

Implementasi *Green Chemistry* Dalam Pembelajaran Kimia Untuk Peserta Didik SMA Negeri 4 Palembang: Edukasi Dan Praktikum Ramah Lingkungan

Sanjaya*, Rahmat Zikri, Muhammad Zulqurnain, Sakti Hidayati Fikriya

Pendidikan Kimia, Universitas Sriwijaya

*Penulis korespondensi: sanjaya@fkip.unsri.ac.id

Dikirim : 27 Januari 2026

Direvisi : 28 Maret 2026

Diterima : 29 Maret 2026

Abstrak: Program pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan pemahaman konsep *Green Chemistry* serta keterampilan praktikum peserta didik di SMA Negeri 4 Palembang melalui edukasi dan penerapan praktikum ramah lingkungan berbasis bahan lokal. Permasalahan yang ditemukan di sekolah meliputi keterbatasan sarana laboratorium, minimnya praktikum mandiri, rendahnya literasi kimia berkelanjutan, serta penggunaan bahan kimia sintetis yang kurang aman. Kegiatan dilaksanakan melalui enam pertemuan yang mencakup penyampaian materi, pembuatan poster kimia hijau, bimbingan praktikum eksoterm dan endoterm menggunakan bahan aman, pengembangan LKPD, dan permainan edukatif berbasis studi kasus. Evaluasi dilakukan menggunakan pretest-posttest, lembar observasi aktivitas, dan dokumentasi proses. Hasil menunjukkan bahwa keterlibatan peserta didik meningkat secara signifikan. Siswa mampu memahami prinsip *Green Chemistry*, bekerja mandiri melalui LKPD, dan melakukan praktikum berbasis bahan lokal dengan aman. Analisis statistik menggunakan Wilcoxon Signed Rank Test menunjukkan peningkatan pemahaman yang signifikan setelah kegiatan ($p < 0.001$). Praktikum berbasis bahan lokal menjadi alternatif yang relevan dan murah bagi sekolah, sekaligus menumbuhkan kesadaran lingkungan dan berpikir kritis. Secara keseluruhan, program ini efektif mendukung pembelajaran kimia berkelanjutan dan dapat direplikasi pada sekolah lain dengan kondisi sarana terbatas.

Kata kunci: *green chemistry*, literasi sains peserta didik, LKPD, pembelajaran kimia, praktikum ramah lingkungan

Abstract: This community service program aims to enhance students' understanding of *Green Chemistry* concepts and to improve their practical laboratory skills through eco-friendly learning activities at SMA Negeri 4 Palembang. The school faces several challenges, including limited laboratory facilities, minimal hands-on experiments, low literacy in sustainable chemistry, and reliance on synthetic chemicals that are less safe for students. The program was implemented through six structured sessions involving the delivery of *Green Chemistry* materials, poster creation, guided experiments on exothermic and endothermic processes using safe local materials, development of student worksheets, and an educational case-based game. Evaluation was carried out through pretest-posttest assessments, observation sheets, and activity documentation. The results indicate a significant increase in student engagement and conceptual understanding. Students were able to work independently with the worksheets, conduct environmentally friendly experiments safely, and demonstrate improved critical thinking skills. Statistical analysis using the Wilcoxon Signed Rank Test confirmed a significant improvement in students' post-program understanding ($p < 0.001$). The use of local, safe

materials proved to be a relevant and low-cost alternative for schools with limited laboratory resources. Overall, the program effectively supports sustainable chemistry education and offers a replicable model for other schools facing similar constraints.

Keywords: *chemistry education, eco-friendly practicum, green chemistry, scientific literacy, student worksheet*

1. Pendahuluan

Pembelajaran Kimia di sekolah menengah memiliki peran penting dalam membangun literasi sains peserta didik melalui pemahaman konsep, analisis fenomena, dan keterampilan berpikir kritis. Proses belajar Kimia idealnya memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk mengalami langsung proses ilmiah melalui praktikum, sehingga konsep tidak hanya dipahami secara teoretis tetapi juga dikonstruksi melalui pengalaman. Hal ini sesuai dengan teori konstruktivisme dari Piaget & Vygotsky, yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun melalui pengalaman langsung, interaksi sosial, dan kegiatan pemecahan masalah (Efgivia *et al.*, 2021; Nurhasnah *et al.*, 2024).

Namun, kondisi pembelajaran Kimia di SMA Negeri 4 Palembang masih menghadapi keterbatasan. Hasil observasi menunjukkan Laboratorium Kimia memiliki alat yang tidak lengkap, beberapa peralatan rusak, serta ketersediaan bahan kimia sintetis yang terbatas. Kondisi ini mengurangi peluang peserta didik untuk melakukan praktikum mandiri dan menyebabkan pembelajaran cenderung berpusat pada demonstrasi guru. Dari perspektif *experiential learning* Kolb, ketiadaan pengalaman konkret akan menghambat proses belajar yang seharusnya melibatkan pengalaman langsung, refleksi, konseptualisasi, dan eksperimen aktif (Kim & Park, 2023; Kleinheksel *et al.*, 2023).

Selain itu, pemahaman peserta didik mengenai prinsip *Green Chemistry* masih rendah. Padahal, pembelajaran berbasis lingkungan sangat relevan untuk meningkatkan kesadaran ekologis, mendorong penggunaan bahan aman, serta menumbuhkan pemahaman mengenai dampak penggunaan bahan kimia dalam kehidupan sehari-hari. Pendekatan ini sejalan dengan *Contextual Teaching and Learning* (CTL) yang menekankan keterkaitan materi pembelajaran dengan konteks nyata agar lebih bermakna bagi peserta didik (Amartyah & Rusmini, 2022; Kamilah & Louise, 2025; Zuin *et al.*, 2021).

Untuk menjawab permasalahan tersebut, diperlukan inovasi pembelajaran Kimia yang memanfaatkan bahan lokal, aman, dan mudah diperoleh. Program pengabdian ini mengintegrasikan praktikum ramah lingkungan serta kegiatan kreatif berupa pembuatan poster

Green Chemistry menggunakan cat alami. Penggunaan cat alami dari bahan lokal tidak hanya memperkenalkan konsep kimia hijau, tetapi juga membantu peserta didik memahami prinsip substitusi bahan berbahaya, pengurangan limbah, dan pemanfaatan sumber daya terbarukan. Kegiatan pembuatan poster juga sejalan dengan pendekatan *project-based learning* yang mendorong kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi ilmiah peserta didik (Pizzicato *et al.*, 2023; Popescu *et al.*, 2021).

Selain itu, penggunaan LKPD berbasis *Green Chemistry* mendukung proses pembelajaran yang terstruktur dan memfasilitasi peserta didik untuk menjalani proses inkuiri ilmiah, mulai dari mengamati fenomena, mengajukan pertanyaan, melakukan eksperimen, menganalisis data, hingga menarik kesimpulan. Melalui rangkaian kegiatan edukasi, praktikum eksoterm–endoterm menggunakan bahan aman, dan pembuatan poster dengan cat alami, peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang autentik dan bermakna.

Dengan integrasi teori pendidikan modern, praktikum ramah lingkungan, dan kegiatan kreatif berbasis bahan lokal, program pengabdian ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman konsep kimia, mengembangkan keterampilan proses sains, serta menumbuhkan kesadaran lingkungan peserta didik. Kegiatan ini juga memberikan model pembelajaran alternatif yang relevan dan dapat diterapkan di sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium.

2. Metode

Metode pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat ini dirancang menggunakan pendekatan partisipatif dan aplikatif yang berfokus pada peningkatan pemahaman konsep *Green Chemistry* serta keterampilan praktikum peserta didik melalui pengalaman belajar langsung. Kegiatan dilaksanakan di SMA Negeri 4 Palembang. Program dilaksanakan dalam enam pertemuan terstruktur yang mencakup beberapa tahapan utama, yaitu: (1) penyampaian materi konsep *Green Chemistry* secara kontekstual melalui diskusi interaktif dan studi kasus; (2) kegiatan kreatif berupa pembuatan poster untuk memperkuat pemahaman prinsip kimia hijau; (3) pelaksanaan praktikum sederhana reaksi eksoterm dan endoterm menggunakan bahan lokal yang aman dan mudah diperoleh; (4) pengembangan dan penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) sebagai panduan praktikum mandiri; (5) bimbingan intensif selama kegiatan praktikum untuk memastikan keselamatan dan ketercapaian kompetensi; serta (6) permainan edukatif berbasis *problem solving* untuk meningkatkan keterlibatan dan berpikir

kritis siswa. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur peningkatan pemahaman kognitif, lembar observasi untuk menilai aktivitas dan keterampilan praktikum siswa, serta dokumentasi sebagai data pendukung proses pelaksanaan kegiatan. Analisis data kuantitatif dilakukan menggunakan uji Wilcoxon Signed Rank Test untuk mengetahui signifikansi perbedaan hasil sebelum dan sesudah intervensi, sementara data kualitatif dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan perubahan perilaku belajar dan partisipasi siswa selama program berlangsung. Dengan desain metode ini, kegiatan pengabdian diharapkan mampu memberikan dampak nyata dalam meningkatkan kualitas pembelajaran Kimia yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

3. Hasil dan Diskusi

Program kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilaksanakan di SMA Negeri 4 Palembang memberikan dampak positif yang signifikan terhadap peningkatan pemahaman konsep *Green Chemistry* dan Termokimia melalui edukasi interaktif, praktikum berbasis bahan lokal, serta proyek kreatif pembuatan poster menggunakan cat alami. Temuan ini didukung oleh data kuantitatif, observasi lapangan, serta umpan balik guru dan peserta didik selama enam kali pertemuan.

Survei kebutuhan awal menunjukkan bahwa pembelajaran kimia di sekolah mitra cenderung berpusat pada ceramah dan demonstrasi guru, terutama karena keterbatasan alat laboratorium dan bahan kimia. Kondisi ini berdampak pada minimnya kesempatan peserta didik melakukan percobaan secara mandiri. Oleh karena itu, pemanfaatan bahan lokal yang aman dan mudah diperoleh (ragi, peroksida tiga persen, urea, kulit buah naga, kunyit, dan bunga telang) menjadi strategi yang relevan untuk mengatasi tantangan tersebut, sekaligus konsisten dengan prinsip-prinsip *Green Chemistry* (Vioresa *et al.*, 2022). Sekolah ini juga menerapkan prinsip sekolah hijau, hal ini dapat dilihat dari kondisi sekolah pada Gambar 1.

Edukasi terkait *Green Chemistry* dan Termokimia yang ditunjukkan pada Gambar 2 berhasil meningkatkan partisipasi siswa melalui model ceramah interaktif, diskusi terbimbing, dan tanya jawab. Pendekatan ini sejalan dengan teori konstruktivisme, yang memandang bahwa pengetahuan dibangun melalui interaksi sosial dan keterlibatan aktif. Materi tentang energi reaksi, reaksi eksoterm, dan endoterm menjadi lebih mudah dipahami karena disajikan dengan konteks kehidupan sehari-hari serta diperkuat oleh eksplorasi praktikum (Lim *et al.*, 2024; Tholibon *et al.*, 2022).



Gambar 1. Kondisi SMA Negeri 4 Palembang

Gambar 2. Penyampaian materi tentang konsep *Green Chemistry*

Pelaksanaan praktikum berbasis bahan lokal menunjukkan siswa mengamati perubahan suhu, mencampurkan bahan, dan melakukan pencatatan data dalam Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Penggunaan LKPD inovatif berbasis *Green Chemistry* yang ditampilkan pada Gambar 3 memfasilitasi keterampilan proses sains seperti observasi, pengukuran, analisis data, dan penarikan kesimpulan. Praktikum ini menerapkan *experiential learning* dimana peserta mengalami langsung fenomena kimia, merenungkan hasilnya, mengonseptualisasikan teori, dan menerapkannya kembali dalam percobaan (Lim *et al.*, 2024; Tholibon *et al.*, 2022).

Selain itu, kegiatan pembuatan poster *Green Chemistry* menggunakan cat alami, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4, memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengekspresikan pemahaman konsep secara visual (Arsyad *et al.*, 2024). Aktivitas ini memperkuat kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi ilmiah, sejalan dengan prinsip project-based learning yang menekankan produk nyata melalui proses pembelajaran bermakna (Miller *et al.*, 2021). Pembuatan cat dari bahan alami (kulit buah naga, kunyit, dan bunga telang) juga memperkuat pemahaman peserta didik terhadap pemanfaatan sumber daya lokal sekaligus menumbuhkan kesadaran ekologis (Hnatyuk *et al.*, 2024).



Gambar 3. Cover dan cara kerja dalam LKPD Reaksi Eksoterm dan Endoterm Berbasis Green Chemistry.



Gambar 4. Pembuatan poster *Green Chemistry* menggunakan cat alami.

Data nilai *pre-test* dan *post-test* ditampilkan dalam Tabel 1. Data tidak terdistribusi normal sehingga disajikan dalam bentuk median (rentang) dan menggunakan uji Wilcoxon. Tingkat signifikansi yang digunakan adalah $p < 0,05$. Dari sisi efektivitas program, hasil *pre-test* dan *post-test* yang dirangkum pada Tabel 1 menunjukkan peningkatan median nilai dari 75 (20–95) menjadi 85 (55–100). Uji normalitas menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal, sehingga digunakan uji nonparametrik Wilcoxon Signed Rank Test. Hasil uji menunjukkan nilai $p < 0,001$. Temuan ini menegaskan bahwa terdapat peningkatan pemahaman yang signifikan setelah kegiatan dilakukan. Sebanyak 36 peserta mengalami kenaikan nilai dan tidak ada yang mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa strategi pembelajaran

kontekstual berbasis eksperimen dan bahan lokal sangat efektif dalam memfasilitasi pemahaman konsep kimia (Pertiwi *et al.*, 2024; Getu *et al.*, 2024).

Tabel 1. Nilai *pre-test* dan *post-test*

Aktivitas	Nilai (n=36, %)	P value
Pre-test	75 (20–95)	<0.001*
Post-test	85 (55–100)	

Sementara itu, Tabel 2 merekapitulasi jumlah peserta yang lulus dan tidak lulus pada *pre-test* dan *post-test*. Analisis menggunakan Uji Chi Square Pearson dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Analisis ketuntasan (Tabel 2) menunjukkan peningkatan jumlah peserta yang mencapai nilai minimal dari 20 menjadi 35 siswa. Namun demikian, hasil uji Fisher's Exact Test menunjukkan bahwa perbedaan ini tidak signifikan secara statistik ($p = 0,474$). Kondisi ini dapat disebabkan oleh distribusi nilai *post-test* yang tidak seimbang, dimana hampir seluruh peserta mencapai ketuntasan sehingga uji proporsi kehilangan sensitivitas statistik. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan yang terjadi lebih nyata pada aspek pemahaman individu dan perbaikan kesalahan konsep, namun belum sepenuhnya merata dalam mendorong seluruh peserta melewati ambang ketuntasan.

Tabel 2. Jumlah peserta yang lulus dan tidak lulus pada *pre-test* dan *post-test* (nilai batas kelulusan ≥ 70 persen)

Activity	Passed (n)	Failed (n)	P value
Pre-test	20	18	0.474*
Post-test	35	1	

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini tidak hanya berkontribusi pada peningkatan pemahaman konsep peserta didik, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap berbagai aspek penting dalam proses pembelajaran. Melalui pelaksanaan praktikum sederhana berbasis bahan lokal, keterampilan proses sains peserta didik mengalami peningkatan yang signifikan. Selain itu, aktivitas pembuatan poster menggunakan cat alami turut mendorong berkembangnya kreativitas serta literasi visual siswa. Kegiatan ini juga mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan memperkuat kerja sama dalam kelompok. Di sisi lain, guru memperoleh manfaat berupa peningkatan kompetensi dalam merancang Lembar Kerja Peserta

Didik (LKPD) yang inovatif serta dalam mengelola kegiatan praktikum yang ramah lingkungan secara lebih efektif.

Temuan ini konsisten dengan teori pendidikan modern, seperti *experiential learning*, *contextual teaching and learning*, dan *multimodal learning*, yang menekankan pentingnya pengalaman langsung, pemaknaan konteks nyata, dan penggunaan berbagai mode representasi dalam pembelajaran sains. Selain itu, model pembelajaran berbasis *Green Chemistry* memberikan nilai tambah bagi sekolah dengan fasilitas terbatas karena memungkinkan pelaksanaan eksperimen yang aman, murah, dan relevan dengan isu lingkungan (Yanti & Darmana, 2026; Simangunsong & Darmana, 2025).

Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini telah memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kualitas pembelajaran Kimia di SMA Negeri 4 Palembang sekaligus membuka peluang pengembangan pembelajaran berkelanjutan yang ramah lingkungan dan kontekstual di masa mendatang.

4. Kesimpulan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan tema Implementasi Green Chemistry dalam Pembelajaran Kimia untuk Peserta Didik SMA Negeri 4 Palembang berhasil meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan praktikum peserta didik secara signifikan. Edukasi interaktif mengenai Green Chemistry dan Termokimia, praktikum berbasis bahan lokal, serta kegiatan pembuatan poster dengan cat alami terbukti efektif dalam meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan kualitas pengalaman belajar siswa. Hasil analisis pretest dan posttest menunjukkan peningkatan nilai yang sangat signifikan secara statistik ($p < 0.001$), menandakan bahwa pendekatan pembelajaran kontekstual dan ramah lingkungan mampu memperbaiki pemahaman siswa secara konsisten.

Selain peningkatan aspek kognitif, kegiatan ini turut memperkuat keterampilan proses sains, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi ilmiah peserta didik. Guru kimia di sekolah mitra juga memperoleh manfaat berupa peningkatan kapasitas pedagogik dalam menggunakan LKPD berbasis Green Chemistry dan dalam merancang praktikum sederhana menggunakan bahan lokal. Meskipun peningkatan ketuntasan belajar tidak signifikan secara statistik, peningkatan praktis yang terjadi menunjukkan bahwa program ini memberikan dampak positif bagi sebagian besar peserta.

Secara keseluruhan, model pengabdian berbasis Green Chemistry ini sangat relevan

diterapkan di sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium dan berpotensi direplikasi di sekolah lain. Program ini berhasil mengintegrasikan pembelajaran kimia dengan isu lingkungan, memperkuat kesadaran ekologis peserta didik, serta mendukung upaya pengembangan pembelajaran sains yang berkelanjutan, kontekstual, dan ramah lingkungan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sriwijaya atas dukungan pendanaan yang diberikan sehingga kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada SMA Negeri 4 Palembang, khususnya Ibu Gustiani, S.Pd., selaku wali kelas XI Calladium 2, serta seluruh guru kimia dan pihak sekolah yang telah memberikan izin, fasilitas, dan kerja sama yang sangat baik selama kegiatan berlangsung. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Sriwijaya beserta mahasiswa pendamping yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan edukasi, praktikum, monitoring LKPD, serta dokumentasi kegiatan. Tanpa dukungan semua pihak, kegiatan ini tidak dapat berjalan dengan optimal. Semoga kerja sama ini dapat terus berlanjut dalam kegiatan pengabdian dan pengembangan pembelajaran Kimia di masa mendatang.

Daftar Referensi

- Amartyah, S. K., & Rusmini, R. (2022). Development of student worksheets with contextual teaching and learning (CTL) approach to train critical thinking skills responsibility of students on thermochemistry concepts. *Jurnal Pijar Mipa*, 17(3), 276–284. <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i3.3452>
- Arsyad, M., Mujahiddin, M., & Syakhrani, A.W. (2024). The efficiency of using visual learning media in improving the understanding of science concepts in elementary school students. *Indones. J. Educ.*, 4(3), 775–787.
- Efgivia, M.G., Rinanda, R.Y.A., Suriyani, Hidayat, A., Maulana, I., & Budiarto, A. (2021). Analysis of constructivism learning theor. *Proceedings of 1st UMGESHIC International Seminar on Health, Social Science and Humanities* (UMGESHIC-ISHSSH 2020). Atlantis Press, 208–212. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.211020.032>.
- Getu, G., Mebrahitu, G., & Yohannes, G. (2024). Effects of Context-Based Teaching Chemistry on Students' Achievement: A Systematic Review. *Jurnal Pijar Mipa*, 19(2), 190–197. <https://doi.org/10.29303/jpm.v19i2.6458>
- Hnatyuk, V., Pshenychna, N., Kara, S., Kolodii, V., & Yaroshchuk, L. (2024). Education's role in fostering environmental awareness and advancing sustainable development within a

holistic framework. *Multidisciplinary Reviews*, 7, e2024spe012.
<https://doi.org/10.31893/multirev.2024spe012>

Kamilah, I., & Louise, I.S.Y. (2025). Pengaruh Praktikum Green Chemistry terhadap Keterampilan Proses Sains dan Kesadaran Lingkungan pada Materi Faktor Laju Reaksi. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(Special_issue), 247–259.
https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.89688

Kim, M., & Park, M.J. (2023). Absorptive capacity in entrepreneurial education: Rethinking the Kolb's experiential learning theory. *The International Journal of Management Education*, 21(3), 100873. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2023.100873>

Kleinheksel, A.J., Chen, W., Rudd, M.J., Drowos, J., Gupta, S., Minor, S., & Bailey, J.M. (2023). Putting reflection back into practice: Kolb's theory of experiential learning as a theoretical framework for just-in-time faculty development. *SN Soc. Sci.*, 3, 59.
<https://doi.org/10.1007/s43545-023-00649-z>

Lim, J., Shin, Y., Lee, S., Chun, M.-S., Park, J., & Ihm, J. (2024). Improving Learning Effects of Student-Led and Teacher-Led Discussion Contingent on Prediscussion Activity. *J. Exp. Educ.* 92(4), 626–643. <https://doi.org/10.1080/00220973.2023.2221394>

Miller, E.C., Severance, S., & Krajcik, J. (2021). Motivating teaching, sustaining change in practice: Design principles for teacher learning in project-based learning contexts. *J. Sci. Teacher Educ.*, 32(7), 757–779. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1864099>

Nurhasnah, N., Sepriyanti, N., & Kustati, M. (2024). Learning Theories According to Constructivism Theory. *Journal International Inspire Education Technology*, 3(1), 19–30. <https://doi.org/10.55849/jiiet.v3i1.577>

Pertiwi, N.P., Saputro, S., Yamtinah, S., & Kamari, A. (2024). Enhancing Critical Thinking Skills through STEM Problem-Based Contextual Learning: An Integrated E-Module Education Website with Virtual Experiments. *Journal of Baltic Science Education*, 23(4), 739–766.

Pizzicato, B., Pacifico, S., Cayuela, D., Mijas, G., & Riba-Moliner, M. (2023). Advancements in Sustainable Natural Dyes for Textile Applications: A Review. *Molecules*, 28(16), 5954.
<https://doi.org/10.3390/molecules28165954>

Popescu, V., Blaga, A. C., Pruneanu, M., Cristian, I. N., Pîslaru, M., Popescu, A., Rotaru, V., Crețescu, I., & Cașcaval, D. (2021). Green Chemistry in the Extraction of Natural Dyes from Colored Food Waste, for Dyeing Protein Textile Materials. *Polymers*, 13(22), 3867.
<https://doi.org/10.3390/polym13223867>

Simangunsong, A.D.B. & Darmana, A. (2025). Revitalisasi Pembelajaran Kimia dalam Meningkatkan Kontribusi Menuju Green Chemistry. *Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer*, 5(2), 423-429. <https://doi.org/10.47709/jpsk.v5i02.7155>

Tholibon, D.A., Nujid, M.M., Mokhtar, H., Rahim, J.A., Rashid, S.S., Saadon, A., Tholibon, D., & Salam, R., 2022. The factors of students' involvement on student-centered learning

method. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 11(4), 1637–1646. <http://doi.org/10.11591/ijere.v11i4.22314>

Vioreza, N., Supriatna, N., Hakam, K.A., & Setiawan, W. (2022). Analisis Ketersediaan Bahan Ajar Berbasis Kearifan Lokal Dalam Menumbuhkan Ecoliteracy. *J. Cakrawala Pendas*, 8(1), 147-156.

Yanti, F. & Darmana, A. (2026). Kajian Literatur Transformasi Pembelajaran Kimia Melalui Pendekatan Green Chemistry Untuk Pembangunan Berkelanjutan. *Katalis: Jurnal Penelitian Kimia dan Pendidikan Kimia*, 9(1), 15-21.

Zuin, V.G., Eilks, I., Elschami, M., Kümmerer, K., 2021. Education in green chemistry and in sustainable chemistry: perspectives towards sustainability. *Green Chem.* 23(4), 1594–1608. <https://doi.org/10.1039/D0GC03313H>