

**VALIDITAS DAN KEPRAKTIKAN PANDUAN PRAKTIKUM SEL VOLTA
BERBASIS *GREEN CHEMISTRY* DAN *CHEMOENTREPRENEURSHIP*
UNTUK SMA/MA**

Fadhila Handayani¹, Andromeda²

^{1,2} Program Studi Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Padang

¹fadhila03handayani@gmail.com, ²andromeda@fimpa.unp.ac.id

ABSTRACT

This study aimed to develop a voltaic cell practicum guide based on green chemistry and chemoentrepreneurship for senior high school (SMA/MA) students, and to determine its validity and initial practicality. This research used the Educational Design Research (EDR) approach with the Plomp model, consisting of preliminary research and a prototyping phase (self-evaluation, expert review, one-to-one evaluation, and small group evaluation). The product was validated by five experts and trialed on nine students in a small group evaluation. Validity was analyzed using Aiken's V index, while practicality was analyzed using a Likert-scale questionnaire covering five indicators: ease of use, efficiency, benefit, application of green chemistry principles, and application of chemoentrepreneurship indicators. The results showed that the guide was valid, with an overall Aiken's V of 0.89 (content 0.88, presentation 0.89, language 0.88, appearance 0.91). The practicality test showed an overall percentage of 93.19%, categorized as very practical, with the highest score on the application of green chemistry principles (98.89%) and the lowest on benefit (90.00%). These findings indicate that the developed practicum guide is valid and practical as a learning tool for voltaic cell material in senior high school.

Keywords: green chemistry, chemoentrepreneurship, voltaic cell, validity, practicality

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan panduan praktikum sel volta berbasis *green chemistry* dan *chemoentrepreneurship* untuk murid SMA/MA, serta mengetahui validitas dan Kepraktisan produk yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Educational Design Research* (EDR) dengan model Plomp, yang terdiri atas tahap penelitian pendahuluan dan tahap pengembangan (*self-evaluation, expert review, one-to-one evaluation*, dan *small group evaluation*). Produk divalidasi oleh lima orang ahli dan diujicobakan kepada sembilan peserta didik pada uji coba kelompok kecil. Validitas dianalisis menggunakan indeks Aiken's V, sedangkan kepraktisan dianalisis menggunakan angket skala Likert yang mencakup lima indikator: kemudahan, efisiensi, manfaat, penerapan prinsip *green chemistry*, dan penerapan indikator *chemoentrepreneurship*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panduan yang dikembangkan valid, dengan nilai Aiken's V keseluruhan sebesar 0,89 (isi 0,88, penyajian 0,89, kebahasaan 0,88, tampilan 0,91). Hasil Uji Kepraktisan menunjukkan persentase keseluruhan sebesar 93,19%, dengan kategori sangat praktis, dengan skor tertinggi pada penerapan prinsip *green chemistry* (98,89%) dan skor terendah pada aspek manfaat (90,00%). Temuan ini

menunjukkan bahwa panduan praktikum yang dikembangkan valid dan praktis digunakan sebagai perangkat pembelajaran pada materi sel volta di SMA/MA.

Kata Kunci: sel volta, *green chemistry*, *chemoentrepreneurship*, panduan praktikum, validitas, praktikalitas

A. Pendahuluan

Kimia merupakan salah satu mata pelajaran IPA yang bersifat abstrak sekaligus aplikatif, sehingga pembelajarannya menuntut murid tidak hanya memahami konsep secara teoretis, tetapi juga memperoleh pengalaman langsung melalui kegiatan praktikum di laboratorium. Kegiatan praktikum terbukti berkontribusi signifikan terhadap capaian belajar kimia murid, baik di jenjang sekolah menengah maupun perguruan tinggi (Agustian, Finne, Jorgensen, et al., 2022; Hofstein & Mamlok-Naaman, 2021). Salah satu materi yang memerlukan penguatan melalui praktikum adalah sel volta, yaitu materi elektrokimia yang mempelajari perubahan energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi redoks spontan. Materi ini termasuk materi yang bersifat abstrak karena melibatkan tiga level representasi, salah satunya adalah submikroskopik yang sulit divisualisasikan murid (Laohapornchaiphan & Chenprakhon, 2024), sehingga murid kerap

mengalami kesulitan dalam memahami konsep sel volta apabila hanya dipelajari secara teoretis (Sutantri, 2022a) dan mengalami kendala dalam merepresentasikan konsep sel volta ke dalam bentuk makroskopik, submikroskopik, maupun simbolik secara terintegrasi (Rahayu et al., 2023).

Berdasarkan hasil wawancara analisis kebutuhan dengan guru kimia di tiga sekolah, yaitu SMAN 1 Palupuh, SMAN 4 Sumbar, dan SMAN 5 Padang, ditemukan bahwa pelaksanaan praktikum sel volta belum berjalan secara optimal. Kendala yang ditemukan meliputi keterbatasan alat dan bahan praktikum, kendala fasilitas laboratorium, sistem pengelolaan limbah hasil praktikum yang belum tertata dengan baik, serta belum tersedianya panduan praktikum yang sistematis khususnya pada materi sel volta. Selain kendala teknis tersebut, praktikum yang dilaksanakan juga belum diarahkan pada pengembangan produk yang bernilai guna dan bernilai ekonomi bagi murid.

Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengembangan panduan praktikum sel volta yang mengintegrasikan dua pendekatan sekaligus. Pendekatan pertama adalah *green chemistry*, yaitu pendekatan kimia yang berupaya mengurangi atau menghilangkan penggunaan dan pembentukan zat berbahaya melalui perancangan produk dan proses kimia yang lebih aman dan ramah lingkungan (Anastas, P. T., & Warner, 1998; Kurul *et al.*, 2025). Penerapan *green chemistry* pada praktikum di sekolah terbukti dapat dilakukan secara bertahap tanpa mengorbankan capaian pembelajaran (Perta *et al.*, 2025), sekaligus mengurangi risiko paparan bahan berbahaya dan limbah laboratorium (Murcia *et al.*, 2023). Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa praktikum berbasis *green chemistry* berkontribusi terhadap peningkatan keterampilan proses sains dan kesadaran lingkungan murid (Chengere *et al.*, 2025; Kamilah & Louise, 2025), serta meningkatkan kesadaran dan sikap peduli lingkungan secara umum (Sunday *et al.*, 2025). Penelitian pengembangan penuntun praktikum berbasis *green*

chemistry pada materi elektrokimia sebelumnya juga telah dilakukan dan terbukti valid serta praktis digunakan (Fajriati *et al.*, 2024; Fitri *et al.*, 2025), namun belum diintegrasikan dengan pendekatan kewirausahaan. Pada penelitian ini, prinsip *green chemistry* diwujudkan melalui penggunaan elektrolit alami (air jeruk nipis) sebagai pengganti larutan asam sintetis, serta pemanfaatan kawat tembaga dari kabel atau charger bekas sebagai elektroda.

Pendekatan kedua adalah *chemoentrepreneurship* (CEP), yaitu pembelajaran kimia yang diarahkan pada pengembangan jiwa kewirausahaan murid melalui pembuatan produk bernilai ekonomi berbasis konsep kimia yang telah dipelajari (Qurniati, 2021). Pembelajaran berbasis wirausaha terbukti dapat meningkatkan keterampilan sosial dan vokasional murid (Prayitno *et al.*, 2024), menumbuhkan minat berwirausaha di bidang kimia (Walther *et al.*, 2024), serta memperkuat karakter kewirausahaan murid sekaligus keterampilan sains secara bersamaan (Sitompul *et al.*, 2025). Media dan perangkat pembelajaran berbasis CEP pada berbagai materi kimia juga

telah dikembangkan dan dinyatakan layak digunakan, di antaranya pada materi sifat koligatif (Ni'mah & Kamaludin, 2023) dan materi ikatan kimia (Aspari & Andromeda, 2025). Meskipun demikian, penelitian yang mengintegrasikan *green chemistry* dan CEP sekaligus pada materi sel volta masih terbatas, sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru bagi pengembangan terhadap perangkat pembelajaran kimia di SMA/MA.

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana karakteristik, validitas, dan Kepraktisan panduan praktikum sel volta berbasis *green chemistry* dan CEP untuk SMA/MA yang dikembangkan. Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan panduan praktikum sel volta berbasis *green chemistry* dan CEP untuk SMA/MA, serta mengetahui validitas dan Kepraktisan produk yang dihasilkan.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*development research*) dengan pendekatan *Educational Design*

Research (EDR) menggunakan model Plomp, yang terdiri atas dua tahap utama, yaitu tahap penelitian pendahuluan (*preliminary research*) dan tahap pengembangan (*prototyping phase*) (Plomp & Nieveen, 2013). Tahap penelitian pendahuluan meliputi analisis kebutuhan dan konteks, studi literatur, dan pengembangan kerangka konseptual, yang menjadi dasar penyusunan rancangan awal produk (Prototipe I). Tahap pengembangan selanjutnya dilakukan melalui evaluasi formatif berlapis (Tessmer, 1993 dalam Plomp & Nieveen, 2013), yang terdiri atas *self-evaluation*, *expert review*, *one-to-one evaluation*, dan *small group evaluation*, sehingga produk mengalami penyempurnaan secara bertahap dari Prototipe I hingga prototipe akhir yang diujicobakan pada penelitian ini.

Subjek pada tahap analisis kebutuhan adalah tiga orang guru kimia dari tiga sekolah berbeda di Sumatera Barat. Subjek pada tahap *expert review* adalah lima orang validator ahli yang berkompeten di bidang pendidikan kimia. Subjek pada tahap *one-to-one evaluation* adalah tiga orang murid SMA dengan kemampuan akademik berbeda

(tinggi, sedang, rendah), sedangkan subjek pada tahap *small group evaluation* adalah sembilan orang murid kelas XII yang telah mempelajari materi elektrokimia.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (1) pedoman wawancara analisis kebutuhan, digunakan untuk menggali informasi mengenai pelaksanaan praktikum, ketersediaan sarana, dan kebutuhan pengembangan produk; (2) lembar validasi ahli (*expert review*), berupa angket berskala 1-5 (1 = sangat tidak setuju hingga 5 = sangat setuju) yang mencakup empat aspek penilaian, yaitu isi (11 butir), penyajian (14 butir), kebahasaan (5 butir), dan tampilan (4 butir), dilengkapi kolom saran/perbaikan; dan (3) angket respons murid, digunakan pada tahap *one-to-one evaluation* dan *small group evaluation*, berupa angket berskala 1-5 yang mencakup lima indikator kepraktisan, yaitu kemudahan, efisiensi, manfaat, penerapan prinsip *green chemistry*, dan penerapan indikator *chemoentrepreneurship*.

Data validitas dianalisis menggunakan indeks Aiken's V (Aiken, 1985) dengan rumus $V = \sum s / [n(c-1)]$, dengan $s = r - l_o$ (r adalah skor yang diberikan validator, l_o adalah

skor terendah dalam kategori penilaian), n adalah jumlah validator, dan c adalah jumlah kategori penilaian yang digunakan. Produk dinyatakan valid apabila memperoleh nilai $V \geq 0,80$. Data kepraktisan dianalisis dengan menghitung persentase skor pada setiap indikator menggunakan rumus $NP = (R/SM) \times 100\%$, dengan NP adalah nilai persentase kepraktisan, R adalah skor mentah yang diperoleh, dan SM adalah skor maksimum. Hasil persentase yang diperoleh selanjutnya dikategorikan berdasarkan kriteria interval: 81%-100% sangat praktis, 61%-80% praktis, 41%-60% sedang, 21%-40% kurang praktis, dan 0%-20% tidak praktis.

Prosedur penelitian yang dilaksanakan mengikuti tahapan model Plomp secara berurutan. Pada tahap penelitian pendahuluan, dilakukan analisis kebutuhan dan konteks melalui wawancara dengan guru kimia, studi literatur terhadap teori sel volta, prinsip *green chemistry*, dan indikator *chemoentrepreneurship*, serta pengembangan kerangka konseptual yang menghasilkan rancangan awal produk (Prototipe I). Pada tahap pengembangan, Prototipe I dievaluasi secara mandiri oleh

peneliti (*self-evaluation*) menggunakan daftar ceklis untuk memperbaiki kesalahan tipografi, kesesuaian isi, dan kelengkapan komponen panduan, sehingga dihasilkan Prototipe II. Prototipe II selanjutnya dinilai oleh lima orang validator ahli (*expert review*) dan diujicobakan kepada tiga orang peserta didik (*one-to-one evaluation*) secara bersamaan. Berdasarkan saran dari kedua kegiatan tersebut, dilakukan revisi sehingga dihasilkan prototipe akhir yang selanjutnya diujicobakan pada kelompok kecil berjumlah sembilan murid (*small group evaluation*) untuk memperoleh data Kepraktisan.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Karakteristik Produk

Penelitian ini menghasilkan panduan praktikum sel volta berbasis *green chemistry* dan *chemoentrepreneurship* untuk SMA/MA, yang terdiri atas dua bagian utama. Bagian pertama adalah praktikum *green chemistry*, yang memuat tujuan pembelajaran, teori dasar (konsep sel volta, deret volta, dan prinsip *green chemistry*), alat dan bahan, prosedur kerja, tabel pengamatan, pertanyaan praktikum,

dan kesimpulan. Praktikum ini menerapkan lima prinsip *green chemistry*, yaitu pencegahan limbah, penggunaan bahan kimia yang lebih aman, penggunaan bahan baku terbarukan, penggunaan pelarut yang lebih aman, dan efisiensi energi, yang diwujudkan melalui penggunaan elektrolit alami (air jeruk nipis) sebagai pengganti larutan asam sintetis dan pemanfaatan kawat tembaga dari kabel bekas sebagai elektroda.

Bagian kedua adalah proyek *chemoentrepreneurship*, berupa produk contoh bernama *EcoBright Science Kit*, yaitu kit edukasi sel volta yang terdiri atas komponen yang dijual (elektroda seng, elektroda tembaga, LED beserta kabel, dan buku panduan bergambar) serta komponen yang disiapkan sendiri oleh pengguna (buah segar sebagai elektrolit dan wadah *display* untuk memajang produk akhir). Proyek ini menerapkan tiga indikator *chemoentrepreneurship*, yaitu kemampuan menghasilkan ide orisinal, kemampuan berinovasi, dan kemampuan berkreasi menggunakan daya imajinasi, yang dilatihkan melalui kegiatan perencanaan produk, rancangan percobaan, pelaksanaan, analisis, hingga presentasi hasil proyek.

2. Validitas Produk

Validitas produk dinilai oleh lima orang validator ahli terhadap empat aspek. Hasil perhitungan indeks Aiken's V disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Validasi Ahli
(Expert Review)**

Aspek	Jumlah Butir	Rata-rata	Kategori
Isi	11	0,88	Valid
Penyajian	14	0,89	Valid
Kebahasaan	5	0,88	Valid
Tampilan	4	0,91	Valid
Rata-rata Keseluruhan		0,89	Valid

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa seluruh aspek memperoleh nilai Aiken's $V \geq 0,80$, sehingga panduan praktikum yang dikembangkan dinyatakan valid (Aiken, 1985). Nilai tertinggi diperoleh pada aspek tampilan (0,91), yang menunjukkan bahwa desain cover, tata letak, dan kombinasi warna panduan praktikum dinilai menarik dan proporsional oleh para ahli, sekalipun beberapa catatan minor terkait kontras warna dan kerapian tabel tetap diberikan dan telah ditindaklanjuti melalui revisi. Nilai terendah, meskipun tetap berada dalam kategori valid, diperoleh pada aspek isi dan kebahasaan, masing-masing 0,88. Hal ini sejalan dengan sifat materi sel volta yang abstrak dan sarat notasi ilmiah (persamaan reaksi, notasi sel, dan bilangan oksidasi),

sehingga penulisan konten teknis semacam ini secara alami lebih rentan terhadap koreksi ahli dibandingkan aspek tampilan yang sifatnya lebih visual.

Beberapa saran perbaikan kualitatif yang diberikan validator turut ditindaklanjuti melalui revisi, di antaranya perbaikan format penulisan persamaan ilmiah, penambahan contoh notasi sel pada teori dasar, konsistensi penulisan istilah asing, serta perapian tata letak tabel. Selain menindaklanjuti saran eksplisit tersebut, peneliti turut melakukan telaah mandiri lanjutan terhadap kesesuaian cakupan materi dengan Capaian Pembelajaran resmi, mengingat *expert review* pada dasarnya bersifat sampling terhadap sebagian aspek produk dan tidak menjangkau seluruh detail teknis. Pendekatan dua jalur perbaikan ini sejalan dengan hakikat evaluasi formatif dalam *design research* yang bertujuan untuk perbaikan berkelanjutan (Plomp & Nieveen, 2013).

Perolehan nilai validitas pada penelitian ini juga sejalan dengan temuan penelitian relevan sebelumnya yang mengembangkan perangkat pembelajaran berbasis

CEP menggunakan model Plomp melalui pendekatan EDR, yaitu pengembangan *e-chemagz* pada materi ikatan kimia dengan nilai validitas sebesar 0,9525 (Aspari & Andromeda, 2025). Meskipun nilai validitas pada penelitian ini (0,89) sedikit lebih rendah, keduanya sama-sama berada pada kategori valid, yang menunjukkan bahwa integrasi pendekatan *chemoentrepreneurship* ke dalam perangkat pembelajaran kimia secara konsisten dapat menghasilkan produk yang layak digunakan, baik dalam bentuk media digital maupun panduan praktikum cetak. Perbedaan nilai tersebut dapat dijelaskan oleh perbedaan kompleksitas produk; panduan praktikum pada penelitian ini memuat integrasi dua pendekatan sekaligus (*green chemistry* dan CEP) pada materi yang bersifat abstrak dan berjenjang, sehingga jumlah dan variasi aspek yang dinilai ahli menjadi lebih banyak dibandingkan pengembangan media pembelajaran tunggal.

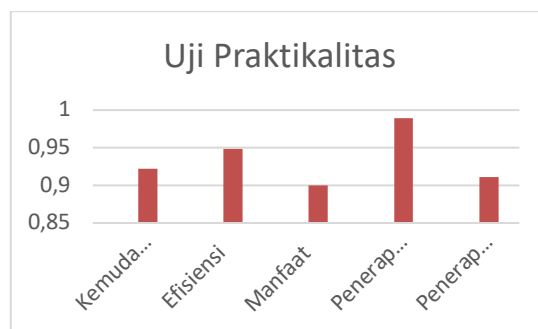
3. Kepraktisan Produk

Kepraktisan produk diujicobakan pada kelompok kecil berjumlah

Sembilan murid. Hasil uji kepraktisan disajikan pada Tabel 2 dan Grafik 1.

Tabel 2. Hasil Uji Kepraktisan Kelompok Kecil

Indikator	Persentase	kategori
Kemudahan	92,22%	Sangat Praktis
Efisiensi	94,81%	Sangat Praktis
Manfaat	90,00%	Sangat Praktis
Penerapan Green Chemistry	98,89%	Sangat Praktis
Penerapan CEP	91,11%	Sangat Praktis
Rata-rata Keseluruhan	93,19%	Sangat Praktis



Grafik 1. Uji Kepraktisan

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh indikator kepraktisan berada pada kategori sangat praktis, dengan rata-rata keseluruhan sebesar 93,19%. Skor tertinggi diperoleh pada indikator penerapan *green chemistry* (98,89%), yang mengindikasikan bahwa murid menilai penerapan prinsip kimia hijau pada praktikum (elektrolit alami, elektroda daur ulang, dan minimnya limbah berbahaya) dirasakan secara nyata dan mudah dikenali selama praktikum berlangsung. Skor tertinggi kedua

diperoleh pada indikator efisiensi (94,81%), yang menunjukkan bahwa murid menilai waktu dan langkah kerja yang diperlukan untuk melaksanakan praktikum maupun proyek sudah cukup efisien. Skor terendah, meskipun tetap dalam kategori sangat praktis, diperoleh pada indikator manfaat (90,00%), yang kemungkinan berkaitan dengan variasi latar belakang kemampuan dan minat murid terhadap materi elektrokimia, sehingga persepsi manfaat yang dirasakan tidak seragam antar murid.

Tingginya nilai kepraktisan ini turut diperkuat oleh hasil *one-to-one evaluation* pada tahap sebelumnya, yang juga menunjukkan hasil sangat positif dari murid terhadap kejelasan isi, kejelasan petunjuk, kelengkapan instruksi, kualitas panduan, kesalahan penulisan, serta daya tarik dan motivasi. Konsistensi hasil pada kedua tahap evaluasi (*one-to-one evaluation* dan *small group*) memperkuat keyakinan bahwa panduan praktikum yang dikembangkan tidak hanya valid dari sisi konten dan konstruksi, tetapi juga praktis digunakan oleh murid pada kondisi pembelajaran yang mendekati kondisi sesungguhnya. Hasil ini juga mengonfirmasi bahwa integrasi lima

prinsip *green chemistry* dan tiga indikator *chemoentrepreneurship* ke dalam struktur panduan praktikum dapat dilakukan secara koheren tanpa mengorbankan kemudahan dan kejelasan bagi pengguna.

Penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu pengujian kepraktisan baru dilakukan pada kelompok kecil berjumlah sembilan murid dari satu sekolah, sehingga hasil yang diperoleh belum tentu dapat digeneralisasikan pada populasi murid yang lebih luas dengan karakteristik berbeda. Selain itu, penelitian ini belum mengukur keefektifan produk terhadap hasil belajar maupun keterampilan proses sains murid secara kuantitatif, sehingga kesimpulan yang diperoleh terbatas pada aspek validitas dan Kepraktisan.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa panduan praktikum sel volta berbasis *green chemistry* dan *chemoentrepreneurship* untuk SMA/MA yang dikembangkan melalui model Plomp dinyatakan valid dengan nilai Aiken's V rata-rata sebesar 0,89, serta praktis digunakan pada uji coba

kelompok kecil dengan persentase rata-rata sebesar 93,19% (kategori sangat praktis). Kedua temuan ini menunjukkan bahwa panduan praktikum yang dikembangkan layak digunakan sebagai perangkat pembelajaran praktikum kimia pada materi sel volta di SMA/MA. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji keefektifan produk melalui uji coba skala lebih luas (*field test*) guna mengukur dampaknya terhadap hasil belajar dan keterampilan proses sains murid.

DAFTAR PUSTAKA

- 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), 1–41. <https://doi.org/10.1002/rev3.3360>
- Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). Green chemistry: Theory and practice. In *Oxford University Press*. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2004.06.006>
- Aspari, N. T., & Andromeda, A. (2025). Uji Validitas dan Praktikalitas E-Chemagz Berbasis Chemoentrepreneurship pada Materi Ikatan Kimia untuk Meningkatkan Literasi Kimia Peserta Didik. *Science: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(3).
- Aulia, S., & Syafriani, D. (2026). Pengaruh Model Discovery Learning Berbasis Proyek Green Chemistry terhadap Hasil Belajar dan Keterampilan Kolaborasi Siswa. *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains Dan Terapan*, 6(2), 1374–1383.
- Chang, R., & Overby, J. (2011). *General Chemistry The Essential Concepts* (6th Editio). The Mc Graw-Hill Companies.
- Chengere, A. M., Bono, B. D., Zinabu, S. A., & Jilo, K. W. (2025). Enhancing secondary school students' science process skills through guided inquiry-based laboratory activities in biology. *PloS One*, 20(4), : e0320692. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0320692>
- Fajriati, P., Yusbarina, Fatisa, Y., & Utami, L. (2024). Inovasi Penuntun Praktikum Berbasis Green Chemistry Pada Materi Elektrokimia. *Journal of Chemistry Education and Integration*, 3(1), 36–47. <https://doi.org/10.24014/JCEI.v3i1.28983>
- Fitri, A. R., Yusbarina, Utami, L., & Octarya, Z. (2025). PENUNTUN PRAKTIKUM BERBASIS GREEN CHEMISTRY PADA MATERI SEL VOLTA. *Journal of Chemistry Education and Integration*, 4(1), 27–37.
- Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2021). *The Laboratory in*

- Chemistry Learning and Teaching: 50 years of development, implementation, and research.* <https://doi.org/10.1163/9789004503625>
- Jespersen, N. D. , Brady, J. E., & Hyslop, A. (2012). *Chemistry The Molecular Nature Of Matter* (6th Editio).
- 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), 247–259.
- Kurul, F., Doruk, B., & Topkaya, S. N. (2025). Principles of green chemistry: building a sustainable future. *Discover Chemistry*, 2(1), 68. <https://doi.org/10.1007/s44371-025-00152-9>
- Laohapornchaiphan, J., & Chenprakhon, P. (2024). A review of research on learning activities addressing the submicroscopic level in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 101(11), 4552–4565. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00156>
- Murcia, J. E., Martinez, S., Martins, V., Herrera, D., Buitrago, C., Velasquez, A., Ruiz, F., & Torres, M. (2023). Risk assessment and green chemistry applied to waste generated in university laboratories. *Heliyon*, 9(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15900>
- Ni'mah, A., & Kamaludin, A. (2023). Development of a Chemo-Entrepreneurship Practicum Video to Improve Material Understanding of Colligative Properties for Senior High School. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(2), 666–675. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i2.1512>
- Perta, H., Riana, H., Thoriq, & Arisona, D. (2025). Implementasi dan Urgensi Integrasi Prinsip Green Chemistry dalam Praktikum IPA di Sekolah: A Literatur Review. *Jurnal Kajian Pendidikan IPA*, 5(2), 232–239.
- Plomp, T., & Nieveen, N. (2013). *Educational Design Research Educational Design Research*.
- Prayitno, M. A., Haryani, S., Wardani, S., & Wijayati, N. (2024a). Chemoentrepreneurship-based learning: Influence on social and vocational skills. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 12, 1–17.
- Qurniati, D. (2021). *Desain Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Chemo-Entrepreneurship*. UIN Mataram Press.
- Rahayu, D. S., Yanti, M., & Lestari, A. (2023). Students' Chemistry Multiple Representation Ability in Voltaic Cell Materials. *Journal of Tropical Chemistry Research and Education*, 1(5), 44–53.
- Riduwan. (2015). *Skala pengukuran variabel-variabel penelitian*. Alfabeta.

- Ripsam, M., & Nerdel, C. (2024). Augmented reality for chemistry education to promote the use of chemical terminology in teacher training. *Frontiers in Psychology*, 15(1392529July).
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1392529>
- Seery, M. K., Agustian, H. Y., Christiansen, F. V., Gammelgaard, B., & Malm, R. H. (2024). 10 Guiding principles for learning in the laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(2), 383–402.
<https://doi.org/10.1039/d3rp00245d>
- Sitompul, H. S., Maulina, I., & Pardede, D. (2025). Digital Green Education through Green Chemistry Supports the Green Economy by Improving Science Skills and Entrepreneurial Character. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(10), 505–512.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i10.12332>
- Sunday, E. S., Samuel, H. S., Rickson, N. H., Musa, J., & Etim, E. E. (2025). Impact of green chemistry education on students' learning and environmental awareness in chemistry. *Discover Education*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s44217-025-01056-7>
- Sutantri, N. (2022b). Studi Literatur: Kesulitan Siswa Pada Pembelajaran Kimia SMA Topik Sel Volta. *JKPI: Jurnal Kajian Pendidikan IPA Program Studi Pendidikan IPA*, 2(1), 13.
- Walther, S., Haubold, S., & Dobrucka, R. (2024). Potential of Students to Become Entrepreneurs in the Chemical Industry. *Education Sciences*, 14(10), 1059.