

**PENGEMBANGAN VIRTUAL LABORATORIUM SEBAGAI MEDIA
PEMBELAJARAN ONLINE: UPAYA UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN LITERASI LINGKUNGAN DAN KEMAMPUAN
MEMECAHKAN MASALAH PESERTA DIDIK SMA PADA MATERI
PERUBAHAN LINGKUNGAN**

TESIS

disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan
Program Studi Magister Pendidikan Biologi



Oleh:

Anggi Angreani

1907252

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN BIOLOGI
DEPARTEMEN PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2021**

Anggi Angreani, 2021

*PENGEMBANGAN VIRTUAL LABORATORIUM SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN ONLINE: UPAYA
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN LITERASI LINGKUNGAN DAN KEMAMPUAN MEMECAHKAN
MASALAH PESERTA DIDIK SMA PADA MATERI PERUBAHAN LINGKUNGAN*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

**PENGEMBANGAN VIRTUAL LABORATORIUM SEBAGAI MEDIA
PEMBELAJARAN ONLINE: UPAYA UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN LITERASI LINGKUNGAN DAN KEMAMPUAN
MEMECAHKAN MASALAH PESERTA DIDIK SMA PADA MATERI
PERUBAHAN LINGKUNGAN**

Oleh
Anggi Angreani
SPd UPI Bandung
2017

Tesis yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Pendidikan (M.Pd) pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam

©Anggi Angreani 2021
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2021

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Tesis ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang,
difoto copy, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

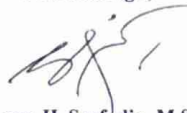
Anggi Angreani, 2021
*PENGEMBANGAN VIRTUAL LABORATORIUM SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN ONLINE: UPAYA
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN LITERASI LINGKUNGAN DAN KEMAMPUAN MEMECAHKAN
MASALAH PESERTA DIDIK SMA PADA MATERI PERUBAHAN LINGKUNGAN*
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

ANGGI ANGREANI

**PENGEMBANGAN VIRTUAL LABORATORIUM SEBAGAI MEDIA
PEMBELAJARAN ONLINE: UPAYA UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN LITERASI LINGKUNGAN DAN KEMAMPUAN
MEMECAHKAN MASALAH PESERTA DIDIK SMA PADA MATERI
PERUBAHAN LINGKUNGAN**

disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I,



Dr. agr. H. Saefudin, M.Si.
NIP. 196307011988031003

Pembimbing II,



Dr. Rini Solihat, M.Si.
NIP. 197902132001122001

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Biologi



Dr. Bambang Supriatno, M.Si.
NIP. 196305211988031002

ABSTRAK

Pengembangan *Virtual Laboratorium* dalam Pembelajaran Online: Upaya untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Lingkungan dan Kemampuan Memecahkan Masalah Peserta Didik SMA pada Materi Perubahan Lingkungan

Anggi Angreani

Email: anggiangreani2@gmail.com

Perkembangan teknologi dan kemampuan manusia yang semakin baik tak jarang jika saat ini banyak ahli yang mengembangkan berbagai media pembelajaran online, seperti *virtual laboratorium*. *Virtual laboratorium* merupakan suatu media yang mendukung pembelajaran khususnya kegiatan praktikum secara *online* pada situasi pandemi Covid-19. Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengembangkan *virtual laboratorium* yang dapat memfasilitasi kemampuan literasi lingkungan dan kemampuan memecahkan masalah. Kemampuan literasi lingkungan dan kemampuan memecahkan masalah diukur dalam penelitian ini, guna untuk melihat kelayakan *virtual laboratorium*. Kemampuan literasi lingkungan dan kemampuan memecahkan masalah penting dimiliki oleh seseorang untuk mendukung upaya mengatasi masalah lingkungan. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode pengembangan, dengan prosedur desain pengembangan *virtual laboratorium* ADDIE. ADDIE terdiri dari tahapan Analyze (analisis), Design (desain), Develop (pengembangan), Implement (implementasi), dan Evaluate (evaluasi). Tahapan implementasi, dilaksanakan uji coba pengembangan *virtual laboratorium* melalui quasy eksperimen, dengan *Pretest and postes Control Group Design*. Total sampel sebanyak 70 peserta didik kelas X SMAN. Instrumen penelitian yang digunakan berupa analisis dokumen, tes, angket literasi lingkungan dan angket tanggapan *virtual laboratorium*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *virtual laboratorium* yang dikembangkan sangat layak (95%) untuk digunakan khususnya dalam memfasilitasi kemampuan literasi lingkungan dan kemampuan memecahkan masalah. Kemampuan literasi lingkungan dan kemampuan memecahkan masalah termasuk kategori baik sekali dengan profil nilai akhir masing-masing sebesar 81 dan 83.

Kata kunci: Virtual Laboratorium, Pembelajaran Online, Kemampuan Literasi Lingkungan, Kemampuan Memecahkan Masalah, Perubahan Lingkungan.

ABSTRACT

Development of Virtual Laboratory in Online Learning: Efforts to Improve Environmental Literacy and Problem-Solving Ability of High School Students on Environmental Change Materials

Anggi Angreani

Email: anggiangreani2@gmail.com

Technological developments and human capabilities are getting better, it is not uncommon for many experts to develop various online learning media, such as virtual laboratories. Virtual laboratory is a media that supports learning, especially online practicum activities in the Covid-19 pandemic situation. This research generally aims to develop a virtual laboratory that can facilitate environmental literacy and problem solving skills. Environmental literacy and problem-solving skills were measured in this study, in order to see the feasibility of the virtual laboratory. Environmental literacy and problem-solving skills are important for a person to support efforts to overcome environmental problems. The research method used is the development method, with the ADDIE virtual laboratory development design procedure. ADDIE consists of the stages of Analyze (analysis), Design (design), Develop (development), Implement (implementation), and Evaluate (evaluate). In the implementation stage, a virtual laboratory development trial was carried out through quasy experiments, with Pretest and Posttest Control Group Design. The total sample is 70 students of class X SMAN. The research instruments used were document analysis, tests, environmental literacy questionnaires and virtual laboratory response questionnaires. The results showed that the developed virtual laboratory was very feasible (95%) to be used specifically in facilitating environmental literacy skills and problem solving skills. Environmental literacy and problem-solving skills are categorized as very good with a final score profile of 81 and 83, respectively.

Keywords: Virtual Laboratory, Online Learning, Environmental Literacy Ability, Problem Solving Ability, Environmental Change.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah dan Pertanyaan Penelitian	8
C. Tujuan Penelitian	8
D. Manfaat Penelitian	9
E. Batasan Masalah.....	9
F. Struktur Organisasi	9
BAB II Literasi Lingkungan, Kemampuan Memecahkan Masalah, Virtual Laboratorium, Pembelajaran Online berbasis Virtual Laboratorium, Analisis Materi tentang Perubahan Lingkungan	
A. Literasi Lingkungan	11
1. Pengertian Literasi Lingkungan	11
2. Komponen Literasi Lingkungan	19
B. Kemampuan Memecahkan Masalah	24
1. Pengertian Kemampuan Memecahkan Masalah	24
2. Aspek Kemampuan Memecahkan Masalah	28
C. Virtual Laboratorium	32
1. Pengertian Virtual Laboratorium	32
2. Pengembangan Virtual Laboratorium	34
3. Kelebihan dan Kekurangan Virtual Laboratorium	39
4. Virtual Laboratorium sebagai Media Pembelajaran Online.....	40

D. Analisis Materi Perubahan Lingkungan pada Kurikulum Biologi SMA	
1. Materi Perubahan Lingkungan	46
2. Analisis Materi Perubahan Lingkungan	52
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Desain Penelitian.....	54
B. Prosedur Penelitian	55
C. Populasi dan Sampel	60
D. Definisi Operasional	61
E. Ragam Data, Instrumen dan Analisis Data	62
F. Analisis Data	73
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN	
A. Pengembangan <i>Virtual Laboratorium</i> untuk Pembelajaran Online pada Materi Perubahan Lingkungan	77
B. Penerapan <i>Virtual Laboratorium</i> dalam Pembelajaran Online pada Materi Perubahan Lingkungan	93
C. Kemampuan Literasi Lingkungan Peserta Didik setelah Implementasi Pembelajaran Berbasis <i>Virtual Laboratorium</i>	100
D. Kemampuan Memecahkan Masalah Peserta Didik setelah Implementasi Pembelajaran Berbasis <i>Virtual Laboratorium</i>	121
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI	
A. Kesimpulan	136
B. Implikasi	137
C. Rekomendasi	137
DAFTAR PUSTAKA	138
LAMPIRAN.....	149

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.2 Kompetensi Dasar dan Materi Pembelajaran pada Materi Perubahan Lingkungan.....	53
2.3 Tujuan Pembelajaran pada Materi Perubahan Lingkungan	53
3.1 Skenario pembelajaran Berbasis Masalah secara Online.....	58
3.2 Data, Instrumen, Analisis Data	62
3.3 Kisi-kisi Soal Kemampuan Literasi Lingkungan.....	64
3.4 Kisi-kisi Soal Kemampuan Memecahkan Masalah	65
3.5 Distribusi Tingkat Kesukaran Butir Soal Kemampuan Literasi Lingkungan	67
3.6 Distribusi Tingkat Kesukaran Butir Soal Kemampuan Memecahkan Masalah.....	67
3.7 Distribusi Daya Pembeda Butir Soal Kemampuan Literasi Lingkungan.....	68
3.8 Distribusi Daya Pembeda Butir Soal Kemampuan Memecahkan Masalah	68
3.9 Distribusi Kategori Validasi Butir Soal Kemampuan Literasi Lingkungan.....	69
3.10 Distribusi Kategori Validasi Butir Soal Kemampuan Memecahkan Masalah.....	70
3.11 Rekap Hasil Analisis Uji Coba Butir Soal Kemampuan Literasi Lingkungan	70
3.12 Rekap Hasil Uji Coba Butir Soal Instrumen Kemampuan Memecahkan Masalah.....	71
3.13 Rekap Hasil Analisis Uji Coba Ke 2 Butir Soal Kemampuan Literasi Lingkungan	72
3.14 Rekap Hasil Analisis Uji Coba Ke 2 Butir Soal Kemampuan Memecahkan Masalah.....	73
3.15 Kategori Nilai Hasil Tes Kemampuan Literasi Lingkungan.....	74
3.16 Kategori Nilai Hasil Tes Kemampuan Memecahkan masalah.....	74
4.1 Hasil Tanggapan Guru tentang Pembelajaran Jarak Jauh (Online)	78

Anggi Angreani, 2021

PENGEMBANGAN VIRTUAL LABORATORIUM SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN ONLINE: UPAYA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN LITERASI LINGKUNGAN DAN KEMAMPUAN MEMECAHKAN MASALAH PESERTA DIDIK SMA PADA MATERI PERUBAHAN LINGKUNGAN

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

4.2	Kompetensi Dasar dan Materi Pembelajaran pada Materi Perubahan Lingkungan.....	80
4.3	Tujuan Pembelajaran pada Materi Perubahan Lingkungan	80
4.4	Komponen Kemampuan Literasi Lingkungan dan Kemampuan Memecahkan Masalah.....	81
4.5	Hubungan Kompetensi Dasar dengan Komponen Kemampuan Literasi Lingkungan dan Kemampuan Memecahkan Masalah	83
4.6	Penilaian Virtual Lab oleh Guru Biologi	92
4.7	Rekapitulasi Data Hasil Pretest dan Posttest Kemampuan Literasi Lingkungan.....	102
4.8	Rekapitulasi Kenaikan Kemampuan Literasi Lingkungan secara Umum.....	102
4.9	Rekapitulasi Kenaikan Kemampuan Literasi Lingkungan pada Komponen Pengetahuan.....	105
4.10	Soal yang banyak dan paling sedikit di jawab benar pada Kelas Eksperimen.....	107
4.11	Soal yang banyak dan paling sedikit di jawab benar pada Kelas Kontrol	108
4.12	Rekapitulasi Kenaikan Kemampuan Literasi Lingkungan pada Komponen Keterampilan Kognitif.....	110
4.13	Soal yang banyak dan paling sedikit di jawab benar pada Kelas Eksperimen.....	111
4.14	Soal yang banyak dan paling sedikit di jawab benar pada Kelas Kontrol	112
4.15	Rekapitulasi Komponen Sikap berdasarkan Respon Postif dan Respon Negatif pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	114
4.16	Persentase Respon Jumlah Peserta Didik pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	115
4.17	Item Pernyataan yang Paling Banyak dan Paling Sedikit Disetujui oleh Peserta Didik pada Kelas Eksperimen.....	116
4.18	Item Pernyataan yang Paling Banyak dan Paling Sedikit Disetujui oleh Peserta Didik pada Kelas Kontrol	117

4.19	Rekapitulasi Komponen Perilaku berdasarkan Respon Postif dan Respon Negatif pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	118
4.20	Item Pernyataan yang Paling Banyak dan Paling Sedikit Disetujui oleh Peserta Didik pada Kelas Eksperimen.....	119
4.21	Item Pernyataan yang Paling Banyak dan Paling Sedikit Disetujui oleh Peserta Didik pada Kelas Kontrol	120
4.22	Rekapitulasi Data Hasil Pretes dan Postes Kemampuan Memecahkan Masalah.....	122
4.23	Rekapitulasi Kenaikan Kemampuan Memecahkan Masalah secara Umum.....	122
4.24	Rekapitulasi Kenaikan Kemampuan Memecahkan Masalah pada Aspek Identifikasi Masalah.....	125
4.25	Soal yang paling banyak dan paling sedikit di jawab benar pada Kelas Eksperimen.....	126
4.26	Soal yang banyak dan paling sedik di jawab benar pada Kelas Kontrol	126
4.27	Rekapitulasi Kenaikan Kemampuan Memecahkan Masalah pada Aspek Menentukan Tujuan	128
4.28	Soal yang banyak dan paling sedik di jawab benar pada Kelas Eksperimen.....	128
4.29	Soal yang banyak dan paling sedik di jawab benar pada Kelas Kontrol	128
4.30	Rekapitulasi Kenaikan Kemampuan Memecahkan Masalah pada Aspek Mengeksplorasi Strategi.....	130
4.31	Soal yang banyak dan paling sedik di jawab benar pada Kelas Eksperimen.....	131
4.32	Soal yang banyak dan paling sedik di jawab benar pada Kelas Kontrol	132
4.33	Rekapitulasi Kenaikan Kemampuan Memecahkan Masalah pada Aspek Identifikasi Masalah.....	133
4.34	Soal yang banyak dan paling sedikit di jawab benar pada Kelas Eksperimen.....	134

4.35 Soal yang banyak dan paling sedikit di jawab benar pada Kelas Kontrol	135
---	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
3.1 Tahapan Desain Model Pengembangan ADDIE.....	55
3.2 Prosedur Pembuatan <i>Virtual laboratorium</i> berdasarkan Tahapan Desain Pengembangan ADDIE.....	58
3.3 Prosedur Penelitian.....	60
4.1 <i>Flowchart Virtual laboratorium</i> Perubahan Lingkungan	88
4.2 Tampilan Fitur <i>Login Virtual Laboratorium</i>	95
4.3 Tampilan Tambah Data Siswa (Daftar Akun)	96
4.4 Tampilan Kode <i>Google Classroom</i>	96
4.5 Tampilan Praktikum Interaktif Pembuatan Pupuk Organik.....	97
4.6 Tampilan Hasil Pengamatan dan Soal Evaluasi tentang Simulasi Praktikum Aktivitas MakhluK Hidup pada Air Limbah.....	98
4.7 Tampilan Hasil Pengamatan dan Soal Evaluasi tentang Praktikum Interaktif Limbah Organik	98
4.8 Tampilan Penyerahan Dokumentasi Praktikum Interaktif melalui <i>Google Classroom</i>	99
4.9 Rata-rata Nilai Pretes Kemampuan Literasi Lingkungan Peserta Didik pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	101
4.10 Rata-rata Nilai Postes Kemampuan Literasi Lingkungan Peserta Didik pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	101
4.11 Rata-rata Nilai Pretes dan Postes Kemampuan Literasi Lingkungan Peserta Didik pada Komponen Pengetahuan Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	105
4.12 Rata-rata Nilai Pretes dan Postes Kemampuan Literasi Lingkungan Peserta Didik pada Komponen Keterampilan Kognitif Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	110
4.13 Rata-rata Nilai Pretes Kemampuan Memecahkan Masalah Kelas Eksperimen dan Kontrol.....	121
4.14 Rata-rata Nilai pada Setiap Indikator Kemampuan Memecahkan Masalah Kelas Eksperimen dan Kontrol	122

4.15 Rata-rata Nilai Aspek Identifikasi Masalah pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	124
4.16 Rata-rata Nilai Pretes dan Postes Aspek Menentukan Tujuan pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	127
4.17 Rata-rata Nilai Pretes dan Postes Aspek Mengeksplorasi Strategi pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	130
4.18 Rata-rata Nilai Pretes dan Postes Aspek Melaksanakan Strategi pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	133

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
LAMPIRAN A Instrumen Penelitian dan Perangkat Pembelajaran	
A.1 Garis Besar Isi Program Virtual Laboratorium	150
A.2 Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Perubahan Lingkungan	152
A.3 Lembar Kerja Peserta Didik.....	156
A.4 Soal Literasi Lingkungan	166
A.5 Angket Sikap dan Perilaku Bertanggung Jawab Peserta Didik terhadap	179
A.6 Soal Kemampuan Memecahkan Masalah	184
A.7 Lembar Tanggapan Guru tentang Keterlaksanaan Pembelajaran Online.....	192
A.8 Kisi-kisi Catatan Lapangan	194
A.9 Daftar Cek Keterlaksanaan Pembelajaran Jarak Jauh pada Materi Perubahan Lingkungan Sekolah Menengah.....	208

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan & Halifah. (2019). Karakteristik Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada SMA Biologi di Kota Makassar, *Prosiding Seminar Nasional Biologi VI*, 292-295.
- Aguilar, S.W., Ojeda, B.S., Cruz, S.S., Castro, R.J. (2017). Model to Evaluate Pro-Environmental Consumer Practices. *Environments*, 4(1), 11.
- Aisya, N.S.M., Saefudin., Supriatno, B., Anggraeni, S. (2016). *Proceeding Biology Education Conferenc.* 13(1), 112-117.
- Akben, N. (2018). Effects of the Problem-Posing Approach on Students' Problem Solving Skills and Metacognitive Awareness in Science Education. *Research in Science Education*, 50, 1143–1165.
- Alfika, Z.A. & Mayasari, T. Profil Kemampuan Memecahkan Masalah Pelajaran Fisika Siswa MTs. *Seminar Nasional Quantum*, 2477-1511.
- Alisjahbana, A.S., & Murniningtyas, E. (2018). Tujuan Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia. Ebook. Unpad Press.
- Almaatouq, A., Becker, J., Houghton, J.P., Paton, N., Watts, D.J., Whiting, M.e. (2020). Empirica: a Virtual Lab for High –throughput Macro –Level Experiments. Cornell University
- Almuqbil, N.S.M. (2020). A Proposal for Virtual Laboratories in Learning Biology for Secondary School Curriculum. *Journal of Education and Social Research*, 10(6), 323-331.
- Alneyadi, S.S. (2019). Virtual Lab Implementation in Science Literacy: Emirati Science Teachers' Perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(12), 1-10.
- Alpusari, M. (2014). Analisis Butir Soal Konsep Dasar IPA 1 Melalui Penggunaan Program Komputer Anates Versi 4.0 For Windows. *Jurnal Primary Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau*, 3(2), halm 106-115.
- Al-Tabany, T.I.B. (2014). Mendesain Model Pembelajaran Inovatif, Progresif dan Kontektual. Jakarta: Prenadamedia Group
- Amalia, E., Surya, E., Syahputra, E. (2017). The effectiveness of using problem based learning (PBL) in mathematics problem solving ability for junior high school students. *Internation Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*, 3(2), 3402–3406.

- Ancel, G. (2016). Problem-Solving Training: Effects on The Problem-Solving Skills and Self-Efficacy of Nursing Students. *Eurasian Journal of Educational Research*, 64, 231-246.
- Araghi, Y., Kroesen, M., Molin, E., Wee, B. V. (2014). Do social norms regarding carbon offsetting affect individual preferences towards this policy? Results from a stated choice experiment. *Transportation Research Part D*, 26, 42-46.
- Ardoin, N.M., Bowers, A.W., Gaillard, E. (2020). Environmental Education Outcomes for Conservation: A Systematic Review, *Biological Conservation*, 241.
- Arestu, O.O., Karyadi, B., Ansori, I. (2018). Peningkatan Kemampuan Memecahkan Masalah Melalui Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) Berbasis Masalah. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Biologi*, 2(2), 58-66.
- Arikunto, S. (2012). *Manajemen Penelitian*. Jakarta: PT Rineka Cipta
- Aripin, I., Suryaningsih, Y. (2020). Developing BTEM-Based Virtual Biology Laboratory to Improve Students' Critical Thinking Skills on The Concept of Bacteria. *Scientiae Educatia; Jurnal Pendidikan Sains*, 9(2), 216-227.
- Arslan, Y. & Albay F. (2019). The effect of outdoor sports as undergraduate elective course on environmental sensitivity. *J. Educ. Learn*, 8(4), 52-57.
- Bagiyono. (2017). Analisis Tingkat Kesukaran dan Daya Pembeda Butir Soal Ujian Pelatihan Radiografi Tingkat 1. *Widyanuklida*, 16(1), halm 1-12.
- Budiarti, W. & Oka, A. A. (2014). Pengembangan Petunjuk Praktikum Biologi Berbasis Pendekatan Ilmiah (*Scientific Approach*) untuk Siswa SMA Kelas XI Semester Genap Tahun Pelajaran 2013/2014. *Bioedukasi*, 5(2), 123-130.
- Burchett, J.H. (2015). Environmental Literacy and Its Implications For Effective Public Policy Formation. (Tesis). *The University of Tennessee, Knoxville*.
- Chu, S.K.W. (2016). 21st Century Skills Development Through Inquiry-Based Learning: From Theory To Practice. *Springer Scienc*.
- Chuang, Y. Xie, X. Liu, C. (2016). Interdependent orientations increase pro-environmental preferences when facing self-interest conflicts: The mediating role of self-control. *Journal of Environmental Psychology*, 46, 96-105.

- Clairy, C.M. (2014). Environmental Literacy Knowledge: Content Analysis of Non-Formal Environmental Education In Southwest Florida. Thesis. Florida Gulf Coast University
- Creswell, John. W. (2010). Research Design: Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif dan Mixed, Edisi Ke Tiga. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Direktorat Sekolah Dasar. (2020). Persiapkan Asesmen Kompetensi Minimum (AKM) Menuju Sekolah Berkualitas. <http://ditpsd.kemdikbud.go.id/artikel/detail/persiapkan-asesmen-kompetensi-minimum-akm-menuju-sekolah-berkualitas>
- Edsand, H.E. & Broich, T. (2018). The Impact of Environmental Education on Environmental and Renewable Energy Technology Awareness: Empirical Evidence from Colombia, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18, 611-634.
- Emzir. (2009). Metode Penelitian Pendidikan: Kuantitatif dan Kualitatif. Jakarta: Grafindo Persada.
- EPA. (2018). What is Environmental Education? [Online]. Tersedia: <https://www.epa.gov/education/whatenvironmental-Education>. Di akses pada tanggal 12 Juli 2021
- Ergin, D.Y. (2019). Environmental awareness of teacher candidates. *World J. Educ.*, 9(1), 152–161.
- Erwinsyah, R., Riandi., Nurjhani, M. (2016). Relevance Lab Activities and Lecturing Theory in Genetics Course. *Proceeding Biology Education Conference*. 13(1), 546-553.
- Fang, W.T., Lien, C.Y., Huang, Y.W., Han, G., Shyu, G.S., Chou, J.Y., Eric, Ng. (2018). Environmental Literacy on Ecotourism: A Study on Student Knowledge, Attitude, and Behavioral Intentions in China and Taiwan. *mdpi/journal/sustainability*, 10(6). 1886.
- 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*, 1(2), 28-32.
- Fidan, N.K. & Ay, T.S. (2016). Acquisition of Operational Environmental Literacy in Social Studies Course. *International Journal of Environmental & Science Education*, 11(13), 5951-5968.
- Fischer, A., Greiff, S., Fleischer, J., Buchwald, F., & Fischer, A., Greiff, S., Fleischer, J., & Buchwald, F. (2015). Assessing analytic and interactive

aspects of problem solving competency. *Learning and Individual Differences*, 39, 172-179.

- Goldman, D., Pe'er, S., Yavetz, B. (2017). Environmental Literacy of Youth Movement Members – Is Environmentalism a Component of Their Social Activism?. *Environmental Education Research*, 23(4), 486–514.
- Handayani, D., Sopandi, W. (2016). Penggunaan Model Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Memecahkan Masalah dan Sikap Peduli Lingkungan Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 7(2), 105-114.
- Hanifa, N.I., Akbar, B., Abdullah, S., Susilo. (2018). Analisis Kemampuan Memecahkan Masalah Siswa Kelas X IPA pada Materi Perubahan Lingkungan dan Faktor yang Mempengaruhinya. *Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*, 2(2), 121-128.
- Haryono, A., Soemarno, Djati, M. S., & Setyoleksono, A. (2014). Learning attitude and awareness against students in cultured environmental success in Probolinggo. *Journal of Environment and Earth Science*, 4(16), 72–81.
- Heradio, R., Torre, L.D.L., Galan, D., Cabrerizo, F.J., Viedma, E.H., Dormido, S. (2016). Virtual and Remote Labs in Education: A Bibliometric Analysis. *Computers & Education*, 98, 14-38.
- Herga, N. R., Grmek, M. I., dan Dinevski, D. (2014). Virtual laboratory as an element of visualization when teaching chemical contents in science class. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 13(4), 157–165.
- Ilhamdi, M.L., Sukib., Ardhuha, J. (2020). Analisis Kesulitan Mahasiswa dalam Kegiatan Praktikum di Laboratorium. *J Pijar MIPA*, 15(2), 188-191.
- International conference on public health. (2021). Sustainable Development Goals. [Online]. Tersedia: http://theicph.com/id_ID/icph/sustainable-development-goals/
- Isnaeni, A. (2018). Pengembangan Asesmen Kinerja Melalui Edmodo untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Komunikasi Abad Ke-21 pada pembelajaran Lingkungan. (Tesis). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Juliyanto, E., Nugroho, S. E., Marwoto, P. (2013). Perkembangan pola pemecahan masalah anak usia sekolah dalam memecahkan permasalahan ilmu pengetahuan Alam. *Jurnal Pendidikan*, 152.
- Kaya, V. H. & Elster, D. (2019). A Critical Consideration of Environmental Literacy: Concepts, Contexts, and Competencies. *Sustainability*, 11, 1581.

- Karpudewan, M. & Roth, W. M. (2018). Changes in primary students' informal reasoning during an environment-related curriculum on socio-scientific issues. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(3), 401–419.
- Keller, H. & Keller, E. (2005). Making Real Virtual Labs. *The Science Education Review*, 4(1), 2-11.
- Khaerunnisa, B.S., Kusmiyati., Ilhamdi, M.L. (2019). Analisis Tingkat Kesulitan yang Dialami Peserta Didik dalam Praktikum Biologi di SMA. *J Pijar MIPA*, 14(1), 23-28.
- Khoiriyah, A.J. & Husamah. (2018). Problem Based Learning: Creative Thinking Skills, Problem Solving Skills, and Learning Outcome of Seventh Grade Students, *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 4(2), 151-160.
- Kim, M. C., & Hannafin, M. J. (2011). Scaffolding Problem Solving in Technology-Enhanced Learning Environments (TELES): Bridging Research and Theory with Practice. *Computers and Education*, 56(2), 403–417.
- Kusumaingrum, D. (2018). Literasi Lingkungan dalam Kurikulum 2013 dan Pembelajaran IPA di SD. *Indonesian Journal of Natural Science Educaton*, 01(02), 57-64.
- Lee, J-h., & Choi, H. O. (2017). Stakeholders' views on reducing financial support in government-led ecotourism areas. *Ocean & Coastal Management*, (144), 7-15.
- Levy, A., Orion N., Leshem, Y. (2016). Variables that Influence the Environmental behavior of Adults. *Environmental Education Research*, 1-19, doi: 10.1080/13504622.2016.1271865.
- Liu, C. H. & Huang, Y. C. (2016). A natural capital model of influences for ecotourism intentions and the buffering effects of emotional values. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 1-16.
- Luthfi, I.A., Muharomah, D.R., Ristanto, R.H., Miarsyah, M. (2019). Pengembangan Tes Kemampuan Memecahkan Masalah pada Isu Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Program Studi Pendidikan Biologi*, 9(2), 11-21.
- Majid, A. (2013). *Strategi Pembelajaran*. Bandung: Rumah Karya.
- Marcinkowski, T., & Reid, A. (2019). Reviews of research on the attitude-behavior relationship and their implications for future environmental education research. *Environmen Education Research*. 25, 459–471.

- Martaida, T., Bukit, N., Ginting, E, M. (2017). The Effect of Discovery Learning Model on Student's Critical Thinking and Cognitive Ability in Junior High School. *IOSR Journal of Reasearch & Method in Education (IOSR-JRME)*, 7(6): 1-8.
- Maryam, S., Parvaneh, A., Mohsen R.M. (2013). The Examining Mathematical Word Problems Solving Ability Under Efficient Representation Aspect. *International Scientific Publications and Consulting Services. Journal of Mathematics*.
- McBeth, William dan Volk, Trudi. 2010. *The National Environmental Literacy Project: A Baseline Study of Middle Grade Students in the United States. Journal Of Environmental Education*. 41(1).
- Mirdayanti, R. & Murni. (2017). Kajian Penggunaan Laboratorium Virtual Berbasis Simulasi sebagai Upaya Mengatasi Ketidak-Sediaan Laboratorium. *Jurnal Visipena*, 8(2), 323-330.
- Meilinda, H., Prayitno, B.A., Karyanto, P. Student's Environmental Literacy Profile of Adiwiyata Green School in Surakarta, Indonesia. *Journal of Education and Learning*, 11(3), 299-306.
- Moore, J.L., Deane, C.D., Galyen, K. (2010). e-Learning, online learning, and distance learning environments: Are they the same?. *Elsevier Inc*, doi:10.1016/j.iheduc.2010.10.001
- Muhsetyo, G. (2007). *Pembelajaran Matematika SD*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Muhtadi, A., Zaimah., Yusuf, A. Wahib, M. (2011). Tingkatkan Taqwa melalui kepedulian lingkungan (Peduli Lingkungan dalam Perspektif Islam). Kementrian Lingkungan Hidup Pengurus Besar Nahdlatul Ulama: Jakarta.
- Musmiah, S.B. (2019). Pengembangan Buku Suplemen sebagai Upaya Meningkatkan Pengetahuan dan Sikap Positif Siswa SMP terhadap Kesehatan Reproduksi Remaja. Tesis. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Mustofa, Z., Susilo, H., Muhdhar, M.H.I.A. Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning melalui Pendekatan Kontekstual berbasis Lesson Study untuk Meningkatkan Kemampuan Memecahkan Masalah dan Hasil Belajar Kognitif Siswa SMA, *Jurnal Pendidikan*, 1(5), 885-889.
- (NAAEE) by the *North American Association for Environmental Education* (2011). Washington, [Online]. Tersedia: USA <http://www.naaee.net/>. Diakses pada 07 Januari 2021

- Nitko, A. J & Brookhart. S.M. (2011). Educational assessment of students. Amerika: *The United States of America*.
- Nurhayati, Y.L., & Mufti, N. (2016). Pola Penalaran Ilmiah dan Kemampuan Penyelesaian Masalah Sintesis Fisika. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 1(8), 1594–1597.
- Nurhayati., Ramdhan, B., Suhendar. (2020). Profil Kemampuan Memecahkan Masalah Siswa Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri pada Materi Sistem Ekskresi. *Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*, 4(1), 19-26.
- Nuriyah, D., Sutarto., Prihatin, J. (2020). The Development of Environmental Change Textbook Based on STEM-Cp to Improve Problem-Solving Skills in High School Biology Learning, *Journal of Physics: Conference Series*
- Oladipo, A.J. & Ebabhi, A.M. (2020). Teachers' Awareness and Perceptions of Virtual Laboratories on Acquisition of Biology Practical Skills in Lagos State. *Nigerian Online Journal of Educational Sciences and Technology*, 1(1), 1-11.
- Paden, M. (2012). NAAEE Releases Framework for Assessing Environmental Literacy. *Sage publication*, 6(1), 17-19.
- Panggabean, F.T.M., Silaban, R., Hutabarat, W. (2017). Application of Discovery Learning Model Using Virtual Lab, Real Lab, and Computer Animations to Increase Student Learning Result Reviewed From the Ability of Critical Thinking Student. *Proceedings The 2nd Annual International Seminar on Transformative Education and Educational Leadership*, 2, 455-457.
- Peterson, C. (2003). Bringing ADDIE to Life: Instructional Design at Its Best. *Jl. of Educational Multimedia and Hypermedia*, 12(3), 227-241.
- Prabhakaran, S., Nair, V. & Ramachandran, S. (2016). Community participation in mitigating marine waste to reduce climatic change in tourism destinations. *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*, 8(5), 569 – 577.
- Riawati, L. (2015). Pencemaran Tanah. [Online]. tersedia: <http://lelyria.lecture.ub.ac.id>. Di akses tanggal 30 Januari 2021
- Riyana, C. (2012). Model Pembelajaran. Ebook. Direktorat Jenderal Pendidikan Islam Kementerian Agama Republik Indonesia.
- Riyana, C. (2020). Konsep Pembelajaran Online. Modul Pembelajaran Online, Pustaka.

- Roshayanti, F., Wicaksono, A. G. C., Minarti, I.B., Nurkolis, N. (2020). Integrated Learning for Improving Environmental Literacy in High Schools. *Journal of Physics, Conference Series*
- Rusman. (2010). Model-Model Pembelajaran Mengembangkan Profesionalisme Guru. Depok: PT Raja Grafindo Persada
- Rustaman, N. *et al.*, (2014). *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. Malang: Universitas Negeri Malang
- Sadikin, A. (2018). The Implementation of Learning Journal to Improve University Students' Motivation in Basic and Process of Learning Biology Subject. *Bioeducation Journal*, 2(1), 70-75.
- Safitri, W.I., Suryawati, E., Yustina. (2020). Environmental Literacy Analysis of Junior High School Students in Pekan Baru. *Journal of education Science*, 4(1), 116-123.
- Samatowa, U. (2010). *Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar*. Jakarta: Indeks.
- Saputro, N.V., Masturi., Supriyadi. (2020). The Effectiveness of Instructional Media Based on Lectora Inspire Towards Student's Achievement. *Journal of Physics: Conference Series*, doi:10.1088/1742-6596/1567/2/022063.
- Saribas, D. (2015). Investigating the Relationship between Pre-Service Teachers' Scientific Literacy, Environmental Literacy and Life-Long Learning Tendency. *Science Education International*, 26(1), 80-100.
- Scholz, R.W. (2011). Environmental Literacy in Science and Society. *Cambridge University Press*, Newyork.
- Schultz, D. E. & Schultz, H. (2016). IMC-The Next Generation. McGraw-Hill Education; New York.
- Shamuganatha, S. & Karpudewan, M. (2015). Modeling Environmental Literacy of Malaysian Pre-University Students. *International Journal of Environmental & Science Education*, 10(5), 757-771.
- Sigit, D.V., Heryanti, E., Pangestika, D.A.W., Ichsan, I.Z. (2019). Pembelajaran Lingkungan bagi Siswa: Hubungan Kemampuan Berpikir Kreatif dengan Kemampuan Pemecahan Masalah, *Jurnal Pendidikan:Teori, Penelitian dan Pengembangan*, 4(1), 6-12.
- Sholikah, T., Mardhotillah, A.F., Indriyani, L.A., Wulandari, V.A., Kuraesin, P.P.S., Al Khotim, N.L.S.A., Irjianto, M.Y., Fatmah., Ma'arif, M., Fadhillah, N., Rachmawati,Y. (2020). Studi Eksplorasi Kegiatan Praktikum Sains Saat Pandemi Covid-19. *Indonesian Journal of Science Learning*, 1(2), 67-75.

- Siddiq, M.N., Supriatno, B., Saefudin. (2020). Pengaruh penerapan problem based learning terhadap literasi lingkungan siswa SMP pada materi pencemaran lingkungan (The effect of problem based learning application towards junior high school students ' environmental literacy on environmental pollution. *Assimilation: Indonesian Journal of Biology Education*, 3(1), 18-24.
- Sohn, G.H. (2017). The Effects of Next Generation Science Standards (NGSS)-Aligned Curriculum on Fostering Environmental Literacy. (Thesis). California State University, Fullerton.
- Somantri, A. (2021). Virtual Lab Apakah Itu dan Apa Keuntungan dan Kekurangannya?. [Online]. Tersedia: <https://sukabumiupdate.com/posts/82742/virtual-lab-apakah-itu-dan-apa-keuntungan-dan-kekurangannya>
- Spellman, F.R. (2017). The Science of Environmental Pollution Third Edition. Ebook. Taylor & Francis Group.
- Sudjana, N. 2011. Penilaian Hasil dan Proses Belajar Mengajar. Bandung: Rosda Karya.
- Suharwoto, G. (2020). Pembelajaran Online di Tengah Pandemi Covid-19, Tantangan yang Mendewasakan. [Online]. Tersedia: <https://pusdatin.kemdikbud.go.id/pembelajaran-online-di-tengah-pandemi-covid-19-tantangan-yang-mendewasakan/>
- Sukma, E., Ramadhan, S., Indriyani, V. (2020). Integration of Environmental Education in Elementary Schools. *Journal of Physics*, 1481.
- Sumartini, T.S. 2016. Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa melalui Pembelajaran Berbasis Masalah. *Jurnal Pendidikan Matematika STKIP Garut*, 8(3),
- Sumen, O.O. & Calisici, H. (2016). Pre-Service Teachers' Mind Maps and Opinions on STEM Education Implemented in an Environmental Literacy Course. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 16(2), 459-476.
- Supiandi, M.I. & Julung, H. Pengaruh Model Problem Based Learning (PBL) terhadap Kemampuan Memecahkan Masalah dan Hasil Belajar Kognitif Siswa Biologi SMA, *Jurnal Pendidikan Sains*, 4(2), 60-64.
- Susilowati, S.M.E. & Anam, K. (2017). Improving Students' Scientific Reasoning and Problem-Solving Skills by The 5E Learning Model, *Journal of Biology & Biology Education*, 9(3), 506-512.

- Suranggaga, I. M. N. (2017). Mendidik lewat Literasi untuk Pendidikan Berkualitas. *Jurnal Penjaminan Mutu*, 3(2), 155-163.
- Suryanti, E., Fitriani, A., Redjeki, S., Riandi. (2019). Persepsi Mahasiswa terhadap Penggunaan Virtual Laboratory dalam Pembelajaran Biologi Molekuler. *Journal of Natural Science and Integration*, 2(2), 153-162.
- Suryanti, D., Sinaga, P., Surakusumah, W. Improvement of Students' Environmental Literacy by Using Integrated Science Teaching Materials. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, doi:10.1088/1757-899X/306/1/012031.
- Susetyarini, E. & Fauzi, A. (2020). Trend of Critical Thinking Skill Researches in Biology Education Journals Across Indonesia: From Research Design to Data Analysis. *International Journal of Instruction*, 13(1), 535-550.
- Sypsas, A., & Kalles, D. (2018, November). Virtual laboratories in biology, biotechnology, and chemistry education: a literature review. In *Proceedings of the 22nd Pan-Hellenic Conference on Informatics*, 70-75.
- Szczytko, R., Stevenson, K., Peterson, M.N., Nietfeld, J., Strnad, R.L. (2018). Development and Validation of the Environmental Literacy Instrument for Adolescents. *Environmental Education Research*, 25(2), 193-210.
- Toomey, A.H., Knight, A.T., Barlow, J. (2017). Navigating the space between research and implementation in conservation. *Conserv. Lett.* 10, 619–625.
- Uddin, M.R., Shimizu, K., Widiyatmoko, A. Assessing Secondary Level Students' Critical Thinking Skills: Inspiring Environmental Education for Achieving Sustainable Development Goals. *Journal of Physics: Conference Series*
- Ulya, H. (2016). Profil Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Bermotivasi Belajar Tinggi Berdasarkan Ideal Problem Solving. *Jurnal Konseling Gusjigang*, 2(1), 90-96.
- Unesco. (2021). Unesco and Sustainable Development Goals. [Online]. Tersedia: <https://en.unesco.org/sustainabledevelopmentgoals>
- Utami, R. 2013. Model Pembelajaran Berbasis Masalah dengan Langkah Penyelesaian Berdasarkan Polya dan Krulik-Rudnick Ditinjau Dari Kreativitas Siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*. 1(1): 81- 96.
- Utami, I.N.P., Rostikawati, R.T., Lathifah, S.S. (2021). The Effect of Discovery Learning Model Towards Biology Problem Solving, *Journal of Biology Education Research*, 2(1), 14-20.

- Wardani, R.A.K., Karyanto, P., Ramli, M. (2018). Analysis of High School Students' Environmental Literacy. *Journal of Physics*, doi :10.1088/1742-6596/1022/1/012057
- Widodo, W., Rachmadiarti, F., Hidayati, S.N. (2017). Ilmu Pengetahuan Alam. Jakarta: Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Balitbang, Kemendikbud.
- Williams, R.D. (2017). An Assesment of Environmental Literacy Among Oklahoma Public High School Students and the Factors Affecting Students' Environmental Literacy. (Thesis). Havard University
- Wong, C.A., Afandi, S.H.M., Ramachandran, S., Kunasekaran, P., Chan, J.K.L. Conceptualizing Environmental Literacy and Factors Affecting Pro-Environmental Behaviour. *International Journal of Business and Society*, 19, 128-139.
- Zheng, W.L., Wang, J.W., Zhang, X. (2018). Effects of Environmental Cognition and Environmental Attitude on Environmental Behavior of Ecotourism. *Ekologi*, 27(106), 1743-1749.