

**PENGEMBANGAN E-MODUL *GREEN CHEMISTRY* BERBASIS
PROBLEM BASED LEARNING DENGAN KONTEKS SOCIO
SCIENTIFIC ISSUES UNTUK MENINGKATKAN LITERASI SAINS
PESERTA DIDIK**

***Development of Problem-Based Learning E-Module on Green Chemistry
with Socio-Scientific Issues Context to Enhance Students' Scientific
Literacy***

Nasieka Aulia Putri*, Leny, Rilia Iriani, Rusmansyah

Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Lambung Mangkurat,

Jl. Brigjen. H. Hasan Basry Banjarmasin 70123 Kalimantan Selatan

*email: nasiekaauliaptr@gmail.com

Informasi Artikel	Abstrak
Kata kunci: <i>Green chemistry, problem based learning, socio scientific issues, literasi sains, e-modul.</i>	Literasi sains peserta didik yang masih tergolong rendah, sesuai yang terlihat dari hasil studi PISA dan kondisi di lapangan, menunjukkan kebutuhan akan inovasi dalam penyediaan bahan ajar yang lebih kontekstual dan interaktif. Penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul <i>Green Chemistry</i> berbasis <i>Problem Based Learning</i> (PBL) dengan konteks <i>Socio Scientific Issues</i> (SSI), sekaligus menguji kevalidan, kepraktisan, dan keefektifannya dalam menaikkan literasi sains siswa. Metode penelitian yang diterapkan ialah <i>Research and Development</i> (R&D) dengan model ADDIE yang mencakup 5 tahap yakni: analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Subjek penelitian terdiri dari lima validator dan peserta siswa kelas X-D di SMA Negeri 10 Banjarmasin. Pengumpulan data dilakukan melalui instrumen tes dan non-tes, seperti angket validasi ahli, angket keterbacaan, angket respons dari peserta didik dan guru, lembar observasi, serta tes literasi sains. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memiliki tingkat kevalidan yang sangat tinggi (96,71%), kepraktisan yang sangat baik (85,40%), serta keefektifan yang terbukti signifikan dalam meningkatkan literasi sains peserta didik dengan nilai N-Gain sebesar 79,72, termasuk dalam kategori efektif. Sehingga dengan demikian, e-modul ini dinyatakan berhasil meningkatkan literasi sains secara signifikan.
Keywords: <i>green chemistry, problem based learning, socio scientific issues, scientific literacy, e- module.</i>	

Abstract. *Students' scientific literacy remains relatively low, as evidenced by PISA study results and field observations, indicating the need for innovative, contextual, and interactive teaching materials. This study aims to develop a Green Chemistry e-module based on Problem-Based Learning (PBL) within the context of Socio-Scientific Issues (SSI), and to examine its validity, practicality, and effectiveness in enhancing students' scientific literacy. The research employed a Research and Development (R&D) method, utilizing the ADDIE development model, which comprises five stages: analysis, design, development, implementation, and evaluation. The research subjects consisted of five expert validators and tenth-grade students from class X-D at SMA Negeri 10 Banjarmasin. Data were collected using both test and non-test instruments, including expert validation questionnaires, readability questionnaires, student and teacher response questionnaires, observation sheets, and scientific literacy tests. The results showed that the developed e-module had a very high level of validity (96.71%), was highly practical (85.40%), and proved to be significantly effective in improving students' scientific literacy, as indicated by an N-Gain score of 79.72, which falls into the effective category. Therefore, the e-module is considered successful in significantly enhancing students' scientific literacy.*

PENDAHULUAN

Pada era abad ke-21, peserta didik dituntut untuk menguasai berbagai keterampilan yang berdasarkan tuntutan zaman, salah satunya ialah literasi sains. Kemampuan ini menjadi sangat krusial karena mencakup kecakapan berpikir dan bertindak secara ilmiah dalam menghadapi dan merespons berbagai persoalan kehidupan (Permatasari & Aji, 2024). Pandangan ini didukung oleh Habibah & Ulya (2024) yang menyebutkan bahwa literasi sains termasuk dalam 16 keterampilan esensial abad ke-21. Sebagai bagian dari masyarakat global, peserta didik dituntut untuk memahami ide-ide ilmiah, mengembangkan kemampuan intelektual, berpikir kreatif dan kritis, serta memiliki kepedulian terhadap isu-isu sosial dan lingkungan. Sehingga mereka dapat berperan aktif dalam pengambilan keputusan berbasis sains, baik untuk kepentingan pribadi maupun masyarakat luas. Dalam konteks pembelajaran kimia, keterampilan ini penting karena mampu melatih peserta didik berpikir kritis, bernalar ilmiah, dan peduli terhadap isu-isu sosial dan lingkungan (Manik *et al.*, 2020). Kurikulum Merdeka juga menekankan pentingnya literasi sains melalui pembelajaran kontekstual dan responsif terhadap isu global, salah satunya dengan penerapan materi *green chemistry* yang aplikatif dan relevan dengan kehidupan nyata (Ratnawati & Praptomo, 2023).

Berdasarkan data lapangan, kemampuan literasi sains peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah. Hal ini tercermin dari hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) yang menunjukkan bahwa skor literasi sains peserta didik Indonesia secara konsisten berada di peringkat terbawah dunia sejak tahun 2000 hingga 2018, dengan posisi terakhir di peringkat 71 dari 79 negara (Rohmaya *et al.*, 2022). Sekitar 40% peserta didik hanya mampu menyelesaikan soal pada level 2 atau lebih rendah, yang menunjukkan bahwa mereka belum mampu menjelaskan secara ilmiah fenomena sederhana dalam kehidupan nyata maupun menginterpretasikan hasil penyelidikan ilmiah (Suastrawan *et al.*, 2021). Selain itu, studi pendahuluan di SMA Negeri 10 Banjarmasin juga menunjukkan bahwa peserta didik cenderung kurang tertarik membaca materi dari buku teks dan hanya menerima

informasi secara pasif dari guru. Di sisi lain, keterbatasan guru dalam menyajikan bahan ajar yang interaktif turut menyebabkan pengalaman belajar peserta didik kurang optimal sehingga mempengaruhi keterampilan literasi sains mereka.

Salah satu pendekatan yang bisa dilaksanakan untuk menjawab tantangan pembelajaran sains ialah dengan mengembangkan bahan ajar yang bersifat kontekstual dan interaktif, seperti e-modul yang dirancang menggunakan model PBL dan dikuatkan dengan pendekatan SSI. E-modul dinilai sebagai media pembelajaran yang efektif karena mampu memadukan elemen visual, teks, dan fitur digital yang interaktif yang mendorong kemandirian belajar siswa (Halim *et al.*, 2023; Nizar *et al.*, 2022). PBL berperan dalam mengasah kemampuan berpikir tingkat tinggi melalui pemecahan masalah nyata (Iriani, et al. 2019), sementara SSI menghubungkan sains dengan isu-isu sosial dan lingkungan yang relevan (Habibah & Ulya, 2024; Permatasari & Aji, 2024). Materi *green chemistry* sangat relevan diterapkan karena menekankan prinsip kimia ramah lingkungan serta mendorong peserta didik memahami penerapan konsep kimia dalam konteks permasalahan lingkungan yang mereka jumpai sehari-hari.

Merujuk pada latar belakang tersebut, penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan merancang dan mengembangkan e-modul *Green Chemistry* berbasis PBL dengan konteks *Socio Scientific Issues* (SSI), serta mengevaluasi tingkat kevalidan, kepraktisan, dan keefektifannya untuk menaikkan literasi sains siswa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini ialah studi pengembangan yang bertujuan merancang e-modul *Green Chemistry* berbasis PBL dengan konteks SSI, serta mengevaluasi tingkat kevalidan, kepraktisan, dan keefektifannya untuk meningkatkan literasi sains siswa. Model pengembangan yang diterapkan adalah ADDIE, meliputi 5 tahap yaitu: analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Subyek penelitian mencakup lima orang validator, yaitu 4 dosen Pendidikan Kimia FKIP ULM serta satu guru kimia SMA Negeri 10 Banjarmasin, dan peserta didik kelas X-D sebagai kelas eksperimen. Adapun objek dalam penelitian ini yaitu e-modul *Green Chemistry* berbasis PBL dengan konteks SSI serta berbagai instrumen yang digunakan untuk mengukur kevalidan, kepraktisan, dan keefektifannya.

Instrumen yang diterapkan pada penelitian ini yakni: (1) lembar validasi e-modul yang terdiri dari penilaian terhadap isi, penyajian, kebahasaan, dan aspek media; (2) angket keterbacaan, angket respon dari peserta didik serta guru, dan lembar observasi untuk menilai tingkat kepraktisan; dan (3) tes literasi sains berbentuk soal uraian yang diberikan sebelum dan sesudah penggunaan e-modul (*pretest* dan *posttest*) guna menilai efektivitasnya. Seluruh data dianalisis dengan pendekatan deskriptif kuantitatif yang digunakan untuk menilai ketiga aspek utama, yaitu kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan e-modul.

Kevalidan e-modul dianalisis berdasarkan hasil penilaian para validator menggunakan skor skala *Likert* dengan rentang 1–5, yakni: sangat kurang (1), kurang (2), cukup (3), baik (4), dan sangat baik (5). E-modul dinyatakan valid apabila memperoleh skor minimal 70,01%. Persentase kevalidan dihitung dengan rumus:

$$\text{Presentase Kevalidan} = \frac{\text{Jumah skor yang diberikan}}{\text{Jumlah skor maksimum}} \times 100\%$$

Hasil presentase itu lalu dikelompokkan sesuai kriteria yakni.

Tabel 1. Kriteria kevalidan e-modul

Presentase Kevalidan	Kategori	Keterangan
85,01 – 100,00	Sangat valid	Bisa diterapkan tanpa revisi
70,01 – 85,00	Cukup valid	Bisa diterapkan dengan revisi kecil
50,01 – 70,00	Kurang valid	Disarankan untuk tidak digunakan
≤ 50,00	Tidak valid	Tidak dapat digunakan

(Akbar, 2015)

Tingkat kepraktisan e-modul diukur melalui angket keterbacaan, angket respon siswa serta guru, dan lembar observasi terhadap implementasi pembelajaran dan kemampuan guru menerapkan e-modul. Persentase kepraktisan dihitung dengan rumus yang sama, dan diklasifikasikan ke dalam kategori berikut.

Tabel 2. Kriteria kepraktisan e-modul

Presentase Kepraktisan	Kategori	Keterangan
81,00 – 100	Sangat praktis	Bisa diterapkan tanpa revisi
61,00 – 80	Praktis	Bisa diterapkan dengan revisi kecil
41,00 – 60	Cukup praktis	Disarankan untuk tidak diterapkan
21,00 – 40	Tidak praktis	Tidak bisa diterapkan
00,00 – 20	Sangat tidak praktis	Tidak bisa diterapkan

(Akbar, 2015).

Keefektifan e-modul dianalisis dengan membandingkan hasil pre-test dan post-test untuk siswa di kelas eksperimen. Analisis dilaksanakan secara deskriptif melalui persentase skor dan perhitungan N-Gain untuk mengidentifikasi peningkatan hasil belajar. Skor literasi sains diperoleh dengan rumus:

$$\text{Persentase Kevalidan} = \frac{\text{Jumlah skor yang diberikan}}{\text{Jumlah skor maksimum}} \times 100\%$$

Selanjutnya, hasil tersebut diklasifikasikan ke dalam kategori tingkat literasi menurut (Purwanto, 2006):

Tabel 3. Kriteria penilaian literasi sains

Nilai Skala Literasi Sains	Kategori
86 – 100	Sangat Tinggi
76 – 85	Tinggi
60 – 75	Sedang
55 – 59	Rendah
< 54	Sangat rendah

Untuk menilai sejauh mana peningkatan literasi sains terjadi, dilakukan perhitungan N-Gain dengan menerapkan rumus yakni:

$$N - \text{Gain} = \frac{S_{\text{post}} - S_{\text{pre}}}{S_{\text{maks}} - S_{\text{pre}}}$$

Adapun kriteria penilaian skor N-Gain bisa diketahui pada Tabel 4 berikut yakni:

Tabel 4. Kriteria nilai N-Gain

Nilai N-Gain	Kategori
$n > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq n \leq 0,7$	Sedang
$n < 0,3$	Rendah

(Ramdhani *et al.*, 2020)

Hasil perhitungan N-Gain kemudian dianalisis dengan mengacu pada interpretasi efektivitas N-Gain yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria tafsiran efektivitas N-Gain

Nilai N-Gain	Kategori
>76	Efektif
56 – 75	Cukup efektif
40 – 55	Kurang efektif
<40	Tidak efektif

(Hake, 1999)

Penelitian ini dilakukan di SMA Negeri 10 Banjarmasin pada semester ganjil tahun ajaran 2024/2025.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengembangan e-modul *Green Chemistry* berbasis PBL dengan konteks SSI dilaksanakan lewat tahap model ADDIE (analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi). Proses ini menghasilkan produk e-modul beserta data pendukung berupa kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan e-modul.

Tahap analisis dilakukan dengan menyebarkan angket kepada guru dan peserta didik kelas X di SMA Negeri 10 Banjarmasin. Hasilnya menunjukkan bahwa guru belum pernah menerapkan e-modul berbasis PBL serta SSI, tetapi memberikan respon positif terhadap pengembangannya. Peserta didik juga menunjukkan minat yang tinggi terhadap e-modul interaktif karena merasa kesulitan memahami konsep-konsep kimia melalui buku teks konvensional. Wawancara mendalam menguatkan temuan bahwa pemanfaatan media digital masih terbatas dan pembelajaran berbasis masalah belum diterapkan, sementara peserta didik membutuhkan materi yang lebih kontekstual dengan kehidupan nyata. Kondisi ini menjadi dasar perlunya e-modul berbasis PBL dengan konteks SSI.

Pada tahap desain, struktur e-modul disusun menjadi tiga bagian utama yaitu, bagian pembuka, isi utama, dan penutup, disertai dengan pengembangan perangkat pendukung seperti angket keterbacaan, angket respon peserta didik dan guru, lembar observasi, serta instrumen tes literasi sains. Rancangan e-modul ini disusun sesuai model PBL dan secara konsisten melaksanakan konteks SSI ke dalam setiap kegiatan pembelajaran.

Tahap pengembangan, e-modul dibuat menggunakan platform *Simplebooklet* yang memungkinkan penyajian konten secara interaktif dan fleksibel melalui perangkat digital. E-modul dirancang dengan enam fitur utama yang terintegrasi dalam alur PBL, antara lain: Eksplorasi Bareng (orientasi masalah), Bersama Cari Solusi (pengorganisasian belajar), Aksi Nyata (penyelidikan), Jelajahi Wawasan (materi pendukung), Ekspresikan Ide (presentasi hasil), dan Refleksi Bareng (evaluasi). Fitur-fitur ini memfasilitasi pembelajaran aktif dan kolaboratif serta memperkuat penguasaan konsep secara mendalam.

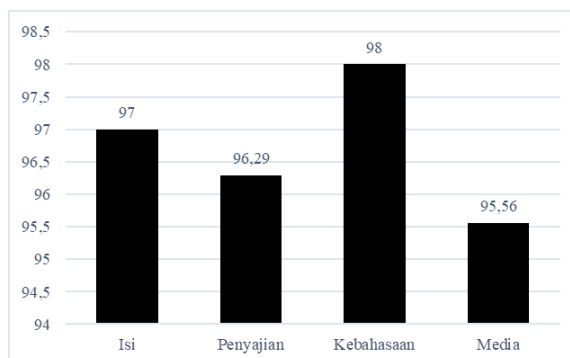


Gambar 1. Tampilan e-modul

Hasil pengembangan menunjukkan bahwa e-modul tidak hanya dirancang sesuai kebutuhan pengguna, tetapi juga telah melalui proses validasi dan revisi hingga siap diimplementasikan dalam kegiatan pembelajaran.

Kevalidan E-Modul

Validasi e-modul dilaksanakan lima validator yang meliputi dosen Pendidikan Kimia dan guru kimia di SMA Negeri 10 Banjarmasin. Berdasarkan hasil penilaian, e-modul memperoleh rata-rata skor kevalidan sebesar 96,71%, termasuk kategori sangat valid. Temuan ini mengindikasikan yakni e-modul telah memenuhi standar kelayakan dari segi isi, penyajian, penggunaan bahasa, dan aspek media.

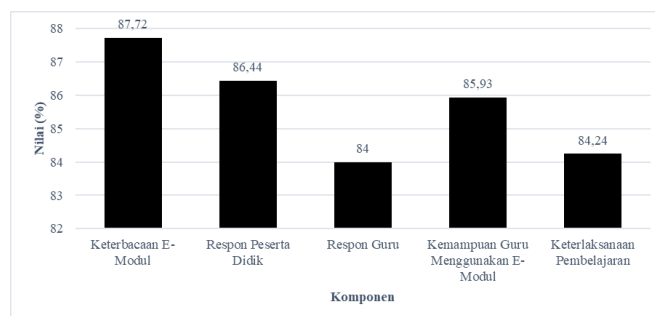


Gambar 2. Hasil kevalidan e-modul

Secara rinci, aspek kebahasaan mendapatkan nilai tertinggi sebesar 98,33%, menunjukkan penggunaan bahasa dalam e-modul sudah efektif, komunikatif, dan sesuai dengan karakteristik peserta didik SMA. Aspek kelayakan isi menempati urutan kedua dengan nilai 97,50%, yang menerangkan materi sudah berdasarkan capaian pembelajaran serta kontekstual dengan kehidupan sehari-hari. Aspek penyajian memperoleh nilai 95,83%, menunjukkan bahwa e-modul disusun secara logis dan sistematis. Aspek media mendapat nilai 95,17%, meskipun masih dalam kategori sangat valid, namun masih terdapat masukan minor mengenai keterpaduan visual dan elemen interaktif.

Kepraktisan E-Modul

E-modul yang dinyatakan valid, selanjutnya diuji kepraktisannya melalui angket keterbacaan, angket respon peserta didik serta guru, dan observasi keterlaksanaan pembelajaran dan kemampuan guru menerapkan e-modul. Rata-rata skor kepraktisan yang diperoleh sebesar 85,40%, yang tergolong pada kategori sangat praktis. Temuan ini mengindikasikan yakni e-modul siap digunakan dalam pembelajaran tanpa memerlukan perbaikan yang signifikan.

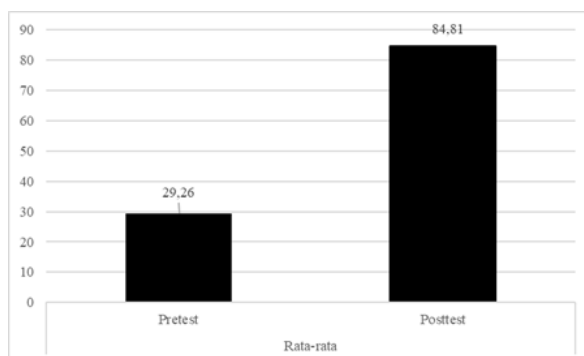


Gambar 3. Hasil kepraktisan e-modul

Hasil observasi menunjukkan adanya peningkatan pada aspek kegiatan inti, penutup, dan alokasi waktu dari pertemuan ke pertemuan. Kegiatan inti meningkat dari 76,67% pada pertemuan pertama menjadi 93,33% pada pertemuan ketiga, menunjukkan bahwa baik guru maupun siswa mulai terbiasa dengan pola pembelajaran menggunakan e-modul. Dukungan dari respon siswa dan guru juga memperkuat tingkat kepraktisan e-modul. Siswa menyatakan bahwa e-modul mudah dipahami, menarik, serta membantu dalam memahami materi. Guru juga menyatakan bahwa e-modul memiliki struktur yang sistematis, serta mendukung pelaksanaan pembelajaran berbasis PBL. Hal ini selaras dengan pendapat Sitepu & Herlinawati (2022) yakni media pembelajaran digital yang interaktif bisa meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses belajar.

Keefektifan E-Modul

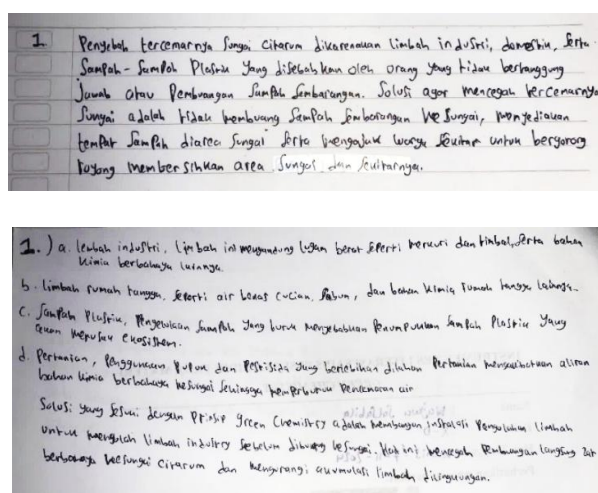
Keefektifan e-modul *Green Chemistry* berbasis PBL dengan konteks SSI diukur berdasarkan peningkatan literasi sains siswa kelas eksperimen melalui tes *pre-test* dan *post-test*. Hasil analisis menunjukkan terdapat peningkatan signifikan nilai literasi sains setelah penggunaan e-modul. Rata-rata skor *pre-test* peserta didik kelas eksperimen tergolong rendah yaitu sejumlah 29,26, namun mengalami peningkatan menjadi kategori sangat tinggi pada saat *post-test* dengan skor mencapai 84,81. Berdasarkan hasil perhitungan N-Gain, diperoleh nilai sebesar 79,72. Nilai tersebut selanjutnya diinterpretasikan sebagai efektivitas pembelajaran dengan kategori efektif berdasarkan kriteria yang telah ditentukan (Hake, 1999).



Gambar 4. Hasil uji keefektifan e-modul terhadap literasi sains

Peningkatan ini mengindikasikan bahwa penggunaan e-modul mampu mendukung pemahaman peserta didik terhadap konsep *Green Chemistry* secara lebih konseptual dan aplikatif dalam konteks kehidupan sehari-hari. Desain pembelajaran berbasis PBL mengajak peserta didik menyelesaikan masalah nyata, serta konteks SSI yang dekat dengan kehidupan mereka, menjadi faktor penting dalam peningkatan tersebut (Nora'in, et al., 2025). Keberhasilan peningkatan literasi sains juga didukung oleh struktur e-modul yang dibuat secara sistematis dengan alur kegiatan yang mendorong siswa untuk mengamati, mengeksplorasi, berdiskusi, dan menarik kesimpulan secara mandiri. Penyajian materi dalam e-modul dilengkapi dengan ilustrasi visual, bacaan ilmiah yang relevan dengan konteks, serta soal-soal eksploratif yang memperkaya proses belajar dan mendorong partisipasi aktif siswa saat proses belajar. Hasil ini relevan dengan temuan oleh Nizar *et al.*, (2022) menerangkan yakni e-modul interaktif berbasis kontekstual dan digital terbukti efektif untuk menaikkan literasi sains peserta didik.

Contoh soal dan jawaban siswa yang merepresentasikan indikator kemampuan mengingat kembali dan mengaplikasikan pengetahuan yang sesuai ditampilkan pada Gambar 5. Soal ini menuntut peserta didik untuk menjelaskan faktor penyebab pencemaran Sungai Citarum, memberikan satu solusi berdasarkan prinsip *Green Chemistry*, dan menjelaskan bagaimana solusi tersebut berdampak pada lingkungan.



Gambar 5. Perbandingan jawaban salah satu peserta didik pada indikator mengingat kembali dan mengaplikasikan pengetahuan yang sesuai

Pada *pre-test*, siswa cenderung memberikan jawaban umum dan kurang spesifik dalam menjelaskan faktor pencemaran maupun solusi berbasis prinsip *Green Chemistry*, contohnya, mereka hanya menyebutkan penyebab seperti “limbah rumah tangga” atau solusi seperti “membersihkan sungai,” tanpa menjelaskan bagaimana hal tersebut relevan dengan prinsip *Green Chemistry*. Pada *post-test*, terjadi perbaikan signifikan dimana peserta didik dapat menyebutkan sumber pencemaran lebih spesifik serta mengusulkan solusi yang sesuai dengan prinsip *Green Chemistry*. Siswa juga mampu menjelaskan bagaimana solusi tersebut membantu memperbaiki kondisi lingkungan di sekitar Sungai Citarum. Perubahan pola jawaban ini menunjukkan peningkatan pemahaman peserta didik terhadap konsep dan aplikasi *Green Chemistry* dalam konteks isu lingkungan yang nyata. Sehingga dengan demikian, penggunaan e-modul berbasis PBL dan SSI terbukti efektif untuk menaikkan literasi sains siswa.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan e-modul *Green Chemistry* berbasis PBL dengan konteks SSI yang dikemukakan sudah sesuai kriteria valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan literasi sains siswa. Tingkat kevalidan yang diperoleh mencapai 96,71%, menunjukkan kelayakan dari aspek isi, bahasa, penyajian, serta media. Kepraktisannya juga tergolong sangat baik, dengan skor rata-rata 85,67%, berdasarkan hasil angket dan observasi. Selain itu, e-modul ini terbukti efektif meningkatkan literasi sains, ditunjukkan oleh nilai N-Gain sebesar 79,72 yang berada pada kategori efektif. Temuan ini membuktikan bahwa e-modul yang dikembangkan mampu membantu peserta didik memahami dan mengaitkan konsep *Green Chemistry* dengan isu-isu lingkungan dalam konteks pembelajaran yang bermakna.

Sebagai saran, pengembangan selanjutnya perlu menyediakan versi *offline* dan menambahkan fitur interaktif, seperti formulir jawaban digital dan simulasi virtual untuk memperkuat keterlibatan dan pemahaman peserta didik dalam konteks pembelajaran kimia yang lebih aplikatif.

DAFTAR RUJUKAN

- Akbar, I. A. (2015). *Uji Validitas Dan Reliabilitas Yo-Yo Intermittent Recovery Test* (Thesis). Universitas Pendidikan Indonesia.
- Habibah, F. A. N., & Ulya, A. A. (2024). Upaya Mengembangkan Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik Melalui Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Berbasis Pendekatan Socio-Scientific Issues. In *Proceeding Seminar Nasional IPA*.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*. Dept. of Physics Indiana University.
- Halim, U. N., Sari, M. K., & Hastuti, D. N. A. E. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis Flipbook untuk Meningkatkan Literasi Digital Siswa pada Kurikulum Merdeka. *Prosiding Konferensi Ilmiah Dasar*, 4, 1274–1285.
- Iriani, R., Herlina, A., Irhasyurna, Y., & Sanjaya, R. E. (2019). Modul pembelajaran problem-based learning berbasis lahan basah untuk mempersiapkan calon pendidik berwawasan lingkungan lahan basah. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 5(1), 54-68. <https://doi.org/10.21831/jipi.v5i1.23337>
- Manik, A. C., Suryaningsih, S., & Muslim, B. (2020). Analisis Berpikir Kritis Kimia dalam Menyelesaikan Soal Two-Tier Berdasarkan Level Kemampuan Mahasiswa. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 2(1), 28–39. <https://doi.org/10.34312/jjec.v2i1.2999>
- Nizar, M. N., Utomo, D. H., Putra, A. K., & Soelistijo, D. (2022). Pengembangan

- Mobile Apps "Stunami" Pada Materi Mitigasi Bencana. *Edu Geography*, 11(2), 378–389.
- Nora'in, M., Sholahuddin, A., Humaira, N., Rosita, F., Khadijah, S., & Rezani, M. I. (2025). Development and Evaluation of Articulate Storyline-Based Interactive Media: Integration of Socio-Scientific Issues in Hydrocarbon Learning to Enhance Students' Critical Thinking Skills. *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, 10(2), 421–444. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v10i2.105973>
- Permatasari, D., & Aji, S. (2024). Penerapan Problem Based Learning Berbasis Socio-Scientific Issues Terhadap Scientific Literacy Skills. *Proceeding Seminar Nasional IPA*, 743–749.
- Purwanto, M. N. (2006). *Prinsip-prinsip dan Teknik Evaluasi Pengajaran*. PT Remaja Rosdakarya.
- Ramdhani, E. P., Khoirunnisa, F., & Siregar, N. A. N. (2020). Efektifitas Modul Elektronik Terintegrasi Multiple Representation Pada Materi Ikatan Kimia. *Journal of Research and Technology*, 6(1), 162–167. <https://doi.org/10.55732/jrt.v6i1.152>
- Ratnawati, E., & Praptomo, S. (2023). Penerapan Pembelajaran Kimia Hijau Melalui Project Based Learning (PjBL) Pada Mata Pelajaran Kimia SMA The Implementation Of Green Chemistry Learning Through Project Based Learning (PjBL) at Chemistry Subject of Senior High School. *UNESA Journal of Chemical Education*, 12(2), 141–147.
- Rohmaya, N., Suardana, I. N., & Tika, I. N. (2022). Efektifitas E-LKPD Kimia SMA/MA dengan Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berkonteks Isu-isu Sosial Sains dalam Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 13(1), 25–33. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.825>
- Sitepu, D. S. B., & Herlinawati, H. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Web Google Sites Pada Materi Ikatan Ion dan Kovalen Untuk SMA Kelas X. *Educenter: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 1(5), 552–563.
- Suastrawan, K. E., Suardana, I. N., & Sudiatmika, A. A. I. A. R. (2021). The Effectiveness of Science E-Modules for Class VII Junior High Schools Based on Socioscientific Issues to Improve Students' Critical Thinking Skills. *Journal of Science Education Research*, 5(2), 1–9.