

Media Eksakta

Journal available at: <http://jurnal.fkip.untad.ac.id/index.php/jme>

e-ISSN: [2776-799x](#) p-ISSN: [0216-3144](#)

Pengembangan E-Modul Berwawasan *Green Chemistry* pada Sifat Koligatif Larutan untuk Meningkatkan Keterampilan Komunikasi Sains

Development of Green Chemistry-Informed E-Modules on The Colligative Properties of Solutions to Improve Science Communication Skills

*M. Amalia¹, Afadil², S. Rahmawati²

¹Program Studi Magister Pendidikan Sains, Pascasarjana, Universitas Tadulako, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Tadulako, Indonesia

*e-mail: maryam1amalia@gmail.com

Article Info

Article History:

Received: 1 October 2024

Accepted: 20 November 2024

Published: 29 November 2024

Keywords:

E-Modules,
Green Chemistry,
Science Communication Skills.

Abstract

The purpose of this study is to determine the validity of e-modules with green chemistry insights and analyse the effectiveness of using e-modules with green chemistry insights on science communication skills. This type of research is a development method (R&D) with ADDIE development model. The subjects of this research were 33 students of class XII C at SMAN 4 Palu with one group pretest-posttest design. The research data collection technique was carried out using e-module validity test by expert validators, practicality test through learning implementation sheet, questionnaire to measure science communication skills given twice, namely before learning (pretest) and after learning (posttest). The results showed that the validation results obtained from two validators, namely expert lecturers, obtained an overall average of 81% in the valid category. The practicality of the e-module obtained as a whole from 5 meetings is 86.1% which is included in the very practical category. The effectiveness of learning e-modules to improve students' science communication skills is in the large effect category with an effect size d Cohen 0.6.

DOI : <https://doi.org/10.22487/me.v20i2.4162>

PENDAHULUAN

Abad 21 berpusat pada kemajuan revolusi industri 4.0 yang berfokus pada pengetahuan sebagai kunci utama. Revolusi ini ditunjukkan dengan peningkatan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) termasuk komputer yang terhubung ke internet dan sistem pengiriman informasi melalui berbagai media elektronik, seperti smartphone. Kemajuan teknologi ini terjadi pada semua aspek kehidupan salah satunya yaitu pendidikan[1]. Pembelajaran pada era ini mengintegrasikan kemampuan literasi, pengetahuan, keterampilan, sikap, serta penguasaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dengan tujuan meningkatkan kemampuan berpikir peserta didik dalam ranah 4C, yaitu *Critical Thinking*, *Communication*, *Collaboration*, dan *Creativity and Innovation* [2].

Pelaksanaan pembelajaran pada abad 21 ini harus diimbangi dengan kurikulum yang setara. Pengembangan kurikulum merupakan salah satu langkah yang tepat untuk dapat membangun karakter siswa agar dapat menghadapi era ini. Saat ini di Indonesia, telah mengimplementasikan pembelajaran menggunakan kurikulum merdeka. Konsep kurikulum merdeka dapat dijelaskan sebagai suatu rancangan pembelajaran yang memungkinkan peserta didik belajar dalam suasana yang damai, tenang, dan menyenangkan, dengan harapan dapat menunjukkan bakat yang dimiliki oleh setiap individu [3].

Sistem pembelajaran saat ini berpusat kepada siswa dan guru sebagai fasilitator dalam proses pembelajaran, sehingga guru dituntut untuk berinovasi dan berkreativitas dalam menyampaikan materi pelajaran agar tujuan pembelajaran dapat tercapai. Salah satu hal yang dapat dilakukan oleh guru

yaitu dapat berinovasi pada media pembelajaran dengan memanfaatkan teknologi, informasi dan komunikasi dalam proses belajar mengajar.

Salah satu media pembelajaran yang mengikuti perkembangan teknologi adalah e-modul. E-Modul merupakan bahan belajar yang telah disusun secara sistematis dalam bentuk elektronik, mencakup elemen seperti audio, animasi, dan alat navigasi [4] Biasanya, modul atau e-modul sudah tersusun dengan baik, termasuk materi pelajaran, kegiatan pembelajaran, dan evaluasi untuk mengukur sejauh mana siswa telah memahami materi yang diberikan melalui modul tersebut [5].

Mata pelajaran yang sering kali menggunakan e-modul sebagai media pembelajaran adalah kimia. Salah satu ciri khas ilmu kimia adalah sifatnya yang abstrak dan tidak terlihat, sehingga seringkali membuat peserta didik merasa bahwa kimia adalah mata pelajaran yang sulit untuk dipahami. Aspek penting dalam mempelajari ilmu kimia seperti pada materi sifat koligatif larutan adalah interaksi antarpartikel serta perubahan fase. Oleh karena itu dengan adanya media pembelajaran yang memvisualisasikan konsep-konsep sifat abstrak tersebut sangatlah penting karena dapat menambah pemahaman peserta didik [6].

Penggunaan media pembelajaran ini dalam kurikulum merdeka belajar yang menggabungkan metode pembelajaran aktif seperti diskusi kelompok atau proyek kolaboratif yang dapat membantu peserta didik memahami dan berkomunikasi dengan lebih baik [7].

Meskipun demikian, berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di SMA 4 Palu menunjukkan bahwa pembelajaran masih menggunakan metode konvensional dan guru cenderung menggunakan buku cetak sebagai media pembelajaran dalam proses pembelajaran. Metode ini tidak menarik minat peserta didik, terutama pada mata pelajaran kimia yang memiliki karakteristik abstrak. Akibatnya, peserta didik sering merasa bosan, mengalami kesulitan untuk memahami konsep, dan kurang aktif dalam kegiatan pembelajaran.

Selain itu, hal ini juga berdampak pada kemampuan komunikasi sains peserta didik. Keterampilan komunikasi adalah proses interaksi atau hubungan timbal balik dimana orang mengirim dan menerima pesan satu sama lain [8].

Komunikasi sains adalah keterkaitan yang biasanya terkait dengan kegiatan penelitian, terutama dalam konteks akademik. Contoh keterampilan komunikasi sains meliputi kemampuan untuk menggambarkan data dari grafik atau tabel, menyajikan data dalam format tabel atau grafik, menjelaskan temuan dari penelitian, menulis laporan dengan pendekatan analitis, dan kemampuan untuk mengkomunikasikan hasil laporan. Fungsi komunikasi sains meliputi: (1) Membantu dalam menyampaikan hasil pengamatan. (2) Mendukung kegiatan pengamatan, pengajaran, dan penyusunan hasil. Dan (3) Menyampaikan perasaan [9].

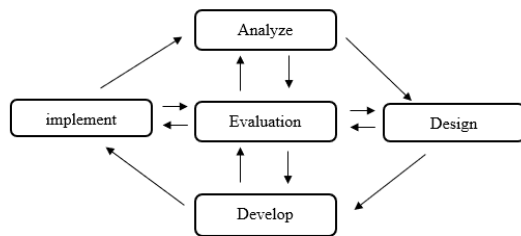
Kondisi ini menegaskan perlunya media pembelajaran interaktif yang tidak hanya mendukung pemahaman konsep, tetapi juga meningkatkan kemampuan komunikasi sains peserta didik. Media pembelajaran yang berwawasan *green chemistry* menjadi alternatif interaktif yang relevan. *Green chemistry* menekankan prinsip keberlanjutan, seperti pengurangan limbah, efisiensi energi, dan penggunaan bahan ramah lingkungan [10]. Integrasi konsep ini ke dalam media pembelajaran tidak hanya mendukung pemahaman peserta didik terhadap materi kimia, tetapi juga mendorong peserta didik untuk mengembangkan kesadaran akan keberlanjutan lingkungan [11].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan media pembelajaran interaktif berwawasan *green chemistry* untuk meningkatkan keterampilan komunikasi sains peserta didik. Media pembelajaran ini diharapkan dapat memfasilitasi peserta didik dalam belajar secara mandiri, memvisualisasikan konsep-konsep abstrak dengan lebih baik, serta meningkatkan keterampilan mereka dalam menyampaikan ide-ide sains secara efektif. Dengan demikian, pengembangan media pembelajaran berwawasan *green chemistry* tidak hanya berkontribusi pada peningkatan hasil belajar, tetapi juga pada pembentukan karakter peserta didik yang peduli terhadap lingkungan.

METODE

Penelitian ini adalah jenis penelitian R & D (Research and Development). Metode penelitian ini digunakan untuk menghasilkan sebuah produk tertentu dan menguji

keefektifan produk. Penelitian ini dilakukan di SMA Negeri 4 Palu pada semester ganjil tahun pelajaran 2024/2025. Subjek dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XII C yang berjumlah 33 siswa dengan desain penelitian *one grup pretes-posttest design*. Penelitian pengembangan E-Modul berwawasan *green chemistry* pada materi sifat koligatif larutan menggunakan model ADDIE yaitu *Analyze, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*. Langkah-langkah penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Langkah-langkah metode pengembangan ADDIE

Penelitian ini dilakukan dengan mengembangkan e-modul menggunakan software *Flip PDF Professional* kemudian dilakukan uji validitas terhadap e-modul sebelum akhirnya dilakukan uji coba e-modul kepada peserta didik untuk melihat keterampilan komunikasi sains peserta didik, dilakukan uji coba kepraktisan berdasarkan lembar keterlaksanaan pembelajaran dan dilakukan uji respon untuk mengetahui respon peserta didik terhadap penggunaan e-modul pada pembelajaran.

Data dikumpulkan melalui: 1) observasi, untuk melihat keterlaksanaan modul ajar menggunakan e-modul berwawasan *green chemistry* yang dikembangkan, 2) lembar validasi, untuk melihat kelayakan e-modul, 3) angket, untuk memperoleh data keterampilan komunikasi sains setelah menggunakan e-modul berwawasan *green chemistry* pada sifat koligatif larutan, keterampilan komunikasi sains yang dinilai mencakup 5 indikator meliputi komunikasi sains lisan, komunikasi sains tulisan, kematangan emosional, kematangan sosial dan kematangan intelektual. Analisis data validitas e-modul berwawasan *green chemistry* meliputi validasi ahli dan validasi angket keterampilan komunikasi sains. Pedoman penskoran validitas e-modul berwawasan *green chemistry* dan pedoman penskoran validitas angket keterampilan komunikasi sains. Pedoman penskoran untuk angket komunikasi sains sebaagai berikut:

Tabel 1. Kategori Skala Likert Penilaian Produk Oleh Ahli

Skala Penilaian	Skor
Sangat Baik	4
Baik	3
Cukup Baik	2
Tidak Baik	1

Tabel 2. Kategori Skala Likert Komunikasi Sains Oleh Peserta Didik

Skala Penilaian	Skor
Sering Dilakukan	4
Kadang-Kadang Dilakukan	3
Jarang Dilakukan	2
Tidak Pernah Dilakukan	1

Data hasil validasi e-modul berwawasan *green chemistry* dan validasi angket komunikasi sains oleh validator ahli, selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan persamaan:

$$\% \text{ Penilaian} = \frac{\text{Skor total yang diperoleh}}{\text{Total skor total yang diperoleh}} \times 100 \%$$

Selanjutnya, hasil perhitungan validasi e-modul berwawasan *green chemistry* dan validasi angket komunikasi sains oleh validator ahli disesuaikan nilai kevalidannya berdasarkan skala penilaian pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Validasi

Kriteria (%)	Kategori	Keterangan
86-100	Sangat Valid	Dapat digunakan tanpa revisi
71-85	Valid	Dapat digunakan setelah revisi kecil
51-70	Kurang Valid	Disarankan tidak digunakan karena perlu revisi besar
1-50	Tidak Valid	Revisi besar tidak boleh digunakan

Kepraktisan Eimodul berwawasan *green chemistry* dinilai berdasarkan lembar observasi pengamatan keterlaksanaan pembelajaran dengan menggunakan e-modul yang dihitung dengan rumus:

$$\text{Hasil} = \frac{\sum \text{total rata-rata}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Hasil kepraktisan e-modul berwawasan *green chemistry* yang diperoleh kemudian diinterpretasikan berdasarkan Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria Kepraktisan Produk E-Modul Berwawasan *Green Chemistry*

Kriteria (%)	Kategori
81-100	Sangat Praktis
61-80	Praktis
41-60	Kurang Praktis

21-40 Tidak Praktis
0,0-20 Sangat Tidak Praktis
Keterampilan komunikasi sains peserta didik dihitung menggunakan *effect size d' Cohen* dengan rumus sebagai berikut:

$$S_{av} = \sqrt{\frac{S_{pre}^2 + S_{post}^2}{2}}$$

Effect Size d dapat dihitung sebagai

$$d = \frac{\bar{d}}{S_{av}}$$

Dengan, S_{av} adalah standar deviasi skor tes, $\bar{d}$ adalah rata-rata skor test ($M_{Posttest} - M_{Pretest}$), S_{pre} adalah standar deviasi pretest dan S_{post} adalah standar deviasi posttest. Nilai yang diperoleh kemudian diinterpretasikan berdasarkan Tabel 5.

Tabel 5. Kategori Interpretasi *Effect Size d' cohen*

Kriteria	Kategori
$0 < d \leq 0,20$	Efek kecil
$0,20 < d \leq 0,50$	Efek sedang
$0,5 < d \leq 0,80$	Efek besar
$d > 0,80$	Efek sangat besar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analysis

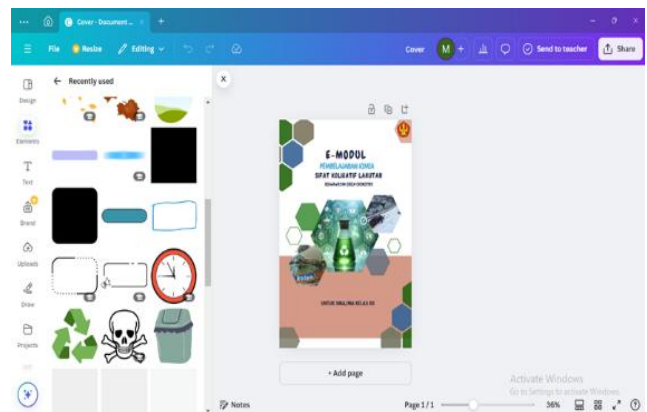
Tahapan ini dilakukan analisis karakteristik peserta didik, analisis materi dan analisis kebutuhan e-modul berwawasan green chemistry. Analisis ini dilakukan observasi di kelas XII C SMA Negeri 4 Palu serta wawancara terhadap guru kimia. Tahap ini untuk mengetahui kondisi proses pembelajaran dan sumber belajar yang digunakan. Media pembelajaran didapatkan masih menggunakan buku paket, power point, laptop dan infocus. Penelitian ini mengembangkan media pembelajaran berupa e-modul berwawasan *green chemistry*, karena sudah banyak sekolah yang memperbolehkan peserta didik membawa dan menggunakan smartphone. Diharapkan dengan adanya pengembangan e-modul berwawasan *green chemistry* dapat diakses kapan dan dimanapun serta dapat membuat peserta didik senang dan semangat dalam melaksanakan pembelajaran karena dilengkapi dengan video pembelajaran dan gambar.

Hasil wawancara dengan guru kimia menunjukkan bahwa di SMA Negeri 4 Palu menggunakan kurikulum merdeka. Salah satu materi pelajaran kimia yang terdapat dalam kurikulum merdeka semester ganjil adalah materi sifat koligatif larutan. Peneliti kemudian menentukan ide-ide yang

akan disajikan pada materi sifat koligatif larutan. Konsep tersebut dituangkan dalam pengembangan e-modul berwawasan green chemistry. Setelah melakukan analisis, peneliti menentukan tujuan pembelajaran dalam e-modul yang dikembangkan. Tahap ini bertujuan agar pembelajaran dirancang berdasarkan capaian pembelajaran dan indikator. Selanjutnya tahap penyusunan instrument dilakukan untuk menyusun perangkat pembelajaran dan instrumen pengumpulan data berupa e-modul berwawasan green chemistry, modul ajar, dan angket keterampilan komunikasi sains.

Design

Tahap ini dimulai dengan menyiapkan referensi berkaitan dengan materi sifat koligatif larutan. Kemudian langkah selanjutnya yaitu menyusun e-modul. E-modul yang dikembangkan adalah e-modul berwawasan *green chemistry*. Proses penyusunan diawali dengan merancang desain cover dan background. Desain cover disesuaikan dengan materi sifat koligatif larutan. Perancangan e-modul ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perancangan Cover E-Modul

Langkah kedua yaitu menentukan sistematika konten. Proses yang dilakukan pada langkah ini meliputi menentukan tujuan dan capaian pembelajaran, peta konsep, petunjuk penggunaan, daftar pustaka, glosarium, profil penulis. Langkah ketiga yaitu menentukan format isi atau penyajian materi, kemudian perbaikan warna pada segi pewarnaan dan perbaikan teknik penulisan. Pembuatan e-modul berwawasan *green chemistry* melibatkan software *Flip PDF Professional* dalam proses desain sehingga rancangan tampilan e-modul berwawasan green chemistry akan menyesuaikan keluaran dari aplikasi tersebut.

Development

Tahap ini yaitu mengembangkan e-modul berwawasan *green chemistry*. E-Modul berwawasan *green chemistry* berisi materi pembelajaran sifat koligatif larutan meliputi konsentrasi larutan, penurunan tekanan uap, kenaikan titik

didih, penurunan titik beku dan tekanan osmosis. E-modul ini dilengkapi dengan latihan soal, contoh soal, kuis, video pembelajaran dan link website yang berhubungan dengan materi sifat koligatif larutan. Tahap pengembangan terdiri atas penilaian validator ahli. E-modul yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Cover E-Modul Berwawasan *Green Chemintry*

Tahap selanjutnya melakukan validasi ahli e-modul berwawasan *green chemistry*. Hasil validasi ahli terhadap e-modul berwawasan *green chemistry* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Validasi Ahli Terhadap E-Modul Berwawasan *Green Chemistry*

No.	Kriteria	Skor	
		Validator 1	Validator 2
1	Penampakan Fisik Modul	41	42
2	Aspek Pendahuluan	11	13
3	Aspek Pembelajaran	28	27
4	Aspek Isi	37	37
5	Aspek Tugas / Evaluasi / Penilaian	31	31
6	Karakteristik Modul “Self Instructional”	31	35
7	Karakteristik Modul “Self Contained”	8	11
8	Karakteristik Modul “Stand Alon”	6	7
9	Karakteristik Modul “Adaptif”	11	11
10	Karakteristik Modul “User Friendly”	11	11
11	Aspek Rangkuman	21	22
	Jumlah	212	223
	Persentase (%)	79	83
	Rata-rata	81	
	Kategori	Valid	

Berdasarkan Tabel 5 hasil validasi yang dilakukan validator 1 diperoleh jumlah nilai 212 dengan persentase 79%, sedangkan untuk validator 2 diperoleh jumlah nilai 223 dengan persentase 83%, sehingga diperoleh rata-rata secara keseluruhan yaitu 81% yang termasuk kategori valid.

Angket keterampilan komunikasi sains divalidasi oleh 2 validator ahli yang mencakup 5 indikator meliputi komunikasi sains lisan, komunikasi sains tulisan, kematangan emosional, kematangan sosial dan kematangan intelektual. Hasil validasi angket keterampilan komunikasi sains ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Validasi Angket Keterampilan Komunikasi Sains

No.	Aspek Penilaian	Hasil Skor	
		Validator 1	Validator 2
1	Kejelasan	11	12
2	Ketepatan	8	8
3	Relevansi	7	7
4	Kevalidan Isi	4	4
5	Ketepatan Bahasa	11	11
	Skor Total	41	42
	Persentase (%)	93,81	95,45
	Rata-rata	94,63	
	Kategori	Sangat Valid	

Berdasarkan Tabel 6 hasil validasi yang dilakukan oleh validator 1 diperoleh skor total 41 dengan persentase 93,81%, untuk validator 2 dengan dengan skor total 42 dengan

persentase 95,45%. sehingga diperoleh rata-rata secara keseluruhan yaitu 81% yang termasuk kategori sangat valid

Implementation

Tahap implementasi dilakukan uji coba terbatas yang bertujuan mengetahui respon peserta didik secara menyeluruh serta mengetahui apakah dengan menggunakan e-modul berwawasan *green chemistry* dapat meningkatkan keterampilan komunikasi sains peserta didik atau tidak. Subjek yang digunakan adalah 33 siswa kelas XII C SMA Negeri 4 Palu. Uji coba terbatas dengan siswa melaksanakan penilaian *pre* angket keterampilan komunikasi sains sebelum membahas materi, selanjutnya diberikan e-modul berwawasan *green chemistry*. Peserta didik melaksanakan penilaian *post* angket keterampilan komunikasi sains di akhir pembelajaran. Pada tahap ini juga dilakukan uji kepraktisan menggunakan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran dengan menggunakan e-modul berwawasan *green chemistry*.

Efektifitas e-modul berwawasan *green chemistry* dianalisis dengan *effect size d' Cohen*. Hasil analisis fektifitas e-modul berwawasan *green chemistry* ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis Efektifitas E-Modul Berwawasan *Green Chemistry*

Rata-rata		Standar Deviasi		S _{av}	d	Kategori
<i>Pre-Angket</i>	<i>Post-Angket</i>	<i>Pre-Angket</i>	<i>Post-Angket</i>			
60	73,82	1,75	3,37	2,686	0,6	Efek besar

Berdasarkan Tabel 7, rata-rata nilai pre-angket adalah 60 sedangkan rata-rata nilai post-angket mencapai 73,82. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan keterampilan komunikasi sains peserta didik secara signifikan setelah menggunakan e-modul berwawasan *green chemistry*. Selain itu, data menunjukkan nilai *effect size* sebesar 0,6, yang diinterpretasikan sebagai kategori efek besar. Berdasarkan nilai *effect size* tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan e-modul berwawasan *green chemistry* pada materi sifat koligatif larutan memberikan pengaruh yang besar terhadap peningkatan keterampilan komunikasi sains peserta didik. Hasil analisis data pre-angket dan post-angket angket keterampilan komunikasi sains disajikan pada Tabel 8.

Tabel 7. Hasil Analisis Data Pre-Angket Dan Post-Angket Angket Keterampilan Komunikasi

Indikator	Pre-Angket (%)	Kategori	Post-Angket (%)	Kategori
Komunikasi Sains Lisan	59	Kurang baik	72	Baik
Komunikasi Sains Tertulis	59	Kurang baik	80	Baik
Kematangan Sosial	55	Kurang baik	73	Baik
Kematangan Emosional	59	Kurang baik	74	Baik
Kematangan Intelektual	58	Kurang baik	70	Baik

Hasil angket keterampilan komunikasi sains menunjukkan bahwa indikator komunikasi sains lisan memperoleh skor awal sebesar 59%, yang masuk dalam kategori kurang baik, dan skor akhir mencapai 72%, yang berada dalam kategori baik. Komunikasi lisan memiliki peran yang penting dalam proses pembelajaran karena dapat meningkatkan interaksi antara peserta didik dengan guru serta antar sesama peserta didik melalui kegiatan diskusi dan presentasi. Dengan cara ini, peserta didik dapat melatih keterampilan dalam menyampaikan data, argumen, dan temuan secara sistematis, yang juga mendorong peserta didik untuk lebih aktif dalam pembelajaran dan meningkatkan rasa percaya diri saat berbicara di depan umum [12].

Indikator komunikasi sains tertulis menunjukkan bahwa skor awal 59%, yang masuk dalam kategori kurang baik dan skor akhir mencapai 80%, yang masuk dalam kategori baik. Komunikasi sains membantu siswa dalam menyampaikan ide dan informasi secara jelas dan terstruktur melalui tulisan. Selain itu, komunikasi tertulis juga memperkuat pemahaman konseptual peserta didik, karena peserta didik diminta untuk menjelaskan secara rinci dalam berbagai bentuk tulisan, seperti laporan [13].

Indikator kematangan sosial menunjukkan skor awal sebesar 55%, yang masuk dalam kategori kurang baik dan skor akhir mencapai 73%, yang termasuk kategori baik. Kematangan sosial mendukung keterlibatan peserta didik yang lebih aktif dalam pembelajaran dan meningkatkan rasa tanggung jawab. Kematangan sosial dalam pembelajaran sangat penting karena memengaruhi kemampuan peserta didik untuk berinteraksi dan bekerja sama dengan orang lain. Aspek ini mencakup keterampilan sosial yang membantu

peserta didik berkolaborasi, berkomunikasi dengan efektif, dan menyelesaikan masalah [14].

Indikator kematangan emosional menunjukkan skor awal sebesar 59%, yang masuk dalam kategori kurang baik dan skor akhir sebesar 74%, yang masuk dalam kategori baik. Dalam proses pembelajaran kematangan sosial membantu peserta didik dalam mengelola emosi. peserta didik yang mampu mengelola emosinya dengan baik lebih cenderung untuk mendengarkan secara aktif dan merespons dengan menghargai pendapat orang lain, yang menciptakan suasana diskusi yang terbuka dan produktif. selain itu kematangan emosional berpengaruh besar terhadap interaksi sosial peserta didik dan pengambilan keputusan [15].

Kematangan intelektual memperoleh skor awal sebesar 58%, yang masuk dalam kategori kurang baik, sedangkan skor akhir yaitu 70%, yang dikategorikan baik. Dalam proses belajar mengajar peserta didik yang memiliki kematangan intelektual cenderung mampu memahami informasi secara menyeluruh, tidak hanya menerima pengetahuan secara pasif, tetapi juga mengkritisi ide-ide yang disampaikan dalam diskusi. Selain itu, kematangan intelektual mendukung kemampuan peserta didik untuk menyusun argumen yang logis dan berbasis data, serta mendengarkan dan merespons pendapat orang lain secara konstruktif [16].

Kepraktisan e-modul berwawasan *green chemistry* dinilai berdasarkan hasil pengamatan keterlaksanaan produk oleh observer selama proses pembelajaran. Pada uji coba terbatas yang melibatkan 33 peserta didik di kelas XII C, hasil kepraktisan e-modul berwawasan *green chemistry* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Kepraktisan E-Modul Berwawasan *Green Chemistry*

No.	Aspek yang dinilai	Rata-rata penilaian	Kriteria
1.	Penampilan E-modul	92,14%	Sangat pr aktif
2.	Pelaksanaan pembelajaran menggunakan e-modul	85,83%	Sangat praktis
3.	Efek e-modul terhadap pembelajaran	78,33%	Praktis
Kesimpulan		86,1%	Sangat Praktis

Berdasarkan tabel Analisis dari penilaian observer menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memiliki rata-rata 86,1% yang diinterpretasikan sangat praktis.

Suatu bahan ajar dapat dianggap praktis apabila seluruh komponen penilaian pada lembar kepraktisan sesuai dengan kondisi yang terjadi saat proses pembelajaran. Kepraktisan mengacu pada seberapa baik bahan ajar tersebut dapat digunakan dalam pembelajaran dan seberapa efektif implementasinya selama proses pembelajaran berlangsung, dengan tingkat keterlaksanaan yang dinilai memenuhi kategori praktis [17].

Evaluation

Evaluasi dilakukan secara formatif dan sumatif. Evaluasi formatif dilakukan di setiap tahap pengembangan. Pada tahap analisis, evaluasi difokuskan pada analisis kebutuhan, karakteristik peserta didik, dan analisis materi untuk menyesuaikan tampilan produk e-modul. Evaluasi pada tahap desain dilakukan dengan memastikan bahwa produk yang dikembangkan sesuai dengan prinsip-prinsip green chemistry. Pada tahap pengembangan, evaluasi dilakukan dengan melakukan perbaikan berdasarkan saran dari validator. Evaluasi pada tahap implementasi dilakukan dengan mengidentifikasi kesulitan yang dialami peserta didik selama uji coba terbatas. Setelah setiap tahap pengembangan selesai, dilakukan evaluasi sumatif pada tahap akhir untuk melihat apakah produk telah diuji dan divalidasi dengan baik [18].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa hasil validasi yang diperoleh dari dua validator yaitu dosen ahli memperoleh rata-rata keseluruhan sebesar 81% dengan kategori valid. Kepraktisan e-modul berwawasan *green chemistry* secara keseluruhan yang diperoleh dari 5 kali pertemuan sebesar 86,1% yang termasuk dalam kategori sangat praktis. Efektivitas e-modul berwawasan *green chemistry* untuk meningkatkan kemampuan komunikasi sains siswa termasuk dalam kategori berpengaruh besar dengan *effect size d Cohen* 0,6.

REFERENSI

- [1] P. Priyono and J. Y. Sinurat, "Communication Dan Collaboration Sebagai Implementasi 4 C Dalam Kurikulum 2013 Di Pondok Pesantren El Alamia Bogor," *Research and Development Journal of Education*, vol. 6, no. 2, p. 83, Apr. 2020, doi: 10.30998/rdje.v6i2.6228.

- [2] S. Handayani, S. Masfuah, L. Kironoratri, and U. M. Kudus, "Analisis Kemampuan Komunikasi Siswa dalam Pembelajaran Daring Siswa Sekolah Dasar," *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, vol. 3, no. 5, pp. 2240–2246, 2021.
- [3] R. Rahayu, R. Rosita, Y. S. Rahayuningsih, A. H. Hernawan, and Prihantini, "Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar di Sekolah Penggerak," *Jurnal Basicedu*, vol. 6, no. 4, pp. 6313–6319, 2022.
- [4] R. F. Turnip, Ruffi'i, and H. Karyono, "Pengembangan E-modul Matematika Dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis," *Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, vol. 9, no. 2, pp. 485–498, 2021, doi: 10.25273/jems.v9i2.11057.
- [5] F. Wulandari, R. Yogica, and R. Darussyamsu, "Analisis Manfaat Penggunaan E-Modul Jauh Di Masa Pandemi Covid-19," *Khazanah Pendidikan: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, vol. 15, no. 2, pp. 139–144, 2021, doi: 10.30595/jkp.v15i2.10809.
- [6] S. H. Anugerah, Affendy, and Suharti, "Analisis Kesalahan Konsep," *Jurnal Ilmu Pendidikan*, vol. 21, no. 2, pp. 178–184, 2015.
- [7] Y. Indarta, N. Jalinus, R. Abdullah, and A. D. Samala, "21st Century Skills : TVET dan Tantangan Abad 21," *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, vol. 3, no. 6, pp. 4340–4348, 2021, doi: 10.31004/edukatif.v3i6.1458.
- [8] S. Handayani, S. Masfuah, L. Kironoratri, and U. M. Kudus, "Analisis Kemampuan Komunikasi Siswa dalam Pembelajaran Daring Siswa Sekolah Dasar," *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, vol. 3, no. 5, pp. 2240–2246, 2021.
- [9] Y. D. Pratiwi, W. Widodo, and W. B. Sabtiawan, "Analisis Komunikasi Sains Peserta Didik Kelas IX Smp Yayasan Pada Masa Pandemi Covid-19," *PENSA E-JURNAL : PENDIDIKAN SAINS*, vol. 10, no. 1, pp. 33–36, Jan. 2022.
- [10] S. W. Al Idrus, Mutiah, Rahmawati, E. Junaedi, and Y. A. S. Anwar, "Sosialisasi Prinsip Green Chemistry untuk Meningkatkan Kesadaran Akan Bahaya Limbah Kimia Terhadap Lingkungan pada Mahasiswa Prodi Pendidikan Kimia FKIP UNRAM," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sains Indonesia*, vol. 3, no. 2, Nov. 2021, doi: 10.29303/jpmisi.v3i2.135.
- [11] F. A. Etzkorn and J. L. Ferguson, "Integrating Green Chemistry into Chemistry Education Angewandte," *Angew. Chem. Int. Ed.* 2023, no. 62, 2023, doi: 10.1002/anie.202209768.
- [12] E. M. Safitri, I. F. Maulidina, N. I. Zuniari, T. Amaliyah, S. Wildan, and S. Supeno, "Keterampilan Komunikasi Siswa Sekolah Dasar dalam Pembelajaran IPA Berbasis Laboratorium Alam tentang Biopori," *Jurnal Basicedu*, vol. 6, no. 2, pp. 2654–2663, 2022, doi: 10.31004/basicedu.v6i2.2472.
- [13] U. Mahadi, "Komunikasi Pendidikan (Urgensi Komunikasi Efektif dalam Proses Pembelajaran)," *JOPPAS: Journal of Public Policy and Administration Silampari*, vol. 2, no. 2, pp. 80–90, 2021.
- [14] Masyithah, "Penerapan Teknik Keterampilan Sosial Emosional pada Pembelajaran IPA Materi Bioteknologi dan Produksi Pangan Siswa Kelas IX-1 di SMP Negeri 4 Bolo Tahun Pelajaran 2020 / 2021," *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, vol. 1, no. 2, pp. 135–146, 2021.
- [15] H. Aulia and Desmita, "Upaya meningkatkan perkembangan emosional peserta didik dalam proses pembelajaran," *Jurnal Citra Pendidikan (JCP)*, vol. 4, no. 3, pp. 1960–1967, 2024.
- [16] J. P. Islam, A. C. Islam, and H. Indra, "Program pembinaan kematangan intelektual pada siswa SMA," *Tawazun: Jurnal Pendidikan Islam*, vol. 15, no. 1, pp. 127–132, 2022, doi: 10.32832/tawazun.v15i1.6822.
- [17] E. D. Susanti and U. Sholihah, "Pengembangan E-Modul Berbasis Flip Pdf Corporate Pada Matri Luas Dan Volume Bola," *Range: Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 3, no. 1, pp. 37–46, 2021.
- [18] I. M. Syahid, N. A. Istiqomah, and K. Azwary, "Model Addie Dan Assure Dalam Pengembangan Media Pembelajaran," *Journal of International Multidisciplinary Research*, vol. 2, no. 5, pp. 258–268, 2024, doi: 10.62504/jimr469.