

## Pengembangan *E-Module* untuk Meningkatkan Minat Belajar dan Pemahaman Konsep Siswa pada Topik Faktor Laju Reaksi

Filmonia Greslita Bili\*, Mukhammad Luqman Hakim

Program Studi Teknologi Pembelajaran, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

\* Korespondensi Penulis. E-mail: [filmoniagreslita.2023@student.uny.ac.id](mailto:filmoniagreslita.2023@student.uny.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *e-module* berbantuan laboratorium virtual yang layak, praktis, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep serta minat belajar siswa pada materi laju reaksi. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi ahli, angket respon guru dan siswa, serta tes *pre-test* dan *post-test*. Hasil penelitian menunjukkan *e-module* sangat layak dengan persentase 84% (ahli media) dan 100% (ahli materi), sangat praktis dengan rata-rata respon 98%, serta sangat efektif dengan nilai *n-Gain* sebesar 0,8 (80%). Minat belajar siswa juga meningkat hingga 95% (kategori sangat kuat). Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa *e-module* efektif digunakan sebagai bahan ajar inovatif dalam pembelajaran kimia. Penelitian ini berimplikasi dalam mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 4 tentang pendidikan berkualitas melalui pengembangan bahan ajar digital yang inovatif dan inklusif.

**Kata Kunci:** *E-module*, Laboratorium virtual, Laju reaksi, Minat belajar, Pemahaman konsep

## *E-Module Development to Increase Students' Learning Interest and Conceptual Understanding of Reaction Rate Factors Materials*

### Abstract

*This research aimed to develop a virtual laboratory-assisted e-module that is valid, practical, and effective in improving students' conceptual understanding and learning interest in reaction rate topics. The research method used was Research and Development (R&D) with the ADDIE model. Research instruments included expert validation sheets, teacher and student response questionnaires, and pre-test and post-test assessments. The results showed that the e-module was highly valid with percentages of 84% (media expert) and 100% (content expert), highly practical with an average response of 98%, and highly effective with an n-Gain value of 0.8 (80%). Students' learning interest also increased to 95% (very strong category). Based on these findings, it can be concluded that the e-module is effective as an innovative instructional material in chemistry learning. This research has implications for supporting the achievement of Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 4 on quality education through the development of innovative and inclusive digital learning materials.*

**Keywords:** *Conceptual understanding, E-module, Learning interest, Reaction rate, Virtual laboratory*

**How to Cite:** Bili, F. G., & Hakim, M. L. (2026). Pengembangan *e-module* untuk meningkatkan minat belajar dan pemahaman konsep siswa pada topik faktor laju reaksi. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 14(1). 259–270. <https://doi.org/10.21831/jpms.v14i1.94842>

**DOI:** <https://doi.org/10.21831/jpms.v14i1.94842>

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang menaruh perhatian besar terhadap penyelenggaraan pendidikan, sebagaimana tertuang dalam UUD 1945 Pasal 31 yang menegaskan hak warga negara untuk memperoleh pendidikan dan kewajiban pemerintah dalam menyelenggarakan sistem pendidikan nasional (Kemdikbud, 2019). Namun

demikian, praktik pendidikan nasional masih menghadapi berbagai persoalan, yang tercermin antara lain dari hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) 2018 yang menempatkan Indonesia pada peringkat ke-74 dari 79 negara peserta dengan skor literasi membaca, matematika, dan sains di bawah rata-rata OECD (OECD, 2019; Pusat Asesmen dan Pembelajaran, 2021). Untuk meningkatkan kualitas pendidikan, Indonesia mengadopsi

agenda *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 4 tentang pendidikan berkualitas, sebagai kerangka strategis penguatan mutu dan pemerataan akses pendidikan, termasuk melalui inovasi pembelajaran berbasis teknologi (Safitri *et al.*, 2022 ; Zen & Mageiasti, 2025).

Pembelajaran kimia menuntut tercapainya tujuan pembelajaran yang tidak hanya tercermin melalui pemahaman konseptual secara teoritis, melainkan juga melalui kemampuan peserta didik dalam mengaplikasikan konsep secara praktis serta menunjukkan sikap ilmiah selama proses pembelajaran (Suryandaru, 2020). Namun pada kenyataannya, permasalahan belajar yang umum dijumpai dalam pembelajaran kimia adalah rendahnya pemahaman konsep dan minat belajar siswa, khususnya pada materi yang bersifat abstrak dan menuntut kemampuan visualisasi tinggi (Priliyanti *et al.*, 2021; Elazasmira *et al.*, 2025). Dalam kerangka ini, teknologi pembelajaran diposisikan bukan sekadar alat bantu, tetapi sebagai sistem terintegrasi untuk memecahkan masalah belajar secara sistematis dan meningkatkan kinerja peserta didik sehingga pengembangan bahan ajar berbasis teknologi menjadi krusial dalam pendidikan sains (Januszewski & Molenda, 2008).

Laju reaksi dipilih sebagai fokus kajian karena memiliki karakteristik materi yang abstrak dan kuat pada level submikroskopik, seperti visualisasi tumbukan antarpartikel, perubahan energi, serta dinamika frekuensi tumbukan efektif yang sulit diamati langsung (Tuta *et al.*, 2022). Karakteristik ini menuntut kemampuan representasi multipel (makroskopik–simbolik–submikroskopik) yang selama ini menjadi salah satu sumber kesulitan konseptual bagi siswa SMA dan berpotensi menimbulkan miskonsepsi jika tidak didukung representasi dan kegiatan belajar yang memadai (Fadhilah *et al.*, 2020). Hal ini didukung penelitian yang dilakukan oleh Khairunnisa & Sudrajat, (2023), siswa diketahui mengalami miskonsepsi pada materi faktor yang memengaruhi konsep laju reaksi. Ketika siswa membangun konsep berdasarkan pengetahuan awal yang salah atau tidak lengkap, maka informasi baru yang dipelajari akan cenderung disesuaikan dengan pemahaman yang keliru tersebut (Hanifa, 2026). Selain itu, laju reaksi berkaitan erat dengan fenomena kehidupan sehari-hari seperti pembusukan makanan, korosi, pembakaran, dan berbagai proses industri sehingga pemahaman yang keliru pada topik ini

berdampak pada ketidakmampuan siswa menjelaskan dan memprediksi perubahan kimia secara ilmiah dalam konteks nyata (Maksum & Saragih, 2022); Amdayani *et al.*, 2023).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa siswa sering mengalami miskonsepsi pada faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi, seperti suhu, konsentrasi, luas permukaan, dan katalis, sehingga gagal mengaitkan perubahan kondisi reaksi dengan perubahan kecepatan reaksi secara tepat (Khairunnisa & Sudrajat, 2023; Nafakoti & Atun, 2025). Di tingkat submikroskopik, banyak siswa hanya memahami bahwa suhu mengubah wujud zat, tetapi tidak menyadari bahwa kenaikan suhu meningkatkan energi kinetik partikel, frekuensi tumbukan efektif, dan pada akhirnya mempercepat reaksi, sehingga menghambat terbentuknya pemahaman mendalam tentang hubungan antara suhu, energi aktivasi, dan laju reaksi (Fauziah *et al.*, 2024 ; Nafiyanto & Pebriana, 2023). Pola miskonsepsi dan kelemahan pemahaman konseptual ini menunjukkan perlunya intervensi pembelajaran yang secara eksplisit mengakomodasi sifat dinamis laju reaksi terhadap waktu, ketergantungannya pada kondisi reaksi, serta hubungan kuantitatif antara laju, konsentrasi, dan orde reaksi (Sarah, 2022 ; Herga *et al.*, 2021).

Data awal yang diperoleh di salah satu SMA di Waingapu menegaskan urgensi masalah tersebut, di mana 86% siswa menyatakan bahwa topik laju reaksi sulit dipahami dan 87,7% menempatkannya sebagai materi tersulit dibanding topik kimia lain di kelas XI. Kesulitan tersebut terkait dengan ketidakmampuan membedakan peran masing-masing faktor laju reaksi, minimnya visualisasi proses pada tingkat partikel, serta terbatasnya pengalaman praktikum yang menghambat terbentuknya pemahaman konseptual yang utuh sehingga berdampak pada rendahnya capaian akademik, menurunnya rasa percaya diri, dan melemahnya minat belajar siswa terhadap kimia (Musyailah *et al.*, 2021; Pangestuti *et al.*, 2026). Hubungan dalam konteks ini, karakter laju reaksi yang menuntut pengaitan antara konsep, prosedur eksperimen, dan data kuantitatif jarang terfasilitasi secara optimal di kelas.

Secara ideal Nafakoti & Atun (2025) menjelaskan bahwa sifat materi laju reaksi yang konseptual dan prosedural memerlukan dukungan kegiatan praktikum untuk membantu siswa mengamati pengaruh suhu, konsentrasi, luas permukaan, dan katalis secara langsung, sekaligus mengkonstruksi hubungan antara data

eksperimen dengan model teoretis. Melalui praktikum, sifat-sifat laju reaksi seperti ketergantungannya terhadap kondisi reaksi, sifat dinamis perubahan konsentrasi pereaksi/produk terhadap waktu, dan peran energi aktivasi dapat divisualisasikan dan diukur sehingga konsep tidak berhenti pada tataran verbal. Namun, keterbatasan fasilitas laboratorium di banyak sekolah, termasuk ketiadaan laboratorium kimia di salah satu SMA di Waingapu dan fakta bahwa 98,2% siswa belum pernah melakukan praktikum pada topik ini, menyebabkan pembelajaran laju reaksi berlangsung secara teoritis dan berpusat pada guru.

Bahan ajar yang digunakan di sekolah tersebut masih didominasi modul cetak dan buku teks, sementara pemanfaatan teknologi pembelajaran, khususnya bahan ajar interaktif, masih sangat terbatas (Minarni *et al.*, 2022). Berdasarkan dari data yang diperoleh melalui wawancara, ternyata guru kimia cenderung menggunakan metode ceramah dan kegiatan mencatat sebagai pendekatan utama, dengan media yang terbatas pada buku teks, papan tulis, dan presentasi sederhana, sehingga siswa relatif pasif dan belum memiliki pengalaman menggunakan bahan ajar berbantuan laboratorium virtual. Kondisi ini menimbulkan kesenjangan kinerja (*performance gap*) antara kompetensi yang diharapkan yakni siswa memahami konsep laju reaksi secara menyeluruh dan mampu melakukan penalaran ilmiah berbasis data eksperimen dengan kondisi pembelajaran aktual di kelas.

*E-module* dalam penelitian ini dipilih sebagai media utama karena memiliki beberapa keunggulan dibanding modul cetak, yaitu mendukung konsep *flexible learning* dari Brown (2003) yang memungkinkan akses mandiri kapan dan di mana saja, serta dapat mengintegrasikan beragam format konten seperti teks, video, simulasi, dan kuis interaktif yang selaras dengan kebutuhan penguatan literasi sains dan keterampilan berpikir kritis. Dengan demikian, *e-module* tidak hanya berfungsi sebagai sumber informasi, tetapi juga sebagai lingkungan belajar yang memfasilitasi aktivitas eksplorasi dan refleksi sesuai tempo belajar siswa, sekaligus membuka peluang pembelajaran yang lebih kontekstual dan berpusat pada siswa (Fauzan, 2021 ; Novitra *et al.*, 2025). Hal ini sejalan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 dan agenda SDG 4 yang menekankan pemanfaatan teknologi untuk meningkatkan kualitas dan pemerataan akses pendidikan.

Integrasi laboratorium virtual ke dalam *e-module* menjadi aspek penting yang membedakan pengembangan ini dari *e-module* lain yang hanya menyajikan materi dan latihan berbasis teks atau multimedia pasif. Laboratorium virtual memungkinkan siswa melakukan eksperimen simulatif, memanipulasi variabel seperti suhu, konsentrasi, dan katalis, serta mengamati perubahan laju reaksi secara visual pada level makroskopik, simbolik, dan submikroskopik sehingga sifat abstrak konsep menjadi lebih konkret dan teramati (Maksum & Saragih, 2022). Sejumlah temuan menunjukkan bahwa pemanfaatan laboratorium virtual menjadikan pembelajaran lebih menarik, interaktif, mengurangi risiko kecelakaan, dan memungkinkan praktikum dilakukan kapan saja dan di mana saja (Nirwana, 2021 ; Sarah, 2022).

Urgensi pengembangan *e-module* berbantuan laboratorium virtual dalam penelitian ini terletak pada upaya menjembatani kesenjangan antara kebutuhan praktikum laju reaksi dengan keterbatasan laboratorium fisik di sekolah serta dominannya metode ceramah dalam pembelajaran kimia. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang hanya mengembangkan *e-module* atau laboratorium virtual secara terpisah, penelitian ini mengintegrasikan keduanya ke dalam satu kesatuan desain pembelajaran yang sistematis pada konteks sekolah tanpa laboratorium kimia, sehingga pengalaman praktikum simulatif menjadi bagian inti dari alur belajar, bukan sekadar pelengkap. Selain itu, data survei awal di salah satu SMA di Waingapu ini menunjukkan bahwa 91% siswa berminat menggunakan *e-module* berbantuan laboratorium virtual. Guru kimia juga menilai teknologi ini sebagai solusi relevan mengingat keterbatasan sarana, ditambah dukungan infrastruktur sekolah berupa Wi-Fi dan perangkat gawai pribadi siswa, yang mengindikasikan adanya kebutuhan nyata akan media yang lebih interaktif dan kontekstual pada topik laju reaksi.

Secara teoretis, integrasi *e-module* dan laboratorium virtual ini berorientasi pada pendekatan konstruktivis, di mana siswa membangun pemahaman konsep laju reaksi melalui eksplorasi dan interaksi langsung dengan simulasi, bukan hanya menerima penjelasan verbal. Secara praktis, pengembangan ini menawarkan solusi yang realistis untuk konteks sekolah dengan keterbatasan fasilitas namun memiliki akses internet dan perangkat gawai, seperti salah satu SMA di Waingapu ini.

Penelitian ini juga berimplikasi dalam mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 4 tentang pendidikan berkualitas, melalui pengembangan bahan ajar digital yang inovatif, inklusif, dan dapat diakses secara fleksibel oleh siswa tanpa bergantung pada ketersediaan laboratorium fisik (Safitri *et al.*, 2022 ; Zen & Mageiasti, 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menguji kelayakan *e-module* berbantuan laboratorium virtual pada topik laju reaksi sebagai alternatif media pembelajaran yang dapat meningkatkan minat dan pemahaman belajar siswa. Temuan penelitian diharapkan memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi pembelajaran kimia dan praktik pembelajaran di sekolah menengah, sekaligus mendukung upaya pemerataan akses terhadap pembelajaran sains yang bermutu sesuai agenda SDG 4 mengenai pendidikan berkualitas.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) yang mengadopsi model ADDIE menurut Branch tahun 2009 dengan lima tahapan utama yaitu analisis (*analyze*), desain (*design*), pengembangan (*development*), implementasi (*implementation*), dan evaluasi (*evaluation*). Tahap analisis mengidentifikasi kebutuhan bahan ajar, karakteristik siswa, analisis konsep materi laju reaksi, serta kondisi lingkungan belajar di salah satu SMA di Waingapu untuk mengidentifikasi masalah dan merumuskan solusi. Tahap desain merancang struktur lengkap *e-module* beserta *storyboard* laboratorium virtual dan instrumen penelitian. Pengembangan memproduksi prototipe, melakukan validasi ahli media dan materi untuk melakukan revisi awal. Implementasi menguji produk melalui tiga tahap uji coba bertingkat yang diadaptasi dari model Borg & Gall. Tahap evaluasi menganalisis seluruh data untuk menghasilkan produk final yang layak digunakan.

Pada tahap analisis dilakukan wawancara mendalam dengan guru kimia untuk mengonfirmasi minimnya pemanfaatan media digital dan ketiadaan praktikum kimia. Survei siswa melalui *Google Form* terhadap dua kelas XI yang mengikuti pembelajaran kimia untuk mengidentifikasi kesulitan memahami konsep laju reaksi dan minat tinggi terhadap *e-module* berbantuan laboratorium virtual. Analisis

kurikulum merumuskan tujuan pembelajaran dan indikator ketercapaian kompetensi. Observasi lingkungan belajar mencatat ketersediaan akses Wi-Fi sekolah dan kepemilikan perangkat gawai siswa meskipun tanpa fasilitas laboratorium fisik. Hasil analisis merumuskan kebutuhan pengembangan *e-module* interaktif untuk visualisasi konsep submikroskopik laju reaksi.

Tahap desain menghasilkan kerangka *e-module* lengkap mengikuti struktur standar yang mencakup halaman sampul, kata pengantar, daftar isi, pendahuluan dengan peta konsep dan petunjuk penggunaan, kegiatan pembelajaran berisi uraian materi rangkuman latihan serta tes formatif, evaluasi sumatif, glosarium istilah, daftar pustaka, dan profil penulis. Laboratorium virtual dirancang menggunakan aplikasi Construct 3 untuk simulasi faktor-faktor laju reaksi meliputi pengaruh suhu konsentrasi dan katalis dengan fitur *drag and drop* animasi tumbukan partikel serta *event sheet* interaktif. Konten visual dibuat menggunakan *Canva* untuk ilustrasi molekul dan diagram reaksi. Latihan interaktif dirancang di *Liveworksheets* berbentuk *drag and drop* alat kimia, pilihan ganda dan soal esai. Seluruh komponen diintegrasikan melalui Heyzine Flipbook untuk menciptakan efek *flipbook* responsif lintas platform. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi ahli dengan skala 1 hingga 4, angket respon terhadap produk dan minat belajar berbasis skala Likert empat poin, serta tes *pre-test* dan *post-test* sebanyak lima soal esai masing-masing yang disusun berdasarkan taksonomi Bloom level C2 memahami hingga C5 mengevaluasi.

Pengembangan dimulai dengan produksi prototipe *e-module* secara bertahap. Laboratorium virtual dibuat di Construct 3 kemudian diekspor dalam format HTML5 dan diunggah ke platform itch.io untuk akses online. Konten visual dari *Canva* disimpan sebagai file PDF interaktif berkualitas tinggi. Latihan dan evaluasi dari *Liveworksheets* diintegrasikan melalui tautan langsung yang tertanam. Validasi dilakukan secara terpisah oleh ahli media yang menilai aspek tampilan interaktivitas dan keterpaduan antar-komponen serta ahli materi yang menguji keakuratan konsep laju reaksi dan kesesuaian dengan kurikulum SMA. Kriteria kelayakan produk dikategorikan sangat layak untuk persentase 76-100%, layak 51-75%, kurang layak 26-50%, dan tidak layak 0-25%. Revisi iteratif dilakukan berdasarkan masukan ahli material termasuk penyempurnaan navigasi dan klarifikasi istilah teknis. Validitas instrumen

tes diuji menggunakan koefisien Aiken's V dengan kriteria sangat valid untuk nilai di atas 0,80, sedang 0,40-0,80, dan kurang valid di bawah 0,40.

Implementasi dilakukan melalui tiga tahap uji coba bertingkat sesuai adaptasi model Borg & Gall. Uji coba perorangan melibatkan satu guru kimia dan tiga siswa kelas XI yang dipilih melalui teknik *purposive sampling* berdasarkan kemampuan kognitif rendah sedang dan tinggi sesuai rekomendasi guru. Pemilihan ini mengikuti saran Dick and Carey (2009) untuk merepresentasikan variasi kemampuan belajar dalam pengujian awal produk. Uji coba perorangan bertujuan untuk mengevaluasi keterbacaan instruksi kejelasan navigasi dan kemudahan akses laboratorium virtual. Uji coba kelompok kecil menggunakan 15 siswa di salah satu kelas XI guna mengukur kepraktisan dalam konteks pembelajaran kelas nyata. Uji coba operasional dilakukan pada 32 siswa kelas XI lainnya dengan prosedur terstruktur yaitu *pre-test* lima soal esai mengukur pemahaman awal, eksplorasi *e-module* dan laboratorium virtual selama dua jam pelajaran, *post-test* lima soal esai, serta pengisian angket minat belajar dan respons kepraktisan. Efektivitas produk diukur melalui perbandingan skor *pre-test* dan *post-test* serta analisis *n-Gain* dengan kategori peningkatan tinggi untuk nilai di atas 0,7, sedang 0,3 hingga 0,7, dan rendah di bawah 0,3. Pengukurab kepraktisan *e-module* dari guru dan siswa dianalisis menggunakan rumus persentas e dengan kategori sangat praktis untuk rentang 81-100%, praktis pada rentang 61-80%, cukup praktis pada rentang 41-60%, tidak praktis pada rentang 21-40%, serta sangat tidak praktis pada rentang 0-20%. Sementara itu data minat belajar siswa dianalisis menggunakan rumus persentase dengan kategori sangat kuat untuk rentang 81-100%, kuat pada rentang 61-80%, cukup pada rentang 41-60%, lemah pada rentang 21-40%, serta sangat lemah pada rentang 0-20%.

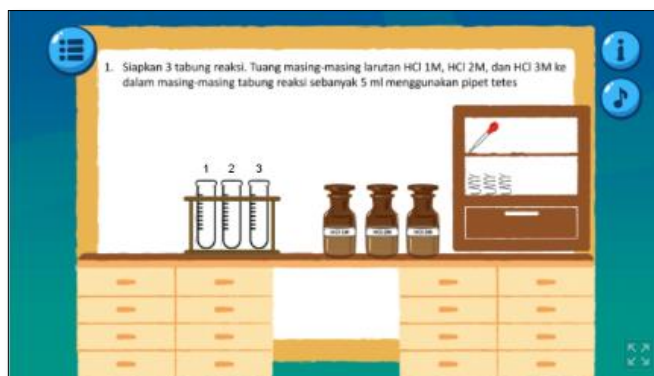
Evaluasi mengintegrasikan seluruh temuan formatif dari validasi ahli dan hasil uji coba bertahap untuk melakukan revisi akhir produk. Revisi utama meliputi penyempurnaan navigasi antarmuka, optimalisasi kecepatan loading laboratorium virtual, penambahan glosarium istilah kunci laju reaksi, dan klarifikasi instruksi

interaksi simulasi. Subjek penelitian terdiri dari ahli media dan materi yang berkualifikasi minimal S2 di bidang Teknologi Pendidikan dan Pendidikan Kimia, validator instrumen penelitian, guru kimia, serta siswa kelas XI. Teknik pengumpulan data yang digunakan mencakup wawancara semi-terstruktur, survei daring melalui *Google Form*, lembar validasi terstruktur, tes esai *pre-test* dan *post-test*, angket skala Likert, dan observasi partisipatif untuk menjamin validitas reliabilitas serta generalisasi temuan secara komprehensif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pengembangan *e-module* disajikan berdasarkan lima tahap utama model ADDIE. Hasil analisis awal melalui wawancara guru kimia dan survei siswa mengonfirmasi kebutuhan mendesak bahan ajar inovatif untuk laju reaksi. Guru menyatakan pembelajaran masih bergantung buku cetak modul Kemendikbud dan ceramah dengan media *PowerPoint* dan video *YouTube* tanpa pernah menggunakan laboratorium virtual, sejalan survei yang menunjukkan 100% siswa belum mengenal laboratorium virtual dan 77,2% bahkan tidak tahu istilahnya. Analisis siswa mengungkap nilai rata-rata harian 86 namun 87,7% siswa menganggap laju reaksi materi tersulit dengan 86% kesulitan menghubungkan faktor-faktor reaksi ke fenomena nyata akibat hafalan tanpa visualisasi. Analisis konsep menyoroti subtopik faktor laju reaksi sebagai dasar krusial sebelum teori tumbukan dan energi aktivasi yang idealnya butuh praktikum langsung Kolomuc & Tekin (2011) namun terhambat minim fasilitas. Analisis lingkungan belajar mencatat ruang kelas kondusif tapi tanpa laboratorium kimia, alat bahan atau praktikum sehingga menciptakan peluang laboratorium virtual sebagai solusi pengganti (Sadirman, 2016 ; Marfuatun & Miftakhurrohman, 2022).

Hasil desain produk terdiri dari beberapa langkah dengan pemanfaatan beberapa aplikasi agar *e-module* yang dikembangkan menjadi menarik dan diharapkan membantu siswa. Hasil desain laboratorium virtual Construct 3 menampilkan simulasi faktor reaksi *drag and drop*, animasi tumbukan dan *event sheet*.



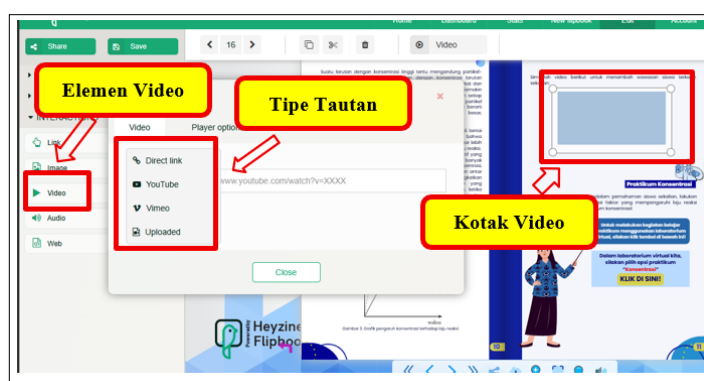
Gambar 1. Salah satu hasil perancangan *scene* laboratorium virtual

Desain *e-module* mengikuti format dari Ganefri *et al.*, (2020) mencakup sampul hingga daftar pustaka. Hasil rancangan tampilan produk *e-module* pada *Canva* dimulai dari sampul depan hingga referensi diunduh dalam format PDF. Perancangan *e-module* memanfaatkan berbagai fitur *template*, gambar yang sesuai dengan topik laju reaksi. Pemanfaatan *Liveworksheets*

dilakukan melalui situs <http://www.liveworksheets.com> yang dapat diakses melalui PC atau laptop dengan melakukan registrasi menggunakan akun guru. Pemanfaatan *Heyzine Flipbook* bertujuan agar *e-module* menjadi interaktif dan perancangannya mudah dilakukan.



Gambar 2. Sampul depan



Gambar 3. Elemen media

Hasil kelayakan produk *e-module* pada topik laju reaksi divalidasi oleh ahli media yang memenuhi kriteria di bidangnya. Komponen penilaian produk terdiri atas empat aspek yang dijabarkan dalam 26 pernyataan. Keempat aspek adalah aspek kelayakan isi (5 pernyataan), tata

bahasa (3 pernyataan), penyajian dan tampilan produk (10 pernyataan), serta kelayakan kegrafisan (9 pernyataan). Hasil analisis kelayakan oleh ahli media dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis kelayakan oleh ahli media

Aspek Penilaian	Rata-rata (%)	Kriteria Kelayakan
Kelayakan Produk	90	Sangat Layak
Tata Bahasa	67	Layak
Penyajian dan Tampilan Produk	100	Sangat Layak
Kelayakan Kegrafisan	81	Sangat Layak

Hasil rata-rata menunjukkan kriteria yang sangat layak dengan persentase sebesar 84% pada seluruh aspek. Menurut Sugiyono (2020), skor kelayakan dengan rentang (76-100%) termasuk ke dalam kriteria yang sangat layak. Produk *e-module* yang dikembangkan dapat dikatakan memiliki tingkat validitas yang baik jika tingkat validitas minimal yang dicapai pada kriteria tinggi (Raharjo *et al.*, 2017).

Hasil kelayakan materi dalam *e-module* pada topik laju reaksi divalidasi oleh ahli materi

yang memenuhi kriteria di bidangnya. Komponen penilaian produk terdiri atas empat aspek yang dijabarkan dalam 21 pernyataan. Keempat aspek tersebut adalah aspek kelayakan isi (5 pernyataan), tata bahasa (3 pernyataan), penyajian dan tampilan produk (11 pernyataan), serta aspek belajar mandiri (2 pernyataan). Hasil analisis kelayakan oleh ahli materi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis kelayakan oleh ahli materi

Aspek Penilaian	Rata-rata (%)	Kriteria Kelayakan
Kelayakan Isi	100	Sangat Layak
Tata Bahasa	100	Sangat Layak
Penyajian dan Tampilan Produk	100	Sangat Layak
Aspek Belajar Mandiri	100	Sangat Layak

Berdasarkan Tabel 2, keempat aspek yaitu kelayakan isi, aspek tata bahasa, aspek penyajian dan tampilan produk serta aspek belajar mandiri, masing-masing memiliki rata-rata validitas kelayakan sebesar 100% kriteria sangat layak. Sehingga hasil rata-rata penilaian kelayakan materi dalam produk menunjukkan kriteria yang sangat layak dengan persentase sebesar 100% pada seluruh aspek. Menurut Sugiyono (2020), skor kelayakan dengan rentang 76-100% termasuk ke dalam kriteria sangat layak. Data ini

menunjukkan bahwa materi dalam produk *e-module* yang dikembangkan dapat dikatakan memiliki tingkat validitas yang baik jika tingkat validitas minimal yang dicapai pada kriteria tinggi (Raharjo *et al.*, 2017).

Tahap implementasi dilakukan setelah proses validasi dan revisi produk penelitian dilakukan Uji perorangan dilakukan untuk mengetahui sejauh mana produk awal *e-module* dapat dipahami dan digunakan oleh pengguna (guru dan siswa):

Tabel 5. Hasil kepraktisan produk oleh guru

Aspek Penilaian	Rata-rata (%)	Kriteria Kepraktisan
Kesesuaian dengan Kurikulum dan Pembelajaran	100	Sangat Praktis
Kualitas Materi	100	Sangat Praktis
Kualitas dan Tampilan Media	100	Sangat Praktis
Interaktivitas dan Fitur Pendukung	100	Sangat Praktis
Manfaat untuk Pembelajaran	100	Sangat Praktis
Kejelasan Isi	100	Sangat Praktis

Tabel 6. Hasil kepraktisan produk oleh siswa

Aspek Penilaian	Rata-rata (%)	Kriteria Kepraktisan
Halaman Sampul dan Tampilan Produk	98	Sangat Praktis
IKTP dan Tujuan Pembelajaran	92	Sangat Praktis
Petunjuk Penggunaan Produk	100	Sangat Praktis
Uraian Materi dalam Laboratorium Virtual	92	Sangat Praktis
Glosarium dan Referensi	100	Sangat Praktis
Pemahaman dan Minat Belajar	100	Sangat Praktis

Berdasarkan tabel hasil uji coba perorangan yang melibatkan guru kimia dan tiga orang siswa kelas XI, diperoleh data bahwa tingkat kepraktisan *e-module* menunjukkan kategori sangat praktis dengan rata-rata skor dari guru sebesar 100% dan dari ketiga siswa sebesar 97%. Hasil ini menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kepraktisan, yakni mudah digunakan, menarik, serta mendukung proses belajar mandiri siswa. Nieveen (1999) mendukung pernyataan ini bahwa, dalam kaitannya dengan desain penelitian pendidikan, perangkat pembelajaran dapat

dianggap praktis jika guru dan siswa mempertimbangkan bahwa perangkat pembelajaran mudah digunakan di lapangan (materi yang dapat dipahami) dan sesuai dengan rencana desain peneliti.

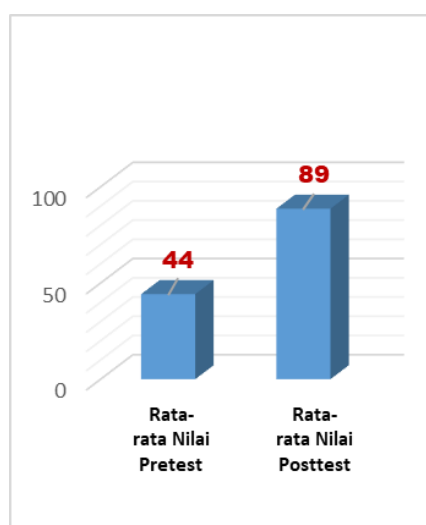
Tahap terakhir adalah uji coba operasional, yang dilakukan pada kelas XI lainnya dengan jumlah 32 siswa. Tahap ini bertujuan untuk menilai keefektifan *e-module* secara komprehensif yang ditunjukkan melalui peningkatan hasil belajar siswa menggunakan desain *One Group Pre-test-Post-test*:

Tabel 7. Hasil analisis skor *n-Gain*

Nilai Maksimal	Rerata <i>Pre-test</i>	Rerata <i>Post-test</i>	<i>n-Gain</i>
100	44	89	0,8

Hasil perhitungan selisih rata-rata nilai *pre-test* dan *post-test* dengan rumus skor *n-Gain* didapatkan skor sebesar 0,8 dengan tafsiran efektivitas terhadap produk adalah efektif. Hasil perbandingan pada tabel tersebut menunjukkan terdapat peningkatan pada nilai *pre-test* dan *post-test* terhadap pemahaman konsep siswa setelah melalui

perlakuan pembelajaran menggunakan *e-module* yang dikembangkan. Hal ini tentu menandakan bahwa pemanfaatan *e-module* pada subtopik ini meningkatkan pemahaman siswa. Hasil analisis peningkatan nilai *pre-test* dan *post-test* dari jawaban siswa dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4. Hasil analisis peningkatan *pre-test* dan *post-test*

Angket minat belajar siswa diisi setelah uji coba operasional untuk mengukur perasaan senang, ketertarikan, perhatian, dan keterlibatan terhadap *e-module* (Syaripudin *et al.*, 2023). Instrumen ini terdiri dari 16 pernyataan dengan

skala Likert 4 poin yang dianalisis untuk mengonfirmasi dampak afektif pembelajaran. Berikut hasil analisis data angket minat belajar siswa:

Tabel 9. Hasil Analisis Angket Minat Belajar

Aspek Penilaian	Rata-rata (%)	Kategori Minat
Perasaan Senang	95	Sangat Kuat
Ketertarikan	96	Sangat Kuat
Perhatian	98	Sangat Kuat
Keterlibatan	97	Sangat Kuat

Hasil angket menunjukkan bahwa minat belajar siswa secara keseluruhan berada pada kategori sangat kuat. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata persentase sebesar 95%, yang mencerminkan tingkat ketertarikan dan keterlibatan siswa yang sangat tinggi dalam proses pembelajaran. Secara teoretis, minat belajar adalah suatu kecenderungan seseorang untuk merasa lebih suka dan terikat pada suatu aktivitas tanpa adanya paksaan (Rahmawati, 2024). Minat ini sangat penting karena berperan sebagai motivasi intrinsik yang mempermudah siswa memahami materi dan mencapai hasil belajar yang optimal (Novitasari, 2023).

Tahap evaluasi merupakan tahap terakhir dimana dilakukan revisi final berdasarkan masukan dari hasil tahap uji coba. Berdasarkan dari hasil angket respon dari siswa, selain hasil kuantitatif yang menunjukkan kategori sangat praktis, terdapat revisi minor berdasarkan komentar siswa, yaitu permintaan untuk menambahkan contoh soal. Masukan ini menunjukkan bahwa siswa menggunakan *e-module* secara aktif dan reflektif, serta memberikan umpan balik konstruktif terhadap isi produk.

Penambahan contoh soal yang dilakukan pada tahap revisi bertujuan untuk memperkuat pemahaman konsep dan memberikan kesempatan bagi siswa untuk menerapkan pengetahuan yang telah diperoleh. Temuan ini sejalan dengan pandangan Kurniawan *et al.*, (2022) bahwa produk pembelajaran yang praktis tidak hanya mudah digunakan, tetapi juga mampu menyesuaikan diri dengan kebutuhan pengguna berdasarkan hasil uji lapangan. Sehingga, *e-module* yang dikembangkan tidak hanya memenuhi kriteria kepraktisan tinggi, tetapi juga menunjukkan karakteristik adaptif dan responsif terhadap kebutuhan siswa

Secara keseluruhan, berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa *e-module*

dinyatakan sangat layak, sangat praktis dan efektif sebagai media pembelajaran, terutama karena mampu menghadirkan pengalaman laboratorium virtual yang mendukung konstruksi konsep secara mandiri (Peechapol, 2021). Hasil validasi oleh ahli media dan materi menunjukkan bahwa *e-module* tergolong sangat layak, dengan skor masing-masing 84% dan 100%. Aspek isi, penyajian, tampilan, dan kegrafisan memenuhi standar kelayakan media digital. Integrasi teks dan simulasi sesuai dengan prinsip multimedia Mayer, terutama *contiguity* dan *multimedia principle*, yang terbukti meningkatkan pemahaman pada konsep abstrak seperti energi aktivasi dan teori tumbukan.

Aspek bahasa dinilai layak dan memerlukan beberapa penyempurnaan, namun tidak mengurangi kelayakan keseluruhan. Sementara itu, ahli materi memberikan skor 100% untuk seluruh aspek, menunjukkan bahwa isi modul sudah sesuai capaian pembelajaran Kurikulum Merdeka. Hal ini sejalan dengan teori belajar Gagne (1985) yang menekankan penyusunan materi secara sistematis agar mendukung perhatian, pemahaman, dan retensi. Secara keseluruhan, *e-module* dinyatakan sangat layak sebagai media pembelajaran, terutama karena mampu menghadirkan pengalaman laboratorium virtual yang mendukung konstruksi konsep secara mandiri (Hikmah *et al.*, 2017).

Hasil uji coba perorangan dan kelompok kecil menunjukkan tingkat kepraktisan sangat tinggi, dengan rata-rata 98,7%. Guru dan siswa menilai bahwa *e-module* mudah digunakan, tampilan menarik, navigasi jelas, dan fitur interaktif berfungsi optimal. Hal ini sejalan dengan prinsip *flexible learning* (Brown, 2003), yang menyebutkan bahwa media pembelajaran yang praktis harus mudah diakses, fleksibel, dan mendukung belajar mandiri.

Pada uji kelompok kecil, fitur praktikum virtual, glosarium, dan tampilan visual

memperoleh skor tertinggi. Siswa menilai bahwa simulasi virtual membantu memahami perubahan laju reaksi berdasarkan variabel reaksi, yang sejalan dengan penelitian sebelumnya (Ramadhani *et al.*, 2021). Kepraktisan yang tinggi ini sekaligus memperkuat efektivitas pembelajaran, karena siswa dapat mengakses materi dan simulasi kapan saja tanpa bergantung pada fasilitas laboratorium fisik. Efektivitas *e-module* ditunjukkan melalui peningkatan hasil belajar siswa menggunakan desain *One Group Pre-test–Post-test*. Skor rata-rata meningkat dari 44 (*pre-test*) menjadi 89 (*post-test*) dengan nilai *n-Gain* 0,8 (kategori tinggi). Ini menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman konsep.

Minat belajar siswa juga meningkat sangat tinggi, dengan skor angket 95%. Siswa merasa lebih antusias karena adanya visualisasi eksperimen dan kebebasan belajar. Temuan ini sejalan dengan penelitian Mahendra & Killis (2025) yang menunjukkan bahwa laboratorium virtual dapat meningkatkan motivasi dan hasil belajar dibanding metode konvensional. Peningkatan pemahaman konsep terjadi karena desain modul mengikuti teori multimedia Mayer (2009), memungkinkan siswa memproses informasi secara visual dan verbal secara simultan. Dari perspektif konstruktivisme, aktivitas eksploratif dan reflektif dalam simulasi membantu siswa membangun pemahaman secara mandiri. Sementara itu, desain yang fleksibel dan interaktif meningkatkan minat belajar sesuai prinsip *flexible learning*.

Produk *e-module* ini memperkuat pemahaman konsep melalui visualisasi dan simulasi, sekaligus meningkatkan minat belajar melalui desain interaktif dan fleksibel. Dengan karakteristik tersebut, *e-module* ini berperan strategis mendukung *Sustainable Development Goals* (SDGs) khususnya SDG 4 pendidikan berkualitas. Berdasarkan SDG 4 *e-module* menyediakan pembelajaran inklusif adil melalui akses fleksibel tanpa laboratorium fisik sehingga kualitas pemahaman kimia meningkat sekaligus memberdayakan guru kreatif memanfaatkan teknologi kontekstual. Model ADDIE dengan laboratorium virtual Construct 3 memfasilitasi pembelajaran mandiri relevan Kurikulum Merdeka memperkuat mutu pendidikan nasional.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *e-module* berdampak signifikan terhadap peningkatan pemahaman

konsep laju reaksi dengan efektivitas *n-Gain* kategori tinggi dan minat belajar sangat kuat. Produk sangat layak, sangat praktis menghadirkan pembelajaran kimia kontekstual bermakna tanpa lab fisik. *E-module* strategis mendukung *Sustainable Development Goals* (SDGs) khususnya SDG 4 *Quality Education* karena tingkatkan pemahaman konsep sekaligus menyediakan akses pembelajaran inklusif berkualitas di sekolah terbatas infrastruktur melalui teknologi fleksibel sehingga kontribusi pendidikan sains berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amdayani, S., Dibyantini, R. E., & Dalimunthe, M. (2023). *Laju reaksi berbasis stem (science, technology, engineering, and mathematics)*. Penerbit CV Eureka Media Aksara.
- Amil, A. V., & Buensuceso, D. B. (2025). A comparison of virtual simulation and 3d model as tools in teaching and learning rates of reaction in science 8. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 3120–3140. <https://dx.doi.org/10.47772/IJRISS.2025.9.07000255>
- Brown, T. H. (2003). The role of m-learning in the future of e-learning in Africa. *21st ICDE World Conference, August*, 1–12.
- Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2009). *The systematic design of instruction (7th ed.)*. Pearson Higher Education Inc.
- Elazasmira, Herdini, & Susilawati. (2025). Meningkatkan pemahaman konsep larutan penyangga dengan model pembelajaran ICARE. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(Special Issue), 81–91. [https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial\\_issue.88509](https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.88509)
- Fadhilah, F., Jusniar, J., & Anwar, M. (2020). Analisis Miskonsepsi Siswa Kelas XI IPA 1 SMA Negeri 1 Ma'rang Pada Materi Pokok Laju Reaksi. *ChemEdu (Jurnal Ilmiah Pendidikan Kimia)*, 1(1), 41–50. <https://doi.org/10.35580/chemedu.v1i1.17526>
- Fauzan, M. (2021). Pengembangan modul inovatif dalam pembelajaran bahasa arab. *Prosiding Konferensi Nasional Bahasa Arab VII*, 643–654.
- Fauziah, Suyanti, R. D., & Silaban, R. (2024). Pengembangan bahan ajar ( e-book ) kimia berbasis ctl-pbl untuk meningkatkan kemampuan literasi sains dan berpikir kritis

- siswa development of chemistry teaching materials ( e-book ) based ctl-pbl to improve students ' chemical science literacy and critic. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 12(2), 162–171. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jpms.v12i2.75195>
- Gagne, R. M. (1985). *The condition of learning theory of instruction*. Rinehart.
- Ganefri, Wardi, Y., Syahril, Ardipal, & Bakthiar, S. (2020). *Panduan: penyusunan e-modul pembelajaran daring universitas Padang*. Universitas Negeri Padang.
- Hanifa, P. D. W. S. (2026). Desain e-modul interaktif untuk memfasilitasi pemahaman konsep peserta didik pada materi sistem persamaan linear dua variabel. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 14(1), 107–120. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jpms.v14.i1.91720>
- Herga, N. R., Čagran, B., & Dinevski, D. (2021). Virtual laboratory in the role of dynamic visualisation for better understanding of chemistry in primary school. *Eurasia JMath Sci Technol Educ*, 12, 593–608.
- Januszewski, A., & Molenda, M. (2008). *Educational technology: a defenition with commentary*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Khairunnisa, & Sudrajat, A. (2023). Pengembangan instrumen tes diagnostik five-tier untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa kelas XI pada materi laju reaksi. *PENDIPA Journal of Science Education*, 7(2), 127–136. <https://doi.org/10.33369/pendipa.7.2.127-136>
- Kolomuc, A., & Tekin, S. (2011). Chemistry Teachers' Misconceptions concerning concept of chemical reaction rate. *Eurasian Journal. Phys.Chem. Educ.*, 3(2), 84–101.
- Kurniawan, D. T., Abidin, Y., & Halimah, L. (2022). In house training design and learning products according to the development of the 21st century for elementary school teachers in the East Priangan Region, West Java province. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning*, 19(1), 223–228.
- Mahendra, I. G. B., & Killis, B. (2025). Impact of virtual laboratory-assisted microlearning on students ' motivation , engagement , and academic success. *Journal of Learning for Development*, 12(1), 1–16.
- Maksum, A. H., & Saragih, Y. (2022). Analisis penerapan virtual laboratorium versus reality laboratorium. *Jurnal Tiarsie*, 17(2), 47–52.
- Marfuatun, & Miftakhurrohman, A. (2022). Pengembangan media pembelajaran inquiry pre-lab berbasis aplikasi construct 2 untuk praktikum asam-basa. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 10(2), 135–140. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jpms.v10i2.47878>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning: second edition*. Cambridge University Press.
- Minarni, Malik, A., & Fuldariatman. (2022). Pengembangan bahan ajar dalam bentuk media komik dengan 3d page flip pada materi ikatan kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(1), 2295–2306.
- Musyailah, D. A., Muhab, S., & Yusmaniar. (2021). Pengaruh integrasi laboratorium virtual dalam model pembelajaran problem solving terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi elektrolit dan non elektrolit. *JRPK: Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 10(1), 46–52. <https://doi.org/10.21009/jrpk.101.07>
- Nafakoti, N., & Atun, S. (2025). Pengaruh inquiry-based contextual learning terhadap kemampuan berpikir kritis dan efikasi diri pada materi laju reaksi dalam menyongsong pendidikan yang berkualitas. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(Special Issue), 102–114. [https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial\\_issue.88419](https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.88419)
- Nafiyanto, N. R., & Pebriana, I. N. (2023). Pengembangan e-modul dinamika partikel model guided discovery learning berbasis stem untuk meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan kolaborasi peserta didik. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 11(2), 28–37. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21831/jpms.v4i1.10866>
- Nieveen, N. M. (1999). *Prototyping to reach product quality*. Kluwer Academic Publisher.
- Nirwana, R. R. (2021). Pemanfaatan laboratorium virtual dan e-reference dalam proses pembelajaran dan penelitian ilmu kimia. *Phenomenon : Jurnal Pendidikan MIPA*, 1(1), 115–123. <https://doi.org/10.21580/phen.2011.1.1.451>

- Novitasari, A. T. (2023). Motivasi belajar sebagai faktor intrinsik peserta didik dalam pencapaian hasil belajar. *Journal on Education*, 5(2), 5110–5118. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.1248>
- Novitra, F., Abdullah, M. N. S., Ozdemir, E., Riyasni, S., Emiliannur, Festiyed, & Metra, P. (2025). Design of dual space inquiry framework for facilitating flexible learning in digital technology era. *International Journal of Educational Research Open*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2024.100424>
- Pangestuti, A., Amarulloh, R. R., & Farizi, T. Al. (2026). Web-based interactive visual media in teaching momentum and impulse to improve students' conceptual understanding. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 14(1), 11–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jpms.v14i1.90237>
- Peechapol, C. (2021). Investigating the effect of virtual laboratory simulation in chemistry on learning achievement, self-efficacy, and learning experience. *Internasional Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(20), 196–207. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i20.23561>
- Priliyanti, A., Muderawan, I. W., & Maryam, S. (2021). Analisis kesulitan belajar siswa dalam mempelajari kimia kelas xi. *Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*, 5(1), 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.23887/jpk.v5i1.32402>
- Raharjo, M. W. C., Suryati, S., & Khery, Y. (2017). Pengembangan e-modul interaktif menggunakan adobe flash pada materi ikatan kimia untuk mendorong literasi sains siswa. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 5(1), 8. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v5i1.102>
- Rahmawati, R. K. N. (2024). *Minat belajar konsep dasar, indikator, & faktor-faktor yang memengaruhinya*. Literasi Nusantara.
- Ramadhani, P., Farma, S. A., Fuadiyah, S., & Yogica, R. (2021). Laboratorium virtual sebagai langkah memaksimalkan skill keterampilan siswa. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 1(1), 791–798.
- Retnawati, R. (2016). *Analisis kuantitatif instrumen penelitian (panduan penelitian, mahasiswa, dan psikometrian)*. Parama Publishing.
- Sadirman, A. M. (2016). *Interaksi dan motivasi belajar mengajar*. PT Raja Grafindo.
- Safitri, A. O., Yuniarti, V. D., & Rostika, D. (2022). Upaya peningkatan pendidikan berkualitas di indonesia: analisis pencapaian sustainable development goals (SDGs). *Jurnal Basicedu*, 6(4), 7096–7106.
- Sarah, R. T. P. (2022). Pengaruh penerapan virtual laboratory terhadap kemampuan investigasi dan prestasi belajar peserta didik. *Jurnal Pembelajaran Kimia*, 7(5), 184–192. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jrp.k.v7i5.13379>
- Sugiyono. (2020). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Suryandaru, N. A. (2020). Penerapan multimedia dalam pembelajaran yang efektif. *Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran Guru Sekolah Dasar (JPPGuseda)*, 03, 88–91. <http://journal.unpak.ac.id/index.php/jppguseda>
- Syaripudin, I. D., Samsudin, A., & Yuliani, W. (2023). Validitas dan reliabilitas angket minat belajar. *FOKUS (Kajian Bimbingan & Konseling Dalam Pendidikan)*, 6(1), 42–46. <https://doi.org/10.22460/fokus.v1i1.8641>
- Tuta, B. B., Harta, J., & Purwasih, S. S. (2022). Development of assemblr edu-assisted augmented reality learning media on the topic of effect of reactant's concentration and catalyst on reaction rate. *JCER (Journal of Chemistry Education Research)*, 6(1), 44–57. <https://doi.org/10.26740/jcer.v6n1.p58-71>
- Zen, N. H., & Mageiasti, L. (2025). Analisis penerapan Sdgs dalam pembangunan berkelanjutan di indonesia: tinjauan literatur dan tantangan implementasi. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 3, 775–785.

## PROFIL SINGKAT

**Filmonia Greslita Bili, M.Pd.** merupakan lulusan S1 Prodi Pendidikan Kimia Universitas Sanata Dharma dan melanjutkan S2 program studi Teknologi Pembelajaran Universitas Negeri Yogyakarta. Email: [angelrestil2@gmail.com](mailto:angelrestil2@gmail.com)

**Dr. Mukhammad Luqman Hakim, M.Pd.** merupakan dosen aktif di program studi magister Teknologi Pembelajaran Universitas Negeri Yogyakarta. Beliau dapat dihubungi melalui email: [luqmanhakim@uny.ac.id](mailto:luqmanhakim@uny.ac.id)