



PENGEMBANGAN SUMBER BELAJAR MANDIRI MATERI LAJU REAKSI MENGUNAKAN INSTAGRAM UNTUK PESERTA DIDIK FASE F SMA/MA

Winny Sri Devi¹, Suryelita^{2*}

Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Padang^{1,2}

e-mail: winnisridevi@gmail.com

Diterima: 20/8/2026; Direvisi: 3/9/2026; Diterbitkan: 9/9/2026

ABSTRAK

Materi laju reaksi mencakup konsep laju reaksi, teori tumbukan, faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi, serta persamaan dan orde reaksi yang sarat akan pemahaman abstrak dan kalkulasi matematis. Untuk mendukung penguasaan materi tersebut, diperlukan sumber belajar mandiri yang fleksibel, menarik, dan mudah diakses kapan saja oleh peserta didik di luar jam tatap muka. Media sosial *Instagram* menjadi platform yang potensial karena mampu mengintegrasikan konten visual dinamis, infografis, dan video pembelajaran dalam satu wadah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan memvalidasi sumber belajar mandiri materi laju reaksi berbasis *Instagram* untuk peserta didik Fase F SMA/MA. Jenis penelitian yang digunakan adalah *Educational Design Research* (EDR) dengan model Plomp, yang dibatasi hingga tahap *expert review* dan *one-to-one evaluation* untuk menghasilkan Prototipe III. Subjek penelitian terdiri atas tiga orang dosen Kimia UNP, dua orang guru kimia, dan tiga orang peserta didik SMAN 1 Salimpaung. Data dikumpulkan melalui angket analisis kebutuhan, lembar validasi ahli, dan lembar *one-to-one evaluation*, kemudian dianalisis menggunakan indeks Aiken's V. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber belajar mandiri yang dikembangkan dinyatakan valid dengan indeks validitas konten $V = 0,92$ dan validitas konstruk $V = 0,91$. Hasil *one-to-one evaluation* menunjukkan bahwa media ini dinilai sangat baik, mudah dipahami, menarik, serta praktis digunakan, meskipun peserta didik dengan kemampuan kognitif rendah masih memerlukan pendalaman pada soal perhitungan stoikiometri laju reaksi. Dengan demikian, sumber belajar mandiri berbasis *Instagram* ini layak digunakan sebagai media alternatif untuk mendukung pembelajaran mandiri peserta didik pada materi laju reaksi.

Kata Kunci: *Instagram, Laju Reaksi, Model Plomp, Sumber Belajar Mandiri*

ABSTRACT

The topic of reaction rates encompasses concepts of reaction rates, collision theory, factors affecting reaction rates, as well as rate equations and reaction orders that involve abstract concepts and mathematical calculations. Mastering this material requires flexible, engaging, and accessible independent learning resources outside regular classroom hours. The social media platform *Instagram* serves as a viable medium because it integrates dynamic visual content, infographics, and instructional videos into a single accessible interface. This study aims to develop and validate an *Instagram*-based independent learning resource on reaction rates for Phase F senior high school students. The study employed *Educational Design Research* (EDR) utilizing the Plomp development model, limited to the expert review and one-to-one evaluation stages to produce Prototipe III. The research subjects consisted of three Chemistry lecturers from UNP, two chemistry teachers, and three students from SMAN 1 Salimpaung. Data were collected using needs analysis questionnaires, expert validation sheets, and one-to-one evaluation sheets, which were subsequently analyzed using Aiken's V index. The results



demonstrate that the developed learning resource is categorized as valid, achieving a content validity index of $V = 0.92$ and a construct validity index of $V = 0.91$. The one-to-one evaluation indicated that the media was perceived as very clear, engaging, and easy to operate, although low-ability students still required additional guidance on mathematical calculation problems. In conclusion, this Instagram-based independent learning resource is feasible and ready for broader trials to facilitate autonomous chemistry learning.

Keywords: *Independent Learning Resource, Instagram, Plomp Model, Reaction Rate*

PENDAHULUAN

Laju reaksi merupakan salah satu materi esensial dalam pembelajaran kimia Fase F jenjang SMA/MA yang mencakup konsep laju reaksi, teori tumbukan, faktor-faktor penentu laju reaksi, serta hukum dan penentuan orde reaksi (Chang & Overby, 2019; Kemendikbud, 2021). Materi ini tergolong kompleks karena mengaitkan representasi sub-mikroskopis abstrak dengan perhitungan matematis yang memerlukan penalaran logis tinggi (Tarigan, 2024). Kesulitan memahami konsep laju reaksi diperkuat oleh temuan Yerimadesi dan Afendi (2024) yang mencatat bahwa 67,4% peserta didik menganggap materi laju reaksi sulit dipelajari. Hasil studi pendahuluan di SMAN 1 Salimpaung dan SMAN 2 Sungai Tarab juga menunjukkan bahwa 75% peserta didik mengalami kesulitan pada perhitungan matematis persamaan laju reaksi, 35% kesulitan menentukan orde reaksi, dan 27,5% kesulitan memahami visualisasi teori tumbukan.

Keterbatasan alokasi waktu pembelajaran tatap muka di sekolah menuntut tersedianya sarana belajar mandiri yang dapat diakses di luar kelas. Sumber belajar mandiri berperan vital dalam memberikan keleluasaan bagi peserta didik untuk mengatur kecepatan belajarnya sendiri secara otonom (Amrianingsih, 2024; Mudjiman, 2007). Keberadaan media belajar yang terstruktur dan fleksibel terbukti mampu meningkatkan motivasi intrinsik dan rasa tanggung jawab peserta didik terhadap proses belajarnya (Kusuma & Rahmat, 2020). Oleh karena itu, pengintegrasian sumber belajar mandiri ke dalam platform digital yang melekat pada aktivitas harian peserta didik menjadi kebutuhan yang mendesak.

Media sosial *Instagram* merupakan platform berbasis visual yang sangat populer di kalangan generasi muda (Kemp, 2023). Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa 100% peserta didik merupakan pengguna aktif *Instagram* dan 97,5% di antaranya berminat memanfaatkan platform tersebut sebagai media belajar mandiri. Integrasi teks, infografis, dan video animasi pendek (*microlearning*) pada *Instagram* terbukti efektif mereduksi beban kognitif dan meningkatkan pemahaman konsep kimia yang abstrak (Carpenter et al., 2020; Mayer, 2021). Penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa media pembelajaran berbasis *Instagram* valid dan praktis digunakan pada topik kesetimbangan kimia serta efektif meningkatkan hasil belajar materi laju reaksi (Khoirunnisa & Suryelita, 2023; Rose, 2023).

Meskipun potensi *Instagram* cukup besar, konten edukasi kimia yang tersedia saat ini umumnya masih bersifat parsial, acak, dan belum menyajikan materi laju reaksi secara utuh sesuai capaian kurikulum. Selain itu, belum ada sumber belajar mandiri materi laju reaksi berbasis *Instagram* yang dirancang secara sistematis melalui pengujian validitas konten-konstruk menggunakan indeks Aiken's V dan tahapan evaluasi perorangan (*one-to-one evaluation*). Berdasarkan celah penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan memvalidasi sumber belajar mandiri materi laju reaksi menggunakan *Instagram* yang valid, menarik, dan praktis bagi peserta didik Fase F SMA/MA.



METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan pendekatan *Educational Design Research* (EDR) yang menerapkan model pengembangan Plomp (McKenney & Reeves, 2019; Plomp & Nieveen, 2013). Tahapan penelitian dibatasi pada dua fase utama, yaitu tahap penelitian pendahuluan (*preliminary research*) dan tahap pengembangan prototipe (*prototyping stage*) hingga menghasilkan Prototipe III. Penelitian dilaksanakan pada semester ganjil Tahun Ajaran 2025/2026 di SMAN 1 Salimpaung dan Departemen Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang (UNP). Subjek penelitian pada tahap *expert review* terdiri atas lima orang validator ahli (tiga orang dosen Departemen Kimia FMIPA UNP dan dua orang guru kimia SMAN 1 Salimpaung). Pada tahap *one-to-one evaluation*, subjek uji coba melibatkan tiga orang peserta didik Fase F SMAN 1 Salimpaung yang mewakili tingkat kemampuan akademik tinggi, sedang, dan rendah berdasarkan rekomendasi guru kimia.

Instrumen pengumpulan data meliputi angket analisis kebutuhan untuk guru dan peserta didik, lembar evaluasi diri (*self-evaluation*), lembar validasi konten dan konstruk untuk validator ahli, serta lembar angket respons dan soal latihan untuk tahap *one-to-one evaluation*. Data validitas ahli dianalisis secara kuantitatif menggunakan formula indeks kesepakatan ahli Aiken's V (Aiken, 1985):

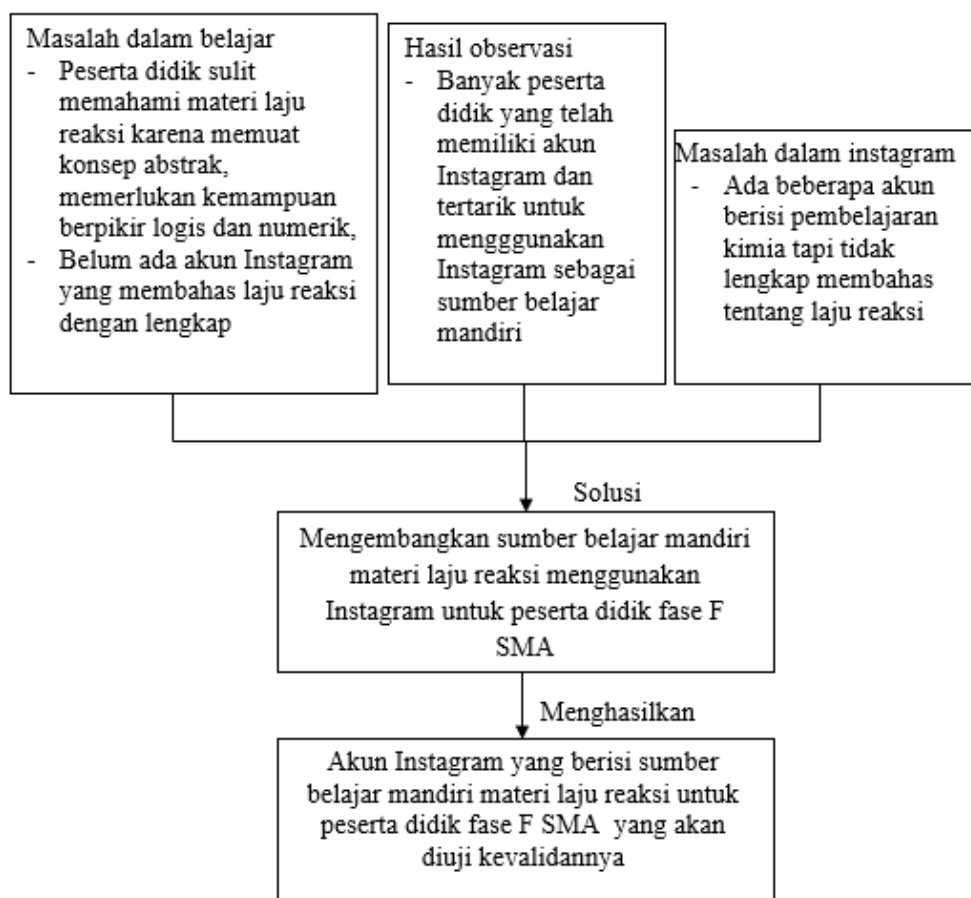
$$V = \frac{\sum s}{n(c - 1)}$$

di mana $s = r - l_0$, r adalah skor penilaian validator, l_0 adalah skor terendah ($l_0 = 1$), c adalah skor tertinggi ($c = 5$), dan n adalah jumlah validator ($n = 5$). Kriteria kevalidan produk ditetapkan pada batas nilai $V \geq 0,80$ dengan kategori valid (Aiken, 1985; Boslaugh, 2008). Data evaluasi perorangan dianalisis secara deskriptif kualitatif untuk mengidentifikasi kepraktisan, keterbacaan, dan kendala teknis media.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengembangan sumber belajar mandiri diawali dengan tahap penelitian pendahuluan (*preliminary research*). Analisis kebutuhan menunjukkan bahwa peserta didik mengalami kesulitan terbesar pada sub-materi persamaan dan perhitungan laju reaksi (75%) serta penentuan orde reaksi (35%). Seluruh peserta didik (100%) tercatat aktif menggunakan *Instagram*, dan 97,5% di antaranya menyambut positif pemanfaatan platform tersebut sebagai media belajar kimia mandiri. Analisis konteks mengacu pada Capaian Pembelajaran Fase F yang dijabarkan menjadi empat tujuan pembelajaran: konsep laju reaksi, teori tumbukan, faktor-faktor penentu laju reaksi, serta persamaan dan orde reaksi. Sintesis kajian literatur dan analisis lapangan dirangkum dalam bagan kerangka konseptual pada Gambar 1 sebagai pedoman perancangan media.



Gambar 1. Kerangka Konseptual Pengembangan Sumber Belajar Mandiri Berbasis Instagram

Tahap pengembangan prototipe (*prototyping stage*) dimulai dengan merancang akun *Instagram* @kimia.ceria beserta empat video pembelajaran tematik dan postingan latihan soal interaktif. Prototipe I dievaluasi melalui *self-evaluation* untuk memperbaiki tata letak, kontras warna, kejelasan bio akun, dan resolusi teks. Rangkuman hasil evaluasi diri disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Diri (Self-Evaluation) Prototipe I

No	Komponen Evaluasi	Kondisi Awal	Tindakan Perbaikan	
1	Nama Akun <i>Instagram</i>	@kimia_ceria	Diubah menjadi @kimia.ceria agar lebih mudah dicari	
2	Foto Profil dan Bio	Belum memuat identitas lengkap	Dilengkapi logo kimia, identitas pengembang, pembimbing, dan institusi	
3	Struktur Materi	Video	Terdapat 5 video terpisah	Dipadatkan menjadi 4 video tematik sesuai alur konsep
4	Keterbacaan Konsep	Peta	Tulisan relatif kecil	Ukuran tipografi diperbesar dan tata letak disesuaikan
5	Variasi Visual dan Warna	Tampilan polos berlatar putih		Ditambahkan variasi warna tematik dan elemen ilustrasi kimia

6	Kelengkapan dan <i>Caption</i>	Soal	<i>Caption</i> formal	bersifat	Disesuaikan	dengan	bahasa
					komunikatif	disertai	tagar materi

Sumber: *Data Primer Pengembangan (2026)*.

Prototipe II yang telah disempurnakan kemudian diuji melalui *expert review* oleh lima validator. Rekapitulasi hasil penilaian validasi konten dan konstruk disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Validasi Ahli (Expert Review)

No	Aspek Validasi	Rata-Rata Indeks Aiken's V (V)	Kategori Kevalidan
1	Validasi Konten	0,92	Valid
2	Validasi Konstruk	0,91	Valid
Rata-Rata Total		0,91	Valid

Sumber: *Hasil Analisis Validasi (2026)*.

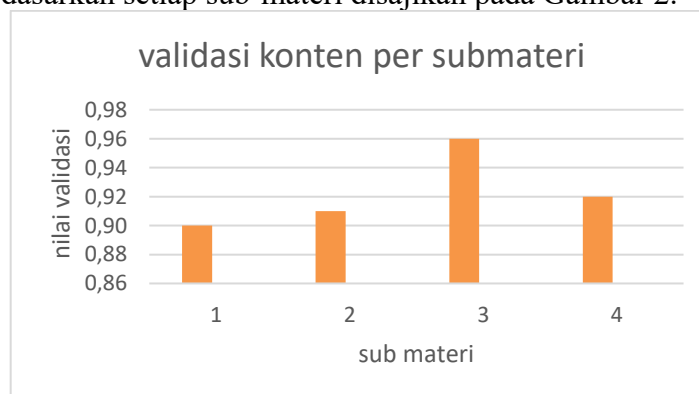
Berdasarkan Tabel 2, produk memperoleh rata-rata indeks validitas total sebesar $V = 0,91$ yang tergolong dalam kategori valid. Hasil penilaian rinci untuk setiap indikator pada validasi konten disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Penilaian Validasi Konten

No	Indikator Penilaian Konten	Indeks Aiken's V (V)	Kategori
1	Kesesuaian materi dengan Capaian Pembelajaran	0,92	Valid
2	Kebenaran substansi keilmuan materi	0,92	Valid
3	Kesesuaian tagar dan <i>caption</i> dengan isi materi	0,86	Valid
4	Kesesuaian ilustrasi dan gambar dengan konsep	0,96	Valid
5	Kesesuaian butir soal latihan dengan materi	0,90	Valid
6	Kejelasan dan ketepatan penjelasan materi	0,91	Valid
7	Kesesuaian urutan dan hierarki penyajian materi	0,97	Valid
Rata-Rata Validasi Konten		0,92	Valid

Sumber: *Hasil Analisis Validasi (2026)*.

Tabel 3 memperlihatkan bahwa seluruh indikator konten memenuhi kriteria valid ($V \geq 0,80$), dengan nilai tertinggi pada aspek kesesuaian urutan penyajian ($V = 0,97$). Penilaian validasi konten berdasarkan setiap sub-materi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Validasi Konten per Sub-Materi Laju Reaksi

Berdasarkan Gambar 2, seluruh sub-materi memperoleh nilai di atas 0,80, dengan rincian: konsep laju reaksi ($V = 0,90$), teori tumbukan ($V = 0,91$), faktor-faktor penentu laju reaksi ($V = 0,96$), serta persamaan dan orde reaksi ($V = 0,92$). Selanjutnya, hasil pengujian validasi konstruk yang mencakup aspek bahasa, grafis, penyajian, dan teknis dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penilaian Validasi Konstruk

No	Komponen Validasi Konstruk	Indeks Aiken's V (V)	Kategori
1	Komponen Kebahasaan	0,93	Valid
2	Komponen Kegrafisan dan Visual	0,91	Valid
3	Komponen Penyajian Materi	0,91	Valid
4	Komponen Pemrograman dan Pemanfaatan Media	0,92	Valid
Rata-Rata Validasi Konstruk		0,91	Valid

Sumber: Hasil Analisis Validasi (2026).

Tabel 4 membuktikan bahwa seluruh komponen konstruk dinyatakan valid ($V = 0,91$), yang mengindikasikan bahwa media memiliki kualitas estetika visual, bahasa yang komunikatif, serta kemudahan navigasi yang andal.

Pada tahap *one-to-one evaluation*, tiga peserta didik memberikan respons positif terhadap keterbacaan teks, daya tarik audio visual, dan kejelasan animasi konsep laju reaksi. Evaluasi pengerjaan soal latihan memperlihatkan bahwa peserta didik berkemampuan tinggi berhasil menyelesaikan seluruh soal dengan benar, peserta didik berkemampuan sedang mampu menjawab mayoritas soal dengan tepat, sedangkan peserta didik berkemampuan rendah masih mengalami kendala pada soal perhitungan orde reaksi dan laju reaksi. Catatan teknis dari peserta didik mengenai adanya gambar yang terpotong pada format vertikal langsung disempurnakan pada Prototipe III melalui penyesuaian rasio aspek visual.

Pembahasan

Temuan pada tahap penelitian pendahuluan mengonfirmasi bahwa kendala utama peserta didik berpusat pada sub-materi persamaan serta perhitungan laju reaksi sebesar 75% dan penentuan orde reaksi sebesar 35%. Karakteristik materi yang sarat representasi partikulat serta kalkulasi matematis abstrak menjadi pemicu utama timbulnya miskonsepsi konseptual (Tarigan, 2024; Yerimadesi & Afendi, 2024). Di sisi lain, keterlibatan 100% peserta didik pada media sosial dan 97,5% penerimaan positif membuka peluang inovasi instruksional yang kontekstual. Pemanfaatan platform *Instagram* mampu mengalihkan kebiasaan digital non-akademis menjadi aktivitas belajar mandiri yang terarah (Carpenter et al., 2020; Khoirunnisa & Suryelita, 2023). Hal ini memperkuat otonomi peserta didik dalam mengatur kecepatan belajar secara mandiri tanpa batasan ruang kelas (Kusuma & Rahmat, 2020; Mudjiman, 2007). Integrasi ini membuktikan bahwa digitalisasi materi ajar efektif membangkitkan motivasi internal dalam memahami topik kimia yang kompleks melalui format visual yang familiar dan mudah diakses kapan saja oleh peserta didik.

Hasil penilaian *expert review* membuktikan bahwa sumber belajar mandiri yang dikembangkan memiliki tingkat kevalidan yang sangat tinggi. Hal ini ditunjukkan oleh perolehan rata-rata indeks *Aiken's V* sebesar 0,92 pada validasi konten dan 0,91 pada validasi konstruk. Tingginya validitas konten tidak terlepas dari penerapan prinsip desain multimedia yang mengombinasikan teks ringkas, narasi audio, serta animasi visual gerak partikel secara proporsional (Arsyad, 2019; Mayer, 2021). Integrasi elemen grafis ini terbukti efektif dalam memvisualisasikan fenomena mikroskopis laju reaksi tanpa menimbulkan beban kognitif berlebih (*cognitive overload*). Selain itu, penyusunan hierarki materi yang sistematis dengan capaian nilai validitas 0,97 dan penggunaan bahasa yang komunikatif mempermudah transmisi konsep kimia yang abstrak menjadi lebih nyata (Rose, 2023). Keterpaduan aspek visual dan substansi keilmuan yang valid memberikan jaminan teoritis bahwa media ini layak digunakan sebagai sarana pembelajaran mandiri yang bermutu (Halawa et al., 2022; Ni'mah et al., 2023; Tamami & Dwiningsih, 2020; Widarti et al., 2021).



Pelaksanaan *one-to-one evaluation* memegang peranan krusial dalam mengidentifikasi efektivitas produk serta kendala desain pada taraf individual sebelum implementasi skala luas (Tessmer, 1993). Respons positif peserta didik terhadap kualitas visual dan animasi mengindikasikan bahwa media mampu mempertahankan atensi belajar. Kendati demikian, disparitas capaian pengerjaan latihan soal antara peserta didik berkemampuan tinggi dan rendah memberikan implikasi pedagogis yang penting (Alifah & Utami, 2022; Hafiza et al., 2022; Nuriza et al., 2025; Wardani et al., 2024). Peserta didik berkemampuan rendah masih memerlukan bantuan berjenjang (*scaffolding*) guna menuntaskan kalkulasi matematis orde dan laju reaksi. Temuan ini mendorong perbaikan pada prototipe lanjutan melalui penyediaan pembahasan contoh soal terstruktur serta penyesuaian rasio aspek (*aspect ratio*) visual agar konten vertikal tidak terpotong (Cruz & Libed, 2022; Habiddin & Page, 2023; Isnaniah & Imamuddin, 2022; Lee et al., 2024; Pratiwi et al., 2023). Dengan demikian, media tidak hanya memenuhi aspek kelayakan estetika, melainkan juga adaptif terhadap variasi kapasitas kognitif peserta didik, sehingga mampu memfasilitasi pemahaman konseptual dan prosedural secara komprehensif.

Meskipun menunjukkan hasil validitas dan keterbacaan yang sangat baik, penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu diperhatikan. Evaluasi empiris baru dilaksanakan hingga tahap evaluasi perorangan (*one-to-one evaluation*) dengan jumlah subjek terbatas, sehingga efektivitas produk terhadap peningkatan hasil belajar secara umum belum teruji melalui uji coba kelompok kecil maupun uji lapangan (*field trial*). Selain itu, ketergantungan pada algoritma, format durasi video, dan batasan teknis platform *Instagram* dapat menjadi distraksi apabila pengelolaan waktu belajar peserta didik kurang terarah. Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji efektivitas media ini melalui metode kuasi eksperimen pada skala kelas yang lebih luas guna mengukur retensi konsep jangka panjang. Pengembangan materi kimia lain yang memerlukan visualisasi partikulat juga perlu dieksplorasi lebih lanjut untuk memperkaya repositori sumber belajar digital berbasis media sosial.

KESIMPULAN

Sumber belajar mandiri materi laju reaksi menggunakan *Instagram* untuk peserta didik Fase F SMA/MA telah berhasil dikembangkan melalui model Plomp hingga menghasilkan Prototipe III yang valid. Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa produk memenuhi kriteria validitas konten ($V = 0,92$) dan validitas konstruk ($V = 0,91$), sedangkan hasil evaluasi perorangan (*one-to-one evaluation*) mengonfirmasi bahwa materi disajikan secara komunikatif, menarik, dan mudah diakses secara mandiri. Penyempurnaan telah dilakukan terhadap proporsi tata letak gambar dan kejelasan langkah-langkah penyelesaian soal perhitungan stoikiometri laju reaksi.

Penelitian ini memiliki limitasi pada ruang lingkup uji coba yang baru terbatas pada tahap evaluasi perorangan di satu sekolah, sehingga belum mengukur efektivitas hasil belajar skala luas di kelas. Disarankan bagi guru kimia untuk memanfaatkan media *Instagram* @kimia.ceria sebagai referensi tugas mandiri dan apersepsi pembelajaran. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melanjutkan tahapan penelitian ke fase uji coba kelompok kecil (*small group*) dan uji lapangan (*field test*) guna menguji kepraktisan dan efektivitas media terhadap peningkatan hasil belajar kognitif dan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA



- Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131–142. <https://doi.org/10.1177/0013164485451012>
- Alifah, Z. N., & Utami, N. S. (2022). Mengembangkan media pembelajaran matematika berbasis videoscribe untuk meningkatkan hasil belajar siswa kelas VIII SMP. *Aksioma: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(4), 3399. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6151>
- Amrianingsih, A. (2024). *Pengembangan modul elektronik berbasis masalah untuk materi laju reaksi kelas XI SMA* [Skripsi, Universitas Negeri Padang]. Repositori UNP.
- Arsyad, A. (2019). *Media pembelajaran* (Edisi revisi). Rajawali Pers.
- Boslaugh, S. (2008). *Encyclopedia of epidemiology*. SAGE Publications.
- Carpenter, J. P., Morrison, S. A., Craft, M., & Lee, M. (2020). How and why are educators using Instagram? *Teaching and Teacher Education*, 96, 103149. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103149>
- Chang, R., & Overby, J. (2019). *General chemistry: The essential concepts* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Cruz, Ma. E., & Libed, J. (2022). Utilization of the algebraic method in the design and development of the ChemRxnCalc mobile application prototype. *Bedan Research Journal*, 7(1), 212–228. <https://doi.org/10.58870/berj.v7i1.38>
- Habiddin, H., & Page, E. M. (2023). Uncovering students' genuine misconceptions: Evidence to inform the teaching of chemical kinetics. *Acta Chimica Slovenica*, 70(2), 184–195. <https://doi.org/10.17344/acsi.2022.7880>
- Hafiza, M., Marlina, L., & Astuti, R. T. (2022). Pengembangan media pembelajaran whiteboard animation pada materi hidrokarbon sebagai media alternatif pembelajaran daring. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Kimia*, 4(1), 82. <https://doi.org/10.24114/jipk.v4i1.33661>
- Halawa, A. A., Yulita, I., & Adriani, N. (2022). The development of acid-base electronic chemistry comic learning media for high school students. *Journal of Science Education Research*, 6(1), 24–30. <https://doi.org/10.21831/jser.v6i1.44997>
- Isnaniah, I., & Imamuddin, M. (2022). Pengembangan soal literasi matematika konteks budaya Minangkabau untuk meningkatkan literasi matematika siswa. *Aksioma: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(4), 3716. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.5985>
- Kemendikbud. (2021). *Capaian pembelajaran kimia fase F SMA/MA*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.
- Kemp, S. (2023). *Digital 2023: Global overview report*. DataReportal. <https://datareportal.com/reports/digital-2023-global-overview-report>
- Khoirunnisa, A., & Suryelita, S. (2023). Pengembangan media pembelajaran menggunakan Instagram pada materi kesetimbangan kimia sebagai sumber belajar mandiri peserta didik kelas XI SMA. *Edukimia*, 5(1), 17–22. <https://doi.org/10.24036/ekj.v5.i1.a442>
- Kusuma, M. I., & Rahmat, M. (2020). Pengaruh pembelajaran mandiri terhadap motivasi belajar siswa. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 27(3), 211–220. <https://doi.org/10.xxxx/jpp.v27i3.xxxx>
- Lee, H., Chen, P.-H., Wang, W., Huang, Y., & Wu, T. (2024). Empowering ChatGPT with guidance mechanism in blended learning: Effect of self-regulated learning, higher-



- order thinking skills, and knowledge construction. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00447-4>
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2019). *Conducting educational design research* (2nd ed.). Routledge.
- Mudjiman, H. (2007). *Belajar mandiri: Konsep dan penerapannya dalam pendidikan*. Bumi Aksara.
- Ni'mah, F., Wulandari, A. Y. R., Tamam, B., Putera, D. B. R. A., & Rakhmawan, A. (2023). Pengembangan media treasure of science berbasis kearifan lokal Rembang dalam pembelajaran IPA terpadu. *Natural Science Education Research*, 6(1), 93–102. <https://doi.org/10.21107/nser.v6i1.16689>
- Nuriza, I. A., Fahmi, M., & Mas'ud, A. (2025). Penggunaan media digital berbasis video animasi dalam memotivasi peserta didik di SMP Negeri 5 Surabaya. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(3), 246–260. <https://doi.org/10.23969/jp.v10i03.34088>
- Plomp, T., & Nieveen, N. (2013). *Educational design research: An introduction*. Netherlands Institute for Curriculum Development (SLO).
- Pratiwi, I. R., Sari, E. M., Novitasari, N., Zikri, A., & Putra, M. G. P. (2023). Pengembangan aplikasi smart-calculator berbasis digital sebagai media pembelajaran materi kombinatorika. *Journal of Holistic Mathematics Education*, 7(2), 180. <https://doi.org/10.19166/johme.v7i2.7450>
- Rose, R. R. R. (2023). *Penggunaan media pembelajaran Instagram pada model pembelajaran inkuiri untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pengaruhnya terhadap hasil belajar siswa pada materi laju reaksi kelas XI SMAN 1 Surakarta* [Skripsi, Universitas Sebelas Maret]. Repositori UNS.
- Tamami, A. A., & Dwiningsih, K. (2020). 3-Dimensions of interactive multimedia validity to increase visual-spatial intelligence in molecular geometry. *Jurnal Kependidikan: Penelitian Inovasi Pembelajaran*, 4(2), 241–255. <https://doi.org/10.21831/jk.v4i2.31222>
- Tarigan, G. K. (2024). *Analysis of student misconceptions using three-tier multiple-choice diagnostic tests on reaction rate material in SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan* [Undergraduate thesis, Universitas Negeri Medan]. Repositori UNIMED.
- Tessmer, M. (1993). *Planning and conducting formative evaluations: Improving the quality of education and training*. Kogan Page.
- Wardani, N. W., Kusumaningsih, W., & Kusniati, S. (2024). Analisis penggunaan media pembelajaran terhadap hasil belajar siswa sekolah dasar. *Jurnal Inovasi Evaluasi dan Pengembangan Pembelajaran (JIEPP)*, 4(1), 134–140. <https://doi.org/10.54371/jiepp.v4i1.389>
- Widarti, H. R., Rokhim, D. A., Muchson, M., Budiasih, E., Sutrisno, S., Pratama, R. W., & Hakim, Moh. I. (2021). Developing Integrated Triplet Multi-Representation Virtual Laboratory in Analytic Chemical Materials. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 15(8), 119. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i08.21573>
- Yerimadesi, Y., & Afendi, S. (2024). Pengembangan modul laju reaksi berbasis problem based learning terintegrasi TPACK untuk fase F. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(1), 426–432. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i1.1960>