

**IMPLEMENTASI LABORATORIUM VIRTUAL PADA MATERI  
FOTOSINTESIS UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES  
SAINS DAN LITERASI DIGITAL PESERTA DIDIK SMA**

**SKRIPSI**

diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Biologi



Oleh:

Fadia Firdaus

2002825

Pendidikan Biologi 2020

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

**2024**

**LEMBAR HAK CIPTA**  
**IMPLEMENTASI LABORATORIUM VIRTUAL PADA MATERI**  
**FOTOSINTESIS UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES**  
**SAINS DAN LITERASI DIGITAL PESERTA DIDIK SMA**

Oleh:

Fadia Firdaus

2002825

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

©Fadia Firdaus

Universitas Pendidikan Indonesia

2024

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian dengan dicetak ulang, difotokopi atau dengan cara lainnya tanpa izin penulis

**LEMBAR PENGESAHAN**

**FADIA FIRDAUS**

**IMPLEMENTASI LABORATORIUM VIRTUAL PADA MATERI  
FOTOSINTESIS UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES  
SAINS DAN LITERASI DIGITAL PESERTA DIDIK SMA**

Disetujui dan disahkan oleh:

**Pembimbing I**



Dr. Hi. Sariwulan Diana, M. Si.  
NIP.196202111987032003

**Pembimbing II**



Drs. H. Dadang Machmudin, M.S.  
NIP.196205051987031003

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Pendidikan Biologi**



Dr. Kusnadi, M. Si.  
NIP.196805091994031001

## **LEMBAR PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Implementasi Laboratorium Virtual pada Materi Fotosintesis untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Literasi Digital Peserta Didik SMA” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2024  
Yang membuat pernyataan,

Fadia Firdaus  
NIM. 2002825

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi dengan judul “Implementasi Laboratorium Virtual pada Materi Fotosintesis untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Literasi Digital Peserta Didik SMA” ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis sangat berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dan berkontribusi selama penyusunan dan penelitian ini. Melalui bantuan, bimbingan dan motivasi dari semua pihak baik secara moril maupun materil mampu memberikan kekuatan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang. Penulis memohon maaf atas kesalahan atau kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri khususnya dan bagi para pembaca umumnya. Akhir kata, semoga segala kebaikan dan jasa-jasa dari semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini menjadi amal ibadah dan mendapat balasan dari Allah SWT.

Bandung, Agustus 2024

Fadia Firdaus  
NIM. 2002825

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Implementasi Laboratorium Virtual pada Materi Fotosintesis untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Literasi Digital Peserta Didik SMA" ini. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Biologi yang ditempuh di Universitas Pendidikan Indonesia.

Tersusunnya skripsi ini tidak terlepas dari peran kedua orang tua, Bapak Zamzami dan Ibu Nor Hidayah, serta kakak-kakak dan adik-adik yang selalu memberikan dukungan, doa dan cinta tanpa batas. Ucapan terima kasih tidak cukup untuk mengungkapkan rasa syukur penulis atas seluruh doa yang dilantarkan, kasih sayang dilimpahkan serta dukungan dan kepercayaan yang diberikan kepada penulis. Semoga Allah SWT senantiasa menjaga dalam lindungan-Nya serta memberikan rahmat, kesehatan, kebahagiaan dan keselamatan dunia akhirat untuk Bapak, Ibu Kakak, Adik dan keluarga besar penulis. Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Hj. Sariwulan Diana, M. Si. selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan dengan sabar memberikan ilmu serta bimbingan, saran dan masukan yang sangat berharga, sampai akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini;
2. Bapak Drs. H. Dadang Machmudin, M.S. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan turut memberikan ilmu serta membimbing sampai akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini;
3. Bapak Dr. Kusnadi, M.Si. selaku Kepala Program Studi Pendidikan Biologi, yang senantiasa memberi dukungan dan motivasi selama masa perkuliahan serta membantu penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini;

4. Bapak Dr. Saefudin, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang memberikan bantuan kepada penulis selama masa perkuliahan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi hingga dapat menyusun skripsi ini;
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen yang telah sabar dalam mengajar dan mendidik peneliti selama perkuliahan serta Seluruh Staff kependidikan program studi Pendidikan Biologi yang baik secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan banyak ilmu, serta memfasilitasi segala administrasi yang dibutuhkan;
6. Seluruh pihak SMAN 15 Bandung, dimulai dari wakil kepala sekolah bidang kesiswaan serta Guru Pamong yaitu Bapak Agus yang telah menerima dan memberikan izin serta dukungan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian skripsi ini;
7. Kepada teman-teman tercinta Christian Hadi Pratama dan Yollanda Amalia Husna yang telah menjadi teman diskusi, berbagi suka dan duka, serta memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini;
8. Kepada mojang gerlong Aulia Rahmadani, S.Psi dan Yasinka Anabila, S.Psi yang telah memberikan dukungan dan kebersamaan dalam menyelesaikan skripsi ini;
9. Kepada Cintya Ermadona, Fina Aprillia, Nadia Marshanda dan Thifany Rizky Putri Dahily yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
10. Serta semua pihak yang pernah hadir membantu, menemani serta memberikan doa kepada penulis, yang tidak bisa disebutkan satu persatu;

Akhirnya dengan hati yang tulus, penulis berdoa agat semua pihak yang telah hadir dan membantu penulis mendapat limpahan Rahmat dan balasan dari Allah SWT serta semoga kebahagiaan selalu menyertai kita semua, Aamiin ya Rabbal Alamin.

## ABSTRAK

Materi fotosintesis merupakan salah satu materi yang memerlukan praktikum agar dapat dikuasai peserta didik dengan baik. Namun, pelaksanaan praktikum di sekolah tidak jarang mengalami kendala. Implementasi laboratorium virtual dapat menjadi alternatif dan dianggap mampu untuk memfasilitasi pengembangan keterampilan proses sains serta pengembangan literasi digital yang diperlukan dalam menghadapi pembelajaran abad 21. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi mengenai keterampilan proses sains dan literasi digital peserta didik sebelum dan setelah implementasi laboratorium virtual pada materi fotosintesis. Metode penelitian yang digunakan *quasi experiment* dengan desain penelitian *pretest – posttest non-equivalent group design*. Terdapat dua kelas eksperimen dengan kelas eksperimen satu diberi perlakuan implementasi laboratorium virtual *olabs* dan kelompok eksperimen dua diberi perlakuan implementasi laboratorium virtual *bmtmelati*. Partisipan terdiri dari 60 peserta didik kelas 12 di salah satu SMA Negeri di Kota Bandung. Data penelitian didasarkan pada hasil *pretest-posttest* 20 soal keterampilan proses sains, *pretest-posttest* 10 soal literasi digital, LKPD, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran dan angket respon peserta didik. Keterampilan proses sains peserta didik mengalami peningkatan setelah implementasi laboratorium virtual pada materi fotosintesis dengan skor *N-Gain* kelas E1 sebesar 0,64 dan kelas E2 sebesar 0,61 pada kategori sedang. Literasi digital peserta didik mengalami peningkatan setelah implementasi laboratorium virtual pada materi fotosintesis dengan skor *N-Gain* kelas E1 sebesar 0,54 dan kelas E2 sebesar 0,59 dalam kategori sedang. Sebaiknya, memberikan kesempatan pada peserta didik untuk mengeksplorasi laboratorium virtual secara mendalam sebelum melakukan pembelajaran.

**Kata kunci:** Laboratorium Virtual, Keterampilan Proses Sains, Literasi Digital, Fotosintesis



## ABSTRACT

*The topic of photosynthesis is one that requires practical experimentation to be thoroughly understood by students. However, conducting experiments in schools often encounters challenges. The implementation of virtual laboratories can serve as an alternative and is considered capable of facilitating the development of scientific process skills and the digital literacy necessary for 21st-century learning. The aim of this research is to gather information about students' scientific process skills and digital literacy before and after the implementation of virtual laboratories in the photosynthesis topic. The research method used is a quasi-experiment with a pretest-posttest non-equivalent group design. There are two experimental classes: one class (E1) was treated with the implementation of the Olabs virtual laboratory, and the other class (E2) with the BMTMelati virtual laboratory. The participants consisted of 60 12th-grade students from a public high school in Bandung. The research data is based on the results of pretests and posttests comprising 20 questions on scientific process skills, pretests and posttests of 10 questions on digital literacy, student worksheets, observation sheets on the implementation of learning, and student response questionnaires. Students' scientific process skills showed improvement after the implementation of virtual laboratories in the photosynthesis topic, with an N-Gain score of 0.64 for class E1 and 0.61 for class E2, both falling within the medium category. Students' digital literacy also improved after the implementation of virtual laboratories in the photosynthesis topic, with an N-Gain score of 0.54 for class E1 and 0.59 for class E2, both within the medium category. It is recommended to provide students with the opportunity to explore the virtual laboratory in depth before conducting the lessons.*

**Keywords:** *Virtual Laboratory, Science Process Skills, Digital Literacy, Photosynthesis*

## DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah dan Pertanyaan Penelitian .....	5
C. Tujuan Penelitian .....	6
D. Manfaat Penelitian .....	6
E. Asumsi .....	7
F. Hipotesis.....	7
BAB II PENERAPAN LABORATORIUM VIRTUAL TERHADAP KETERAMPILAN PROSES SAINS DAN LITERASI DIGITAL PADA MATERI FOTOSINTESIS .....	8
A. Laboratorium virtual .....	8
B. Keterampilan Proses Sains.....	11
C. Literasi Digital .....	13
D. Pembelajaran Materi Fotosintesis .....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
A. Metode dan Desain Penelitian.....	25
B. Partisipan.....	25
C. Definisi Operasional.....	26
D. Instrumen Penelitian.....	27
E. Analisis Data .....	31
F. Prosedur Penelitian.....	39
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN.....	44
A. Temuan.....	44
B. Pembahasan.....	53
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI.....	89
A. SIMPULAN .....	89
B. IMPLIKASI .....	89
C. REKOMENDASI.....	90
Daftar Pustaka .....	92

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Desain Penelitian.....	25
Tabel 3. 2 Jenis Instrumen Penelitian .....	27
Tabel 3. 3 Kisi – kisi Instrumen Keterampilan Proses Sains .....	28
Tabel 3. 4 Kisi – kisi Instrumen Literasi Digital.....	28
Tabel 3. 5 Kisi – Kisi Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran terhadap Implementasi Laboratorium Virtual.....	29
Tabel 3. 6 Kisi – kisi Instrumen Angket Respon Peserta didik .....	30
Tabel 3. 7 Kriteria Reliabilitas Butir Soal.....	31
Tabel 3. 8 Kriteria Validitas Butir Soal .....	32
Tabel 3. 9 Kriteria Daya Pembeda Butir Soal.....	32
Tabel 3. 10 Kriteria Tingkat Kesukaran Butir Soal .....	32
Tabel 3. 11 Kriteria Indeks Pengecoh .....	33
Tabel 3. 12 Klasifikasi Kualitas Butir Soal.....	33
Tabel 3. 13 Rekapitulasi Hasil Analisis Butir Soal Keterampilan Proses Sains .....	33
Tabel 3. 14 Rekapitulasi Hasil Analisis Butir Soal Literasi Digital .....	35
Tabel 3. 15 Keputusan dari Hasil Uji Prasyarat.....	37
Tabel 3. 16 Kategori Nilai N-Gain.....	37
Tabel 3. 17 Kriteria dan Skor Data Hasil Observasi.....	37
Tabel 3. 18 Kategori Interpretasi Skor.....	38
Tabel 3. 19 Pedoman Penskoran Angket Respon Peserta Didik terhadap Implementasi Laboratorium.....	38
Tabel 3. 20 Kategori Interpretasi Skor.....	39
Tabel 3. 21 Rincian Kegiatan Tahap Pelaksanaan Penelitian .....	40
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Analisis Deskriptif dan Statistik Pretest, Posttest dan data N-Gain Keterampilan Proses Sains Kelas E1 dan Kelas E2 .....	45
Tabel 4. 2 Rata-rata Keterampilan Proses Sains Setiap Indikator Kelas E1 dan Kelas E2 .....	47
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Analisis Deskriptif dan Statistik Pretest, Posttest dan data N-Gain Literasi Digital Kelas E1 dan Kelas E2.....	48
Tabel 4. 4 Rata-rata Literasi Digital Setiap Komponen Kelas E1 dan Kelas E2 .....	50
Tabel 4. 5 Respon Peserta Didik terhadap Setiap Aspek Penggunaan Laboratorium Virtual pada Kelas E1 dan Kelas E2 .....	52
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Analisis Statistik Korelasional Literasi Digital terhadap Keterampilan Proses Sains.....	77

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tampilan Laboratorium Virtual Olabs.....	10
Gambar 2. 2 Tampilan Laboratorium Virtual Bmtmelati .....	11
Gambar 2. 3 Hubungan antara Reaksi Terang dan Siklus Calvin.....	17
Gambar 2. 4 Tahapan dalam Reaksi Terang .....	18
Gambar 2. 5 Tahapan dalam Siklus Calvin.....	19
Gambar 2. 6 Jalur Fotosintesis pada Tumbuhan C <sub>4</sub> .....	21
Gambar 2. 7 Perbandingan Jalur Fotosintesis pada Tumbuhan C <sub>4</sub> dan Tumbuhan CAM.....	22
Gambar 3. 1 Alur penelitian.....	43
Gambar 4. 1 Keterlaksanaan Aktivitas Guru dan Peserta Didik terhadap Pembelajaran melalui Implementasi Laboratorium Virtual pada Materi Fotosintesis .....	51
Gambar 4. 2 Keterangan Setiap Ikon pada Laboratorium Virtual Olabs.....	54
Gambar 4. 3 Keterangan Setiap Ikon pada Laboratorium Virtual Bmtmelati .....	55
Gambar 4. 4 Pretest Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Setiap Soal Kelas E1 Dan Kelas E2.....	58
Gambar 4. 5 Posttest Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Setiap Soal Kelas E1 dan Kelas E2 .....	58
Gambar 4. 6 Contoh LKPD Peserta Didik pada Indikator Merumuskan Hipotesis ...	59
Gambar 4. 7 Soal No.10 Keterampilan Proses Sains pada Indikator Mengidentifikasi Variabel.....	61
Gambar 4. 8 Contoh LKPD Peserta Didik pada Indikator Mengidentifikasi Variabel .....	63
Gambar 4. 9 Soal No.2 Keterampilan Proses Sains pada Indikator Mengamati.....	64
Gambar 4. 10 Rata-Rata Setiap Indikator Keterampilan Proses Sains Pada Kelas E1	64
Gambar 4. 11 Rata-Rata Setiap Indikator Keterampilan Proses Sains Pada Kelas E2	65
Gambar 4. 12 Rata-Rata Setiap Komponen Literasi Digital pada Kelas E1 .....	71
Gambar 4. 13 Rata-Rata Setiap Komponen Literasi Digital pada Kelas E2.....	72
Gambar 4. 14 Contoh LKPD Peserta Didik pada Indikator Menginterpretasi .....	81
Gambar 4. 15 Indikator Perceived ease of use pada Kelas E1 .....	85
Gambar 4. 16 Indikator Attitudes toward learning media pada Kelas E2 .....	86
Gambar 4. 17 Indikator Behavioral intention pada Kelas E1 dan Kelas E2.....	87

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. 1 Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) .....	101
Lampiran A. 2 Instrumen Keterampilan Proses Sains .....	105
Lampiran A. 3 Instrumen Literasi Digital.....	129
Lampiran A. 4 Instrumen Angket Respon Peserta Didik.....	136
Lampiran A. 5 Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran .....	138
Lampiran A. 6 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) .....	142
Lampiran A. 7 Rubrik Penilaian Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) .....	149
Lampiran B. 1 Hasil Uji Coba Instrumen Tes Keterampilan Proses Sains.....	151
Lampiran B. 2 Hasil Uji Coba Instrumen Tes Literasi Digital .....	152
Lampiran B. 3 Hasil Uji Statistika Data Pretes dan Posttest Keterampilan Proses Sains .....	153
Lampiran B. 4 Hasil Uji Statistika Data Pretes dan Posttest Literasi Digital .....	155
Lampiran C. 1 Data Hasil Rekapitulasi Jawaban Peserta Didik pada Pretest dan Posttest Keterampilan Proses Sains .....	159
Lampiran C. 2 Data Hasil Rekapitulasi Jawaban Peserta Didik pada Pretest dan Posttest Literasi Digital .....	166
Lampiran C. 3 Nilai N-Gain Keterampilan Proses Sains.....	170
Lampiran C. 4 Nilai N-Gain Literasi Digital .....	172
Lampiran C. 5 Data Hasil Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) .....	175
Lampiran C. 6 Data Hasil Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran.....	177
Lampiran C. 7 Data Hasil Angket Respon Peserta Didik .....	181
Lampiran D. 1 Surat Perizinan Penelitian.....	186
Lampiran D. 2 Dokumentasi LKPD.....	187
Lampiran D. 3 Dokumentasi Pembelajaran .....	189

### Daftar Pustaka

- Agustini, M. (2021). Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar Siswa Menggunakan Model Flipped Classroom melalui Aplikasi Google Classroom. *Indonesian Journal of Educational Development*, 2(2), 280–289. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5244420>
- Ajis, A. & Harso, W. (2020). Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari dan ketersediaan Air Terhadap Pertumbuhantanaman Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens L.*). *Biocelebes*, 14(1), 31–36. <https://doi.org/10.22487/bioceb.v14i1.15084>
- Ameliah, R., Adi Negara, R. & Rahmawati, I. (2021). Status Literasi Digital di Indonesia Ringkasan Eksekutif. *Indeks Literasi Digital Indonesia*, 1–73. <https://katadata.co.id/StatusLiterasiDigital>
- Ardius, A. (2020). Pemanfaatan Laboratorium Maya: Peluang Dan Tantangan. *Jurnal Teknodik*, 24(2), 147. <https://doi.org/10.32550/teknodik.v24i2.679>
- Arifin, Zainal. (2012). *Evaluasi Pembelajaran*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Arikunto, Suharsimi. (2012). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta
- Aripin, I. & Suryaningsih, Y. (2021). Implementasi Virtual Laboratory BTEM Berbasis Android untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Educatio*, 7(3), 583–591. <https://doi.org/10.31949/educatio.v7i3.1113>
- Arumningtyas, N., Budiyanto, M. & Purnomo, A. R. (2022). Penerapan Virtual Laboratory untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa di Masa Pandemi. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 10(2), 246–252. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/pensa>
- Aryanti, R., & Kusasi, M. (2016). Pembelajaran Kimia Berbasis Problem Solving Menggunakan Laboratorium Riil dan Virtual Ditinjau dari Gaya Belajar dan Hasil Belajar pada Materi Larutan Elektrolit Dan Nonelektrolit. *Quantum, Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 7(2), 135–138.
- Azma, N., Cahyono, E. & Nuswowati, M. (2022). Effectiveness of Online Learning Assisted by Olabs Virtual Laboratorium in Improving Students' Science Process Skills. *International Journal of Active Learning*, 7(1), 86–93. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/ijal>
- Başer, M. & Durmus, S. (2010). The Effectiveness of Computer Supported Versus Real Laboratory Inquiry Learning Environments on the Understanding of Direct. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(1), 47–61.
- Budiyono. (2009). *Penerapan Laboratorium Riil dan Virtual Pada Pembelajaran Fisika Melalui Metode Eksperimen Ditinjau Dari Gaya Belajar*.

- Campbell, N. A. & Reece, J. B. (2008). *Biologi Eight Edition*. Jakarta: Erlangga
- Diana, S. (2016). Pengaruh Penerapan Strategi Peer Assisted Learning (Pal) Terhadap Kemampuan Literasi Sains Mahasiswa Dalam Perkuliahan Morfologi Tumbuhan. *Jurnal Pengajaran Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 21(1), 82–91. <https://doi.org/10.18269/jpmipa.v21i1.36261>
- Diana, S. (2023). Rare plants inference ability of biology education students. *AIP Conference Proceedings*, 2734(1). <https://doi.org/10.1063/5.0155743>
- Diana, S., Arafah, D. N. & Rahmat, A. (2021). Penerapan Strategi Think-Read-Group-Share-Reflect (TRGSR) untuk Melatih Kemampuan Literasi Fisiologi Abad 21 Siswa. *Prosiding ...*, 21, 1–11. <https://semnas.biologi.fmipa.unp.ac.id/index.php/prosiding/article/view/143>
- Diana, S., Rachmatulloh, A. & Rahmawati, E. S. (2015). Profil Kemampuan Literasi Sains Siswa SMA Berdasarkan Instrumen Scientific Literacy Assesments ( SLA ) High School Students ' Scientific Literacy Profile Based on Scientific Literacy Assesments ( SLA ) Instruments. *Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi 2015 FKIP UNS*, 285–291.
- Diana, S., Wulan, A. R. & Anggraeni, S. (2019). Literasi Tumbuhan Langka Mahasiswa Pendidikan Biologi Sebagai Hasil Tugas Mini Riset Perkuliahan Biologi Tumbuhan. *Edusains*, 11(1), 112–120. <https://doi.org/10.15408/es.v11i1.11660>
- Dwidjoseputro. (1978). Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Jakarta: PT. Gramedia.
- Fatimah, Z., Rizaldi, D. R., Jufri, A. W. & Jamaluddin. (2020). Model Inkuiri Terbimbing Berbantuan Laboratorium Virtual Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 1(2). <https://doi.org/10.29303/goescienceedu.v1i2.45>
- Ferreira, J. M. M., Sousa, E. L., Nafalski, A., Machotka, J. & Nedic, Z. (2009). Collaborative Learning Based on a Micro-Webserver Remote Test Controller. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (IJOE)*, 5(5), 18. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v5s1.1017>
- Fitriana, Kurniawati Y. & Utami, L. (2019). Analisis Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Pada Materi Laju Reaksi Melalui Model Pembelajaran Bounded Inquiry Laboratory. *Jurnal Tadris Kimiya*, 2(4), 226–236.
- Fitriasari, D. N. M. & Yuliani, Y. (2021). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik-Elektronik (E-LKPD) Berbasis Guided Discovery untuk Melatih Keterampilan Proses Sains Terintegrasi pada Materi Fotosintesis Kelas XII SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 10(3), 510–522. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v10n3.p510-522>
- Frydenberg, M. & Andone, D. (2011). Learning for 21 st Century Skills.

- International Conference on Information Society, i-Society 2011*, 314–318. <https://doi.org/10.1109/i-society18435.2011.5978460>
- Gnidovec, T., Žemlja, M., Dolenc, A. & Torkar, G. (2020). Using Augmented Reality and the Structure–Behavior–Function Model to Teach Lower Secondary School Students about the Human Circulatory System. *Journal of Science Education and Technology*, 29(6), 774–784. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09850-8>
- Gilster, P. (1997). *Digital Literacy*. New York: Wiley.
- Hague, C., & Payton, S. (2010). *Digital literacy across the curriculum*. Bristol: *Futurelab*.
- Hake, R. R. (1999). Analyzing change/gain scores. *Unpublished.[Online] URL: Http://Www. Physics. Indiana. Edu/~ Sdi/AnalyzingChange-Gain. Pdf, 16(7), 1073–1080.*
- Hermana, A. H. D., Subekti, H. & Sabtiawan, W. B. (2022). Implementasi Laboratorium Virtual untuk Meningkatkan Motivasi Belajar dan Keterampilan Proses Sains Siswa SMP alam Pembelajaran Ipa. *Pensa e-jurnal : pendidikan sains, 10(2)*, 233–239.
- Hermawan, L. & Ismiati, M. B. (2020). Aplikasi Pengecekan Dokumen Digital Tugas Mahasiswa Berbasis Website. *Jurnal Buana Informatika, 11(2)*, 94–103. <https://doi.org/10.24002/jbi.v11i2.3706>
- Hidah, L., & Sudiby, E. (2022). Penerapan Model Discovery Learning Berbasis Mobile Virtual Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Dasar. *Pensa: E-Jurnal Pendidikan Sains, 10(2)*, 185–192. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/pensa/article/view/44737%0Ahttps://ejournal.unesa.ac.id/index.php/pensa/article/download/44737/40041>
- Hobbs, R. (2010). Digital and Media Literacy: a Plan of Action. *Journal of Craniofacial Surgery, 23*. <https://doi.org/10.1097/SCS.0b013e31824e27c7>
- Jamil, M. A., Fuadiyah, S., Helendra & Darussyamsu, R. (2022). Analisis Deskriptif Tingkat Kemampuan Literasi Digital pada Pembelajaran Biologi. *Journal on Teacher Education, 4(2)*, 640–648.
- Jannah, M., Khaldun, I. & Safrida, S. (2021). *Application of Virtual Laboratory assisted Discovery Learning Model to Improve Science Process Skills and Learning Outcomes in Circulatory System Material. 7(1)*. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i1.470>
- Khairuna, Rahmatan, H., Sarong, M. A., Supriatno & Pada, A. U. T. (2021). Penerapan Model Discovery Learning dengan Pemanfaatan Virtual Laboratory untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Hasil Belajar Peserta Didik pada Materi Sistem Ekskresi. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia, 9(2)*, 280–292.



<https://doi.org/10.24815/jpsi.v9i2.18875>

- Khairunnisa, K., Ita, I. & Istiqamah, I. (2020). Keterampilan Proses Sains (KPS) Mahasiswa Tadris Biologi pada Mata Kuliah Biologi Umum. *BIO-INOVED : Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*, 1(2), 58. <https://doi.org/10.20527/binov.v1i2.7858>
- Kimball, J. W. (1983). *Biologi Edisi Kelima Jilid 3*. Jakarta: Erlangga.
- Lakitan, B. (2020). *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta : Rajawali Pers.
- Lase, D. (2019). Pendidikan di Era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Sundermann*, 1(1), 28–43.
- Lestari, T. A., Jamaluddin, J. & Pahmi, S. (2023). Identifikasi Penggunaan Media Pembelajaran dalam Proses Belajar-Mengajar di SMA Kota Mataram. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 8(4), 2071–2077. <https://doi.org/10.29303/jipp.v8i4.1640>
- Listiawati, M., Hartati, S., Agustina, R. D., Putra, R. P. & Andhika, S. (2022). Analysis of the Use of LabXChange as a Virtual Laboratory Media to Improve Digital and Information Literacy for Biology Education Undergraduate Students. *Scientiae Educatia*, 11(1), 56–64. <https://doi.org/10.24235/sc.educatia.v11i1.10278>
- Logo, N., Akbar, M., Boy, B. Y., Silaban, A. & Hajar, S. (2023). Analisis Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Pada Materi Suhu Dan Kalor. *PHYDAGOGIC : Jurnal Fisika Dan Pembelajarannya*, 6(1), 50–58. <https://doi.org/10.31605/phy.v6i1.3121>
- Lupitasari, D., Melina, M. & Kusumaningtyas, V. A. (2020). Pengaruh Cahaya dan Suhu Berdasarkan Karakter Fotosintesis *Ceratophyllum demersum* sebagai Agen Fitoremediasi. *Jurnal Kartika Kimia*, 3(1), 33–38. <https://doi.org/10.26874/jkk.v3i1.53>
- Mahmudah, I. R., Makiyah, Y. S. & Sulistyanyingsih, D. (2019). Profil Keterampilan Proses Sains (KPS) Siswa SMA di Kota Bandung. *Jurnal Diffraction*, 1(1), 39–43.
- Manalu, A. N., Wanda, Y. A., Worumboy, H. V. N. & Budiarti, I. S. (2021). Digital Literacy Overview: Challenges in Online Physics Learning at New Normal Era. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 9(1), 16–27. <https://doi.org/10.20527/bipf.v9i1.9367>
- Mishra, R. . (2010). Relevance of Information Literacy in Digital Environment. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 10(1), 48. <https://doi.org/10.6025/jitr/2019/10/2/48-52>
- Muhali, M., Asy'ari, M. & Sukaisih, R. (2021). Model Pembelajaran Inquiry Terbimbing Terintegrasi Laboratorium Virtual untuk Meningkatkan Pemahaman

- Konsep dan Keterampilan Metakognitif Siswa. *Empiricism Journal*, 2(2), 73–84. <https://doi.org/10.36312/ej.v2i2.594>
- Mukharomah, F. & Suwarna, P. I. (2020). *Penerapan Media Virtual Laboratory Dalam Pengajaran Remedial Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Visual Style*.
- Mundilarto. (2012). *Penilaian Hasil Belajar Fisika*. Yogyakarta: UNY Press.
- Murtado, D., Hita, I. P. A. D., Chusumastuti, D., Nuridah, S., Ma'mun, A. H. & Yahya, M. D. (2023). Optimalisasi Pemanfaatan Media Pembelajaran Online Sebagai Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Siswa di Sekolah Menengah Atas. *Journal on Education*, 6(1), 35–47. <https://doi.org/10.31004/joe.v6i1.2911>
- Nasionalita, K. & Nugroho, C. (2020). Indeks Literasi Digital Generasi Milenial di Kabupaten Bandung. *Jurnal Ilmu Komunikasi*, 18(1), 32. <https://doi.org/10.31315/jik.v18i1.3075>
- Nisa, W. M., Fatmawati, U. & Santosa, S. (2023). *Food Fermentation as a Virtual Laboratory Learning Media to Empower Student 's Science Process Skills*. 9(4), 2296–2304. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.2117>
- Nosela, S., Siahaan, P. & Suyana, I. (2021). Pengaruh Model Pembelajaran Level of Inquiry Dengan Virtual Lab Terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Sma Pada Materi Fluida Statis. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 6(2), 100–109. <https://doi.org/10.15575/jotalp.v6i2.11018>
- Nugraha, S. E. (2022). Penerapan Metode Debat Dalam Mata Pelajaran PPKn Untuk Mengembangkan Partisipasi Belajar Peserta Didik. *Pijar : Jurnal Penelitian Bidang Pendidikan Dan Pembelajaran*, 2(2), 57–64. <https://doi.org/10.56393/pijar.v2i2.1132>
- Nugroho, C. & Nasionalita, K. (2020). Digital Literacy Index of Teenagers in Indonesia. *Journal Pekommas*, 5(2), 215. <https://doi.org/10.30818/jpkm.2020.2050210>
- Nuraini, N. (2016). Potensi Model Pembelajaran Predict, Observe and Explain (POE) disertai Roundhouse Diagram (RD) dalam Melatihkan Keterampilan Proses Sains dan Kemandirian Belajar. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 1(3), 44–50.
- Nurchahyo, M. A. (2020). Penggunaan multimedia interaktif untuk meningkatkan literasi digital siswa SMP pada mata pelajaran ipa. *Jurnal Pendidikan Informatika Dan Sains*, 9(2), 132–138. <https://doi.org/10.31571/saintek.v9i2.2077>
- Partnership for 21st Century Learning. (2015). 21st Century Student Outcomes. 1-9. <http://www.p21.org/our-work/p21-framework>
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI No. 21 tahun (2016). tentang

Standar Isi Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

- Prabowo, A. C., Ibrohim & Saptasari, M. (2017). Pengaruh Modul Pembelajaran Inkuiri Berbasis Laboratorium Virtual terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa. *Prosiding Seminar Nasional III Tahun 2017 "Biologi, Pembelajaran, Dan Lingkungan Hidup Perspektif Interdisipliner," July*.
- Prasetyo, A. D. & Abduh, M. (2021). Peningkatan Keaktifan Belajar Siswa Melalui Model Discovery Learning Di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(4), 1717–1724. <https://jbasic.org/index.php/basicedu/article/view/991>
- Priyani, N. E. & Nawawi, N. (2020). Pembelajaran Ipa Berbasis Ethno-Stem Berbantu Mikroskop Digital Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Di Sekolah Perbatasan. *WASIS: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 1(2), 99–104. <https://doi.org/10.24176/wasis.v1i2.5435>
- Putri, D. A., Subekti, H. & Sari, D. A. P. (2020). Peningkatan Keterampilan Proses Sains Siswa Pada Materi Pencemaran Lingkungan Melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning. *Pensa E-Jurnal : Pendidikan Sains*, 8(3), 248–253. <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/pensa/index>
- Quraisy, A., Muzaini, M., Ilhamsyah, I. & Gaffar, A. (2023). Pemanfaatan Laboratorium Virtual Dalam Pembelajaran Matematika. *Jurnal Abdimas Indonesia*, 3(3), 280–288. <https://doi.org/10.53769/jai.v3i3.514>
- Ramig, J. E., Bailer, J. & Ramsey, J. M. Teaching Science Process Skills. United States of America, Good Apple, (1995). P.3-5
- Rahayu, A. (2020). *Analisis Keterampilan Proses Sains Mahasiswa Pada Praktikum Dasar-Dasar Kimia Analitik*. 3, 1–10.
- Rihi, S. P. P., Bano, V. O. & Enda, R. R. H. (2022). Pengaruh Laboratorium Virtual Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas XI Pada Materi Sistem Pencernaan Makanan. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 14(2), 183–188. <https://doi.org/10.25134/quagga.v14i2.5753>
- Ririen, D. & Heriasman. (2021). *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian Dan Kajian Kepustakaan Di Bidang Pendidikan, Pengajaran Dan Pembelajaran*, 7(4), 946–955.
- Rosdianti, V. I. & Paidi, P. (2021). Pengembangan Media Virtual Laboratory Untuk Meningkatkan Pemahaman Keterampilan Proses Sains Materi Histologi Hewan. *Spizaetus: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.55241/spibio.v2i1.28>
- Rusliati, E. & Retnowati, R. (2019). Inkuiri Terbimbing pada Laboratorium Virtual dan Rill untuk Membangun Penguasaan Konsep dan Keterampilan Proses Sains. *Journal of Science Education And Practice*, 3(2), 47–56.

- Rustaman, N. (2003). Strategi Belajar Mengajar Biologi. Bandung: FMIPA UPI.
- Rusydiana, E., & Raharjo, Y. (2016). Analisis Butir Tes Pilihan Ganda Dua Tingkat Untuk Mengidentifikasi Miskonsepsi Siswa Pada Konsep Fotosintesis Dan Respirasi Tumbuhan. *Bioedu*, 5(2), 96–103.
- Sari, P. I., Gunawan & Harjono, A. (2016). Penggunaan Discovery Learning Berbantuan Laboratorium Virtual pada Penguasaan Konsep Fisika Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, II(4), 176–182.
- Setiadi, R. & Muflika, A. A. (2015). Eksplorasi Pemberdayaan Courseware Simulasi Phet untuk Membangun Keterampilan Proses Sains Siswa SMA. *Jurnal Pengajaran Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 17(2), 258. <https://doi.org/10.18269/jpmipa.v17i2.270>
- Setiani, N. N. & Barokah, N. (2021). *Seminar Nasional PGMI 2021 Urgensi Literasi Digital dalam Menyongsong Siswa Sekolah Dasar menuju Generasi Emas Tahun 2045 fungsional yang dapat digunakan sebuah komputer atau.* 411–427.
- Sifah, L., Sustiyani, E. & H, R. D. (2024). Peningkatan Keterampilan Proses Sains ( KPS ) Siswa Kelas 7A SMP Negeri 23 Semarang melalui Metode JAS. *Seminar nasional pendidikan dan penelitian tidakn kelas*, 961–968.
- Slavin, R. (2008). Cooperative Learning Theory Research and Practice. Bandung (Terj.Nurulita Yusron): Nusa Media.
- Sugiyono, (2016). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: CV. Alfabeta.
- Sumaryanti, D. E. (2022). Meningkatkan Motivasi Belajar dengan Discovery Learning Berbantuan Media Laboratorium Virtual pada Materi Sistem Ekskresi Manusia. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 8(1), 83–91. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v8i1.436>
- Suryandari, S., Destiara, M. & Singgih, S. (2023). Efektivitas Authoring IIs Go-Lab Dalam Menunjang Literasi Digital Pada Merdeka Belajar. *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 14(1), 29. <https://doi.org/10.20527/quantum.v14i1.14841>
- Sutrisno. (2011). Pengantar Pembelajaran Inovatif. Jakarta: Gaung Persada Press
- Ulfa, K., Supriatno, B. & Anggraini, S. (2020). Validitas Pengembangan Strategi Pembelajaran Pdpd Pada Materi Fotosintesis Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kelas XII Sma Di Kota Palembang. *Bioilmi: Jurnal Pendidikan*, 6(1), 65–76. <https://doi.org/10.19109/bioilmi.v6i1.5720>
- Urba, M., Ramadhani, A., Afriani, A. P. & Suryanda, A. (2024). *Generasi Z: Apa Gaya Belajar yang Ideal di Era Serba Digital ?* 3(1), 50–56.
- Toharudin, U., Hendrawati, S. & Rustaman, A. (2011). Membangun Literasi Sains

Peserta Didik. Bandung: Humaniora.

- Waruwu, A. B. C. & Sitinjak, D. (2022). Penggunaan Multimedia Interaktif dalam Meningkatkan Minat Belajar Siswa pada Pembelajaran Kimia. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 12(2), 298–305. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.589>
- Wiaris. (2021). Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Belajar Siswa Melalui Kegiatan Kolaborasi Mata Pelajaran Bahasa Inggris Di Smp Negeri 6 Batam. *Daiwi Widya*, 7(5), 17. <https://doi.org/10.37637/dw.v7i5.673>
- Wiersma, W. & Jurs, G. S. (2009). *Research Methods in Education an Introduction*. United States of America: Pearson Education.
- Wisudawati, A.W. & Eka, S. (2015). *Metodologi pembelajaran IPA*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Yuniarti, F., Dewi, P. & Susanti, R. (2012). Pengembangan Virtual Laboratory sebagai Media Pembelajaran Berbasis Komputer pada Materi Pembiakan Virus. *Unnes Journal of Biology Education*, 1(1), 86–94.
- Zamzani, N., Febryanti, F. & Rahayu, A. (2022). Pengaruh Keaktifan Belajar dan Minat Belajar terhadap Hasil Belajar Matematika Peserta Didik. *Journal Peqguruang: Conference Series*, 4(1), 89. <https://doi.org/10.35329/jp.v4i1.2870>
- Zetira, N. V., Rullyana, G. & Ardiansah. (2020). Eksistensi Blog Pribadi Sebagai Sumber Informasi dan Referensi dalam Ruang Lingkup Pendidikan. *IQRA` : Jurnal Ilmu Perpustakaan Dan Informasi (e-Journal)*, 14(1), 119. <https://doi.org/10.30829/iqra.v14i1.7586>
- Zumira, A., Salsabila, A., Nurzaha, F., Supriatno, B. & Anggraeni, S. (2022). Desain Kegiatan Praktikum Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Laju Proses Fotosintesis Bermuatan Literasi Kuantitatif. *Jurnal Basicedu*, 6(4), 7474–7485. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3474>