



Literature Review: Inovasi Pembelajaran Kimia Berwawasan Lingkungan Melalui Pendekatan *Green Chemistry*

Nur Aliah, Universitas Mulawarman, Indonesia

Della Syaras Wati, Universitas Mulawarman, Indonesia

Ditalia Nur Fitriani, Universitas Mulawarman, Indonesia

Nova Yunita Putri Olii, Universitas Mulawarman, Indonesia

Sukemi, Universitas Mulawarman, Indonesia

ABSTRACT

Green Chemistry is a concept that raises issues related to environmental impacts to reduce the use of hazardous materials to use materials that are more environmentally friendly. Education has an important role as a means and infrastructure for distributing green chemistry to improve attitudes that care about the environment. The research method used is Narrative Literature Review (NLR) by searching for journal articles through the Google Scholar database for the last 10 years. The results of the literature study show that the green chemistry approach as an innovation in the field of education has a major influence on improving learning experiences, mastery of concepts, motivation and student learning outcomes as well as increasing awareness of the environment. For example, using renewable natural materials instead of synthetic chemicals in the laboratory. Various teaching facilities or materials are used, such as books or e-books, e-modules, and interesting student worksheets.

ARTICLE HISTORY

Submitted 13/11/2024

Revised 29/11/2024

Accepted 02/12/2024

KEYWORDS

chemistry learning innovation; environmentally friendly chemistry learning; green chemistry; green chemistry approach

CORRESPONDENCE AUTHOR

✉ syarassrsvt@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.10170>

1. PENDAHULUAN

Pendidikan dilakukan melalui proses memperoleh dan menanamkan keterampilan dari pendidik kepada peserta didik dengan tujuan untuk mengembangkan berbagai potensi yang dimiliki dalam diri peserta didik sehingga peserta didik dapat berfikir secara kritis dan kreatif. Mata pelajaran kimia di SMA mempelajari segala sesuatu tentang zat yang meliputi komposisi, struktur, sifat, perubahan, dinamika, dan energetika zat dalam tingkat ukuran molekuler yang melibatkan keterampilan dan penalaran (Priyanti et al., 2021). Pada abad-21 pendidik dituntut untuk dapat mengelola kegiatan kelas secara kreatif dan efektif. Tidak hanya mengajar dan menyampaikan materi, pendidik juga diminta untuk memberikan contoh nyata dalam kehidupan sehari-hari terkait materi yang diajarkan dengan harapan agar dapat dipahami dan diterapkan secara langsung oleh peserta didik. Selain itu, pendidik juga dituntut untuk mampu mengembangkan keterampilan dan pengalaman peserta didik dengan maksimal agar tidak terjadi miskonsepsi pada materi ataupun dalam implementasi dalam kehidupan peserta didik.

Materi kimia merupakan materi yang abstrak dan cakupannya sangat luas. Kita tidak luput dari bahan atau senyawa kimia sehingga akan sangat mudah bagi seorang pendidik untuk dapat mengkaitkan ilmu kimia yang diajarkan dengan contoh-contoh dalam kehidupan sehari-hari. *Green chemistry* adalah suatu konsep yang mendorong desain dari sebuah produk ataupun proses yang mengurangi atau meminimalisir penggunaan dan penghasilan zat-zat (substansi) berbahaya. *Green chemistry* bertujuan mengembangkan proses kimia dan produk kimia yang ramah lingkungan dan sesuai dengan pembangunan berkelanjutan (Putri, 2019).

Pendidikan berwawasan lingkungan atau Ecopedagogy adalah sekolah yang peduli dan berbudaya lingkungan yang bermaksud untuk mewujudkan sekolah yang peduli dan berbudaya lingkungan serta sebagai upaya untuk mengubah perilaku dan sikap yang dilakukan oleh berbagai pihak atau elemen masyarakat yang bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan kesadaran masyarakat tentang nilai-nilai lingkungan dan isu permasalahan lingkungan yang ada (Azkiyah et al., 2021). Dalam kehidupan sehari-hari, dapat dilihat bahwa dampak pencemaran lingkungan sangat mengkhawatirkan dan membahayakan bagi generasi kini dan yang akan datang.



Pengaruhnya terhadap kehidupan dapat mengancam kebutuhan pokok dan kesehatan manusia sebagai makhluk hidup. Generasi muda khususnya yang masih menempuh pendidikan di jenjang sekolah ataupun perguruan tinggi dituntut untuk paham terkait isu lingkungan dan berpikir kritis untuk mencari solusi atas permasalahan yang ada. *green chemistry* memiliki peran penting untuk mencegah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh bahan kimia beracun serta mengembangkan sistem ramah lingkungan secara berkelanjutan yang menjanjikan. Pendidikan berorientasi *green chemistry* dapat membuat peserta didik meningkatkan keterampilan berpikir kritis, komunikasi, dan bertindak secara mandiri, serta memperluas jangkauan tindakan mereka dan membantu peserta didik dalam memahami hubungan antara sains, ekonomi, teknologi, dan implikasi sosial serta moral dari penyelidikan ilmiah dan hasilnya (Celestino, 2023).

Pendekatan *green chemistry* berkaitan dengan cara mengatasi permasalahan lingkungan. *Green chemistry* bertujuan untuk dapat mengurangi dan menghilangkan zat berbahaya dalam proses kimia, sehingga dapat diganti dengan bahan kimia yang lebih ramah lingkungan untuk mengatasi permasalahan lingkungan. Selain itu, pembelajaran kimia berbasis pendekatan *green chemistry* dapat melibatkan siswa secara langsung dalam kegiatan pembelajaran berwawasan lingkungan dalam aktivitas pembelajarannya sehingga meningkatkan nilai konservasi siswa sebagai suatu upaya atau tindakan nyata untuk menyelamatkan, melindungi, dan melestarikan lingkungan sekitar secara bijaksana (Darnisyah, 2023). Pendidik mengalami kesulitan merancang desain pembelajaran, mengintegrasikan materi pokok dengan tugas proyek yang sesuai dengan pendekatan *green chemistry* dan pembentukan karakter peserta didik, dan mengembangkan sistem penilaian berbasis karakter karena belum mengalami maupun diberikan contoh melalui perguruan tinggi maupun diklat fungsional (Saptorini et al., 2014).

Penting bagi pendidik untuk dapat memahami isu dan permasalahan lingkungan lebih mendalam karena apabila pengetahuan pendidik tentang lingkungan rendah maka akan berdampak pada perilaku siswa yang kurang bertanggung jawab terhadap lingkungan. Dalam bidang Pendidikan kimia sendiri *green chemistry* dapat diaplikasikan dalam bentuk modul pembelajaran, model pembelajaran dan modul praktikum (Al Idrus et al., 2020; Pohan, et al., 2022). Dalam hal ini, kreativitas dan keefektifan pendidik dalam menyampaikan sangat berpengaruh terhadap pemahaman siswa. Indikator siswa memiliki sikap kesadaran terhadap lingkungan, yaitu: 1) mengetahui dan sadar terhadap isu serta permasalahan lingkungan, 2) memiliki persepsi dan kepedulian terhadap isu maupun permasalahan lingkungan, serta 3) memiliki kepercayaan diri dalam menyelesaikan permasalahan lingkungan dan berkontribusi untuk perbaikan lingkungan hidup (Perkasa et al., 2017).

Pendekatan *Green Chemistry* memiliki keterkaitan erat dengan pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) di bidang pendidikan. di Indonesia sendiri penerapan SDGs sudah mulai dilakukan. Biasa disebut *Education for Sustainable Development* (ESD), menerapkan konsep pembangunan berkelanjutan dalam proses pembelajaran sehingga dapat membentuk peserta didik memiliki kesadaran dan sifat bertanggung jawab terhadap permasalahan bersama. Peserta didik bisa menyadari bahwa tindakan yang mereka lakukan dapat berpengaruh pada kondisi lingkungan, sosial, dan ekonomi di masa ini maupun mendatang (Tareze et al., 2022). Inovasi pendekatan *green chemistry* tidak lepas dari peranan teknologi yang dapat dimanfaatkan seiring perkembangan zaman. TIK sangat berperan sebagai infrastruktur pembelajaran di mana bahan ajar tersedia dalam format digital dengan begitu proses belajar bisa dilakukan di mana saja dan kapan saja (Cholik, 2021).

Studi pustaka atau tinjauan pustaka ini penting untuk dilakukan karena dapat memberikan gambaran yang sistematis pemetaan topik penelitian kimia ramah lingkungan dalam pendidikan kimia sepuluh tahun terakhir dan kesempatan untuk menerapkan *green chemistry* dalam studi Kimia. Fokus Tujuan dari kajian review ini adalah untuk memetakan topik-topik penelitian *green chemistry* yang telah dilakukan mengimplementasikan dan menganalisis kemungkinan penerapan *green chemistry* untuk belajar kimia. Kemungkinan kontribusi berikut dapat diperoleh dari studi tinjauan ini: dapat membuat rekomendasi mengenai pilihan bahan kimia ramah lingkungan yang sesuai diterapkan dalam pendidikan kimia dan sesuai dengan karakteristik mata kuliah khususnya kimia.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini tidak menggunakan tempat yang spesifik karena merupakan penelitian *literature review*. Penelitian ini dilakukan selama enam bulan dari bulan Juli sampai Desember tahun 2023.

2.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif melalui *narrative literature review*. *Narrative Literature Review* (NLR) adalah jenis tinjauan yang bermanfaat dalam menghimpun sejumlah literatur dalam domain subjek tertentu dan menggabungkannya. Tahap-tahap yang terlibat dalam melakukan review naratif mencakup melakukan pencarian, mengidentifikasi kata kunci, meninjau isi abstrak dan artikel, dan merangkum serta mengintegrasikan temuan dari artikel ke dalam tulisan (Faturahmi, 2020).

2.3 Target dan Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah peneliti yang telah meneliti topik yang serupa. Pengumpulan data dan sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari database Google Scholar. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan “*green chemistry approach*” sebagai objek penelitian.

2.4 Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Proses pencarian data dilakukan dengan menggunakan database Google Scholar dengan kata kunci “inovasi pembelajaran kimia”, “pembelajaran kimia berwawasan lingkungan”, “*green chemistry*”, “pendekatan *green chemistry*” dan diperoleh 42 artikel yang relevan.

2.5 Teknik Analisis Data

Penulis menganalisis data menggunakan teknik *simplified approach*, tahapan yang ditempuh pada analisa *simplified approach* meliputi meringkas setiap literatur *critical appraisal*/telaah kritis dilakukan secara bersamaan untuk menentukan kekuatan dan kelemahan literatur serta untuk melihat hubungan antara satu literatur dengan literatur lain, mengidentifikasi tema-tema dari hasil setiap penilaian (Sumartiningsih & Prasetyo, 2019).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pendekatan Green Chemistry Pada Bidang Pendidikan

Pendidikan lingkungan hidup harus diberikan kepada anak sejak usia dini, yang terpenting adalah pendidikan lingkungan hidup harus berdasarkan pengalaman langsung yakni, bersentuhan dengan lingkungan hidup sehingga pengalaman langsung tersebut dapat menciptakan perilaku, nilai, dan kebiasaan untuk menghargai lingkungan (Dahlan, 2017). *Green chemistry* sebagai pendekatan yang sangat penting untuk meningkatkan pengelolaan bahan kimia sintesis buatan manusia (Apsari & Eveline, 2022). *Green chemistry* juga bertujuan untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan dari sumber aktivitas maupun proses kimia yang berdampak pada kesehatan manusia dan kondisi lingkungan (Susanti, 2022). Di sekolah, pendidikan lingkungan hidup dapat dipadukan pada seluruh materi pelajaran (Miranto, 2017). Sekolah dapat lebih berperan aktif dalam menciptakan kawasan yang peduli dengan lingkungan dan dapat menciptakan siswa-siswi yang sadar akan lingkungan (Afriyeni, 2018). Perpaduan materi lingkungan hidup ke dalam semua mata pelajaran dan memasukkan pendidikan lingkungan hidup sebagai muatan lokal, pihak sekolah juga menerapkan kegiatan rutin yang harus dilakukan oleh siswa sebagai bentuk pembiasaan berperilaku peduli lingkungan (Murti, 2013).

Pendidik mengambil peran penting dan tanggung jawab yang besar dalam mengintegrasikan dan menyampaikan terkait pendidikan berwawasan lingkungan kepada peserta didik. Dalam proses pembelajaran di dalam kelas, guru dapat menerapkan beberapa metode dan pemanfaatan fasilitas sekolah agar kegiatan pembelajaran lingkungan hidup dapat menjadi lebih bermakna (Nugroho, 2019). Penggunaan dan pemanfaatan fasilitas di sekolah dengan maksimal dapat meningkatkan keefektifan dan keefesiansian proses pembelajaran. Selain pembelajaran kognitif yang disampaikan di dalam kelas, konsep *green chemistry* dapat diberikan dalam bentuk praktikum atau model pembelajaran berbasis *green chemistry* (Idrus et al., 2020). Filosofi kimia hijau mempunyai peranan penting dalam mereduksi dan mencegah pencemaran lingkungan. Terdapat beberapa prinsip kimia hijau dapat diintegrasikan ke dalam pembelajaran lingkungan sebagai hasil belajar (Mitarlis et al., 2017). Pendidik dapat melatih peserta didik untuk dapat menciptakan produk dengan nilai ekonomis sehingga dapat membentuk jiwa bioenterpreneuership yang berwawasan lingkungan (Sari et al., 2023). Adanya inovasi yang tidak membosankan menyenangkan dalam kegiatan belajar dengan pendekatan berwawasan lingkungan, siswa merasa senang dan termotivasi untuk belajar, aktif dalam pembelajaran, meningkatkan rasa ingin tahu, kemandirian, meningkatkan pemahaman materi, dan meningkatkan keterampilan berpikir kritis (Adelila Sari & Yatna, 2015).

3.2 Pendekatan Green Chemistry Pada Pembelajaran Kimia

Pendekatan *green chemistry* adalah suatu pendekatan yang berkaitan dengan masalah lingkungan. Masalah lingkungan seperti polusi, krisis energi, limbah, keamanan, dan keselamatan kerja. Masalah lingkungan selalu ada termasuk didalam bidang pendidikan. Pendidikan kimia identik dengan bahan kimia yang berbahaya. *Green chemistry* merupakan salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan bahan kimia yang berbahaya. Pendekatan *green chemistry* dalam bidang Pendidikan kimia masih tergolong baru dengan fokus pada penerapan prinsip-prinsip kimia hijau dalam merancang, menggunakan atau memproduksi bahan kimia untuk mengurangi pemakaian atau produksi bahan berbahaya yang dapat mengganggu kesehatan makhluk hidup dan pelestarian lingkungan. Dalam bidang Pendidikan kimia, *green chemistry* dapat diterapkan dalam bentuk modul pembelajaran, model pembelajaran dan modul praktikum (Al-Idrus et al., 2020).

Selama beberapa tahun, terdapat berbagai upaya dan pendekatan untuk menerapkan kimia hijau dan berkelanjutan konsep dan praktik ke dalam kurikulum kimia. Beberapa program pendidikan telah berupaya untuk sepenuhnya mengintegrasikan prinsip kimia ramah lingkungan di seluruh kurikulum kimia. Menciptakan mata pelajaran kimia hijau yang terpisah dan berdiri sendiri, yang lain menggunakan laboratorium kimia ramah lingkungan sebagai langkah alternatif dalam kursus laboratorium (terutama organik) dan beberapa yang lain sudah memanfaatkan antusiasme siswa untuk ikut serta kegiatan kimia hijau di luar kelas tradisional. Namun, meskipun banyak upaya dan inovatif pendekatan para guru kimia yang bersemangat dari seluruh negara, penerapan prinsip kimia hijau dan berkelanjutan dan praktik dalam program kurikulum kimia sarjana masih belum menjadi hal biasa. Selain itu, Upaya untuk mengembangkan dan menyebarkan sumber daya pendidikan sebagian besar tidak terkoordinasi selama 25 tahun terakhir dan integrasi konsep kimia hijau serta berkelanjutan secara menyeluruh kurikulum kimia masih tahap proses (MacKellar et al., 2020).

Kontribusi pendekatan ini lebih mengarah pada proses dan produk kimia yang akan lebih aman dan ramah dengan lingkungan dan kesehatan (Susanti, 2022). Kimia hijau sangat cocok bagi guru yang ingin menerapkan pendekatan berpikir sistem dalam pendidikan, dengan menerapkan prinsip-prinsip kimia hijau, menggunakan alat analisis siklus hidup dan merancang strategi molekul bergantung dengan mempertimbangkan saling ketergantungan reaksi dan proses satu sama lain dengan lokal dan global sistem. Melalui ini, siswa dapat ditantang untuk dapat memecahkan masalah dunia nyata dalam konteks kimia ramah lingkungan dengan tepat pertimbangan etika untuk memberikan solusi yang mengatasi SDGs (Miller et al., 2019). Memasukkan pemikiran sistem ke dalam hasil tersebut akan memberikan hasil yang baik instruktur dengan kesempatan untuk mengajar kimia hijau menggunakan pendekatan ini. Di tingkat pascasarjana, hal ini diwujudkan sebagai menganalisis dan mengevaluasi literatur penelitian untuk memasukkan kasus studi tentang ekonomi sirkular. Untuk mengapresiasi hal ekonomi ini sistem meminimalkan limbah dan memaksimalkan sumber daya (berbeda dengan ekonomi linier tradisional), siswa harus mempertimbangkan semua komponen sistem, seperti masukan sumber daya dan limbah, emisi, dan kebocoran energi, beserta dampaknya saling ketergantungan dan cara meminimalkannya melalui perlambatan, penutupan, dan penyempitan energi dan material loop (Hurst et al., 2019).

3.3 Inovasi *Green Chemistry* Pada Pembelajaran Kimia

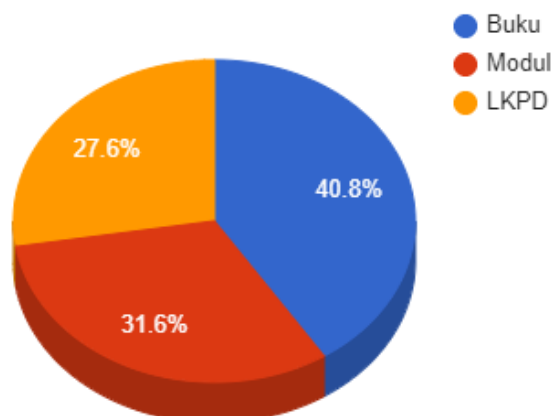
Penggunaan bahan ajar yang bervariasi dalam proses pembelajaran sangat diperlukan. Bahan ajar sangat penting bagi pendidik dan peserta didik guna keefektifan pembelajaran dan mempermudah serta memotivasi peserta didik dalam memahami materi yang disampaikan. Banyak jenis bahan ajar yang dapat dikembangkan oleh pendidik diantaranya adalah modul, *e-book*, LKPD, dan LKS. Modul yang berisi materi kimia hidrokarbon dan minyak bumi yang dekat dengan kehidupan sehari-hari dan dikaitkan dengan wawasan lingkungan hidup sehingga dapat menambah pengetahuan dan menumbuhkan rasa peduli lingkungan (Izza & Fikroh, 2022). Penggunaan media pembelajaran *e-booklet* berorientasi *green chemistry* mampu meningkatkan penguasaan *soft skill* konservasi siswa (Rosita, 2021).

Prinsip *green chemistry* dalam pendidikan diterapkan dalam pengembangan LKPD berwawasan *green chemistry*. Pengembangan buku petunjuk praktikum bernuansa *green chemistry* pada materi asam basa, larutan penyangga, dan hidrolisis garam menunjukkan hasil yang sangat layak untuk digunakan dengan kategori penilaian ahli materi sangat baik. Dalam konteks *green chemistry* ramah lingkungan, penggunaan modul dapat memberikan keuntungan yang signifikan. Pertama-tama, dengan menggunakan modul ini peserta didik dapat mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam terhadap materi pembelajaran. Dengan menggunakan modul ini peserta didik dapat mengembangkan pemahaman mereka mengenai prinsip-prinsip dasar kimia hijau. Peserta didik juga dapat mempelajari bagaimana konsep-konsep seperti penggunaan bahan baku terbarukan, pengurangan limbah dan efisiensi energi diterapkan dalam praktek kimia berkelanjutan (Suci., 2023). Adanya LKS praktikum melalui kriteria pendekatan *green chemistry* yang diterapkan dalam masing-masing percobaan, yakni melakukan eksperimen atau percobaan berskala mikro, artinya dalam eksperimen atau kegiatan praktikum menggunakan alat dan bahan sederhana yang relatif aman, ekonomis, dan ramah lingkungan, namun tidak mengurangi esensi dari kegiatan praktikum tersebut (Hifziah, 2013).

Tabel: 1 Bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran kimia

Bahan Ajar	Materi	Hasil	Referensi
Buku	Hidrolisis garam, kimia hijau, laju reaksi, ekosistem, dan sifat koligatif larutan	Penggunaan buku dalam pembelajaran menggunakan pendekatan <i>green chemistry</i> efektif dalam meningkatkan penguasaan <i>soft skill</i> , hasil belajar dan motivasi belajar	(Amanda et al., 2023; Hifziah et al., n.d.; Rohmaya, 2022; Rosita, 2021; Sukarsih, 2016; Wulan et al., 2019; Wulandari & Mitarlis, 2023)
Modul	Hidrokarbon dan minyak bumi, dan asam basa,	Penggunaan modul dalam pembelajaran menggunakan pendekatan <i>green chemistry</i> efektif dalam meningkatkan kreatifitas, literasi sains hasil dan motivasi belajar	(Ahmadi et al., 2016; Al-Idrus et al., 2020; Kamilah & Retno Aliyatul Fikroh, 2022; Kusuma et al., 2021; Savitri et al., n.d; Suci et al., 2021; Susanti, 2022; Wahyuningsih & Rohmah, n.d.; Witri et al., 2023)
LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik)	Laju reaksi, Larutan elektrolit dan non elektrolit, dan asam basa	Penggunaan LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik) dalam pembelajaran menggunakan pendekatan <i>green chemistry</i> efektif dalam meningkatkan literasi lingkungan, literasi sains, motivasi siswa, dan kemampuan berfikir kritis	(Anisa, 2020; Ma'sumah & Miltaris, 2021; Nurrahmah et al., 2023; Ramadhana et al., 2022; Ulandari & Mitarlis, 2021; Uniati et al., 2019)

Berdasarkan tabel 1 di atas, maka presentase penggunaan bahan ajar buku, modul, dan LKPD yang digunakan sebagai sarana pendekatan *green chemistry* dalam pembelajaran di kelas dari 22 artikel penelitian yang diperoleh dari tahun 2013 hingga 2023 sebagai berikut.



Gambar 1: Presentase penggunaan bahan ajar

Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa presentase jenis bahan ajar buku sebesar 40,8% , penggunaan modul sebesar 31,6%, dan penggunaan LKPD sebesar 27,6%. Penggunaan bahan ajar buku *soft file* atau *hard file* paling banyak digunakan sebagai sarana kegiatan pembelajaran dibandingkan dengan penggunaan modul dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).

Salah satu pendekatan yang sesuai dengan persyaratan *Education for Sustainable Development (ESD)* adalah *Green Chemistry*. *Green Chemistry* merupakan pendekatan kimia yang menerapkan ilmu kimia pada pencegahan polusi dan pengurangan limbah. Melalui *green chemistry*, pencegahan polusi ditekankan pada penggunaan bahan serta proses yang dapat meminimalkan dan mengurangi polutan atau limbah. Hal ini termasuk mengurangi penggunaan bahan yang berbahaya serta melindungi sumber daya alam melalui penggunaan yang efisien (Wahyuningsih & Poedjiastoeti, 2015). Pemanfaatan bahan alami untuk mendukung pembelajaran dapat memenuhi salah satu prinsip *green chemistry* yaitu "penggunaan bahan baku terbarukan". Dengan adanya penggunaan bahan alami maka pembelajaran kimia dapat berlangsung tanpa tergantung oleh penggunaan bahan kimia buatan industri (Mitarlis et al., 2018).

Penerapan pendekatan *green chemistry* dapat meminimalisir penanggulangan limbah berbahaya. *Green Chemistry* adalah pendekatan yang dapat digunakan untuk merancang penggunaan bahan kimia yang aman serta ramah lingkungan. Metode praktikum dapat membentuk pengalaman belajar peserta didik menjadi lebih aktif, termotivasi, dan lebih mengerti pelajaran yang diberikan. Pendekatan *green chemistry* dapat diterapkan pada praktikum kimia di laboratorium dalam rangka pencegahan dampak negatif akibat penggunaan bahan kimia yang berkonsentrasi tinggi

(Nurrahmah et al., 2023a). Untuk memenuhi prinsip *green chemistry* seperti pencegahan, ekonomi atom, serta sintesis yang menggunakan bahan-bahan beracun maka dirancanglah prosedur praktikum kimia berwawasan lingkungan (Lasia & Wiratini, 2016). Salah satu prinsip *green chemistry* dalam pembelajaran kimia yang dapat direkomendasikan adalah penggunaan limbah lingkungan dalam praktikum dan *microscale laboratory* (Junaidi et al., 2023).

Penerapan praktikum kimia *green chemistry* mengubah pandangan siswa tentang pembelajaran kimia yang selama ini dianggap menakutkan. Adanya praktikum kimia yang mengganti bahan-bahan kimia berbahaya yang ada di laboratorium dengan bahan-bahan kimia yang ada di sekitar membuat siswa lebih termotivasi. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan selama pembelajaran, ternyata siswa sangat antusias dalam melakukan kegiatan praktikum dan pengamatan dengan teliti sehingga pembelajaran kimia menjadi lebih menarik dan menyenangkan (Rohmaya, 2022a). Pemanfaatan bahan-bahan lingkungan untuk kegiatan praktikum kimia dapat meningkatkan prestasi belajar siswa baik prestasi kognitif maupun prestasi psikomotoriknya (Rotua et al., 2016). Dapat dikatakan bahwa penerapan metode eksperimen berwawasan lingkungan dapat mengefektifkan proses pembelajaran kimia pada siswa (Rasyid, 2020). Beberapa bunga berwarna diidentifikasi dan berpotensi dimanfaatkan sebagai indikator asam basa alami dalam pembelajaran kimia antara lain bunga pacar air dan *Ruellia* (Mitarlis et al., 2018).

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Pendekatan *green chemistry* sebagai inovasi pembelajaran merupakan strategi yang menjanjikan di bidang pendidikan. Pembelajaran dengan pendekatan *green chemistry* efektif dalam meningkatkan motivasi belajar, rasa ingin tahu, kemandirian, meningkatkan pemahaman materi, meningkatkan keterampilan berpikir kritis, serta kesadaran akan peduli lingkungan. Implementasi pendekatan *green chemistry* dapat menggunakan metode, model pembelajaran, dan bahan ajar yang inovatif, efektif, dan efisien. Materi pembelajaran kimia yang dapat dipadukan dengan prinsip *green chemistry* yakni materi asam basa serta hidrokarbon dan minyak bumi. Dengan demikian, perlu dikembangkan inovasi pendekatan *green chemistry* pada materi pembelajaran kimia atau eksperimen kimia lainnya.

4.2 Saran

Penelitian terkait penggunaan pendekatan *green chemistry* pada materi kimia lainnya masih sedikit, sehingga perlu dikembangkan inovasi pendekatan *green chemistry* pada materi pembelajaran kimia atau eksperimen kimia lainnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adelila Sari, S., & Yatna, S. (2015). Implementasi pembelajaran kimia berbasis lingkungan dengan model problem based learning (PBL) untuk meningkatkan minat dan keterampilan berpikir kritis pada siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 3(1), 47-58.
- Afriyeni, Y. (2018). Pembentukan karakter anak untuk peduli lingkungan yang ada di sekolah adiwiyata mandiri SDN 6 Pekanbaru. *Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 1(2), 123-133.
- Ahmadi, P. H., Suryati, & Khery, Y. (2016). Pengembangan modul contextual teaching and learning (CTL) berorientasi *green chemistry* untuk pertumbuhan literasi sains siswa. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 4(1), 17-25.
- 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.
- Al-Idrus, S. W., Hadisaputra, S., & Junaidi, E. (2020). Pendekatan *green chemistry* dalam modul praktikum kimia lingkungan untuk meningkatkan kreatifitas mahasiswa calon guru kimia. *Chemistry Education Practice*, 3(2), 69.
- Amanda, F., Mawardi, M., & Suryani, O. (2023). Development of textbooks to support merdeka curriculum learning on *green chemistry* material in phase e. *Jurnal Paedagogy*, 10(3), 635.
- Anisa dan, D. (2020). Pengembangan lembar kerja peserta didik (lkpd) berwawasan *green chemistry* untuk meningkatkan kemampuan literasi sains peserta didik pada materi larutan elektrolit dan non elektrolit. *UNESA Journal of Chemical Education*, 9(3), 407-416.
- Apsari, N., & Eveline, E. (2022). Literasi kimia menggunakan buku digital kimia dasar berbasis sustainable chemistry. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(4), 1108-1116.
- Azkiah, H., Sunan, U., & Yogyakarta, K. (2021). Pendidikan agama islam berwawasan lingkungan (ecopedagogy) di madrasah ibtidaiah. *Jurnal Pendidikan dan Sains*, 3(3), 387-397.
- Celestino, T. (2023). High school sustainable and *green chemistry*: historical-epistemological and pedagogical considerations. *Sustainable Chemistry*, 4(3), 304-320.

- Cholik, C. A. (2021). Perkembangan teknologi informasi komunikasi /ICT dalam berbagai bidang. *Jurnal Fakultas Teknik Kuningan*, 2(2), 39-46.
- Dahlan, J. (2017). Pendidikan Berwawasan Lingkungan Bagi Anak di Era Globalisasi. *Jurnal El-Hamra (Kependidikan dan Kemasyarakatan)*, 2(2). 69-75.
- Faturahmi, N. I. (2020). Peran lembaga informasi dalam era post-truth. *Berkala Ilmu Perpustakaan Dan Informasi*, 16(1), 83–96.
- Hifziah, A. I., Nuryadin, S., & Darwis, D. (2013). Pengembangan LKS praktikum pada pokok bahasan laju reaksi untuk kelas XI SMA/MA melalui penerapan green chemistry (di SMAN 31 Jakarta). *Jurnal Riset Pendidikan Kimia (JRPK)*, 3(1), 207-213.
- Hurst, G. A., Slootweg, J. C., Balu, A. M., Climent-Bellido, M. S., Gomera, A., Gomez, P., Luque, R., Mammino, L., Spanevello, R. A., Saito, K., & Ibanez, J. G. (2019). International perspectives on green and sustainable chemistry education via systems thinking. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2794–2804.
- Idrus, S. W. Al, Purwoko, A. A., Hadisaputra, S., & Junaedi, E. (2020). Analisis kemampuan awal konsep green chemistry sebagai upaya meningkatkan kreatifitas mahasiswa dalam praktikum kimia lingkungan. *Jurnal Pijar Mipa*, 15(3), 305–311.
- Izza Kamilah, & Retno Aliyatul Fikroh. (2022). Pengembangan modul pembelajaran kimia SMA/MA materi hidrokarbon dan minyak bumi berwawasan lingkungan hidup. *Journal of Tropical Chemistry Research and Education*, 4(1), 45–54.
- Junaidi, E., Hadisaputra, S., Savalas, L. R. T., Idrus, S. W. A., & Hidayanti, E. (2023). Sosialisasi pemanfaatan limbah lingkungan pada pembelajaran kimia. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 6(3), 684–688.
- Kamilah, I., & Retno Aliyatul Fikroh. (2022). Pengembangan modul pembelajaran kimia SMA/MA materi hidrokarbon dan minyak bumi berwawasan lingkungan hidup. *Journal of Tropical Chemistry Research and Education*, 4(1),
- Kusuma, B. F. R., Hakim, A., Anwar, Y. A. S., & Junaidi, E. (2021). Pengembangan modul praktikum mandiri terintegrasi green chemistry pada pokok bahasan asam basa. *Chemistry Education Practice*, 4(3), 250–255.
- Lasia, I. K., & Wiratini, N. M. (2016.) Pengembangan KIT praktikum berwawasan lingkungan. *Integrated Lab Journal*, 4(1), 19–28.
- MacKellar, J. J., Constable, D. J. C., 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.
- Ma'sumah, A., & Miltaris. (2021). Pengembangan lkp berorientasi stem dengan model pjbl materi larutan elektrolit nonelektrolit dengan memanfaatkan bahan sekitar. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Kimia (Journal Of Innovation in Chemistry Education)*, 3(1), 22-34.
- Miller, J. L., Wentzel, M. T., Clark, J. H., & Hurst, G. A. (2019). Green machine: a card game introducing students to systems thinking in green chemistry by strategizing the creation of a recycling plant. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 3006–3013.
- Miranto, S. (2017). Integrasi konsep-konsep pendidikan lingkungan hidup dalam pembelajaran di Sekolah Menengah. *EDUSAINS*, 9(1), 84-88.
- Mitarlis, Ibnu, S., Rahayu, S., & Sutrisno. (2017). Environmental literacy with green chemistry oriented in 21st century learning. *AIP Conference Proceedings*, 1911.
- Mitarlis, O., Azizah, U., Yonatha, B., & Kimia, J. (2018). Pemanfaatan indikator alam dalam mewujudkan pembelajaran kimia berwawasan green chemistry. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 3(1), 1-7.
- Murti, R. A. (2013). Pembentukan karakter siswa melalui sekolah berwawasan lingkungan (studi deskriptif di SMA Semen Gresik). *Kajian Moral dan Kewarganegaraan*, 1(1), 352-366.
- Nugroho, B. P. (2019.) Pelaksanaan program adiwiyata di sd negeri bhayangkara yogyakarta. *Basic Education*, 8(1), 10-21.
- Nurrahmah, F. A., Nawawi, E., & Hidayah. (2023). Pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis green chemistry pada praktikum laju reaksi di laboratorium SMA. *Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*, 7(1), 33–40.
- Perkasa, M., Agrippina, & Wiraningtyas. (2017). Pembelajaran kimia berorientasi sustainable development untuk meningkatkan kesadaran siswa terhadap lingkungan sustainable chemistry oriented on chemistry learning to increase student awareness to the environment. *Journal Sainsmat*, VI(2), 63–72.
- Pohan, L.A., Situmorang, M. Jahro, I.S. (2016). Pengembangan Bahan Ajar Inovatif Berbasis Multimedia Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Mahasiswa Pada Pembelajaran pH Larutan. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 8(2): 112-119.
- Priliyanti, A., Muderawan, I. W., & Maryam, S. (2021). Analisis kesulitan belajar siswa dalam mempelajari kimia kelas XI. *Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*, 5, 11–18.
- Putri, A. C. (2019). Pengaplikasian prinsip-prinsip green chemistry dalam pelaksanaan pembelajaran kimia sebagai pendekatan untuk pencegahan pencemaran akibat bahan-bahan kimia dalam kegiatan praktikum di laboratorium. *Journal of Creativity Student*, 2(2), 67-73.
- Ramadhana, S. D., Norra, B. I., & Rasyida, N. (2022). Keefektifan perangkat pembelajaran daring dengan model pjbl-steam pada materi lingkungan untuk meningkatkan literasi lingkungan. *Jurnal Pendidikan*, 6(2), 75–81.

- Rasyid. (2020). Penerapan metode eksperimen berwawasan lingkungan terhadap efektivitas pembelajaran kimia kelas X SMA Negeri 3 Baubau Tahun Pelajaran 2019/2020. *Akademik FKIP Unidayan*, 8(2), 141–153.
- Rohmaya, N. (2022). Penerapan praktikum kimia hijau (green chemistry) untuk meningkatkan hasil belajar dan motivasi siswa kelas XI IPA 1 MAN Buleleng. *Widyadewata*, 5(2), 106–115. <https://doi.org/10.47655/widyadewata.v5i2.76>
- Rosita, A. (2021). E-booklet berorientasi green chemistry materi hidrolisis garam untuk mengembangkan soft skill konservasi siswa SMA. *Jurnal Bhakti Pendidikan Indonesia*, 3(2), 27–38.
- Rotua, R., Guru, S., Negeri, S., & Tinggi, T. (2016). Meningkatkan penguasaan materi larutan asam basa dengan metode eksperimen berwawasan lingkungan siswa kelas XI IPA di SMA Negeri 1 Tebing Tinggi. *Jurnal Handayani*, 5(2), 144–152.
- Saptorini, Widodo, A. T., & Susatyo, E. B. (2014). Green chemistry dalam desain pembelajaran project-based learning berbasis karakter di madrasah aliyah se-kabupaten Demak. *Jurnal Penerapan Teknologi Dan Pembelajaran*, 12(1), 57–69.
- Sari, M., Eldes Dafrita, I., Trisianawati, E., Manisa, T., & Nurmayanti, N. (2023). Pelatihan pemanfaatan lingkungan sekolah dalam pembuatan bioplastik resin sebagai wujud kreativitas berwawasan lingkungan pada siswa SMA. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(10), 1001–1008. <https://doi.org/10.55681/swama.v2i10.869>
- Savitri, I., Adib, H., & Sholeh, M. I. (2021). Pengembangan modul kimia berbasis discovery learning pada materi asam basa dengan pendekatan green chemistry di SMAN 2 Muara Sugihan. *Proceedings of International Education Conference*, 1(1), 279–287.
- Suci, D. H., Zainul, R., Kimia, J., Matematika, F., & Alam, I. P. (2021). Pengembangan modul berbasis think, pair and share (tps) pada materi kimia hijau (green chemistry) dalam kehidupan sehari-hari. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(2), 14224–14234.
- Sukarsih. (2016). Pengembangan materi ajar ekosistem untuk smp menggunakan pendekatan sains teknologi masyarakat dan tim hijau sekolah. *CENDEKIA*, 10(1), 67–78.
- Susanti, L. Y. (2022). Pengembangan modul praktikum berbasis green chemistry untuk menanamkan karakter peduli lingkungan pada calon guru IPA. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(3), 798–807.
- Sumartiningsih, M. S., & Prasetyo, Y. E. (2019). A Literature Review: Pengaruh Cognitive Therapy Terhadap Post Traumatic Stress Disorder Akibat Kekerasan pada Anak. *Jurnal Pendidikan Keperawatan Indonesia*, 5(2), 167–176.
- Tareze, A. H., Astuti, M., & Indri. (2022). Model pembelajaran kolaborasi sdgs dalam pendidikan formal sebagai pengenalan isu global untuk meningkatkan kesadaran sosial peserta didik. *Journal Visipena*, 13(1), 42–53.
- Ulandari, A., & Mitarlis, D. (2021). Pengembangan lembar kerja peserta didik (lkpd) berwawasan green chemistry untuk meningkatkan kemampuan literasi sains pada materi asam basa. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 15(1), 2764–2777.
- Uniati, O., Jumiarni, D., & Yani, A. P. (2019). Pengembangan lembar kerja peserta didik berdasarkan keragaman jenis tanaman di green chemistry dan kebun biologi universitas bengkulu. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Biologi*, 3(1), 17–24.
- Wahyuningsih, A. S., & Poedjiastoeti, S. (2015). The effect of green chemistry laboratory learning on pre-service chemistry teachers' environmental value orientations and creative thinking skill. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, 5(1), 848–858.
- Wahyuningsih, A. S., & Rohmah, J. (2017). Penerapan prinsip green chemistry dalam pengembangan modul praktikum untuk mata kuliah larutan. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*.
- Witri, R. E., Hardeli, Kurniawati, D., & Yerimadesi. (2023). Integrated green chemistry problem-based learning module development to improve science process skills senior high school students on basic chemicals law. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(8), 6188–6196.
- Wulan, S. I. D. A., Redhana, I. W., & Adnyana, P. B. (2019). Development of green chemistry learning book to improve students' learning outcomes. *Journal of Physics: Conference Series*, 1503(1), 1–6.
- Wulandari, A., & Mitarlis, M. (2023). Development of student worksheets green chemistry oriented to train creative thinking skills on reaction rate topic. *Jurnal Pijar Mipa*, 18(4), 458–464.