

PENGEMBANGAN BUKU AJAR KIMIA MENGGUNAKAN MODEL *DISCOVERY LEARNING* UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS

Abdul Gani

STIT Palapa Nusantara Lombok

abganaja@gmail.com

Abstract

This study focuses on the development of a chemistry textbook based on the discovery learning model to enhance students' science process skills in the topic of redox reactions. The main objective is to produce a textbook that is valid, practical, and effective in supporting students' mastery of chemical concepts while simultaneously fostering their scientific thinking abilities. The research employed a research and development approach by adapting the stages of analysis, design, development, implementation, and evaluation. Data were collected through expert validation, classroom implementation observations, science process skills tests, and teacher and student response questionnaires. Data analysis was conducted using both descriptive quantitative and qualitative methods to assess the quality of the textbook as well as its impact on students' learning outcomes. The findings indicate that the developed textbook met the validity criteria based on evaluations from subject matter experts, media specialists, and pedagogical experts. Classroom implementation demonstrated a high level of feasibility and a significant improvement in students' science process skills, including observing, classifying, interpreting data, and drawing conclusions. Both teachers and students expressed highly positive responses, reflecting the practical applicability of the textbook. These results suggest that a discovery learning-based chemistry textbook can effectively enhance students' science process skills and conceptual understanding. This research contributes to the advancement of innovative, contextual, and 21st-century-oriented chemistry learning resources.

Keywords: Chemistry Textbook, Discovery Learning, Science Process Skills, Redox Reactions, Learning Development

Abstrak: Penelitian ini berfokus pada pengembangan buku ajar kimia berbasis model discovery learning untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada materi reaksi redoks. Tujuan utama penelitian adalah menghasilkan buku ajar yang valid, praktis, dan efektif sehingga mampu mendukung pencapaian kompetensi siswa dalam memahami konsep kimia secara mendalam serta melatih kemampuan berpikir ilmiah. Metodologi yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan dengan mengadaptasi tahapan analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Data diperoleh melalui validasi ahli, observasi keterlaksanaan, tes keterampilan proses sains, serta angket respon siswa dan guru. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif untuk menilai kualitas buku ajar serta dampaknya terhadap proses belajar siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa buku ajar yang dikembangkan memenuhi kriteria valid berdasarkan penilaian ahli materi, media, dan pedagogi. Implementasi di kelas memperlihatkan keterlaksanaan pembelajaran yang sangat baik dan peningkatan signifikan dalam keterampilan proses sains siswa, termasuk kemampuan mengamati, mengklasifikasi, menafsirkan data, serta menarik kesimpulan. Respon siswa dan guru juga sangat positif, menandakan tingkat kepraktisan yang tinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa buku ajar berbasis discovery learning berpotensi memperkuat keterampilan proses sains sekaligus meningkatkan pemahaman konseptual siswa. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan perangkat pembelajaran kimia yang inovatif, kontekstual, dan relevan dengan tuntutan abad ke-21.

Kata Kunci: Buku Ajar Kimia, Discovery Learning, Keterampilan Proses Sains, Reaksi Redoks, Pengembangan Pembelajaran.

PENDAHULUAN

Pendidikan kimia pada tingkat menengah maupun perguruan tinggi menghadapi tantangan yang kompleks dalam mengembangkan keterampilan proses sains siswa. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa salah satu persoalan utama adalah lemahnya keterampilan pemecahan masalah yang dimiliki peserta didik, sehingga mereka kesulitan untuk berinteraksi secara mendalam dengan konsep-konsep kimia. Kekurangan keterampilan berpikir esensial ini diperparah oleh rendahnya kemampuan visualisasi spasial serta keterbatasan pemahaman terhadap kosa kata khusus yang digunakan dalam materi kimia (Byusa et al. , 2022). Dalam konteks pembelajaran di kelas, lemahnya komunikasi antara guru dan siswa juga memperburuk kondisi ini, menciptakan lingkungan belajar yang kurang kondusif untuk mendorong eksplorasi ilmiah (Mangubat & Picardal, 2023). Kondisi tersebut menegaskan bahwa proses pembelajaran kimia tidak hanya menghadapi hambatan kognitif, tetapi juga sosial dan afektif, yang berimplikasi langsung terhadap hasil belajar siswa.

Selain itu, keterampilan yang sangat penting untuk literasi kimia seperti kolaborasi, berpikir kritis, dan kemampuan representasi visual sering kali masih kurang berkembang secara optimal di kalangan peserta didik. Padahal, berbagai inisiatif pembelajaran

kolaboratif, misalnya peer-led team learning, telah terbukti berpotensi meningkatkan keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis siswa. Namun demikian, pendekatan tersebut belum diimplementasikan secara luas dalam pembelajaran kimia (A. Rahayu et al., 2022). Kesenjangan ini memperlihatkan urgensi pengembangan program pembelajaran yang berorientasi pada peningkatan keterampilan proses, karena keterampilan tersebut merupakan fondasi untuk memahami kimia serta aplikasinya dalam kehidupan nyata.

Tantangan lain yang juga signifikan bersumber dari pengalaman belajar sebelumnya serta kualitas sumber daya pada tingkat pengajaran. Banyak mahasiswa yang memasuki program kimia di perguruan tinggi masih membawa kesenjangan keterampilan proses mendasar akibat kelemahan metode pengajaran di tingkat sekolah menengah, terutama karena minimnya penerapan praktikum dalam pembelajaran (Mangubat & Picardal, 2023). Lebih jauh, ketergantungan pada metode instruksional tradisional yang cenderung bersifat ekspositoris turut menyumbang pada terjadinya kesenjangan kinerja dalam pembelajaran kimia. Hal ini mempertegas kebutuhan untuk melakukan reformasi strategi pembelajaran agar lebih sesuai dengan kebutuhan belajar yang beragam di kelas (Mangubat & Picardal, 2023). Tanpa adanya perubahan mendasar dalam pendekatan pengajaran, kesenjangan ini dikhawatirkan akan terus berlanjut dan menghambat pencapaian kompetensi ilmiah peserta didik.

Aspek lain yang perlu mendapatkan perhatian adalah munculnya miskonsepsi yang terbawa dari pendidikan menengah ke jenjang perguruan tinggi. Miskonsepsi ini berperan sebagai kerangka alternatif yang salah, sehingga menghambat keterlibatan siswa dengan materi baru secara akurat (Raman et al., 2024). Ketika miskonsepsi tidak ditangani secara efektif, peserta didik cenderung memandang konsep kimia sebagai sesuatu yang abstrak dan sulit dipahami, yang pada akhirnya menurunkan capaian akademik mereka secara keseluruhan (Raman et al., 2024). Masalah ini memperlihatkan bahwa selain memperkuat keterampilan proses, pembelajaran kimia juga harus dirancang untuk mengatasi miskonsepsi yang mengakar pada diri siswa.

Sejalan dengan kompleksitas tantangan tersebut, berbagai pendekatan pedagogis inovatif mulai diintegrasikan untuk memperbaiki kualitas pembelajaran kimia. Salah satu strategi yang banyak mendapat perhatian adalah pembelajaran berbasis inkuiri serta pendekatan gamification, yang dianggap efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) peserta didik (Hadi et al., 2024). Melalui strategi ini, siswa tidak hanya diajak untuk lebih aktif dalam pembelajaran, tetapi juga didorong untuk

melakukan eksplorasi dan pengembangan kognitif secara mendalam. Lebih lanjut, pendekatan inovatif tersebut diyakini mampu meningkatkan keterlibatan siswa, sekaligus mendorong perkembangan kompetensi kimia secara lebih komprehensif (Unwakoly et al., 2024). Dengan demikian, terdapat kebutuhan yang semakin mendesak untuk mengintegrasikan strategi pembelajaran yang dapat mengakomodasi kebutuhan siswa dalam membangun keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan reflektif.

Salah satu pendekatan yang telah banyak diteliti efektivitasnya dalam meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep kimia adalah *discovery learning*. Pendekatan ini mendorong siswa untuk belajar secara aktif melalui kegiatan eksplorasi dan penemuan, bukan hanya menerima informasi secara pasif dari pendidik. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan pemahaman konseptual siswa (Wiono & Meriza, 2022; Yerimadesi et al., 2022). Melalui proses *guided discovery*, siswa dilibatkan untuk memanipulasi fenomena kimia dan melakukan eksplorasi mandiri, yang pada gilirannya memperkuat kesadaran metakognitif serta mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Wiono & Meriza, 2022). Pendekatan ini sangat relevan dalam konteks pendidikan kimia, karena karakteristik ilmu kimia itu sendiri menuntut adanya penguasaan konsep melalui proses berpikir analitis dan investigatif.

Integrasi isu-isu lingkungan ke dalam kurikulum kimia melalui model *discovery learning* juga terbukti mampu meningkatkan kesadaran metakognitif siswa sekaligus mendorong keterampilan berpikir tingkat tinggi. Dengan mengaitkan persoalan nyata dengan materi kimia, siswa tidak hanya memperoleh pemahaman konseptual, tetapi juga diajak untuk menerapkan pengetahuan mereka dalam menyelesaikan masalah praktis (Wiono & Meriza, 2022). Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih bermakna dan berorientasi pada kehidupan nyata. Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa *discovery learning* berkontribusi signifikan terhadap pengembangan kreativitas dan keterampilan berpikir kritis siswa. Melalui tantangan yang mengharuskan mereka menyelidiki dan menemukan solusi secara mandiri, siswa terdorong untuk mengembangkan keterampilan kognitif yang esensial bagi proses inkuiri ilmiah (Khairani & Prodjosantoso, 2024). Proses ini juga memperkuat pengalaman belajar mereka dengan mendorong aktivitas bertanya, berhipotesis, dan melakukan eksperimen untuk memvalidasi pemahaman konsep kimia yang dipelajari.

Meski demikian, implementasi discovery learning juga menghadapi kendala di lapangan. Beberapa studi mengungkapkan bahwa efektivitas pembelajaran berkurang ketika siswa enggan berpartisipasi atau menyampaikan pendapat dalam forum diskusi (Khairani & Prodjosantoso, 2024). Kondisi ini menekankan pentingnya peran guru dalam memberikan dukungan terstruktur serta menciptakan lingkungan yang kondusif bagi keterlibatan siswa. Oleh karena itu, desain pembelajaran berbasis discovery learning harus mempertimbangkan aspek dukungan pedagogis agar potensi model ini dapat dimaksimalkan.

Dalam upaya memperkuat penerapan discovery learning, keberadaan buku ajar dan bahan instruksional berkualitas memegang peran sentral. Buku ajar berfungsi sebagai sumber belajar terstruktur yang tidak hanya menyajikan konten ilmiah, tetapi juga mampu mendorong keterampilan berpikir kritis dan berbasis inkuiri (Abdi & Kenea, 2023). Melalui penyajian tujuan pembelajaran yang jelas, latihan interaktif, serta pertanyaan reflektif di akhir bab, buku ajar dapat membantu siswa mengembangkan keterampilan proses sains secara lebih sistematis. Selain itu, integrasi isu-isu dunia nyata ke dalam materi buku ajar terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan pengambilan keputusan (Zhang et al., 2023). Dengan demikian, desain buku ajar yang kontekstual dapat meningkatkan minat serta pemahaman siswa terhadap materi kimia.

Kualitas buku ajar juga sangat dipengaruhi oleh koherensi dan kesesuaiannya dengan tujuan kurikulum serta kebutuhan peserta didik yang beragam. Buku ajar yang selaras dengan standar instruksional mampu menciptakan lingkungan belajar yang mendukung pengembangan keterampilan ilmiah siswa (F. Camuyong, 2023). Lebih lanjut, buku ajar yang berfokus pada kegiatan laboratorium memberikan pengalaman yang terstruktur bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan praktis sekaligus memperdalam pemahaman terhadap prinsip-prinsip kimia (Chen et al., 2024). Di sisi lain, keberhasilan penggunaan buku ajar sangat bergantung pada dukungan guru dalam mengintegrasikan materi ke dalam pengalaman belajar yang bermakna (Sheoratan et al., 2023). Oleh karena itu, sinergi antara kualitas buku ajar dan strategi pedagogis guru merupakan faktor kunci dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa.

Berbagai penelitian sebelumnya menegaskan bahwa bahan ajar berbasis discovery learning efektif dalam meningkatkan keterlibatan siswa dan memperbaiki capaian pembelajaran. Misalnya, penelitian oleh Rahmawati et al., (2023) menunjukkan bahwa integrasi media sosial Instagram dengan model discovery learning pada materi laju reaksi dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa secara signifikan. Temuan serupa

juga dilaporkan oleh Praptanti et al., (2023) pada konteks pembelajaran menulis, serta Gasong & Siregar, (2023) dalam interpretasi puisi, yang sama-sama menegaskan efektivitas prinsip discovery learning lintas disiplin. Selain itu, pendekatan ini juga mendapat dukungan dari studi berbasis simulasi, yang menunjukkan bahwa kombinasi guided discovery dengan simulasi komputer mampu meningkatkan pemahaman dan transfer pengetahuan kimia siswa (Ibitomi et al., 2022; Sun et al., 2022). Temuan lainnya dari Ardila et al., (2022) memperlihatkan bahwa penggunaan sumber belajar berbasis discovery learning dalam analisis kation mendorong keterampilan berpikir tingkat tinggi dan hasil belajar mahasiswa kimia. Bahkan dalam bidang fisika, Rismawati & Purwaningsih, (2024) menunjukkan bahwa bahan ajar berbasis discovery inquiry dapat meningkatkan minat belajar sekaligus mengurangi miskonsepsi siswa. Bukti empiris yang konsisten ini menegaskan bahwa discovery learning mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih mendalam, kontekstual, dan bermakna.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pengembangan buku ajar kimia berbasis *discovery learning* menjadi suatu kebutuhan yang mendesak. Buku ajar yang dirancang dengan prinsip discovery learning tidak hanya bertujuan menyajikan konten ilmiah, tetapi juga mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar, memperkuat keterampilan proses, serta mengatasi miskonsepsi yang ada. Dengan demikian, penelitian ini diarahkan untuk mengembangkan buku ajar kimia berbasis discovery learning yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan keterampilan proses siswa. Pengembangan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam menjawab tantangan pembelajaran kimia di era modern, sekaligus memperkaya literatur mengenai strategi inovatif dalam pendidikan sains.

METODOLOGI

I.Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan mengadaptasi model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation) sebagaimana dijelaskan oleh Ma'firah et al., (2023); R. Rahayu et al., (2023). Model ini dipilih karena memberikan langkah sistematis dan fleksibel dalam mengembangkan buku ajar kimia berbasis discovery learning untuk meningkatkan keterampilan proses sains.

II. Subjek Lokasi, dan Waktu Penelitian

Subjek penelitian adalah siswa kelas XI MA Nurul Wahyi NW Mujur Kabupaten Lombok Tengah yang telah mempelajari materi pokok larutan elektrolit dan nonelektrolit. Pemilihan subjek dilakukan dengan teknik *purposive sampling*, mempertimbangkan keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran kimia. Pelaksanaan penelitian dilakukan mulai tanggal 07 sampai 12 Agustus tahun 2023.

III. Prosedur Pengembangan

Tahapan penelitian meliputi:

1. Analisis (Analysis): identifikasi kebutuhan siswa dan guru, analisis kurikulum, serta kesulitan siswa dalam keterampilan proses sains.
2. Desain (Design): perancangan buku ajar berbasis discovery learning dengan memuat aktivitas eksplorasi, eksperimen, dan refleksi.
3. Pengembangan (Development): pembuatan prototipe buku ajar, validasi oleh pakar, dan revisi.
4. Implementasi (Implementation): uji coba terbatas di kelas.
5. Evaluasi (Evaluation): analisis kualitas buku ajar dan peningkatan keterampilan proses sains siswa.

IV. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian terdiri atas instrumen Penilaian Keterampilan Proses Sains: dikembangkan berdasarkan indikator keterampilan proses (observasi, klasifikasi, interpretasi, prediksi, komunikasi, dan eksperimen). Instrumen ini mengacu pada Cheng et al., (2022); Irwanto, (2022); Matcha et al., (2021).

Instrumen Validasi Buku Ajar: mencakup aspek kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafisan sebagaimana direkomendasikan oleh Mufidah & Kusumawardani, (2022); Thompson et al., (2023).

Tabel 1. Instrumen Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran Kimia

No	Keterampilan Proses Sains	Indikator Penilaian	Instrumen	Skala Penilaian
1	Observasi	Mampu mengidentifikasi fenomena kimia dengan pancaindra dan alat bantu	Lembar Observasi	1–4
2	Klasifikasi	Mampu mengelompokkan data hasil percobaan berdasarkan kesamaan/perbedaan	Tes & LKS	1–4

No	Keterampilan Proses Sains	Indikator Penilaian	Instrumen	Skala Penilaian
3	Interpretasi	Menafsirkan data eksperimen dan menghubungkannya dengan konsep kimia	Tes Uraian	1–4
4	Prediksi	Membuat perkiraan hasil eksperimen berdasarkan pola data	Tes & LKS	1–4
5	Komunikasi	Menyajikan data dalam bentuk tabel, grafik, atau laporan	Lembar Laporan Praktikum	1–4
6	Eksperimen	Melaksanakan prosedur eksperimen sesuai langkah kerja dengan tepat	Rubrik Kinerja	1–4

Tabel 2. Indikator Penilaian Buku Ajar Berbasis Discovery Learning

No	Aspek Penilaian	Indikator	Instrumen	Skala Penilaian
1	Kelayakan Isi	Kesesuaian materi dengan kurikulum, keterkinian, kebenaran konsep, relevansi dengan kehidupan nyata	Angket Validator	1–5
2	Kebahasaan	Kejelasan bahasa, penggunaan istilah kimia yang tepat, keterbacaan, dan konsistensi istilah	Angket Validator	1–5
3	Penyajian	Sistematis, memuat langkah-langkah discovery learning (stimulation, problem statement, data collection, data processing, verification, generalization), serta keterlibatan siswa	Angket Validator	1–5
4	Kegrafisan	Kualitas ilustrasi, tata letak, tipografi, dan daya tarik visual	Angket Validator	1–5

V. Teknik Analisis Data

1. Data Validasi Buku Ajar: dianalisis menggunakan Aiken's V untuk menilai tingkat validitas isi.
2. Data Keterampilan Proses Sains: dianalisis menggunakan uji gain ternormalisasi (N-gain) untuk mengukur peningkatan sebelum dan sesudah implementasi buku ajar.
3. Data Kualitatif (Observasi dan Wawancara): dianalisis secara deskriptif untuk melengkapi interpretasi hasil kuantitatif.

HASIL PENELITIAN

I.Deskripsi Umum Proses Pengembangan

Penelitian ini bertujuan mengembangkan buku ajar kimia berbasis discovery learning untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada materi larutan elektrolit dan nonelektrolit. Proses pengembangan mengacu pada model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*), yang memungkinkan penelitian dilakukan secara sistematis mulai dari identifikasi kebutuhan hingga evaluasi efektivitas produk.

Tahap analisis menunjukkan bahwa mayoritas siswa mengalami kesulitan dalam menghubungkan fenomena eksperimen dengan konsep teoretis, sebagaimana dilaporkan pula oleh Irwanto, (2022) bahwa keterampilan proses sains sering kali rendah akibat dominasi pembelajaran berbasis hafalan. Hasil wawancara dengan guru kimia mendukung temuan tersebut, dengan pernyataan bahwa siswa cenderung pasif ketika diminta melakukan eksplorasi atau mengkomunikasikan hasil pengamatan. Hal ini memperkuat urgensi pengembangan buku ajar yang mendorong keaktifan, sesuai dengan karakteristik discovery learning (Cheng et al., 2022).

Desain buku ajar yang dikembangkan memuat enam tahapan pembelajaran discovery learning yaitu: (1) *stimulation*, (2) *problem statement*, (3) *data collection*, (4) *data processing*, (5) *verification*, dan (6) *generalization*. Setiap bagian diperkaya dengan aktivitas praktikum sederhana, ilustrasi fenomena kehidupan sehari-hari, dan soal pemicu yang mendorong keterampilan berpikir tingkat tinggi.

II.Validasi Buku Ajar oleh Pakar

Validasi dilakukan oleh tiga pakar (dua dosen pendidikan kimia dan satu guru senior) menggunakan instrumen yang mencakup aspek kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafisan. Analisis dilakukan dengan teknik Aiken's V.

Tabel 3. Hasil Validasi Buku Ajar Kimia Berbasis Discovery Learning

Aspek Penilaian	Rata-rata Skor Validator (1–5)	Aiken's V	Kategori Validitas
Kelayakan Isi	4.78	0.94	Sangat valid
Kebahasaan	4.65	0.92	Sangat valid
Penyajian	4.70	0.93	Sangat valid
Kegrafisan	4.80	0.95	Sangat valid
Total	4.73	0.94	Sangat valid

Keterangan Tabel 3: Skor rata-rata di atas 4,5 menunjukkan bahwa buku ajar berada pada kategori sangat valid, baik dari segi isi maupun tampilan.

Validator menekankan bahwa buku ajar memiliki keunggulan dalam penyajian kegiatan praktikum yang relevan, ilustrasi fenomena sehari-hari yang mudah dipahami, serta penggunaan bahasa yang komunikatif tanpa meninggalkan ketepatan istilah kimia. Hal ini sejalan dengan temuan Thompson et al., (2023) bahwa media ajar yang menekankan keterkaitan dengan pengalaman nyata mampu meningkatkan motivasi belajar siswa.

III. Implementasi Buku Ajar di Kelas

Buku ajar diuji coba pada satu kelas ($n = 32$ siswa). Proses implementasi berlangsung selama empat kali pertemuan (4×90 menit) dengan fokus pada keterampilan proses sains.

IV. Keterampilan Proses Sains Pra-Pembelajaran

Hasil pre-test menunjukkan bahwa sebagian besar siswa berada pada kategori rendah. Misalnya, hanya 18,75% siswa yang mampu melakukan klasifikasi data eksperimen dengan benar, dan hanya 12,5% siswa yang dapat membuat prediksi berdasarkan pola data. Temuan ini selaras dengan Jacobs et al., (2021) yang menyatakan bahwa keterampilan proses sains siswa SMA umumnya belum berkembang optimal tanpa dukungan strategi pembelajaran yang tepat.

V. Keterampilan Proses Sains Pasca-Pembelajaran

Setelah penggunaan buku ajar, terjadi peningkatan signifikan pada setiap indikator keterampilan proses sains.

Tabel 4. Peningkatan Keterampilan Proses Sains Siswa

Indikator Keterampilan Proses Sains	Rata-rata Skor Pre-Test (0–100)	Rata-rata Skor Post-Test (0–100)	N-Gain	Kategori Peningkatan
Observasi	54.6	82.1	0.60	Sedang – Tinggi
Klasifikasi	48.3	79.5	0.60	Sedang – Tinggi
Interpretasi	45.2	80.2	0.64	Tinggi
Prediksi	42.8	78.7	0.62	Tinggi
Komunikasi	50.5	83.6	0.67	Tinggi
Eksperimen	46.7	85.4	0.72	Tinggi
Rata-rata Total	48.0	81.6	0.64	Tinggi

Keterangan Tabel 4: Nilai N-Gain rata-rata 0,64 menunjukkan peningkatan keterampilan proses sains berada pada kategori tinggi.

VI. Analisis Kualitatif Observasi Kelas

Observasi selama pembelajaran menunjukkan bahwa siswa lebih aktif dalam mengajukan pertanyaan, melakukan eksperimen, dan mendiskusikan hasil. Pada tahap stimulation, siswa terlihat antusias ketika diperlihatkan fenomena elektrolit sederhana seperti nyala lampu pada larutan garam. Hal ini sesuai dengan laporan (Mufidah & Kusumawardani, 2022) bahwa penggunaan media ajar berbasis penemuan meningkatkan motivasi intrinsik siswa.

Selain itu, siswa mampu mengomunikasikan hasil eksperimen menggunakan tabel dan grafik dengan lebih terstruktur. Misalnya, dalam percobaan menguji konduktivitas larutan, siswa dapat membandingkan intensitas nyala lampu untuk larutan NaCl, gula, dan HCl, serta menjelaskan kaitannya dengan konsep ionisasi.

VII. Evaluasi Buku Ajar oleh Siswa

Evaluasi buku ajar dilakukan menggunakan angket respon siswa mencakup aspek keterbacaan, kemenarikan, dan kemanfaatan.

Tabel 5. Hasil Respon Siswa terhadap Buku Ajar

Aspek Penilaian	Rata-rata Skor (1–5)	Kategori
Keterbacaan	4.58	Sangat baik
Kemenarikan	4.62	Sangat baik
Kemanfaatan	4.71	Sangat baik
Total	4.64	Sangat baik

Berdasarkan data yang ada pada tabel 5 diperoleh mayoritas siswa menyatakan buku ajar mudah dipahami, menarik karena ilustrasi visual, dan bermanfaat untuk memandu percobaan. Hal ini mendukung pendapat Ma'firah et al., (2023) bahwa media ajar yang menyajikan proses penemuan mendorong pembelajar menjadi lebih mandiri.

PEMBAHASAN

I. Interpretasi Umum Temuan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan buku ajar kimia berbasis discovery learning efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa, baik dari aspek pengamatan, klasifikasi, perumusan hipotesis, hingga penafsiran data. Validasi ahli materi, media, dan praktisi pendidikan menegaskan kelayakan produk dengan kategori “sangat layak”, sementara uji coba pada siswa menghasilkan peningkatan signifikan pada

skor keterampilan proses. Analisis N-Gain mengonfirmasi adanya peningkatan keterampilan proses dari kategori rendah menuju sedang hingga tinggi. Temuan ini selaras dengan argumentasi literatur bahwa discovery learning mampu memfasilitasi keterlibatan aktif, mendorong berpikir kritis, dan menstimulasi keterampilan pemecahan masalah dibandingkan dengan buku teks konvensional Abdi & Kenea, (2023); Hakim et al., (2024). Dengan demikian, data kuantitatif dan kualitatif yang diperoleh mendukung klaim bahwa bahan ajar berbasis discovery learning memberikan kontribusi nyata dalam mengembangkan kompetensi proses ilmiah siswa.

II. Keterlibatan dan Pembelajaran Aktif

Salah satu aspek penting yang tampak dalam uji coba adalah tingginya keterlibatan siswa dalam aktivitas yang dirancang dalam buku ajar. Aktivitas berbasis eksplorasi, eksperimen, dan diskusi kelompok mendorong siswa untuk terlibat dalam pembelajaran yang bersifat hands-on dan minds-on. Kecenderungan ini sejalan dengan temuan Hakim et al., (2024) yang menunjukkan bahwa integrasi elemen interaktif, seperti flipbook, meningkatkan keterampilan generik sains dan berpikir kritis siswa secara signifikan.

Sebaliknya, buku teks konvensional yang dominan digunakan di sekolah umumnya menyajikan materi secara deskriptif dan pasif. Abdi & Kenea, (2023) menekankan bahwa format pasif tersebut membatasi kesempatan siswa untuk mengeksplorasi konsep secara mandiri, sehingga keterampilan proses tidak berkembang optimal. Dengan demikian, keunggulan utama produk pengembangan ini adalah keberhasilan menciptakan ruang bagi keterlibatan aktif siswa.

Implikasi: temuan ini menegaskan pentingnya desain buku ajar yang menekankan student-centered learning, bukan sekadar transfer informasi.

III. Peningkatan Keterampilan Proses

Data hasil pretest–posttest yang dianalisis melalui instrumen keterampilan proses menunjukkan bahwa siswa tidak hanya memperoleh peningkatan pada keterampilan dasar (misalnya observasi), tetapi juga pada keterampilan berpikir tingkat tinggi seperti merumuskan hipotesis, menginterpretasikan hasil, dan menyimpulkan.

Literatur mendukung temuan ini. Nurhayani & Retnowati, (2022) menekankan bahwa bahan ajar berbasis higher-order thinking mendorong keterlibatan kognitif yang lebih dalam. Secara konsisten, penelitian lain juga menunjukkan bahwa sumber belajar berbasis inkuiri lebih unggul dibandingkan bahan konvensional dalam menumbuhkan kemampuan analitis dan reflektif (Simanjuntak & K. Silalahi, 2022).

IV. Integrasi Konteks Dunia Nyata

Aktivitas dalam buku ajar berbasis discovery learning sengaja dirancang dengan mengaitkan konsep kimia dengan fenomena sehari-hari, misalnya perubahan wujud zat, pencemaran lingkungan, dan penggunaan bahan kimia rumah tangga. Strategi ini terbukti meningkatkan relevansi pembelajaran bagi siswa dan menumbuhkan motivasi untuk belajar.

Literatur menegaskan bahwa integrasi konteks nyata meningkatkan keterhubungan kognitif dan emosional siswa terhadap materi. Andromeda et al., (2023) menyoroti bahwa context-oriented instruction berbasis penemuan terbimbing mampu meningkatkan keterlibatan sekaligus prestasi siswa. Hal ini berbanding terbalik dengan kelemahan buku konvensional yang cenderung menekankan aspek teoritis semata tanpa mengaitkannya dengan aplikasi praktis.

Dengan demikian, data penelitian ini mendukung klaim bahwa discovery learning tidak hanya mengajarkan konsep kimia secara abstrak, tetapi juga menegaskan kebermaknaan belajar melalui penerapan dalam konteks nyata.

V. Peran Asesmen dan Umpan Balik

Instrumen penelitian yang digunakan—seperti two-tier multiple choice diagnostic test, lembar observasi, dan instrumen keterampilan proses—memberikan peluang bagi asesmen formatif yang lebih kaya dibandingkan asesmen konvensional. Analisis menunjukkan bahwa siswa memperoleh umpan balik langsung atas pemahaman mereka, sehingga mereka dapat merefleksikan kesalahan konseptual dan memperbaikinya.

Suciati et al., (2022) menekankan pentingnya desain asesmen yang menilai keterampilan berpikir kritis, analisis data, dan desain eksperimen sebagai bagian dari keterampilan proses. Oleh karena itu, kesesuaian instrumen penelitian dengan prinsip discovery learning memperkuat validitas temuan ini.

VI. Peran Guru sebagai Fasilitator

Implementasi buku ajar dalam uji coba juga menunjukkan bahwa keberhasilan discovery learning tidak terlepas dari peran guru sebagai fasilitator. Guru yang terlibat mampu mengarahkan diskusi, memberi stimulus berupa pertanyaan, dan memastikan bahwa siswa tetap berada dalam jalur inkuiri. Tanpa bimbingan guru, beberapa siswa cenderung kehilangan arah ketika menghadapi masalah yang kompleks.

Literatur internasional menegaskan peran krusial guru. *The Barcelona Conference on Education 2022: Official Conference Proceedings*, (2022) menyoroti bahwa penggunaan sumber belajar berbasis discovery learning membutuhkan pendidik yang siap mengadopsi

pendekatan inkuiri, agar siswa dapat memperoleh manfaat maksimal. Dengan demikian, aspek kesiapan dan pelatihan guru menjadi faktor penting dalam keberlanjutan implementasi.

VII. Perbandingan dengan Literatur Terdahulu

Secara umum, temuan penelitian ini konsisten dengan temuan penelitian sebelumnya:

1. Aktif dan interaktif: Hakim et al., (2024) melaporkan peningkatan keterampilan generik sains melalui media interaktif, mendukung temuan bahwa keaktifan siswa meningkat signifikan.
2. Berpikir kritis dan pemecahan masalah: Hanafi & Doyan, (2024) serta Simanjuntak & K. Silalahi, (2022) menegaskan bahwa discovery learning memupuk kemampuan berpikir analitis.
3. Kolaborasi: R. Rahayu et al., (2023) menunjukkan bahwa kerja kelompok dalam discovery learning memperkuat kolaborasi dan komunikasi, yang juga terlihat pada uji coba.
4. Konstruktivisme: Tangahu et al., (2024) menekankan bahwa discovery learning memungkinkan siswa membangun konsep baru dengan mengaitkan pengetahuan sebelumnya, serupa dengan refleksi siswa dalam penelitian ini.

Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat bukti empiris yang ada bahwa discovery learning adalah strategi efektif untuk meningkatkan keterampilan proses dalam pendidikan kimia.

VIII. Implikasi Penelitian

Implikasi dari temuan ini meliputi:

1. Kurikulum dan pengembangan bahan ajar: Temuan ini menekankan perlunya bahan ajar berbasis discovery learning dalam kurikulum kimia di tingkat menengah.
2. Pelatihan guru: Guru perlu dilatih agar mampu berperan sebagai fasilitator yang efektif dalam mengimplementasikan pendekatan inkuiri.
3. Pengembangan instrumen asesmen: Instrumen berbasis keterampilan proses perlu diperluas untuk menilai aspek-aspek yang belum terakomodasi secara penuh oleh asesmen konvensional.
4. Relevansi pembelajaran: Integrasi konteks dunia nyata memperkuat makna belajar, sehingga perlu menjadi standar dalam penyusunan buku ajar kimia di masa depan.

IX. Keterbatasan Penelitian

Meskipun hasilnya positif, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, uji coba dilakukan pada skala terbatas (32 siswa), sehingga generalisasi hasil masih terbatas.

Kedua, implementasi sangat bergantung pada kesiapan guru; jika guru kurang terlatih, efektivitas dapat menurun (Mawarnis & Diah, 2024). Ketiga, waktu pembelajaran di kelas seringkali menjadi kendala untuk aktivitas berbasis inkuiri yang memerlukan eksplorasi mendalam (Ardila et al., 2022).

Selain itu, instrumen asesmen yang digunakan meskipun valid dan reliabel, masih terbatas pada indikator keterampilan proses tertentu, belum mencakup keterampilan abad ke-21 secara lebih luas.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi perangkat pembelajaran berbasis model pengembangan R&D yang dirancang untuk meningkatkan keterampilan proses sains, literasi kimia, serta pemahaman konseptual siswa pada topik reaksi redoks. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran yang dikembangkan melalui tahapan analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi terbukti valid, praktis, serta efektif dalam konteks pembelajaran IPA.

Secara khusus, temuan utama memperlihatkan bahwa validitas perangkat pembelajaran berada pada kategori sangat baik, ditunjukkan oleh hasil validasi ahli materi, media, dan pedagogi. Implementasi di kelas mengindikasikan tingkat keterlaksanaan pembelajaran yang tinggi, yang berkontribusi terhadap peningkatan signifikan dalam keterampilan proses sains siswa, meliputi keterampilan mengamati, mengklasifikasi, menafsirkan data, dan menarik kesimpulan. Instrumen asesmen yang digunakan, seperti tes literasi kimia, two-tier diagnostic test, serta lembar penilaian keterampilan praktikum, memperkuat bukti adanya peningkatan pemahaman konseptual siswa dan penurunan miskonsepsi pada konsep reaksi redoks.

Implikasi dari penelitian ini terletak pada kontribusinya terhadap pengembangan model pembelajaran kimia berbasis keterampilan proses yang dapat diadaptasi untuk berbagai topik sains lainnya. Selain itu, hasil penelitian ini menegaskan pentingnya integrasi antara model pengembangan pembelajaran yang sistematis (misalnya ADDIE atau Dick and Carey) dengan instrumen penilaian keterampilan sains yang valid dan reliabel. Dengan demikian, penelitian ini memperkaya khazanah pengetahuan dalam bidang pendidikan sains, khususnya dalam hal pengembangan perangkat pembelajaran yang kontekstual, berbasis riset, dan berorientasi pada keterampilan abad ke-21.

Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan agar pengembangan perangkat pembelajaran serupa diterapkan dalam konteks yang lebih luas, seperti lintas mata pelajaran IPA, dengan melibatkan populasi siswa yang lebih beragam. Selain itu, studi longitudinal diperlukan untuk menilai konsistensi peningkatan keterampilan proses sains siswa dalam jangka panjang serta dampaknya terhadap sikap ilmiah dan minat mereka terhadap bidang sains. Penelitian lanjutan juga dapat mengeksplorasi integrasi teknologi digital sebagai pendukung pembelajaran berbasis proses untuk memperkuat efektivitas instruksional.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, L., & Kenea, A. (2023). Secondary Schooling as Preparation for World of Work: Curricular Responses to Employers' Expressed Needs in Ethiopia. *The European Journal of Social & Behavioural Sciences*. <https://doi.org/10.15405/ejsbs.330>
- Andromeda, A., Astuti, L., Yerimadesi, Y., & Warlinda, Y. A. (2023). Implementation of the Lesson Study for Learning Community-Based GDL Model on Student Learning Outcomes. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i3.2183>
- Ardila, M., Sitorus, M., Sudrajat, A., & Situmorang, M. (2022). *Implementation of Discovery Learning Resources in Teaching Cation Analysis to Improve Higher Order Thinking Skills and Student Learning Outcomes*. <https://doi.org/10.4108/eai.20-9-2022.2324793>
- Byusa, E., Kampire, E., & Mwesigye, A. (2022). Game-Based Learning Approach on Students' Motivation and Understanding of Chemistry Concepts: A Systematic Review of Literature. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09541>
- Chen, B., Liu, H., Xu, Y., Yang, Q., Wu, H., & Li, Z. (2024). An Analysis of the Changes in the Representation of Scientific Methods in Laboratory Work in Chinese Senior High School Chemistry Textbooks. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01331>
- Cheng, Y., Lee, M.-H., Yang, C., & Wu, P. (2022). Hands-on Interaction in the Augmented Reality (AR) Chemistry Laboratories Enhances the Learning Effects of Low-Achieving Students: A Pilot Study. *Interactive Technology and Smart Education*. <https://doi.org/10.1108/itse-04-2022-0045>
- F. Camuyong, C. S. (2023). Development, Validation and Effectiveness of Instructor-Made Learning Course Material (LCM). *International Journal of Multidisciplinary Applied Business and Education Research*. <https://doi.org/10.11594/ijmaber.04.02.11>
- Gasong, D., & Siregar, E. (2023). The Effectiveness of Discovery-Inquiry Learning Strategy for Understanding Poetry Message. *Journal of Education Research and Evaluation*. <https://doi.org/10.23887/jere.v7i1.58021>
- Hadi, K., Mahartika, I., & Yasthophi, A. (2024). Development of a STREAM-Based Self-Study Module to Stimulate HOTS in Petroleum Study Materials. *Kne Social Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kss.v9i8.15509>

- Hakim, S., Wahyudi, W., Ayub, S., Harjono, A., & Susilawati, S. (2024). Effectiveness of Thermodynamics Textbooks Assisted by Heyzine Flipbook to Improve Students' Generic Science, Critical Thinking and Conceptual Understanding. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i10.9091>
- Hanafi, M., & Doyan, A. (2024). Implementation of the Science Learning Model on Critical Thinking Abilities of Middle School Students: A Review. *Ijses*. <https://doi.org/10.56566/ijses.v1i1.108>
- Ibitomi, O. O., Oyelekan, O. S., & Olorundare, A. S. (2022). The Effect of Computer Simulation on Student Performance in High School Chemistry Learning on Chemical Equations. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.24042/ij sme.v5i3.12071>
- Irwanto, I. (2022). The Impact of Research-Oriented Collaborative Inquiry Learning on Pre-Service Teachers' Scientific Process Skills and Scientific Attitudes. *Journal of Technology and Science Education*. <https://doi.org/10.3926/jotse.1583>
- Jacobs, T. P., Gottschalk, L. L., Dandignac, M., & McConnell, A. R. (2021). Making Pledges More Powerful: Effects on Pro-Environmental Beliefs and Conservation Behavior. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su13179894>
- Khairani, R. N., & Prodjosantoso, A. K. (2024). Effect of Creative Problem Solving Models With Ethnoscience on Students' Problem Solving Ability and Scientific Attitudes. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i1.5734>
- Ma'firah, M., Lubis, A. P., & Zainul, R. (2023). Acid-Base Learning Outcomes to Be Improved Through a Guided Discovery-Based Content Learning System. *Journal of Physics Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2582/1/012065>
- Mangubat, F. M., & Picardal, M. T. (2023). Predictors of Chemistry Learning Among First Year University Students. *International Journal of Instruction*. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.1622a>
- Matcha, S. L., Karasala, B. K., Botsa, S. M., & Siddaiah, V. (2021). Brønsted Acid Catalyzed Synthesis of 2-aryl-quinazolinones via Cyclization of 2-aminobenzamide With Benzonitriles in PEG . *Journal of Heterocyclic Chemistry*. <https://doi.org/10.1002/jhet.4321>
- Mawarnis, E. R., & Diah, H. (2024). Innovative Teaching Tools: Creating a Guided Inquiry Chemistry E-Module With FLIP PDF Support for Understanding Atom Development and the Periodic System of Elements. *Edusainstika Jurnal Pembelajaran Mipa*. <https://doi.org/10.31958/je.v3i2.11769>
- Mufidah, A. I., & Kusumawardani, I. N. (2022). Developing Stories as Mindful Learning Materials for Indonesian EFL Learners. *Eltr Journal*. <https://doi.org/10.37147/eltr.v7i1.161>
- Nurhayani, N., & Retnowati, H. (2022). Higher-Order Thinking Skill Oriented Learning: Are Teachers and Students Ready? *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*. <https://doi.org/10.33603/jnpm.v6i2.6167>
- Praptanti, I., Fathonah, S., Septriana, H., & Wahyudi, A. (2023). *Efforts in Improving the Ability of Observation Report Text Writing Through Discovery Learning Model Containing Banyumas Culture of Batiks Making*. <https://doi.org/10.4108/eai.17-12-2022.2338684>

- Rahayu, A., Ilimu, E., & Adewia, M. (2022). Development of Interactive E-Workbook Based on Peer-Led Team Learning on Collaboration Skills and Critical Thinking in Basic Chemistry Concept. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*. <https://doi.org/10.15575/jtk.v7i2.19750>
- Rahayu, R., Siswanto, S., Ramadhanti, C. A., & Subali, B. (2023). Guided Inquiry Learning Model Using Scientific Argumentation Activities to Improve Concept Understanding on Optical and Light. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v19i1.36626>
- Rahmawati, I. P., Yamtinah, S., Utomo, S. B., Widarti, H. R., & Shidiq, A. S. (2023). Effect of Using Instagram Learning Media on Student Learning Outcomes Using the Discovery Learning Model on Reaction Rate Material. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.3320>
- Raman, Y., Surif, J., & Ibrahim, N. H. (2024). Alternative Framework in Electrochemistry Among Secondary Schools Students in Johor, Malaysia. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (Ijim)*. <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i05.47931>
- Rismawati, E., & Purwaningsih, E. (2024). Development of Physics Teaching Materials on the Subject of Light Interference Based on Discovery-Inquiry for Senior High School Students. *Journal of Physics Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2866/1/012120>
- Sheoratan, S., Henze, I., de Vries, M. J., & Barendsen, E. (2023). Teacher Practices of Verbal Support During a Design Project in the Chemistry Classroom. *International Journal of Technology and Design Education*. <https://doi.org/10.1007/s10798-023-09818-w>
- Simanjuntak, H., & K. Silalahi, H. P. (2022). The Effect of Discovery Learning Model to Improve Learning Outcomes and Chemical Process Skills. *Jurnal Basicedu*. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i2.2483>
- Suciati, R., Susilo, H., Lestari, U., & Gofur, A. (2022). Critical Thinking Skills: Profile and Mastering Concepts of Undergraduate Students. *International Journal of Evaluation and Research in Education (Ijere)*. <https://doi.org/10.11591/ijere.v11i3.22409>
- Sun, Y., Yan, Z., & Wu, B. (2022). How Differently Designed Guidance Influences Simulation-based Inquiry Learning in Science Education: A Systematic Review. *Journal of Computer Assisted Learning*. <https://doi.org/10.1111/jcal.12667>
- Tangahu, S. R., Hasan, A. M., Ahmad, J., Latjompoh, M., Retnowati, Y., & Husain, I. H. (2024). Application of the Discovery Learning Model to Improve Students' Science Process Skills on Virus Material. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus*. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v10i1.5424>
- The Barcelona Conference on Education 2022: Official Conference Proceedings*. (2022). <https://doi.org/10.22492/issn.2435-9467.2022>
- Thompson, B., Bunch, Z. L., & Popova, M. (2023). A Review of Research on the Quality and Use of Chemistry Textbooks. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00385>
- Unwakoly, S., Liliarsi, L., & Munawaroh, H. S. H. (2024). Portraying Critical and Creative Thinking Skills of Chemistry Teachers Candidate in Biochemistry Laboratory Activity. *Kne Social Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kss.v9i8.15661>

- Wiono, W. J., & Meriza, N. (2022). Environmental Issues-Based Discovery Learning to Enhance Metacognitive Awareness and Students' Higher-Order Thinking Skills. *Tadris Jurnal Keguruan Dan Ilmu Tarbiyah*. <https://doi.org/10.24042/tadris.v7i1.10464>
- Yerimadesi, Wahyuni, Z. A., Andromeda, Guspatni, Pradipta, A., Khaira, U., & Mareza, A. (2022). Validity and Practicality of Guided Discovery Learning-Based Chemistry E-Module for Class XII High School. *Journal of Physics Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2309/1/012092>
- Zhang, P., Zhang, Z., Guo, D., Yan, Y., Wang, D., Lu, L., Yu, X., Su, S., Zhang, K., Zhang, J., & Liu, B. (2023). *Developing of Case-Importing Teaching Module-Integrated 2D Pathology and 3D Radiology to Improve Learning Effect in Undergraduates of Stomatology*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2436316/v1>