Katalis: Jurnal Penelitian Kimia dan Pendidikan Kimia e-ISSN: 2721-9038
Vol. 9, No. 1, Tahun 2026 p-ISSN: 2721-902X
https://ejurnalunsam.id/index.php/katalis/

KAJIAN LITERATUR TRANSFORMASI PEMBELAJARAN KIMIA MELALUI PENDEKATAN GREEN CHEMISTRY UNTUK PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN

Febri Yanti*[1], Ayi Darmana[2]
[1]Prodi Pendidikan Kimia, Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Pematangsiantar
[1,2]Prodi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Medan, Medan
*Email: febriy192@gmail.com

Abstrak

Green Chemistry menjadi pendekatan strategis dalam merevitalisasi pembelajaran kimia agar lebih relevan dengan isu keberlanjutan. Kajian literatur ini bertujuan menganalisis konsep, implementasi, serta dampak penerapan *Green Chemistry* dalam pendidikan kimia pada lima tahun terakhir. Metode kajian dilakukan dengan menelaah berbagai publikasi ilmiah nasional dan internasional. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi *Green Chemistry* mampu meningkatkan literasi sains, kesadaran lingkungan, kemampuan berpikir kritis, dan kompetensi abad 21 peserta didik. Selain itu, pendekatan ini memperkuat hubungan antara teori kimia, praktik laboratorium ramah lingkungan, dan tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs). Kajian ini menegaskan pentingnya transformasi kurikulum dan pedagogi kimia melalui Green Chemistry untuk menciptakan sumber daya manusia yang berwawasan global dan berkelanjutan.

Kata Kunci: *Kajian_Literatur, Transformasi, Green_Chemistry, Pembangunan_Berkelanjutan*

Abstract

Green Chemistry is a strategic approach to revitalizing chemistry learning to make it more relevant to sustainability issues. This literature review aims to analyze the concept, implementation, and impact of Green Chemistry's application in chemistry education over the past five years. The study method was conducted by reviewing various national and international scientific publications. The results of the study indicate that the integration of Green Chemistry can improve students' scientific literacy, environmental awareness, critical thinking skills, and 21st-century competencies. Furthermore, this approach strengthens the relationship between chemical theory, environmentally friendly laboratory practices, and the objectives of the Sustainable Development Goals (SDGs). This study emphasizes the importance of transforming chemistry curriculum and pedagogy through Green Chemistry to create human resources with a global perspective and sustainability.

Keywords: *Literature_Review, Transformation, Green_Chemistry, Sustainable_Development*

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu kimia sebagai salah satu pilar utama sains modern memainkan peran penting dalam kemajuan teknologi, industri, dan kehidupan manusia. Namun, kemajuan kimia juga membawa dampak negatif signifikan terhadap lingkungan seperti pencemaran air, udara, peningkatan limbah berbahaya, serta penurunan kualitas tanah akibat penggunaan bahan kimia yang tidak ramah lingkungan. Kondisi ini menuntut adanya perubahan paradigma dalam pembelajaran kimia agar tidak hanya berfokus pada aspek kognitif, tetapi juga mampu membentuk kesadaran dan tanggung jawab peserta didik terhadap keberlanjutan lingkungan (Nasution & Lestari, 2021).

Isu keberlanjutan semakin mendesak seiring meningkatnya tantangan global seperti perubahan iklim, degrades ekosistem, konsumsi energi berlebih, dan akumulasi limbah kimia. Agenda ***Sustainable Development Goals*** **(SDGs)** yang dicanangkan oleh PBB menegaskan pentingnya sektor pendidikan dalam mendukung pembangunan berkelanjutan, khususnya melalui peningkatan kualitas pendidikan yang berorientasi pada lingkungan dan solusi ilmiah (Zoller, 2020). Dalam konteks ini, pendidikan kimia memiliki peran strategis karena memberikan dasar pemahaman ilmiah terkait struktur materi, reaksi kimia, dan dampaknya terhadap kehidupan serta lingkungan.

Salah satu pendekatan inovatif yang relevan dengan isu keberlanjutan adalah ***Green Chemistry*** atau kimia hijau. Konsep Green Chemistry menekankan pencegahan polusi pada sumbernya, penggunaan bahan kimia aman, efisiensi energi, dan reduksi limbah melalui 12 prinsip yang dikembangkan oleh Anastas dan Warner. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan prinsip *Green Chemistry* sangat penting bukan hanya dalam industri kimia tetapi juga dalam konteks pendidikan (Anastas & Zimmerman, 2020; Clark, 2021). Integrasi Green Chemistry dalam pembelajaran bertujuan menghubungkan konsep kimia dengan dampaknya pada lingkungan, sehingga peserta didik memahami hubungan sains, teknologi, dan keberlanjutan secara lebih mendalam.

Penerapan *Green Chemistry* dalam pendidikan kimia telah menunjukkan berbagai dampak positif. Misalnya, penggunaan laboratorium mikro (micro-scale experiments) terbukti mengurangi risiko keselamatan, menghemat bahan, dan meminimalkan limbah tanpa mengurangi kualitas pembelajaran (Besson et al., 2019). Selain itu, penggunaan modul dan bahan ajar berbasis *Green Chemistry* dapat meningkatkan pemahaman konsep sekaligus menumbuhkan sikap peduli lingkungan (Fauzi & Ramadhani, 2020). Hal ini juga sejalan dengan penelitian Han et al. (2022) yang menunjukkan bahwa Green Chemistry mampu meningkatkan literasi lingkungan dan kesadaran peserta didik terhadap pentingnya penggunaan bahan kimia yang aman dan ramah lingkungan.

Lebih jauh lagi, pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) yang mengintegrasikan prinsip Green Chemistry dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS), kreativitas, serta keterampilan pemecahan masalah peserta didik (Irwanto, 2023). Pendekatan ini memberikan pengalaman belajar langsung sehingga siswa dapat memahami bagaimana prinsip kimia dapat diterapkan untuk mengatasi masalah lingkungan di kehidupan nyata seperti limbah rumah tangga, polusi plastik, atau pemanfaatan bahan alam sebagai alternatif bahan kimia sintetis (Sari et al., 2024).

Transformasi pembelajaran kimia melalui pendekatan *green chemistry* berimplikasi strategis bagi guru, dosen kimia, dan pengambil kebijakan pendidikan dalam mendorong pembangunan berkelanjutan. Bagi guru dan dosen kimia, pendekatan ini menuntut pergeseran pedagogi dari pembelajaran berorientasi konsep semata menuju pembelajaran kontekstual yang menekankan prinsip ramah lingkungan, keselamatan, efisiensi sumber daya, serta penguatan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah peserta didik. Sementara itu, bagi pengambil kebijakan pendidikan, transformasi ini menjadi dasar penting dalam penyusunan kurikulum, pengembangan bahan ajar, serta kebijakan laboratorium yang mendukung praktik kimia berkelanjutan, sehingga pendidikan kimia tidak hanya menghasilkan lulusan yang

kompeten secara akademik, tetapi juga memiliki kesadaran dan tanggung jawab terhadap keberlanjutan lingkungan dan sosial.

Meski memiliki banyak keunggulan, implementasi Green Chemistry dalam pendidikan masih menghadapi sejumlah hambatan. Tantangan tersebut meliputi kurangnya pelatihan guru terkait konsep dan penerapan kimia hijau, keterbatasan fasilitas laboratorium ramah lingkungan, serta ketersediaan bahan ajar yang terintegrasi dengan aspek keberlanjutan (Yusuf & Pratiwi, 2019). Oleh sebab itu, diperlukan upaya sistematis dalam merancang kurikulum, mengembangkan media dan modul pembelajaran, serta menyediakan pelatihan bagi pendidik agar implementasi Green Chemistry dapat berjalan optimal.

Berdasarkan urgensi dan potensi tersebut, kajian literatur ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana transformasi pembelajaran kimia melalui pendekatan *Green Chemistry* dapat mendukung pembangunan berkelanjutan. Kajian ini tidak hanya membahas konsep dasar dan implementasi *Green Chemistry* dalam pembelajaran, tetapi juga dampaknya terhadap kompetensi peserta didik, tantangan penerapannya, serta peluang pengembangan di masa mendatang. Dengan demikian, artikel ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pendidikan kimia yang inovatif, relevan, dan berorientasi pada keberlanjutan, sesuai tuntutan abad 21.

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini penulis mengungkapkan semua metode mulai bagaimana data dikumpulkan, sumber data dan cara analisis data. Kajian literatur ini dilakukan dengan pendekatan desk research pada artikel penelitian, buku, dan laporan ilmiah yang diterbitkan dalam kurun waktu 2019- 2024. Sumber data diperoleh dari database seperti Google Scholar, Scopus, DOAJ, dan ScienceDirect. Kriteria seleksi meliputi:

1. Publikasi terkait penerapan Green Chemistry dalam pembelajaran kimia.
2. Artikel yang meneliti dampak pendekatan Green Chemistry terhadap kompetensi peserta didik.
3. Studi yang relevan dengan pendidikan berkelanjutan (sustainability education).
4. Artikel berbahasa Indonesia dan Inggris dalam lima tahun terakhir.

Analisis dilakukan dengan mengelompokkan temuan berdasarkan (1) konsep dan kebaruan Green Chemistry,(2) implementasi dalam pembelajaran, (3) dampak terhadap peserta didik,(4) tantangan dan peluang pengembangan.

Peta integrasi yang muncul dari kajian menunjukkan tiga jalur utama sinergi:

1. **Konten Pembelajaran → Prinsip *Green Chemistry***
   Materi kimia dikonstruksi ulang untuk memasukkan prinsip ramah lingkungan, misalnya melalui studi kasus reaksi berlimbah rendah, pengembangan bahan aman, dan penggunaan alat laboratorium yang hemat energi. Pendekatan ini memperkuat relevansi pembelajaran terhadap tantangan *sustainable practices*.
2. **Pendekatan Pedagogis → Pencapaian Kompetensi SDGs**
   Strategi pembelajaran seperti *project-based learning*, *problem-based learning*, dan *inquiry-based learning* diarahkan untuk menghasilkan pembelajar yang tidak hanya memahami kimia, tetapi mampu menerapkan prinsip keberlanjutan dalam konteks lokal/global, sejalan dengan target pengembangan kompetensi yang mendukung SDG 4 dan SDG 12.

3. **Evaluasi & Kebijakan Pendidikan → Dampak pada Praktik Keberlanjutan**
   Instrumen penilaian dan kebijakan pendidikan yang mendukung pengukuran ketercapaian indikator keberlanjutan (*e.g.*, literasi lingkungan, inovasi hijau) memperkuat keterkaitan antara praktik pengajaran kimia dan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, sintesis literatur menunjukkan bahwa *green chemistry* bukan hanya materi tambahan, tetapi menjadi *framework integratif* yang menyatukan tujuan pembelajaran kimia dengan orientasi keberlanjutan global. Integrasi ini menghasilkan ruang pendidikan yang responsif terhadap tantangan lingkungan, sosial, dan ekonomi yang selaras dengan agenda SDGs, sekaligus memperkaya pengalaman belajar peserta didik sebagai *agent of change* dalam transisi menuju masyarakat yang berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan pada kajian literatur ini adalah sebagai berikut

1. Konsep *Green Chemistry* dalam Pendidikan Kimia

Green Chemistry merupakan pendekatan ilmiah yang mengutamakan pencegahan pencemaran daripada penanggulangannya. Prinsip-prinsip *Green Chemistry,* seperti efisiensi atom, penggunaan bahan baku terbarukan, pengurangan toksisitas, dan desain proses kimia yang minim limbah, semakin diakui penting dalam pendidikan kimia modern (Anastas & Zimmerman, 2020). Dalam konteks pembelajaran, penerapan prinsip-prinsip tersebut tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan keselamatan laboratorium, tetapi juga untuk menanamkan sikap ilmiah dan peduli lingkungan kepada peserta didik.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa integrasi prinsip kimia hijau dalam kegiatan pembelajaran membantu menghubungkan pemahaman konsep kimia dengan dampaknya terhadap lingkungan dan masyarakat. Misalnya, Clark (2021) menyatakan bahwa pembelajaran kimia yang mengintegrasikan *Green Chemistry* mampu memberikan perspektif baru bagi peserta didik mengenai hubungan antara reaksi kimia dan isu keberlanjutan, sehingga materi kimia menjadi lebih relevan dan kontekstual. Hal ini sejalan dengan pandangan Nasution dan Lestari (2021) yang menekankan bahwa Green Chemistry merupakan landasan penting dalam pendidikan kimia untuk mendukung pembangunan berkelanjutan.

2. Implementasi *Green Chemistry* dalam Pembelajaran Kimia

2.1 Praktikum Berbasis Mikro (*Micro-Scale Laboratory*)

Salah satu inovasi paling populer dalam implementasi *Green Chemistry* adalah penggunaan laboratorium mikro, atau *micro-scale laboratory*. Metode ini menggunakan jumlah bahan yang sangat kecil, sehingga limbah kimia yang dihasilkan berkurang secara signifikan. Besson et al. (2019) mengungkapkan bahwa praktikum mikro tidak hanya aman dan efisien, tetapi juga lebih ekonomis karena memerlukan sedikit bahan kimia dan energi. Selain itu, pendekatan ini dapat meminimalkan paparan peserta didik terhadap bahan berbahaya.

Penelitian Fauzi dan Ramadhani (2020) menunjukkan bahwa penggunaan pendekatan praktikum mikro meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik tanpa mengurangi kualitas pembelajaran. Mereka menekankan bahwa eksperimen mikro tetap mampu menunjukkan fenomena kimia secara jelas, bahkan lebih efektif karena peserta didik dapat fokus pada konsep fundamental tanpa distraksi penggunaan bahan dalam jumlah besar.

2.2 Pengembangan Modul dan Bahan Ajar Berbasis *Green Chemistry*

Integrasi *Green Chemistry* dalam bahan ajar merupakan langkah penting dalam mendukung transformasi pembelajaran. Modul yang dirancang berdasarkan prinsip *Green Chemistry* menghubungkan konsep dasar kimia seperti stoikiometri, reaksi kimia, asam–basa, dan polimer dengan isu keberlanjutan dan dampak lingkungan. Han et al. (2022) melaporkan bahwa modul pembelajaran berbasis *Green Chemistry* secara signifikan meningkatkan literasi lingkungan peserta didik, khususnya pada pemahaman dampak penggunaan bahan kimia berbahaya dalam kehidupan sehari-hari.

Penelitian Yusuf dan Pratiwi (2019) juga menunjukkan bahwa penggunaan modul kimia hijau mampu meningkatkan sikap positif peserta didik terhadap pelestarian lingkungan. Modul tersebut terbukti efektif dalam menumbuhkan kesadaran peserta didik akan pentingnya penerapan pola hidup ramah lingkungan melalui kegiatan sains.

2.3 Pembelajaran Berbasis Proyek (Project-Based Learning)

Pendekatan *project-based learning (PjBL)* yang mengintegrasikan Green Chemistry memungkinkan peserta didik mengidentifikasi masalah lingkungan dan merancang solusi berbasis prinsip kimia hijau. Irwanto (2023) menegaskan bahwa model pembelajaran ini meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan kemampuan pemecahan masalah tingkat tinggi (*higher order thinking skills*). Dalam PjBL, peserta didik tidak hanya mempelajari teori kimia, tetapi juga mengaplikasikannya dalam proyek nyata seperti pembuatan bioplastik, pemanfaatan limbah organik, dan sintesis bahan alternatif yang aman.

Sari et al. (2024) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek dengan perspektif *Green Chemistry* memberikan pengalaman autentik yang membantu peserta didik memahami relevansi kimia dalam kehidupan sehari-hari dan kontribusinya terhadap keberlanjutan. Pendekatan ini juga meningkatkan kolaborasi dan komunikasi antar peserta didik, yang merupakan kompetensi penting dalam pendidikan abad 21.

3.Dampak Pendekatan Green Chemistry terhadap Peserta Didik

Hasil kajian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis *Green Chemistry* dapat meningkatkan literasi sains peserta didik secara signifikan. Han et al. (2022) menunjukkan bahwa peserta didik yang mempelajari konsep kimia melalui pendekatan *Green Chemistry* memiliki kesadaran lingkungan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pembelajaran tradisional. Selain itu, mereka lebih memahami dampak penggunaan bahan kimia dalam kehidupan sehari-hari.

Selain literasi lingkungan, pendekatan ini juga memperkuat literasi kimia, terutama dalam hal pemahaman hubungan antara teori dan praktik. Clark (2021) menekankan bahwa integrasi konteks lingkungan dalam pembelajaran kimia memberi peserta didik kemampuan untuk menilai proses kimia berdasarkan keberlanjutan, toksisitas, dan efisiensi.

Green Chemistry juga berperan dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills*). Menurut Zoller (2020), pendidikan kimia yang berfokus pada isu-isu lingkungan mendorong peserta didik untuk mengevaluasi dan menganalisis hubungan antara proses kimia, dampaknya, dan solusi berkelanjutan. Irwanto (2023) menambahkan bahwa pembelajaran berbasis proyek berbasis *Green Chemistry* meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan kreativitas karena peserta didik dilibatkan dalam eksplorasi solusi inovatif untuk masalah lingkungan.

Penggunaan bahan dan metode praktikum yang ramah lingkungan, seperti mikro-skala dan penggunaan reagen aman, secara signifikan meningkatkan keselamatan pembelajaran laboratorium. Menurut Besson et al. (2019), pendekatan ini mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan efisiensi penggunaan bahan, energi, dan waktu. Hal ini sangat penting

terutama untuk institusi pendidikan yang memiliki keterbatasan peralatan laboratorium.

Pendekatan *Green Chemistry* menciptakan pengalaman belajar yang relevan, bermakna, dan kontekstual. Yusuf dan Pratiwi (2019) melaporkan bahwa peserta didik merasa lebih termotivasi karena pembelajaran kimia dikaitkan dengan isu lingkungan yang mereka hadapi sehari-hari, seperti pencemaran plastik, limbah rumah tangga, dan penggunaan bahan kimia sintetis. Sari et al. (2024) menambahkan bahwa integrasi proyek berbasis *Green Chemistry* meningkatkan rasa ingin tahu dan mendorong peserta didik untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran.

4. Tantangan Implementasi *Green Chemistry dalam Pembelajaran*

Meskipun *Green Chemistry* memiliki potensi besar, implementasinya belum sepenuhnya optimal. Beberapa tantangan utama yang ditemukan dalam literatur antara lain:

1. **Keterbatasan fasilitas laboratorium**
   Banyak sekolah dan perguruan tinggi belum memiliki peralatan laboratorium yang memadai untuk mendukung implementasi praktikum ramah lingkungan (Clark, 2021).
2. **Kurangnya pelatihan guru dan dosen**
   Guru membutuhkan pemahaman mendalam mengenai prinsip *Green Chemistry* untuk dapat mengintegrasikannya secara efektif dalam pembelajaran (Nasution & Lestari, 2021).
3. **Keterbatasan bahan ajar dan modul kontekstual**
   Modul khusus berbasis kimia hijau masih terbatas dan memerlukan pengembangan lebih lanjut (Han et al., 2022).
4. **Resistensi terhadap perubahan kurikulum**
   Beberapa institusi masih cenderung mempertahankan model pembelajaran tradisional karena dianggap lebih praktis.

5. Peluang Pengembangan dan Implementasi Lebih Lanjut

Meskipun terdapat tantangan, peluang pengembangan *Green Chemistry* dalam pendidikan kimia sangat besar, terutama dengan dukungan kebijakan pendidikan dan peningkatan kesadaran akan pentingnya keberlanjutan. Sari et al. (2024) menegaskan bahwa integrasi *Green Chemistry* sangat relevan dengan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran kontekstual dan berbasis proyek. Selain itu, pemanfaatan teknologi digital seperti simulasi laboratorium virtual dapat menjadi alternatif pembelajaran ramah lingkungan yang efektif (Irwanto, 2023).

KESIMPULAN

Kajian literatur menunjukkan bahwa transformasi pembelajaran kimia melalui pendekatan *Green Chemistry* merupakan strategi efektif dalam mendukung pembangunan berkelanjutan. Pendekatan ini meningkatkan literasi sains, keterampilan berpikir kritis, motivasi belajar, serta kesadaran lingkungan peserta didik. Implementasi *Green Chemistry* memperkuat relevansi pembelajaran kimia dengan isu global dan mendukung pencapaian SDGs. Meski terdapat tantangan seperti keterbatasan fasilitas dan pelatihan guru, peluang pengembangan masih sangat terbuka melalui inovasi pedagogi, integrasi kurikulum, dan pemanfaatan teknologi. Dengan demikian, *Green Chemistry* bukan hanya pendekatan pembelajaran, tetapi kerangka transformasi pendidikan kimia menuju masa depan yang aman, berkelanjutan, dan bertanggung jawab.

DAFTAR PUSTAKA

Anastas, P., & Zimmerman, J. (2020). The future of green chemistry: essential innovations for a sustainable world. *Green Chemistry*, 22(1), 1–5.

Besson, C., et al. (2019). Greener laboratory practices in chemistry education.

Journal of Chemical Education, 96(10), 2301–2309.

Clark, J. (2021). Green chemistry in teaching laboratories: A review of recent trends. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 20, 100389.

Fauzi, A., & Ramadhani, L. (2020). Implementasi praktikum kimia berbasis green chemistry di sekolah menengah. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 8(3), 123–130.

Han, J., et al. (2022). Enhancing students' environmental literacy through green chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(4), 1256–1271.

Irwanto, I. (2023). Project-based learning untuk meningkatkan kompetensi kimia dan kesadaran lingkungan. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Kimia*, 6(1), 45–57.

Nasution, R., & Lestari, W. (2021). Green chemistry approach in chemistry learning towards sustainable development. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 13(2), 100–110.

Sari, Y., et al. (2024). Integrasi prinsip kimia hijau dalam pembelajaran abad 21. *Jurnal Sains dan Pendidikan*, 14(1), 22–30.

Yusuf, M., & Pratiwi, N. (2019). Analysis of environmental attitudes through green chemistry modules. *International Journal of Science Education*, 41(5), 600–614.

Zoller, U. (2020). Higher-order thinking skills and sustainability education in chemistry. *Environmental Education Research*, 26(4), 543–560.