

## Pengembangan Bahan Ajar Berbasis RADEC untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains

Farhan Baehaki<sup>1\*</sup>, Ni'matul Murtafi'ah<sup>2</sup>, Azalia Adelin<sup>3</sup>, Vivo Prahasta<sup>4</sup>

Teknologi Laboratorium Medik, Fakultas Kesehatan, Institut Kesehatan Rajawali, Bandung Barat 40559

<sup>1</sup> farhanbaehaki71@gmail.com\*;<sup>2</sup>nimatulmurtafiyah@yahoo.co.id;<sup>3</sup>azaliaadeline@gmail.com;

<sup>4</sup>vivoprahasta542@gmail.com

\*korespondensi penulis

### ARTICLE HISTORY

Received: 21 October 2025

Revised: 5 February 2026

Accepted: 11 February 2025

### ABSTRAK

Keterampilan abad ke-21 menjadi standar profil lulusan yang dirancang oleh pemerintah, termasuk bagi mahasiswa calon ahli Teknologi Laboratorium Medis (TLM). Salah satu keterampilan yang menjadi fokus pemerintah adalah pengembangan Keterampilan Proses Sains (KPS). Pembelajaran berpusat pada aktivitas mahasiswa melalui berbagai model pembelajaran telah dilakukan untuk meningkatkan KPS. Namun, pada prosesnya tidak berhasil secara signifikan. Mahasiswa cenderung pasif karena tidak memiliki pengetahuan awal sehingga fokus merekam dan menulis daripada terlibat aktif. Untuk itu, Model Pembelajaran RADEC (*Read, Answer, Discuss, Explain, dan Create*) bisa menjadi alternatif dalam menunjang pengetahuan awal mahasiswa karena terdiri dari tahap Pra-Perkuliahan (*Read dan Answer*) dan tahap Perkuliahan (*Discuss, Explain, dan Create*). Kendala lain adalah keluasan materi karena akses internet yang mudah sehingga menyulitkan mahasiswa mencari dan menyeleksi informasi valid. Penelitian ini bertujuan mengembangkan bahan ajar berbasis RADEC yang dapat memfasilitasi pengembangan KPS bagi mahasiswa TLM. Penelitian ini menggunakan metode Pengembangan & Validasi, yang terdiri dari tahap 1) telaah pustaka; 2) konstruksi; dan 3) peningkatan. Pengembangan bahan ajar dilakukan dengan metode 4-STMD. Penilaian dilakukan melibatkan 7 pakar dan 30 mahasiswa Teknologi Laboratorium Medis. Instrumen yang digunakan dalam proses pengumpulan data adalah lembar validasi ahli dan lembar uji keterbacaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar memiliki validitas yang sangat baik (kesesuaian >80%) dan keterbacaan yang baik (>70%) dalam memfasilitasi pengembangan keterampilan proses sains. Oleh karena itu, bahan ajar yang dikembangkan dapat diimplementasikan dalam perkuliahan.

**Kata kunci :** Bahan ajar, keterampilan proses sains, RADEC, teknologi laboratorium medik

### ABSTRACT

**Development of RADEC-Based Teaching Materials to Improve Science Process Skills.** The government has created a standard graduate profile that includes 21st-century competencies for prospective Medical Laboratory Technology (TLM) students. One of the skills the government focuses on is the development of Science Process Skills (SPS). Student-centered learning through various learning models has been implemented to improve SPS. However, the process has not been significantly successful. Students tend to be passive due to their lack of prior knowledge, so they focus on recording and writing rather than being actively involved. Therefore, the RADEC Learning Model (*Read, Answer, Discuss, Explain, and Create*) can be an alternative in supporting students' prior knowledge because it consists of Pre-Lecture (*Read and Answer*) and Lecture (*Discuss, Explain, and Create*) activities. Another obstacle is the breadth of material due to easy internet access, making it difficult for students to find and select valid information. The goal of this project is to create RADEC-based instructional resources that can help TLM students improve their science process abilities. The Development & Validation approach, which consists of three stages, is used in this study: 1) literature review; 2) construction; and 3) improvement. The 4-STMD approach was used in the creation of instructional materials. Thirty students studying Medical Laboratory Technology and seven specialists participated in the evaluation. A readability test sheet and an expert validation sheet were the tools utilised in the data collection procedure. The results showed that the teaching materials had excellent validity (conformity >80%) and good readability (>70%) in facilitating the development of science process skills. Therefore, the developed teaching materials can be implemented in lectures.

**Keywords:** medical laboratory technology, RADEC, science process skills, teaching materials

## Pendahuluan

Di era globalisasi, pola hidup masyarakat bergeser dari yang tradisional menuju modern (Mendikbud, 2013). Persaingan di era ini berdampak pada berbagai bidang, termasuk pendidikan. Pendidikan adalah kegiatan dalam upaya meningkatkan kualitas sumber daya manusia, yang mencakup aspek kognitif, aspek sikap, dan aspek keterampilan (Julaeha, 2019; Sukmadinata, 2006). Kualitas SDM sangat ditentukan oleh kualitas pendidikan sehingga pemerintah terus berupaya mereformasi pelaksanaan pendidikan. Fokus kompetensi yang ingin ditingkatkan adalah *High Order Thinking Skills* dan keterampilan proses yang perlu diajarkan agar mampu memecahkan permasalahan (Ad'hiya & Laksono, 2018; Handayani et al., 2019; Jackson & Sambo, 2020; Pratama, 2022; Pratama et al., 2019; Rosenkränzer et al., 2017; Schuler et al., 2018; Tulljanah & Amini, 2021). Maka, proses pendidikan harus memfasilitasi pengembangannya melalui pendekatan *Student Center Learning* agar mereka terlibat secara aktif (Mustari et al., 2020; Nuswowati et al., 2020; Thomas, 2011).

Dari hasil observasi, proses pembelajaran masih cenderung pasif. Mahasiswa hanya mendengarkan dan mencatat di kelas. Pendekatan diskusi pun tampak tidak berhasil karena mahasiswa hanya membaca teks saat presentasi dan kesulitan memberikan pertanyaan dan jawaban. Penggalan data atas fenomena ini menunjukkan 1) mahasiswa tidak terbiasa dengan pembelajaran aktif; 2) mahasiswa tidak pernah mempelajari materi sebelum perkuliahan; dan 3) mahasiswa tidak memahami penjelasan yang disampaikan. Peneliti melihat bahwa mahasiswa yang pasif ini karena tidak terbiasa belajar mandiri dan tidak berupaya mempelajari materi yang akan diajarkan. Kondisi ini menyebabkan mereka tidak memiliki pengetahuan awal saat perkuliahan sehingga lebih cenderung mencatat di kelas.

Padahal keterlibatan mahasiswa dalam proses belajar diperlukan untuk meningkatkan Keterampilan Proses Sains (KPS). KPS merupakan kemampuan dasar yang dimiliki, dikuasai, dan diaplikasikan pada kegiatan ilmiah untuk menemukan hal baru (Darmaji et al., 2021; Ginting et al., 2022). Keterampilan ini meliputi kemampuan mengamati, mengkomunikasikan, mengklasifikasi, mengukur, menyimpulkan, dan memprediksi (Nuswowati et al., 2020). KPS sangat penting bagi mahasiswa untuk dapat mengembangkan kemampuan berpikir kreatif, berpikir logis, berpikir kritis, berpikir ilmiah, literasi sains, dan lainnya (Ginting et al., 2022). Pengembangan keterampilan ini dapat dilakukan melalui pengalaman belajar nyata (Wibowo, 2016).

Untuk mendukung pengembangan KPS, diperlukan bahan ajar yang sesuai. Pengembangan bahan ajar telah banyak dilakukan untuk pengembangan KPS. Nuswowati dkk. dan Mustari dkk. melakukan penelitian dengan mengembangkan modul praktikum (Mustari et al., 2020; Nuswowati et al., 2020). Penelitian-penelitian lainnya memiliki kemiripan. Peneliti beranggapan bahwa KPS tidak hanya dapat dikembangkan melalui proses praktikum, proses pembelajaran di kelas yang didesain dengan pendekatan *Student Center Learning* akan mampu memfasilitasi hal tersebut. Maka dari itu, diperlukan bahan ajar untuk memandu mahasiswa dalam proses pembelajaran aktif dan mandiri, yaitu bahan ajar berbasis RADEC.

RADEC merupakan model pembelajaran dengan tahapan *Read, Answer, Discuss, Explain*, dan *Create* (Baehaki et al., 2023; Handayani et al., 2019; Kusumaningpuri & Fauziati, 2021; Pratama et al., 2019; Tulljanah & Amini, 2021). Pada model ini, pengembangan KPS sangat dimungkinkan karena mahasiswa memiliki kesempatan mengembangkan kemampuan

literasi sains, berpikir kritis, berpikir kreatif, dan pemecahan masalah (Handayani et al., 2019; Tulljanah & Amini, 2021). Pada tahap pra-perkuliahan (*Read & Answer*), mahasiswa mengeksplor berbagai referensi untuk dapat menjawab pertanyaan (Sopandi, 2019). Hal ini memberikan kesempatan mengembangkan keterampilan mengumpulkan informasi, mengkualifikasikan, dan lainnya. Pada tahap ini, mahasiswa mengumpulkan informasi sebagai pengetahuan awal mereka. Pada tahap perkuliahan (*Discuss, Explain, & Create*), mahasiswa saling bertukar dan mengkritisi informasi (Sopandi, 2019; Tulljanah & Amini, 2021). Pada akhirnya, mereka menyusun kesimpulan melalui proses yang telah dilakukan. Mahasiswa memiliki kesempatan mengembangkan kemampuan berkomunikasi, mengevaluasi, dan menyimpulkan.

Salah satu mata kuliah yang dapat menunjang pengembangan KPS adalah Media dan Reagensia. Mata kuliah ini merupakan mata kuliah yang menekankan pengembangan keterampilan mahasiswa untuk memahami dan terampil menyiapkan reagen terstandar. Untuk itu, mahasiswa perlu memahami konsep dasar, konsep larutan, stoikiometri larutan, dan lainnya yang saling berkaitan. Hingga saat ini belum ada bahan ajar khusus yang didesain untuk pengembangan kemampuan proses mahasiswa pada mata kuliah ini. Maka dari itu, peneliti mengembangkan bahan ajar pada mata kuliah Media dan Reagensia berbasis RADEC yang di desain untuk memfasilitasi peningkatan keterampilan proses sains pada mahasiswa Teknologi Laboratorium Medik.

## **Metode**

Metode yang digunakan adalah *Research and Development* yang merujuk pada langkah-langkah penelitian oleh Aydın & Ubuz, (2015), Rubach & Lazarides (2021), Sahin et al., (2015), Setiyani et al., (2020). Ada tiga tahap yang dilakukan, yaitu 1) kajian literatur dan pengembangan; 2) Perbaikan; dan 3) uji coba/implementasi produk.

### ***Kajian literatur dan pengembangan bahan ajar***

Pada tahap 1, dilakukan Analisis Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL), kajian keterampilan proses sains, kajian RADEC, dan kajian pada materi Mata Kuliah Media dan Reagensia. Pada tahap ini diperoleh indikator capaian yang terintegrasi pada model RADEC dengan indikator keterampilan proses sains. Indikator tersebut dijadikan sebagai dasar mengkonstruksi bahan ajar. Konstruksi/pengembangan bahan ajar di tahap ini dilakukan dengan model 4STMD yang inisiasikan oleh didaktis (Anwar, 2023). Ada empat tahapan yang dilakukan, yaitu 1) seleksi; 2) strukturisasi; 3) karakterisasi; dan 4) reduksi. Rancangan yang dibuat pada tahap ini disebut Draf 1. Pada tahap ini, ketua peneliti dan anggota peneliti 1 terlibat secara aktif dan saling bertukar informasi.

### ***Perbaikan Rancangan Bahan Ajar***

Pada tahap 2 dilakukan evaluasi draf 1 oleh pakar tentang konten bahan ajar. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk mengetahui validitas isi (*content validity*) dan kekurangan-kekurangan dari bahan ajar yang telah dibuat, ditinjau dari segi konten dan kesesuaian konsepnya. Kegiatan ini dilakukan oleh pakar dengan mengisi lembar *judgement* yang berisi pernyataan untuk menilai Draf 1 yang dikembangkan. Selain itu, para pakar diminta untuk

memberikan komentar mereka sehingga data yang mereka kumpulkan dapat digunakan sebagai dasar untuk perbaikan rancangan. Pengumpulan data dilakukan oleh anggota peneliti 1, mahasiswa 1, dan mahasiswa 2. Sedangkan revisi Draf 1 dilakukan oleh ketua peneliti dan *review* dilakukan oleh anggota peneliti 1. Hasil perbaikan pada tahap ini dinamakan dengan Draf 2.

Selanjutnya, lembar uji diisi untuk menguji struktur kalimat bahan ajar. Uji keterbacaan dilakukan pada 30 mahasiswa Program Studi Teknologi Laboratorium Medis. Tujuan uji ini adalah untuk mengetahui seberapa mudah bahan ajar menyampaikan materi. Dalam lembar uji keterbacaan, siswa diminta untuk mengevaluasi kalimat, gambar, atau tabel yang digunakan dalam materi pelajaran. Mereka juga diminta untuk memberikan tanggapan tentang kalimat, gambar, atau tabel yang digunakan dalam materi pelajaran untuk tujuan memberikan informasi tambahan untuk perbaikan. Pengumpulan data dilakukan oleh anggota peneliti 1, mahasiswa 1, dan mahasiswa 2. Sedangkan revisi Draf 2 dilakukan oleh ketua peneliti dan *review* dilakukan oleh anggota peneliti 1. Hasil perbaikan berdasarkan uji ini disebut Draf 3. Draf 3 dapat dikatakan sebagai draf terakhir sebelum dilakukan ujicoba.

## **Hasil dan Pembahasan**

### ***Hasil studi literatur***

Tahap ini, peneliti telah melaksanakan kajian kurikulum dan literatur yang berkaitan dengan model RADEC, keterampilan proses sains, dan materi pada mata kuliah Media dan Reagensia. Peneliti juga menganalisis capaian pembelajaran di dalam kurikulum. Dari hasil kajian, diperoleh indikator indikator capaian mata kuliah yang terintegrasi pada keterampilan proses sains. Adapun hasil kajian tersebut, diperoleh sebanyak 11 indikator capaian inti dan 39 indikator capaian yang terintegrasi keterampilan proses sains. Indikator-indikator tersebut tersebar ke dalam tiga pokok bahasan yang dikembangkan, yaitu tentang 1) konsep campuran; 2) lambang unsur, rumus kimia, dan tatanama senyawa; dan 3) konsentrasi larutan dan keterampilan dasar pembuatan larutan. Indikator dan pokok bahasan tersebut dijadikan sebagai dasar untuk pengembangan bahan ajar. Selain itu, berdasarkan indikator tersebut juga dikembangkan soal-soal yang berperan pada tahap pra-perkuliahan (*Read dan Answer*) pada model RADEC untuk memandu mahasiswa mencari referensi dan informasi sesuai yang diharapkan. Soal-soal pra-perkuliahan yang dikembangkan merupakan soal terbuka yang memungkinkan bagi mahasiswa untuk mengeksplor pemahaman mereka saat melakukan observasi atau penggalan data melalui referensi yang mereka cari.

### ***Hasil pengembangan (Draf 1)***

Merujuk pada tahapan 4STMD, tahap awal dilakukan dengan mengumpulkan dan menyeleksi materi sesuai dengan indikator capaian yang telah dirancang pada studi literatur (*selection*). Materi-materi tersebut selanjutnya disusun mulai dari konsep dasar hingga terapan (*structuring*). Adapun susunan materi di dalam bahan ajar adalah 1) konsep larutan; 2) lambang unsur; 3) rumus kimia; 4) tatanama senyawa; 5) konsep mol; 6) konsentrasi larutan, dan 7) teknik dasar dalam pembuatan larutan.

Bahan ajar yang dihasilkan berupa modul instruksi kerja yang dapat digunakan mahasiswa untuk panduan mengeksplor informasi atau pengetahuan yang terarah dan mandiri. Bahan ajar

dikembangkan berdasarkan sintaks model RADEC, yaitu *Read, Answer, Discuss, Explain, dan Create* (Pratama et al., 2019; Siregar et al., 2020; Sopandi & Handayani, 2019; Tulljanah & Amini, 2021). Pada bagian pertama, terdapat materi pengantar yang tidak terlalu dalam namun membahas inti dari materi yang akan dipelajari. Bagian ini dikembangkan untuk membantu proses *Read* pada sintaks RADEC. Kedua, dikembangkan juga pertanyaan-pertanyaan pra-perkuliahan untuk membantu pencarian pengetahuan yang lebih terarah secara mandiri. Bagian ini membantu untuk tahap *Answer* pada sintaks RADEC. Walaupun sebenarnya bagian ini juga memiliki peran untuk tahap *Read* dan *Discuss* bagi mahasiswa. Di dalam bahan ajar juga disiapkan lembar jawaban yang dapat selanjutnya digunakan untuk tahap *Discuss* dan *Explain* di kelas. Artinya, dengan bahan ajar ini, mahasiswa akan memiliki pengetahuan awal yang cukup untuk mengikuti perkuliahan. Dengan kondisi ini, mereka akan mampu memahami apa yang sedang dibahas sehingga mendukung kegiatan diskusi untuk saling mengungkapkan gagasan di kelas. Tahap *Create* juga menjadi lebih memungkinkan karena adanya partisipatif mahasiswa sehingga dapat mensintesis kesimpulan bersama-sama terkait materi yang dibahas. Poin lainnya di dalam bahan ajar yang dikembangkan adalah adanya opsi materi lainnya yang disematkan dalam bentuk *link*. *Link* ini merupakan *link* menuju beberapa referensi lain yang dapat digunakan mahasiswa untuk memahami materi campuran, unsur, lambang unsur, rumus kimia, senyawa, dan tatanama senyawa.

Materi di dalam bahan ajar yang dikembangkan adalah materi pengantar, melalui materi ini diharapkan mahasiswa dapat mengeksplor informasi secara mandiri (Siregar et al., 2020; Sopandi, 2017; Sopandi & Handayani, 2019). Materi pengantar di dalam bahan ajar tersebut bertujuan memberikan informasi pembuka/awal untuk setiap sub-pokok. Pada materi 1 tentang konsep larutan, pemaparan diawali dengan konsep campuran heterogen dan campuran homogen dengan menyajikan gambar secara makroskopis. Penggambaran kedua jenis campuran dilakukan menggunakan contoh adukan semen dan teh manis. Pada Gambar 1, tampak bahwa pemaparan materi ditujukan untuk pencapaian indikator “Mahasiswa mampu memahami konsep campuran heterogen dan homogen”. Pemaparan yang disajikan pada bahan ajar tersebut merupakan penjelasan yang sangat umum, namun jika dikaji terkait soal pra-perkuliahan yang dikembangkan tidak lagi menuntut jawaban umum seperti yang disajikan pada bahan ajar.



Gambar 1. Bahan ajar yang dikembangkan

Seperti contoh soal pada Gambar 2, menuntut mahasiswa untuk memberikan argumen mereka terkait campuran homogen dan heterogen. Keterampilan proses sains yang tampak pada saat menjawab pertanyaan ini adalah observasi data dan mengkomunikasikan. Pertanyaan terbuka ini sangat sederhana, namun dapat memberikan ruang yang luas bagi mahasiswa untuk memberikan jawaban yang beragam, sehingga sangat baik jika selanjutnya dibawa ke dalam proses pembelajaran diskusi di kelas. Pertanyaan lanjutan pada pra-perkuliahan sangat diperlukan untuk terus mendorong mahasiswa memperdalam pemahamannya. Seperti pada Gambar 3, diberikan beberapa contoh jenis campuran homogen dan heterogen. Mahasiswa akan diminta mengamati dan menganalisis gambar-gambar tersebut dan mengaitkannya dengan pengetahuan mereka dalam kehidupan sehari-hari. Mereka akan mengelompokkannya menjadi campuran homogen dan heterogen, namun perlu dilengkapi dengan alasan mereka menempatkan benda tersebut. Untuk dapat memaparkan ini, mereka perlu memahami terlebih dahulu konsep campuran, seperti yang dituntut pada pertanyaan pertama (Gambar 3). Jadi, tujuan pertanyaan ini tidak lagi hanya mengelompokkan, tapi menggali sampai sejauh mana mereka memahami dan mengaplikasikan pengetahuannya. Maka, keterampilan proses sains yang tampak pada saat menjawab pertanyaan ini adalah observasi data, klasifikasi data, dan menyimpulkan data.

1. Berdasarkan referensi yang telah Anda pelajari, berikan argumenmu terkait campuran homogen dan heterogen!  
 Jawaban:  
 .....  
 .....

Gambar 2. Contoh soal pra-perkuliahan pada materi 1

2. Perhatikan gambar-gambar berikut!

 (1)	 (2)	 (3)
 (4)	 (5)	 (6)
 (7)	 (8)	 (9)
 (10)	 (11)	 (12)

Dari hasil pengamatan pada gambar-gambar di atas:

1. Manakah yang termasuk campuran homogen? Berikan alasan untuk setiap gambar yang Anda masukkan ke dalam kelompok campuran homogen!
2. Manakah yang termasuk campuran heterogen? Berikan alasan setiap gambar yang Anda masukkan ke dalam kelompok campuran heterogen!

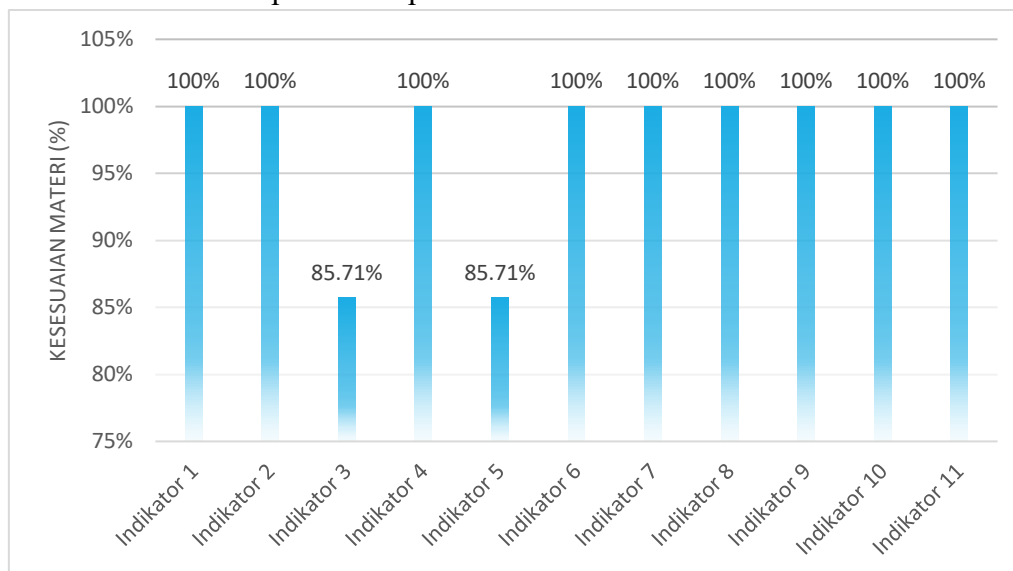
Gambar 3. Pertanyaan pra-perkuliahan lanjutan pada materi 1

Dari hasil pengembangan Draf 1, peneliti berhasil mengembangkan tujuh butir soal pra-perkuliahan pada Materi 1, 20 butir soal pra-perkuliahan pada Materi 2, dan 16 butir soal pra-perkuliahan pada Materi 3.

### **Hasil uji validitas dan uji keterbacaan**

Tahap lanjutan setelah Draf 1 dikembangkan adalah uji validitas konten dan uji keterbacaan. Uji validitas konten bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian materi pada bahan ajar (Draf 1) dengan indikator pencapaian (Lia et al., 2016; Sarip et al., 2022). Selain itu, tahap ini juga dilakukan untuk mengetahui tingkat kesulitan bahan ajar, terutama dalam menyampaikan informasi. Tahap ini masuk pada tahap ketiga pada 4STMD, yaitu *characterization*.

Uji ini dilakukan oleh tujuh validator, terdiri dari dua dosen bidang kimia, satu dosen bidang pendidikan, dan empat dosen bidang sains terapan kesehatan. Pelibatan dosen bidang pendidikan bertujuan memperoleh hasil evaluasi Draf 1 yang ditinjau pada aspek ilmu pendidikan. Pelibatan dosen bidang kimia bertujuan memperoleh hasil evaluasi Draf 1 yang ditinjau pada aspek sains yang berkaitan, yaitu kimia dasar dan keterampilan laboratorium dasar. Sedangkan pelibatan dosen bidang sains terapan kesehatan bertujuan memperoleh hasil evaluasi Draf 1 yang ditinjau pada aspek pencapaian kurikulum yang diharapkan di bidang kesehatan. Hasil validasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil uji validitas isi bahan ajar

Data pada Gambar 4 menunjukkan bahwa secara keseluruhan validator menilai kesesuaian antara materi dengan indikator capaian yang baik. Walaupun mereka melihat adanya beberapa materi yang belum sesuai sesuai. Dari tujuh indikator, terdapat dua indikator dengan persentase di bawah 100%, yaitu indikator 3 (85,71%) dan indikator 5 (85,71%). Hanya saja, tidak ada masukkan pada bagian tersebut, sehingga penyajian materi masih tetap sama. Dari data pada Gambar 4 juga tampak bahwa banyak masukkan dari validator berkaitan dengan penyajian materi pada bahan ajar. Untuk indikator 1, masukkan berkaitan dengan analogi campuran homogen menggunakan air teh manis perlu dipertimbangkan. Hal ini dikhawatirkan mahasiswa mungkin akan membayangkan teh manis tersebut dicampur dengan daun teh tanpa saringan, sehingga memungkinkan salah tafsir. Namun, peneliti menganggap ini tidak menjadi masalah karena disajikan gambar air teh di dalam gelas yang jernih tanpa adanya endapan. Pada indikator 8, perlu adanya penguatan aspek makroskopis untuk membayangkan bahwa jumlah satu mol zat bukanlah jumlah yang sedikit. Adanya penambahan gambar akan memberikan

gambaran lebih konkret bagi mahasiswa. Pada indikator 9, validator meninjau dari aspek kemudahan dalam membuat penjelasan abstrak menjadi lebih nyata melalui penambahan gambar air teh manis. Dan pada indikator 11, peneliti memperoleh masukan berkaitan dengan tahapan dalam pembuatan larutan yang harus diilustrasikan dengan gambar yang lebih nyata, tidak hanya bagan. Hal ini bertujuan untuk membantu mahasiswa membayangkan tahapan yang tampak abstrak menjadi konkret.

Selanjutnya, dilakukan uji validitas konten pada soal evaluasi yang telah dirancang. Jika dilihat dari hasil penilaian pada Tabel 1, seluruh validator menyatakan bahwa soal telah sesuai dengan indikator capaian dan indikator keterampilan proses sains yang ditentukan. Hanya saja beberapa validator memberikan masukan terkait soal yang telah di rancang. Pada soal nomor 1 Materi 1 (M1-1), validator menyarankan butir soal harus diberikan kasus atau ilustrasi permasalahan sehingga dapat memberikan informasi lebih lengkap kepada mahasiswa. Selain itu, masukan juga diberikan untuk soal nomor M1-3, M1-4, M1-5, dan M1-7. Namun, jika ditinjau dari nilai CVR yang diperoleh, seluruh soal berada di atas nilai CVR kritis (0,622). Maka, dapat dikatakan bahwa seluruh soal yang dikembangkan memiliki kesesuaian yang baik dengan indikator yang diukur.

Selanjutnya, uji keterbacaan dilakukan pada mahasiswa. Ini dilakukan untuk mengevaluasi kualitas draf yang dibuat dari segi penggunaan bahasa dan kemampuan siswa untuk memahami informasi yang diberikan (Baehaki et al., 2016; Kusuma, 2018; Lia et al., 2016; Nurrita, 2018; Sarip et al., 2022; Sukmawati et al., 2020). Uji keterbacaan ini melibatkan dua puluh mahasiswa. Para penilai menilai berbagai aspek bahan ajar, termasuk penggunaan bahasa, keberfungsian gambar yang diberikan, kualitas gambar bahan ajar, tampilan bahan ajar, dan kemudahan mahasiswa untuk memahami instruksi. Selain itu, uji keterbacaan juga dilakukan dengan soal evaluasi yang berfokus pada penggunaan bahasa dan penyampaian instruksi. Hasil uji keterbacaan disajikan dalam Tabel 2.

Bahan ajar yang dirancang tampaknya memiliki beberapa kelemahan, seperti yang ditunjukkan oleh data Tabel 2. Kelemahan yang paling menonjol terletak pada aspek tampilan dan instruksi bahan ajar. Masing-masing sebanyak 30% responden menyatakan kurang setuju terhadap tampilan dan kejelasan instruksi bahan ajar. Pada aspek tampilan, responden memperlmasalahkan warna, nomor halaman, dan cover yang digunakan pada bahan ajar kurang menarik. Selanjutnya, pada aspek kejelasan instruksi, responden menyatakan bahwa mereka tidak menemukan nomor halaman dan tanda penekanan pada bahan ajar. Aspek kualitas gambar, memiliki penilaian kurang baik sebanyak 13,33%. Responden merasa bahwa kualitas gambar perlu diperbaiki, terutama ukuran gambar. Sebagai contoh, responden mengeluhkan ukuran gambar Sistem Periodik Unsur yang terlalu kecil sehingga mereka tidak bisa melihat dengan baik data-data selain lambang unsur di dalamnya. Selanjutnya pada aspek bahasa dan keberfungsian gambar, masing-masing 10% responden menyatakan kurang setuju. Konfirmasi telah dilakukan terkait hal tersebut kepada responden melalui wawancara. Pada aspek bahasa, tampaknya responden lebih cenderung belum memahami materi pada bahan ajar, bukan terkait bahasa yang digunakan. Namun, untuk aspek keberfungsian gambar, responden menyatakan bahwa ada beberapa gambar yang sulit untuk dimengerti maksudnya, seperti pada tahapan pembuatan larutan. Hal ini juga tampaknya menjadi salah satu temuan dari validator pada tahap

validasi konten. Responden mengharapkan gambar yang disajikan lebih relevan sehingga lebih mudah dipahami.

Tabel 1. Hasil uji validitas soal

Indikator capaian pembelajaran	Indikator keterampilan proses sains	Nomor Soal	Hasil penilaian validator							CVR kritis	CVR
			1	2	3	4	5	6	7		
1	1.1	M1-1	S	S	S	S	S	TS	S	0,86	
	1.2	M1-2	S	S	S	S	S	S	S		
2	2.1	M1-3	S	S	S	S	S	S	S	0,622	
		M1-4	S	S	S	S	S	S	S		
		M1-5	S	S	S	S	S	S	S		
		M1-6	S	S	S	S	S	S	S		
	2.2	M1-6	S	S	S	S	S	S	S		
	2.3	M1-6	S	S	S	S	S	S	S		
	2.4	M1-7	S	S	S	S	S	S	S		
3	3.1	M2-1	S	S	S	S	S	S	S		
		M2-2	S	S	S	S	S	S	S		
	3.2	M2-3	S	S	S	S	S	S	S		
	3.3	M2-4	S	S	S	S	S	S	S		
	4	4.1	M2-5	S	S	S	S	S	TS	S	
4.2		M2-6	S	S	S	S	S	S	S		
4.3		M2-7	S	S	S	S	S	S	S		
5	5.1	M2-8	S	S	S	S	S	TS	S		
	5.2	M2-9	S	S	S	S	S	S	S		
	5.3	M2-10	S	S	S	S	S	S	S		
	5.4	M2-11	S	S	S	S	S	S	S		
6	6.1	M2-12	S	S	S	S	S	TS	S		
	6.2	M2-13	S	S	S	S	S	S	S		
	6.3	M2-14	S	S	S	S	S	S	S		
	6.4	M2-15	S	S	S	S	S	S	S		
7	7.1	M2-16	S	S	S	TS	S	S	S		
	7.2	M2-17	S	S	S	S	S	S	S		
	7.3	M2-18	S	S	S	S	S	S	S		
	7.4	M2-19	S	S	S	S	S	S	S		
	7.5	M2-20	S	S	S	S	S	S	S		
	7.6	M2-21	S	S	S	S	S	S	S		
8	8.1	M3-1	S	S	S	S	S	S	S		
	8.2	M3-2	S	S	S	S	S	S	S		
9	9.1	M3-3	S	S	S	S	S	S	S		
10	10.1	M3-4	S	S	S	S	S	S	S		
		M3-5	S	S	S	S	S	S	S		
	10.2	M3-6	S	S	S	S	S	S	S		
		M3-7	S	S	S	S	S	S	S		
	10.3	M3-8	S	S	S	S	S	S	S		
	10.4	M3-9	S	S	S	S	S	S	S		
		M3-10	S	S	S	S	S	S	S		
		M3-11	S	S	S	S	S	S	S		
		M3-12	S	S	S	S	S	S	S		
	11.1	M3-13	S	S	S	S	S	S			
		M3-14	S	S	S	S	S	S			
	11.2	M3-15	S	S	S	S	S	S			
		M3-16	S	S	S	S	S	S			

Tabel 2. Hasil uji keterbacaan bahan ajar

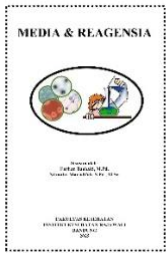





No	Indikator penilaian	Hasil Penilaian			Saran perbaikan
		Setuju	Kurang setuju	Tidak setuju	
1	Tata bahasa pada bahan ajar mudah dipahami	90,00%	10,00%	0,00%	Ada beberapa bagian yang sulit dipahami kalimatnya.
2	Gambar pada bahan ajar dapat membantu untuk memahami materi	90,00%	10,00%	0,00%	Gambar masih kurang dan perlu gambar yang lebih relevan
3	Gambar pada bahan ajar berkualitas baik	86,67%	13,33%	0,00%	Beberapa gambar kurang besar sehingga kurang jelas, seperti gambar SPU
4	Tampilan/tata letak/desain bahan ajar tampak menarik	70,00%	30,00%	0,00%	Tidak ada nomor halaman, kurang berwarna, cover monoton
5	Instruksi yang diberikan pada bahan ajar jelas dan dapat dengan mudah dipahami	70,00%	30,00%	0,00%	Harus ada penekanan pada poin-poin penting

## Perbaikan bahan ajar

Tahap selanjutnya dalam penelitian ini adalah perbaikan terhadap Draf 1 bahan ajar berdasarkan hasil uji validitas dan uji keterbacaan. Tahap ini merupakan bagian dari tahapan keempat dalam model *Four Steps Teaching Material Development (4STMD)*, yaitu tahap *Reduksi Didaktis*. Reduksi didaktis dilakukan dengan mengacu pada masukan dari para pakar dan mahasiswa, khususnya terkait tingkat kesulitan dalam memahami materi yang disajikan dalam bahan ajar, sehingga diperlukan penyederhanaan dan penyesuaian penyajian materi tanpa mengurangi esensi konsep yang dipelajari.

Berdasarkan masukan tersebut, peneliti melakukan perbaikan pada beberapa aspek, meliputi kualitas dan ukuran gambar, tata bahasa, perubahan warna tampilan, serta pemberian penekanan pada poin-poin penting dalam materi. Meskipun demikian, proses perbaikan dilakukan dengan berbagai pertimbangan agar tetap selaras dengan tujuan pembelajaran dan karakteristik bahan ajar yang dikembangkan. Hasil dari perbaikan Draf 1 ini selanjutnya disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perbaikan Draf 1

No	Sebelum Perbaikan (Draf 1)	Setelah Perbaikan (Draf 2)
1		
2	<p>Perbaiki! Anda membuat teh manis? Atau perbaiki! Anda melihat adukan untuk beton/tembok? Kedua hal tersebut merupakan contoh dari jenis campuran yang bisa kita lihat dalam kehidupan sehari-hari. Kalian membuat teh manis dengan menambahkan gula ke dalam air teh. Dan kalian melihat bahwa adukan untuk membuat tembok atau beton adalah pasir, kerikil, semen, dan air.</p>  <p>Gambar 1. Contoh campuran di dalam kehidupan sehari-hari</p> <p>Dengan pengetahuan yang sudah dimiliki hingga saat ini, pasti kita bisa mendefinisikan campuran dengan baik. Campuran adalah gabungan dua atau lebih zat yang mempertahankan identitas khususnya. Secara umum, ada dua jenis campuran, yaitu campuran heterogen dan campuran homogen. Saat kita memasukkan gula dan teh ke dalam gelas berisi air, tampak bahwa gula dan teh tidak terlihat lagi. Yang tampak hanya zat berwujud cair dengan warna kecoklatan.</p> <p>Secara umum, unsur dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu unsur logam dan non logam. Secara khusus, unsur logam memiliki ciri-ciri seperti dapat menghantarkan listrik dengan baik, memiliki titik leleh yang tinggi, memiliki titik lebur yang tinggi, dapat ditempa, dan memiliki kilap khusus di permukaannya. Secara keseluruhan, unsur-unsur tersebut dapat kita lihat di dalam Sistem Periodik Unsur.</p>  <p>Gambar 4. Tabel Sistem Periodik Unsur</p>	<p>Perbaiki! Anda membuat teh manis? Atau perbaiki! Anda melihat adukan untuk beton/tembok? Kedua hal tersebut merupakan contoh dari jenis campuran yang bisa kita lihat dalam kehidupan sehari-hari. Kalian membuat teh manis dengan menambahkan gula ke dalam air teh. Dan kalian melihat bahwa adukan untuk membuat tembok atau beton adalah pasir, kerikil, semen, dan air.</p>  <p>Gambar 1.1 Contoh campuran di dalam kehidupan sehari-hari</p> <p>Dengan pengetahuan yang sudah dimiliki hingga saat ini, pasti kita bisa mendefinisikan campuran dengan baik. Campuran adalah gabungan dua atau lebih zat yang mempertahankan identitas khususnya. Secara umum, ada dua jenis campuran, yaitu campuran heterogen dan campuran homogen. Saat kita memasukkan gula dan teh ke dalam gelas berisi air, tampak bahwa gula dan teh tidak terlihat lagi. Yang tampak hanya zat berwujud cair dengan warna kecoklatan. Saat campuran tampak hanya dalam satu wujud fasa seperti itu, maka campuran tersebut diklasifikasikan sebagai campuran homogen. Saat kita melihat campuran pasir, semen, kerikil, dan air pada suatu adukan untuk membuat beton atau tembok, kita</p> <p>Secara umum, unsur dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu unsur logam dan non logam. Secara khusus, unsur logam memiliki ciri-ciri seperti dapat menghantarkan listrik dengan baik, memiliki titik leleh yang tinggi, memiliki titik lebur yang tinggi, dapat ditempa, dan memiliki kilap khusus di permukaannya. Secara keseluruhan, unsur-unsur tersebut dapat kita lihat di dalam Sistem Periodik Unsur.</p>  <p>Gambar 2.2 Tabel Sistem Periodik Unsur</p>

No

Sebelum Perbaikan

(Draf 1)

Setelah Perbaikan

(Draf 2)

Materi 3: Konsentrasi Larutan dan Keterampilan Dalam Pembuatan Larutan

Materi 3: Konsentrasi Larutan dan Keterampilan Dalam Pembuatan Larutan

Konsep Mol

Perhatikan kalian menghitung sesuatu? Misalnya kursi? Apakah kalian bisa menghitung kursi di kelas kalian? Jawaban umumnya pasti bisa. Kita bisa menghitung kursi-kursi tersebut dengan melihat dan menumpuk setiap kursi sehingga diperoleh hasil yang tepat. Bagaimana dengan zat lain, seperti air? Bisakah kita menghitung jumlahnya? Tentu saja bisa, dengan menghitung volumenya dalam satuan liter atau mililiter atau desiliter, dan lainnya. Satuan-satuan tersebut akan mempermudah kita dalam menentukan jumlah air tersebut. Namun, bagaimana jika kita akan menghitung jumlah molekul atau atom dari suatu zat tertentu? Apakah bisa menggunakan liter atau mililiter? Tentu saja tidak karena kita tidak bisa melihat ataupun memastikannya secara fisik. Maka dari itu, diperlukan satuan lain yang disebut mol. Mol merupakan salah satu satuan internasional yang digunakan untuk menentukan jumlah partikel (atom, molekul, dan ion). Di dalam satu mol suatu zat berisi sekitar 6,022 x 10<sup>23</sup> partikel. Nilai ini dikenal dengan bilangan Avogadro.

Mol dapat kita hitung dengan beberapa pendekatan, yaitu kaitannya dengan jumlah partikel, massa zat, dan volume (untuk gas). Untuk yang pertama, hubungan mol dengan jumlah partikel selalu dikaitkan dengan bilangan avogadro. Satu mol akan sama dengan 6,022 x 10<sup>23</sup> molekul atau atom atau ion. Hubungan itu dapat kita nilaikan dengan persamaan berikut.



Gambar 7. Bagan alir pembuatan larutan dari stok padat

Tahap pertama dalam membuat larutan dari stok padat yaitu dengan melakukan perhitungan massa zat yang harus ditimbang menggunakan persamaan:

M = (konsentrasi molar) \* V

m = (konsentrasi normal) \* V

N = (konsentrasi normal) \* V

Jika massa zat telah diketahui, maka tahapan selanjutnya melakukan perimbangan sesuai dengan hasil perhitungan. Zat yang telah ditimbang, dilarutkan ke dalam pelarut di dalam gelas kimia. Untuk menghindari kesalahan volume, dapat digunakan metode bertahap dalam menambahkan pelarut. Jika volume larutan yang akan dibuat adalah 100 mL, maka pelarutan dilakukan dengan volume setersinginya atau 50 mL. Sisanya digunakan untuk pembilasan secara berulang untuk memastikan sisa-sisa zat benar-benar larut dan masuk ke dalam labu ukur.



Tahap pertama dalam membuat larutan dari stok padat yaitu dengan melakukan perhitungan massa zat yang harus ditimbang menggunakan persamaan:

M = (konsentrasi molar) \* V

m = (konsentrasi normal) \* V

N = (konsentrasi normal) \* V

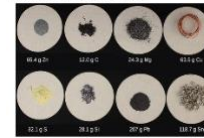
Jika massa zat telah diketahui, maka tahapan selanjutnya melakukan perimbangan sesuai dengan hasil perhitungan. Zat yang telah ditimbang, dilarutkan ke dalam pelarut di dalam gelas kimia. Untuk menghindari kesalahan volume, dapat digunakan metode bertahap dalam menambahkan pelarut. Jika volume larutan yang akan dibuat adalah 100 mL, maka pelarutan dilakukan dengan volume setersinginya atau 50 mL. Sisanya digunakan untuk pembilasan secara berulang untuk memastikan sisa-sisa zat benar-benar larut dan masuk ke dalam labu ukur.



Gambar 8. Bagan alir pembuatan larutan dari stok cair

Konsep Mol

Perhatikan kalian menghitung sesuatu? Misalnya kursi? Apakah kalian bisa menghitung kursi di kelas kalian? Jawaban umumnya pasti bisa. Kita bisa menghitung kursi-kursi tersebut dengan melihat dan menumpuk setiap kursi sehingga diperoleh hasil yang tepat. Bagaimana dengan zat lain, seperti air? Bisakah kita menghitung jumlahnya? Tentu saja bisa, dengan menghitung volumenya dalam satuan liter atau mililiter atau desiliter, dan lainnya. Satuan-satuan tersebut akan mempermudah kita dalam menentukan jumlah air tersebut. Namun, bagaimana jika kita akan menghitung jumlah molekul atau atom dari suatu zat tertentu? Apakah bisa menggunakan liter atau mililiter? Tentu saja tidak karena kita tidak bisa melihat ataupun memastikannya secara fisik. Maka dari itu, diperlukan satuan lain yang disebut mol. Mol merupakan salah satu satuan internasional yang digunakan untuk menentukan jumlah partikel (atom, molekul, dan ion). Di dalam satu mol suatu zat berisi sekitar 6,022 x 10<sup>23</sup> partikel. Nilai ini dikenal dengan bilangan Avogadro.



Gambar 3.1. Molan air dalam gelas kimia



Gambar 3.4. Bagan alir pembuatan larutan dari stok padat

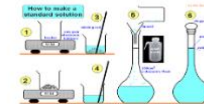
Tahap pertama dalam membuat larutan dari stok padat yaitu dengan melakukan perhitungan massa zat yang harus ditimbang menggunakan persamaan:

M = (konsentrasi molar) \* V

m = (konsentrasi normal) \* V

N = (konsentrasi normal) \* V

Secara umum tahapan pembuatan larutan dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.2. Tahapan dalam membuat larutan dari stok padat

Jika massa zat telah diketahui, maka tahapan selanjutnya melakukan perimbangan sesuai dengan hasil perhitungan. Zat yang telah ditimbang, dilarutkan ke dalam pelarut di dalam gelas kimia. Untuk menghindari kesalahan volume, dapat digunakan metode bertahap dalam menambahkan pelarut. Jika volume larutan yang akan dibuat adalah 100 mL, maka pelarutan dilakukan dengan volume setersinginya atau 50 mL. Sisanya digunakan untuk pembilasan secara berulang untuk memastikan sisa-sisa zat benar-benar larut dan masuk ke dalam labu ukur.



Gambar 3.3. Bagan alir pembuatan larutan dari stok cair

Untuk pembuatan larutan dari stok cair yang sudah diketahui. Secara terperinci, alat-alat yang diperlukan dapat dilihat pada Gambar 3.1. Pada tahap awal perlu perhitungan konsentrasi stok di dalam larutan terlebih dahulu menggunakan persamaan:

M = (konsentrasi molar) \* V

m = (konsentrasi normal) \* V

N = (konsentrasi normal) \* V

Volume yang tersedia dari hasil perhitungan digunakan untuk menghitung jumlah zat yang harus ditimbang. Untuk menghindari kesalahan volume, dapat digunakan metode bertahap dalam menambahkan pelarut. Jika volume larutan yang akan dibuat adalah 100 mL, maka pelarutan dilakukan dengan volume setersinginya atau 50 mL. Sisanya digunakan untuk pembilasan secara berulang untuk memastikan sisa-sisa zat benar-benar larut dan masuk ke dalam labu ukur.



Gambar 3.5. Tahapan dalam membuat larutan dari stok cair

Tabel 3 menunjukkan adanya perubahan pada konten dan penyajian konten bahan ajar sebagai hasil dari proses revisi yang dilakukan peneliti. Perubahan tersebut merupakan tindak lanjut dari masukan yang diperoleh pada tahap uji keterbacaan dan uji validasi, baik dari para pakar maupun dari mahasiswa sebagai pengguna bahan ajar. Masukan yang diberikan umumnya berkaitan dengan kejelasan penyajian materi, keterpaduan antara teks dan visual, serta tingkat kemudahan dalam memahami konsep yang disampaikan. Oleh karena itu, revisi difokuskan pada upaya penyempurnaan struktur penyajian agar materi dapat dipahami secara lebih sistematis dan komunikatif.

Secara umum, perbaikan yang dilakukan meliputi penyesuaian cara penyajian konten, perubahan dan penyederhanaan beberapa kalimat penjelasan yang dinilai masih kurang jelas, pengaturan ulang ukuran dan tata letak gambar, serta penambahan ilustrasi yang lebih relevan dan kontekstual dengan materi pembelajaran. Perbaikan pada aspek visual bertujuan untuk membantu pembaca dalam memahami konsep yang bersifat abstrak, sedangkan perbaikan bahasa dilakukan untuk meningkatkan keterbacaan dan mengurangi potensi ambiguitas makna. Dengan adanya perbaikan tersebut, bahan ajar yang dikembangkan diharapkan memiliki kualitas yang lebih baik, baik dari segi isi maupun penyajian, sehingga lebih efektif digunakan dalam proses pembelajaran.

## Simpulan

Dari data hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan merupakan modul instruksi kerja yang memiliki tingkat validitas yang sangat baik. Hal ini ditunjukkan dengan hasil uji validitas berada pada nilai persentase di atas 80% melalui penilaian pakar. Selain itu, hasil uji keterbacaan menunjukkan nilai persentase 70% – 100%, pada aspek bahasa, tampilan, penyajian informasi melalui gambar, kualitas gambar, dan pemahaman terhadap instruksi. Berdasarkan hal tersebut, maka bahan ajar yang dikembangkan memiliki kelayakan yang baik untuk dapat digunakan sebagai salah satu media dalam perkuliahan menggunakan model RADEC.

## Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi yang telah membiayai penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kepada Institut Kesehatan Rajawali dan semua pihak yang telah terlibat dan membantu terlaksananya penelitian ini.

## Referensi

- Ad'hiya, E., & Laksono, E. W. (2018). Development and Validation of an Integrated Assessment Instrument to Assess Students' Analytical Thinking Skills in Chemical Literacy. *International Journal of Instruction*, 11(4), 241–256.
- Anwar, S. (2023). *Metode Pengembangan Bahan Ajar: Four Steps Teaching Material Development (4STMD)* (I. Hamidah, Ed.). Indonesia Emas Group.
- Aydin, U., & Ubuz, B. (2015). The Thinking-About-Derivative Test For Undergraduate Students: Development And Validation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(6), 1279–1303. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9545-x>
- Baehaki, F., Murtafi'ah, N., & Kodariah, L. (2023). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis RADEC untuk Meningkatkan Keterampilan Literasi Sains. *Paradigma: Jurnal Filsafat, Sains, Teknologi, Dan Sosial Budaya*, 29(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.33503/paradigma.v29i4.550>
- Baehaki, F., Nahadi, & Firman, H. (2016). *Pengembangan dan Validasi Tes Pilihan Ganda Berbasis Penalaran Untuk Mengukur Penguasaan Materi Kesetimbangan Kimia*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Darmaji, D., Astalini, A., Kurniawan, D. A., & Br.Ginting, A. A. (2021). Relationship of Science Process Skills on Critical Thinking Ability Review By Gender In Madrasah Aliyah. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(4), 711–735. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v9i4.21391>
- Ginting, A. A. B., Darmaji, D., & Kurniawan, D. A. (2022). Analisis Pentingnya Keterampilan Proses Sains terhadap Kemampuan Berpikir Kritis di SMA Se-Kecamatan Pelayung. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(1), 91–96. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i1.542>
- Handayani, H., Sopandi, W., Syaodih, E., Suhendra, I., & Hermita, N. (2019). RADEC: An Alternative Learning Of Higher Order Thinking Skills (HOTs) Students Of Elementary School on Water Cycle. *Journal of Physics: Conference Series*, 1351(1), 012074. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1351/1/012074>

- Jackson, M. C., & Sambo, L. G. (2020). Health systems research and critical systems thinking: the case for partnership. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(1), 3–22. <https://doi.org/10.1002/sres.2638>
- Julaeha, S. (2019). Problematika Kurikulum dan Pembelajaran Pendidikan Karakter. *Jurnal Penelitian Pendidikan Islam*, 7(2), 157. <https://doi.org/10.36667/jppi.v7i2.367>
- Kusuma, D. (2018). Analisis Keterbacaan Buku Teks Fisika SMK Kelas X. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 1(1).
- Kusumaningpuri, A. R., & Fauziati, E. (2021). Model Pembelajaran RADEC dalam Perspektif Filsafat Konstruktivisme Vygotsky. *Jurnal Papeda: Jurnal Publikasi Pendidikan Dasar*, 3(2), 103–111. <https://doi.org/10.36232/jurnalpendidikandasar.v3i2.1169>
- Lia, R. M., Udaibah, W., & Mulyatun, M. (2016). Pengembangan Modul Pembelajaran Kimia Berorientasi Etnosains Dengan Mengangkat Budaya Batik Pekalongan. *Unnes Science Education Journal*, 5(3).
- Mustari, M., Marwoto, P., Iswari, R. S., Ginanjar, F. A., & Anjelinar, Y. (2020). Development of physics practicum module based on collaborative teamwork learning model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1572(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1572/1/012018>
- Nurrita, T. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Misykat*, 3(1), 171–187.
- Nuswowati, M., Azzahra, A., & Purwanti, E. (2020). The effectiveness of nature-based practicum worksheet on acid-base titration material towards students' science process skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(2), 022040. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/2/022040>
- Peraturan Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia No. 73 Tahun 2013 Tentang Penerapan Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia Bidang Pendidikan Tinggi, Pub. L. No. 73 (2013).
- Pratama, A. F. (2022). Bimbingan Belajar Dengan Pendekatan Student Centered Learning Untuk Pembiasaan Belajar Mandiri Di Masa Pandemi COVID-19. *PROCEEDINGS UIN SUNAN GUNUNG DJATI BANDUNG*, 1(71).
- Pratama, Y. A., Sopandi, W., & Hidayah, Y. (2019). RADEC Learning Model (Read-Answer-Discuss-Explain And Create): The Importance of Building Critical Thinking Skills In Indonesian Context. *International Journal for Educational and Vocational Studies*, 1(2). <https://doi.org/10.29103/ijevs.v1i2.1379>
- Rosenkränzer, F., Hörsch, C., Schuler, S., & Riess, W. (2017). Student teachers' pedagogical content knowledge for teaching systems thinking: effects of different interventions. *International Journal of Science Education*, 39(14), 1932–1951. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1362603>
- Rubach, C., & Lazarides, R. (2021). Addressing 21st-century digital skills in schools – Development and validation of an instrument to measure teachers' basic ICT competence beliefs. *Computers in Human Behavior*, 118, 106636. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106636>
- Sahin, M., Caliskan, S., & Dilek, U. (2015). Development and Validation of the Physics Anxiety Rating Scale. *International Journal of Environmental & Science Education*, 10(2), 183–200.

- Sarip, M., Amintarti, S., & Utami, N. H. (2022). Validitas Dan Keterbacaan Media Ajar E-Booklet Untuk Siswa SMA/MA Materi Keanekaragaman Hayati. *JUPEIS: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, 1(1).
- Schuler, S., Fanta, D., Rosenkraenzer, F., & Riess, W. (2018). Systems thinking within the scope of education for sustainable development (ESD) – a heuristic competence model as a basis for (science) teacher education. *Journal of Geography in Higher Education*, 42(2), 192–204. <https://doi.org/10.1080/03098265.2017.1339264>
- Setiyani, S., Putri, D. P., Ferdianto, F., & Fauji, S. H. (2020). Designing A Digital Teaching Module Based On Mathematical Communication In Relation And Function. *Journal on Mathematics Education*, 11(2), 223–236. <https://doi.org/10.22342/jme.11.2.7320.223-236>
- Siregar, L. S., Wahyu, W., & Sopandi, W. (2020). Polymer learning design using Read, Answer, Discuss, Explain and Create (RADEC) model based on Google Classroom to develop student's mastery of concepts. *Journal of Physics: Conference Series*, 1469(1), 012078. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1469/1/012078>
- Sopandi, W. (2017). The Quality Improvement of Learning Processes and Achievements Through the Read-Answer-Discuss-Explain-and Create Learning Model Implementation. *8th Pedagogy International Seminar*, 132–139.
- Sopandi, W. (2019). Sosialisasi dan Workshop Implementasi Model Pembelajaran RADEC Bagi Guru-Guru Pendidikan Dasar dan Menengah. *Pedagogia : Jurnal Pendidikan*, 8(1), 19–34. <https://doi.org/10.21070/pedagogia.v8i1.1853>
- Sopandi, W., & Handayani, H. (2019). The Impact of Workshop on Implementation of Read-Answer-Discuss-Explain-And-Creat (RADEC) Learning Model on Pedagogic Competency of Elementary School Teachers. *Proceedings of the 1st International Conference on Innovation in Education (ICoIE 2018)*. <https://doi.org/10.2991/icoie-18.2019.3>
- Sukmadinata, N. S. (2006). *Pengembangan Kurikulum Teori dan Praktek*. PT. Remaja Rosdakarya.
- Sukmawati, W., Kadarohman, A., Sumarna, O., & Sopandi, W. (2020). Pengembangan Bahan Ajar Kimia Dasar Berbasis Conceptual Change Text Pada Materi Redoks. *EDUSAINS*, 12(2), 243–251. <https://doi.org/10.15408/es.v12i2.15090>
- Thomas, T. A. (2011). Developing First Year Students' Critical Thinking Skills. *Asian Social Science*, 7(4). <https://doi.org/10.5539/ass.v7n4p26>
- Tulljanah, R., & Amini, R. (2021). Model Pembelajaran RADEC sebagai Alternatif dalam Meningkatkan Higher Order Thinking Skill pada Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar: Systematic Review. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 5508–5519. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1680>
- Wibowo, N. (2016). Upaya Peningkatan Keaktifan Siswa Melalui Pembelajaran Berdasarkan Gaya Belajar di SMK Negeri 1 Saptosari. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 1(2), 128–139. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v1i2.10621>