

**DESAIN DIDAKTIS *PROJECT BASED LEARNING* BERORIENTASI ESD PADA
KONTEKS BIOPLASTIK UNTUK MENUMBUHKAN LITERASI SAINS
MAHASISWA CALON GURU KIMIA**

TESIS

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan
Kimia



Oleh :

Ester Yuliati Cristina Purba

2310796

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

2024

DESAIN DIDAKTIS *PROJECT BASED LEARNING* BERORIENTASI ESD PADA
KONTEKS BIOPLASTIK UNTUK MENUMBUHKAN LITERASI SAINS MAHASISWA
CALON GURU KIMIA

Oleh

Ester Yuliati Cristina Purba

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

© Ester Yuliati Cristina Purba

Universitas Pendidikan Indonesia

2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

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

**DESAIN DIDAKTIS *PROJECT BASED LEARNING* BERORIENTASI ESD PADA
KONTEKS BIOPLASTIK UNTUK MENUMBUHKAN LITERASI SAINS
MAHASISWA CALON GURU KIMIA**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

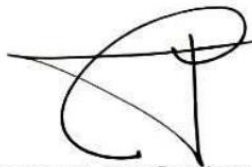
Dosen Pembimbing I



Dr. Hernani, M.Si.

NIP.1967110919910121001

Dosen Pembimbing II



Dr.rer.nat. Asep Supriatna, M.Si.

NIP. 196605021990031005

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Kimia



Dr. Wiji, M.Si.

NIP. 197204302001121001

LEMBAR PENGESAHAN TESIS


ESTER YULIATI CRISTINA PURBA

2310796

**DESAIN DIDAKTIS *PROJECT BASED LEARNING* BERORIENTASI ESD PADA
KONTEKS BIOPLASTIK UNTUK MENUMBUHKAN LITERASI SAINS
MAHASISWA CALON GURU KIMIA**

Disetujui dan Disahkan oleh:

Pembimbing I/ Penguji I



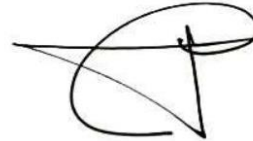
Dr. Hernani, M.Si.
NIP.1967110919910121001

Penguji III



Dr. Wiji, M.Si.
NIP. 197204302001121001

Pembimbing II / Penguji II



Dr.rer.nat. Asep Supriatna, M.Si.
NIP. 196605021990031005

Penguji IV



Dr. Wawan Wahyu, M.Pd.
NIP. 197111201998021001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Desain Didaktis *Project Based Learning* Berorientasi ESD Pada Konteks Bioplastik Untuk Menumbuhkan Literasi Sains Mahasiswa Calon Guru Kimia” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya dengan bantuan dosen pembimbing yaitu Ibu Dr. Hernani, M.Si dan Bapak Dr.rer.nat. Asep Supriatna, M.Si. 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 risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya ini.

Bandung, Agustus 2024

Yang Membuat Pernyataan,

Ester Yulianti Cristina Purba

NIM. 2310796

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas kasih dan karunia-Nya dapat dilancarkan dalam menyelesaikan tesis yang berjudul “**Desain Didaktis Project Based Learning Berorientasi ESD Pada Konteks Bioplastik Untuk Menumbuhkan Literasi Sains Mahasiswa Calon Guru Kimia**”. Tesis ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Magister Pendidikan Kimia di Program Studi Pendidikan Kimia FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia. Dalam penyelesaian tesis ini penulis mendapat banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral maupun materi. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses pembuatan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna dan perlu pendalaman lebih lanjut. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca dalam membangun agar dapat dijadikan bahan perbaikan di masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan ke arah yang lebih baik.

Bandung, Agustus 2024

Penulis

Ester Yuliati Cristina Purba

2310796

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama penyusunan tesis ini banyak kendala yang dihadapi peneliti, namun berkat bantuan, bimbingan, saran, serta masukan dari berbagai pihak, akhirnya penulisan tesis ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang selalu ada disetiap langkah penulis dalam menyelesaikan tesis ini. Terimakasih karena Tuhan selalu membuat indah pada waktunya.
2. Diri sendiri, Ester Yuliati Cristina Purba selaku penulis karena telah berusaha untuk berjuang menyelesaikan tesis ini, kuat jasmani dan rohani, fast track walaupun harus berbaring di rumah sakit. Terima kasih sudah berjuang sampai sekeras ini untuk mendapatkan gelar magister pertama di keluarga. Terimakasih sudah mau melibatkan Tuhan Yesus di setiap penulisan tesis ini. Selamat berjuang di tahap berikutnya!
3. Teristimewa kepada Bapak Taripar Purba dan Ibu Uli Sagala serta Adek Roy. Terimakasih untuk memberikan tenaga, pikiran, dukungan, semangat, dan bantuan kepada penulis baik secara materi maupun moral.
4. Ibu Dr. Hernani, M.Si selaku pembimbing I dari penulis yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan banyak ilmu, serta banyak memotivasi penulis serta teman-teman KBK ESD untuk bisa segera menyelesaikan tesisnya.
5. Bapak Dr. rer. nat. Asep Supriyatna, M.Si selaku pembimbing II dari penulis yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan banyak ilmu kepada penulis.
6. Bapak Dr. Wiji, M.Si selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran perbaikan dalam penyusunan tesis ini.
7. Bapak Dr. Wawan Wahyu, M.Pd selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran perbaikan dalam penyusunan tesis ini.
8. Ibu Dr.Hernani, M.Si, Bapak Drs. Ali Kusrijadi, M.Si, Bapak Dr. Budiman Anwar, M.Si yang telah bersedia menjadi validator tesis penulis.
9. Bapak Dr. Wiji, M.Si selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia UPI yang telah memberikan motivasi dan bantuan kepada penulis dalam penyelesaian tesis ini.
10. Ibu Dr. Tuszie Widhiyanti, M.Pd, Ph.D. selaku Sekrertaris Program Studi Pendidikan Kimia UPI yang telah memberikan motivasi dan bantuan kepada penulis dalam penyelesaian tesis ini.

11. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Magister Pendidikan Kimia yang telah mendidik dan memberikan ilmu, nasihat serta pengalaman berharga bagi penulis.
12. Teman-teman seperjuangan khususnya Aldini Aulia dan Bachrul Tias yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dari awal penulisan tesis ini hingga selesai.
13. Teman dekat khususnya Rahma Meirizka Syafa Utami, Benedicta Paulina, Rexanne Yovela Kurnia, dan Maria Sitorus yang sudah mendengar curhatan dan mendukung penulis dalam menyusun tesis
14. Seluruh teman -teman program *fast track* dalam perkuliahan: Wahid, Cindi, Evita, Clarysa, dan Aldini yang telah memberikan pengalaman berkesan selama perkuliahan.
15. Seluruh teman-teman Pendidikan Kimia 2021 dan 2022 yang telah memberikan pengalaman berkesan selama perkuliahan.
16. Seluruh mahasiswa MSTR SP A1 2024/2025 yang sudah membantu dan berpartisipasi dalam penulisan tesis ini.
17. Seluruh pihak yang telah membantu penulis baik secara moral maupun materi selama penyusunan tesis ini tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulisan tesis ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, segala bentuk kritik, masukan dan saran akan sangat diterima oleh penulis. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya. Terimakasih.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan produk berupa desain didaktis *Project-Based Learning* berorientasi *Education for Sustainable Development* (ESD) pada konteks bioplastik untuk menumbuhkan literasi sains mahasiswa calon guru kimia. Metode yang digunakan adalah *Mixed Method* dengan desain *Exploratory*, penelitian ini melibatkan 25 mahasiswa di salah satu universitas negeri di Jawa Barat serta 3 dosen ahli sebagai validator. Instrumen penelitian meliputi, lembar penyusunan tujuan pembelajaran, pedoman wawancara, lembar validasi ahli, lembar analisis rekaman video, dan soal tes uraian. Hasil desain pembelajaran berorientasi ESD pada konteks bioplastik berisi situasi didaktis, respon mahasiswa, dan antisipasi pendidik dengan mengikuti sintaks *project-based learning* yang teridentifikasi bahwa mahasiswa mengalami hambatan belajar pada konsep seperti permasalahan lingkungan, biopolimer, bioplastik, dan prinsip-prinsip keberlanjutan serta *green chemistry* dan disempurkan berdasarkan hasil validasi ahli termasuk, perbaikan pada rubrik penilaian, soal tes, dan konten pembelajaran meliputi desain didaktis dan lembar kerja mahasiswa. Hasil implementasi desain didaktis menunjukkan bahwa beberapa hambatan belajar telah berhasil diatasi, meskipun beberapa masih tersisa. Pada tahap perancangan, mahasiswa memberikan jawaban di luar prediksi. Pada tahap pelaksanaan, mahasiswa masih mengalami kebingungan ketika menghadapi kendala dalam pembuatan dan pengujian bioplastik. Pada tahap komunikasi, beberapa kelompok mahasiswa masih kesulitan memberikan alasan terkait aspek *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang dipilih, dan pendidik tidak memberikan antisipasi yang memadai. Secara keseluruhan, desain didaktis yang dikembangkan terbukti efektif dalam menumbuhkan literasi sains mahasiswa. Hasil tes menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains mahasiswa setelah implementasi berada dalam kategori baik. Dengan demikian, desain didaktis berbasis *project-based learning* yang berorientasi pada ESD dalam konteks bioplastik dapat menumbuhkan literasi sains mahasiswa calon guru kimia.

Kata kunci: Desain Didaktis, Bioplastik, Literasi Sains, ESD, Mahasiswa Calon Guru Kimia, *Mixed Method*

ABSTRACT

This study aims to produce a product in the form of didactical design Project-Based Learning oriented to Education for Sustainable Development (ESD) in the context of bioplastics to foster the science literacy of chemistry teacher candidates. The method used was Mixed Method with Exploratory design, this research involved 25 students at one of the state universities in West Java and 3 expert lecturers as validators. The research instruments include learning objectives preparation sheet, interview guidelines, expert validation sheet, video recording analysis sheet, and description test questions. The results of ESD-oriented learning design in the context of bioplastics contain didactical situations, student responses, and educators' anticipations by following the syntax of project-based learning which identified that students experienced learning obstacles on concepts such as environmental problems, biopolymers, bioplastics, and principles of sustainability and green chemistry and were refined based on the results of expert validation including, improvements to the assessment rubric, test questions, and learning content including didactical design and student worksheets. The results of the implementation of the didactical design show that some learning barriers have been successfully overcome, although some remain. At the design stage, students gave answers that were not predicted. At the implementation stage, students still experience confusion when facing obstacles in making and testing bioplastics. At the communication stage, some groups of students still had difficulty providing reasons related to the selected aspects of the Sustainable Development Goals (SDGs), and educators did not provide adequate anticipation. Overall, the didactical design developed proved to be effective in fostering students' science literacy. The test results showed that students' science literacy skills after implementation were in the good category. Thus, the project-based learning-based didactical design oriented to ESD in the context of bioplastics can foster the science literacy of chemistry teacher candidates.

Keywords: *Didactical Design, Bioplastics, Science Literacy, ESD, Chemistry Teacher Candidate Students, Mixed Method*

DAFTAR ISI

	Hal
LEMBAR PENGESAHAN TESIS	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Pembatasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penelitian	7
BAB II	8
DASAR TEORI.....	8
2.1 Desain Didaktis	8
2.2 <i>Project-Based Learning</i>	11
2.3 <i>Education For Sustainable Development (ESD)</i>	15
2.4 Literasi Sains.....	19
2.4.1 Aspek Konteks	21
2.4.2 Aspek Kompetensi.....	22
2.4.3 Aspek Pengetahuan.....	23
2.4.4 Aspek Identitas Sains.....	28
2.5 Bioplastik	30
2.5.1 Pengertian Bioplastik	31
2.5.2 Klasifikasi Bioplastik	31
2.5.3 Keunggulan dan Kekurangan Bioplastik.....	32

2.5.3.1 Keunggulan Bioplastik	32
2.5.3.2 Kekurangan Bioplastik	33
2.5.4 Karakteristik Bioplastik.....	34
2.5.4.1 Uji Sifat Mekanik.....	34
2.5.4.2 Uji Biodegradasi	35
2.5.5 Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati.....	36
BAB III.....	39
METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1 Desain Penelitian.....	39
3.2 Alur Penelitian.....	39
3.3 Partisipan dan Tempat Penelitian	42
3.4 Instrumen dan Data Penelitian	42
3.5 Teknik Analisis Data	43
BAB IV.....	47
TEMUAN DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Desain Pembelajaran <i>Project Based Learning</i> Berorientasi ESD pada Konteks Bioplastik	47
4.1.1 Tujuan Pembelajaran	48
4.1.2 Hambatan Belajar Mahasiswa Calon Guru Kimia pada Konten Kimia melalui Konteks Bioplastik	49
4.1.3 Skema Keterkaitan Konteks Bioplastik dalam Desain Didaktis yang dikembangkan	55
4.1.4 Optimasi Percobaan Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Sebagai Dasar Desain Didaktis.....	57
4.1.5 Desain Didaktis Hipotesis	64
4.1.6 Hasil Validasi Ahli terhadap Desain Didaktis Hipotesis	68
4.2 Analisis Hasil Implementasi Desain Didaktis Hipotesis.....	80
4.2.1 Potensi Desain Didaktis dalam Mengatasi Hambatan Belajar Mahasiswa Calon Guru Kimia	82
4.2.2 Aspek Literasi Sains dalam Tahap Merancang.....	84
4.2.3 Aspek Literasi Sains dalam Tahap Melakukan.....	87
4.2.4 Aspek Literasi Sains dalam Tahap Mengkomunikasikan	91
4.3 Analisis Kemampuan Literasi Sains Mahasiswa Calon Guru Kimia.....	93
BAB V	98
SIMPULAN, IMPLIKASI & REKOMENDASI	98
5.1 Simpulan.....	98

5.2	Implikasi.....	99
5.3	Rekomendasi	99
	DAFTAR PUSTAKA	100

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
2.1 Sintaks Model <i>Project-Based Learning</i>	13
2.2 Konteks PISA 2025	21
2.3 Aspek Kompetensi PISA 2025	22
2.4 Aspek Pengetahuan PISA 2025	24
2.5 Aspek Identitas Sains PISA 2025	28
2.6 Keunggulan Bioplastik Secara Umum	32
3.1 Instrumen dan Data Penelitian	42
3.2 Pengelompokan Pertanyaan Umum-Khusus	44
3.3 Format Perumusan Tujuan Pembelajaran	43
3.4 Format Validasi Desain Didaktis Hipotesis	44
3.5 Kriteria Kemampuan Tahap Mengkomunikasikan	45
3.7 Pemetaan Soal Literasi Sains	45
3.8 Kriteria Kemampuan Literasi Sains	46
4.1 Tujuan Pembelajaran Terkait Konteks Bioplastik Berorientasi ESD	48
4.2 Hasil Analisis Wawancara Mahasiswa Terkait Konten Polimer	50
4.3 Hasil Analisis Wawancara Mahasiswa Terkait Konteks Bioplastik	52
4.4 Pengamatan Percobaan Ekstraksi Pati	57
4.5 Pengamatan Percobaan Pembuatan Bioplastik	58
4.6 Desain Eksperimen	60
4.7 Hasil Bioplastik Transparan dengan Rasio Pati Biji Nangka-Kitosan	61
4.8 Pengamatan Waktu Biodegradasi Bioplastik dan Plastik Konvensional	63
4.9 Dokumentasi Hasil Pengamatan Waktu Biodegradasi Bioplastik dan Plastik Konvensional	63
4.10 Hasil Validasi Validator terhadap Desain Didaktis	69
4.11 Hasil Validasi Validator terhadap Instrumen Tes Literasi Sains	69
4.12 Hasil Validasi Validator terhadap Lembar Kerja Mahasiswa	70
4.13 Hasil Perbaikan Validasi terkait Desain Didaktis	71
4.14 Hasil Perbaikan Validasi terkait Instrumen Tes Literasi Sains	73
4.15 Perbaikan Validasi terkait Lembar Kerja Mahasiswa	77
4.16 Hasil Hambatan Belajar Setelah Implementasi Desain Didaktis	82
4.17 Respon Mahasiswa pada tahap Merancang	84
4.18 Respon Mahasiswa pada Tahap Melakukan	88
4.19 Kemampuan Literasi Sains	93
4.20 Hasil Tes Kemampuan Literasi Sains pada Aspek Pengetahuan, Kompetensi, Identitas Sains	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
2.1 Segitiga Didaktis yang dimodifikasi (Suryadi, 2019).....	8
2.2 Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sumber: https://sdgs.bappenas.go.id/kolaborasi-dalam-mencapai-tujuan-pembangunan-berkelanjutan-tpbsdgs-di-indonesia/).....	16
2.3 Model Elips ESD (Jegstad & Sinnes, 2015)	18
2.4 Kerangka Sains PISA 2025	20
3.1 Bagan Alur Penelitian	41
4.1 Peta Konsekuensi	56
4.2 Hasil Uji Mekanik Bioplastik (a) Kuat tarik, (b) Elongasi	61
4.3 Desain Didaktis pada Tahap Merancang.....	66
4.4 Desain Didaktis pada Tahap Melakukan.....	67
4.5 Desain Didaktis pada Tahap Mengkomunikasikan	68
4.6 Contoh Lembar Kerja Mahasiswa	81
4.7 Pengisian Tabel Identifikasi Bahan.....	87
4.8 Hasil Mahasiswa Melakukan Tahap Ekstraksi.....	89
4.9 Hasil Tahap Melakukan pada Lembar Mahasiswa	89
4.10 Hasil Pengamatan Tahap Melakukan	90
4.11 Hasil Mahasiswa Melakukan Pembuatan Bioplastik	90
4.12 Cuplikan LKM Hasil Bioplastik	90
4.13 Hasil Pengamatan Uji Biodegradasi pada Tahap Melakukan	91
4.14 Cuplikasi Tahap Mengkomunikasikan.....	92
4.15 Hasil Kemampuan Literasi Sains Mahasiswa pada Setiap Aspek	94

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
1. Instrumen Wawancara Mahasiswa Kimia Polimer	116
2. Hasil Wawancara Mahasiswa Kimia Polimer	120
3. Hasil Analisis Hambatan Belajar Mahasiswa Kimia Polimer.....	130
4. Hasil Hambatan Belajar Mahasiswa Kimia Polimer	135
5. Perumusan Tujuan Pembelajaran dan Indikator Pembelajaran meliputi Aspek Literasi Sains dan Aspek ESD	136
6. Rancangan Desain Didaktis	144
7. Hasil Validasi Rancangan Desain Didaktis	147
8. Instrumen Soal Tes Literasi Sains	151
9. Hasil Validasi Instrumen Soal Literasi Sains	166
10. Rancangan Lembar Kerja Mahasiswa	169
11. Hasil Validasi Lembar Kerja Mahasiswa	170
12. Peta Sequence	173
13. Hasil Posttest Kemampuan Literasi Sains Mahasiswa Calon Guru Kimia.....	174
14. Rencana Pembelajaran Semester MSTR	175
15. Hasil Analisis Tahap Mengkomunikasikan Kelompok	179
16. Surat Ijin Penelitian.....	180
17. Hasil Judgement Instrumen.....	181
18. Dokumentasi Penelitian	182
19. Riwayat Hidup Penulis	183

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, P. N., Khasanah, S. umi N., Yuliani, A., & Rohaeti, E. E. (2018). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa SMP Pada Materi Segiempat dan Segitiga. *JPMI (Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif)*, *1*(5), 1025. <https://doi.org/10.22460/jpmi.v1i5.p1025-1036>
- Akter, N., Khan, R. A., Tuhin, M. O., Haque, M. E., Nurnabi, M., Parvin, F., & Islam, R. (2014). Thermomechanical, barrier, and morphological properties of Chitosan-reinforced starch-based biodegradable composite films. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, *27*(7), 933–948. <https://doi.org/10.1177/0892705712461512>
- Alam, G. M. (2023). Sustainable Education and Sustainability in Education: The Reality in the Era of Internationalisation and Commodification in Education—Is Higher Education Different? *Sustainability (Switzerland)*, *15*(2). <https://doi.org/10.3390/su15021315>
- Alcântara, M. G. J., Distanto, F., Storti, G., Moscatelli, D., Morbidelli, M., & Sponchioni, M. (2020). Current trends in the production of biodegradable bioplastics: The case of polyhydroxyalkanoates. *Biotechnology Advances*, *42*(April), 107582. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107582>
- Ali, E. B., & Anufriev, V. P. (2020). Towards environmental sustainability in Russia: evidence from green universities. *Heliyon*, *6*(8), e04719. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04719>
- Ali, M. (2017). Curriculum development in sustainability education. In *UPI Press*. <https://doi.org/10.4337/9781800375130.00024>
- Ali, S., Isha, & Chang, Y. C. (2023). Ecotoxicological Impact of Bioplastics Biodegradation: A Comprehensive Review. *Processes*, *11*(12). <https://doi.org/10.3390/pr11123445>
- Anas, A. K., Arieftha, N. R., Nurfiana, Y., & Rohaeti, E. (2016). Pengaruh Penambahan 1,4-Butanadiol dan Polietilen Glikol (PEG) 1000 terhadap Kemudahan Biodegradasi Bioplastik dari Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*). *Jurnal Eksakta*, *16*(2), 115–123. <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol16.iss2.art6>
- Ancy, A., Lazar, M., Saritha Chandran, A., & Ushamani, M. (2024). Development of ecofriendly and sustainable bioplastics from cassava starch: Tailoring the properties using

- nanoparticles. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 37(November 2023), 101377. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101377>
- Annizar, E. K., & Suryadi, D. (2017). Desain Didaktis Pada Konsep Luas Daerah Trapesium Untuk Kelas V Sekolah Dasar. *EduHumaniora | Jurnal Pendidikan Dasar Kampus Cibiru*, 8(1), 22. <https://doi.org/10.17509/eh.v8i1.5119>
- Aprilia, S., Nugroho, S. A., & Shofiyatun, S. (2022). Upaya Meningkatkan Literasi Sains Mahasiswa melalui Project Based Learning Pada Mata Kuliah Biokimia. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(5), 7327–7337. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i5.3561>
- Arikunto. (2011). *Prosedur Penelitian suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.
- Arooj, A., Khan, M., & Munawar, K. S. (2024). Preparation and physicochemical characterization of starch/pectin and chitosan blend bioplastic films as future food packaging materials. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 12(1), 111825. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.111825>
- Arsanti, M., Zulaeha, I., Subiyantoro, S., & Haryati, N. (2021). Tuntutan Kompetensi 4C Abad 21 dalam Pendidikan di Perguruan Tinggi untuk Menghadapi Era Society 5.0. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana UNNES*, 319–324.
- Bhagwat, G., Gray, K., Wilson, S. P., Muniyasamy, S., Vincent, S. G. T., Bush, R., & Palanisami, T. (2020). Benchmarking Bioplastics: A Natural Step Towards a Sustainable Future. *Journal of Polymers and the Environment*, 28(12), 3055–3075. <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01830-8>
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*, 26(3–4), 369 – 398. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>
- Brousseau, G. (2002). Theory of Didactical Situations in Mathematics. In *Theory of Didactical Situations in Mathematics*. <https://doi.org/10.1007/0-306-47211-2>
- Budiastra, A. A. K., Hartinawati, H., Ichwan, I., & Erlina, N. (2021). The Effectiveness of Blended Learning for New Generation Learning Materials to Train Science Process Skills. *SAR Journal - Science and Research*, August, 63–71. <https://doi.org/10.18421/sar42-04>
- Budner, D., & Simpson, B. (2018). Project-Based Integrated Lecture and Laboratory

- Quantitative Analysis Course. *Journal of Chemical Education*, 95(9), 1533–1540.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00146>
- Bunga, N. I. (2014). Hubungan Pengetahuan dan Etika Lingkungan terhadap Perilaku Peduli Lingkungan Mahasiswa Universitas Kristen Tentena. *Jurnal Akademia*, 1(2), 44–51.
- Burmeister, M., & Eilks, I. (2012). An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to Education for Sustainable Development in secondary school chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 93–102.
<https://doi.org/10.1039/c1rp90067f>
- Burmeister, M., Rauch, F., & Eilks, I. (2012). Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 59–68.
<https://doi.org/10.1039/c1rp90060a>
- Cavas, P. H., Ozdem, Y., Cavas, B., Cakiroglu, J., & Ertepinar, H. (2013). Turkish pre-service elementary science teachers' scientific literacy level and attitudes toward science. *Science Education International*, 24(4), 383–401.
- Choe, S., Kim, Y., Won, Y., & Myung, J. (2021). Bridging Three Gaps in Biodegradable Plastics: Misconceptions and Truths About Biodegradation. *Frontiers in Chemistry*, 9(May), 1–8.
<https://doi.org/10.3389/fchem.2021.671750>
- Cortázar, C., Nussbaum, M., Harcha, J., Alvares, D., López, F., Goñi, J., & Cabezas, V. (2021). Promoting critical thinking in an online, project-based course. *Computers in Human Behavior*, 119(February). <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106705>
- Czok, V., Krug, M., Müller, S., Huwer, J., & Weitzel, H. (2023). Learning Effects of Augmented Reality and Game-Based Learning for Science Teaching in Higher Education in the Context of Education for Sustainable Development. *Sustainability*, 15(21), 15313.
<https://doi.org/10.3390/su152115313>
- Daniah, D. (2020). Pentingnya Inkuiri Ilmiah Pada Praktikum Dalam Pembelajaran Ipa Untuk Peningkatan Literasi Sains Mahasiswa. *Pionir: Jurnal Pendidikan*, 9(1), 144–153.
<https://doi.org/10.22373/pjp.v9i1.7178>
- Dermawan, K., Sigit Lestari, R. A., & Kasmiyatun, M. (2020). Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Biji Nangka dengan Penambahan Polyvinyl Alcohol (PVA) dan Sorbitol. *CHEMTAG Journal of Chemical Engineering*, 1(1), 18.

<https://doi.org/10.56444/cjce.v1i1.1388>

- Dias, A., Revalina, N., Avrilia, D., Stevanie, F., Aurelly, F., & Irawan, B. (2024). Upaya Pelestarian Lingkungan Hidup dengan Mengurangi Sampah Plastik di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. *Jurnal Majemuk*, 3(2), 304–317.
- Dudas, C., Rundgren, C. J., & Lundegård, I. (2023). Exploratory Considerations in Chemistry Education—Didactic Modelling for Complexity in Students’ Discussions. *Science and Education*, 32(2), 481–498. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00316-w>
- Erlina, N., I Wayan Sukra Warpala, & Putu Prima Juniartina. (2022). Pengembangan Alat Peraga 3D berbasis Eco-Friendly melalui Project Based Online Learning untuk Meningkatkan Kreativitas Ilmiah Calon Guru IPA. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, 5(2), 177–186. <https://doi.org/10.23887/jppsi.v5i2.52785>
- Ermawati, U., & Haryanto. (2020). Pengaruh Penambahan Kitosan Dan Gliserol Terhadap Karakteristik Film Bioplastik dari Pati Biji Nangka. *University Research Colloquium*, 1(1), 101–106.
- European Bioplastics. (2022). *BIOPLASTIC*. European. <https://www.european-bioplastics.org/>
- Fatimah, I., Hendayana, S., & Supriatna, A. (2018). Didactical design based on sharing and jumping tasks for senior high school chemistry learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012094>
- Fauzi, I., & Suryadi, D. (2020). The Analysis of Students’ Learning Obstacles on the Fraction Addition Material for Five Graders of Elementary Schools. *Al Ibtida: Jurnal Pendidikan Guru MI*, 7(1), 33. <https://doi.org/10.24235/al.ibtida.snj.v7i1.6020>
- García-González, E., Jiménez-Fontana, R., & Goded, P. A. (2020). Approaches to teaching and learning for sustainability: Characterizing students’ perceptions. *Journal of Cleaner Production*, 274. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122928>
- Garner, N., Siol, A., & Eilks, I. (2015). The potential of non-formal laboratory environments for innovating the chemistry curriculum and promoting secondary school level students education for sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 7(2), 1798–1818. <https://doi.org/10.3390/su7021798>
- Ghasemlou, M., Barrow, C. J., & Adhikari, B. (2024). The future of bioplastics in food

- packaging : An industrial perspective. *Food Packaging and Shelf Life*, 43(January), 101279. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2024.101279>
- Gorovaya, M. M., Khanmurzina, R. R., Malakhova, L. A., Tagirova, N. P., Saenko, N. R., Shnyakina, E. Y., & Zatsepina, M. B. (2017). Didactic principles of university information educational systems designing. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*, 12(7), 1201–1210. <https://doi.org/10.12973/ejac.2017.00245a>
- Granado-Alcón, M. D. C., Gómez-Baya, D., Herrera-Gutiérrez, E., Vélez-Toral, M., Alonso-Martín, P., & Martínez-Frutos, M. T. (2020). Project-based learning and the acquisition of competencies and knowledge transfer in higher education. *Sustainability (Switzerland)*, 12(23), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su122310062>
- Gunawan, Heryanto, & Tahir, D. (2024). Keratin-based bioplastics extracted from chicken feathers: Effect of chitosan concentration on the structural, chemical bonding, and mechanical properties of bioplastics. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130722, 265.
- Gustita'iroha, U., M., Z., Rohmahb, S., A., & Noor, F., M. (2019). Analisis Penerapan Pembelajaran Kimia Organik Berkonteks Isu Sosiosainstifik untuk Meningkatkan Literasi Sains Mahasiswa IPA memecahkan masalah yang didasari pada bukan hanya menekankan pemahaman seseorang dan. *Thabiea: Journal of Natural Science Teaching*, 02(01), 45–50.
- Haatainen, O., & Aksela, M. (2021). Project-based learning in integrated science education: Active teachers' perceptions and practices. *Lumat*, 9(1), 149–173. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.1.1392>
- Hamidah, N., Surtikanti, H. K., & Riandi. (2023). Implementasi Education For Sustainable Development (ESD) pada universitas lintas negara terhadap tingkat pengetahuan dan perilaku kesadaran lingkungan mahasiswa. *Asian Journal Collaboration of Social Environmental and Education*, 1(1), 31–42. <https://doi.org/10.61511/ajcsee.v1i1.2023.247>
- Hariato, A., Suryati, S., & Khery, Y. (2019). Pengembangan Media Pembelajaran Kimia Berbasis Android Untuk Penumbuhan Literasi Sains Siswa Pada Materi Reaksi Redoks Dan Elektrokimia. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 5(2), 35. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v5i2.1588>
- Hartono, D. P., & Asiyah, S. (2018). PjBL untuk Meningkatkan Kreativitas Mahasiswa: Sebuah

- Kajian Deskriptif tentang Peran Model Pembelajaran PjBL dalam Meningkatkan Kreativitas Mahasiswa. *Jurnal Dosen Universitas PGRI Palembang*, 2(1), 1–11.
- Hasan, M., Afdal, D., & Nazar, M. (2020). Preparation of bioplastic film from gadung starch (discoreahipida) and chitosan plasticized with glycerol. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/3/032100>
- Ibrahim, N. I., Shahr, F. S., Sultan, M. T. H., Shah, A. U. M., S.N.A., S., & Mat Yazik, M. H. (2021). Overview of Bioplastic Introduction and Its Applications in Product Packaging. *Coatings*, 207–238. <https://doi.org/10.2307/j.ctv11cw45p.12>
- Imoisili, P. E., & Jen, T.-C. (2023). Synthesis and characterization of bioplastic films from potato peel starch; effect of glycerol as plasticizer. *Materials Today: Proceedings*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.565>
- Jabar, O. D. (2022). *Jumlah Produksi Sampah Menurut Jenisnya di Kota Bandung*. <https://opendata.bandung.go.id/dataset/jumlah-produksi-sampah-menurut-jenisnya-di-kota-bandung>
- Jegstad, K. M., Sinnes, A. T., & Gjøtterud, S. M. (2018). Science teacher education for sustainable development: From intensions to realisation. *Nordic Studies in Science Education*, 14(4), 350–367. <https://doi.org/10.5617/nordina.3263>
- Jones, B. F., Rasmussen, C. M., & Moffitt, M. C. (1997). *Real-life problem solving: A collaborative approach to interdisciplinary learning*. American Psychological Association.
- Junanto, T., & Sartika, R. P. (2023). Pengembangan Model Pembelajaran Sains Berorientasi Literasi Sains bagi Mahasiswa Calon Guru Kimia. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 11(5), 759. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v11i5.8886>
- Kamsiati, E., Herawati, H., & Purwani, E. Y. (2017). POTENSI PENGEMBANGAN PLASTIK BIODEGRADABLE BERBASIS PATI SAGU DAN UBIKAYU DI INDONESIA / The Development Potential of Sago and Cassava Starch-Based Biodegradable Plastic in Indonesia. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 36(2), 67. <https://doi.org/10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76>
- Kemendikbud. (2014). Materi Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013 Tahun 2014. *Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pendidikan Dan Kebudayaan Dan Penjaminan Mutu Pendidikan*, 197.

- Khaerudin, R. B., Supriatna, A., Hendayana, S., & Herwantono, H. (2023). Desain Didaktis Konsep Reaksi Reduksi Oksidasi. *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 7(1), 25–40. <https://doi.org/10.19109/ojpk.v7i1.17524>
- Khan, M., Koivisto, J. T., & Kellomäki, M. (2022). Injectable and self-healing biobased composite hydrogels as future anticancer therapeutic biomaterials. *Nano Select*, 3(8), 1213–1222. <https://doi.org/10.1002/nano.202100354>
- Kioupi, V., & Voulvoulis, N. (2019). Education for sustainable development: A systemic framework for connecting the SDGs to educational outcomes. *Sustainability (Switzerland)*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/su11216104>
- Kiran V, G., Varsha A, K., M, V., Govindaraj, V., M, A., N, V., M, G., Nithila, E. E., Bebin, M., Prasath, T. A., & Chezhiyan, P. (2022). Synthesis and Characterization of Banana Peel Starch-based Bioplastic for Intravenous Tubes Preparation. *Materials Today Communications*, 33(March), 104464. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.104464>
- Kong, S., Cheung, M. W., & Tsang, O. (2024). Developing an Artificial Intelligence Literacy Framework: Evaluation of a Literacy Course for Senior Secondary Students Using a Project-Based Learning Approach. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 100214. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100214>
- Krishnamurthy, A., & Amritkumar, P. (2019). Synthesis and characterization of eco-friendly bioplastic from low-cost plant resources. *SN Applied Sciences*, 1(11), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1460-x>
- Laksono, P. J. (2018). Studi Kemampuan Literasi Kimia Mahasiswa Pendidikan Kimia Pada Materi Pengelolaan Limbah. *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.19109/ojpk.v2i1.2093>
- Latip, A. (2022). Analisis Kemampuan Literasi Sains Mahasiswa Pada Aspek Kompetensi Sains dalam Perkuliahan Pengenalan Kimia Fisika. *PSEJ (Pancasakti Science Education Journal)*, 7(2), 68–75. <https://doi.org/10.24905/psej.v7i2.129>
- Lennerfors, T. T., Fors, P., & Woodward, J. R. (2020). Case hacks: Four hacks for promoting critical thinking in case-based management education for sustainable development. *Hogre Utbildning*, 10(2), 1–15. <https://doi.org/10.23865/hu.v10.1960>
- Lozano, A., López, R., Pereira, F. J., & Blanco Fontao, C. (2022). Impact of Cooperative

- Learning and Project-Based Learning through Emotional Intelligence: A Comparison of Methodologies for Implementing SDGs. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(24). <https://doi.org/10.3390/ijerph192416977>
- Mahardiani, L., Azizah, N. L., Susilowati, E., & Hastuti, B. (2022). The Sinergy Effect of Essential Oils from Traditional Herbs and Medicines as Antibacterial Materials of Edible Coating on Fresh Fruit. *Moroccan Journal of Chemistry*, 10(2), 351–361. <https://doi.org/10.48317/IMIST.PRSM/morjchem-v10i2.32650>
- Makhrus, M., Nur, M., & Widodo, W. (2014). Model Perubahan Konseptual Dengan Pendekatan Konflik Kognitif (Mpk-Pkk). *Jurnal Pijar Mipa*, 9(1), 20–25. <https://doi.org/10.29303/jpm.v9i1.39>
- Manekinga, E., & Sangiana, Hanny Frans Tongkukuta, S. H. (2020). Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa dengan Plasticizer Gliserol. *JURNAL MIPA*, 1, 23–27. <https://doi.org/10.1155/2022/7314694>
- Mardiana, H., Mulyana, E. H., & Leo, S. (2014). Pengembangan Desain Pembelajaran Ipa Berbasis Konstruktivisme Tentang Gaya Magnet Di Sekolah Dasar. *PEDADIDAKTIKA: Jurnal Ilmiah Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 1(1). <https://doi.org/10.17509/pedadidaktika.v1i1.4699>
- Marsya, R. F., Mudzakir, A., & Khoerunnisa, F. (2020). Didactical design of Organic Light-Emitting Diodes based on the Nature of Science and Technology. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(4). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/4/042055>
- Merino, D., & Alvarez, V. A. (2020). Green Microcomposites from Renewable Resources: Effect of Seaweed (*Undaria pinnatifida*) as Filler on Corn Starch–Chitosan Film Properties. *Journal of Polymers and the Environment*, 28(2), 500–516. <https://doi.org/10.1007/s10924-019-01622-9>
- Michelsen, G., & Fischer, D. (2017). Sustainability and education 1. In *Sustainable development policy* (pp. 135–158). Routledge.
- Mkumbachi, R. L., Astina, I. K., & Handoyo, B. (2020). Environmental awareness and pro-environmental behavior: A case of university students in Malang city. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 25(2), 161–169. <https://doi.org/10.17977/um017v25i22020p161>

- Mochtar, N. E., Gasim, H., Herndarman, N. I., Wijiasih, A., Suryana, C., Restuningsih, K., & Tartila, S. L. (2014). *Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan (Education for Sustainable Development) di Indonesia*. Komisi Nasional Indonesia untuk UNESCO Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Muderawan, I. W., Wiratma, I. G. L., & Nabila, M. Z. (2019). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kesulitan Belajar Siswa Pada Materi Kelarutan Dan Hasil Kali Kelarutan. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 3(1), 17. <https://doi.org/10.23887/jpk.v3i1.20944>
- Mudzakir, A., Hernani, H., Yuliani, G., & Mustikasari, D. (2020). Science, Engineering, and Technology of Dye Sensitized Solar Cells: a Didactical Design Based on Technochemistry Education. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 5(2), 131–143. <https://doi.org/10.15575/jtk.v5i2.6741>
- Muliani, M., Marhami, M., & Lukman, I. R. (2021). Persepsi Mahasiswa Calon Guru Tentang Literasi Sains. *JISIP (Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan)*, 5(1). <https://doi.org/10.58258/jisip.v5i1.1575>
- Mutmainna, I., Suryani, S., Gareso, P. L., & Tahir, D. (2024a). Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst) starch for bifunctional purposes: Wastewater treatment by photocatalytic systems and bioplastic production. *Bioresource Technology Reports*, 26(March), 101827. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2024.101827>
- Mutmainna, I., Suryani, S., Gareso, P. L., & Tahir, D. (2024b). Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst) starch for bifunctional purposes: Wastewater treatment by photocatalytic systems and bioplastic production. *Bioresource Technology Reports*, 26(December 2023), 101827. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2024.101827>
- Novitasari, D., Okta, A., Margita, B., & Destiana, D. (2024). Pelatihan Sintesis Edible Film Plastik Sebagai Alternatif Ramah Lingkungan Dalam Pengemasan Pempek Edible Plastic Film Synthesis Training As An Environmentally Friendly Alternative In Pempek Packaging. *Jurnal Hasil Kegiatan Sosialisasi Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 56–62.
- OECD. (2018). PISA 2018 Assessment and Analytical Framework. In *PISA*. OECD Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>.
- OECD. (2019). *PISA 2018: Insights and Interpretations*.

- OECD. (2023). *Pisa 2025 Science Framework. May 2023*, 1–93.
- Otálora González, C. M., Alvarez Castillo, E., Flores, S., Gerschenson, L. N., & Bengoechea, C. (2023). Effect of plasticizer composition on the properties of injection molded cassava starch-based bioplastics. *Food Packaging and Shelf Life*, 40(November). <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101218>
- Paristiowati, M., Rahmawati, Y., Fitriani, E., Satrio, J. A., & Hasibuan, N. A. P. (2022). Developing Preservice Chemistry Teachers' Engagement with Sustainability Education through an Online, Project-Based Learning Summer Course Program. *Sustainability (Switzerland)*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/su14031783>
- Parrado-Martínez, P., & Sánchez-Andújar, S. (2020). Development of competences in postgraduate studies of finance: A project-based learning (PBL) case study. *International Review of Economics Education*, 35(July). <https://doi.org/10.1016/j.iree.2020.100192>
- Perez-Rivero, M. G., Valdivia, A. E. O., Giamatteo, L., Montaña-Osorio, C., & Vargas-Rodríguez, Y. M. (2019). Didactic Strategy for Learning and Teaching of Functional Groups in High School Chemistry. *Science Education International*, 30(2), 85–91. <https://doi.org/10.33828/sei.v30.i2.1>
- Perkasa, M., Annafi, N., & Mutmainnah, P. A. (2018). Penerapan Pembelajaran Kimia Berbasis Lingkungan Melalui Model Project Based Learning untuk Meningkatkan Sikap Peduli Lingkungan Mahasiswa. *Prosiding Seminar Nasional Dan Pengembangan Pendidikan Di Indonesia*, 479–485.
- Pernaa, J., Kämppi, V., & Aksela, M. (2022). Supporting the Relevance of Chemistry Education through Sustainable Ionic Liquids Context: A Research-Based Design Approach. *Sustainability (Switzerland)*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/su14106220>
- Pitorini, D. E., Prayitno, B. A., & Maret, U. S. (2018). *PROFIL MISKONSEPSI SISWA KELAS X DI SEBUAH SMA SWASTA DI KARANGANYAR* As Syaffa Al Liina , Safina Salma ,.
- Pratiwi*, A. J., Hernani, H., & Anwar, B. (2023). Education for Sustainable Development Oriented Didactic Design in A Bioplastic Context in Overcoming Barriers to Learning and Developing Attitude and Environmental Awareness. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 7(1), 40–55. <https://doi.org/10.24815/jipi.v7i1.29199>
- Pratiwi, I. I., Wijaya, A. F. C., & Ramalis, T. R. (2019). *Penerapan Pbl Dengan Konteks Esd*

Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Peserta Didik. VIII, SNF2019-PE-1–8.
<https://doi.org/10.21009/03.snf2019.01.pe.01>

Pratiwi, S. N., Cari, C., & Aminah, N. S. (2019). Pembelajaran IPA abad 21 dengan literasi sains siswa. *Jurnal Materi Dan Pembelajaran ...*, 9, 34–42.

Radinger-Peer, V., & Pflitsch, G. (2017). The role of higher education institutions in regional transition paths towards sustainability: The case of Linz (Austria). *Review of Regional Research*, 37(2), 161–187. <https://doi.org/10.1007/s10037-017-0116-9>

Rahmatullah, Putri, R. W., Nurisman, E., Susmanto, P., Haryati, S., Waristian, H., Zulkifli, M., Minata, T. S. P., & Meidina, S. (2023). Effects of Chitosan on the Characteristics of Sorbitol Plasticised Cellulose Acetate/Starch Bioplastics. *Chemical Engineering Transactions*, 106(May), 259–264. <https://doi.org/10.3303/CET23106044>

Rajesh, Y., Gautam, N., Saloni, P., Deore, V., & Shivde, P. (2024). Materials Today : Proceedings Agricultural resources in focus : Eco-friendly bioplastic synthesis from corn starch. *Materials Today: Proceedings*, October 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2024.01.025>

Rodriguez Sandoval, M. T., Bernal Oviedo, G. M., & Rodriguez-Torres, M. I. (2022). From preconceptions to concept: The basis of a didactic model designed to promote the development of critical thinking. *International Journal of Educational Research Open*, 3(September), 100207. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2022.100207>

Sakti, I., Nirwana, N., & Swistoro, E. (2021). Penerapan Model Project Based Learning Untuk Meningkatkan Literasi Sains Mahasiswa Pendidikan Ipa. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(1), 35–42. <https://doi.org/10.33369/jkf.4.1.35-42>

Sari, W. K., & Nada, E. I. (2020). Efektivitas Lesson Design Berbasis Hypothetical Learning Trajectory dalam Pembelajaran Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi. *Journal of Natural Science and Integration*, 3(1), 26. <https://doi.org/10.24014/jnsi.v3i1.9379>

Setyowati*, Y., Kaniawati, I., Sriyati, S., Nurlaelah, E., & Hernani, H. (2022). The Development of Science Teaching Materials Based on the PjBL-STEM Model and ESD Approach on Environmental Pollution Materials. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 6(1), 45–53. <https://doi.org/10.24815/jipi.v6i1.23571>

Sewwandi, M., Wijesekara, H., Rajapaksha, A. U., Soysa, S., & Vithanage, M. (2023).

- Microplastics and plastics-associated contaminants in food and beverages; Global trends, concentrations, and human exposure. *Environmental Pollution*, 317(April 2022), 120747. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120747>
- Shahrim, N. A., Sarifuddin, N., Zaki, H. H. M., & Azhar, A. Z. A. (2018). The effects of glycerol addition to the mechanical properties of thermoplastic films based on jackfruit seed starch. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 22(5), 892–898. <https://doi.org/10.17576/mjas-2018-2205-17>
- Silitonga, F. S. (2018). Desain E-Modul Berbasis Kemaritiman Pada Matakuliah Kimia Lingkungan Dengan Pendekatan Project Based Learning. *Jurnal Zarah*, 6(2), 63–67. <https://doi.org/10.31629/zarah.v6i2.773>
- Situmeang, D. E., Hawa, M. M., & Ismail, K. (2021). PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN SDGs 2030 Goals 4 ENSURE INCLUSIVE AND EQUITABLE QUALITY EDUCATION AND PROMOTE LIFELONG LEARNING OPPORTUNITIES FOR ALL "Memastikan kualitas pendidikan yang inklusif dan adil dan mempromosikan kesempatan belajar seumur hidup untuk. *Research Gate*, June, 1–19.
- Speer, S. P. H., Smidts, A., & Boksem, M. A. S. (2020). Cognitive control increases honesty in cheaters but cheating in those who are honest. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(32), 19080–19091. <https://doi.org/10.1073/pnas.2003480117>
- Styana, U. I. F., Hindarti, F., Ardito, M. N., & Cahyono, M. S. (2019). Penerapan Teknologi Pengolahan Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak untuk Mengatasi Masalah Sampah di Kota Bandung. *KACANEGARA Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.28989/kacanegara.v2i1.399>
- Suja, I. W. (2014). STRATEGI “ ERMO ” DALAM PENGAJARAN KONSEP-KONSEP KIMIA ABSTRAK-TEORITIS " ERMO " STRATEGY IN TEACHING OF ABSTRACT-THEORETICAL CHEMISTRY CONCEPTS C - 16 Prosiding Seminar Nasional Kimia , ISBN : 978-602-0951-00-3 . Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Su. *Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya*, September, 16–23.
- Sumanik, N. B., Nurvitasari, E., & Siregar, L. F. (2021). Analysis of science literacy Abilities profile prospective teachers of chemical education. *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 12(1), 22–32.

- Suryadi, D. (2010a). Didactical Design Research(DDR) dalam Pengembangan Pembelajaran Matematika. *Prosiding Seminar Nasional MIPA*.
- Suryadi, D. (2010b). Penelitian Pembelajaran Matematika Untuk Pembentukan Karakter Bangsa. In *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika Yogyakarta* (Vol. 1, Issue November).
- Suryadi, D. (2011a). Makalah disajikan pada Joint-Conference UPI- UTiM, 25 April 2011. *Joint Conference UPI-UiTM 2011"Stenghtening Research Collaboration on Education"*, April.
- Suryadi, D. (2011b). *Makalah disajikan pada Joint-Conference UPI-UTiM. 25 April 2*.
- Suryadi, D. (2019a). Penelitian Desain Didaktis (DDR). In *Pusat Pengembangan DDR Indonesia*. GAPURA Press.
- Suryadi, D. (2019b). Penelitian Desain Didaktis (DDR). In L. H. Fasha (Ed.), *Pusat Pengembangan DDR Indonesia*. GAPURA Press.
- Susilowati, E., Mahardiani, L., & Sulistyowati, D. (2021). Preparation of Poliblend Suweg Starch-Chitosan with Addition of Essential Oil from Sweet Orange Peel as Edible Coating on Malang's Apples. *Journal of Physics: Conference Series*, 1912(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1912/1/012018>
- Suzuki, G., Uchida, N., Tanaka, K., Higashi, O., Takahashi, Y., Kuramochi, H., Yamaguchi, N., & Osako, M. (2024). Global discharge of microplastics from mechanical recycling of plastic waste. *Environmental Pollution*, 348(March), 123855. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123855>
- Syaiful, A. (2023). Peran Mahasiswa sebagai Agen Perubahan di Masyarakat. *Journal of Instructional and Development Researches*, 3(1), 29–34. <https://doi.org/10.53621/jider.v3i1.102>
- Syamsuddin, A., Tahir, R., & Munir, A. (2022). Deskripsi Pembekalan Program Pembelajaran Kolaboratif-Partisipatif pada Kegiatan Implementasi Kurikulum Kerjasama MBKM. *Jurnal Studi Guru Dan Pembelajaran*, 5(1), 16–24. <https://doi.org/10.30605/jsgp.5.1.2022.1660>
- Syaubari, Abubakar, Asnawi, T. M., Zaki, M., Khadafi, M., & Harmanita, I. (2022). Synthesis and characterization of biodegradable plastic from watermelon rind starch and chitosan by using glycerol as plasticizer. *Materials Today: Proceedings*, 63, S501–S506. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.535>

- Synani, K., Abeliotis, K., Velonia, K., Maragkaki, A., Manios, T., & Lasaridi, K. (2024). Environmental Impact and Sustainability of Bioplastic Production from Food Waste. *Sustainability (Switzerland)*, *16*(13). <https://doi.org/10.3390/su16135529>
- Tan, S. X., Ong, H. C., Andriyana, A., Lim, S., Pang, Y. L., Kusumo, F., & Ngoh, G. C. (2022). Characterization and Parametric Study on Mechanical Properties Enhancement in Biodegradable Chitosan-Reinforced Starch-Based Bioplastic Film. *Polymers*, *14*(2), 1–21. <https://doi.org/10.3390/polym14020278>
- UNESCO. (2007). *Understanding information literacy: a primer an easy-to-read, non technical overview explaining what information literacy means, designed for busy public policy-makers, business executives, civil society administrators and practicing professionals*.
- UNESCO. (2023). *What You Need to Know about Education for Sustainable Development*. <https://www.unesco.org/en/education-sustainable-development/need-know>
- UNESCO, U. N. (2008). Education. *Science, Cultural Organization*.
- United Nations Environment Programme, & Indonesia Ministry of Environment and Forestry. (2020). National Plastic Waste Reduction Strategic Actions for Indonesia. In *Ministry of Environment and Forestry, Republic of Indonesia*.
- Van, K., & Diaz, L., T. (2019). Prior Knowledge: Its Role in Learning. *Unpublished Essays, March 2017*, 8–10. <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.26816.69125>
- Vijayakumar, N., Sanjay, A. V., Al-Ghanim, K. A., Nicoletti, M., Baskar, G., Kumar, R., & Govindarajan, M. (2024). Development of Biodegradable Bioplastics with Sericin and Gelatin from Silk Cocoons and Fish Waste. *Toxics*, 1–13.
- Wilujeng, I., Dwandaru, W. S. B., & Rauf, R. A. B. A. (2019). The effectiveness of education for environmental sustainable development to enhance environmental literacy in science education: A case study of hydropower. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *8*(4), 521–528. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i4.19948>
- Yang, J., Xu, S., Chee, C. Y., Ching, K. Y., Wei, Y., Wang, R., Al-Hada, N. M., & Hock, C. C. (2024). Influence of starch silylation on the structures and properties of starch/epoxidized soybean oil-based bioplastics. *International Journal of Biological Macromolecules*, *258*(P2), 129037. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.129037>
- Yustisi, K. C., Wulandari, K., & Utami, I. (2024). Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan

- Pati Dari Limbah Kulit Pisang Raja Dengan Penambahan Kitosan Dan Plasticizer Sorbitol. *Inovasi Teknik Kimia*, 9(1), 31–36.
- Zahirah, D. F., & Sulistina, O. (2023). Efektifitas Pembelajaran Stem–Project-Based Learning Dalam Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Dan Berpikir Kreatif Siswa Pada Materi Keseimbangan Kimia. *UNESA Journal of Chemical Education*, 12(2), 121–131. <https://doi.org/10.26740/ujced.v12n2.p121-131>
- Zakaria, M. R., & Rosdiana, L. (2018). Profil Literasi Sains Peserta Didik Kelas VII pada Topik Pemanasan Global. *Pensa: Jurnal Pendidikan Sains*, 6(2), 170–174.
- Zhao, Y., & Wang, L. (2022). Correction: A case study of student development across project-based learning units in middle school chemistry. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s43031-022-00059-w>
- Zidny, R., & Eilks, I. (2020). Integrating perspectives from indigenous knowledge and Western science in secondary and higher chemistry learning to contribute to sustainability education. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 16(March), 100229. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100229>
- Zoungran, Y., Lynda, E., Dobi-Brice, K. K., Tchirioua, E., Bakary, C., & Yannick, D. D. (2020). Influence of natural factors on the biodegradation of simple and composite bioplastics based on cassava starch and corn starch. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 104396. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104396>