitu biaya yang mahal dan membutuhkan waktu yang lebih lama, sehingga ada upaya untuk memperkenalkan kegiatan *virtual laboratory*. Hal ini didukung oleh Lestari & Supahar (2020) yang menunjukkan bahwa 94,3% peserta didik membutuhkan media *virtual laboratory* sebagai media pembelajaran penunjang praktikum.

Menurut Supahar & Widodo (2020) untuk mengoptimalkan laboratorium nyata sebagai pengembangan ilmu praktik, harus didukung oleh model laboratorium yang didasarkan pada sistem instrumen virtual (Lab-Vis). *Virtual laboratory* merupakan metode simulasi yang dapat digunakan sebagai alternatif pembelajaran seperti pembelajaran *online*, serta pembelajaran untuk sekolah yang kurang memadai ketersediaan alat dan bahan untuk praktikum (Oser & Fraser, 2015). *Virtual laboratory* memiliki kelebihan yaitu mampu meningkatkan kinerja konseptual dan penyelidikan (Chien et al., 2015), meningkatkan kompetensi peserta didik dalam hal kognitif (*mind-on*), dan psikomotor (Jaya, 2013). Kelebihan dari *virtual laboratory* dapat menjadi solusi alternatif terhadap permasalahan-permasalahan di sekolah. Hal ini menunjukkan bahwa sekalipun praktikum virtual memberikan banyak kesempatan kepada peserta didik untuk bereksplorasi, namun interaksi langsung dengan objek asli tetap dibutuhkan. Penelitian yang dilakukan oleh Toth, Ludovico, & Morrow (2014) menyatakan bahwa penggunaan *virtual lab* dikombinasi dengan *hand on laboratory* atau praktikum langsung dapat meningkatkan konsep pengetahuan peserta didik. Salah satunya adalah kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Kemampuan berpikir kritis sangat penting untuk diterapkan, untuk tidak hanya menghafal teori saja, tetapi peserta didik harus bisa menganalisis dan memahami maknanya serta memperoleh keterampilan yang dapat bermanfaat untuk kehidupannya di lingkungan masyarakat (Satwika et al., 2018). Kemampuan berpikir kritis menjadi sangat penting untuk dimiliki oleh peserta didik, namun berbagai hasil penelitian di Indonesia menunjukkan masih rendahnya kemampuan berpikir kritis peserta didik SMP. Penelitian

yang dilakukan oleh Normaya (2015) menyatakan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik SMP masih rendah. Hal ini disebabkan penerapan pembelajaran di sekolah masih didominasi oleh guru sehingga kurang melatih kemampuan berpikir kritis pada peserta didik. Penelitian yang dilakukan oleh Arti & Ikhsan (2020) pada salah satu SMP di Bantul, DIY diperoleh profil keterampilan berpikir kritis peserta didik masih rendah (53,85%). Penelitian yang dilakukan oleh Elisanti, Sajidan, & Prayitno (2017) menunjukkan bahwa peserta didik masih memiliki kemampuan berpikir kritis yang rendah salah satunya pada aspek membuat kesimpulan.

Penggunaan TIK dalam pembelajaran dapat membantu peserta didik untuk beradaptasi dengan masyarakat dan memperoleh keterampilan abad kedua puluh satu yaitu salah satunya kemampuan berpikir kritis (Haji et al., 2017). Kegiatan pembelajaran dengan bantuan media *virtual laboratory* dapat menjadi alternatif pilihan yang mampu memberikan pengalaman belajar dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Rasyida et al., 2015). Kemampuan berpikir kritis penting untuk perkembangan peserta didik dan menjadi tujuan dalam kurikulum pendidikan di seluruh dunia (Dökmecioglu et al., 2020).

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan, artikel ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pembelajaran konstruktivisme menggunakan *virtual laboratory* IPA kombinasi dengan demonstrasi untuk meningkatkan berpikir kritis peserta didik SMP.

## METODE

Penelitian ini dilakukan di SMP Negeri di kota Yogyakarta, Indonesia, pada tahun ajaran 2019/2020. Responden penelitian ini adalah 102 peserta didik SMP pada mata pelajaran IPA semester I tahun ajaran 2019/2020. Kelompok eksperimen 1, 2 dan kontrol masing-masing terdiri dari 34 peserta didik. Penelitian ini menggunakan desain *pre-test-post-test control group design* untuk membandingkan pengaruh pembelajaran konstruktivisme menggunakan *virtual laboratory* IPA kombinasi demonstrasi, *virtual laboratory* IPA saja, dan demonstrasi saja dalam meningkatkan berpikir kritis peserta didik. Desain eksperimental penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain Penelitian

<i>Kelas</i>	<i>Pretest</i>	<i>Perlakuan</i>	<i>Posttest</i>
Kontrol	O1	X <sub>1</sub>	O2
Eksperimen 1	O3	X <sub>2</sub>	O4
Eksperimen 2	O5	X <sub>3</sub>	O6

Keterangan:

X<sub>1</sub> = Pembelajaran dengan demonstrasi

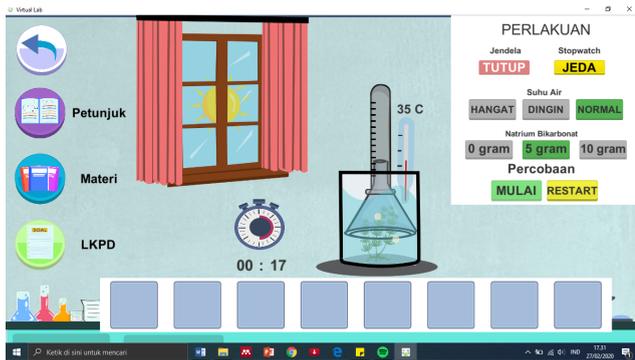
X<sub>2</sub> = Pembelajaran dengan media *virtual laboratory* IPA kombinasi demonstrasi

X<sub>3</sub> = Pembelajaran dengan media *virtual laboratory* IPA

O1, O3, O5 = *Pretest* kemampuan berpikir kritis

O2, O4, O6 = *Posttest* kemampuan berpikir kritis

*Virtual laboratory* IPA yang dimaksud dalam penelitian ini adalah media pembelajaran interaktif yang berisi teks, gambar, animasi, simulasi, dan video, yang digunakan untuk menyajikan materi IPA, dan dilengkapi dengan kuis. *Virtual laboratory* IPA yang dikembangkan menggunakan *software Unity 3D* dan dapat dibuka melalui laptop atau komputer secara *offline*. Contoh *Virtual laboratory* IPA yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan simulasi percobaan *virtual laboratory* IPA

Pengukuran kemampuan berpikir kritis peserta didik diukur menggunakan tes soal pilihan ganda beralasan. Data hasil pengukuran kemampuan berpikir kritis peserta didik dianalisis menggunakan uji ANOVA satu jalur untuk melihat perbedaan, dan perubahan nilai *pretest* dan *posttest* tiap kelompok. Namun sebelum uji ANOVA dilakukan uji Shapiro-Wilk dan Levene untuk menguji asumsi normalitas dan homogenitas terlebih dahulu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji normalitas *Shapiro Wilk Test* penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji normalitas

Test	Group	Statistik	df	Sig.
Pretest	Kontrol	,947	34	,098
	Eksperimen 1	,948	34	,111
	Eksperimen 2	,962	34	,285
Posttest	Kontrol	,972	34	,508
	Eksperimen 1	,956	34	,189
	Eksperimen 2	,979	34	,733

Berdasarkan uji normalitas diketahui bahwa data *pretest* dan *posttest* pada semua kelompok menunjukkan berdistribusi normal, nilai signifikansi

semuanya lebih besar dari 0,05. Hal ini untuk menilai kesamaan sebaran data pada sebuah kelompok data atau variabel. Kemudian hasil uji homogenitas penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji homogenitas

Test	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Pretest	2,947	2	99	0,057
Posttest	2,835	2	99	0,064

Berdasarkan hasil uji homogenitas diperoleh bahwa data *pretest* dan *posttest* berpikir kritis setiap kelompok menunjukkan varian data yang homogen karena nilai signifikansinya lebih besar dari 0,05 yaitu sebesar 0,057 dan 0,64. Hal ini menunjukkan kesamaan dalam unit analisis yang diteliti.

Uji ANOVA satu jalur pada nilai *pretest* dapat dilihat pada Tabel 4. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan perbedaan *pretest* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Tabel 4. Hasil uji ANOVA satu jalur nilai *pretest*

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6,725	2	3,363	0,082	0,921
Within Groups	4051,588	99	40,925		
Total	4058,314	101			

Berdasarkan output ANOVA diatas, diketahui bahwa nilai sig. yang diperoleh sebesar 0,921 > 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata *pretest* ketiga kelompok sama secara signifikan. Uji ANOVA satu jalur pada nilai *posttest* dapat dilihat pada Tabel 4. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan perbedaan *posttest* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Tabel 4. Hasil uji ANOVA satu jalur nilai *posttest*

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1444,294	2	722,147	16,822	,000
Within Groups	4250,029	99	42,930		
Total	5694,324	101			

Berdasarkan output ANOVA diatas, diketahui bahwa nilai sig. yang diperoleh sebesar 0,000 < 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata

posttest ketiga kelompok berbeda secara signifikan. Selanjutnya untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda dilanjutkan dengan uji Post Hoc, yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. *Multiple Comparisons pads Uji Post Hoc tipe Bonferroni* pada posttest kemampuan berpikir kritis

(I) Group	(J) Group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
Kontrol	Eksperimen 1	-9,206*	1,589	,000
	Eksperimen 2	-4,206*	1,589	,025
Eksperimen 1	Kontrol	9,206*	1,589	,000
	Eksperimen 2	5,000*	1,589	,006
Eksperimen 2	Kontrol	4,206*	1,589	,025
	Eksperimen 1	-5,000*	1,589	,006

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh bahwa kemampuan berpikir kritis kelas eksperimen 1 berbeda signifikan kelas kontrol (MD=-9,206;  $p < 0,05$ ), sedangkan kelas eksperimen 1 dengan eksperimen 2 tidak berbeda secara signifikan (MD=5,000;  $p > 0,05$ ). Hal ini menunjukkan kelas eksperimen 1 yaitu penggunaan *virtual laboratory* IPA dengan demonstrasi lebih tinggi pengaruhnya terhadap kemampuan berpikir kritis dibandingkan dengan kelas kontrol.

Penggunaan *virtual laboratory* IPA memberi keuntungan bagi peserta didik yaitu memiliki kepraktisan dalam menerima konsep dasar materi yang diajarkan kemudian dilanjutkan dengan praktik langsung membuat peserta didik mendapatkan pemahaman yang lebih dalam dan lebih kompleks (Toth et al., 2014). *Virtual laboratory* juga dianggap lebih cocok digunakan sebagai suplemen dari praktikum langsung, bukan sebagai pengganti praktikum langsung (Burkett & Smith, 2016).

Selain itu metode pengajaran virtual digabungkan dengan metode tradisional, metode ini meningkatkan pembelajaran peserta didik yang efektif (Paxinou et al., 2020). Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Kapici, Akcay, & de Jong (2019) bahwa penggunaan *virtual laboratory* bersamaan dengan praktikum langsung secara bersamaan dapat meningkatkan pengetahuan peserta didik dibandingkan dengan menggunakan satu jenis praktikum saja.

Penggunaan praktikum secara virtual memberi keuntungan yaitu dapat mengefisienkan waktu (Jong et al., 2013). Animasi, video, dan gambar pada *virtual laboratory* dapat meningkatkan minat dan

keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran (Al Neyadi, 2019). *Virtual laboratory* juga memiliki banyak keunggulan, diantaranya dapat meningkatkan kemampuan peserta didik terhadap materi yang diajarkan, peserta didik berpikir kritis terhadap masalah yang dihadapi, dan dapat mengembangkan keterampilan peserta didik dalam penggunaan ICT (Yanti et al., 2019).

Selain memiliki kelebihan, *virtual laboratory* IPA juga memiliki kekurangan diantaranya yaitu mengurangi interaksi langsung antara peserta didik satu sama lain, dan antara peserta didik dan guru, mengingat komunikasi di antara mereka sebagian besar waktu dilakukan secara elektronik. Selain itu *virtual laboratory* penggunaannya masih hanya sebatas simulasi pada pembelajaran saja (Chyntia et al., 2022).

Jadi pada dasarnya pemanfaatan *virtual laboratory* IPA bukanlah untuk menggantikan peran laboratorium sebenarnya, tetapi *virtual laboratory* IPA digunakan sebagai penunjang dan pelengkap atas minimnya peralatan laboratorium yang ada di sekolah.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran yang menggunakan media *virtual laboratory* IPA kombinasi dengan demonstrasi dapat meningkatkan lingkungan belajar menjadi lebih konstruktivis. Penggunaan *virtual laboratory* IPA dikombinasi dengan demonstrasi juga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan *virtual laboratory* IPA saja maupun demonstrasi saja.

### Saran

Untuk penelitian selanjutnya, penelitian ini menyarankan peneliti harus fokus untuk menemukan kombinasi terbaik dari aktivitas pembelajaran menggunakan *virtual laboratory* IPA dan demonstrasi, serta bagaimana keduanya tersebut dapat memfasilitasi pembelajaran peserta didik terhadap perubahan dan perkembangan konseptual peserta didik. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk membuat media *virtual laboratory* IPA untuk dibuat secara online sehingga peserta didik dapat mengakses kapan saja dan dimana saja, agar dapat digunakan secara mandiri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alneyadi, S. S. (2019). *Virtual lab implementation in science literacy: Emirati science teachers' perspectives*. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/109285>
- Arti, Y., & Ikhsan, J. (2020). The profile of junior high school students' critical thinking skills and concept mastery level in local wisdom based on outdoor learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012105>
- Burkett, V. C., & Smith, C. (2016). Simulated vs. hands-on laboratory position paper. *Electronic Journal of Science Education*, 20(9), 8–24. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1188061&site=ehost-live&scope=site>
- Chien, K. P., Tsai, C. Y., Chen, H. L., Chang, W. H., & Chen, S. (2015). Learning differences and eye fixation patterns in virtual and physical science laboratories. *Computers and Education*, 82(2015), 191–201. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.11.023>
- Chyntia, C., Novalina, Gu, M., & Faradiba, F. (2022). Efektivitas penggunaan virtual laboratory terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik SMA di era new normal. *EduMatSains: Jurnal Pendidikan, Matematika Dan Sains*, 6(2), 257–266. <https://doi.org/10.33541/edumatsains.v6i2.3339>
- Dökmecioğlu, B., Tas, Y., & Yerdelen, S. (2020). Predicting students' critical thinking dispositions in science through their perceptions of constructivist learning environments and metacognitive self-regulation strategies: a mediation analysis. *Educational Studies ISSN:*, 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/03055698.2020.1833838> Predicting
- Elisanti, E., Sajidan, S., & Prayitno, B. A. (2017). The profile of critical thinking skill students in XI grade of senior high school. *First International Conference on Science, Mathematics, and Education*, 218(1), 205–209. <https://doi.org/10.2991/icomse-17.2018.36>
- Haji, S. A., Molua Yonge, G. E., & Park, I. (2017). Teachers' use of information and communications technology in education: Cameroon secondary schools perspectives. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2017(November Special Issue IETC), 671–679.
- Jaya, H. (2013). Virtual-based digital electronics practicum media design. *Inspiration: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.35585/inspir.v3i1.26>
- Jong, de T., Linn, M., & Zacaria, C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(4), 305–308. <https://doi.org/DOI:10.1126/science.1230579>
- Kapici, H. O., Akcay, H., & de Jong, T. (2019). Using hands-on and virtual laboratories alone or together—which works better for acquiring knowledge and skills? *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 231–250. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9762-0>
- Lestari, D. P., & Supahar. (2020). Students and teachers' necessity toward virtual laboratory as an instructional media of 21st century science learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440(2020), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012091>
- Nggadas, D. (2019). Penguasaan konsep fisika peserta didik dalam pembelajaran berbasis teknologi informasi komunikasi dan eksperimen laboratorium. *Jurnal Pendidikan*, 04(02), 23–29.
- Normaya, K. (2015). Kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam Pembelajaran dalam pembelajaran matematika dengan menggunakan model jucama di sekolah menengah pertama. *EDU-MAT: Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(1), 92–104. <https://doi.org/10.20527/edumat.v3i1.634>
- Olusegun, S. (2015). Constructivism learning theory: A paradigm for teaching and learning. *IOSR Journal of Research & Method in Education Ver. I*, 5(6), 2320–7388. <https://doi.org/10.9790/7388-05616670>
- Oser, R., & Fraser, B. J. (2015). Effectiveness of virtual laboratories in terms of learning environment, attitudes and achievement among high-school genetics students. *Curriculum and Teaching*, 30(2), 65–80. <https://doi.org/10.7459/ct/30.2.05>
- Palomares-Ruiz, A., Cebrián, A., López-Parra, E., & García-Toledano, E. (2020). ICT integration into science education and its relationship to the digital gender gap. *Sustainability*, 12(13). <https://doi.org/10.3390/su12135286>
- Paxinou, E., Panagiotakopoulos, C. T., Karatrantou, A., Kalles, D., & Sgourou, A. (2020). Implementation and evaluation of a three-dimensional virtual reality biology lab versus conventional didactic practices in a lab experimenting with the photonic microscope. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 48(1), 21–27. <https://doi.org/10.1002/bmb.21307>
- Rasyida, N., Tapilouw, F., & Priyandoko, D. (2015). Efektivitas pengembangan praktikum virtual untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan sikap ilmiah peserta didik SMA pada konsep metagenesis tumbuhan lumut dan paku. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi 2015*, 4(2007), 339–345. <https://pdfs.semanticscholar.org/cf3e/10ea7e9268c0>

9ac06fa9035b30bdc139161f.pdf

- Santrock, J. W. (2011). *Educational psychology; 6th edition*. MCGraw Hill Education.
- Satwika, Y. W., Laksmiwati, H., & Khoirunnisa, R. N. (2018). Penerapan model problem based learning untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahapeserta didik. *Jurnal Pendidikan (Teori Dan Praktik)*, 3(1), 7. <https://doi.org/10.26740/jp.v3n1.p7-12>
- Supahar, & Widodo, E. (2020). The feasibility test on laboratory based on virtual instrument systems as nature of science learning media. *International Conference on Educational Research and Innovation (ICERI 2019)*, 401, 213–221. <https://doi.org/https://doi.org/10.2991/assehr.k.200204.040>
- Toth, E. E., Ludvico, L. R., & Morrow, B. L. (2014). Blended inquiry with hands-on and virtual laboratories: the role of perceptual features during knowledge construction. *Interactive Learning Environments*, 22(5), 614–630. <https://doi.org/10.1080/10494820.2012.693102>
- Widodo, A., Maria, R. A., & Fitriani, A. (2017). Constructivist Learning Environment During Virtual and Real Laboratory Activities. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 9(1), 11. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v9i1.7959>
- Yanti, Y., Masril, Hidayati, & Darvina, Y. (2019). Pengaruh penerapan LKS virtual laboratory dalam pembelajaran konstruktivisme terhadap pencapaian kompetensi fisika peserta didik kelas XI SMAN 15 Padang. *Pillar of Physics Education*, 12(1), 153–160.