



## Studi Survei Persepsi Mahasiswa Calon Guru Kimia terhadap Pengembangan Praktikum Kimia Skala Kecil

Febriati Dian Mubarakah\* & Muhammad Nurul Hana

Department of Chemistry Education, Faculty of Science and Mathematics Education,  
Education University of Indonesia, Bandung, Indonesia

\* Corresponding Author e-mail: [febriatidian@upi.edu](mailto:febriatidian@upi.edu)

### Sejarah Artikel

Received: 05-06-2025

Revised: 19-06-2025

Published: 30-06-2025

**Kata kunci:** percobaan, kimia hijau; SMA; kimia skala kecil; tujuan pembangunan berkelanjutan

### Abstrak

Pendekatan praktikum kimia skala kecil masih belum banyak dikenal dan digunakan oleh guru kimia di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh adanya kesenjangan antara pemahaman teoritis dan keterampilan praktis yang diperlukan seorang guru untuk merancang praktikum yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga selaras dengan tujuan pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji persepsi mahasiswa calon guru kimia terhadap pengembangan praktikum kimia skala kecil serta pengaruhnya terhadap motivasi mahasiswa dalam mempelajari dan menerapkannya di sekolah. Kebaruan penelitian ini terletak pada keterlibatan mahasiswa secara partisipatif, tidak hanya sebagai pelaksana tetapi juga sebagai perancang prosedur praktikum, sehingga memberikan pengalaman otentik sebagai guru. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode survei yang melibatkan 26 mahasiswa tahun pertama Program Studi Pendidikan Kimia yang mengontrak Mata Kuliah Praktikum Kimia Sekolah. Data diperoleh melalui kuesioner, dokumen laporan praktikum mahasiswa, dan hasil observasi selama proses pembelajaran. Temuan dari kuesioner menunjukkan bahwa persepsi mahasiswa terhadap pengembangan dan pelaksanaan praktikum skala kecil secara umum berada pada kategori "Setuju" hingga "Sangat Setuju", yang mengindikasikan penerimaan positif terhadap pendekatan ini dan potensinya untuk diimplementasikan dalam pembelajaran kimia di sekolah. Indikator dengan skor tertinggi adalah "Efektivitas dan Efisiensi penggunaan praktikum kimia skala kecil" serta "Motivasi Mengajar Mahasiswa", masing-masing dengan nilai rata-rata 4,35, menunjukkan bahwa mahasiswa menilai pendekatan ini efisien secara waktu dan bahan, serta memberikan dorongan untuk mengadaptasinya dalam praktik mengajar.

## *Survey Study of Student Perceptions of Prospective Chemistry Teachers on the Development of Small-Scale Chemistry Practicums*

### Article History

Received: 05-06-2025

Revised: 19-06-2025

Published: 30-06-2025

**Keywords:** experiment; green chemistry; high school; small-scale chemistry; sustainable development goals

### Abstract

The small-scale chemistry laboratory approach remains relatively unfamiliar and underutilized by chemistry teachers in Indonesia. This is largely due to the gap between theoretical understanding and the practical skills required to design laboratory activities that are not only environmentally friendly but also aligned with learning objectives. This study aims to examine the perceptions of pre-service chemistry teachers regarding the development of small-scale chemistry practicums and their impact on motivation to learn and implement them at school. The novelty of this research lies in the participatory involvement of pre-service teachers, who are engaged not only as participants but also as designers of the practicum procedures, thereby providing authentic experiences in their professional preparation as future teachers. Employing a qualitative approach with a survey method, the study involved 26 first-year students from the Chemistry Education Program enrolled in the School Chemistry Practicum course. Data were collected through questionnaires, students' practicum reports, and classroom observations. The findings indicate that student perceptions of the development and implementation of small-scale chemistry practicum were generally in the "Agree" to "Strongly Agree" categories, suggesting positive reception and high potential for its application in school-based chemistry instruction. The highest-rated

*indicators were “Effectiveness and Efficiency of Small-Scale Chemistry Practicum” and “Students’ Teaching Motivation,” both with an average score of 4.35, reflecting that students perceive practical benefits in terms of time and material use, as well as increased motivation to adopt the approach in their future teaching practices.*

**How to Cite:** Mubarokah, F., & Hana, M. (2025). Survey Study of Student Perceptions of Prospective Chemistry Teachers on the Development of Small-Scale Chemistry Practicums. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 13(3), 655-669. doi:<https://doi.org/10.33394/hjkk.v13i3.16148>

 <https://doi.org/10.33394/hjkk.v13i3.16148>

This is an open-access article under the [CC-BY-SA License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



## PENDAHULUAN

Kegiatan praktikum di laboratorium adalah salah satu aspek penting yang memberikan peran besar dalam proses pembelajaran kimia, baik di sekolah maupun perguruan tinggi. Praktikum memberikan pengalaman belajar yang efektif untuk membantu membangun kemampuan kognitif dan afektif (Çıbık & Aka, 2021; Reid & Shah, 2007), mengembangkan keterampilan logis melalui penyelidikan (Al-Ajm & Ambusaidi, 2022), serta mengembangkan keterampilan psikomotorik, sikap dan motivasi peserta didik (Abdullah et al., 2007). Praktikum dalam pembelajaran kimia juga dapat mendorong peserta didik untuk memiliki kemampuan berpikir tingkat tinggi (Agustian et al., 2022) dan keterampilan proses sains, seperti kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan komunikasi (Reynders et al., 2019). Pentingnya pembelajaran kimia dengan metode praktikum ini menuntut guru dan calon guru untuk dapat merancang kegiatan praktikum yang efektif, efisien, aman bagi lingkungan dan bagi peserta didik, guru serta staf yang terlibat (Sanchez, 2022).

Walaupun pembelajaran kimia melalui metode praktikum memiliki peran yang sangat penting, pelaksanaannya tidak selalu mudah dilakukan oleh setiap guru di sekolah-sekolah Indonesia karena berbagai kendala dan keterbatasan yang dihadapi. Keterbatasan penggunaan metode praktikum pada pembelajaran kimia di Indonesia yang telah ditemukan dapat dikategorikan ke dalam 3 aspek, yaitu perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi kegiatan pada laboratorium kimia (Sawuwu, 2017). Aspek perancangan dan pelaksanaan laboratorium ini sangat penting bagi keberhasilan metode praktikum dalam pembelajaran kimia. Kelengkapan fasilitas laboratorium, serta sarana dan prasarana pendukung kegiatan praktikum yang tidak memadai dapat membatasi ruang gerak guru untuk berinovasi dalam memberikan proses pembelajaran yang terbaik. Selain itu, pengelolaan keamanan laboratorium, baik itu pengelolaan limbah serta prosedur keamanan dan keselamatan kerja juga menjadi salah satu aspek penting yang kurang diperhatikan pada laboratorium kimia di tingkat sekolah menengah sehingga guru mengalami kesulitan dalam merancang kegiatan praktikum kimia yang aman (Jofrishal & Munandar, 2021).

Berdasarkan aspek yang telah ditinjau tersebut, permasalahan utama praktikum kimia di sekolah umumnya dikaitkan dengan penggunaan alat yang mahal, bahan kimia yang beracun (Listyarini et al., 2019), serta produksi limbah yang banyak dan tidak dapat dikelola dengan baik sehingga berdampak buruk pada lingkungan sekitar (Twumasi et al., 2023). Hal ini tidak sesuai dengan prinsip kimia hijau yang mendukung program *Sustainable Development Goals* (SDGs) dan bertujuan untuk meminimalkan dampak terhadap lingkungan dari proses kimia (Karpudewan et al., 2009). Oleh karena itu, kegiatan praktikum kimia di laboratorium perlu dirancang agar dapat dilaksanakan di berbagai kondisi sekolah, terutama yang memiliki ruang laboratorium, alat, bahan kimia serta sistem pengelolaan limbah yang terbatas. Dengan demikian, peserta didik tetap dapat melakukan kegiatan praktikum dengan aman dan efektif, serta tetap memperhatikan kesesuaian substansi walau dengan kondisi yang terbatas (Boloto et al., 2024; Harta et al., 2020; Mardhiya & Laila, 2022).

Salah satu solusi yang dapat dilakukan oleh guru kimia untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan pendekatan praktikum kimia skala kecil. Praktikum kimia skala kecil diperkenalkan di laboratorium kimia organik di Bowdoin College, Maine, yang kemudian diperluas sehingga diterapkan pada konsep kimia secara umum. Pusat Kimia Skala Kecil Nasional didirikan di Merrimack College pada tahun 1992-1993 sebagai pusat pertama yang menawarkan pelatihan kimia skala kecil kepada guru dan ahli kimia di semua tingkatan dari sekolah dasar hingga universitas. Penerapan praktikum kimia skala kecil dapat dilakukan dengan memodifikasi jenis bahan, pelarut, atau metode eksperimen sehingga dapat memperkecil dampak buruk yang akan muncul bagi kesehatan manusia atau lingkungan (Singh et al., 1999). Praktikum kimia skala kecil dapat membantu peserta didik untuk melakukan praktikum yang aman bagi lingkungan, menggunakan bahan kimia dalam jumlah kecil tanpa mengorbankan kualitas dan standar percobaan (*National Council of Educational Research and Training, 2018*). Dengan pendekatan ini, pengoperasian laboratorium dapat dilakukan secara lebih efisien dari segi biaya, waktu pelaksanaan menjadi lebih singkat, serta aspek keselamatan kerja dan kesehatan lingkungan dapat lebih terjaga.

Di Indonesia, pendekatan praktikum kimia skala kecil masih belum banyak dikenal dan diterapkan oleh guru kimia di sekolah (Abdullah et al., 2007; Hidayah; Listyarini et al., 2019; Imaduddin, et al., 2022; Salfiah et al., 2024). Hal ini didukung dengan hasil analisis bibliometrik yang telah dilakukan (Hidayah et al., 2024), dimana dari 195 artikel yang membahas mengenai pengembangan penelitian skala kecil, tetapi hanya sedikit yang dikembangkan dengan mengaitkan kepada penerapannya di dunia pembelajaran. Ini terjadi karena adanya perbedaan antara pemahaman teoretis dan implementasi praktis yang membutuhkan keterampilan khusus untuk dapat mengembangkan praktikum kimia skala kecil agar tidak hanya ramah bagi lingkungan, tetapi tetap sesuai dengan tujuan pembelajaran yang akan dicapai (Tantayanon et al., 2024).

Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Indonesia, sebagai salah satu tempat belajar calon guru kimia di Indonesia, berusaha memberikan pengalaman dan mengembangkan kompetensi calon guru kimia untuk dapat memiliki kompetensi dalam merancang dan menggunakan praktikum kimia skala kecil di sekolah sebagai alternatif pembelajaran kimia yang menarik. Oleh karena itu, pada salah satu proses kegiatan pembelajaran yang dilakukan dalam mata kuliah Praktikum Kimia Sekolah, mahasiswa calon guru kimia diberikan kesempatan dalam pengembangan praktikum kimia skala kecil untuk pertama kali berdasarkan buku *Small-Scale Laboratory Manual: Student Edition* (McGraw-Hill Education, 2004).

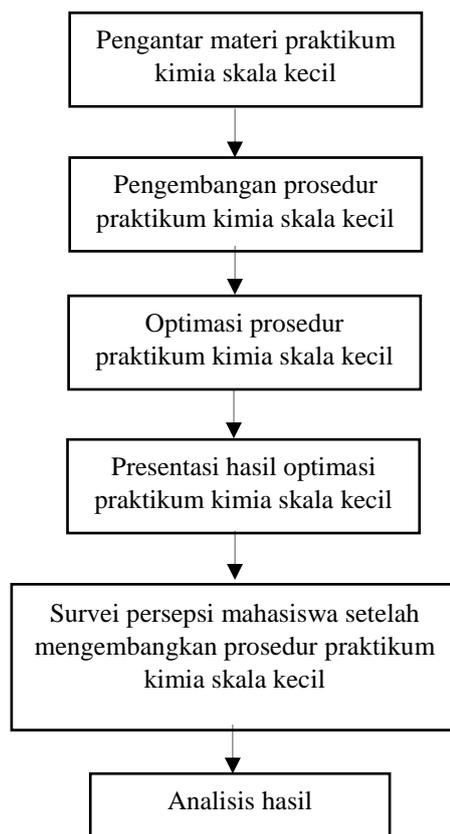
Kebaruhan penelitian ini dilakukan melalui keterlibatan aktif mahasiswa calon guru kimia dalam mengembangkan praktikum kimia skala kecil (Du Toit et al., 2004; Hidayah, Imaduddin, Yuliyanto, Gunawan, & Djunaidi, 2022; Imaduddin et al., 2020; Khan, 1996; G. Tesfamariam et al., 2014). Mahasiswa tidak hanya terlibat sebagai pelaksana, tetapi juga sebagai perancang prosedur praktikum kimia skala kecil. Pendekatan ini tidak hanya memperkuat pemahaman konsep kimia, tetapi juga memberikan pengalaman kepada mahasiswa untuk dapat mengembangkan praktikum kimia skala kecil secara mandiri. Selain itu, penelitian ini secara kritis mengeksplorasi persepsi mahasiswa terhadap kelebihan dan keterbatasan praktikum skala kecil, memberikan gambaran yang lebih holistik dan realistis terhadap efektivitasnya dalam mendukung pembelajaran kimia di sekolah dengan fasilitas yang terbatas.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persepsi mahasiswa pada pengembangan praktikum kimia skala kecil yang telah dilakukan dan dampaknya terhadap motivasi mahasiswa untuk mempelajari dan menerapkan praktikum kimia skala kecil di sekolah. Hal ini menjadi suatu hal yang penting untuk dilakukan karena hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pengembangan kurikulum pembelajaran kimia di sekolah maupun di perguruan tinggi.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode survei untuk menganalisis persepsi mahasiswa pada pengembangan praktikum kimia skala kecil yang telah dilakukan dan dampaknya terhadap motivasi mahasiswa untuk mempelajari dan menerapkan praktikum kimia skala kecil di sekolah. Metode survei digunakan dalam mengumpulkan data untuk menganalisis kondisi yang sedang diuji (Cohen et al., 2007).

Penelitian ini melibatkan 26 mahasiswa tingkat satu prodi Pendidikan Kimia yang terdaftar pada Mata Kuliah Praktikum Kimia Sekolah. 26 mahasiswa baru ini berasal dari sekolah yang berbeda dan tersebar di berbagai pulau di Indonesia sehingga mempunyai kompetensi yang berbeda-beda dalam penggunaan alat dan bahan laboratorium.



Gambar 1. Alur pengambilan data penelitian

Pelaksanaan penelitian (Gambar 1) dimulai dengan memberikan pengarahan kepada mahasiswa mengenai penggunaan praktikum kimia skala kecil pada pembelajaran di kelas. Mahasiswa bekerja secara kelompok yang sudah dibagi secara acak, berisi dua mahasiswa dalam tiap kelompok. Kemudian, mahasiswa diberikan satu buku panduan praktikum kimia skala kecil sebagai sumber utama dalam mata kuliah ini, dan buku tersebut dianalisis oleh mahasiswa sehingga mahasiswa dapat memahami masing-masing topik praktikum yang telah didapat. Terdapat beberapa judul praktikum yang telah disesuaikan dengan kebutuhan materi kimia pada Kurikulum Merdeka, di antaranya adalah stoikiometri, pemisahan larutan, termokimia, laju reaksi, reaksi asam basa, reaksi reduksi oksidasi dan kimia unsur. Berdasarkan buku tersebut, mahasiswa diminta untuk mengembangkannya menjadi sebuah prosedur kerja yang dapat diterapkan dengan mudah di sekolah Indonesia.

Setelah mahasiswa mengembangkan prosedur kerja, mahasiswa melakukan uji coba yang selanjutnya dilakukan optimasi sehingga prosedur kerja tersebut dapat digunakan dengan lebih

mudah menyesuaikan dengan kebutuhan sekolah. Setelah mendapatkan hasil, mahasiswa melaporkan hasil temuannya dan membagikan pengalamannya selama mengembangkan prosedur praktikum kimia skala kecil.

Pengumpulan data melibatkan dua instrumen utama, yaitu kuesioner dan dokumen laporan mahasiswa, serta hasil observasi selama proses pembelajaran di kelas. Kuesioner kualitatif dikembangkan dengan memodifikasi kuesioner yang telah divalidasi dan dikembangkan oleh Abdullah et al., 2007 dan Mafumiko, 2008. Kuesioner terdiri dari 27 butir pernyataan dari beberapa indikator untuk mengetahui persepsi mahasiswa terhadap praktikum kimia skala kecil dan dampaknya terhadap motivasi belajar dan mengajar menggunakan praktikum kimia skala kecil. Indikator yang akan diketahui di antaranya adalah manfaat penerapan praktikum kimia skala kecil di sekolah, ketertarikan mahasiswa dalam melakukan praktikum kimia skala kecil, efektivitas dan efisiensi penggunaan praktikum kimia skala kecil, pengaruh praktikum kimia skala kecil terhadap lingkungan, serta motivasi belajar dan mengajar mahasiswa.

Hasil dari kuesioner ini dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk memahami persepsi mahasiswa terhadap praktikum kimia skala kecil dan dampak terhadap motivasinya dalam belajar dan mengajar secara keseluruhan (Urbano et al., 2022). Untuk penilaian per butir pernyataan, digunakan skala 5 kategori, yaitu:

- 5 = sangat setuju
- 4 = setuju
- 3 = tidak yakin
- 2 = tidak setuju
- 1 = sangat tidak setuju

Untuk penilaian berdasarkan rata-rata yang dihitung, rentang yang digunakan adalah:

- 4,51-5,00 - sangat setuju (SS)
- 3,51-4,50 - setuju (S)
- 2,51-3,50 - tidak yakin (TY)
- 1,51-2,50 - tidak setuju (TS)
- 1,00-1,50 - sangat tidak setuju (STS)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pada penelitian ini disajikan untuk setiap indikator, yaitu manfaat penerapan praktikum kimia skala kecil di sekolah, ketertarikan mahasiswa dalam melakukan praktikum kimia skala kecil, efektivitas dan efisiensi penggunaan praktikum kimia skala kecil, pengaruh praktikum kimia skala kecil terhadap lingkungan, serta motivasi belajar dan mengajar mahasiswa. Hal ini dilakukan agar setiap indikator dapat dianalisis sehingga memberikan hasil analisis setiap indikator dengan jelas.

Tabel 1. Hasil analisis kuesioner tiap indikator

No.	Indikator	Rata-rata	Standar Deviasi	Nilai Deskriptif
1	Manfaat penerapan praktikum kimia skala kecil di sekolah	3,51	1,06	S
2	Ketertarikan mahasiswa dalam melakukan praktikum kimia skala kecil	3,97	0,92	S
3	Efektivitas dan efisiensi penggunaan praktikum kimia skala kecil	4,35	0,86	S
4	Pengaruh praktikum kimia skala kecil terhadap lingkungan	4,03	0,99	S
5	Motivasi belajar mahasiswa	3,98	0,96	S
6	Motivasi mengajar mahasiswa	4,35	0,86	S

## Manfaat Penerapan Praktikum Kimia Skala Kecil di Sekolah

Indikator ini bertujuan untuk mengetahui manfaat yang didapatkan mahasiswa setelah merancang dan mengembangkan praktikum kimia skala kecil untuk diterapkan di sekolah. Berdasarkan Tabel 1, indikator ini memperoleh rata-rata skor sebesar 3,51 dengan standar deviasi 1,06. Pada umumnya, mahasiswa menyadari manfaat dari pendekatan skala kecil, meskipun terdapat variasi jawaban yang cukup tinggi antar mahasiswa yang terlibat.

Tabel 2. Hasil analisis survei indikator manfaat penerapan praktikum kimia skala kecil di sekolah

No.	Pernyataan	Rata-rata	Standar Deviasi	Nilai Deskriptif
<b>Manfaat penerapan praktikum kimia skala kecil di sekolah</b>				
1	Praktikum skala kecil memudahkan saya untuk berkreasi dalam melakukan praktikum	4,12	0,99	S
2	Saya mendapatkan fenomena kimia yang sama dengan praktikum konvensional ketika menggunakan praktikum skala kecil	3,69	1,05	S
3	Saya mengetahui cara yang mudah untuk melakukan praktikum kimia di sekolah	3,92	1,09	S
4	Saya merasa praktikum skala kecil kurang mampu memperlihatkan perubahan warna, pembentukan endapan, dan pelepasan kalor secara jelas, sehingga menyulitkan mahasiswa dalam memahami mekanisme reaksi kimia yang kompleks seperti reaksi redoks atau reaksi kesetimbangan, atau termokimia.	2,69	1,12	TY
5	Praktikum skala kecil terkadang menyulitkan saya dalam mengamati hasil reaksi dengan jelas.	3,12	1,03	TY

Berdasarkan Tabel 2, pernyataan yang memperoleh rata-rata tertinggi adalah pernyataan nomor 1, yaitu “*Praktikum skala kecil memudahkan saya untuk berkreasi dalam melakukan praktikum*” dengan rata-rata skor 4,12. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan praktikum kimia skala kecil ini secara umum dianggap dapat mendukung kreativitas mahasiswa dalam mengembangkan praktikum kimia skala kecil untuk diterapkan di sekolah.

Proses pembelajaran saat ini harus diselaraskan dengan masyarakat abad ke-21 yang berubah dengan cepat. Salah satu tugas seorang guru dan calon guru adalah untuk selalu mengembangkan kompetensinya, sehingga dapat mengikuti dan menyesuaikan kegiatan pembelajaran yang dilakukan di kelas selaras dengan cepatnya pertumbuhan dan kebutuhan peserta didik. Berdasar hasil dari butir pernyataan ini, penggunaan kimia skala kecil di sekolah dapat mendukung berkembangnya salah satu kemampuan abad 21 yang dibutuhkan mahasiswa, yaitu kreatif dan inovatif (Trilling & Fadel, 2009). Praktikum kimia skala kecil juga telah dilaporkan secara signifikan dapat meningkatkan keterampilan belajar, berpikir kreatif, dan inovasi siswa (Utmeemang & Buaraphan, 2024).

Dsisi lain, pernyataan dengan skor terendah adalah “*Saya merasa praktikum skala kecil kurang mampu memperlihatkan perubahan warna, pembentukan endapan, dan pelepasan kalor secara jelas, sehingga menyulitkan mahasiswa dalam memahami mekanisme reaksi kimia yang kompleks seperti reaksi redoks atau reaksi kesetimbangan, atau termokimia*” yang memperoleh rata-rata 2,69 dengan standar deviasi 1,12. Hasil mengindikasikan adanya

persepsi negatif terkait keterbatasan praktikum ini dalam menjelaskan konsep-konsep yang bersifat teoretis atau tidak tampak secara langsung. Ini menunjukkan bahwa meskipun hanya menggunakan alat dan bahan dalam skala kecil, mahasiswa merasakan hasil yang sama dengan praktikum yang dilakukan secara konvensional. Penggunaan praktikum kimia skala kecil tidak membuat mahasiswa kesulitan untuk mengamati proses selama praktikum berlangsung.

Gambar 2 menunjukkan hasil pengamatan yang telah dilakukan mahasiswa setelah mengembangkan praktikum kimia skala kecil dengan judul praktikum yaitu sifat logam transisi. Pada laporan ini, mahasiswa menyatakan bahwa,

*“Dari hasil percobaan juga teramati larutan-larutan logam transisi menghasilkan reaksi yang menyebabkan perubahan warna yang mencolok baik warna larutan yang menjadi lebih pekat atau warna-warna lain yang khas, juga endapan yang teramati dengan jelas dengan warna beragam”.*



1. Keadaan awal larutan (baris pertama) dan keadaan setelah ditambahkan pereaksi (baris kedua hingga keempat) di atas kertas putih.

Gambar 2. Hasil laporan mahasiswa pada pengembangan praktikum kimia skala kecil: sifat logam transisi

Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan praktikum kimia skala kecil tetap dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep yang diajarkan sehingga berpengaruh terhadap hasil akademik peserta didik (G. M. Tesfamariam et al., 2015; Utmeemang & Buaraphan, 2024; Wuttisela et al., 2024).

### Ketertarikan Mahasiswa dalam Melakukan Praktikum Kimia Skala Kecil

Tabel 3. Hasil analisis kuesioner indikator ketertarikan mahasiswa dalam melakukan praktikum kimia skala kecil

No.	Pernyataan	Rata-rata	Standar Deviasi	Nilai Deskriptif
<b>Ketertarikan mahasiswa dalam melakukan praktikum kimia skala kecil</b>				
6	Mengembangkan praktikum kimia skala kecil meningkatkan ketertarikan saya untuk belajar kimia	3,81	0,90	S
7	Belajar kimia harus disertai dengan praktikum sehingga lebih menarik bagi saya	4,54	0,76	SS
8	Praktikum kimia skala kecil memberi kesempatan untuk belajar secara mendalam dan meningkatkan ketelitian dalam bekerja	4,08	0,98	S
9	Semakin saya mempelajari praktikum kimia skala kecil, semakin besar rasa ketertarikan saya terhadap pelajaran kimia.	3,46	1,07	TY

Indikator ini bertujuan untuk mengetahui ketertarikan mahasiswa dalam mengembangkan dan melakukan praktikum kimia skala kecil sebagai bagian dari proses pembelajaran. Berdasarkan hasil analisis data pada Tabel 3, indikator ini memperoleh rata-rata skor sebesar 3,97 dengan standar deviasi 0,93. Skor ini mencerminkan bahwa sebagian besar mahasiswa menunjukkan minat yang positif terhadap pendekatan praktikum ini, dengan tingkat keragaman pendapat yang relatif rendah.

Pernyataan dengan nilai rata-rata tertinggi adalah “*Belajar kimia harus disertai dengan praktikum sehingga lebih menarik bagi saya*” yang memperoleh nilai rata-rata 4,54. Hal ini mengindikasikan bahwa aspek emosional dan pengalaman menyenangkan dalam pembelajaran menjadi faktor penting yang memperkuat ketertarikan mahasiswa terhadap kegiatan praktikum. Ini menunjukkan bahwa dalam pembelajaran kimia, diperlukan kegiatan yang tidak hanya berpusat pada guru, namun berpusat pada peserta didik. Keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran, seperti dalam kegiatan praktikum, membuat peserta didik dapat mengeksplorasi baik konsep maupun kemampuan laboratorium sehingga dapat juga berpengaruh terhadap minat peserta didik dalam pembelajaran (Hidayah, Imaduddin, Yuliyanto, Gunawan, & Djunaidi, 2022; Imaduddin & Hidayah, 2019).

Sementara itu, pernyataan dengan rata-rata terendah adalah “*Semakin saya mempelajari praktikum kimia skala kecil, semakin besar rasa ketertarikan saya terhadap pelajaran kimia*” dengan skor rata-rata 3,46 dan standar deviasi 1,07. ini menunjukkan bahwa tidak semua mahasiswa mengalami peningkatan ketertarikan seiring waktu dalam pengembangan praktikum kimia skala kecil. Tingginya variasi jawaban juga mengindikasikan bahwa efek praktikum terhadap ketertarikan jangka panjang bersifat subjektif dan dipengaruhi oleh berbagai faktor individual, seperti keterampilan dalam mengelola laboratorium. Temuan ini mengisyaratkan bahwa walaupun praktikum skala kecil memiliki potensi untuk membangkitkan minat awal, daya tariknya tidak selalu berkelanjutan jika tidak disertai inovasi dan pendekatan pedagogis yang beragam. Hal ini selaras dengan temuan bahwa guru dan calon guru memiliki kesenjangan yang signifikan antara pemahaman teoritis dan implementasi praktis di laboratorium (Tantayanon et al., 2024). Dengan demikian, perlu adanya pendampingan yang berkelanjutan untuk pengembangan kompetensi guru dan calon guru dalam mengembangkan kegiatan pembelajaran yang lebih inovatif.

### Efektivitas dan Efisiensi Penggunaan Praktikum Kimia Skala Kecil

Tabel 4. Hasil analisis kuesioner efektivitas dan efisiensi penggunaan praktikum kimia skala kecil

No.	Pernyataan	Rata-rata	Standar Deviasi	Nilai Deskriptif
<b>Efektivitas dan Efisiensi penggunaan praktikum kimia skala kecil</b>				
10	Praktikum kimia skala kecil dapat dilakukan dengan lebih cepat dibandingkan praktikum konvensional	4,00	0,80	S
11	Penggunaan bahan dalam praktikum skala kecil			
12	Praktikum skala kecil menghemat penggunaan bahan kimia.	4,62	0,85	SS
13	Praktikum skala kecil lebih ekonomis untuk diterapkan di sekolah dengan keterbatasan dana.	4,46	0,90	S
14	Penggunaan volume bahan yang kecil dalam praktikum melatih ketelitian dan kepekaan dalam melakukan pengamatan.	4,31	0,88	S

Efektivitas dan efisiensi penggunaan praktikum kimia skala kecil merupakan indikator yang menilai persepsi mahasiswa terhadap aspek kepraktisan dan manfaat ekonomis dari penerapan praktikum kimia skala kecil di sekolah. Hasil analisis menunjukkan bahwa indikator ini memperoleh rata-rata skor sebesar 4,35 dengan standar deviasi 0,86.

Pernyataan nomor 11 pada Tabel 4 merupakan pernyataan terbuka, dimana mahasiswa memberikan informasi bahwa penggunaan bahan dalam praktikum skala kecil menggunakan bahan yang sedikit, yaitu sekitar 1 – 50 ml atau mg. Hal ini mendukung hasil dari pernyataan yang paling menonjol yaitu *“Praktikum skala kecil menghemat penggunaan bahan kimia”*, yang memperoleh skor tertinggi sebesar 4,62. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa secara umum menyadari bahwa penggunaan bahan dalam skala kecil sangat efisien, baik dari segi jumlah maupun biaya. Butir lainnya seperti *“Praktikum skala kecil lebih ekonomis untuk diterapkan di sekolah dengan keterbatasan dana”* juga memperkuat temuan ini sehingga sekolah yang mempunyai keterbatasan fasilitas dan dana dapat melakukan praktikum sehingga dapat memberikan pembelajaran yang bermakna kepada peserta didik.



Gambar 3. Ilustrasi prosedur praktikum kimia skala kecil: Sifat unsur dan keperiodikan

Gambar 3 menunjukkan ilustrasi dari prosedur kerja praktikum kimia skala kecil dengan judul sifat unsur dan keperiodikan. Berdasarkan prosedur yang telah dikembangkan oleh mahasiswa, praktikum identifikasi sifat unsur ini dapat dilakukan dengan menggunakan alat yang sederhana, yaitu pipet tetes dan *microplate*. Pada laporan ini, mahasiswa menyatakan bahwa,

*“Praktikum ini cocok dilakukan di SMA karena alat bahan nya sederhana, serta prosedurnya juga tidak rumit, sehingga dapat dilakukan dengan aman dan efisien di laboratorium sekolah”*.

Hasil ini sejalan dengan pengertian dari praktikum skala kecil, dimana pendekatan ini dapat mengurangi jumlah bahan yang digunakan hingga 50 – 150 mg padatan dan 50 – 2000  $\mu$ L (Khan, 1996). Pengembangan praktikum skala kecil ini juga terbukti dapat menerapkan konsep kimia hijau yang mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs). Hal ini menjadi suatu alternatif bagi sekolah karena rendahnya biaya alat dan bahan kimia yang digunakan pada praktikum kimia skala kecil (Du Toit et al., 2004). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa metode praktikum skala kecil tidak hanya efektif dari segi pelaksanaan, tetapi juga mendukung efisiensi sumber daya.

### Pengaruh Praktikum Kimia Skala Kecil terhadap Lingkungan

Tabel 5. Hasil analisis kuesioner indikator pengaruh praktikum kimia skala kecil terhadap lingkungan

No.	Pernyataan	Rata-rata	Standar Deviasi	Nilai Deskriptif
<b>Pengaruh praktikum kimia skala kecil terhadap Lingkungan</b>				
15	Saya menjadi lebih sadar akan pentingnya menjaga lingkungan setelah mengembangkan praktikum skala kecil.	4,15	0,97	S

No.	Pernyataan	Rata-rata	Standar Deviasi	Nilai Deskriptif
16	Limbah kimia yang dihasilkan dari praktikum skala kecil lebih sedikit.	4,50	0,81	S
17	Praktikum kimia skala kecil memungkinkan eksperimen yang ramah lingkungan tanpa mengurangi nilai pembelajaran.	4,27	0,87	S
18	Efektivitas praktikum lebih penting dibandingkan dampak lingkungan yang ditimbulkan.	3,19	1,30	TY

Indikator ini ditujukan untuk menilai kesadaran mahasiswa terhadap dampak lingkungan dari pelaksanaan praktikum kimia skala kecil. Hasil analisis menunjukkan bahwa indikator ini memperoleh rata-rata skor sebesar 4,03 dengan standar deviasi 0,99. Nilai ini menunjukkan bahwa mahasiswa secara umum menyadari bahwa pendekatan skala kecil memberikan dampak lingkungan yang lebih minimal dibandingkan praktikum konvensional.

Pernyataan yang memperoleh skor tertinggi adalah "*Limbah kimia yang dihasilkan dari praktikum skala kecil relatif sedikit*", dengan skor rata-rata 4,50 dan standar deviasi 0,81. Skor ini menunjukkan bahwa mahasiswa memahami bahwa metode praktikum ini mendukung prinsip efisiensi bahan dan pengurangan limbah, yang sejalan dengan konsep kimia hijau dalam pembelajaran sains modern (Listyarini et al., 2019).

Temuan menarik ditemukan pada pernyataan "*Efektivitas praktikum lebih penting dibandingkan dampak lingkungan*" mencatat skor terendah yakni 3,19 dengan standar deviasi tertinggi sebesar 1,30. Hal ini mengindikasikan adanya perbedaan pandangan di kalangan mahasiswa mengenai prioritas antara keberhasilan eksperimen dan tanggung jawab lingkungan. Sebagian mahasiswa masih menempatkan hasil eksperimen sebagai tujuan utama, sementara lainnya lebih menekankan pada keberlanjutan. Tingginya variasi pada butir tersebut menunjukkan perlunya integrasi nilai-nilai keberlanjutan dan etika lingkungan secara lebih eksplisit dalam kurikulum. Pembelajaran tidak hanya difokuskan pada pencapaian hasil eksperimen, tetapi juga pada kesadaran dan tanggung jawab terhadap dampak lingkungan dari setiap proses laboratorium.

### Motivasi Belajar Mahasiswa

Tabel 6. Hasil analisis kuesioner indikator motivasi belajar mahasiswa

No.	Pernyataan	Rata-rata	Standar Deviasi	Nilai Deskriptif
<b>Motivasi Belajar Mahasiswa</b>				
19	Pengembangan praktikum kimia skala kecil membantu Saya memahami materi yang sedang dipelajari dengan lebih baik	3,77	0,76	S
20	Pengembangan praktikum kimia skala kecil membantu Saya memahami beberapa konsep yang sulit untuk saya pahami sebelumnya	3,65	1,06	S
21	Pengembangan praktikum kimia skala kecil membuat Saya memikirkan lebih dalam materi yang sedang didalami	3,88	1,03	S
22	Pengembangan praktikum kimia skala kecil membuat Saya berpartisipasi aktif dalam pelajaran praktikum kimia sekolah	4,08	0,89	S
23	Pengembangan praktikum kimia skala kecil meningkatkan kerja sama dan berbagi ide dengan sesama mahasiswa	4,23	0,95	S

No.	Pernyataan	Rata-rata	Standar Deviasi	Nilai Deskriptif
24	Pengembangan praktikum kimia skala kecil membuat Saya mengetahui cara yang lebih mudah untuk melakukan praktikum kimia	4,12	1,14	S
25	Pengembangan praktikum kimia skala kecil membuat Saya tertarik mempelajari lebih jauh mengenai praktikum kimia skala kecil	4,12	0,91	S

Indikator ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana praktikum kimia skala kecil mampu mendorong motivasi belajar mahasiswa selama proses pembelajaran. Berdasarkan hasil analisis, indikator ini memperoleh rata-rata skor sebesar 3,98 dengan standar deviasi 0,96. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum mahasiswa merasa terdorong untuk belajar melalui pendekatan praktikum skala kecil, meskipun terdapat variasi persepsi. Pada indikator ini, terdapat tiga aspek yang dapat diketahui dari hasil kuesioner yang telah diisi oleh mahasiswa, yaitu pengaruh praktikum kimia skala kecil terhadap motivasi belajar mahasiswa yang ditinjau dari aspek kognitif, yaitu pemahaman mahasiswa terhadap materi (19 – 21), serta aspek afektif, yaitu keaktifan, dan kerja sama (22 – 25).

Butir pernyataan dengan skor tertinggi pada aspek afektif adalah “*Pengembangan praktikum kimia skala kecil meningkatkan kerja sama dan berbagi ide dengan sesama mahasiswa*” yang memperoleh skor 4,23. Hal ini mengindikasikan bahwa pengembangan praktikum kimia skala kecil ini mampu memunculkan ketertarikan internal mahasiswa sehingga dapat terlibat aktif dan kolaboratif dalam proses pembelajarannya. Hal ini mendukung temuan bahwa praktikum kimia skala kecil tidak hanya mudah digunakan tetapi juga membuat kelas kimia lebih interaktif, menarik, dan menyenangkan, memungkinkan mahasiswa untuk melakukan eksperimen untuk diri mereka sendiri, serta dapat berkolaborasi dan berkomunikasi dengan teman sebaya maupun guru dengan baik (Mafumiko, 2008). Hal menarik yang perlu menjadi perhatian pada bagian pemahaman mahasiswa setelah melakukan pengembangan praktikum kimia skala kecil adalah pemahaman terhadap konsep-konsep kimia yang bersifat abstrak belum sepenuhnya terfasilitasi oleh metode ini. Dapat terlihat pada Tabel 6 bahwa nilai rata-rata pemahaman mahasiswa terhadap konsep materi berada di bawah nilai 4. Hasil ini menandakan bahwa perlunya penguatan komponen kontekstual dalam pelaksanaan praktikum skala kecil (Hidayah et al., 2023).

Integrasi praktikum kimia skala kecil menggunakan media simulasi dapat membantu mahasiswa untuk dapat lebih memahami konsep kimia yang bersifat abstrak (Rahman et al., 2024; Rahmawati et al., 2022). Selain itu, Melakukan praktik yang konsisten dan berlatih untuk menganalisis hasilnya dengan sistematis juga dapat meningkatkan pemikiran kritis dan keterampilan pemrosesan informasi ilmiah mahasiswa sehingga dapat lebih mudah untuk memahami konsep dari kegiatan praktikum kimia skala kecil (Salfiah et al., 2024). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa metode praktikum skala kecil memiliki potensi dalam meningkatkan motivasi belajar mahasiswa, khususnya kerja sama dan kolaborasi. Namun demikian, dampaknya terhadap pemahaman kognitif yang mendalam memerlukan penguatan instruksional yang bersifat sistematis dan berorientasi pada ketercapaian kompetensi profesional seorang guru.

### Motivasi Mengajar Mahasiswa

Indikator ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana praktikum kimia skala kecil mampu membentuk motivasi mahasiswa calon guru untuk mengajarkan kembali metode ini di masa depan. Hasil analisis menunjukkan bahwa indikator ini memperoleh rata-rata skor sebesar 4,35 dengan standar deviasi relatif rendah yaitu 0,86. Skor tinggi dan keragaman jawaban

yang kecil mengindikasikan bahwa sebagian besar mahasiswa merasa terdorong secara konsisten untuk mengimplementasikan pendekatan ini dalam praktik profesional.

Tabel 7. Hasil analisis kuesioner indikator motivasi mengajar mahasiswa

No.	Pernyataan	Rata-rata	Standar Deviasi	Nilai Deskriptif
<b>Motivasi Mengajar Mahasiswa</b>				
26	Pengembangan praktikum kimia skala kecil ini melatih keterampilan Saya sebagai calon guru kimia	4,46	0,90	S
27	Mengembangkan prosedur praktikum kimia skala kecil ini membuat saya semakin tertarik untuk menerapkannya di kelas dalam pembelajaran kimia	4,23	0,82	S

Butir pernyataan yang mencatat rata-rata tertinggi adalah “*Pengembangan praktikum kimia skala kecil ini melatih keterampilan Saya sebagai calon guru kimia*” dengan skor 4,46. Hal ini menunjukkan bahwa keterlibatan aktif dalam penyusunan atau modifikasi prosedur praktikum kimia skala kecil dapat memberikan kesempatan kepada mahasiswa calon guru untuk melatih keterampilannya dalam mengelola praktikum kimia skala kecil di sekolah. Keterlibatan mahasiswa secara langsung dalam merancang proses pembelajaran berperan dalam pembentukan sikap kepemilikan dan tanggung jawab terhadap hasil pengajaran. Ini dapat memperkuat motivasi profesional mahasiswa sebagai calon guru kimia.

Temuan ini memiliki implikasi penting dalam konteks pendidikan calon guru, bahwa metode praktikum tidak hanya berfungsi sebagai sarana belajar materi, tetapi juga sebagai media pembinaan kompetensi profesional. Dengan memberikan ruang untuk eksplorasi, inovasi, dan kepemilikan proses belajar, praktikum skala kecil dapat berfungsi sebagai wadah pembentukan identitas profesional guru (Hidayah et al., 2022; Tantayanon et al., 2024).

Secara keseluruhan, indikator ini menunjukkan bahwa praktikum kimia skala kecil memberikan dampak positif tidak hanya pada aspek akademik, tetapi juga pada dimensi motivasi dan profesionalisme calon pendidik. Oleh karena itu, pendekatan ini layak untuk terus dikembangkan sebagai bagian dari kurikulum pendidikan guru yang transformatif dan aplikatif.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kuesioner persepsi mahasiswa calon guru terhadap pengembangan praktikum kimia skala kecil, persepsi mahasiswa terhadap praktikum kimia skala kecil berada pada kategori “Setuju” hingga “Sangat Setuju” terhadap penerapan praktikum kimia skala kecil di sekolah. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan ini diterima dengan baik oleh mahasiswa dan memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam konteks pembelajaran di sekolah.

Indikator dengan rata-rata tertinggi adalah “*Efektivitas dan Efisiensi penggunaan praktikum kimia skala kecil*” dan “*Motivasi Mengajar Mahasiswa*”, masing-masing memperoleh skor 4,35. Ini menandakan bahwa mahasiswa merasakan manfaat praktis dari penggunaan bahan dan waktu serta terdorong untuk menerapkannya dalam pembelajaran sebagai calon guru.

Mahasiswa menunjukkan ketertarikan dan motivasi belajar yang baik melalui pendekatan praktikum skala kecil, terutama dalam aspek afektif seperti partisipasi aktif dan kerja sama tim. Namun, untuk peningkatan pemahaman konsep-konsep kimia yang lebih abstrak, diperlukan dukungan perlakuan tambahan. Dengan demikian, pendekatan praktikum kimia skala kecil tidak hanya mampu mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium, tetapi juga dapat mendorong

kompetensi pedagogik dan motivasi mahasiswa calon guru, serta mengintegrasikan nilai-nilai keberlanjutan dalam pembelajaran kimia.

Penelitian ini masih banyak memiliki keterbatasan, seperti ukuran sampel yang kecil dan homogen, fokus penelitian yang hanya terbatas pada persepsi dan motivasi, dan tidak adanya kelompok pembandingan (kontrol). Akan lebih baik penelitian selanjutnya dapat diterapkan pada sampel yang lebih besar dan menerapkan pada mahasiswa calon guru kimia di berbagai Perguruan Tinggi di Indonesia. Pengamatan juga dapat diperdalam untuk mengetahui lebih terukur dalam hal penguasaan konsep serta membuat kelompok kontrol yang dijadikan sebagai pembandingan. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan regulasi dalam penentuan kurikulum mahasiswa calon guru kimia, sehingga penguasaan praktikum kimia skala kecil dapat dijadikan kompetensi yang wajib dimiliki oleh seluruh calon guru kimia di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Mohamed, N., & Hj Ismail, Z. (2007). The Effect of Microscale Chemistry Experimentation on Students' Attitude And Motivation towards Chemistry Practical Work. *Journal of Science and Mathematics Education in S.E. Asia*, 30(2), 44–72.
- Agustian, H. Y., Finne, L. T., Jørgensen, J. T., Pedersen, M. I., Christiansen, F. V., Gammelgaard, B., & Nielsen, J. A. (2022). Learning outcomes of university chemistry teaching in laboratories: A systematic review of empirical literature. *Review of Education*, 10(2). <https://doi.org/10.1002/rev3.3360>
- Al-Ajm, B., & Ambusaidi, A. (2022). The Level of Scientific Argumentation Skills in Chemistry Subject among Grade 11th Students: The Role of Logical Thinking. *Science Education International*, 33(1), 66–74. <https://doi.org/10.33828/sei.v33.i1.7>
- Çıbık, A. S., & Aka, E. İ. (2021). Student Views on Attitudes towards Chemistry Laboratory Skills. *Online Science Education Journal*, 6(2), 100–113. <http://dergipark.gov.tr/ofed>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education* (6th ed.). Routledge.
- Du Toit, C. J., Nel, S. J., Lachmann, G., Smit, J. J. A., & Labuschagne, J. (2004). An Investigation into the Use of Microchemistry Experiments in First-year University-level Practicals. *South African Journal of Chemistry*, 57, 19–23. <http://journals.sabinet.co.za/sajchem/>
- Hidayah, F. F., Gunawan, Yuliyanto, E., Qomariyah, S., Imaduddin, M., & Djunaidi, M. C. (2023). Strengthening Pedagogical Content Knowledge in Designing Laboratory Activity Based on Small-Scale Chemistry Practicum Approach. *European Journal of Educational Research*, 12(4), 1631–1644. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.12.4.1631>
- Hidayah, F. F., Imaduddin, M., Yuliyanto, E., Gunawan, G., & Djunaidi, M. C. (2022). Introducing the Small-Scale Chemistry Approach Through Inquiry-Based Laboratory Activities For Pre-Service Teachers. *EduChemia*, 7(1), 14. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v7i1.13084>
- Hidayah, F. F., Imaduddin, M., Yuliyanto, E., Gunawan, G., Djunaidi, M. C., & Tantayanon, S. (2022). Counting Drops and Observing Color: Teachers' and Students' First Experiences in Small-Scale Chemistry Practicum of Acid-Base Solutions. *Journal of Technology and Science Education*, 12, 244–258. <https://doi.org/10.3926/JOTSE.1388>

- Hidayah, F. F., Indriyanti, D. R., & Madnasri, S. (2024). What is the Image of Microscale Chemistry Research for Chemistry Teaching in 2013-2023? *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 10(1), 10–23. <https://doi.org/10.21831/jipi.v10i1.68835>
- Imaduddin, M., & Hidayah, F. F. (2019). Redesigning laboratories for pre-service chemistry teachers: From cookbook experiments to inquiry-based science, environment, technology, and society approach. *Journal of Turkish Science Education*, 16(4), 489–507. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.3>
- Imaduddin, M., Tantayanon, S., Hidayah, F. F., Zuhaida, A., & Hidayah, I. K. (2020). Pre-service Science Teachers' Impressions on The Implementation of Small-Scale Chemistry Practicum. *Thabiea: Journal of Natural Science Teaching*, 3(2), 162–174. <http://journal.iainkudus.ac.id/index.php/Thabiea>
- Jofrisha, & Munandar, H. (2021). Analysis of Problem in Utilizing School Laboratories in the Chemistry Learning. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 106–109.
- Karpudewan, M., Ismail, Z. H., & Mohamed, N. (2009). The Integration of Green Chemistry Experiments with Sustainable Development Concepts in Pre-Service Teachers' Curriculum: Experiences from Malaysia. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 10(2), 118–135. <https://doi.org/10.1108/14676370910945936>
- Khan, M. I. (1996). *A Study of the Impact of Microscale/ Small Scale Chemistry Experiments on The Attitudes and Achievements of the First Year Students in Glasgow University*. Glasgow University.
- Listyarini, R. V., Pamenang, F. D. N., Harta, J., Wijayanti, L. W., Asy'ari, M., & Lee, W. (2019). The Integration of Green Chemistry Principles into Small Scale Chemistry Practicum for Senior High School Students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(3), 371–378. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i3.19250>
- Mafumiko, F. M. S. (2008). The Potential of Micro-scale Chemistry Experimentation in Enhancing Teaching and Learning of Secondary Chemistry: Experiences from Tanzania Classroom. *NUE Journal of International Educational Cooperation*, 3, 63–79.
- McGraw-Hill Education. (2004). *Small-Scale Laboratory Manual: Student Edition*.
- Mono M. Singh, Zvi Szafran, & Ronald M. Pike. (1999). Microscale Chemistry and Green Chemistry: Complementary Pedagogies. *Journal of Chemical Education*, 76(12), 1684–1686. <https://doi.org/doi/10.1021/ed076p1684>
- National Council of Educational Research and Training. (2018). *Manual of Microscale Chemistry Laboratory Kit for Classes XI and XII (First)*. Publication Division by the Secretary, National Council of Educational Research and Training .
- Reid, N., & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. In *Educ. Res. Pract* (Vol. 8, Issue 2).
- Reynders, G., Suh, E., Cole, R. S., & Sansom, R. L. (2019). Developing Student Process Skills in a General Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 96(10), 2109–2119. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00441>
- Salfiah, S., Fatichatul Hidayah, F., & Wahyuni, E. T. (2024). Implementation of Chemistry Learning Through Guided and Open Inquiry Using Small-Scale Laboratory Media on Science Process Skills. *Lavoisier: Chemistry Education Journal*, 3(2), 198–209. <https://doi.org/10.24952/lavoisier.v3i2.12638>

- Sanchez, J. M. (2022). Are basic laboratory skills adequately acquired by undergraduate science students? How control quality methodologies applied to laboratory lessons may help us to find the answer. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 414(12), 3551–3559. <https://doi.org/10.1007/s00216-022-03992-x>
- Sawuwu, B. Y. (2017). Problems in The Indonesian Chemistry Laboratory Classes. *The 2nd International Seminar on Chemical Education*, 371–381. <http://id.portalgaruda.org>
- Tantayanon, S., Faikhamta, C., Prasoplarb, T., & Panyanukit, P. (2024). Teachers' perceptions and design of small-scale chemistry driven STEM learning activities. *Chemistry Teacher International*. <https://doi.org/10.1515/cti-2024-0091>
- Tesfamariam, G., Lykknes, A., & Kvittingen, L. (2014). Small-Scale Chemistry for a Hands-On Approach to Chemistry Practical Work in Secondary Schools: Experiences from Ethiopia. *African Journal of Chemical Education*, 4(3).
- Tesfamariam, G. M., Lykknes, A., & Kvittingen, L. (2015). 'Named Small but Doing Great': An Investigation of Small-Scale Chemistry Experimentation for Effective Undergraduate Practical Work. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(3), 393–410. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9700-z>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills Learning for Life in Our Times*. John Wiley & Sons.
- Twumasi, A., Nartey, E., Quayson, C., Sam, & Hanson. (2023). Chemistry Students' Knowledge and Practices of Chemical Waste Management In Chemistry Laboratories. *African Journal of Chemical Education-AJCE*, 13(3), 13.
- Urbano, R. D., De Jesus, H. M., & Dimla, P. M. (2022). Measuring Students' Learning and Attitude as Exposed to Microscale Laboratory Experiments in Inorganic Chemistry. *International Journal of Education, Teaching, and Social Science*, 2(2), 2809–0489.
- Utmeemang, R., & Buaraphan, K. (2024). Effects of Small-Scale Chemistry STEM Integrated with Local Contexts for Enhancing Grade 11 Students' Learning Achievement and Learning and Innovation Skills. *Ecletica Quimica*, 49. <https://doi.org/10.26850/1678-4618.eq.v49.2024.e1561>
- Wuttisela, K., Jarujamrus, P., Chairam, S., & Supasorn, S. (2024). Small-Scale and Smartphone-Based Colorimetric Experiments to Enhance Grade-11 Students' Conceptual Understanding of Chemical Equilibrium. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 13(4), 633–644. <https://doi.org/10.15294/jpii.v13i4.14690>