

THE EFFECT OF USING PROTEUS SOFTWARE AS A VIRTUAL LABORATORY ON STUDENT LEARNING OUTCOMES

Bakti Dwi Waluyo¹, Salman Bintang², Sapitri Januariyansah³

^{1,2,3}Universitas Negeri Medan, Indonesia

bakti_dw@unimed.ac.id¹, salmanbintang@unimed.ac.id², sapitrijanuariyansah@unimed.ac.id³

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima : 27-02-2021
Direvisi : 27-03-2021
Disetujui : 27-03-2021
Online : 14-04-2021

Kata Kunci:

Laboratorium Virtual;
Software Proteus;
Elektronika Dasar;
Hasil Belajar.

Keywords:

Virtual Laboratory;
Proteus Software;
Basic Electronics;
Learning Outcomes.



ABSTRAK

Abstrak: Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur dan mengetahui pengaruh penggunaan software proteus sebagai laboratorium virtual pada mata pelajaran elektronika dasar. Objek pada penelitian ini berjumlah 32 mahasiswa di kelas eksperimen dan 32 mahasiswa di kelas kontrol. Metode penelitian yang diaplikasikan adalah quasi eksperimental dengan tipe non-equivalent control group. Dalam teknik analisis data, uji-t digunakan untuk mengetahui perbedaan hasil belajar mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai hasil belajar di kelas dengan menggunakan laboratorium virtual rata-rata adalah 73,5, standar deviasi 9,66, dan tingkat tren nilai tertinggi 18,75%. Sedangkan nilai kelas yang tidak menggunakan laboratorium virtual rata-rata adalah 67,84, standar deviasi 10,00, dan tingkat tren nilai tertinggi 6,25%. Hasil uji-t hasil belajar mata pelajaran elektronika dasar diperoleh $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($2,3 > 1,999$) yang artinya penggunaan laboratorium virtual berdampak positif atau meningkatkan hasil belajar mahasiswa pada mata pelajaran elektronika dasar. Penggunaan software proteus sebagai laboratorium virtual dapat menjadi solusi alternatif atas keterbatasan peralatan dan bahan untuk praktikum.

Abstract: This study aimed to measure and determine the effect of using Proteus software as a virtual laboratory on basic electronics subjects. Object The population in this study was 32 students in the experimental class and 32 students in the control class. The research method applied was quasi-experimental with the type of non-equivalent control group. In data analysis techniques, the t-test is used to determine differences in student learning outcomes. The results showed that the mean value of learning outcomes in class using virtual laboratories was 73.5, the standard deviation was 9.66, and the highest trend level was 18.75%. Meanwhile, the average score for the class that did not use virtual laboratories was 67.84, the standard deviation was 10.00, and the highest trend level was 6.25%. The t-test learning outcomes of basic electronics subjects obtained $t_{count} > t_{table}$ ($2,3 > 1,999$), which means that virtual laboratories have a positive or increased impact on student learning outcomes in basic electronics subjects. The use of proteus software as a virtual laboratory can be an alternative solution to the practicum's limited equipment and materials.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. LATAR BELAKANG

Laboratorium sebagai tempat praktikum merupakan ujung tombak dalam meningkatkan kompetensi yang dimiliki mahasiswa (Rachmawati et al., 2014). Jurusan dalam bidang teknologi dan ilmu sains pada suatu institusi pendidikan harus memiliki sarana dan prasarana pendidikan khususnya laboratorium. Dimana laboratorium

merupakan wadah dalam proses pendidikan berbasis aplikasi ataupun eksperimental yang didalamnya memuat berbagai perlengkapan praktikum, komponen, alat ukur, ataupun bahan yang lain untuk menunjang keberhasilan tujuan belajar (Fuada & Wibowo, 2016).

Pengelolaan pendidikan terutama kaitannya dengan laboratorium indentik dengan persoalan-persoalan yang seringkali cukup pelik (Potkonjak et

al., 2016). Permasalahan sumber daya (alat dan bahan) sering kali menjadi kendala dalam pengelolaan jalannya pendidikan di laboratorium (Klentien & Wannasawade, 2016). Idealnya seorang mahasiswa harus mendapatkan fasilitas yang memadai dalam melakukan praktikum, namun seringkali keterbatasan sumber daya menjadikan mahasiswa harus bergantian dalam melakukan praktikum di laboratorium dengan waktu yang terbatas (Abdul et al., 2019)(Sriadhi et al., 2020).

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan pada Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Medan, bahwa dalam proses melakukan praktikum elektronika dasar masih menggunakan laboratorium tradisional. Salah satu kendala yang dihadapi oleh laboratorium elektronika di jurusan pendidikan teknik elektro adalah keterbatasan peralatan dan bahan untuk praktikum. Beberapa penelitian telah dilakukan yang berkaitan dengan upaya mengatasi kendala yang dihadapi oleh laboratorium tradisional, diantaranya adalah efektivitas pembelajaran melalui praktek pengembangan simulasi kontrol industri sederhana menggunakan software proteus dan LabView (Artanto et al., 2020). Penelitian selanjutnya adalah pengaruh metode program simulasi terhadap hasil belajar siswa pada mata pelajaran sistem mikrokontroler (Edidas, 2019). Selanjutnya adalah penggunaan proteus sebagai model simulasi dalam percobaan elektronika digital (Firdaus et al., 2020). Kemudian membuat modul pengajaran dengan bantuan software proteus untuk meningkatkan keterampilan siswa (Kholis et al., 2018). Bersumber pada penelitian-penelitian yang sudah dilakukan, bisa disimpulkan bahwa salah satu cara pemecahan masalah supaya pembelajaran senantiasa bisa dialami oleh mahasiswa ataupun selaku alternatif praktikum nyata merupakan dengan metode melakukan aktivitas praktikum secara virtual (Rizal et al., 2018) (Maryuningsih et al., 2019) (Hikmah et al., 2017).

Laboratorium virtual merupakan pengembangan dari teknologi komputer yaitu suatu bentuk objek multimedia interaktif yang dapat mensimulasikan percobaan di laboratorium virtual seperti di laboratorium nyata (Lestari & Supahar, 2020). Dengan laboratorium virtual mahasiswa mempunyai kesempatan untuk mengulangi percobaan beberapa kali, efisien, hemat, dan melindungi mahasiswa dari

bahaya yang dapat muncul apabila melakukan percobaan nyata (Stahre Wästberg et al., 2019) (Latifah et al., 2019). Penggunaan laboratorium virtual sebagai pengganti kegiatan praktikum nyata juga dapat meningkatkan minat dan hasil belajar mahasiswa (Tüysüz, 2010), karena dapat membuat isi pengajaran menjadi sederhana dan intuitif sehingga memotivasi mahasiswa untuk lebih banyak melakukan praktik (González et al., 2019) (Triatmaja & Khairudin, 2018) (Naukkarinen & Sainio, 2018).

Laboratorium virtual alternatif untuk mata pelajaran elektronik dasar adalah dengan menggunakan perangkat lunak proteus. Perangkat lunak proteus adalah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk merancang dan mensimulasikan skema rangkaian elektronik analog dan digital. Library proteus dapat dikatakan lengkap, mulai dari komponen elektronika pasif, transistor, FET, SCR, jenis-jenis saklar, jenis-jenis tombol, IC penguat, IC digital, IC yang dapat diprogram (mikrokontroler), dan IC memori. Selain didukung oleh alat ukur yang lengkap seperti *amperemeter*, *voltmeter*, *signal analyzer*, osiloskop, dan frekuensi generator (Labcenter Electronics, 2012).

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan, penelitian ini menerapkan *software* proteus sebagai laboratorium virtual. *Software* proteus digunakan sebagai salah satu alternatif untuk menolong mahasiswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum seperti halnya di laboratorium nyata. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *software* proteus terhadap hasil belajar mahasiswa.

B. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diaplikasikan adalah *quasi eksperimental* dengan tipe *non-equivalent control group* (Shadish & Luellen, 2005), dan desain penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Desain ini hampir sama dengan desain *Pretest-Posttest control group design* (Gunawan et al., 2018) (Hermansyah et al., 2019), namun kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen tidak dipilih secara acak. Penelitian ini dilakukan di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro dengan sampel seluruh mahasiswa semester pertama tahun ajaran 2020/2021. Dimana kelas dibagi menjadi dua, kelas A sebagai kelas eksperimen dan kelas B sebagai kelas kontrol.

Tabel 1. Non-equivalent control group design (Sukisna & Suparwoto, 2020)

Kelas	Pre-Test	Perlakuan	Post-Test
Eksperimen	O ₁	X ₁	Z ₁
Kontrol	O ₂	X ₂	Z ₂

Berdasarkan Tabel 1 bahwa O₁ adalah hasil pengukuran tes awal (*pre-test*) pada kelas eksperimen. O₂ adalah hasil pengukuran tes awal (*pre-test*) pada kelas kontrol. X₁ adalah kelas yang mendapat perlakuan dengan menggunakan media *software proteus* (kelas eksperimen); dan X₂ adalah kelas yang tidak menggunakan media *software proteus* (kelas kontrol). Z₁ adalah hasil pengukuran tes akhir (*post-test*) pada kelas eksperimen; Z₂ adalah hasil pengukuran tes akhir (*post-test*) pada kelas kontrol.

Berdasarkan pada Tabel 1, desain penelitian dilakukan analisis sebanyak dua kali. Analisis pertama adalah pengujian kemampuan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol (O₁:O₂) yaitu dengan memberikan *pre-test*. Analisis kedua adalah dengan menguji nilai *post-test* antara kelas eksperimen dan kelas kontrol (Z₁:Z₂). Data hasil *pre-test* dan *post-test* yang terkumpul diolah dengan menggunakan t-test, rumus t-test:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \tag{1}$$

Berdasarkan rumus t-test pada Persamaan 1 bahwa *t* adalah hasil uji t-test. \bar{X}_1 adalah rata-rata nilai *pre-test/post-test* pada kelas eksperimen. \bar{X}_2 adalah rata-rata nilai *pre-test/post-test* pada kelas kontrol. S₁ adalah simpangan baku pada kelas eksperimen. S₂ adalah simpangan baku pada kelas kontrol. n₁ adalah jumlah sampel pada kelas eksperimen. n₂ adalah jumlah sampel pada kelas kontrol.

Selanjutnya melakukan pengujian hipotesis dengan taraf signifikan α=5% (0,05). Apabila t-hitung lebih besar dari t-tabel maka terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil *pre-test* dan *post-test* pada kelompok kelas eksperimen dan kelas kontrol. Maka hasil tersebut dapat dikatakan bahwa adanya pengaruh penggunaan *proteus* sebagai laboratorium virtual, karena terhadap peningkatan hasil belajar pada mata pelajaran elektronika dasar.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada saat pertama kali melakukan penelitian dilakukan *pre-test* di kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk mendapatkan informasi tingkat pemahaman mahasiswa terhadap konsep elektronika dasar sebelum menerapkan laboratorium virtual. Berdasarkan hasil *pre-test* pada kelas eksperimen diperoleh rata-rata skor 40,84, varians 102,27, skor tertinggi 70 dan skor terendah 30, dengan jumlah sampel 32 mahasiswa. Data distribusi frekuensi *pre-test* kelas eksperimen tersaji dalam Tabel 2. Berdasarkan hasil *pre-test* kelas kontrol diperoleh rata-rata skor 41,16, varians 120,33, skor tertinggi 77 dan skor terendah 30, dengan jumlah sampel 32 mahasiswa. Data distribusi frekuensi *pre-test* kelas kontrol tersaji dalam Tabel 3.

Tabel 2. Distribusi frekuensi *pre-test* kelas eksperimen

Kelas	Interval	Fobservasi	Frelatif (%)
1	30-36	11	34,38
2	37-43	12	37,50
3	44-50	5	15,63
4	51-57	1	3,13
5	58-64	2	6,25
6	65-71	1	3,13
Jumlah		32	100

Tabel 3. Distribusi frekuensi *pre-test* kelas kontrol

Kelas	Interval	Fobservasi	Frelatif (%)
1	30-37	14	43,75
2	38-45	9	28,13
3	46-53	6	18,75
4	54-61	1	3,13
5	62-69	1	3,13
6	70-77	1	3,13
Jumlah		32	100

Uji hipotesis yang digunakan untuk membuktikan bahwa kedua kelas penelitian tidak jauh berbeda, dirangkum pada Tabel 4. Setelah dilakukan perhitungan ternyata thitung berada diantara ttabel yaitu -1,999 < -0,144 < 1,999. Sehingga H₀ diterima, yaitu hasil tes kemampuan awal mahasiswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah sama.

Tabel 4. Data hasil *pre-test* kelas eksperimen dan kelas kontrol

Statistik	Kelompok	
	Eksperimen	Kontrol
N	32	32
Nilai Tertinggi	70	77
Nilai Terendah	30	30
Rata-rata	40,84	41,16

$\sum x$	1307	1317
$\sum x^2$	56553	57993
S	10,11	10,97
S ²	102,27	120,33

Berdasarkan data Tabel 4, maka:

$$S_{total}^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}$$

$$S_{total}^2 = \frac{(32-1)102,27 + (32-1)120,33}{32+32-2}$$

$$S_{total} = \sqrt{111,3} = 10,55$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$t = \frac{40,844 - 41,16}{10,55 \sqrt{\frac{1}{32} + \frac{1}{32}}} = -0,144$$

Setelah dilakukan perhitungan ternyata t_{hitung} berada diantara t_{tabel} yaitu $-1,999 < -0,144 < 1,999$. Sehingga H_0 diterima, yaitu hasil tes kemampuan awal (*pre-test*) mahasiswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah sama.

Pada akhir penelitian, kelas eksperimen dan kelas kontrol diberi *post-test* dengan 30 butir soal pilihan berganda. Berdasarkan hasil *post-test* kelas eksperimen diperoleh rata-rata skor 73,5, varians 93,23, skor tertinggi 90, dan skor terendah 50. Berdasarkan hasil *post-test* kelas kontrol diperoleh rata-rata skor 67,84, varians 100,136, skor tertinggi 90, dan skor terendah 50.

Selanjutnya digunakan uji hipotesis untuk memperoleh informasi perbedaan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kelas kontrol, maka standar deviasinya adalah:

$$S_{total}^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}$$

$$S_{total}^2 = \frac{(31)93,23 + (31)100,136}{32+32-2}$$

$$S_{total} = \sqrt{96,68} = 9,83$$

Sehingga diperoleh hasil uji t-test sebagai berikut:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$t = \frac{73,5 - 67,84}{9,83 \sqrt{\frac{1}{32} + \frac{1}{32}}} = 2,3$$

Pada taraf signifikan $\alpha=0,05$ dan $dk=n_1+n_2-2=62$ pada tabel taraf distribusi t, diperoleh harga t_{tabel} t (0,05, 62) adalah 1,999. Kemudian dibandingkan dengan t_{hitung} 2,3 maka diperoleh harga $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($2,3 > 1,999$). Maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh penggunaan *software* proteus sebagai laboratorium virtual terhadap hasil belajar mahasiswa pada mata pelajaran elektronika dasar.

Praktikum dengan menggunakan laboratorium virtual telah banyak disarankan untuk mencapai tujuan pembelajaran (Maryuningsih et al., 2019), dimana salah satunya adalah penggunaan *software* proteus untuk meningkatkan keterampilan siswa (Kholis et al., 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Kholis (2018) menggunakan metode *Hybrid Learning*, yang mana dalam proses pembelajarannya menggabungkan pembelajaran tatap muka dan pembelajaran daring/*online*. Dalam penelitian ini hanya dilakukan pengembangan modul untuk meningkatkan keterampilan mahasiswa.

Atas dasar penelitian sebelumnya, dilakukan penelitian penggunaan *software* proteus sebagai laboratorium virtual dengan metode *quasi eksperimental design* untuk mengetahui hasil belajar. Dimana penelitian ini mampu memberi informasi rata-rata hasil belajar mahasiswa dalam kelas eksperimen dan kontrol. Berdasarkan data yang diperoleh bahwa kelas eksperimen memiliki nilai rata-rata kelas lebih baik dari kelas kontrol. Hal ini bukan lah suatu hal yang kebetulan, tetapi disebabkan karena kelas eksperimen menggunakan laboratorium virtual dalam melaksanakan proses belajar mengajar.

Nilai yang dicapai mahasiswa di kelas eksperimen tidak lepas dari penggunaan laboratorium virtual. Hal ini disebabkan laboratorium virtual menjadikan mahasiswa lebih mudah berkreasi tanpa batasan peralatan dan bahan yang ada di laboratorium. Kedepannya penggunaan *software* proteus sebagai laboratorium virtual pada mata pelajaran elektronika dasar bisa dikembangkan dalam sistem pembelajaran dalam jaringan atau *online*. Dalam hal ini pengajar harus menyiapkan *jobsheet* atau langkah-langkah kerja yang berbentuk video tutorial. Video tutorial ini merupakan interpretasi dari *jobsheet* untuk praktikum tiap-tiap pertemuan.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan data hasil *pre-test* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol diperoleh informasi bahwa keduanya mempunyai kemampuan awal yang sama. Informasi kemampuan awal berdasarkan hasil pengujian hipotesis menggunakan uji t, didapatkan bahwa t_{hitung} berada diantara t_{tabel} yaitu $-1,999 < -0,144 < 1,999$. Karena kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki kemampuan awal yang sama, sehingga penelitian dapat dilaksanakan dengan mengajarkan materi rangkaian seri, paralel, dan campuran.

Hasil belajar menunjukkan bahwa pada kelas yang menggunakan laboratorium virtual mendapatkan nilai rata-rata 73,5 dan kelas yang tidak menggunakan laboratorium virtual mendapatkan nilai rata-rata 67,84. Pengujian hipotesis uji t pada hasil *post-test* diperoleh bahwa $t_{\text{hitung}} 2,3 > t_{\text{tabel}} 1,999$. Oleh karena itu, dapat ditarik kesimpulan bahwa prestasi akademik mahasiswa pada kelas eksperimen yang menggunakan laboratorium virtual lebih tinggi dibandingkan dengan mahasiswa pada kelas kontrol yang tidak menggunakan laboratorium virtual.

Laboratorium virtual merupakan model yang tepat untuk melakukan pembelajaran yang bersifat maya, sesuai dengan penelitian pengaruh metode program simulasi terhadap hasil belajar (Edidas, 2019) dan penggunaan software proteus untuk meningkatkan keterampilan siswa (Kholis et al., 2018), membuktikan bahwa metode berbasis laboratorium virtual mampu meningkatkan hasil belajar. Kegiatan belajar menggunakan laboratorium virtual dapat meningkatkan penguasaan mahasiswa terhadap topik kelistrikan dinamis. Dengan menggunakan laboratorium virtual mampu mempermudah mahasiswa untuk melakukan pekerjaan secara nyata dan langsung bersama kelompoknya masing-masing. Penggunaan media laboratorium virtual untuk mengajar dapat menjadikan mahasiswa lebih inovatif, kreatif dan efisien. Oleh karena itu prinsip utamanya adalah meningkatkan efektifitas pengajaran kampus dari segi waktu, dana, dan penggunaan fasilitas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih diucapkan kepada pihak yang telah berkontribusi/ mendukung penelitian ini yaitu Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat

(LPPM) Universitas Negeri Medan. Dimana penelitian ini didanai oleh DIPA Unimed tahun anggaran 2020.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdjul, T., Ntobuo, N. E., & Payu, C. (2019). Development of Virtual Laboratory-Based of Learning to Improve Physics Learning Outcomes of High School Students. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 15(2), 97–106. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v15i2.12367>
- Artanto, D., Budi Cahyono, E. A., Siswoyo, A., & Effendi, S. M. (2020). The effectiveness of learning in vocational education in mechatronics through making a simple simulation program. *Journal of Physics: Conference Series*, 1516(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1516/1/012034>
- Edidas. (2019). Influence of the Simulation Program Methods to the Students Learning Outcomes on the Subject of the Microcontroller System. *Journal of Physics: Conference Series*, 1387(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012132>
- Firdaus, Fatiatun, Jumini, S., Trisnowati, E., & Dahnuss, D. (2020). Proteus as a virtual simulation to improve readiness and process skills in laboratory experiment. *Journal of Physics: Conference Series*, 1517(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1517/1/012074>
- Fuada, S., & Wibowo, Aj. W. (2016). Desain dan Implementasi Virtual Laboratory Materi Osilator Analog berbasis IC OP-AMP. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 4(2), 134–147. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v4i2.134>
- González, J. D., Escobar, J. H., Beltrán, J. R., García-Gómez, L., & La Hoz, J. De. (2019). Virtual laboratories of electromagnetism for education in engineering: A perception. *Journal of Physics: Conference Series*, 1391(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1391/1/012157>
- Gunawan, G., Nisrina, N., Suranti, N. M. Y., Herayanti, L., & Rahmatiah, R. (2018). Virtual Laboratory to Improve Students' Conceptual Understanding in Physics Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1108(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1108/1/012049>
- Hermansyah, H., Gunawan, G., Harjono, A., & Adawiyah, R. (2019). Guided inquiry model with virtual labs to improve students'

- understanding on heat concept. *Journal of Physics: Conference Series*, 1153(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1153/1/012116>
- Hikmah, N., Saridewi, N., & Agung, S. (2017). Penerapan Laboratorium Virtual untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 2(2), 186. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v2i2.1608>
- Kholis, N., Syariffuddin Zuhrie, M., & Rahmadian, R. (2018). Innovation Online Teaching Module Plus Digital Engineering Kit with Proteus Software through Hybrid Learning Method to Improve Student Skills. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 336(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/336/1/012036>
- Klentien, U., & Wannasawade, W. (2016). Development of Blended Learning Model with Virtual Science Laboratory for Secondary Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 217(2), 706–711. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.02.126>
- Labcenter Electronics. (2012). Intelligent Schematic Input system (ISIS) User Manual. In *Data Base* (Vol. 3304, Issue January).
- Latifah, Z., Ikhsan, J., & Sugiyarto, K. H. (2019). Effect of virtual chemistry laboratory toward cognitive learning achievement. *Journal of Physics: Conference Series*, 1156(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1156/1/012034>
- 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(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012091>
- Maryuningsih, Y., Manfaat, B., & Riandi, R. (2019). Penerapan Laboratorium Virtual Elektroforesis Gel Sebagai Pengganti Praktikum Riil. *Phenomenon : Jurnal Pendidikan MIPA*, 9(1), 48. <https://doi.org/10.21580/phen.2019.9.1.3320>
- Naukkarinen, J., & Sainio, T. (2018). Supporting student learning of chemical reaction engineering using a socially scaffolded virtual laboratory concept. *Education for Chemical Engineers*, 22, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2018.01.001>
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers and Education*, 95, 309–327. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>
- Rachmawati, K. Y., Iswahyudi, C., & Susanti, E. (2014). Pengembangan Model Laboratorium Virtual Sebagai Solusi Keterbatasan Sumber Daya Pembelajaran. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*, A-301-A306.
- Rizal, A., Adam, R. I., & Susilawati, S. (2018). Pengembangan Laboratorium Virtual Fisika Osilasi. *Jurnal Online Informatika*, 3(1), 55. <https://doi.org/10.15575/join.v3i1.140>
- Shadish, W. R., & Luellen, J. K. (2005). Quasi-experimental Designs. In B. S. Everitt & D. C. Howell (Eds.), *Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science* (Vol. 3). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/0470013192.bsa521>
- Sriadhi, Waluyo, B. D., & Simanjuntak, K. (2020). Pengembangan Trainer Mikrokontroler Berbasis Arduino Nano pada Mata Pelajaran Teknik Pemrograman Mikroprosesor dan Mikrokontroler Kelas XI Kompetensi Keahlian Teknik Audio Video di SMK N. 1 Lubuk Pakam. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi Dalam Pendidikan*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.24114/jtikp.v7i1.22626>
- Stahre Wästberg, B., Eriksson, T., Karlsson, G., Sunnerstam, M., Axelsson, M., & Billger, M. (2019). Design considerations for virtual laboratories: A comparative study of two virtual laboratories for learning about gas solubility and colour appearance. *Education and Information Technologies*, 24(3), 2059–2080. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-09857-0>
- Sukisna, & Suparwoto. (2020). Development of Outdoor Learning To Improving Learning Outcomes Reviewed From Abstract Thinking Ability , Response To Guidelines and Science Process Skills for. *Paedagogia: Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Kependidikan*, 11(1), 44–52. <https://doi.org/10.31764/paedagogia.v11i1.1891>
- Triatmaja, A. K., & Khairudin, M. (2018). Study on Skill Improvement of Digital Electronics Using Virtual Laboratory with Mobile Virtual Reality. *Journal of Physics: Conference Series*, 1140(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1140/1/012021>
- Tüysüz, C. (2010). The effect of the virtual laboratory on students' achievement and attitude in chemistry. *International Online Journal of Educational Sciences*, 2(1), 37–53.