



Pengaruh Praktikum *Green Chemistry* terhadap Keterampilan Proses Sains dan Kesadaran Lingkungan pada Materi Faktor Laju Reaksi

Izza Kamilah*, Isana Supiah Yosephine Louise

¹Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

* Korespondensi Penulis. E-mail: kmlhizza@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan antara siswa yang mengikuti praktikum *green chemistry* dengan siswa yang mengikuti praktikum konvensional sesuai yang diterapkan di sekolah secara simultan dan terpisah, serta mengetahui sumbangan efektifnya pada materi faktor laju reaksi. Jenis penelitian adalah *quasi-eksperimen* dengan *posttest-only*. Teknik pengambilan sampel menggunakan *cluster random sampling*. Instrumen penelitian meliputi soal uraian dan lembar observasi keterampilan proses sains, serta angket kesadaran lingkungan. MANOVA digunakan pada analisis data penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan antara siswa yang mengikuti praktikum *green chemistry* dengan yang mengikuti praktikum konvensional. Praktikum *green chemistry* memberikan sumbangan efektif sebesar 29,3% secara simultan, 4,7% terhadap keterampilan proses sains, dan 28,3% terhadap kesadaran lingkungan. Penelitian ini juga mendukung *Sustainable Development Goals* (SDGs) mengenai pendidikan berkualitas melalui penguatan keterampilan proses sains, serta konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab, melalui praktik laboratorium ramah lingkungan.

Kata Kunci: Faktor laju reaksi, *Green chemistry*, Kesadaran lingkungan, Keterampilan proses sains, Praktikum.

The Effect of Green Chemistry Practicals on Science Process Skills and Environmental Awareness in the Reaction Rate Factor Material

Abstract

This study aims to compare science process skills and environmental awareness between students participating in a green chemistry practicum and those in a conventional practicum, as implemented in schools, both simultaneously and separately, and to determine the effective contribution of the green chemistry practicum to the topic of reaction rate factors. The research employed a quasi-experimental design with a posttest-only approach. The sampling technique used was cluster random sampling. Research instruments included essay tests and observation sheets for science process skills, as well as questionnaires on environmental awareness. Data were analyzed using MANOVA. The results indicated significant differences in science process skills and environmental awareness between students engaged in green chemistry practicum and those in conventional practicum. The green chemistry practicum provided an effective contribution of 29.3% simultaneously, 4.7% to science process skills, and 28.3% to environmental awareness. This study also supports the Sustainable Development Goals (SDGs) on quality education through the strengthening of science process skills, as well as responsible consumption and production through environmentally friendly laboratory practices.

Keywords: Environmental awareness, Green chemistry, Reaction rate factors, practicum, Science process skills;

How to Cite: Kamilah, I., & Louise, I. S. Y. (2025). Pengaruh praktikum green chemistry terhadap keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan pada materi faktor laju reaksi *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 13(Special Issue), 237–246. https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.89688

Permalink/DOI: DOI: https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.89688

PENDAHULUAN

Proses pembelajaran IPA hendaknya mencakup tiga aspek yang harus diperoleh siswa, yaitu keterampilan berpikir kognitif (*minds on*), keterampilan psikomotorik (*hands on*), dan keterampilan sosial (*hearts on*) (Savitri et al., 2017). Karakteristik pembelajaran IPA merupakan pembelajaran yang meliputi produk, proses, sikap ilmiah, dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari (Wahyuni et al., 2017). McCormack & Yager dalam (Dwianto et al., 2017) mengembangkan taksonomi pendidikan sains menjadi lima domain yang dianggap dapat menjawab semua aspek sains dalam pembelajaran, yaitu domain pengetahuan, proses sains, kreativitas, sikap, dan aplikasi dan koneksi. Dengan kelima ranah yang telah dikembangkan tersebut, siswa akan mendapatkan pembelajaran yang lebih bermakna dan diharapkan dapat membantu siswa dalam meningkatkan hasil belajarnya.

Keterampilan proses sains adalah bekal awal untuk siswa dalam pembelajaran sains. Aspek-aspek keterampilan proses sains antara lain adalah observasi, prediksi, eksperimen, pengukuran, komunikasi, dan inferensi (Supahar et al., 2017). Namun kenyataannya keterampilan proses sains siswa masih tergolong rendah dan belum muncul saat pembelajaran berlangsung, karena pembelajaran di sekolah kebanyakan hanya menekankan penguasaan konsep (Kusuma & Rusmansyah, 2021; Tanti et al., 2020; Wismaningati et al., 2019)

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keterampilan ini adalah kegiatan praktikum, dimana kegiatan praktikum juga menjadi kegiatan penting yang tidak dapat dipisahkan dari pembelajaran kimia. Praktikum adalah sarana terbaik dalam mengembangkan proses sains karena siswa berkesempatan untuk mengalami sendiri pengalaman belajar yang kemudian diolah sesuai kemampuan kognitifnya (Adiningsih et al., 2019; Arifin et al., 2015). Keterampilan proses sains juga lebih mudah untuk diamati ketika siswa melakukan kegiatan praktik atau eksperimen (Tanti, Kurniawan, Kuswanto, et al., 2020).

Kegiatan praktikum penting dilakukan dalam pembelajaran IPA dan sangat berkaitan dengan pengembangan keterampilan proses sains yang harus dikuasai siswa. Kegiatan praktikum sebagai wahana pembelajaran pendekatan ilmiah memberi pengalaman langsung bagaimana siswa membuktikan teori

yang telah dipelajarinya. Siswa dapat menemukan masalah-masalah dan mencari penyelesaiannya sendiri sehingga dapat mengembangkan keterampilan dasar dalam eksperimen, meningkatkan motivasi belajar, dan memberi efek memori jangka panjang (Sriyati et al., 2021; Supatmi, 2022). Namun hambatan masih sering muncul yang mencakup keterbatasan fasilitas dan bahan, kurang memadainya jumlah tenaga laboran, serta belum optimalnya integrasi kegiatan laboratorium dengan pendekatan pembelajaran yang inovatif, menyebabkan kualitas pembelajaran IPA yang seharusnya menekankan eksperimen dan metode ilmiah menjadi kurang maksimal (Anjiana et al., 2025).

Pendidikan sains perlu mengintegrasikan aspek moral, nilai, dan etika ke dalam kurikulum, menggunakan metode pengajaran yang disesuaikan dengan tingkatannya namun tetap tepat untuk diterapkan dalam pembelajaran (Chowdhury, 2016). Sikap peduli lingkungan merupakan salah satu nilai karakter yang perlu dikembangkan (Mauliza et al., 2021; Tivani & Paidi, 2016). Beberapa penelitian terdahulu mengemukakan sikap dan kesadaran siswa terhadap lingkungannya masih tergolong rendah dan belum memadai, hal ini salah satunya dapat terlihat dari ruangan kelas yang kotor, dan banyaknya sampah-sampah yang dibuang sembarangan (Junita et al., 2016; Muthmainah et al., 2016; Pada et al., 2025; Sadewo, 2022). Bahkan pada sekolah Adiwiyata, kesadaran, adaptasi, dan keterlibatan siswa terhadap lingkungan sering kali masih rendah (Anggraini et al., 2024).

Ilmu kimia tidak terpisahkan dengan lingkungan hidup karena segala sesuatu yang terjadi di alam melibatkan suatu reaksi kimia. Oleh karena itu, guru kimia diharapkan dapat mengintegrasikan pendidikan lingkungan hidup pada pembelajaran kimia untuk menumbuhkan kesadaran siswa dalam menjaga lingkungan (Purwanto et al., 2020). Penelitian oleh (Mellyzar et al., 2025) juga menunjukkan integrasi isu lingkungan ke dalam kurikulum memberikan pengaruh positif terhadap aspek kognitif, afektif, serta perilaku pro-lingkungan.

Pembelajaran dengan pendekatan *green chemistry* erat kaitannya dengan masalah lingkungan. Pendekatan *green chemistry* dalam pendidikan kimia dapat diaplikasikan dalam bentuk modul pembelajaran, model pembelajaran, dan modul praktikum (Al-Idrus et al., 2020). *Green chemistry* muncul sebagai

sebuah pendekatan yang mengharuskan sebuah sintesis kimia menghasilkan lebih sedikit limbah, dengan lebih sedikit energi, dan lebih aman bagi para pekerja serta lingkungan (Zuin et al., 2021). *Green chemistry* memang tidak akan menyelesaikan semua masalah polusi, energi, dan pangan tetapi perannya dapat memberikan kontribusi yang sangat besar dan mendasar bagi pelestarian kehidupan bumi (Nuswowati et al., 2017).

Penerapan *green chemistry* dalam pembelajaran kimia juga merupakan langkah penting untuk mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) melalui peningkatan kepedulian lingkungan serta praktik pendidikan berkelanjutan (E. S. Anggraeni et al., 2024). Permasalahan lingkungan global seperti pencemaran menuntut solusi konkret, salah satunya melalui penerapan prinsip *green chemistry* dalam pengolahan limbah menjadi energi terbarukan sesuai target SDGs (Pratama et al., 2025; Arfianti et al., 2025). Prinsip-prinsip yang relevan untuk diimplementasikan dalam praktikum antara lain pencegahan limbah, efisiensi energi, penggunaan bahan baku terbarukan, dan mitigasi potensi bahaya di laboratorium (Cahyani et al., 2024; Yusra et al., 2025). Praktikum berbasis *green chemistry* juga sejalan dengan SDGs 12 yang menekankan konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab. Dengan demikian, pembelajaran kimia yang terintegrasi dengan prinsip *green chemistry* turut memperkuat pilar pembangunan berkelanjutan yang mencakup aspek ekonomi, sosial-politik, dan lingkungan (Mitarlis et al., 2023).

Eksperimen kimia di sekolah biasanya berkaitan dengan bahan kimia, pembuangan bahan, penggunaan reagen yang berlebihan, pelarut dan produksi limbah yang berkontribusi terhadap masalah lingkungan (Listyarini et al., 2019). Kajian tentang *green chemistry* dalam kegiatan eksperimen dan proyek difokuskan pada pemilihan bahan utama dari suatu molekul dan materi, pemilihan pelarut, dan toksisitas material. Penggunaan bahan kimia yang lebih aman berpotensi mengurangi kemungkinan paparan yang tidak disengaja dan meminimalkan jumlah limbah berbahaya yang dihasilkan (Aubrecht et al., 2019).

Berdasarkan penelitian (Armstrong et al., 2018) pembelajaran di laboratorium dapat menyajikan pembelajaran *green chemistry* yang bermakna bagi siswa. *Green chemistry* dapat mengaitkan antara materi kimia dengan

kehidupan sehari-hari siswa, serta menciptakan ruang bagi siswa untuk ikut mengatasi masalah lingkungan yang sedang dihadapi (Karpudewan et al., 2016). Selanjutnya penelitian (Wang et al., 2018) menyatakan sebagian besar mahasiswa lebih mengingat hasil dari kegiatan eksperimen daripada perkuliahan itu sendiri, sehingga cara yang bermakna untuk mengajar dan belajar *green chemistry* sebagai ilmu eksperimental adalah dengan kegiatan praktikum. Penelitian (Redhana & Suardana, 2021) juga menunjukkan bahwa praktikum *green chemistry* dapat meningkatkan hasil belajar.

Laju reaksi merupakan salah satu materi mata pelajaran kimia yang pembelajarannya berhubungan dalam hal teori dan praktikum. Salah satu bahasan dari laju reaksi yaitu faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi membutuhkan kegiatan pembelajaran yang seimbang antara kegiatan kognitif dan psikomotor (Putera et al., 2021). Menurut (Kemendikbud, 2022) kurikulum merdeka pada mata pelajaran kimia memiliki 2 elemen yang mencakup pemahaman kimia dan keterampilan proses. Pemahaman kimia mencakup semua materi yang dipelajari, sedangkan keterampilan proses mencakup keseluruhan proses ilmiah dari mengamati sampai dengan mengomunikasikan hasil penelitian. Capaian pembelajaran (CP) dan tujuan pembelajaran (TP) kimia pada fase F materi laju reaksi yaitu, siswa mampu memahami dan menjelaskan laju reaksi berhubungan dengan teori tumbukan, menganalisis faktor yang mempengaruhinya, dan penerapan dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan elemen pembelajaran, terlihat bahwa materi laju reaksi tidak hanya menekankan pada konsep, namun juga memerlukan pembuktian konsep melalui kegiatan eksperimen atau praktikum dengan cara mengamati, menganalisis, dan menyimpulkan hasil dari eksperimen sehingga dalam hal ini perlu ditekankan adanya keterampilan proses (Isnaini & Yonata, 2021). Namun pada kenyataannya tidak semua sekolah dapat melaksanakan kegiatan praktikum secara maksimal karena terbatasnya waktu, sarana, maupun prasarana, sehingga peserta didik belum mampu memahami materi dan belum dilatihkan keterampilan untuk memecahkan masalah dalam kegiatan praktikum. Sehingga tujuan pembelajaran kimia pada materi laju reaksi belum tercapai sepenuhnya (Chamidah &

Mulyanti, 2021; Sholihah & Azizah, 2019; Tirmizi & Rahmanpiu, 2021).

Berdasarkan beberapa teori, permasalahan, dan penelitian terdahulu, peneliti tertarik untuk mengetahui pengaruh pembelajaran praktikum dengan pendekatan *green chemistry* terhadap keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan pada materi laju reaksi. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi kegiatan pembelajaran yang efektif dan bermakna di sekolah menengah atas (SMA).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis *quasi-experiment*. Desain penelitian yang digunakan adalah *post-test only design*. Kelas eksperimen diberikan perlakuan berupa pembelajaran praktikum dengan pendekatan *green chemistry*, sedangkan kelas kontrol diberi perlakuan berupa pembelajaran praktikum konvensional sesuai dengan yang biasa diterapkan oleh sekolah.

Penelitian ini dilaksanakan di salah satu SMA Negeri di Kota Yogyakarta. Pembelajaran berlangsung di dalam kelas, dan di laboratorium. Sampel dalam penelitian ini merupakan siswa

kelas XI MIPA di salah satu SMA Negeri di Kota Yogyakarta yang dipilih berdasarkan teknik *cluster random sampling*. Sampel yang digunakan terdiri dari 68 peserta didik dalam kelompok eksperimen dan 66 peserta didik dalam kelompok kontrol.

Instrumen dalam penelitian ini terdiri dari dua instrumen, yaitu instrumen pembelajaran dan instrumen pengumpulan data. Instrumen pembelajaran terdiri dari Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dan LKPD Praktikum berpendekatan *green chemistry*. Instrumen pengumpulan data menggunakan soal keterampilan proses sains, lembar observasi keterampilan proses sains, dan angket kesadaran lingkungan.

Soal tes digunakan untuk mengukur keterampilan proses sains kognitif siswa setelah kelas diberi perlakuan, lembar observasi untuk mengukur keterampilan proses sains ranah psikomotor, dan angket kesadaran lingkungan untuk mengukur kesadaran lingkungan siswa. Instrumen penelitian terlebih dahulu divalidasi secara teoritis dan empiris sebelum diujikan pada sampel. Kisi-kisi instrumen dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kisi-kisi instrumen soal keterampilan proses sains

No	Indikator KPS	Indikator soal	Jumlah Soal
1.	Memprediksi	Memprediksi faktor laju reaksi yang terjadi pada sebuah percobaan	1
2.	Mengidentifikasi variabel	Siswa dapat mengidentifikasi variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol sebuah percobaan	2
3.	Merumuskan hipotesis	Melalui wacana kegiatan percobaan siswa dapat merumuskan hipotesis percobaan faktor yang mempengaruhi laju reaksi dengan tepat	1
4.	Membuat tabel data	Melalui wacana kegiatan percobaan siswa dapat merancang tabel data pengamatan	1
5.	Menyimpulkan	Melalui wacana kegiatan percobaan, siswa dapat menyimpulkan hasil dari percobaan	1
6.	Analisis dan menginterpretasikan data	Melalui data hasil percobaan, siswa dapat menganalisis dan menginterpretasikan data faktor katalis yang mempengaruhi laju reaksi dengan benar	4

Tabel 2. Kisi-kisi instrumen observasi keterampilan proses sains

No	Indikator KPS	Keterampilan yang diukur
1	Observasi	Mengamati perubahan yang terjadi dan mengumpulkan fakta yang relevan saat melakukan praktikum
2	Bereksperimen	Melakukan prosedur percobaan dan menggunakan alat bahan dengan benar dan memperhatikan keamanan
3	Hipotesis	Membuat perkiraan atau hipotesis sementara sebelum percobaan
4	Menyimpulkan	Merumuskan kesimpulan berdasarkan data dan teori
5	Mengkomunikasikan	Melaporkan hasil praktikum dengan baik melalui lisan dan tulisan

Tabel 3. Kisi-kisi angket kesadaran lingkungan

No	Aspek	Indikator	Jumlah Butir
1.	Kesadaran akan lingkungan	Kesadaran akan masalah lingkungan Kesadaran akan tanggung jawab individu terhadap lingkungan	9
2.	Sikap terhadap lingkungan	Optimisme lingkungan Perhatian	8
3.	Partisipasi terhadap lingkungan	Partisipasi terhadap masalah lingkungan	10

Data yang telah diperoleh dari hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis statistik manova yang berbantuan dengan SPSS dan analisis deskriptif kuantitatif. Hasil tes soal uraian keterampilan proses sains dan angket kesadaran lingkungan dianalisis menggunakan Manova. Uji asumsi dilakukan terlebih dahulu untuk analisis multivariat manova. Hipotesis uji Manova yang memungkinkan terjadi adalah sebagai berikut

H_{10} : tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan antara siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol pada materi faktor laju reaksi.

H_{1a} : terdapat perbedaan yang signifikan pada keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan antara siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol pada materi faktor laju reaksi.

H_{20} : tidak terdapat sumbangan positif pembelajaran praktikum berpendekatan *green chemistry* terhadap keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan siswa pada materi faktor laju reaksi.

H_{2a} : terdapat sumbangan positif praktikum berpendekatan *green chemistry* terhadap keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan siswa pada materi faktor laju reaksi.

Analisis deskriptif dalam penelitian ini yaitu untuk mendeskripsikan data hasil keterampilan proses sains siswa ranah psikomotor yang diperoleh dari hasil lembar observasi keterampilan proses sains. Data observasi keterampilan proses sains dilakukan deskriptif kuantitatif dengan mengategorikan nilai yang diperoleh berdasarkan kategori penilaian ideal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji hipotesis menunjukkan adanya perbedaan hasil keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol secara simultan. Hasil uji

MANOVA berdasarkan *Hottelling's Trace* menunjukkan perbedaan yang signifikan dari keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji multivariat

Uji	Sig.	Partial eta Squared
Hottelling's Trace	0.000	0.293

Perbedaan keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan siswa antara kelas kontrol dan kelas eksperimen terjadi karena adanya perbedaan perlakuan yang diterapkan dalam proses pembelajaran. Kegiatan pembelajaran pada kelas kontrol menggunakan praktikum konvensional menggunakan bahan kimia sintetik yang telah tersedia di laboratorium sekolah dan biasa digunakan untuk praktikum faktor laju reaksi. Materi dan perangkat pembelajaran yang digunakan juga mengikuti isi yang telah disusun sebelumnya oleh guru mata pelajaran, tanpa menyisipkan konsep *green chemistry*.

Pada kelas eksperimen kegiatan pembelajaran praktikum dilakukan dengan pendekatan *green chemistry*. Prinsip *green chemistry* juga dikenalkan pada siswa. Konsep *green chemistry* yang diintegrasikan dalam kegiatan pembelajaran berfokus pada 4 aspek yaitu *prevention* (pencegahan), *less hazardous chemical syntheses* (sintesis bahan kimia kurang berbahaya), *safer solvents and auxiliaries* (pelarut dan auxiliaries yang lebih aman), dan *inherently safer chemistry for accident prevention* (bahan kimia yang bersifat lebih aman untuk pencegahan kecelakaan). Perbedaan perlakuan pada kegiatan praktikum yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbedaan perlakuan praktikum *green chemistry* dan praktikum konvensional

Praktikum <i>Green chemistry</i>	Praktikum Konvensional
1. Menggunakan bahan-bahan yang memanfaatkan limbah, lebih ramah lingkungan, dan sering dijumpai dalam keseharian. Sehingga praktikum bisa dilakukan secara individu dan dimana saja.	1. Menggunakan bahan kimia sintetik yang memerlukan perlakuan khusus dalam penyimpanan, pengelolaan limbah, serta penggunaannya. Sehingga hanya bisa dilakukan di laboratorium sekolah
2. Menggunakan pemutih pakaian, sabun pencuci piring, ragi (fermipan), cangkang telur, baking soda, dan asam cuka sebagai bahan praktikum.	2. Menggunakan Larutan Natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), Larutan Asam klorida (HCl), Larutan asam sulfat (H_2SO_4), asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$), Kalium klorat padat (KClO_3) Kalsium karbonat (CaCO_3), MnO_3 padat, dan larutan KMnO_4 sebagai bahan praktikum.
3. Pembelajaran dikelas dan LKPD Praktikum memuat konten <i>green chemistry</i>	3. Pembelajaran dikelas dan LKPD Praktikum tidak memuat konten <i>green chemistry</i> , mengikuti kegiatan pembelajaran seperti yang biasa diterapkan disekolah.

Kegiatan praktikum juga dianggap lebih menarik dan menyenangkan bagi siswa dibandingkan pembelajaran dikelas. Penggunaan bahan ramah lingkungan tidak mengurangi pembuktian teori kimia melalui praktikum. Reaksi dan gejala yang muncul seperti terbentuknya endapan, perubahan warna, perubahan suhu, atau timbulnya gas sebagai

indikasi berlangsungnya reaksi kimia tetap dapat diamati dengan baik (Redhana & Merta, 2017).

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa terdapat perbedaan keterampilan proses sains antara kelas eksperimen dan kelas kontrol secara terpisah. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji *Test of Between-Subject Effects* pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji test of *between-subjects effects*

Variabel	<i>f</i>	Sig.	<i>Partial Eta Squared</i>
Keterampilan Proses Sains	6.444	0.012	0.047
Kesadaran Lingkungan	52.117	0.000	0.283

Hasil uji *Test of Between-Subject Effects* untuk variabel keterampilan proses sains nilai signifikansi sebesar 0,012, dimana nilai ini lebih kecil dari 0,05, yang artinya pembelajaran praktikum berpendekatan *green chemistry* berpengaruh terhadap keterampilan proses sains. Aspek kognitif keterampilan proses sains diukur menggunakan 10 soal uraian yang memperoleh nilai rata-rata sebesar sebesar 74,78 untuk kelas eksperimen, sedangkan untuk kelas kontrol sebesar 67,8. Hasil ini menunjukkan kognitif keterampilan proses sains peserta didik kelas eksperimen lebih baik dibandingkan kelas kontrol. Aspek kognitif keterampilan proses sains yang diukur yaitu aspek memprediksi, mengidentifikasi variabel, merumuskan hipotesis, membuat tabel data, analisis dan interpretasi data, serta menyimpulkan.

Tahap pembelajaran menggunakan pendekatan saintifik yang sesuai dengan elemen capaian pembelajaran kurikulum merdeka. Pada

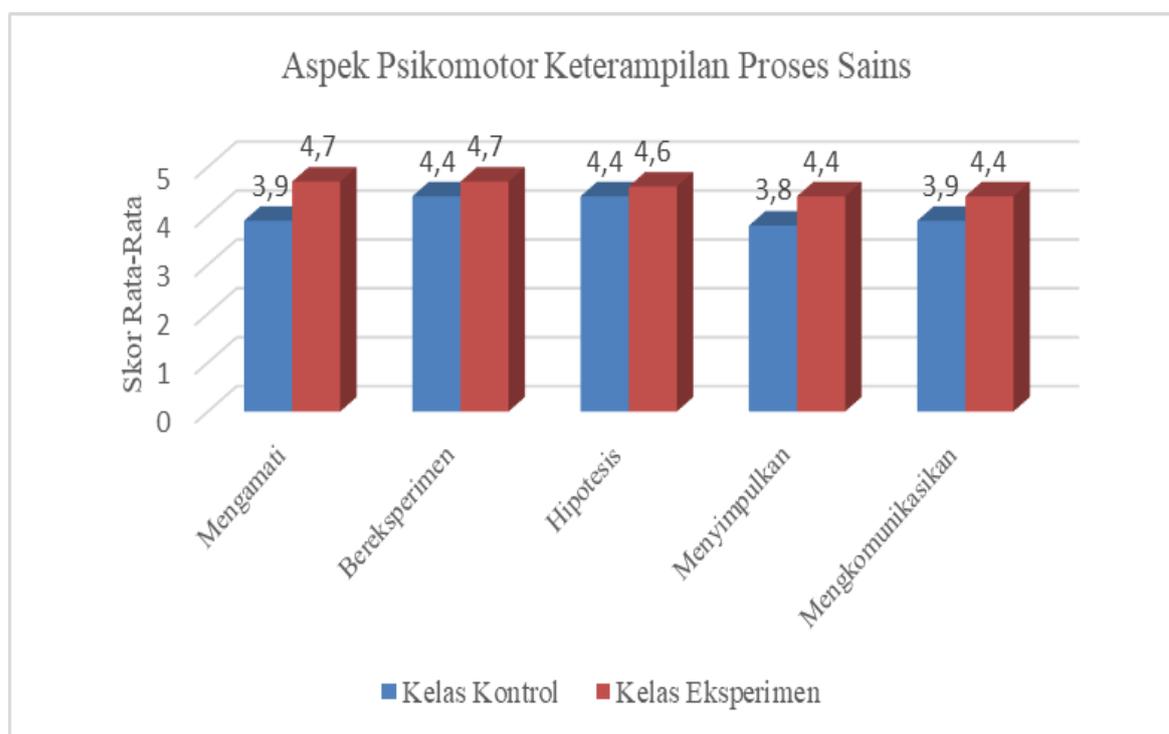
pertemuan pertama siswa terlebih dahulu diberikan materi awal tentang faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi sesuai dengan teori tumbukan. Siswa diberikan beberapa contoh fenomena laju reaksi yang kemudian dicermati dan didiskusikan bersama kelompoknya. Selanjutnya siswa juga diberikan pengenalan awal tentang prinsip *green chemistry* dan bagaimana aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Pada pertemuan kedua, siswa melakukan kegiatan praktikum berpendekatan *green chemistry*, praktikum dilakukan dengan bahan yang lebih aman dan langkah kerja yang lebih sederhana sehingga siswa dapat mencobanya secara individu dan maksimal yang diharapkan dapat meningkatkan aspek observasi, hipotesis, dan eksperimen. Pada pertemuan ketiga, siswa diminta untuk mempresentasikan hasil praktikumnya dan ditugaskan untuk membuat laporan praktikum. Siswa diminta untuk menceritakan praktikum apa yang dilakukan dan

menyimpulkan apakah teori yang dipelajari sesuai dengan hasil praktikum, sehingga diharapkan aspek mengidentifikasi variabel, menganalisis, menyimpulkan dan mengkomunikasikan dapat meningkat.

Panduan praktikum disusun dengan pendekatan *green chemistry* melalui penambahan wacana tentang 12 prinsip *green chemistry*, keselamatan kerja laboratorium, serta informasi bahan alami yang digunakan sebagai pengganti bahan kimia sintetik. Perangkat pembelajaran yang terintegrasi *green chemistry* dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa (Z. N Fitri et al., 2024). Praktikum dirancang dengan memperhatikan prinsip-prinsip *green chemistry* yaitu mengurangi limbah yang dihasilkan serta menggunakan bahan yang tidak berbahaya, ramah lingkungan dan mudah dijumpai dalam kehidupan. Selain itu, alat-alat dan langkah kerja dibuat lebih sederhana sehingga bisa dilakukan secara individu, namun tetap mempertahankan konsep teknik dan keterampilan laboratorium. Hal ini

sejalan dengan penelitian (Supatmi, 2022) yang menyatakan bahwa kegiatan praktikum secara individu mendukung peningkatan keterampilan proses sains karena memberi kesempatan siswa untuk menggunakan kemampuannya secara maksimal dalam melakukan penyelidikan dan pemecahan masalah, yang menyebabkan siswa lebih mudah untuk mengingat sehingga lebih mudah menjawab soal maupun lembar kerja.

Observasi keterampilan proses sains juga dilakukan saat proses pembelajaran berlangsung melalui lembar observasi keterampilan proses sains. Rata-rata hasil total skor observasi keterampilan proses sains yang diperoleh untuk kelas eksperimen sebesar 4,5 dengan kategori sangat baik dan untuk kelas kontrol sebesar 4,1 dengan kategori baik. Hasil ini menunjukkan bahwa keterampilan proses sains kelas eksperimen lebih baik dibandingkan dengan kelas kontrol walaupun perbedaan hasil tidak terlalu jauh. Perbandingan hasil skor rata-rata tiap aspek keterampilan proses sains dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skor aspek psikomotor keterampilan proses sains

Pada aspek observasi dan eksperimen hasil skor rata-rata yang didapat lebih besar, hal ini dikarenakan penggunaan bahan yang lebih aman dan sering dijumpai oleh siswa menjadikan kegiatan praktikum lebih kondusif, karena siswa merasa lebih aman dan percaya diri ketika berhadapan dengan bahan praktikum.

Praktikum *green chemistry* dengan menggunakan bahan ramah lingkungan ini juga mudah dilakukan serta perubahan reaksi yang terjadi mudah untuk diamat. Siswa juga lebih memahami hasil dari pembuktian teori pada praktikum yang kemudian mempermudah siswa dalam menyimpulkan serta mengkomunikasikan

hasil praktikum. Hal ini diharapkan dapat membantu siswa mendapat pengalaman langsung yang memberikan kesempatan untuk meningkatkan proses keterampilan sains dengan maksimal.

Kesadaran lingkungan peserta didik diukur melalui angket kesadaran lingkungan yang berisi 27 pernyataan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kesadaran lingkungan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji *Tests of between-Subjects Effects* pada tabel 3 yang menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000, dimana nilai ini lebih kecil dari 0,05, yang artinya pembelajaran praktikum berpendekatan *green chemistry* berpengaruh terhadap kesadaran lingkungan siswa. Selain itu, skor rata-rata angket kesadaran lingkungan pada kelas eksperimen memperoleh hasil sebesar 112, sedangkan kelas kontrol memperoleh hasil sebesar 98,2. Berdasarkan hasil analisis ini, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran praktikum berpendekatan *green chemistry* pada materi faktor-faktor laju reaksi mempengaruhi kesadaran lingkungan hidup.

Saat pembelajaran siswa dikenalkan dengan konsep *green chemistry*, isu lingkungan seperti masalah limbah bahan kimia, dampak limbah berbahaya terhadap lingkungan serta alternatif penyelesaian masalahnya, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kesadaran lingkungan siswa. Penelitian oleh (Dina et al., 2017) menyatakan bahwa pendidikan tentang pengelolaan limbah yang bijak (*waste-wise education*) terbukti efektif meningkatkan kesadaran dan praktik *zero-waste* serta kesadaran mengenai relevansi isu limbah dengan bencana dan perubahan iklim.

Pendekatan *green chemistry* juga dilakukan dalam kegiatan praktikum. Sejalan dengan penelitian (A. N. Fitri, 2021) yang menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis *green chemistry* dapat meningkatkan kesadaran lingkungan siswa. Penelitian lain yang mendukung, sebagaimana diungkapkan oleh (D. A. R. Anggraeni & Moersilah, 2024) yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada skor sikap peduli lingkungan kelas eksperimen yang mengikuti eksperimen dan kegiatan *green chemistry*, sehingga dapat disimpulkan bahwa eksperimen dan kegiatan *green chemistry* efektif dalam mendorong sikap peduli lingkungan siswa.

Praktikum yang diterapkan pada kelas eksperimen menggunakan bahan-bahan yang

lebih ramah lingkungan dan lebih dekat dengan siswa sebagai pengganti bahan kimia sintetik untuk menunjukkan faktor yang mempengaruhi laju reaksi. Informasi bahan yang menjelaskan kandungan bahan ramah lingkungan sebagai pengganti bahan kimia sintetik juga dijelaskan pada siswa. Hal ini menjadi pengetahuan baru bagi siswa dalam usaha pencegahan terbentuknya limbah berbahaya, penggunaan pelarut dan zat tambahan yang aman, serta desain praktikum sederhana untuk meminimalisir potensi kecelakaan. Pengetahuan lingkungan dan kesadaran akan penggunaan bahan kimia yang ramah lingkungan dapat mempengaruhi perilaku peduli lingkungan (Santosa et al., 2024).

Penelitian oleh (Awoyode, 2024) menyebutkan bahwa tingkat kesadaran menentukan pelaksanaan prinsip *green chemistry* dalam mendukung pelestarian lingkungan, terdapat kontribusi interaktif dari tingkat kesadaran dan penerapan prinsip *green chemistry* pada kelestarian lingkungan. Penelitian oleh (H Taha et al., 2019) juga menyebutkan bahwa siswa yang terlibat dalam desain eksperimen *green chemistry* memiliki tingkat kesadaran dan praktik keberlanjutan lingkungan yang lebih tinggi. Kesadaran lingkungan dalam kimia akan menjadi pendorong utama dalam mengarahkan industri kimia menuju masa depan yang lebih berkelanjutan dan menjaga lingkungan untuk generasi mendatang (Kieftiany, 2023).

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh sumbangan efektif pembelajaran praktikum dengan pendekatan *green chemistry* terhadap keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan secara simultan sebesar 0,293 atau sebesar 29,3% yang termasuk dalam kategori tinggi. Selanjutnya, sumbangan efektif pembelajaran praktikum dengan pendekatan *green chemistry* terhadap keterampilan proses sains memperoleh hasil 0,047 atau sebesar 4,7% yang termasuk kategori kecil. Hal ini dapat terjadi karena kurangnya waktu penelitian sehingga pelatihan aspek keterampilan proses sains hanya dapat dilakukan pada satu kali praktikum sehingga hasilnya kurang maksimal dan terlihat perbedaannya. Sementara itu, sumbangan efektif pembelajaran praktikum dengan pendekatan *green chemistry* terhadap kesadaran lingkungan memperoleh 0,283 atau 28,3% yang termasuk kategori tinggi untuk kesadaran lingkungan.

Kegiatan praktikum *green chemistry* dilakukan di laboratorium dalam upaya mengurangi, menghilangkan, dan mengganti bahan kimia beracun dan berbahaya yang digunakan dalam eksperimen untuk mengurangi kadar polutan dan volume limbah. Dengan demikian, *green chemistry* memberikan peluang yang sangat besar dalam pembelajaran kimia (Inayah & Dasna, 2022). Kendala yang dihadapi saat praktikum akan menghambat proses keterampilan sains siswa dapat diatasi dengan praktikum *green chemistry*. Kendala seperti kurangnya alat dan bahan praktikum yang disebabkan kurangnya pengadaan sarana laboratorium sekolah bisa diatasi dengan praktikum *green chemistry*, karena bahan yang digunakan cenderung lebih terjangkau, bahkan cangkang telur yang merupakan limbah makanan dapat pula dimanfaatkan sebagai sarana praktikum. Kendala kurangnya waktu juga dapat diatasi dengan praktikum *green chemistry*, dikarenakan prosedur praktikum lebih sederhana serta bahan yang digunakan lebih aman, siswa lebih cepat faham dengan prosedur praktikum dan tidak canggung dalam pelaksanaannya. Hal ini juga yang membuat keadaan kelas lebih kondusif, siswa tidak lebih banyak bertanya berulang-ulang terkait prosedur praktikum. Praktikum *green chemistry* juga bisa dilakukan sendiri tanpa harus menggunakan laboratorium, alat dan bahan lebih mudah didapatkan sehingga siswa yang terkendala dapat mencobanya sendiri diluar sekolah, sehingga keterampilan proses sains siswa tetap dapat dilatih. Peningkatan kesadaran lingkungan melalui praktikum *green chemistry* dapat berkontribusi pada tercapainya Sustainable Development Goals (SDGs), terutama SDG 4 (*Quality Education*) yang menekankan pentingnya pendidikan berkelanjutan, SDG 12 (*Responsible Consumption and Production*) yang berfokus pada penggunaan sumber daya secara bertanggung jawab. Oleh karena itu, praktikum *green chemistry* tidak hanya mengembangkan kompetensi akademik, tetapi juga memberikan sumbangan nyata terhadap pencapaian tujuan global pembangunan berkelanjutan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan antara kelas yang mengikuti pembelajaran praktikum

berpendekatan *Green chemistry* dan kelas yang mengikuti pembelajaran praktikum konvensional pada materi faktor laju reaksi baik secara simultan maupun terpisah. Sumbangan efektif pembelajaran praktikum dengan pendekatan *green chemistry* terhadap keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan pada materi faktor laju reaksi secara simultan memperoleh hasil 28,3%, sedangkan secara terpisah sebesar 4,7% untuk keterampilan proses sains dan 29,3% untuk kesadaran lingkungan. Praktikum *green chemistry* tidak hanya meningkatkan kompetensi akademik, tetapi juga dapat berkontribusi pada SDGs, khususnya SDG 4 (*Quality Education*) dan SDG 12 (*Responsible Consumption and Production*).

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, M. D., Karyasa, I. W., & Muderawan, I. W. (2019). Profil keterampilan proses sains siswa dalam praktikum titrasi asam basa. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 3(2), 94–102. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JP/index>
- Al-Idrus, S. W., Hadisaputra, S., & Junaidi, E. (2020). Pendekatan *green chemistry* dalam modul praktikum kimia lingkungan untuk meningkatkan kreatifitas mahasiswa calon guru kimia. *Chemistry Education Practice*, 3(2), 69. <https://doi.org/10.29303/cep.v3i2.2110>
- Anggraeni, D. A. R., & Moersilah. (2024). The influence of green chemistry activities on students' environmental care attitudes. *Journal of Education for Sustainable Development Studies*, 1(1), 41–50.
- Anggraeni, E. S., Putri, R. A., Tristiana, A. W., Maharani, T., Wirhanuddin, & Rahmadani, A. (2024). Kajian literatur penerapan kimia hijau dan tujuan pembangunan berkelanjutan dalam pembelajaran kimia. *Arfak Chem: Chemistry Education Journal*, 7(2), 604–616.
- Angraini, R., Utaya, S., & Ruja, I. N. (2024). Empowering students as environmental stewards: awareness, adaptation, and involvement in conservation at adiwiyata schools. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 16(4). <https://doi.org/10.35445/alishlah.v16i4.588>
- Anjiana, R., Yuliasuti, I., Rayahu, A., Kristiani, Y., & Mustofa, R. F. (2025). Optimasi penggunaan laboratorium ipa di smp

- evaluasi ketersediaan sarana prasarana laboratorium dan kualitas pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(1), 103–113. <https://doi.org/10.21831/jpms.v13i1.84339>
- Arfianti, A., Suhartini, E., Haerani, R. P. R., & Septika, H. D. (2025). E-modul berbasis socio-scientific issues “aqua wise” dalam mendukung sdgs clean water and sanitation. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(Special_issue), 46–60. https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.88329
- Arifin, U. F., Hadisaputro, S., & Susilaningih, E. (2015). Pengembangan lembar kerja praktikum siswa terintegrasi guided inquiry untuk keterampilan proses sains. *Chemistry in Education*, 4(1), 54–60. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/chemined>
- Armstrong, L. B., Rivas, M. C., Douskey, M. C., & Baranger, A. M. (2018). Teaching students the complexity of green chemistry and assessing growth in attitudes and understanding. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13, 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.04.003>
- Aubrecht, K. B., Bourgeois, M., Brush, E. J., Mackellar, J., & Wissinger, J. E. (2019). Integrating green chemistry in the curriculum: building student skills in systems thinking, safety, and sustainability. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00354>
- Awoyode, T. (2024). Awareness and application of green chemistry principles in promoting environmental sustainability among secondary school students in lagos state. University of Lagos. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23275.14886>
- Cahyani, M. D., Gusman, T. A., & Akbar, A. Y. (2024). Profile of green chemistry on chemistry education students: study on developing green chemistry practical module to support sustainable development goals (sdgs). *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(10), 7954–7959. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i10.7796>
- Chamidah, A. N., & Mulyanti, S. (2021). Green chemistry-based reaction rate practice through online media: an analysis of teachers’ and students’ responses. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 4(2). <http://ejournal.radenintan.ac.id/index.php/IJSME/article/view/8452>
- Chowdhury, M. (2016). Emphasizing morals, values, ethics, and character education in science education and science teaching. *The Malaysian Online Journal of Educational Science*, 4(2), 1–16.
- Dina, D., Fillaeli, A., & Jayanti, A. A. (2017). Waste-wise education: impact on zero waste awareness and practices. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 2023(2), 20–27. <https://doi.org/10.21831/jpms.v4i1.10111>
- Dwianto, A., Wilujeng, I., Prasetyo, Z. K., & Suryadarma, I. G. P. (2017). The development of science domain based learning tool which is integrated with local wisdom to improve science process skill and scientific attitude. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(1), 23–31. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i1.7205>
- Fitri, A. N. (2021). Pengembangan media mobile learning pada materi asam basa berbasis green chemistry untuk meningkatkan prestasi belajar dan kesadaran lingkungan peserta didik. Thesis. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Fitri, Z. N., Burhanuddin, & A, Y. A. S. (2024). Feasibility of teaching module in curriculum merdeka integrated green chemistry to improve science process skills and student learning independence. *Journal of Science and Science Education*, 5(1), 50–54. <https://doi.org/10.29303/jossed.v5i1.6762>
- H Taha, V, S., Y, K. Y., A, Y., T, L. T., & I, M. D. M. (2019). Impact of student-initiated green chemistry experiments on their knowledge, awareness and practices of environmental sustainability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1156(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1156/1/012022>
- Inayah, S., & Dasna, I. W. (2022). Implementasi green chemistry dalam pembelajaran kimia: literatur review. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 10(1). <http://ojs.ikipmataram.ac.id/index.php/hydrogen/>
- Isnaini, M., & Yonata, B. (2021). Pengembangan lkpd inkuiri terbimbing berpendekatan nested untuk melatih

- keterampilan proses sains pada materi laju reaksi. *Chemistry Education Practice*, 4(2), 153–159. <https://doi.org/10.29303/cep.v4i2.2334>
- Junita, S., Halim, A., & Marlina. (2016). Penerapan pendekatan sains teknologi masyarakat (stm) untuk meningkatkan kesadaran siswa terhadap lingkungan pada pembelajaran kimia materi asam basa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 4(1), 129–139.
- Karpudewan, M., Michael Roth, W., & Sinniah, D. (2016). The role of green chemistry activities in fostering secondary school students' understanding of acid-base concepts and argumentation skills. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 893–901. <https://doi.org/10.1039/c6rp00079g>
- Kemendikbud. (2022). Capaian Pembelajaran Mata Pelajaran Kimia Fase E - Fase F untuk SMA/MA/Program Paket C. Kemendikbud RI
- Kieftiany, V. (2023). Pentingnya kesadaran lingkungan dalam kimia untuk menuju penggunaan bahan ramah lingkungan. *Nautical: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(4).
- Kusuma, A. E., & Rusmansyah. (2021). Analysis of science process skills for senior high school students in banjarmasin. *Proceedings of the 2nd International Conference on Innovation in Education and Pedagogy (ICIEP 2020)*.
- 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>
- Mauliza, Nurhafidhah, & Hasby. (2021). Analisis integrasi nilai karakter peduli lingkungan dan tanggung jawab dalam buku ajar kimia sma. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(2), 181–190. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v9i2.18332>
- Mellyzar, Nahadi, Sriyati, S., & Hernani. (2025). Evaluation of the environmental chemistry course using the cipp model: integrating sdgs and enhancing students' environmental literacy. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(1), 47–64. <https://doi.org/10.21831/jpms.v13i1.81825>
- Mitarlis, Azizah, U., & Yonata, B. (2023). The integration of green chemistry principles in basic chemistry learning to support achievement of sustainable development goals (sdgs) through education. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 233–254. <https://doi.org/10.3926/jotse.1892>
- Muthmainah, Nurmiyati, & Dwiastuti, S. (2016). Pengaruh penggunaan modul berbasis potensi lokal pada topik ekosistem terhadap pemahaman konsep dan sikap peduli lingkungan siswa kelas x. *Proceeding Biology Education Conference*, 13(1), 293–298.
- Nuswowati, M., Susilaningsih, E., Ramlawati, & Kadarwati, S. (2017). Implementation of problem-based learning with green chemistry vision to improve creative thinking skill and students' creative actions. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 221–228. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i2.9467>
- Pada, A., Chanunan, S., & Rahmat, I. (2025). Fostering environmental awareness through sustainable development goal-oriented ethno-stem approach in elementary education. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 14(3). <https://doi.org/10.15294/jpii.v14i3.24420>
- Pratama, F. I., Rohaeti, E., & Laksono, E. W. (2025). Building sustainable education with the literacy and research-oriented cooperative problem-based learning: A bridge in the activeness of chemistry education students. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(Special_issue), 61–68. https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.88392
- Purwanto, A., Moersilah, & Ula, F. R. (2020). Pengaruh model pembelajaran learning cycle 7e terhadap keterampilan proses sains siswa kelas xi pada materi larutan asam dan basa terintegrasi pendidikan lingkungan hidup. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana Universitas Negeri Jakarta*, 1(1), 63–69.
- Putera, D. B. R. A., Muharrani, L. K., & Hadi, W. P. (2021). Pengaruh metode belajar vak dalam pembelajaran kooperatif tipe nht untuk meningkatkan aktivitas siswa pada materi laju reaksi. *UNESA Journal of Chemical Education*, 10(2), 113–121.

- Redhana, I. W., & Merta, L. M. (2017). Metode praktikum kimia hijau untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada topik laju reaksi. *Cakrawala Pendidikan*, 3, 382–403. <https://www.researchgate.net/publication/371278621>
- Redhana, I. W., & Suardana, I. N. (2021). Green chemistry practicums at chemical equilibrium shift to enhance students' learning outcomes. *International Journal of Instruction*, 14(1), 691–708. <https://doi.org/10.29333/IJI.2021.14142A>
- Sadewo, M. A. I. (2022). Pengembangan science application (sciapp) berorientasi potensi lokal kawasan kolam budidaya ikan untuk meningkatkan sikap peduli lingkungan dan keterampilan proses sains peserta didik. Thesis. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Santosa, N. K. Y., Sulistyowati, L., & Aji, S. S. (2024). Penerapan kimia hijau dan pengetahuan lingkungan serta keterkaitannya dengan perilaku peduli lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12(2), 351.
- Savitri, E. N., Wusqo, I. U., Ardhi, M. W., & Putra, P. D. (2017). Enhancement of science students' process skills through implementation of green learning method (gelem) with conservation-based inquiry approach. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 237–244. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i2.11286>
- Sholihah, Z., & Azizah, U. (2019). Penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan proses sains pada materi laju reaksi. *Unesa Journal of Chemical Education*, 8(2), 106–112.
- Sriyati, S., Ivana, A., & Pryandoko, D. (2021). Pengembangan sumber belajar biologi berbasis potensi lokal dadiah untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(2), 168–180. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v9i2.18783>
- Supahar, Rosana, D., Ramadani, M., & Dewi, D. K. (2017). The instrument for assessing the performance of science process skills based on nature of science (nos). *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 36(3), 435–445.
- Supatmi, S. (2022). Peningkatan keterampilan proses sains melalui praktikum kimia berbasis skala mikro materi stoikiometri. *JRPK: Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 12(1), 47–57. <https://doi.org/10.21009/jrpk.121.07>
- Tanti, Kurniawan, D. A., Kuswanto, Utami, W., & Wardhana, I. (2020). Science process skills and critical thinking in science: Urban and rural disparity. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4), 489–498. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i4.24139>
- Tanti, Kurniawan, D. A., Wirman, R. P., Dari, R. W., & Yuhanis, E. (2020). Description of student science process skills on temperature and heat practicum. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan*, 24(1), 88–101. <https://doi.org/10.21831/pep>
- Tirmizi, A., & Rahmanpiu. (2021). Pengembangan media pembelajaran virtual lab dalam praktikum laju reaksi 1. *Jurnal Pendidikan Kimia FKIP Universitas Halu Oleo*, 6(3). <https://doi.org/10.36709/jpkim%20uho.v6i3.19777>
- Tivani, I., & Paidi, P. (2016). Pengembangan lks biologi berbasis masalah untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan karakter peduli lingkungan. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(1), 35. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i1.8804>
- Wahyuni, S., Indrawati, I., Sudarti, S., & Suana, W. (2017). Developing science process skills and problem-solving abilities based on outdoor learning in junior high school. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(1), 165–169. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i1.6849>
- Wang, M. Y., Li, X. Y., & He, L. N. (2018). Green chemistry education and activity in china. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13, 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.07.001>
- Wismaningati, P., Nuswowati, M., Sulistyansih, T., & Eisdiantoro, S. (2019). Analisis keterampilan proses sains materi koloid melalui pembelajaran berbasis proyek berbasis sets. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(1), 2287 – 2294.
- Yusra, R. A., Kusumah, F. H., & Suryadi, A. (2025). Pengaruh PjBL-STEM terhadap Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Energi Terbarukan dalam Mendukung Pendidikan yang Berkualitas. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(Special_issue), 26–37.

https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.86537

Zuin, V. G., Eilks, I., Elschami, M., & Kümmerer, K. (2021). Education in green chemistry and in sustainable chemistry: perspectives towards sustainability. *Green Chemistry*, 23(4), 1594–1608. <https://doi.org/10.1039/d0gc03313h>

PROFIL SINGKAT

Izza kamilah lahir pada tanggal 20 Februari 1998, Pendidikan S1 di UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta Program Studi S1

Pendidikan Kimia. Melanjutkan studi S2 di Universitas Negeri Yogyakarta. Penulis dapat dihubungi di izza0091fmipa.2020@student.uny.ac.id.

Prof. Dr. Dra. Isana Supiah Yosephine Louise, M.Si. merupakan dosen di Universitas Negeri Yogyakarta yang memiliki fokus di bidang Kimia Fisika. Penulis dapat dihubungi di isana_supiah@uny.ac.id.