

**PENGARUH PEMBELAJARAN STEM-*SUSTAINABLE WASTE*
MANAGEMENT TERHADAP KESADARAN DAN AKSI
BERKELANJUTAN PESERTA DIDIK**

TESIS

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar
Magister Pendidikan Biologi



Oleh:

**Aisyah Zumira
NIM 2110003**

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2024**

**PENGARUH PEMBELAJARAN STEM-*SUSTAINABLE WASTE*
MANAGEMENT TERHADAP KESADARAN DAN AKSI
BERKELANJUTAN PESERTA DIDIK**

Oleh:

Aisyah Zumira

NIM 2110003

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

© Aisyah Zumira 2024

Universitas Pendidikan Indonesia

Januari 2024

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Tesis ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang,
difotokopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

AISYAH ZUMIRA

**PENGARUH PEMBELAJARAN STEM-*SUSTAINABLE WASTE*
MANAGEMENT TERHADAP KESADARAN DAN AKSI
BERKELANJUTAN PESERTA DIDIK**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I,



Prof. Dr. phil. Ari Widodo, M.Ed.
NIP. 196705271992031001

Pembimbing II,



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

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Biologi



Dr. Kusnadi, M.Si.
NIP. 196805091994031001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aisyah Zumira

NIM : 2110003

Prodi/Semester : Pendidikan Biologi/V

Fakultas : Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pengaruh Pembelajaran STEM-*Sustainable Waste Management* terhadap Kesadaran dan Aksi Berkelanjutan Peserta Didik” ini beserta seluruh isinya adalah benar hasil karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai etika yang berlaku. Atas pernyataan tersebut, saya siap menanggung resiko/sanksi apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya.

Bandung, Januari 2024



Aisyah Zumira

NIM. 2110003

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Pengaruh Pembelajaran STEM-*Sustainable Waste Management* terhadap Kesadaran dan Aksi Berkelanjutan Peserta Didik”. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW. Tesis ini diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan pada Program Studi Magister Pendidikan Biologi, Universitas Pendidikan Indonesia. Penulis dapat menyelesaikan tesis ini atas izin dan pertolongan Allah SWT, serta bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Semoga amal baik yang telah diberikan seluruh pihak yang terlibat mendapat imbalan yang berlipat ganda dari Allah SWT.

Tesis ini memberikan informasi mengenai pembelajaran STEM-*sustainable waste management* dan pengaruhnya terhadap kesadaran dan aksi berkelanjutan peserta didik. Penulis berharap tesis ini dapat memberikan kontribusi yang positif terhadap dunia pendidikan kedepannya. Penulis juga menyadari bahwa penulisan tesis ini masih memiliki banyak kekurangan. Hal tersebut dikarenakan terbatasnya kemampuan dan wawasan ilmu pengetahuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan tesis ini. Akhir kata semoga tesis ini dapat memberi manfaat bagi dunia pendidikan, khususnya pendidikan biologi.

Bandung, Januari 2024



Aisyah Zumira

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyadari bahwa penyelesaian tesis ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus serta penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. phil. Ari Widodo, M.Ed., selaku pembimbing I atas waktu dan kesempatan, arahan, bimbingan, motivasi serta nasihat yang telah diberikan kepada penulis selama penyusunan tesis ini.
2. Dr. Rini Solihat, M.Si., selaku pembimbing II sekaligus dosen pembimbing akademik atas waktu dan kesempatan, arahan, bimbingan, motivasi serta nasihat yang telah diberikan kepada penulis selama penyusunan tesis ini.
3. Dr. Yanti Hamdiyati, M.Si. dan Prof. Dr. Riandi, M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, arahan, serta saran terhadap tesis ini.
4. Dr. Kusnadi, M.Si. dan Dr. Rini Solihat, M.Si., selaku ketua dan sekretaris Program Studi Pendidikan Biologi yang telah memberikan arahan dan motivasi dalam menyelesaikan studi penulis.
5. Seluruh dosen dan tenaga pendidik Program Studi Pendidikan Biologi, yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, dan bantuan selama studi penulis.
6. Prof. Dr. Riandi, M.Si. dan Ibu Anggun Zuhaida, M.Pd. sebagai validator yang telah memberikan saran dan masukan terhadap instrumen penelitian penulis.
7. Dinas Pendidikan Provinsi Riau yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melanjutkan studi melalui program tugas belajar.
8. Guru, peserta didik, dan tenaga pendidik SMA Negeri 4 Bandung, yang telah memberikan waktu, kesempatan, dan bantuan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
9. Orang tua, adik, dan keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi selama studi penulis.
10. Seluruh rekan mahasiswa Program Studi Magister Pendidikan Biologi angkatan 2021 yang selalu memberikan semangat dan motivasi.

11. Seluruh pihak yang terkait dalam penyusunan dan penyelesaian tesis ini. Penulis berdoa agar semua kebaikan yang telah dilakukan mendapatkan balasan dan pahala dari Allah SWT.

Bandung, Januari 2024



Aisyah Zumira

**PENGARUH PEMBELAJARAN STEM-SUSTAINABLE WASTE
MANAGEMENT TERHADAP KESADARAN DAN AKSI
BERKELANJUTAN PESERTA DIDIK**

**Aisyah Zumira
2110003**

ABSTRAK

Pengelolaan sampah (*waste management*) merupakan masalah kritis yang dampaknya dirasakan langsung oleh manusia dan lingkungan. Permasalahan sampah saat ini terjadi karena masih rendahnya pengetahuan dan kesadaran masyarakat terkait dampak dari aktivitas yang dilakukan terhadap lingkungan. Selain itu, rendahnya pengetahuan dan kesadaran juga memengaruhi keinginan seseorang untuk melakukan aksi dalam konteks pembangunan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pembelajaran *sustainable waste management* berbasis STEM terhadap kesadaran dan aksi berkelanjutan peserta didik. Metode penelitian yang digunakan adalah *quasi experimental* dengan desain *pretest-posttest non-equivalent control group*. Penelitian ini berfokus pada 2 kelompok penelitian, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen mendapatkan perlakuan berupa pembelajaran *sustainable waste management* menggunakan model STEM pada materi perubahan lingkungan. Sedangkan kelompok kontrol merupakan kelompok peserta didik yang mendapatkan pembelajaran materi perubahan lingkungan seperti yang biasa dilakukan oleh guru di kelas. Penentuan sampel penelitian dilakukan menggunakan teknik *convenience sampling*, dengan jumlah sampel sebanyak 134 peserta didik. Instrumen yang digunakan untuk mengukur kesadaran dan aksi berkelanjutan peserta didik merupakan instrumen non tes berupa kuesioner. Kuesioner kesadaran dan aksi berkelanjutan dikembangkan dari indikator hasil sintesis terhadap beberapa artikel yang relevan dengan topik penelitian. Instrumen lain yang digunakan yaitu instrumen wawancara guru dan peserta didik, serta jurnal aksi harian peserta didik. Berdasarkan temuan dan analisis data penelitian, dapat diketahui bahwa pembelajaran *sustainable waste management* dapat memengaruhi kesadaran berkelanjutan peserta didik secara signifikan ($p < 0,05$). Berkebalikan dengan simpulan pertama, pembelajaran *sustainable waste management* belum dapat memengaruhi aksi berkelanjutan peserta didik ($p > 0,05$).

Kata kunci: pembelajaran STEM-*sustainable waste management*, kesadaran berkelanjutan, aksi berkelanjutan

THE INFLUENCE OF STEM-SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT LEARNING ON STUDENTS' SUSTAINABLE AWARENESS AND ACTIONS

**Aisyah Zumira
2110003**

ABSTRACT

Waste management is a critical problem whose impacts are felt directly by humans and the environment. The current waste problem occurs because there is still low public knowledge and awareness regarding the impact of activities carried out on the environment. Apart from that, low knowledge and awareness also influences a person's desire to take action in the context of sustainable development. This research aims to determine the effect of STEM based sustainable waste management learning on students' sustainable awareness and actions. The research method used was quasi experimental with a pretest-posttest non-equivalent control group design. This research focuses on 2 research groups, namely the experimental group and the control group. The experimental group received treatment in the form of sustainable waste management learning using the STEM (science, technology, mathematics, engineering) model on environmental change material. Meanwhile, the control group was a group of students who received environmental change material as is usually done by teachers in class. The population in this research is all students in class X of State High Schools in Bandung City in the 2023/2024 academic year. The research sample was determined using a convenience sampling technique, with a total sample of 134 students. The instrument used to measure students' awareness and sustainable action is a non-test instrument in the form of a questionnaire. The awareness and sustainable action questionnaire was developed from indicators from the synthesis of several articles relevant to the research topic. Apart from the questionnaire, other instruments used in the research were teacher and student interview instruments, as well as students' daily action journals. Based on the findings and analysis of research data, it can be seen that learning sustainable waste management can significantly influence students' sustainability awareness ($p < ,05$). In contrast to the first conclusion, learning sustainable waste management has not been able to influence students' sustainable actions ($p > ,05$).

Keywords: STEM-sustainable waste management learning, sustainable awareness, sustainable action

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 Struktur Organisasi Tesis.....	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
2.1 Pembelajaran <i>Sustainable Waste Management</i>	9
2.2 Kesadaran Berkelanjutan	14
2.3 Aksi Berkelanjutan	18
2.4 Analisis Materi Perubahan Lingkungan pada Kurikulum Biologi SMA.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Metode dan Desain Penelitian	26
3.2 Populasi dan Sampel.....	26
3.3 Definisi Operasional	27
3.4 Asumsi Penelitian	28
3.5 Hipotesis Penelitian	28
3.6 Paradigma Penelitian	29
3.7 Instrumen Penelitian	30
3.7.1 Instrumen Kesadaran Berkelanjutan	31
3.7.2 Instrumen Aksi Berkelanjutan.....	36
3.7.3 Instrumen Pendukung.....	42
3.8 Prosedur Penelitian	45
3.8.1 Tahap Persiapan Penelitian	45
3.8.2 Tahap Pelaksanaan Penelitian	46
3.8.3 Tahap Setelah Penelitian	49

3.9	Analisis Data.....	50
3.9.1	Analisis Data Kesadaran Berkelanjutan	50
3.9.2	Analisis Data Aksi Berkelanjutan	52
3.10	Alur Penelitian	53
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN		54
4.1	Kesadaran Berkelanjutan Peserta Didik	54
4.1.1	Kesadaran Pengetahuan Peserta Didik	60
4.1.2	Kesadaran Sikap	75
4.1.3	Kesadaran Partisipasi	84
4.2	Aksi Berkelanjutan Peserta Didik.....	91
4.2.1	Kompetensi Aksi	95
4.2.2	Aksi Masa Lalu, Masa Sekarang, dan Masa yang akan Datang	101
4.2.3	Dampak Aksi.....	105
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, REKOMENDASI.....		110
5.1	Simpulan	110
5.2	Implikasi	110
5.3	Rekomendasi.....	110
DAFTAR PUSTAKA		111
LAMPIRAN.....		119

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Tahapan Model Pembelajaran STEM.....	11
Tabel 3. 1	Indikator Kesadaran Berkelanjutan Berdasarkan Hasil Sintesis....	32
Tabel 3. 2	Kisi-Kisi Kuesioner Kesadaran Berkelanjutan Sebelum Uji Coba	32
Tabel 3. 3	Masukan Validator Ahli terhadap Kuesioner Kesadaran Berkelanjutan	33
Tabel 3. 4	Hasil Uji Coba Kuesioner Kesadaran Berkelanjutan.....	34
Tabel 3. 5	Kisi-Kisi Instrumen Kuesioner Kesadaran Berkelanjutan yang Digunakan.....	35
Tabel 3. 6	Contoh Butir Pernyataan Kuesioner Kesadaran Berkelanjutan	36
Tabel 3. 7	Indikator Aksi Berkelanjutan Berdasarkan Hasil Sintesis.....	37
Tabel 3. 8	Kisi-Kisi Kuesioner Aksi Berkelanjutan Sebelum Uji Coba.....	38
Tabel 3. 9	Masukan Validator Ahli terhadap Kuesioner Kesadaran Berkelanjutan	39
Tabel 3. 10	Hasil Uji Coba Kuesioner Aksi Berkelanjutan.....	39
Tabel 3. 11	Kisi-Kisi Instrumen Kuesioner Aksi Berkelanjutan yang Digunakan.....	41
Tabel 3. 12	Contoh Butir Pernyataan Kuesioner Aksi Berkelanjutan	42
Tabel 3. 13	Kisi-Kisi Instrumen Wawancara Guru	43
Tabel 3. 14	Kisi-Kisi Instrumen Wawancara Peserta Didik	43
Tabel 3. 15	Kisi-Kisi Jurnal Aksi Harian Peserta Didik.....	44
Tabel 3. 16	Deskripsi Kegiatan Pembelajaran di Kelompok Kontrol dan Kelompok Eksperimen	46
Tabel 3. 17	Kategori Nilai <i>N-Gain</i>	51
Tabel 4. 1	Hasil Analisis Statistik Deskriptif dan Inferensial Data Kesadaran Berkelanjutan Peserta Didik	54
Tabel 4. 2	Perolehan <i>N-gain</i> Kesadaran Berkelanjutan Kelompok Kontrol dan Eksperimen	57
Tabel 4. 3	Hasil Analisis Statistik Deskriptif dan Inferensial Kesadaran Pengetahuan Peserta Didik	61
Tabel 4. 4	Kesadaran Pengetahuan Peserta Didik Berdasarkan Analisis LKPD	63

Tabel 4. 5	Hasil Analisis Kesadaran Pengetahuan Peserta Didik Kelompok Eksperimen	63
Tabel 4.6	Hasil Analisis Statistik Deskriptif dan Inferensial Kesadaran Sikap Peserta Didik.....	76
Tabel 4.7	Hasil Analisis Kesadaran Sikap Peserta Didik Kelompok Eksperimen	78
Tabel 4.8	Hasil Analisis Statistik Deskriptif dan Inferensial Kesadaran Partisipasi Peserta Didik	84
Tabel 4.9	Hasil Analisis Kesadaran Partisipasi Peserta Didik Kelompok Eksperimen	86
Tabel 4. 10	Hasil Analisis Statistik Deskriptif dan Inferensial Data Aksi Berkelanjutan Peserta Didik	91
Tabel 4.11	Hasil Analisis Statistik Deskriptif dan Inferensial Data Kompetensi Aksi Peserta Didik	96
Tabel 4.12	Hasil Analisis Kompetensi Aksi Peserta Didik Kelompok Eksperimen	97
Tabel 4.13	Hasil Analisis Statistik Deskriptif dan Inferensial Data Aksi Masa Lalu, Masa Sekarang, Masa yang akan Datang Peserta Didik	101
Tabel 4.14	Hasil Analisis Statistik Deskriptif dan Inferensial Data Dampak Aksi Peserta Didik.....	105
Tabel 4.15	Dampak Aksi Tim di Kelompok Eksperimen Berdasarkan Ide Solusi dalam Bentuk <i>Prototype</i>	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Kompetensi aksi dalam pembangunan berkelanjutan	19
Gambar 3. 1	Desain penelitian <i>pretest-posttest non-equivalent control group</i>	26
Gambar 3. 2	Paradigma Penelitian	29
Gambar 3. 3	Diagram alur penelitian	53
Gambar 4. 1	Rata-Rata Skor <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Kesadaran Berkelanjutan Kelompok Kontrol dan Kelompok Eksperimen	56
Gambar 4. 2	Perbandingan rata-rata skor <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> kesadaran pengetahuan kelompok kontrol dan kelompok eksperimen	62
Gambar 4. 3	Hasil observasi dan identifikasi masalah Tim 2	68
Gambar 4. 4	Hasil diskusi tentang penyebab utama timbulnya masalah pengelolaan sampah oleh Tim 2 (a) dan Tim 5 (b)	69
Gambar 4.5	Hasil diskusi Tim 2 tentang dampak permasalahan sampah yang ditemukan terhadap kehidupan di sekitarnya	70
Gambar 4.6	Ide solusi dari setiap anggota Tim 2	71
Gambar 4.7	Hasil diskusi ide solusi terpilih dari Tim 2	71
Gambar 4.8	Hasil desain teknologi peserta didik kelompok eksperimen	73
Gambar 4.9	Perbandingan skor <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> kesadaran pengetahuan setiap tim di kelompok eksperimen	74
Gambar 4.10	Rata-rata skor <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> kesadaran sikap kelompok kontrol dan eksperimen	77
Gambar 4.11	Perbandingan skor <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> kesadaran sikap setiap tim di kelompok eksperimen	83
Gambar 4.12	Rata-rata skor <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> kesadaran partisipasi kelompok kontrol dan eksperimen	85
Gambar 4.13	Perbandingan skor <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> kesadaran partisipasi setiap tim di kelompok eksperimen	90
Gambar 4.14	Rata-rata skor <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> aksi berkelanjutan kelompok kontrol dan eksperimen	92
Gambar 4.15	Rekapitulasi pengisian jurnal aksi harian peserta didik di kelompok eksperimen	103
Gambar 4.16	Contoh Pengisian jurnal aksi harian oleh peserta didik PD43	104

Gambar 4.17 Jawaban peserta didik tentang nilai pada aspek ESD yang mereka dapatkan, (a) Tim 2 dan (b) Tim 6 108

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Instrumen Kesadaran Berkelanjutan yang Digunakan	120
Lampiran 2. Instrumen Aksi Berkelanjutan yang Digunakan.....	121
Lampiran 3. Instrumen dan Hasil Wawancara Guru.....	122
Lampiran 4. Instrumen dan Hasil Wawancara Siswa	124
Lampiran 5. Instrumen Jurnal Aksi Harian Peserta didik.....	126
Lampiran 6. Modul Ajar Pembelajaran <i>Sustainable Waste Management</i>	128
Lampiran 7. Hasil Analisis Data Kesadaran Berkelanjutan Peserta Didik	137
Lampiran 8. Hasil Analisis Data Aksi Berkelanjutan Peserta Didik	143
Lampiran 9. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)	144
Lampiran 10. Rubrik Penilaian LKPD Peserta Didik	152
Lampiran 11. Lembar Observasi Kegiatan Pembelajaran	156
Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian.....	159

DAFTAR PUSTAKA

- Abdellatif, H. (2022). Environmental Education Through Shocking Photos : An Innovative Way of Creating Environmental Awareness. *Journal of Positive School Psychology*, 6(7), 4044–4057.
- Afifah, N. T. (2023). *Pengaruh Pembelajaran Proyek Air Pollution Blocker Berbasis STEM terhadap Kesadaran Berkelanjutan dan Aksi Peduli Kesehatan Lingkungan pada Peserta Didik SMP*.
- Al-Naqbi, A. K., & Alshannag, Q. (2018). The Status of Education for Sustainable Development and Sustainability Knowledge, Attitudes, and Behaviors of UAE University Students. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 19(3), 566–588. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-06-2017-0091>
- Almers, E. (2013). Pathways to Action Competence for Sustainability - Six Themes. *Journal of Environmental Education*, 44(2), 116–127. <https://doi.org/10.1080/00958964.2012.719939>
- Altin, A., Tecer, S., Tecer, L., Altin, S., & Kahraman, B. F. (2014). Environmental Awareness Level of Secondary School Students: A Case Study in Balıkesir (Türkiye). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 141, 1208–1214. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.207>
- Amézaga, T. R. W., Camarena, J. L., Figueroa, R. C., & Realivazquez, K. A. G. (2022). Measuring Sustainable Development Knowledge, Attitudes, and Behaviors: Evidence from University Students in Mexico. *Environment, Development and Sustainability*, 24(1), 765–788. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01467-0>
- Baawain, M., Al-Mamun, A., Omidvarborna, H., & Al-Amri, W. (2017). Ultimate Composition Analysis of Municipal Solid Waste in Muscat. *Journal of Cleaner Production*, 148, 355–362. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.013>
- Barclay, P., & Barker, J. L. (2020). Greener Than Thou: People Who Protect the Environment are More Cooperative, Compete to be Environmental, and Benefit from Reputation. *Journal of Environmental Psychology*, 72, 101441. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101441>
- Baxter, D., & Pelletier, L. G. (2020). The Roles of Motivation and Goals on Sustainable Behaviour in a Resource Dilemma : A Self-Determination Theory Perspective. *Journal of Environmental Psychology*, 69, 101437. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101437>
- Berglund, T., Gericke, N., & Chang Rundgren, S. N. (2014). The Implementation of Education for Sustainable Development in Sweden: Investigating the Sustainability Consciousness among Upper Secondary Students. *Research in Science and Technological Education*, 32(3), 318–339. <https://doi.org/10.1080/02635143.2014.944493>
- Berliani, V. (2021). *Pengaruh Camera Science Action pada Materi Pencemaran Lingkungan terhadap Kesadaran Berkelanjutan dan Kemampuan Kolaborasi Siswa SMP*. Universitas Pendidikan Indonesia.

- Biasutti, M., De Baz, T., & Alshawa, H. (2016). Assessing the Infusion of Sustainability Principles into University Curricula. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 18(2), 21–40. <https://doi.org/10.1515/jtes-2016-0012>
- Campbell, C., & Speldewinde, C. (2022). Early Childhood STEM Education for Sustainable Development. *Sustainability (Switzerland)*, 14(6), 3524–3535. <https://doi.org/10.3390/su14063524>
- Caniëls, M. C. J., Lambrechts, W., Platje, J., Motylska-Kuźma, A., & Fortuński, B. (2021). 50 Shades of Green: Insights into Personal Values and Worldviews as Drivers of Green Purchasing Intention, Behaviour, and Experience. *Sustainability (Switzerland)*, 13(8), 4140–4158. <https://doi.org/10.3390/su13084140>
- Carbach, E., & Fischer, D. (2017). Sustainability Reporting at Schools: Challenges and Benefits. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 19(1), 69–81. <https://doi.org/10.1515/jtes-2017-0005>
- CNN. (2022). *Sampah Plastik 2021 Naik ke 11,6 Juta Ton, KLHK Sindir Belanja Online*. <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20220225173203-20-764215/sampah-plastik-2021-naik-ke-116-juta-ton-klhk-sindir-belanja-online>
- Cogut, G., Webster, N. J., Marans, R. W., & Callewaert, J. (2019). Links Between Sustainability-related Awareness and Behavior: The Moderating Role of Engagement. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20(7), 1240–1257. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-09-2018-0161>
- Creswell, W. John & Creswell, J. D. (2018). Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Daulay, F. R. (2023). *Pengaruh Pembelajaran Proyek Biodegradable Food Packaging terhadap Peningkatan Kesadaran dan Aksi Siswa SMA pada Perubahan Lingkungan*.
- Debrah, J. K., Vidal, D. G., & Dinis, M. A. P. (2021). Raising Awareness on Solid Waste Management through Formal Education for Sustainability: A Developing Countries Evidence Review. *Recycling*, 6(1), 1–21. <https://doi.org/10.3390/recycling6010006>
- DLHK, D. L. H. dan K. (2022). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Gamage, K. A. A., Ekanayake, S. Y., & Dehideniya, S. C. P. (2022). Embedding Sustainability in Learning and Teaching: Lessons Learned and Moving Forward-Approaches in STEM Higher Education Programmes. *Education Sciences*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/educsci12030225>
- Gericke, N., Boeve-de Pauw, J., Berglund, T., & Olsson, D. (2018). The Sustainability Consciousness Questionnaire: The Theoretical Development and Empirical Validation of an Evaluation Instrument for Stakeholders Working with Sustainable Development. *Sustainable Development*, 27(1), 1–15. <https://doi.org/10.1002/sd.1859>

- Gustiani, I., Widodo, A., & Suwarma, I. R. (2017). Development and Validation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) based Instructional Material. *AIP Conference Proceedings*, 1848(May). <https://doi.org/10.1063/1.4983969>
- Hadjichambis, A. C., & Paraskeva-Hadjichambi, D. (2020). Environmental Citizenship Questionnaire (ECQ): The Development and Validation of an Evaluation Instrument for Secondary School Students. *Sustainability (Switzerland)*, 12(3), 1–16. <https://doi.org/10.3390/SU12030821>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Han, J., Kelley, T., & Knowles, J. G. (2022). Building a sustainable model of integrated stem education: investigating secondary school STEM classes after an integrated STEM project. *International Journal of Technology and Design Education*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09777-8>
- Han, P., Tong, Z., Sun, Y., & Chen, X. (2022). Impact of Climate Change Beliefs on Youths' Engagement in Energy-Conservation Behavior: The Mediating Mechanism of Environmental Concerns. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(12), 7222–7238. <https://doi.org/10.3390/ijerph19127222>
- Haqiqi, B. Y. (2023). *Pengaruh Pembelajaran Proyek Waste to Energy terhadap Kesadaran dan Aksi Siswa untuk Memanfaatkan Sampah sebagai Sumber Energi Ramah Lingkungan*.
- Hassan, A., Noordin, T. A., & Sulaiman, S. (2010). The status on the level of environmental awareness in the concept of sustainable development amongst secondary school students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 1276–1280. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.187>
- Heeren, A. J., Singh, A. S., Zwickle, A., Koontz, T. M., Slagle, K. M., & McCreery, A. C. (2016). Is Sustainability Knowledge Half the Battle?: An Examination of Sustainability Knowledge, Attitudes, Norms, and Efficacy to Understand Sustainable Behaviours. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 17(5), 613–632. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2015-0014>
- Hoang, N. H., & Fogarassy, C. (2020). Sustainability Evaluation of Municipal Solid Waste Management System for Hanoi (Vietnam)-Why to Choose the “Waste-to-Energy” Concept. *Sustainability (Switzerland)*, 12(3), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su12031085>
- Ikhlayel, M. (2018). A Systematic Life Cycle Thinking Approach to Develop Sustainable Municipal Solid Waste Management Systems for Developing Countries. *Journal of Cleaner Production*, 180, 571–586. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.057>
- Isac, M. M., Sass, W., Pauw, J. B. De, De Maeyer, S., Schelfhout, W., Van Petegem, P., & Claes, E. (2022). Differences in Teachers' Professional Action Competence in Education for Sustainable Development: The Importance of

- Teacher Co-Learning. *Sustainability (Switzerland)*, 14(2).
<https://doi.org/10.3390/su14020767>
- Kartini, D., & Widodo, A. (2020). Exploring Elementary Teachers', Students' Beliefs and Readiness toward STEAM Education. *Mimbar Sekolah Dasar*, 7(1), 58–69. <https://doi.org/10.17509/mimbar-sd.v7i1.22453>
- Kartini, Firda Sarah, Widodo, A., & Winarno, N. (2021). STEM Project-Based Learning on Student's STEM Literacy: The Case of Teaching Earth Layer and Disaster. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012221>
- Kartini, Firdha Sarah, Widodo, A., Winarno, N., & Astuti, L. (2021). Promoting Student's Problem-Solving Skills through STEM Project-Based Learning in Earth Layer and Disasters Topic. *Journal of Science Learning*, 4(3), 257–266. <https://doi.org/10.17509/jsl.v4i3.27555>
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002a). Mind the Gap: Why Do People Act Environmentally and What are the Barriers to Pro-Environmental Behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002b). Mind the Gap: Why Do People Act Environmentally and What are the Barriers to Pro-Environmental Behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260. <https://doi.org/10.1080/1350462022014540>
- Kopnina, H. (2012). Education for Sustainable Development (ESD): The Turn Away from 'Environment' in Environmental Education? *Environmental Education Research*, 18(5), 699–717. <https://doi.org/10.1080/13504622.2012.658028>
- Lange, F., & Dewitte, S. (2019). Measuring Pro-Environmental Behavior: Review and Recommendations. *Journal of Environmental Psychology*, 63(October 2018), 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2019.04.009>
- Lestari, R. (2023). *Pengaruh Bahan Ajar Biologi Berbasis Education for Sustainable Development pada Pembelajaran Proyek Pemecahan Masalah Isu Keberlanjutan terhadap Penguasaan Konsep dan Sustainability Consciousness Peserta Didik SMA.*
- Li, D., Zhao, L., Ma, S., Shao, S., & Zhang, L. (2019). What Influences an Individual's Pro-Environmental Behavior? A Literature Review. *Resources, Conservation and Recycling*, 146(November 2017), 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.024>
- Liu, Y., Liu, J., & Su, Y. (2021). Low-Carbon Awareness and Behaviors: Effects of Exposure to Climate Change Impact Photographs. *SAGE Open*, 11(3), 1–13. <https://doi.org/10.1177/21582440211031487>
- Martín-Sánchez, A., González-Gómez, D., & Jeong, J. S. (2022). Service Learning as an Education for Sustainable Development (ESD) Teaching Strategy: Design, Implementation, and Evaluation in a STEM University Course. *Sustainability (Switzerland)*, 14(12), 6965–6979.

<https://doi.org/10.3390/su14126965>

- Mei, N. S., Wai, C. W., & Ahamad, R. (2016). Environmental Awareness and Behaviour Index for Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 222(07), 668–675. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.223>
- Michael, F. L., Sumilan, H., Bandar, N. F. A., Hamidi, H. A. N. A., Jonathan, V., & Nor, N. N. M. (2020). Sustainable Development Concept Awareness Among Students in Higher Education: a Preliminary Study. *Journal of Sustainability Science and Management*, 15(7), 113–122. <https://doi.org/10.46754/jssm.2020.10.011>
- Michalos, A. C., Creech, H., McDonald, C., & Kahlke, P. M. H. (2011). Knowledge, Attitudes and Behaviours. Concerning Education for Sustainable Development: Two Exploratory Studies. *Social Indicators Research*, 100(3), 391–413. <https://doi.org/10.1007/s11205-010-9620-9>
- Michalos, A. C., Creech, H., Swayze, N., Kahlke, P. M., Buckler, C., & Rempel, K. (2012). Measuring Knowledge, Attitudes and Behaviours Concerning Sustainable Development among Tenth Grade Students in Manitoba. *Social Indicators Research*, 106(2), 213–238. <https://doi.org/10.1007/s11205-011-9809-6>
- Michalos, A. C., Kahlke, P. M., Rempel, K., Lounatvuori, A., MacDiarmid, A., Creech, H., & Buckler, C. (2015). Progress in Measuring Knowledge, Attitudes and Behaviours Concerning Sustainable Development Among Tenth Grade Students in Manitoba. In *Social Indicators Research* (Vol. 123, Issue 2). <https://doi.org/10.1007/s11205-014-0752-1>
- Mogensen, F., & Schnack, K. (2010). The Action Competence Approach and The “New” Discourses of Education for Sustainable Development, Competence and Quality Criteria. *Environmental Education Research*, 16(1), 59–74. <https://doi.org/10.1080/13504620903504032>
- Mojilis, F. (2019). Sustainability Awareness of Students from a Green University in Sabah. *Malaysia. Journal of Tourism, Hospitality and Environment Management*, 4(13), 24–33.
- Olsson, D., Gericke, N., & Rundgren, S. N. C. (2016). The Effect of Implementation of Education for Sustainable Development in Swedish Compulsory Schools – Assessing Pupils’ Sustainability Consciousness. *Environmental Education Research*, 22(2), 176–202. <https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1005057>
- Olsson, D., Gericke, N., Sass, W., & Pauw, J. B. (2020). Self-Perceived Action Competence for Sustainability: The Theoretical Grounding and Empirical Validation of a Novel Research Instrument. *Environmental Education Research*, 26(5), 742–760. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1736991>
- Pauw, J. B. de, Gericke, N., Olsson, D., & Berglund, T. (2015). The Effectiveness of Education for Sustainable Development. *Sustainability (Switzerland)*, 7(11), 15693–15717. <https://doi.org/10.3390/su71115693>
- Permanasari, A. (2022). *Implementasi Program Pembelajaran Berbasis Kebun Rumah terhadap Sustainability Councsciousness, Disposisi Kreatif dan Produk*

Kreatif Siswa SMP. Universitas Pendidikan Indonesia.

- Piyapong, J. (2020). Factors Affecting Environmental Activism, Nonactivist Behaviors, and the Private Sphere Green Behaviors of Thai University Students. *Education and Urban Society*, 52(4), 619–648. <https://doi.org/10.1177/0013124519877149>
- Pöldnirk, J. (2015). Optimisation of the Economic, Environmental and Administrative Efficiency of the Municipal Waste Management Model in Rural Areas. *Resources, Conservation and Recycling*, 97, 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.02.003>
- Rahman, N. A., Halim, L., Ahmad, A. R., & Soh, T. M. T. (2018). Challenges of Environmental Education: Inculcating Behavioural Changes among Indigenous Students. *Creative Education*, 09(01), 43–55. <https://doi.org/10.4236/ce.2018.91004>
- Sadira, N. A. F. (2021). *Pengaruh Keterlibatan Siswa dalam Program Zero Waste pada Materi Ekosistem terhadap Kesadaran Berkelanjutan dan Keterampilan Berpikir Sistem Siswa*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Samuelsson, K., Giusti, M., Peterson, G. D., Legeby, A., Brandt, S. A., & Barthel, S. (2018). Impact of environment on people's everyday experiences in Stockholm. *Landscape and Urban Planning*, 171(November 2017), 7–17. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.11.009>
- Saptarani, D., Widodo, A., & Purwianingsih, W. (2019). Biology Teachers and High School Students Perceptions about STEM Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042007>
- Sarabi, R. E., Abdekhoda, M., Dehnad, A., & Khajouei, G. (2020). Environmental Literacy and Accountability of Undergraduate Students of Medical Sciences. *Webology*, 17(1), 191–201. <https://doi.org/10.14704/WEB/V17I1/a216>
- Saraiva, T. S., Almeida, M., Bragança, L., & Barbosa, M. T. (2019). The Inclusion of A Sustainability Awareness Indicator in Assessment Tools for High School Buildings. *Sustainability (Switzerland)*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/su11020387>
- Sass, W., De Maeyer, S., Boeve-de Pauw, J., & Van Petegem, P. (2022). Honing Action Competence in Sustainable Development: What Happens in Classrooms Matters. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02195-9>
- Sass, W., Pauw, J. B., Maeyer, S. De, Petegem, P. Van, & Sass, W. (2021). Development and Validation of an Instrument for Measuring Action Competence in Sustainable Development within Early Adolescents: The Action Competence in Sustainable Development Questionnaire (ACiSD-Q). *Environmental Education Research*, 27(9), 1284–1304. <https://doi.org/10.1080/13504622.2021.1888887>
- Sen, L. T. H., Bond, J., Phuong, L. T. H., Winkel, A., Tran, U. C., & Le, N. Van. (2021). The Importance of Climate Change Awareness for The Adaptive

- Capacity of Ethnic Minority Farmers in The Mountainous Areas of Thua Thien Hue Province. *Local Environment*, 26(2), 239–251. <https://doi.org/10.1080/13549839.2021.1886064>
- Septiana, A. (2023). *Pengaruh Pembelajaran Proyek Grey Water Recycle Berbasis STEM terhadap Kesadaran Berkelanjutan dan Aksi Clean Water and Sanitation pada Siswa SMP*.
- Shekdar, A. V. (2009). Sustainable Solid Waste Management: An Integrated Approach for Asian Countries. *Waste Management*, 29(4), 1438–1448. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.08.025>
- Si, W., Jiang, C., & Meng, L. (2022). The Relationship between Environmental Awareness, Habitat Quality, and Community Residents' Pro-Environmental Behavior—Mediated Effects Model Analysis Based on Social Capital. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph192013253>
- Sinakou, E., Donche, V., Pauw, J. B. De, & Van Petegem, P. (2019). Designing Powerful Learning Environments in Education for Sustainable Development: A Conceptual Framework. *Sustainability (Switzerland)*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/su11215994>
- Sinakou, E., Donche, V., & Van Petegem, P. (2022). Action-Orientation in Education for Sustainable Development: Teachers' Interests and Instructional Practices. *Journal of Cleaner Production*, 370(January), 133469. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133469>
- Sinatra, G. M., Kardash, C. A. M., Taasobshirazi, G., & Lombardi, D. (2012). Promoting Attitude Change and Expressed Willingness to Take Action toward Climate Change in College Students. *Instructional Science*, 40(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s11251-011-9166-5>
- Supriatna, N., Romadona, N. F., Saputri, A. E., & Darmayanti, M. (2018). Implementasi Education for Sustainable Development (ESD) melalui Ecopedagogy dalam Pembelajaran Tematik Terpadu di Sekolah Dasar. *Primaria Educationem Journal*, 1(2), 80–86.
- Suwarto, R. S. (2021). *Implementasi Education for Sustainable Development dan Pencapaian Sustainability Consciousness Siswa di Sekolah Adiwiyata dan Sekolah Berbasis ESD*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Taboada, A., & Guthrie, J. T. (2006). Contributions of Student Questioning and Prior Knowledge to Construction of Knowledge from Reading Information Text. *Journal of Literacy Research*, 38(1), 1–35. https://doi.org/10.1207/s15548430jlr3801_1
- Thompson, R. A., & Zamboanga, B. L. (2003). Prior Knowledge and Its Relevance to Student Achievement in Introduction to Psychology. *Teaching of Psychology*, 30(2), 96–101. https://doi.org/10.1207/S15328023TOP3002_02
- Tiara, C. (2023). *Pengaruh Pembelajaran Aplikasi Light Emitting Diodes (LED) dalam Pengawetan Makanan terhadap Kesadaran dan Keterlibatan Berkelanjutan Zero Hunger pada Peserta Didik SMA*.

- UNESCO. (2017). Education for Sustainable Development Goals Learning Objectives (Note: Implementierung der BNE). In *Unesco: Vol. Education*.
- Varela-Losada, M., Vega-Marcote, P., Pérez-Rodríguez, U., & Álvarez-Lires, M. (2016). Going to Action? A Literature Review on Educational Proposals in Formal Environmental Education. *Environmental Education Research*, 22(3), 390–421. <https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1101751>
- Wahono, B., Lin, P. L., & Chang, C. Y. (2020). Evidence of STEM Enactment Effectiveness in Asian Student Learning Outcomes. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1>
- Wals, A. E. J. (2011). Learning Our Way to Sustainability. *Journal of Education for Sustainable Development*, 5(2), 177–186. <https://doi.org/10.1177/097340821100500208>
- Widodo, A. (2021). *Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam : Dasar-Dasar untuk Praktik* (M. Iriany (ed.); 1st ed.). UPI Press.
- Winarto, Y., Purwani, O., Setyaningsih, W., & Triratma, B. (2022). Zero Emission and Clean Energy Concept for Campus Area in Hot-Humid Tropical Climate. *International Journal of Architectural Research: Archnet-IJAR*. <https://doi.org/10.1108/ARCH-12-2021-0349>