



Pengembangan Penuntun Praktikum Kimia Ramah Lingkungan Berbasis Inkuiri Terbimbing; Tahap *Development Model ADDIE*

Ekin Dwi Arif Kurniawan*, Universitas Negeri Medan, Indonesia

Alfira Julian Pratiwi, Universitas Negeri Medan, Indonesia

Dimas Ridho, Universitas Negeri Medan, Indonesia

Mutia Ardila, Universitas Negeri Medan, Indonesia

Rafidah Almira Samosir, Universitas Negeri Medan, Indonesia

ABSTRACT

The lack of adequate laboratory facilities and low-quality practical guides in many senior high schools hinder effective chemistry practical learning. To address this, this study developed and evaluated a guided inquiry-based chemistry practical guide integrated with green chemistry principles, using the ADDIE model (focusing on the development stage). Validation was carried out by six chemistry teachers and two lecturers, assessing aspects such as content, language, presentation, and design. A descriptive quantitative method within an R&D framework was used for analysis. The guide received an overall average score of 4.78 out of 5, indicating it is "highly feasible." Specifically, scores for content, language, presentation, and design were 4.78, 4.82, 4.78, and 4.75, respectively. These results suggest the guide is appropriate for improving practical chemistry learning and fostering environmental awareness through green chemistry in senior high schools.

ARTICLE HISTORY

Submitted 24/04/2025

Revised 13/06/2025

Accepted 18/06/2025

KEYWORDS

Practical guide; Guided inquiry; Green chemistry; ADDIE; Expert validation.

CORRESPONDENCE AUTHOR

✉ ekindwiak@unimed.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.30743/cheds.v9i1.11071>

1. PENDAHULUAN

Laboratorium memainkan peran penting dalam pembelajaran kimia, karena memberikan pengalaman langsung yang membantu mahasiswa memahami konsep-konsep kimia secara lebih mendalam (Ahdila et al., 2022). Menurut Fuentes-García et al. (2023), kegiatan laboratorium tidak hanya memperkuat pemahaman teoritis tetapi juga mengembangkan keterampilan ilmiah (*scientific skills*), seperti pengamatan, analisis data, dan pemecahan masalah. Salah satu instrumen utama dalam praktikum adalah buku penuntun praktikum, yang berfungsi sebagai panduan bagi mahasiswa dalam melaksanakan kegiatan eksperimen. Buku penuntun praktikum yang baik harus mampu memberikan arahan yang jelas, mendorong keterampilan berpikir kritis, serta mengembangkan pemahaman konseptual yang mendalam (Afsas et al., 2023). Namun, berdasarkan observasi dan kajian terhadap buku penuntun praktikum yang beredar saat ini, ditemukan berbagai permasalahan yang dapat menghambat efektivitas pembelajaran di laboratorium. Banyak penuntun masih menggunakan pendekatan konvensional yang bersifat prosedural, di mana mahasiswa hanya mengikuti langkah-langkah tanpa memahami konsep mendasar dari percobaan (Yudha & Nurfajriani, 2023). Pane dan Manurung (2021) juga mengungkapkan bahwa penuntun dari berbagai penerbit belum mendukung pembelajaran berbasis proyek dan inkuiri, sehingga kurang merangsang keingintahuan dan keterampilan berpikir kritis siswa. Selain itu, aspek keberlanjutan dalam eksperimen masih minim diterapkan, terutama terkait penggunaan bahan kimia yang ramah lingkungan sesuai konsep *green chemistry* (Saputri et al., 2024). Hal ini menghambat pengembangan kesadaran lingkungan dalam praktik laboratorium. Lebih lanjut, banyak laboratorium juga mengalami keterbatasan alat dan bahan kimia (Syah et al., 2025; Salim et al., 2024). Oleh karena itu, dibutuhkan penuntun praktikum kimia yang mengintegrasikan prinsip *green chemistry* dan mampu mengakomodasi kondisi laboratorium yang terbatas. Analisis terhadap tiga buku penuntun yang beredar menunjukkan bahwa meskipun cukup layak, revisi tetap diperlukan untuk meningkatkan kelayakan dan relevansinya (Kurniawan et al., 2019).

Menanggapi berbagai permasalahan tersebut, diperlukan pengembangan buku penuntun praktikum yang tidak hanya memberikan panduan eksperimen yang sistematis, tetapi juga berbasis pendekatan inkuiri terbimbing (*guided inquiry*) dan prinsip-prinsip *green chemistry*. Pendekatan inkuiri terbimbing memungkinkan mahasiswa dalam berfikir kritis untuk terlibat aktif dalam proses investigasi, mulai dari merumuskan pertanyaan, mengembangkan hipotesis, hingga menarik kesimpulan berdasarkan data yang diperoleh (Fitriyah et al., 2021; Musliman & Kasman, 2022). Sementara itu, penerapan prinsip *green chemistry* dalam praktikum dapat mengedukasi mahasiswa tentang pentingnya penggunaan bahan kimia yang lebih aman dan ramah lingkungan, serta meminimalkan limbah laboratorium (O'Neil et al., 2021). Sejalan dengan itu, pengembangan sikap dan kesadaran lingkungan mahasiswa calon guru melalui



pendekatan berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) juga telah terbukti efektif dalam konteks bioplastik, yang menunjukkan pentingnya integrasi aspek keberlanjutan dalam pembelajaran kimia (Pratiwi et al., 2023). Selain itu, hasil penelitian (Pratiwi et al., 2024) menunjukkan bahwa kemampuan awal mahasiswa dalam memahami materi biopolimer masih tergolong rendah, dengan 33% berada dalam kategori kurang dan hanya 3% pada kategori sangat baik. Temuan ini menunjukkan perlunya intervensi pembelajaran yang tepat dan pengembangan penuntun praktikum yang dapat menjembatani kesenjangan pemahaman serta meningkatkan kesadaran keberlanjutan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan buku penuntun praktikum kimia berbasis inkuiri terbimbing dan *green chemistry*, dengan fokus pada tahap pengembangan (*development*) dalam model ADDIE. Model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) merupakan salah satu model sistematis dalam pengembangan bahan ajar yang memastikan kualitas dan efektivitas produk yang dihasilkan. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat dihasilkan buku penuntun praktikum yang lebih inovatif, interaktif, serta mampu meningkatkan pemahaman konseptual dan kesadaran lingkungan mahasiswa dalam pembelajaran kimia di laboratorium.

2. METODE PENELITIAN

Berisi jenis penelitian, waktu dan tempat penelitian, target/sasaran, subjek penelitian, prosedur, instrumen dan teknik analisis data serta hal-hal lain yang berkaitan dengan cara penelitiannya. Dapat ditulis dalam sub-subbab, dengan sub-heading, sub-sub judul, namun ditulis dengan huruf kecil berawalkan huruf capital, TNR-11 **bold**, rata kiri.

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yang menggunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) dengan fokus pada tahap *Development* yaitu mengembangkan media dan menganalisis data validasi tanpa melibatkan uji coba kepada peserta didik atau pengguna akhir di kelas. Tujuan utamanya adalah untuk menghasilkan prototipe penuntun praktikum yang telah dinilai kelayakannya oleh validator ahli, sebelum tahap implementasi pada penelitian selanjutnya.

2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan. Kegiatan penelitian mencakup proses pengembangan buku penuntun praktikum kimia berbasis inkuiri terbimbing dan prinsip *green chemistry*. Selama periode tersebut, peneliti menyusun dan merancang penuntun praktikum, yang kemudian divalidasi oleh para validator. Setelah memperoleh masukan dan saran dari para validator, peneliti melakukan revisi terhadap penuntun praktikum agar sesuai dengan standar kelayakan yang diharapkan. Penelitian ini dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Medan, dengan melibatkan lingkungan akademik sebagai konteks pengembangan media pembelajaran.

2.3 Target/Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini terbagi menjadi dua kelompok, yaitu enam orang guru kimia dari berbagai SMA dan dua orang dosen kimia dari perguruan tinggi, yang berperan sebagai validator ahli. Mereka menilai kualitas produk berdasarkan empat aspek: isi, bahasa, sistematika penyajian, dan desain. Penelitian ini masih terbatas pada tahap pengembangan (*development*) dalam model ADDIE, sehingga belum melibatkan mahasiswa atau pengguna akhir. Validasi dilakukan hanya oleh para ahli untuk memastikan kelayakan awal produk sebelum dilanjutkan ke tahap implementasi di kelas.

2.4 Prosedur

Adapun prosedur pengembangan produk dalam penelitian ini mencakup beberapa tahap yaitu, Kegiatan awal dilakukan dengan survei laboratorium kimia SMA serta analisis konten buku penuntun praktikum kimia yang beredar. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, peneliti menyusun draft awal buku penuntun praktikum. Draft produk kemudian divalidasi oleh 8 orang ahli (guru dan dosen kimia). Proses validasi dilakukan menggunakan angket validasi, yang kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat kelayakan produk. Data hasil validasi digunakan sebagai dasar untuk perbaikan produk. Revisi dilakukan berdasarkan masukan dan saran dari para validator.

2.5 Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Macam data, bagaimana data dikumpulkan, dengan instrumen yang mana data dikumpulkan, dan bagaimana teknis pengumpulannya, perlu diuraikan secara jelas dalam bagian ini.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu angket validasi produk. Angket validasi mencakup aspek kelayakan isi, kelayakan bahasa, sistematika penyajian, dan desain tampilan. Penilaian dilakukan menggunakan skala *likert* 5 poin (sangat tidak setuju – sangat setuju). Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis secara deskriptif

kuantitatif dan kualitatif, sesuai dengan jenis data dan tujuan masing-masing tahap pengembangan produk. Data hasil validasi oleh guru dan dosen kimia dianalisis menggunakan skala Likert 5 poin dengan kategori sebagai berikut (Nazir, 2005):

Table 1. Kategori skala likert 5 poin

Skor	Kategori
1	Tidak setuju
2	Kurang setuju
3	Cukup setuju
4	Setuju
5	Sangat setuju

Skor dari masing-masing validator dihitung untuk memperoleh rata-rata skor tiap aspek, kemudian dikonversi ke dalam bentuk persentase kelayakan dengan Pers (1).

$$\text{Persentase kelayakan} = \frac{\text{Skor total yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\% \quad (1)$$

Kriteria penilaian kelayakan ditentukan berdasarkan rentang skor rata-rata sebagai berikut:

Table 2. Kriteria penilaian kelayakan

Skor	Kategori
4,20 – 5,00	Sangat layak
3,40 – 4,19	Layak
2,60 – 3,39	Cukup layak
1,80 – 2,59	Kurang layak
1,00 – 1,79	Tidak layak

Hasil perhitungan rata-rata dari setiap aspek dijadikan dasar dalam menentukan tingkat kelayakan penuntun praktikum dan untuk melakukan revisi produk sesuai dengan masukan dari para validator.

2.6 Teknik Analisis Data

Data hasil validasi dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk mengetahui tingkat kelayakan produk. Skor dari setiap validator dijumlahkan, kemudian dihitung rata-rata skor untuk setiap aspek penilaian. Selanjutnya, hasil rata-rata tersebut dikonversikan ke dalam kategori kelayakan berdasarkan interval skor, yaitu: sangat layak (4.21–5.00), layak (3.41–4.20), cukup layak (2.61–3.40), kurang layak (1.81–2.60), dan sangat kurang layak (1.00–1.80). Hasil analisis ini menjadi dasar dalam pengambilan keputusan apakah buku penuntun praktikum perlu direvisi atau sudah layak digunakan. Teknik ini digunakan untuk memastikan bahwa pengembangan produk sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu menghasilkan penuntun praktikum yang layak, inovatif, dan sesuai dengan prinsip pembelajaran kimia yang berkelanjutan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa buku penuntun praktikum kimia untuk siswa kelas XI SMA yang dirancang berdasarkan pendekatan inkuiri terbimbing dan prinsip *green chemistry*. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kurniawan et al. (2019) telah mengidentifikasi permasalahan mendasar dalam pelaksanaan praktikum kimia di tingkat sekolah menengah atas. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar sekolah masih menghadapi keterbatasan fasilitas laboratorium, khususnya dalam hal ketersediaan alat dan bahan kimia yang mendukung kegiatan eksperimen. Selain itu, penuntun praktikum kimia yang beredar di sekolah-sekolah dinilai belum layak secara menyeluruh, baik dari segi isi, penyajian, maupun relevansinya dengan konteks pembelajaran modern.

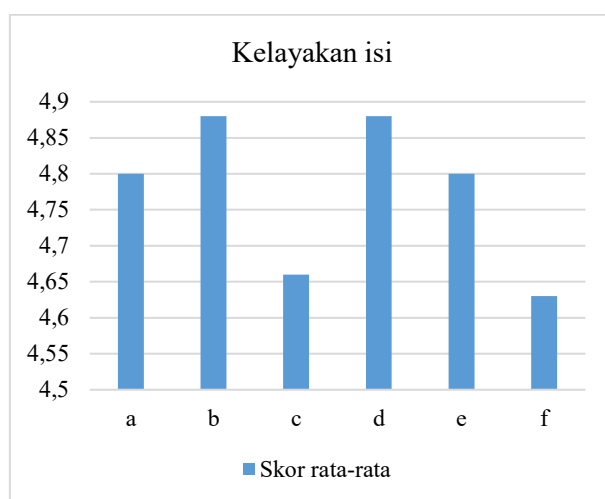
Pada penelitian Redhana & Suardana (2021) salah satu solusi dalam mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium adalah dengan melakukan praktikum berbasis *green chemistry*. Dengan menggunakan bahan-bahan yang aman dan ramah lingkungan, seperti teh hitam dan cuka, siswa merasa lebih nyaman dan terlibat aktif dalam proses pembelajaran, meskipun dengan keterbatasan alat dan bahan di laboratorium. Penemuan serupa dilakukan oleh (Silaban & Nurfajriani, 2020) dimana dengan menggunakan penuntun praktikum kimia berbasis *green chemistry* dapat mengatasi permasalahan keterbatasan fasilitas laboratorium, dan dari hasil validasi menunjukkan bahwa panduan tersebut sangat layak digunakan dan dapat meningkatkan motivasi serta hasil belajar siswa, terutama di sekolah-sekolah dengan fasilitas laboratorium yang terbatas. Temuan-temuan tersebut menjadi dasar penting dalam penelitian ini, yang bertujuan untuk mengembangkan sebuah buku penuntun praktikum kimia berbasis *green chemistry* dan pendekatan inkuiri terbimbing. Pendekatan ini diharapkan mampu mengatasi permasalahan yang ditemukan sebelumnya, dengan menyediakan penuntun praktikum yang tidak hanya ramah lingkungan dan hemat sumber daya, tetapi juga mampu mendorong

keterampilan berpikir kritis siswa melalui keterlibatan aktif dalam proses penyelidikan ilmiah. Pengembangan ini juga dirancang agar sesuai dengan kondisi laboratorium yang terbatas, sehingga eksperimen tetap dapat dilakukan meskipun alat dan bahan yang tersedia minim. Dengan demikian, hasil penelitian ini merupakan bentuk tindak lanjut yang konkret dari penelitian terdahulu, yang berupaya memberikan solusi praktis dan inovatif terhadap tantangan pembelajaran kimia di sekolah.

Buku ini mencakup lima percobaan kimia yang disusun secara sistematis dan berorientasi pada pelibatan aktif siswa dalam proses investigasi ilmiah. Setiap percobaan dalam buku ini dilengkapi dengan Kompetensi dasar dan indikator pencapaian, Tata tertib laboratorium dan pedoman keselamatan kerja, Identifikasi alat dan bahan, dan Petunjuk kerja yang disusun berdasarkan sintaks inkuiri terbimbing. Pendekatan ini tidak hanya memfasilitasi pemahaman konsep secara lebih mendalam, tetapi juga melatih keterampilan proses sains dan kesadaran terhadap praktik laboratorium yang berkelanjutan. Penilaian kelayakan produk dilakukan oleh delapan orang ahli (6 guru kimia dan 2 dosen) dengan menggunakan angket validasi. Hasil validasi dirinci sebagai berikut:

3.1 Kelayakan Isi

Kelayakan isi mengandung 6 aspek yang dikembangkan, yaitu (a) cakupan isi praktikum, (b) akurasi fakta, (c) merangsang keingintahuan, (d) mengandung wawasan produktifitas, (e) Mengembangkan Kecakapan Hidup (*life skill*) dan (f) Mengembangkan wawasan ke Indonesiaan dan pesan. Dari hasil penelitian didapat rata-rata kelayakan isi sebesar 4,78 dari skala 5 yang berarti sangat layak. Berikut grafik kelayakan isi yang dinilai oleh validator :

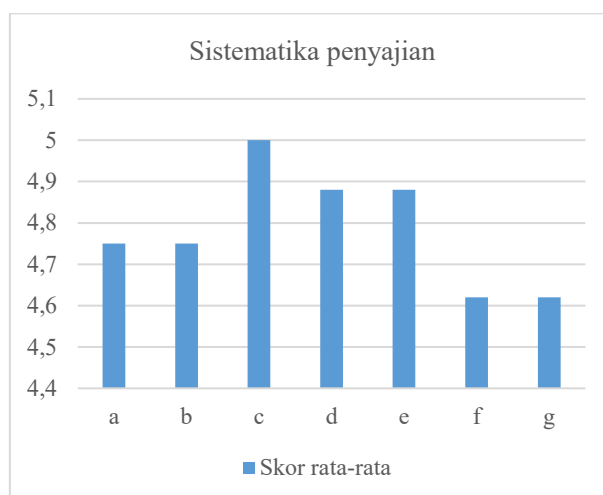


Gambar 1. Grafik hasil validasi kelayakan isi

Skor 4,78 ini menunjukkan bahwa isi materi dalam penuntun praktikum telah memenuhi prinsip-prinsip pedagogis yang penting untuk efektivitas pembelajaran. Cakupan materi yang luas dan faktual dapat membantu mahasiswa memahami konsep secara menyeluruh, sementara unsur produktivitas, *life skills*, dan nilai-nilai lokal dapat memperkuat aspek afektif dan keterampilan abad 21. Selain itu, indikator “merangsang keingintahuan” yang juga mendapat nilai tinggi mencerminkan potensi buku ini dalam mendorong pembelajaran berbasis inkuiri, yang sangat penting dalam konteks praktikum kimia (Fitriyah et al., 2021). Dengan demikian, kelayakan isi yang tinggi memberikan indikasi kuat bahwa produk ini mampu menunjang ketercapaian tujuan pembelajaran kimia secara konseptual maupun kontekstual.

3.2 Sistematika Penyajian

Hasil analisis penilaian rata-rata untuk tiap-tiap indikator sistematika penyajian yaitu: (a) keruntutan dan kejelasan daftar isi dengan nilai rata-rata 4,75 (b) keruntutan susunan penyajian kegiatan praktikum sesuai dengan silabus 4,75 (c) kejelasan identitas table nilai rata-rata 5 (d) kejelasan identitas gambar nilai 4,88,(e) prosedur praktikum dijelaskan secara sistematis dan jelas 4,88, (f) alat dan bahan percobaan yang digunakan jelas penilaian rata-rata 4,63 dan (g) sistematika penyajian sesuai dengan model pembelajaran penilaian rata-rata sebesar 4,63. Semua indikator dengan nilai rata-rata 4,78 dalam kriteria sangat layak.

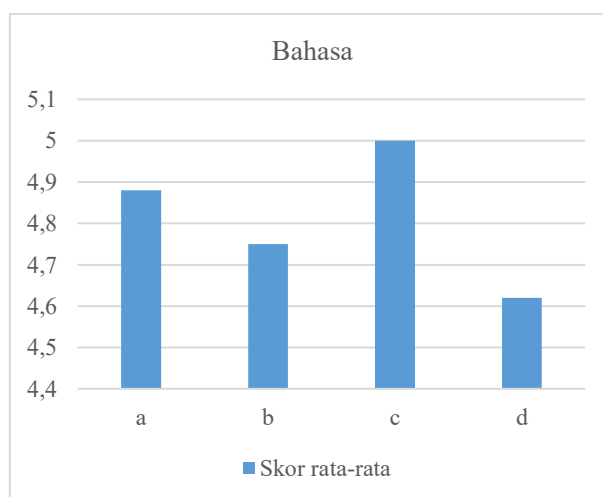


Gambar 2. Grafik hasil validasi sistematika penyajian

Skor ini mencerminkan Penyajian yang sangat terstruktur dan mudah digunakan, membantu pengguna mengikuti langkah-langkah praktikum tanpa kebingungan. Ini sangat penting untuk pendekatan *guided inquiry*, di mana struktur yang jelas mendukung mahasiswa dalam merancang pertanyaan, hipotesis, dan analisis (Almira et al., 2023). Penyajian bahan yang runtut dan visual yang sesuai juga mengurangi beban kognitif ekstraneous, sejalan dengan prinsip *Cognitive Load Theory*—struktur yang baik membebaskan ruang memori untuk pembelajaran inti (Surbakti et al., 2024). Dengan demikian, sistematika penyajian yang sangat layak ini tidak hanya memperlancar pelaksanaan praktikum tetapi juga mendukung efektivitas pedagogis, meningkatkan pemahaman konsep dan memfasilitasi proses berpikir kritis dalam praktikum kimia.

3.3 Bahasa

Hasil analisis penilaian rata-rata untuk tiap-tiap indikator Bahasa sebagai berikut : (a) kesesuaian dengan tingkat perkembangan praktikan mendapatkan penilaian rata-rata 4,88 (b) indikator komunikatif 4,75, (c) konsistensi penggunaan istilah dan simbol 5 dan (d) ketepatan struktur kalimat dengan nilai rata-rata 4,63. Ke 4 indikator mendapatkan kriteria sangat layak dan tidak perlu direvisi dengan nilai rata-rata 4,82.

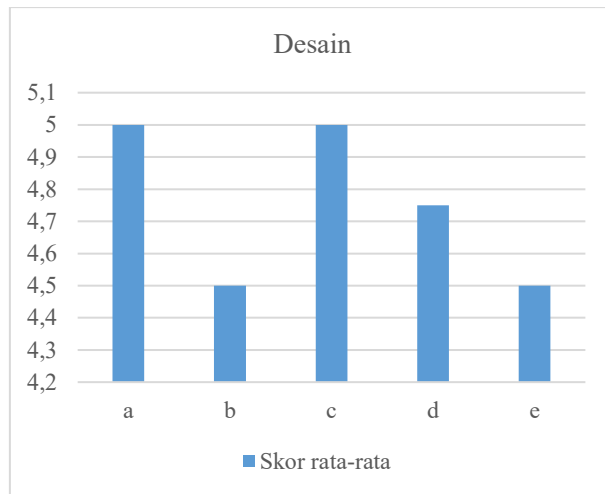


Gambar 3: Grafik hasil validasi bahasa

Skor tinggi ini menunjukkan bahwa bahasa dalam buku sangat mudah dipahami, tidak ambigu, serta sesuai dengan standar komunikasi ilmiah dan akademik. Kejelasan instruksi sangat penting agar mahasiswa tidak salah menafsirkan prosedur praktikum, sehingga dapat meminimalkan kesalahan teknis (Diola, 2023). Selain itu, konsistensi istilah dan struktur kalimat yang efektif juga mencerminkan kepatuhan terhadap kaidah tata bahasa dan penyajian ilmiah yang jelas, yang merupakan syarat dasar dalam desain instruksional (Agustian, 2024).

3.4 Desain

Hasil analisis penilaian rata-rata untuk tiap indikator sebagai berikut: (a) penyajian gambar dengan penilaian rata-rata 5 (b) penyajian tabel 4,5 (c) penyajian lambang 5 (d) menarik minat siswa dengan penilaian rata-rata 4,75 (e) kejelasan keterbacaan tulisan 4,5. nilai rata-rata ke 5 indikator pada aspek desain pada penuntun praktikum kimia adalah 4,75.

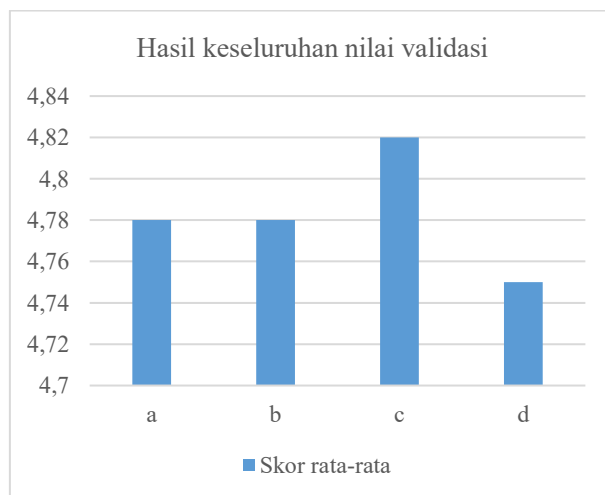


Gambar 4: Grafik hasil validasi desain

Nilai ini menunjukkan bahwa desain visual buku telah dirancang secara profesional, dengan mempertimbangkan prinsip keterbacaan dan estetika. Desain yang konsisten dan tata letak yang bersih membantu mahasiswa fokus pada isi praktikum, mengurangi kebingungan saat mengikuti langkah-langkah eksperimen. Penempatan visual yang mendukung teks juga berperan penting dalam memperkuat pemahaman konsep, khususnya dalam praktikum yang berbasis inkuiri, di mana siswa perlu memahami keterkaitan antara data dan prosedur (Mayer & Moreno, 2003). Selain itu, penggunaan warna yang tidak berlebihan namun tetap menarik dapat meningkatkan motivasi belajar siswa dan mencegah kelelahan visual saat membaca (Heidig et al., 2015). Kombinasi ini sejalan dengan prinsip desain pembelajaran yang menekankan pada fungsionalitas, kesederhanaan, dan dukungan terhadap proses kognitif. Dengan demikian, tingginya skor pada aspek desain memperkuat kelayakan buku ini tidak hanya dari sisi isi dan bahasa, tetapi juga dari segi kenyamanan dan kemudahan penggunaan secara visual dalam praktik pembelajaran.

3.5 Hasil Keseluruhan Validasi Ahli dan Revisi Produk Berdasarkan Masukan Validator Ahli

Keseluruhan aspek yang dinilai dalam penuntun praktikum kimia ramah lingkungan berbasis inkuiri terbimbing memiliki penilaian rata-rata sebagai berikut: (a) Kelayakan isi 4,78, (b) Sistematika penyajian 4,78, (c) Bahasa 4,82, (d) Desain 4,75.



Gambar 4: Grafik hasil keseluruhan nilai validasi ahli

Semua aspek yang dinilai berdasarkan data validasi dari 6 orang guru kimia dan 2 orang dosen UNIMED dapat dirata-ratakan 4,78 dengan kriteria sangat layak. Nilai tertinggi diperoleh pada aspek bahasa, yang menunjukkan bahwa penggunaan kalimat dalam penuntun praktikum ini sudah memenuhi prinsip keterbacaan dan kesesuaian dengan struktur bahasa ilmiah yang jelas, ringkas, dan mudah dipahami. Hal ini penting karena kejelasan bahasa sangat memengaruhi pemahaman prosedur praktikum oleh siswa. Aspek bahasa memperoleh skor tertinggi karena secara umum, penyusunan bahasa dalam buku penuntun praktikum cenderung lebih mudah untuk disesuaikan dibandingkan aspek lain seperti isi atau desain. Tim pengembang dapat secara langsung memperbaiki struktur kalimat, pemilihan istilah, dan ejaan selama proses penulisan dan revisi. Selain itu, penggunaan bahasa yang baik dan benar seringkali menjadi perhatian utama dalam proses validasi awal, karena menyangkut kejelasan instruksi eksperimen yang bersifat prosedural. Meskipun aspek desain memperoleh kategori sangat layak, data grafik validasi menunjukkan bahwa skor aspek ini masih berada sedikit di bawah aspek lainnya. Temuan ini mengindikasikan bahwa desain visual tetap menjadi area yang perlu mendapat perhatian lebih lanjut, agar tidak hanya tampil menarik secara estetika, tetapi juga benar-benar mendukung efektivitas pembelajaran melalui penyampaian informasi yang efisien secara kognitif. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Mayer dan Moreno (2003), yang menunjukkan bahwa optimalisasi desain visual dalam modul praktikum sains mampu meningkatkan minat belajar siswa dan pemahaman prosedural. Integrasi elemen visual seperti diagram alur, ikon instruksional, dan skema warna yang terpadu terbukti mampu mengurangi beban kognitif dan mendorong keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran berbasis inkuiri.

Sebagai tindak lanjut dari validasi tersebut, revisi produk dilakukan berdasarkan analisis komentar dan saran para validator, meliputi penyempurnaan indikator dan tujuan pembelajaran agar lebih operasional dan terukur, penambahan panduan sintaks inkuiri dalam setiap percobaan untuk memperjelas tahapan berpikir ilmiah, serta penyesuaian desain visual melalui penguatan ikon, ilustrasi warna, dan penataan layout yang lebih komunikatif. Revisi ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas, keterbacaan, dan kemudahan penggunaan produk saat diimplementasikan di kelas. Efektivitas dari revisi ini didukung oleh studi Smith dan Ragan (2004), yang menunjukkan bahwa modul pembelajaran yang melalui proses validasi dan revisi berulang mengalami peningkatan kejelasan instruksional hingga 40% dan peningkatan penerimaan oleh pengguna sebesar 35%. Temuan serupa juga dikemukakan oleh Morrison et al. (2019), yang menekankan pentingnya evaluasi formatif dalam pengembangan bahan ajar, terutama untuk praktikum sains yang menuntut presisi prosedural tinggi. Dengan demikian, hasil revisi berbasis masukan ahli dalam penelitian ini menjadi langkah penting dalam memastikan kualitas dan keberfungsian buku penuntun praktikum secara optimal sebelum tahap implementasi lebih lanjut.

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Penelitian ini menghasilkan produk berupa penuntun praktikum kimia ramah lingkungan berbasis inkuiri terbimbing untuk siswa kelas XI SMA. Produk ini dirancang untuk memfasilitasi keterlibatan aktif siswa dalam kegiatan praktikum melalui pendekatan ilmiah yang sistematis serta mengintegrasikan prinsip *green chemistry* dalam setiap percobaan. Berdasarkan hasil validasi oleh enam guru kimia dan dua dosen UNIMED, penuntun ini memperoleh skor rata-rata: kelayakan isi sebesar 4,78, sistematika penyajian 4,78, bahasa 4,82, dan desain 4,75. Rata-rata keseluruhan sebesar 4,78 menunjukkan bahwa produk berada dalam kategori sangat layak digunakan. Temuan ini juga menunjukkan bahwa penuntun praktikum yang dikembangkan tidak hanya layak dari segi teknis, tetapi berpotensi memberikan dampak positif terhadap pembelajaran, khususnya dalam meningkatkan pemahaman konsep kimia, keterampilan proses sains, serta kesadaran siswa terhadap praktik laboratorium yang berkelanjutan dan aman. Desainnya yang interaktif dan berbasis inkuiri diyakini mampu mendorong keterlibatan siswa secara lebih mendalam dalam proses eksperimen.

4.2 Saran

Penelitian ini terbatas pada tahap pengembangan dan validasi oleh ahli, sehingga disarankan untuk pengembangan lebih lanjut, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan uji coba implementasi di kelas secara langsung untuk mengukur efektivitas produk dalam meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan proses sains, dan kesadaran lingkungan siswa.
2. Mengembangkan penuntun praktikum serupa untuk materi kimia lainnya, sehingga penerapan *green chemistry* dan pendekatan inkuiri terbimbing dapat diintegrasikan secara menyeluruh dalam kurikulum kimia SMA.
3. Melibatkan lebih banyak guru dan sekolah dalam tahap pengembangan dan evaluasi produk, guna menyesuaikan isi dan pelaksanaan praktikum dengan kondisi laboratorium yang beragam di berbagai satuan pendidikan.
4. Mengevaluasi keterbacaan dan desain visual lebih lanjut berdasarkan umpan balik siswa sebagai pengguna langsung, agar produk semakin responsif terhadap kebutuhan pembelajaran yang kontekstual dan menarik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Afsas, S. K., Sutikno, & Fianti. (2023). *Penerapan Pembelajaran Berbasis Praktikum untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa SMP*. 06(01), 8913–8926.
- Agustian, H. Y. (2024). Recent advances in laboratory education research. *Chemistry Teacher International*, 0.
- Ahdila, A. I., Masykuri, M., & Hastuti, D. B. (2022). Efektivitas Pemanfaatan Laboratorium Dalam Pembelajaran Kimia Di Sma Negei 2 Boyolali. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 11(2), 205–210.
- Almira, A., Rachmawati, A., Jelita, I. N., & Nurlaili, Y. (2023). Evaluasi penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing dalam pembelajaran kimia: Suatu tinjauan sistematis literatur. *ArXiv Preprint ArXiv:2312.10090*.
- Diola, R. (2023). Development and Validation of Laboratory Manual in Life Science for Grade 11 Senior High School: An Input to Instructional Material Development. *Journal of Elementary and Secondary School*, 1(1), 42–55. <https://doi.org/10.31098/jess.v1i1.1467>
- Fitriyah, I. J., Affriyenni, Y., & Hamimi, E. (2021). Efektifitas Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Biomatika : Jurnal Ilmiah Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan*, 7(2), 122–129. <https://doi.org/10.35569/biormatika.v7i2.1017>
- Fuentes-García, R., Peña-Cruz, L., Nieto-Castañeda, G., Aldana-Gutiérrez, G., & Ponce de León-Hill, C. A. (2023). Use of Home-Laboratory Chemistry Sets during the COVID Pandemic to Impart Learning in a Public University: Comparison of Two Cohorts. *Journal of Chemical Education*, 100(6), 2150–2158. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00567>
- Heidig, S., Müller, J., & Reichelt, M. (2015). Emotional design in multimedia learning: Differentiation on relevant design features and their effects on emotions and learning. *Computers in Human Behavior*, 44, 81–95.
- Kurniawan, E. D. A., Silaban, R., & Nurfajriani. (2019). Development of Guided Inquiry Green Chemistry Practicum Guides. *Proceedings of The 4th Annual International Seminar on Transformative Education and Educational Leadership (AISTEEL)*, 103–106.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43–52.
- Morrison, G. R., Ross, S. J., Morrison, J. R., & Kalman, H. K. (2019). *Designing effective instruction*. John Wiley & Sons.
- Musliman, A., & Kasman, U. (2022). Efektivitas Model Inkuiri Terbimbing untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Konsep Fisika yang Bersifat Abstrak. *Jurnal Jendela Pendidikan*, 2(01), 48–53. <https://doi.org/10.57008/jjp.v2i01.116>
- Nazir, M. (2005). Metodologi Penelitian (Research Methodology). In *Bogor: Ghalia Indonesia*.
- O'Neil, N. J., Scott, S., Relph, R., & Ponnusamy, E. (2021). Approaches to Incorporating Green Chemistry and Safety into Laboratory Culture. *Journal of Chemical Education*, 98(1), 84–91. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00134>
- Pane, E. P., & Manurung, H. M. (2021). Analisis Penuntun Praktikum Kimia Sma Kelas Xi Berbasis Proyek Dan Inquiry Pada Materi Hidrokarbon Analysis of Chemical Practicum Guide At Class Xi Sma Based on Project and Inquiry on Hydrocarbon Materials. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, 5(1), 22–31.
- Pratiwi, A. J., Dwi, E., Kurniawan, A., & Ridho, D. (2024). Analysis of Students ' Initial Ability in Biopolymer Material. *Holistic Science*, 4(3), 402–406.
- Pratiwi, A. J., Hernani, H., & Anwar, B. (2023). Education for sustainable development oriented didactic design in a bioplastic context in overcoming barriers to learning and developing attitude and environmental awareness. *JIPPI (Jurnal IPA Dan Pembelajaran IPA)*, 7(1), 40–55.
- Redhana, I. W., & Suardana, I. N. (2021). Green Chemistry Practicums at Chemical Equilibrium Shift to Enhance Students' Learning Outcomes. *International Journal of Instruction*, 14(1), 691–708.
- Salim, I., Rusmanta, Y. B. J., Andini, A., & Tridadika, N. (2024). *Penataan Laboratorium Kimia Di Sma Yppk Teruna Bakti Kota Jayapura*. 2(1), 13–18. <https://doi.org/10.31957/ejpipt.v2i1.172>
- Saputri, R. D., Willian, N., & Umara, Y. (2024). Pengembangan Panduan Praktikum Elektronik Berbasis Green Chemistry Dengan Model Problem Based Learning Materi Ikatan Kimia. *Journal on Education*, 07(01), 169–174.

- Silaban, R., & Nurfajriani. (2020). Development of Green Chemistry Practicum Guidelines Based on Discovery Learning. *The 5th Annual International Seminar on Transformative Education and Educational Leadership (AISTEEL 2020)*, 147–150.
- Smith, P. L., & Ragan, T. J. (2004). *Instructional design*. John Wiley & Sons.
- Surbakti, R., Umboh, S. E., Pong, M., & Dara, S. (2024). Cognitive Load Theory: Implications for Instructional Design in Digital Classrooms. *International Journal of Educational Narratives*, 2(6), 483–493.
- Syah, A. F., Widya, A., Maheswari, I., Khulwani, A. D., Maul, M., Mayda, S. N., Intan, R., Azmi, U., & Nur, K. K. (2025). *Evaluasi Kondisi Sarana Laboratorium Kimia dan Fisika di Program Studi IPA*. 4(1), 61–72.
- Yudha, S., & Nurfajriani, N. (2023). Analisis Kebutuhan Awal Penuntun Praktikum Kimia Berbasis Green Chemistry untuk Mencapai Keamanan di Dalam Laboratorium. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains Dan Terapan (INTERN)*, 2(1), 33–39.