

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

TREN PENELITIAN “*EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*” DALAM PEMBELAJARAN KIMIA: BIBLIOMETRIK ANALISIS DALAM DUA DEKADE TERAKHIR (2004 – 2023)

Rahmat Rasmawan

Program Doktorat Pendidikan IPA Universitas Negeri Semarang, Kota Semarang
Email korespondensi: rahmat.rasmawan@fkip.untan.ac.id

ABSTRAK

Studi ini mengkaji tren “Education for Sustainable Development (ESD)” dalam pembelajaran kimia selama dua decade (2004 – 2023). Kajian dilakukan dengan mencari dokumen database Scopus untuk dianalisis. Analisis bibliometric menggunakan software Biblioshiny dan VosViewer. Hasil yang diperoleh mengungkapkan bahwa kajian ESD dalam pembelajaran kimia mengalami peningkatan yang cukup tinggi dari decade awal (2004 – 2013) ke decade terakhir (2014 – 2023). Berdasarkan penyebarannya, kajian ESD dalam pembelajaran kimia masih didominasi oleh negara maju seperti United States of America, Germany dan Canada. Afiliasi terbanyak yang mengkaji ESD dalam pembelajaran kimia adalah University of Bremen Germany. Jurnal yang paling banyak mengkaji ESD dalam pembelajaran kimia serta disitasi paling tinggi adalah Journal of Chemical Education. Penulis terkemuka sekaligus paling banyak disitasi adalah Eilks I. Kata kunci terkait tema ESD dalam pembelajaran kimia masih berpusat pada chemistry education, sustainability dan green chemistry. Tren topik kajian ESD yang berkembang antara lain green chemistry, environmental monitoring, environmental impact, climate change dan humans.

Kata kunci: *Bibliometrik, Education for Sustainable Development, Pembelajaran Kimia*

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

PENDAHULUAN

Sustainable Development Goals (SDGs) merupakan agenda yang disepakati oleh 193 negara anggota PBB yang berkomitmen meningkatkan kualitas hidup dalam memenuhi kebutuhan masa kini dan masa mendatang dalam bidang ekonomi, sosial dan lingkungan (United Nations Development Programme, 2022). Terdapat 17 agenda SDGs yang salah satunya adalah menciptakan pendidikan berkualitas, yaitu sistem Pendidikan yang mampu memberdayakan peserta didik untuk mengambil peran dan tanggung jawab secara aktif terlibat aktif dalam mencari solusi serta mengatasi permasalahan lingkungan, sosial dan ekonomi (Fekih Zguir et al., 2021; Grund & Brock, 2020; Ramdoo & Rumjaun, 2017). Dalam rangka menunjang Education for Sustainable Development (ESD) perlu dilakukan transformasi dengan menambahkan kompetensi, keyakinan, niat dan motivasi untuk mewujudkan masyarakat berkelanjutan selain konsep dan keterampilan terkait konten materi yang diajarkan (Findler et al., 2019; Handtke et al., 2022; Scharenberg et al., 2021). Berkaitan dengan pembelajaran kimia di berbagai jenjang Pendidikan, mengaitkan konten materi kimia dengan ESSD perlu memperhatikan karakteristik ilmu kimia dan bagaimana ilmu kimia berkembang dalam mewujudkan SDGs.

Ilmu kimia memegang peranan sentral dalam mewujudkan SDGs dikarenakan penelitian dan pengembangan ilmu kimia sering digunakan dalam menghasilkan produk industri untuk memenuhi kebutuhan hidup, perekonomian serta menjaga kualitas lingkungan (Khanam, 2018; Magwilang, 2016). Akan tetapi pengalaman di masa lalu menunjukkan industri kimia disinyalir penyebab terjadi kerusakan alam, seperti kerusakan lapisan ozon oleh penemuan CFC, pemanasan global akibat penemuan batu bara dan minyak bumi sebagai bahan bakar industri, pembuangan limbah yang tidak memperhatikan lingkungan serta eksploitasi sumber daya alam mineral dan produksi yang tidak efisien (Homburg, 2018; Singhal et al., 2012). *Green Chemistry* hadir menjawab permasalahan lingkungan, sosial dan ekonomi akibat industri kimia yang tidak terkendali. Konsep penting dari green chemistry adalah penggunaan bahan kimia yang aman, menghasilkan sedikit limbah, daur ulang produk atau efisiensi bahan baku, efisiensi energi keamanan dan pencegahan kecelakaan dengan target pengembangan ekonomi kelestarian lingkungan dan stabilitas sosial (Constable, 2021; Ganesh et al., 2021; Zuin et al., 2021). Dengan demikian, erat hubungan antara konsep sustainable development dengan green chemistry dalam ilmu kimia.

Upaya mengintegrasikan ESD dalam pembelajaran kimia bukanlah hal yang mudah dilakukan. Kajian kimia sebagai mata pelajaran yang diajarkan di jenjang pendidikan berfokus pada pemahaman struktur, sifat perubahan materi, energetika kimia (Brown et al., 2017). Berbagai gagasan muncul sebagai upaya mengintegrasikan ESD dalam mata Pelajaran kimia, antara lain mengadaptasi prinsip green chemistry dalam kerja laboratorium sekolah, menambahkan konten SDGs sebagai bahan kajian dalam mata Pelajaran kimia, penggunaan isu-isu berkelanjutan berbasis socio scientific isu dalam pembelajaran kimia, serta pengembangan proyek sekolah berbasis ESD (Burmeister et al., 2012; Juntunen & Aksela, 2014). Gagasan lainnya adalah dengan mengintegrasikan pengetahuan kandungan konten, penerapan pengetahuan dalam konteks tertentu, mengembangkan metodologi kimia baik kerja laboratorium maupun penggunaan teknologi (Jegstad & Sinnes, 2015; Rauch, 2015).

Studi terbatas tentang pengintegrasian ESD dalam pembelajaran telah dilakukan menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan tren penelitian dengan tema ESD dalam dunia Pendidikan (misalnya (Araújo-Vila et al., 2023; Côrtes & Rodrigues, 2016; Gorski et al., 2023; Indana & Pahlevi, 2023; Lim et al., 2022; Mishra et al., 2023; Viegas et al., 2016; Yang & Xiu, 2023), namun belum memberikan bagaimana tren penelitian ESD yang focus pada

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

pembelajaran kimia. Para peneliti dalam bidang Pendidikan kimia telah melakukan berbagai upaya untuk mengintegrasikan ESD dalam pembelajaran kimia. Misalnya penggunaan strategi Ethical Dilemma-STEAM Teaching dengan memberdayakan siswa menjadi agen perubahan dalam menjaga kelestarian lingkungan (Rahmawati et al., 2022). Pembaharuan dalam kurikulum pembelajaran kimia pernah dilakukan dengan merubah konten materi menjadi pembelajaran tematik berbasis isu atau trend dalam yang berkaitan dengan isu lingkungan dan perkembangan industri kimia (Kanapathy et al., 2019; Petillion et al., 2019). Pengintegrasian prinsip green chemistry dalam kegiatan laboratorium pernah dilaporkan sebagai upaya mewujudkan ESD dalam pembelajaran kimia (Ashraf et al., 2012; Gawlik-Kobylinska et al., 2020; Sharma et al., 2019).

Dari berbagai perspektif yang telah dikemukakan, integrasi ESD meningkatkan partisipasi aktif peneliti baik dalam merancang, menerapkan dan mengevaluasi pembelajaran kimia. Kemungkinan untuk melakukan kolaborasi riset antar peneliti dan lembaga organisasi, pemilihan tema, kebaruan maupun pengulangan riset dapat dilakukan untuk menciptakan dan mengimplementasikan ESD dalam pembelajaran kimia. Untuk mencapai tujuan tersebut, analisis trend penelitian ESD dalam pembelajaran kimia dengan Bibliometric menjadi langkah penting yang perlu dilakukan. Analisis bibliometric merupakan upaya menguraikan dan memetakan pengetahuan ilmiah untuk mendapatkan gambaran menyeluruh, mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan, menganalisis informasi maupun ide baru dalam penyelidikan serta menguraikan kontribusi yang telah dilakukan dalam tema riset yang spesifik (Brika et al., 2021; Donthu et al., 2021). Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah mendeskripsikan tren penelitian ESD dalam pembelajaran kimia dengan focus pada pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Sejauh mana pertumbuhan tahunan publikasi ilmiah terkait kajian ESD dalam Pembelajaran kimia selama dua dekade terakhir (2004 – 2023)?
2. Sejauh mana sebaran publikasi ESD dalam pembelajaran Kimia antar negara di dunia selama dua dekade terakhir (2004 – 2023)?
3. Siapakah penulis yang paling banyak menghasilkan serta yang paling banyak disitasi dalam publikasi ESD dalam pembelajaran kimia selama dua dekade terakhir (2004 – 2023)?
4. Siapakah jurnal ilmiah yang paling banyak menghasilkan serta yang paling banyak disitasi dalam publikasi ESD dalam pembelajaran kimia selama dua dekade terakhir (2004 – 2023)?
5. Kata kunci apa yang paling banyak digunakan pada keyword dan abstrak dalam kajian ESD pada pembelajaran kimia selama dua decade terakhir (2004 – 2023)?
6. Tren research topik apa saja yang layak dikembangkan dalam kajian ESD pada pembelajaran kimia selama dua dekade terakhir (2004 – 2023)?

METODE PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah mendeskripsikan tren penelitian ESD dalam pembelajaran kimia selama dua dekade terakhir (2004 – 2023) sehingga bentuk penelitian yang digunakan adalah eksploratif dan deskriptif. Bentuk penelitian yang dilakukan adalah Bibliometrik analisis, yaitu teknik yang memperhitungkan kontribusi komponen penelitian dan hubungan antar komponen penelitian termasuk penulis, lembaga, negara, analisis kutipan, analisis *co citation*, penggabungan bibliografi, analisis kata bersama, dan analisis penulisan bersama (Donthu et al., 2021). Langkah penelitian terdiri dari dua tahap. Tahap ekstraksi data

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

(*first step*), meliputi penentuan kata kunci pencarian, pemilihan data base, mereduksi data khususnya untuk data yang eror atau data duplikat dan tahap analisis bibliometric (*second step*) melakukan analisis bibliometric dengan bantuan *software* yang sesuai (Donthu et al., 2021; Mishra et al., 2023).

Tahap ekstraksi data dikumpulkan tren penelitian ESD dalam pembelajaran kimia dari database Scopus karena dianggap lebih relevan dalam komunitas ilmiah, proses peer-review, keteguhan dan periodisitasnya dalam menjaga kualitas jurnal yang masuk dalam *database scopus* (Gao et al., 2022; Izhar et al., 2023; Suprpto et al., 2021). Pencarian artikel dalam database Scopus dimulai dengan memasukkan *keyword* disertai logika Boolean “OR”, “AND” atau “NOT” agar hasil pencarian menjadi lebih terfokus. Selain itu dilakukan filter melalui sistem otomatis dalam *database* pengindeks scopus pada rentang waktu, *type document*, bahasa dan proses *peer-review* dengan tujuan menjaga kualitas dokumen yang akan dianalisis dan sesuai dengan tujuan penelitian yang hendak dicapai. Adapun tahap ekstraksi yang dilakukan (Tabel 1) diperoleh sebanyak 177 dokumen yang akan dianalisis.

Tabel 1. Tahap ekstraksi data dari database scopus

Tahapan	Deskripsi
Penentuan kata kunci	<i>Advance query: TITLE-ABS-KEY ("Sustainable Development" OR "Sustainability" OR "education sustainable development" OR "sustainable chemistry") AND ("chemistry education" OR "chemistry teaching" OR "chemistry learning")</i>
Filter tahun	<i>Limit year: 2004 – 2023 (dua dekade terakhir)</i>
Filter dokumen	<i>Limit to: article, book chapter, review, conference paper, book</i>
Filter bahasa	<i>Limit language: English</i>
Total dokumen yang diperoleh berjumlah 177	

Tahap analisis data dilakukan dengan menggunakan *software* VosViewer dan Biblioshiny (R-tool software). Hasil *export* dari *database* scopus dalam bentuk RIS file ditransfer ke VosViewer, sedangkan CVR file ditransfer ke Biblioshiny (R-tool software). Penggunaan VosViewer diperuntukkan untuk memberikan gambaran atau jejaring antara penulis bersama, *keyword* dan abstrak, *co-author* sitasi (Miftah et al., 2022). Selanjutnya, hasil *export* file CVR dari database scopus ditransfer ke Biblioshiny (R-tool software). Penggunaan Biblioshiny untuk memberikan gambaran tentang profil tren riset, penulis, negara, dan institusi penghasil dokumen dengan kajian ESD dalam Pembelajaran kimia

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran umum tema ESD dalam pembelajaran kimia dari data base scopus dari rentang 2004 – 2023 disajikan pada Tabel 2. Dari Tabel 2 diketahui bahwa tipe dokumen tertinggi dalam tema ESD dalam pembelajaran kimia adalah artikel ilmiah. Selain itu, Tingkat pertumbuhan tahunan dokumen sebesar 15,4% dari Scopus dapat dianggap sebagai tingkat pertumbuhan yang cukup tinggi yang menunjukkan bahwa tema yang dikaji semakin relevan dan bermanfaat bagi komunitas peneliti dan akademisi.

Tabel 2. Gambaran umum tema ESD dalam pembelajaran kimia dari 2004 – 2023

Deskripsi	Hasil
Tingkat pertumbuhan tahunan	15,45%
Jumlah penulis	405
Artikel	109
Buku	4
Book Chapter	25
Konferensi	16

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

Deskripsi	Hasil
Artikel Review	23

Pertumbuhan Kajian ESD dalam Pembelajaran Kimia bersifat fluktuatif dari tahun ke tahun. Puncak tertinggi publikasi terjadi pada tahun 2020 sebanyak 26 dokumen. Tabel 3 menunjukkan jumlah kajian ESD dalam pembelajaran kimia dari tahun 2004 – 2023 dan rata-rata sitasinya. Berdasarkan Tabel 3 terjadi trend peningkatan publikasi dengan tema ESD dalam pembelajaran kimia yang cukup tinggi dari dekade awal (2004 – 2013) yang relatif sedikit dibandingkan dengan dekade akhir (2014 – 2023) yang meningkat relatif tinggi.

Tabel 3. Jumlah publikasi dan rerata sitasi pertahun tema ESD dalam Pembelajaran Kimia

Tahun	Jumlah dokumen	Rerata sitasi	Tahun	Jumlah dokumen	Rerata sitasi
2004	0	0	2014	6	1.73
2005	0	0	2015	8	2.33
2006	2	0.03	2016	4	1.89
2007	0	0	2017	7	1.64
2008	1	1.24	2018	11	2.44
2009	0	0	2019	29	3.84
2010	0	0	2020	26	3.52
2011	2	0.46	2021	19	2.94
2012	5	5.32	2022	20	1.08
2013	14	1.24	2023	23	0.85

Sebaran publikasi dalam pembelajaran kimia antar negara menghasilkan 177 dokumen dengan jumlah total 405 penulis yang berasal dari 33 negara. Jumlah dokumen yang dihasilkan dalam suatu negara dalam penelitian ini ditentukan dari asal negara korespondensi author, yaitu penulis yang bertanggung jawab atas korespondensi atau kontak utama untuk berkomunikasi dengan editor jurnal atau penerbit yang mewakili tim penulis secara keseluruhan. Tabel 4 menunjukkan top 10 negara penghasil dokumen dengan tema ESD dalam pembelajaran kimia beserta jumlah penulis, sitasi dan rerata sitasi.

Tabel 4. Top 10 negara publikasi terbanyak berdasarkan *corresponding author*

Top	Negara	Dokumen (n = 177)	Penulis (n = 405)	Total sitasi	Rerata sitasi perdokumen
1	United States of America	48 (27.12%)	113 (27.90%)	804	16.75
2	Germany	22 (12.43%)	64 (15.80%)	554	25.20
3	Canada	12 (6.78%)	31 (7.65%)	323	26.90
4	Indonesia	10 (5.65%)	53 (13.08%)	18	1.80
5	Malaysia	7 (3.95%)	36 (8.89%)	48	6.90
6	South Africa	7 (3.95%)	14 (3.46%)	17	2.40
7	Brazil	6 (3.34%)	32 (7.90%)	143	23.80
8	China	5 (2.82%)	12 (2.96%)	296	59.20
9	Israel	5 (2.82%)	27 (6.67%)	73	14.60
10	United Kingdom	5 (2.82%)	16 (3.95%)	109	21.80

Sebaran publikasi ESD dalam pembelajaran kimia dari afiliasi ditentukan dari jumlah penulisnya. Pada bagian ini ditentukan 10 afiliasi yang paling produktif dalam tema ESD dalam pembelajaran Kimia dalam dua dekade terakhir (2004 – 2023). Tabel 5 menunjukkan top 10 afiliasi paling produktif dalam tema ESD dalam pembelajaran kimia.

Tabel 5. Top 10 Afiliasi paling produktif tema ESD dalam pembelajaran kimia

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

Top	Afiliasi	Jumlah author (n = 405)	Negara
1	University Of Bremen	49 (12.09%)	Germany
2	Universiti Kebangsaan Malaysia	18 (4.45%)	Malaysia
3	Universitas Negeri Jakarta	13 (3.21%)	Indonesia
4	Weizmann Institute of Science	13 (3.21%)	Israel
5	University Of Nevada	10 (2.47%)	USA
6	Chiang Mai University	9 (2.23%)	Thailand
7	Deakin University	9 (2.23%)	Australia
8	Universitas Pendidikan Indonesia	9 (2.23%)	Indonesia
9	Malmö University	8 (1.97%)	Swedia
10	University Of Helsinki	8 (1.97%)	Finlandia

Penulis paling produktif tema ESD dalam pembelajaran kimia dalam dua dekade (2004 – 2023) menghasilkan total 75 dokumen (42.37%) dari total seluruh dokumen. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Eilks, I. merupakan penulis dengan jumlah dokumen, sitasi, *fractionalized* dokumen dan h-indeks terbesar dari top 10 penulis yang lain (Tabel 5). Salah satu karya karya Eilks I yang paling banyak disitasi dengan total sitasi 188 adalah artikel dengan judul “*Education for Sustainable Development (ESD) And Chemistry Education*” terbit pada tahun 2012 oleh Journal Chemistry Education Research and Practice.

Tabel 5. Top 10 Penulis penghasil dokumen pada tema ESD dalam pembelajaran kimia

Top	Nama Penulis	Dokumen (n = 177)	<i>Fractionalized</i> dokumen	Jumlah Sitasi	h-Indeks
1	Eilks, I.	24 (13.56%)	9.51	717	12
2	Mahaffy, P.G.	9 (5.08%)	2.13	316	7
3	Mammino, L.	6 (3.39%)	4.59	49	4
4	Sjöström, J.	6 (3.39%)	1.98	134	6
5	Hurst, G.A.	5 (2.82%)	2.92	98	4
6	Orgill, M.	5 (2.82%)	1.56	286	4
7	Rahmawati, Y.	5 (2.82%)	1.90	12	1
8	Siol, A.	5 (2.82%)	1.37	61	4
9	York, S.	5 (2.82%)	1.56	286	4
10	Zuin, V.G.	5 (2.82%)	1.48	192	4

Berkaitan dengan artikel yang banyak disitasi, posisi pertama ditempati oleh Chen T-L tahun 2020 dengan jumlah sitasi 201 yang berjudul *Implementation of green chemistry principles in circular economy system towards sustainable development goals: Challenges and perspectives* diterbitkan oleh jurnal *Science of The Total Environment*. Tabel 6 memberikan gambaran tentang artikel dengan sitasi terbanyak.

Tabel 6. Top 10 dokumen ESD dalam pembelajaran kimia yang banyak disitasi

Top	Author, tahun, penerbit	Judul	Sitasi
1	Chen T-L, 2020, Sci Total Environ	<i>Implementation of green chemistry principles in circular economy system towards sustainable development goals: Challenges and perspectives</i>	241
2	Burmeister M, 2012, Chem Educ Res Pract	<i>Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education</i>	188
3	Orgill M, 2019, J Chem Educ	<i>Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community</i>	124

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

4	Mahaffy Pg, 2019, Nature Sustain	<i>Systems thinking for education about the molecular basis of sustainability</i>	97
5	Zuin VG, 2021, Green Chem	<i>Education in green chemistry and in sustainable chemistry: perspectives towards sustainability</i>	94
6	York S, 2019, J Chem Educ	<i>Applications of Systems Thinking in STEM Education</i>	93
7	Burmeister M, 2012, Chem Educ Res Pract	<i>An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to Education for Sustainable Development in secondary school chemistry teaching</i>	68
8	Mahaffy PG, 2019, J Chem Educ	<i>Integrating the Molecular Basis of Sustainability into General Chemistry through Systems Thinking</i>	61
9	Sjöström J, 2016, Sci Educ	<i>Towards Eco-reflexive Science Education: A Critical Reflection About Educational Implications of Green Chemistry</i>	58
10	Eilks I, 2015, Eurasia J Math Sci Technol Educ	<i>Science Education and Education for Sustainable Development – Justifications, Models, Practices and Perspectives</i>	55

Jurnal akademik adalah sarana utama tempat penulis menyebarkan pemikiran dan hasil penelitian. Jurnal yang paling banyak menerbitkan tema ESD dalam pembelajaran kimia dalam dua decade terakhir (2004 – 2023) disajikan pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa Jurnal terbanyak adalah Journal of Chemical Education dengan total dokumen 43 (24.29%), Jurnal yang paling banyak disitasi adalah Journal of Chemical Education dengan 783 sitasi dan Journal Chemistry Education Research and Practice dengan 508 sitasi. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua jurnal tersebut memberikan pengaruh bagi penulis lain dalam menyusun penelitian dengan tema ESD dalam pembelajaran kimia.

Tabel 7. Top 10 Jurnal yang mempublikasikan tema ESD dalam Pembelajaran Kimia

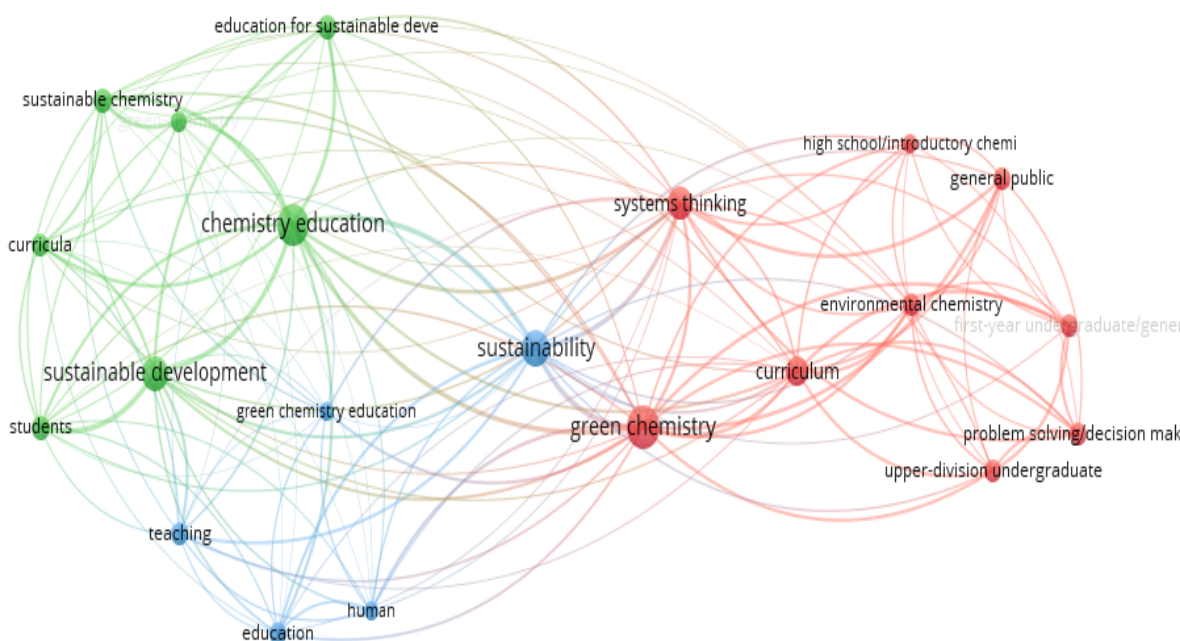
Top	Jurnal	Dokumen (n = 177)	Sitasi	h-Indeks
1	<i>Journal Of Chemical Education</i>	43 (24.29%)	783	16
2	<i>ACS Symposium Series</i>	13 (7.34%)	22	2
3	<i>Chemistry Education Research and Practice</i>	11 (6.21%)	508	11
4	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	10 (5.65%)	70	5
5	<i>Sustainable Chemistry and Pharmacy</i>	7 (3.95%)	58	5
6	<i>Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry</i>	6 (3.39%)	98	4
7	<i>Journal of Physics: Conference Series</i>	4 (2.26%)	14	3
8	<i>ACS Sustainable Chemistry and Engineering</i>	4 (2.26%)	54	2
9	<i>Educacion Quimica</i>	4 (2.26%)	31	2
10	<i>International Journal of Sustainability in Higher Education</i>	3 (1.69%)	31	3

Kata kunci dan abstrak ditentukan dengan membuat peta visualisasi dengan VosViewer berdasarkan keyword yang digunakan dalam dokumen. Pemilahan keyword dibatasi dengan menentukan minimal 10 kemunculan dan diperoleh sebanyak 21 keyword yang terbagi menjadi tiga cluster utama yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Hasil analisis menunjukkan adanya tiga kluster utama yang muncul secara signifikan dalam kumpulan data yang dianalisis. Kluster pertama, yang sering muncul, adalah "Chemistry Education", menyoroti pentingnya pendidikan kimia sebagai salah satu fokus utama dalam literatur atau

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

dataset tersebut. Kluster kedua, yang sering muncul, adalah "*Sustainability*", menggambarkan bahwa isu-isu keberlanjutan memegang peranan penting dalam konteks kimia, menunjukkan adanya kesadaran akan tanggung jawab lingkungan dalam praktik ilmiah dan industri kimia. Sementara itu, kluster ketiga yang sering muncul adalah "*Green Chemistry*", menekankan pada upaya untuk mengembangkan dan menerapkan prinsip-prinsip kimia yang ramah lingkungan. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa ada hubungan yang erat antara pendidikan kimia, keberlanjutan, dan praktik kimia yang ramah lingkungan, menunjukkan arah yang potensial untuk penelitian lebih lanjut dan pengembangan kebijakan dalam domain ini.



Gambar 1. Tiga cluster keyword dalam tema ESD dalam Pembelajaran Kimia

Keyword yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan research topik yang sedang menjadi tren penelitian ESD dalam Pembelajaran Kimia. Tabel 8 menunjukkan bahwa tren topik penelitian ESD dalam pembelajaran kimia adalah *green chemistry*, *environmental monitoring*, *environmental impact*, *climate change*, dan *humans* masih layak untuk diteliti dan dikembangkan. Adapun topik yang sudah ditinggalkan dari ESD dalam pembelajaran kimia antara lain *chemical engineering* dan *international cooperation*.

Tabel 8. Tren Topik Tema ESD dalam Pembelajaran Kimia

Keyword	Frekuensi	year_q1	year_med	year_q3
<i>green-chemistry</i>	13	2020	2021	2023
<i>environmental monitoring</i>	11	2020	2023	2023
<i>environmental impact</i>	11	2014	2019	2022
<i>climate change</i>	22	2015	2020	2022
<i>technology</i>	11	2008	2013	2021
<i>humans</i>	20	2013	2019	2021
<i>sustainability</i>	21	2019	2020	2021
<i>chemical industry</i>	15	2004	2007	2020
<i>chemical analysis</i>	17	2011	2013	2020

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

<i>ecology</i>	13	2011	2013	2020
<i>engineering education</i>	47	2008	2014	2020
<i>environmental protection</i>	27	2005	2014	2020
<i>conservation of natural resources</i>	10	2012	2016	2020
<i>environmental technology</i>	17	2013	2017	2020
<i>curricula</i>	52	2009	2018	2020
<i>environmental sustainability</i>	18	2011	2018	2020
<i>education program</i>	10	2009	2010	2015
<i>international cooperation</i>	15	2008	2009	2014
<i>chemical engineering</i>	18	2004	2005	2011

Analisis pertumbuhan dokumen dalam dua dekade terakhir menunjukkan bahwa terjadi peningkatan jumlah dokumen dari decade pertama (2004 – 2013) ke decade kedua (2014 – 2023). Hal ini dapat disebabkan karena pada dekade awal (2004 – 2013) PBB baru mengeluarkan kebijakan dari hasil KTT dunia di Johannesburg tahun 2002 yang merencanakan, pengintegrasian ESD dalam kurikulum dan pengembangan program tindak lanjut dalam Pendidikan untuk decade 2005 – 2014 (Grosseck et al., 2019; Rauch, 2015). Pada decade akhir (2014 – 2023) dapat disebabkan dengan perluasan ESD dalam pembelajaran kimia dengan konsep green chemistry yang mulai diperkenalkan dari dunia industri ke lembaga pendidikan (Eilks & Linkwitz, 2022; Ganesh et al., 2021). Pengintegrasian green chemistry yang dilakukan dalam pembelajaran memiliki banyak alternatif dalam pembelajaran kimia, seperti penggunaan zat yang nontoksik dalam kerja laboratorium, mengintegrasikan fasilitas atau metode praktek industri berskala kecil dalam pembelajaran, efisiensi energi serta pengurangan dampak emisi terhadap lingkungan yang mulai dijadikan topik dalam pembelajaran kimia (Hoffman & Dicks, 2020; Zuin et al., 2021). Hal lainnya adalah kesadaran akan menyelesaikan permasalahan oleh kimia akibat ulah manusia dan produksi yang tidak terkendali di masa lampau sehingga ESD dalam pembelajaran kimia berkembang hampir di semua negara (Karpudewan et al., 2009; Lozano & Katherine Watson, 2013).

Hasil analisis bibliometric menunjukkan bahwa tema ESD dalam pembelajaran Kimia sangat beragam. Dokumen dengan sitasi paling banyak mengkaji tentang kerangka strategi sustainable development, mengajukan dan mengimplementasikan ide atau karya desain inovatif berbasis green chemistry (misalkan pemanfaatan bahan baku terbarukan, teknologi produksi yang ramah lingkungan serta efisiensi energi, pengurangan limbah produksi) menghadirkan *socioscientific* isu yang berkaitan langsung dengan tiga pilar *sustainable development*, serta pengembangan proyek berbasis sekolah terkait ESD dan *Green Chemistry* (Burmeister et al., 2012; Chen et al., 2020; García-Serna et al., 2007). Tema kelautan pernah dijadikan isu dalam ESD terkait dengan pemanasan global, perubahan iklim, peningkatan karbon dioksida terlarut dan menitikberatkan pembelajaran pada interdisipliner termasuk integrasi ilmu kimia, kebijakan pemerintah, sosial budaya dan menghadirkan suatu ide dan tindakan nyata yang transformatif dalam memperbaiki isu-isu kelautan (Claudet et al., 2020).

Hasil analisis bibliometric yang didasarkan pada topik atau trend penelitian *green chemistry*, *environmental monitoring*, *environmental impact*, *climate change*, dan *humans* layak untuk diteliti. *Green Chemistry* merupakan suatu hal yang sangat luas, dapat dipandang sebagai upaya mewujudkan ilmu kimia yang ramah lingkungan dengan tetap memperhatikan sosial budaya perluasan ekonomi. Banyak kajian dari *green chemistry* yang layak untuk dikembangkan, antara lain memanfaatkan kearifan lokal ramah lingkungan yang unik pada suatu kawasan (Zidny & Eilks, 2022; Zowada et al., 2020), pemanfaatan bahan alam yang

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

terbuang menjadi barang berkualitas tinggi melalui proses biorefineries (Zuin et al., 2019), penggantian zat-zat kimia berbahaya baik bagi kesehatan dan lingkungan dengan bahan-bahan ramah lingkungan berbasis bahan alam (Timmer et al., 2018; Yue et al., 2023). Selain itu, kesadaran lingkungan dan perlindungan sumber daya alam memiliki peranan penting dalam ESD terutama mewujudkan peran siswa dalam menjaga, mempertahankan kualitas serta solusi atau pendekatan perbaikan akibat perubahan serta kerusakan lingkungan yang terjadi (Abdullah et al., 2011; Ashraf et al., 2012; Karpudewan et al., 2009; Kiryak et al., 2021). Humas or humanity juga menjadi topik atau trend yang penting dalam ESD. Pembentukan pandangan, sikap, etika dan tingkah laku sebagai Masyarakat berkelanjutan dalam mengatasi permasalahan terkait lingkungan, sosial budaya, dan ekonomi sesuai dengan konteks perlu mendapat perhatian khusus pada ESD dalam pembelajaran kimia (Georgiou & Kyza, 2023; Rahmawati et al., 2021, 2023).

KESIMPULAN

Artikel ini mengkaji tentang ESD dalam pembelajaran kimia melalui analisis bibliometric menggunakan software biblioshiny dan VosViewer. Hasil yang diperoleh mengungkapkan bahwa kajian ESD dalam pembelajaran kimia mengalami peningkatan yang cukup tinggi dari decade awal (2004 – 2013) ke decade terakhir (2014 – 2023). Berdasarkan penyebarannya, kajian ESD dalam pembelajaran kimia masih didominasi oleh negara maju seperti United States of America, Germany dan Canada. Afiliasi terbanyak yang mengkaji ESD dalam pembelajaran kimia adalah University of Bremen Germany. Jurnal yang paling banyak mengkaji ESD dalam pembelajaran kimia serta disitasi paling tinggi adalah Journal of Chemical Education. Penulis terkemuka sekaligus paling banyak disitasi adalah Eilks I. Kata kunci terkait tema ESD dalam pembelajaran kimia masih berpusat pada *chemistry education*, *sustainability*, dan *green chemistry*. Tren topik kajian ESD yang berkembang antara lain *green chemistry*, *environmental monitoring*, *environmental impact*, *climate change*, dan *humans*.

Berdasarkan hasil temuan ESD dalam pembelajaran kimia melalui analisis bibliometric ini dapat disarankan beberapa hal, antara lain memperluas kajian tentang ESD dalam pembelajaran Kimia yang berfokus pada green chemistry, peran pembelajar dan hubungannya dengan kesetimbangan alam serta pembentukan Masyarakat berkelanjutan berdasarkan penerapan ilmu kimia yang dipelajari. Selain itu, disarankan pula untuk mengkaji penerapan ESD dalam bidang sains yang lain, seperti pembelajaran biologi, fisika atau sains. Karena analisis bibliometric hanya menggunakan database dari scopus, maka peneliti lain dapat menghimpun dokumen-dokumen tentang ESD dalam pembelajaran kimia dari database yang lain seperti WoS, ERIC, Jstor atau database lain yang memiliki kredibilitas yang baik dengan harapan mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S. I. S. S., Halim, L., & Shahali, E. H. M. (2011). Integration of environmental knowledge across biology, physics and chemistry subject at secondary school level in Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15, 1024–1028. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.03.233>
- Araújo-Vila, N., Otegui-Carles, A., & Fraiz-Brea, J. A. (2023). Bibliometric Analysis of Academic Research in Education for Sustainable Development in the Field of Tourism. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD)*, 14(1), 1–17. <https://doi.org/10.4018/IJSESD.326280>

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

- Ashraf, S. S., Rauf, M. A., & Abdullah, F. H. (2012). A Hands-On Approach to Teaching Environmental Awareness and Pollutant Remediation to Undergraduate Chemistry Students. *Research in Science & Technological Education*, 30(2), 173–184. <https://doi.org/10.1080/02635143.2012.698604>
- Brika, S. K. M., Algamdi, A., Chergui, K., Musa, A. A., & Zouaghi, R. (2021). Quality of Higher Education: A Bibliometric Review Study. *Frontiers in Education*, 6. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feduc.2021.666087>
- Brown, T. E., LeMay, H. E., Bursten, B. E., Murphy, C., Woodward, P., & Stoltzfus, M. E. (2017). *Chemistry: The Central Science* (14th ed.). Pearson Education.
- 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>
- Chen, T.-L., Kim, H., Pan, S.-Y., Tseng, P.-C., Lin, Y.-P., & Chiang, P.-C. (2020). Implementation of green chemistry principles in circular economy system towards sustainable development goals: Challenges and perspectives. *Science of The Total Environment*, 716, 136998. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136998>
- Claudet, J., Bopp, L., Cheung, W. W. L., Devillers, R., Escobar-Briones, E., Haugan, P., Heymans, J. J., Masson-Delmotte, V., Matz-Lück, N., Miloslavich, P., Mullineaux, L., Visbeck, M., Watson, R., Zivian, A. M., Ansorge, I., Araujo, M., Aricò, S., Bailly, D., Barbière, J., ... Gaill, F. (2020). A Roadmap for Using the UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development in Support of Science, Policy, and Action. *One Earth*, 2(1), 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.012>
- Constable, D. J. C. (2021). Green and sustainable chemistry – The case for a systems-based, interdisciplinary approach. *iScience*, 24(12), 103489. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.103489>
- Côrtés, P. L., & Rodrigues, R. (2016). A bibliometric study on “education for sustainability.” *Brazilian Journal of Science and Technology*, 3(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s40552-016-0016-5>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Eilks, I., & Linkwitz, M. (2022). Greening the chemistry curriculum as a contribution to education for sustainable development: When and how to start? *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 37, 100662. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2022.100662>
- Fekih Zguir, M., Dubis, S., & Koç, M. (2021). Embedding Education for Sustainable Development (ESD) and SDGs values in curriculum: A comparative review on Qatar, Singapore and New Zealand. *Journal of Cleaner Production*, 319, 128534. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128534>
- Findler, F., Schönherr, N., Lozano, R., Reider, D., & Martinuzzi, A. (2019). The impacts of higher education institutions on sustainable development: A review and conceptualization. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20(1), 23–38. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2017-0114>
- Ganesh, K. N., Zhang, D., Miller, S. J., Rossen, K., Chirik, P. J., Kozlowski, M. C., Zimmerman, J. B., Brooks, B. W., Savage, P. E., Allen, D. T., & Voutchkova-Kostal, A. M. (2021). Green Chemistry: A Framework for a Sustainable Future. *The Journal of Organic Chemistry*, 86(13), 8551–8555. <https://doi.org/10.1021/acs.joc.1c01355>

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

- Gao, Y., Wong, S. L., Khambari, M. N. Md., & Noordin, N. (2022). A Bibliometric Analysis of the Scientific Production of e-Learning in Higher Education (1998-2020). *International Journal of Information and Education Technology*, 12(5), 390–399. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.5.1632>
- García-Serna, J., Pérez-Barrigón, L., & Cocero, M. J. (2007). New trends for design towards sustainability in chemical engineering: Green engineering. *Chemical Engineering Journal*, 133(1), 7–30. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2007.02.028>
- Gawlik-Kobylnska, M., Walkowiak, W., & Maciejewski, P. (2020). Improvement of a Sustainable World through the Application of Innovative Didactic Tools in Green Chemistry Teaching: A Review. *Journal of Chemical Education*, 97(4), 916–924. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b01038>
- Georgiou, Y., & Kyza, E. A. (2023). Fostering Chemistry Students’ Scientific Literacy for Responsible Citizenship through Socio-Scientific Inquiry-Based Learning (SSIBL). *Sustainability*, 15(8). <https://doi.org/10.3390/su15086442>
- Gorski, A.-T., Ranf, E.-D., Badea, D., Halmaghi, E.-E., & Gorski, H. (2023). Education for Sustainability—Some Bibliometric Insights. *Sustainability*, 15(20), Article 20. <https://doi.org/10.3390/su152014916>
- Grosbeck, G., Țiru, L. G., & Bran, R. A. (2019). Education for Sustainable Development: Evolution and Perspectives: A Bibliometric Review of Research, 1992–2018. *Sustainability*, 11(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/su11216136>
- Grund, J., & Brock, A. (2020). Education for sustainable development in Germany: Not just desired but also effective for transformative action. *Sustainability (Switzerland)*, 12(7). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su12072838>
- Handtke, K., Richter-Beuschel, L., & Bögeholz, S. (2022). Self-Efficacy Beliefs of Teaching ESD: A Theory-Driven Instrument and the Effectiveness of ESD in German Teacher Education. *Sustainability*, 14(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/su14116477>
- Hoffman, K. C., & Dicks, A. P. (2020). Shifting the paradigm of chemistry education by Greening the high school laboratory. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 16, 100242. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100242>
- Homburg, E. (2018). Chemistry and Industry: A Tale of Two Moving Targets. *Isis*, 109(3), 565–576. <https://doi.org/10.1086/699986>
- Indana, F., & Pahlevi, R. W. (2023). A bibliometric approach to Sustainable Development Goals (SDGs) systematic analysis. *Cogent Business & Management*, 10(2), 2224174. <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2224174>
- Izhar, N. A., Ishak, N. A., & Baharudin, S. M. (2023). A Bibliometric Analysis of 21st Century Learning Using Scopus Database. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(3), Article 3. <https://www.ijlter.org/index.php/ijlter/article/view/6779>
- Jegstad, K. M., & Sinnes, A. T. (2015). Chemistry Teaching for the Future: A model for secondary chemistry education for sustainable development. *International Journal of Science Education*, 37(4), 655–683. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.1003988>
- Juntunen, M. K., & Aksela, M. K. (2014). Education for sustainable development in chemistry – challenges, possibilities and pedagogical models in Finland and elsewhere. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 488–500. <https://doi.org/10.1039/C4RP00128A>
- Kanapathy, S., Lee, K. E., Sivapalan, S., Mokhtar, M., Zakaria, S. Z. S., & Zahidi, A. M. (2019). Sustainable Development Concept in the Chemistry Curriculum: An

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

- Exploration of Foundation Students' Perspective. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20(1), 2–22. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-04-2018-0069>
- Karpudewan, M., Ismail, Z. H., & Mohamed, N. (2009). The integration of green chemistry experiments with sustainable development concepts in pre-service teachers' curriculum: Experiences from Malaysia. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 10(2), 118–135. Scopus. <https://doi.org/10.1108/14676370910945936>
- Khanam, R. (2018). The importance of chemistry education. *Journal of Organic & Inorganic Chemistry*, 4. <https://doi.org/10.21767/2472-1123-C5-014>
- Kiryak, Z., Candas, B., & Özmen, H. (2021). Investigating Preservice Science Teachers' Cognitive Structures on Environmental Issues. *Journal of Science Learning*, 4(3), 244–256. <https://doi.org/10.17509/jsl.v4i3.30366>
- Lim, C. K., Haufiku, M. S., Tan, K. L., Farid Ahmed, M., & Ng, T. F. (2022). Systematic Review of Education Sustainable Development in Higher Education Institutions. *Sustainability (Switzerland)*, 14(20). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su142013241>
- Lozano, R., & Katherine Watson, M. (2013). Chemistry Education for Sustainability: Assessing the chemistry curricula at Cardiff University. *Educación Química*, 24(2), 184–192. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72461-3](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72461-3)
- Magwilang, D. E. B. (2016). Teaching Chemistry in Context: Its Effects on Students' Motivation, Attitudes and Achievement in Chemistry. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 15(4), Article 4. <https://www.ijlter.org/index.php/ijlter/article/view/670>
- Miftah, M. Z., Basthomi, Y., & Syahid, A. (2022). Preservice Teachers' Reflections on English Teaching Practicum for Professional Development: A Bibliometric Analysis. *Pedagogika*, 147(3), Article 3. <https://doi.org/10.15823/p.2022.147.10>
- Mishra, M., Desul, S., Santos, C. A. G., Mishra, S. K., Kamal, A. H. M., Goswami, S., Kalumba, A. M., Biswal, R., da Silva, R. M., dos Santos, C. A. C., & Baral, K. (2023). A bibliometric analysis of sustainable development goals (SDGs): A review of progress, challenges, and opportunities. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03225-w>
- Petillion, R. J., Freeman, T. K., & McNeill, W. S. (2019). United Nations Sustainable Development Goals as a Thematic Framework for an Introductory Chemistry Curriculum. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2845–2851. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00307>
- Rahmawati, Y., Mardiah, A., Taylor, E., Taylor, P. C., & Ridwan, A. (2023). Chemistry Learning through Culturally Responsive Transformative Teaching (CRTT): Educating Indonesian High School Students for Cultural Sustainability. *Sustainability*, 15(8). <https://doi.org/10.3390/su15086925>
- Rahmawati, Y., Taylor, E., Taylor, P. C., & Koul, R. (2021). Student Empowerment in a Constructivist Values Learning Environment for a Healthy and Sustainable World. *Learning Environments Research*, 24(3), 451–468. <https://doi.org/10.1007/s10984-020-09336-9>
- Rahmawati, Y., Taylor, E., Taylor, P. C., Ridwan, A., & Mardiah, A. (2022). Students' Engagement in Education as Sustainability: Implementing an Ethical Dilemma-STEAM Teaching Model in Chemistry Learning. *Sustainability*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/su14063554>

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

- Ramdoo, G.-S., & Rumjaun, A. B. (2017). Education for sustainable development: Connecting the dots for sustainability. *Journal of Learning for Development*, 4(1). <https://doi.org/10.56059/jl4d.v4i1.170>
- Rauch, F. (2015). Education for Sustainable Development and Chemistry Education. In *Worldwide Trends in Green Chemistry Education*. the royal Society of Chemistry.
- Scharenberg, K., Waltner, E.-M., Mischo, C., & Rieß, W. (2021). Development of Students' Sustainability Competencies: Do Teachers Make a Difference? *Sustainability*, 13(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/su132212594>
- Sharma, R. K., Yadav, S., Gupta, R., & Arora, G. (2019). Synthesis of Magnetic Nanoparticles Using Potato Extract for Dye Degradation: A Green Chemistry Experiment. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 3038–3044. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00384>
- Singhal, M., Singh, A., & Eram, S. (2012). GREEN CHEMISTRY POTENTIAL FOR PAST, PRESENT AND FUTURE PERSPECTIVES. *International Research Journal of Pharmacy*, 3, 36–36.
- Suprpto, N., Prahani, B. K., & Deta, U. A. (2021). Research Trend on Ethnoscience through Bibliometric Analysis (2011-2020) and The Contribution of Indonesia. *LibraryPhilosophyand Practice(e-Journal)*, 5599. <https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/5599>
- Timmer, B. J. J., Schaufelberger, F., Hammarberg, D., Franzén, J., Ramström, O., & Dinér, P. (2018). Simple and Effective Integration of Green Chemistry and Sustainability Education into an Existing Organic Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 95(8), 1301–1306. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00720>
- United Nations Development Programme. (2022). *The SDG Guidebook for Youth in Action*. United Nations Building, Rajdamnern Nok Avenue.
- Viegas, C. V., Bond, A. J., Vaz, C. R., Borchardt, M., Pereira, G. M., Selig, P. M., & Varvakis, G. (2016). Critical attributes of Sustainability in Higher Education: A categorisation from literature review. *Journal of Cleaner Production*, 126, 260–276. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.106>
- Yang, C., & Xiu, Q. (2023). A Bibliometric Review of Education for Sustainable Development, 1992–2022. *Sustainability (Switzerland)*, 15(14). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su151410823>
- Yue, C.-J., Gu, L.-P., Ma, S.-S., Sun, X., Dai, N., Zhang, Z.-W., & Liu, B.-L. (2023). Improving undergraduate graduation chemical design using green techniques based on green engineering principles. *Education for Chemical Engineers*, 44, 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.05.003>
- Zidny, R., & Eilks, I. (2022). Learning about Pesticide Use Adapted from Ethnoscience as a Contribution to Green and Sustainable Chemistry Education. *Education Sciences*, 12. <https://doi.org/10.3390/educsci12040227>
- Zowada, C., Frerichs, N., Zuin, V. G., & Eilks, I. (2020). Developing a lesson plan on conventional and green pesticides in chemistry education – a project of participatory action research. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 141–153. <https://doi.org/10.1039/C9RP00128J>
- Zuin, V. G., Eilks, I., Elschami, M., & Kümmerer, K. (2021). Education in green chemistry and in sustainable chemistry: Perspectives towards sustainability. *Green Chemistry*, 23(4), 1594–1608. <https://doi.org/10.1039/D0GC03313H>

SEMINAR NASIONAL IPA XIV

“Transformasi Pendidikan IPA Masa Depan melalui Pembentukan Guru Profesional yang Berwawasan Lingkungan untuk Mendukung Pencapaian SDGs”

Zuin, V. G., Segatto, M. L., Zandonai, D. P., Grosseli, G. M., Stahl, A., Zanotti, K., & Andrade, R. S. (2019). Integrating Green and Sustainable Chemistry into Undergraduate Teaching Laboratories: Closing and Assessing the Loop on the Basis of a Citrus Biorefinery Approach for the Biocircular Economy in Brazil. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2975–2983. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00286>