



Implementasi *Green Chemistry* Dalam Pembelajaran Kimia: Literatur Review

^{1,2}Shorihatul Inayah, ¹I Wayan Dasna, ¹Habiddin
¹Prodi S3 Pendidikan Kimia Universitas Negeri Malang
² Madrasah Aliyah Negeri 1 Tuban
Email: shorihatul.inayah.2103319@students.um.ac.id

Article History

Received: Maret 2022

Revised: May 2022

Published: June 2022

Abstract

Green chemistry in chemistry learning has been a central issue in chemistry education research the last ten years. The objectives of this literature review are: a) to map green chemistry research topics in chemistry learning the last ten years; b) to find out the opportunity for the implementation of Green chemistry in chemistry learning. The research method used is a systematic literature review of articles published in the scopus journal obtained from the Scopus database for the last 10 years (2011-2021). Article searches use titles, abstracts or keywords that meet logical conditions ("Green Chemistry") or ("Chemistry"). The population of this study was 200 articles published in the Scopus database and the sample used was 19 articles. The findings show that: a) the trend of the most topics discussing green chemistry in organic chemistry by 68% and green chemistry in environmental chemistry by 16%, b) green chemistry provides a very large opportunity in chemistry learning. Thus, it can be concluded that the implementation of green chemistry in chemistry learning is very important and needed in preventing environmental pollution.

Keywords: *Green Chemistry, Chemistry Learning, Literature Review*

Sejarah Artikel

Diterima: Maret 2022

Direvisi: Mei 2022

Dipublikasi: Juni 2022

Abstrak

*Green chemistry dalam pembelajaran kimia telah menjadi isu sentral pada penelitian pendidikan kimia sepuluh tahun terakhir. Tujuan dari kajian literatur ini adalah: a) untuk memetakan topik-topik penelitian *Green chemistry* dalam pembelajaran kimia sepuluh tahun terakhir; b) untuk mengetahui peluang implementasi *Green chemistry* dalam pembelajaran kimia. Metode penelitian yang digunakan adalah sistematis literatur review dari artikel yang diterbitkan pada jurnal scopus yang diperoleh dari database Scopus selama 10 tahun terakhir (2011-2021). Pencarian artikel menggunakan judul, abstrak atau kata kunci yang memenuhi kondisi logis ("*Green Chemistry*") atau ("*Chemistry*"). Populasi penelitian ini sebanyak 200 artikel yang diterbitkan dalam database Scopus dan sampel yang digunakan sebanyak 19 artikel. Hasil temuan menunjukkan bahwa: a) tren topik terbanyak membahas tentang *green chemistry* dalam kimia organik sebesar 68% dan *green chemistry* dalam kimia lingkungan sebesar 16%, b) *green chemistry* memberikan peluang yang sangat besar dalam pembelajaran kimia. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa implementasi *green chemistry* dalam pembelajaran kimia menjadi sangat penting dan dibutuhkan dalam mencegah terjadinya pencemaran lingkungan.*

Kata kunci: *Green Chemistry, Pembelajaran Kimia, Literatur Review*

PENDAHULUAN

Aktivitas kimia yang melepaskan atau menghasilkan senyawa berbahaya adalah penyebab utama pencemaran dan degradasi lingkungan saat ini. Oleh karena itu, pembelajaran kimia melalui pendidikan *green chemistry* adalah metode pemecahan masalah lingkungan yang mengajarkan siswa tentang pembangunan berkelanjutan (Yakob et al., 2012; Karpudewan et al., 2009). Tantangan ekologis di dunia sedang ditangani melalui strategi kimia hijau yang menghasilkan produk dan prosedur kimia yang meminimalkan penggunaan bahan berbahaya dalam produksinya (Karpudewan et al., 2011; Agbayewa et al., 2013).

Proses pembelajaran yang lebih ramah lingkungan tidak dapat dicapai tanpa keahlian dan bakat guru. Oleh karena itu, guru harus mengenal karakteristik lingkungan belajar yang ideal agar proses dapat berjalan efektif (Spiropoulou et al., 2007). Menurut Pe'er et al. (2007) apabila pengetahuan guru tentang lingkungan rendah maka akan berdampak pada perilaku siswa yang kurang bertanggung jawab terhadap lingkungan. Dengan demikian, mendidik calon guru tentang isu-isu lingkungan sangat penting jika mereka ingin menanamkan rasa kepedulian terhadap lingkungan kepada murid-murid mereka.

Isu lingkungan terkait erat dengan gerakan *green chemistry*. Dengan menggunakan 12 prinsip *green chemistry* diharapkan dapat mengatasi masalah lingkungan yang mendesak seperti polusi, kekurangan energi, pengelolaan limbah, serta keselamatan dan keamanan tempat kerja. Penekanan pada bahan kimia dan produk yang ramah lingkungan dan kesehatan adalah tujuan yang ingin dicapai oleh *green chemistry* ini. Kemampuan pemecahan masalah siswa, keterampilan berpikir kritis, dan karya ilmiah dapat diwujudkan dan ditingkatkan melalui pendidikan berorientasi *green chemistry* dengan cara berkontribusi pada penggunaan produk dan proses kimia yang ramah lingkungan dan hemat sumber daya.

Studi literature ini penting untuk dilakukan karena dapat menyajikan tinjauan sistematis tentang pemetaan topik-topik penelitian *Green chemistry* dalam pembelajaran kimia sepuluh tahun terakhir dan peluang implementasi *Green chemistry* dalam pembelajaran kimia. Fokus dari studi review ini adalah memetakan topik-topik penelitian *Green chemistry* yang telah diimplementasikan dan menganalisis peluang implementasi *Green chemistry* dalam pembelajaran kimia. Potensial kontribusi yang bisa dihasilkan dari studi review ini adalah dapat memberikan rekomendasi terkait peluang *Green chemistry* yang tepat untuk diimplementasikan dalam pembelajaran kimia dan sesuai dengan karakteristik matakuliah kimia secara spesifik.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode SLR yaitu systematic literature review. Tinjauan pustaka sistematis (SLR) adalah tinjauan pustaka yang menggunakan aturan yang ditetapkan untuk menemukan dan mensintesis semua penelitian yang relevan untuk menilai apa yang diketahui tentang topik yang diselidiki (Petticrew & Roberts, 2006). Dengan SLR kami mendapatkan lebih banyak ringkasan informatif atau sintesis penelitian serta kritik penelitian yang komprehensif. Subyek penelitian merupakan artikel yang diambilkan dari sumber database scopus selama 10 tahun terakhir mulai dari tahun 2011 hingga tahun 2021 dengan mencari publikasi yang judul, abstrak atau kata kuncinya memenuhi kondisi logis ("*Green Chemistry*") dan ("*Chemistry*"). Gambaran terkait pencarian jurnal di database scopus menggunakan aplikasi "*Publish or Perish*". Hasil pencarian menemukan 200 artikel terkait dengan topik yang diteliti. Dari 200 artikel tersebut, abstrak dibaca dan kemudian dikurangi menjadi 170 manuskrip dengan mempertimbangkan kesesuaian konten abstrak dan persyaratan inklusi. Selanjutnya, 30 naskah dibacakan secara fulltext, dan diperoleh 19 naskah yang memenuhi semua kriteria inklusi yang telah ditetapkan.

Kriteria inklusi pencarian artikel yang dilakukan antara lain: 1) Artikel tentang *green chemistry* dalam pembelajaran kimia; 2) Publikasi antara 2011-2021; (3) Publikasi di jurnal bereputasi/scopus; (4) Teks lengkap, artikel jurnal dan akses terbuka. Proses pencarian dan

penyaringan artikel dalam penelitian ini digambarkan melalui literature diagram alir pada Gambar 1.

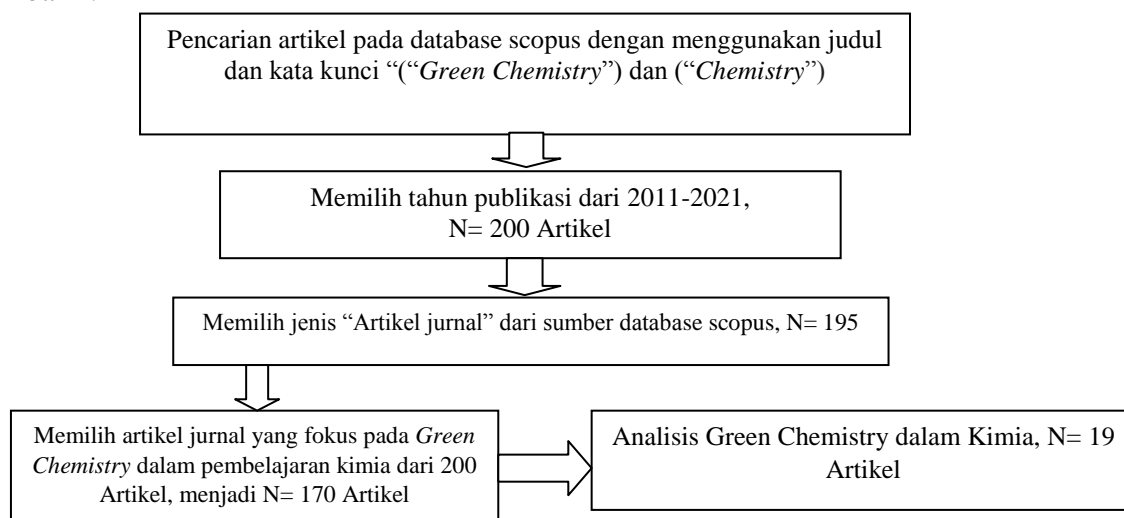


Diagram Alir 1. Tahapan Pencarian Artikel Pada Database Scopus

Untuk studi ini, kami menggunakan sintesis naratif untuk memeriksa dan mensintesis temuan dari semua makalah yang sesuai dengan kriteria inklusi. Tiga tahap menurut (Petticrew & Roberts, 2006) yaitu ekstraksi dan pengkodean, tabulasi kode (temuan), dan analisis kode di dalam dan/atau di semua studi yang disertakan, diikuti dalam proses sintesis naratif studi ini. Selanjutnya, untuk mengumpulkan data yang diperlukan dalam analisis dan sintesis, kode diekstraksi berdasarkan lima elemen studi: partisipan, intervensi, perbandingan, hasil, dan pengaturan. Hasil ekstraksi data kemudian disajikan dalam matriks untuk evaluasi dan pertimbangan apakah penelitian yang dilakukan mencapai kesimpulan yang sama; peran utama matriks adalah untuk menunjukkan temuan dalam cara yang teratur untuk memfasilitasi sintesis temuan. Berikut disajikan artikel hasil seleksi pada Tabel 1.

Tabel 1. Artikel Hasil Seleksi

No	Judul	Nama Jurnal	Sumber Database	Indeks
1	Teaching Green Chemistry with Epoxidized Soybean Oil	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
2	Simple and Effective Integration of Green Chemistry and Sustainability Education into an Existing Organic Chemistry Course	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
3	International Perspectives on Green and Sustainable Chemistry Education via Systems Thinking	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
4	Chemistry of Sustainable Products: Filling the Business Void in Green-Chemistry Curricula	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
5	A Systems Thinking Department: Fostering a Culture of Green Chemistry Practice among Students	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
6	Lipase-Catalyzed Esterification: An Inquiry-Based Laboratory Activity To Promote High School Students' Understanding and Positive Perceptions of Green Chemistry	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
7	Developing a Green Chemistry Focused General Chemistry Laboratory Curriculum: What Do Students Understand and Value about Green Chemistry?	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2

8	Roles of Systems Thinking within Green Chemistry Education: Reflections from Identified Challenges in a Disadvantaged Context	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
9	Integrating Green Chemistry in the Curriculum: Building Student Skills in Systems Thinking, Safety, and Sustainability	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
10	Green Chemistry Coverage in Organic Chemistry Textbooks	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
11	Beyond Green Chemistry: Teaching Social Justice in Organic Chemistry	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
12	Improvement of a Sustainable World through the Application of Innovative Didactic Tools in Green Chemistry Teaching: A Review	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
13	Approaches to Incorporating Green Chemistry and Safety into Laboratory Culture	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
14	Toward a Green and Sustainable Chemistry Education Road Map	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
15	Effects of Scrum methodology on students' critical scientific literacy: the case of Green Chemistry	Chemistry Education Research and Practice	Scopus	Q2
16	Motivating and Supporting Undergraduate Research through Green Chemistry: Experiences at a Small Liberal Arts University	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
17	Student-Generated Infographics for Learning Green Chemistry and Developing Professional Skills	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
18	Cleaning Our World through Green Chemistry: Introducing High School Students to the Principles of Green Chemistry Using a Case Based Learning Module	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2
19	Design of a Two-Week Organic Chemistry Course for High School Students: "Catalysis, Solar Energy, and Green Chemical Synthesis"	Journal of Chemical Education	Scopus	Q2

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan Topik-Topik Penelitian *Green Chemistry* Yang Telah Diimplementasikan

Penelitian yang terkait dengan topik *green chemistry* telah banyak diteliti, baik di Indonesia maupun di luar negeri. Pencarian dilakukan dalam 10 tahun terakhir (2011-2021) dalam penelitian ini berhasil mengumpulkan 200 artikel terkait topik *green chemistry*, tetapi ketika memasuki kata kunci pembelajaran kimia hanya ada 19 artikel. Selanjutnya, 19 artikel tersebut dibaca secara lengkap dan memenuhi kriteria inklusi pencarian artikel yang telah dilakukan. Sebagian besar dari 19 artikel berasal dari jurnal JCE (95%) dan sisanya dari jurnal CERP (5%) dengan semuanya terindeks scopus Q2. Penelitian tentang *green chemistry* terbanyak berada di Negara United States, kemudian diikuti oleh Negara Sweden, United Kingdom, Thailand, South Africa, Poland, Netherland dan Canada.

Tren topik *green chemistry* selama 10 tahun terakhir (2011-2021) berkaitan dengan kimia organik, kimia polimer, kimia toksikologi, kimia industri, kimia umum, kimia lingkungan, dan kimia konsumen yang membahas tentang katalis, energi, sintesis bahan kimia, pencemaran lingkungan, dan produk-produk kimia (plastik, minyak, kosmetik, dan lain-lain). Tren topik terbanyak membahas tentang *green chemistry* dalam kimia organik sebesar 68% dan *green chemistry* dalam kimia lingkungan sebesar 16%. Ini mengindikasikan bahwa untuk mempromosikan penggunaan produk dan proses kimia yang ramah lingkungan dan

hemat sumber daya, pendidikan berorientasi *green chemistry* dapat membantu siswa mengembangkan pemecahan masalah, pemikiran kritis, dan keterampilan ilmiah. Namun, di sisi lain proses produksi senyawa organik sintetik ternyata menimbulkan permasalahan lingkungan seperti limbah asam atau basa dan senyawa lain yang berbahaya (Antenucci et al., 2021). Sintesis senyawa organik juga terganggu oleh kebutuhan energi dalam jumlah yang signifikan, karena suhu tinggi dan waktu yang lama diperlukan untuk pembentukan senyawa organik (Kimianti et al., 2016). Selain itu, masih banyak ditemukan desain sintesis yang menggunakan bahan berlebihan tetapi tidak menghasilkan produk dengan optimal (Mitarlis et al., 2018).

Baru-baru ini menjadi pusat perhatian di industri untuk memasukkan *green chemistry* ke dalam kimia organik. Tindakan pencegahan, efisiensi atom, desain prosedur sintesis yang aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan, dan desain bahan kimia yang aman bila memungkinkan adalah di antara 12 prinsip yang memandu proses industri yang ramah lingkungan. Meminimalkan konsumsi energi dan menghindari derivatisasi yang tidak perlu adalah beberapa langkah yang dapat diambil untuk mengurangi dampak lingkungan dari desain produk dan proses manufaktur (Nurbaity, 2011). Ketika dipasangkan dengan efisiensi sumber daya, dua belas prinsip *green chemistry* akan menghasilkan ekonomi hijau. Sintesis organik tanpa limbah adalah tujuan akhir dari sintesis organik berbasis *green chemistry* (*zero waste reaction*). Pengolahan limbah adalah proses yang rumit dan mahal (Al Idrus et al., 2020). Akibatnya, reaksi tanpa limbah adalah cara terbaik untuk mencapai ekonomi hijau. Oleh karena itu, fokus riset lebih mengarah pada meminimalisir limbah serta menggunakan bahan alam yang terbarukan.

Peluang Implementasi *Green Chemistry* Dalam Pembelajaran Kimia

Menggunakan berbagai prinsip kimia dalam desain, penggunaan, atau pembuatan bahan kimia untuk mengurangi penggunaan atau produksi bahan berbahaya yang dapat membahayakan makhluk hidup atau lingkungan dikenal sebagai "*green chemistry*", dan ini merupakan tren terkini dalam kimia sains. Proses dan produk kimia beracun dan berbahaya dapat dicegah agar tidak mencemari lingkungan melalui penerapan strategi pemecahan masalah baru dalam kimia hijau (Wahyuningsih, 2017). Pencemaran lingkungan dapat dicegah dengan menerapkan prinsip-prinsip *green chemistry* yang harus diajarkan di sekolah menengah dan perguruan tinggi serta di laboratorium di mana siswa akan benar-benar bekerja dengan bahan kimia. Kegiatan praktikum berorientasi *green chemistry* dilakukan di laboratorium dalam upaya mengurangi, menghilangkan, dan mengganti penggunaan bahan kimia beracun dan berbahaya yang digunakan dalam eksperimen guna mengurangi kadar polutan dan volume limbah.

Dengan demikian, *green chemistry* memberikan peluang yang sangat besar dalam pembelajaran kimia. Hal ini dikarenakan kegiatan praktikum di laboratorium merupakan bagian penting dari *green chemistry*, dan mahasiswa diberi kesempatan untuk menganalisis setiap proses, serta sifat-sifat bahan kimia yang digunakan, baik pelarut maupun reagen yang digunakan ramah lingkungan atau tidak berbahaya. Sehingga mahasiswa dalam melakukan praktikum bukan hanya sekedar mengikuti prosedur yang telah ada akan tetapi mahasiswa diajak untuk mengembangkan kemampuan berpikir dalam memecahkan masalah lingkungan. Daripada hanya mengajarkan siswa bagaimana melakukan eksperimen dengan benar, kami percaya bahwa tujuan paling penting dari kegiatan laboratorium adalah untuk membantu

siswa tumbuh secara intelektual sebagai hasil dari eksperimen tersebut. Dalam kimia, laboratorium berfungsi lebih dari sekadar lokasi untuk memverifikasi validitas teori yang dibahas di kelas, itu juga berfungsi sebagai platform untuk eksplorasi ide-ide dan konsep-konsep baru yang muncul (Rosita & Marwoto, 2014). Sehingga dapat membantu siswa memperkuat keterampilan berpikir kritis yang akan mengarah pada pertumbuhan kapasitas intelektual siswa menuju tingkat tertinggi (Yuniar et al., 2019).

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa implementasi *green chemistry* dalam pembelajaran kimia mencakup: a) tren topik terbanyak membahas tentang *green chemistry* dalam kimia organik sebesar 68% dan *green chemistry* dalam kimia lingkungan sebesar 16%, b) *green chemistry* memberikan peluang yang sangat besar dalam pembelajaran kimia. Hal ini dikarenakan bahan kimia beracun dan berbahaya yang digunakan dalam praktik dapat dikurangi, dihilangkan, atau diganti melalui kegiatan *green chemistry* di laboratorium. Dengan demikian, kajian ini memberikan kontribusi bagi peneliti bahwa implementasi *green chemistry* dalam pembelajaran kimia menjadi sangat penting dan dibutuhkan dalam mencegah terjadinya pencemaran lingkungan.

SARAN

Rekomendasi bagi peneliti selanjutnya adalah perlu dilakukan analisis terhadap dua belas prinsip *green chemistry* yang tepat untuk diterapkan dalam pembelajaran kimia sehingga dapat memaksimalkan penerapan *green chemistry* dalam kehidupan sehari-hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih banyak kepada Semua Civitas Akademika MAN 1 Tuban yang selalu menyemangati dalam terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Antenucci, A., Dughera, S., & Renzi, P. (2021). Green chemistry meets asymmetric organocatalysis: a critical overview on catalysts synthesis. *ChemSusChem*, 14(14), 2785-2853.
- Albright, H., Stephenson, C. R., & Schindler, C. S. (2021). Design of a Two-Week Organic Chemistry Course for High School Students: "Catalysis, Solar Energy, and Green Chemical Synthesis". *Journal of Chemical Education*, 98(7), 2449-2456.
- Armstrong, L. B., Rivas, M. C., Zhou, Z., Irie, L. M., Kerstiens, G. A., Robak, M. T., ... & Baranger, A. M. (2019). Developing a green chemistry focused general chemistry laboratory curriculum: What do students understand and value about green chemistry?. *Journal of Chemical Education*, 96(11), 2410-2419.
- Aubrecht, K. B., Bourgeois, M., Brush, E. J., MacKellar, J., & Wissinger, J. E. (2019). Integrating green chemistry in the curriculum: Building student skills in systems thinking, safety, and sustainability. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2872-2880.
- Ali, Z. M., Harris, V. H., & LaLonde, R. L. (2020). Beyond green chemistry: teaching social justice in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 97(11), 3984-3991.

- Al Idrus, S. W., Purwoko, A. A., Hadisaputra, S., & Junaidi, E. (2020). Pengembangan Modul Praktikum Kimia Lingkungan Berbasis Green Chemistry Pada Mata Kuliah Kimia Lingkungan. *Jurnal Pijar Mipa*, 15(5), 541-547.
- Agbayewa, J. O., Oloruntegbe, K. O., & Alake, E. M. (2013). Incorporating Green Chemistry Concepts into the Senior Secondary School Curriculum. *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education (IJCDSE)*, 3(3), 1490-1494.
- Barcena, H., Tuachi, A., & Zhang, Y. (2017). Teaching green chemistry with epoxidized soybean oil. *Journal of Chemical Education*, 94(9), 1314-1318.
- Ballard, J., & Mooring, S. R. (2021). Cleaning our world through green chemistry: Introducing high school students to the principles of green chemistry using a case-based learning module. *Journal of Chemical Education*, 98(4), 1290-1295.
- Bouldin, R. M., & Folchman-Wagner, Z. (2019). Chemistry of Sustainable Products: Filling the Business Void in Green-Chemistry Curricula. *Journal of Chemical Education*, 96(4), 647-651.
- Dicks, A. P., D'eon, J. C., Morra, B., Kutas Chisu, C., Quinlan, K. B., & Cannon, A. S. (2019). A systems thinking department: fostering a culture of green chemistry practice among students. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2836-2844.
- Duangpummet, P., Chaiyen, P., & Chenprakhon, P. (2019). Lipase-catalyzed esterification: an inquiry-based laboratory activity to promote high school students' understanding and positive perceptions of green chemistry. *Journal of Chemical Education*, 96(6), 1205-1211.
- Gawlik-Kobylińska, 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.
- Grieger, K., & Leontyev, A. (2021). Student-generated infographics for learning green chemistry and developing professional skills. *Journal of Chemical Education*, 98(9), 2881-2891.
- Hurst, G. A., Slotweg, J. C., Balu, A. M., Climent-Bellido, M. S., Gomera, A., Gomez, P., ... & Ibanez, J. G. (2019). International perspectives on green and sustainable chemistry education via systems thinking. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2794-2804.
- Johnson, S., Meyers, M., Hyme, S., & Leontyev, A. (2019). Green Chemistry Coverage in Organic Chemistry Textbooks. *Journal of Chemical Education*, 97(2), 383-389.
- Kimianti, F., Suryati, S., & Dewi, C. A. (2016). Pengembangan Modul Learning Cycle 5e Berorientasi Green Chemistry pada Materi Sistem Koloid Untuk Peningkatkan Literasi Sains Siswa. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 4(2), 70-79.
- Karpudewan, M., Ismail, Z. H., & Mohamed, N. (2011a). Green Chemistry: Educating Prospective Science Teachers in Education for Sustainable Development at School of Educational Studies, USM. *Journal of Social Sciences*, 7(1), 42-50.
- 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*.
- Mitarlis, M., Azizah, U., & Yonatha, B. (2018). Pemanfaatan Indikator Alam dalam Mewujudkan Pembelajaran Kimia Berwawasan Green Chemistry. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 3(1), 1-7.

- Mammino, L. (2019). Roles of systems thinking within green chemistry education: reflections from identified challenges in a disadvantaged context. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2881-2887.
- MacKellar, J. J., Constable, D. J., Kirchhoff, M. M., Hutchison, J. E., & Beckman, E. (2020). Toward a green and sustainable chemistry education road map. *Journal of Chemical Education*, 97(8), 2104-2113.
- Nurbaity, N. (2011). Pendekatan Green Chemistry Suatu Inovasi Dalam Pembelajaran Kimia Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia (JRPK)*, 1(1), 13-21.
- O'Neil, N. J., Scott, S., Relph, R., & Ponnusamy, E. (2020). Approaches to incorporating green chemistry and safety into laboratory culture. *Journal of chemical education*, 98(1), 84-91.
- Pe'er, S., Goldman, D., & Yavetz, B. (2007). Environmental literacy in teacher training: Attitudes, knowledge, and environmental behavior of beginning students. *The Journal of Environmental Education*, 39(1), 45-59.
- Popay, J., Roberts, H., Sowden, A., Petticrew, M., Arai, L., Rodgers, M., ... & Duffy, S. (2006). Guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic reviews. *A product from the ESRC methods programme Version*, 1(1), b92.
- Rosita, A., & Marwoto, P. (2014). Perangkat Pembelajaran Problem Based Learning Berorientasi Green Chemistry Materi Hidrolisis Garam untuk Mengembangkan Soft Skill Konservasi Siswa. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 3(2).
- Spiropoulou, D., Antonakaki, T., Kontaxaki, S., & Bouras, S. (2007). Primary teachers' literacy and attitudes on education for sustainable development. *Journal of Science Education and Technology*, 16(5), 443-450.
- Timmer, B. 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.
- Vogelzang, J., Admiraal, W. F., & van Driel, J. H. (2020). Effects of Scrum methodology on students' critical scientific literacy: the case of Green Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(3), 940-952.
- VanderZwaag, J., Du, H., & Abraham, L. (2021). Motivating and Supporting Undergraduate Research through Green Chemistry: Experiences at a Small Liberal Arts University. *Journal of Chemical Education*, 98(3), 824-832.
- Wahyuningsih, A. S. (2017). Pengembangan Modul Praktikum Kimia Dasar Berbasis Green Chemistry Untuk Mahasiswa Calon Guru Ipa. *Jurnal Pena Sains*, 4(1), 43-51.
- Yuniar, S. A., Zammi, M., & Suryandari, E. T. (2019). Pengembangan petunjuk praktikum berbasis green chemistry pada materi stoikiometri kelas X di SMAN 7 Semarang. *Journal of Educational Chemistry (JEC)*, 1(2), 51-61.
- Yakob, N., Hj, Z., Nordin, I., & Razak, A. (2012). Climate Change In The Chemistry Curriculum For Secondary Schools: Malaysian Context. *International Journal of Global Education (IJGE) ISSN: 2146-9296*, 1(2).