

PENGEMBANGAN E-MODUL PRAKTIKUM KIMIA BERBASIS *GREEN CHEMISTRY* PADA MATERI LAJU REAKSI

Erza Sayyidatuzzahrah^{1*}, Jeckson Siahaan², Burhanuddin³, Baiq Fara Dwirani Sofia⁴

^{1 2 3 4} Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Mataram. Jalan Majapahit No. 62
Mataram, NTB 83112, Indonesia.

* Corressponding Author. E-mail: erzaszh@gmail.com

Received: 10 Oktober 2023 Accepted: 9 April 2025 Published: 31 Mei 2025
doi: 10.29303/cep.v8i1.5766

Abstrak. Penelitian ini adalah jenis penelitian pengembangan (*research and development*) yang bertujuan untuk menentukan validitas, kepraktisan dan keefektifan e-modul praktikum kimia berbasis *green chemistry* pada materi laju reaksi yang dikembangkan. Penelitian ini menggunakan model penelitian pengembangan 4D (*define, design, develop dan disseminate*). Sampel dalam penelitian ini yaitu sebanyak 24 orang peserta didik kelas XI MIPA di SMAN 1 Gerung. Berdasarkan hasil penelitian, validitas yang diperoleh menggunakan indeks Aiken's $V = 0,9$ menunjukkan bahwa e-modul praktikum kimia berbasis *green chemistry* pada materi laju reaksi sangat valid untuk digunakan. Kepraktisan dapat dilihat melalui angket respon siswa sebagai pengguna. Diperoleh nilai rata-rata kepraktisan sebesar 91% yang menunjukkan bahwa e-modul praktikum kimia berbasis *green chemistry* pada materi laju reaksi terkategori sangat praktis. Sedangkan untuk keefektifan berdasarkan nilai *N-Gain* diperoleh rata-rata sebesar 0,71 yang menunjukkan bahwa e-modul praktikum kimia berbasis *green chemistry* pada materi laju reaksi terkategori sangat efektif untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada materi laju reaksi.

Kata Kunci: pengembangan, e-modul praktikum, *green chemistry*, laju reaksi.

Development of Chemistry Practicum E-Module based of Green Chemistry on Reaction Rate Topic

Abstract

The current research is a research and development study that aims to determine the validity, practicality and effectivity of chemistry practicum e-module based of green chemistry on reaction rate topic that was developed. This research used 4D research and developments model (define, design, develop and disseminate). The sample in this research was 24 students class XI MIPA at SMAN 1 Gerung. The result showed that validity obtained using the Aiken's $V = 0,9$ showed that the chemistry practicum e-module based of green chemistry on reaction rate topic is very valid. Practicality seen through the student response questionnaire as a user. Obtained an average practicality value of 91% showed that the chemistry practicum e-module based of green chemistry on reaction rate topic is very practical. While for the effectivity based on N-Gain score obtained an average of 0,71, it showed that the chemistry practicum e-module based of green chemistry on reaction rate topic is very effective in improving students learning outcomes on reaction rate topic.

Keywords: development, practicum e-module, green chemistry, reaction rate.

PENDAHULUAN

Ilmu kimia adalah bagian dari ilmu pengetahuan alam yang didalamnya mempelajari tentang komposisi materi, sifat, struktur, perubahan materi dan energi yang menyertai perubahan materi tersebut. Pembelajaran kimia

tidak cukup hanya dengan mempelajari materi dan menjelaskan konsep saja. Kegiatan praktikum sangat penting dalam menunjang tingkat pemahaman terhadap konsep teoritis. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa praktikum kimia memberikan pengaruh positif bagi peserta didik, diantaranya dapat membantu

peserta didik memahami materi pembelajaran, mengembangkan kemampuan berfikir peserta didik serta secara langsung memberikan pengalaman dan keterampilan untuk meningkatkan motivasi dan minat peserta didik untuk mempelajari kimia lebih mendalam.

Praktikum kimia yang dilakukan dalam pembelajaran kimia umumnya masih menggunakan metode praktikum kimia konvensional (Rizkiana, dkk., 2020). Praktikum ini menggunakan bahan-bahan kimia sintetik yang berasal dari produk industri dan prosedurnya mengikuti prosedur yang biasanya tercakup dalam buku teks. Pelaksanaan praktikum sangat penting dalam pembelajaran kimia, namun sayangnya kegiatan praktikum kimia konvensional justru berdampak buruk terhadap lingkungan, sebagian besar dapat menghasilkan limbah buangan sisa praktikum yang dapat mencemari lingkungan. Limbah yang berasal dari bahan kimia berbahaya jika tidak ditangani dengan baik dapat membahayakan makhluk hidup, merusak lingkungan, dan mencemari lingkungan (Rizkiana, dkk., 2020). Selain dampak buruk berupa limbah berbahaya yang dihasilkan, praktikum konvensional memungkinkan terjadinya kecelakaan kerja jika peserta didik kurang berpengalaman dan belum sepenuhnya memahami resiko bahaya alat dan bahan kimia yang digunakan (Sardi, 2018).

Dampak negatif dari metode praktikum kimia konvensional dapat diatasi dengan sebuah gagasan yang disebut *Green Chemistry* (Putri, 2019). *Green chemistry* adalah konsep teknologi kimia inovatif yang mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dalam desain, produksi dan penggunaan produk. *Green chemistry* memiliki tujuan yaitu untuk menghasilkan produk atau proses kimia yang dapat meminimalkan atau menghilangkan penggunaan dan produksi zat kimia berbahaya (Prabawati dan Wijayanto, 2015). Paristiowati, dkk. (2019) menyatakan manfaat dari konsep *green chemistry* adalah dapat menghemat energi, hemat biaya, mengurangi limbah dan menjaga kesehatan manusia dan lingkungan. Konsep *green chemistry* dapat menjadi solusi untuk menciptakan kegiatan praktikum kimia yang ramah lingkungan dan menciptakan keselamatan kerja selama kegiatan praktikum berlangsung.

Salah satu materi kimia yang membutuhkan adanya pelaksanaan praktikum adalah materi laju reaksi (Mudakiyah, dkk., 2022). Umumnya, praktikum laju reaksi dilaksanakan dengan metode praktikum

konvensional yaitu menggunakan bahan kimia yang tidak ramah lingkungan dan berbahaya bagi praktikan, misalnya penggunaan larutan HCl, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan FeCl_3 (Sardi, 2018). Praktikum laju reaksi terdiri dari empat sub topik praktikum yaitu praktikum mengenai pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi, pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi, pengaruh suhu terhadap laju reaksi, dan pengaruh penggunaan katalis terhadap laju reaksi, sehingga apabila dalam pelaksanaan praktikum masih menggunakan bahan kimia sintetik maka akan dihasilkan limbah yang banyak. Oleh karena itu, mengintegrasikan konsep *green chemistry* dengan praktikum kimia pada materi laju reaksi adalah suatu hal yang tepat.

Berdasarkan beberapa hal yang telah diuraikan di atas, maka peneliti ingin mengembangkan modul praktikum berkaitan dengan praktikum berbasis *green chemistry* pada materi laju reaksi yang terdiri dari praktikum mengenai pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi, pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi dan pengaruh suhu terhadap laju reaksi. Modul yang dikembangkan adalah modul dalam bentuk elektronik (e-modul). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kevalidan, kepraktisan dan keefektifan e-modul praktikum berbasis *green chemistry* pada materi laju reaksi yang dikembangkan.

METODE

Penelitian ini adalah jenis penelitian pengembangan (*research and development*) dan menggunakan model penelitian pengembangan yang dikemukakan oleh Thiagarajan, dkk., (1974) yaitu *four D model* (4D) yang terdiri dari tahap pendefinisian (*define*), tahap perancangan produk (*design*), tahap pengembangan produk (*develop*) dan tahap penyebaran (*disseminate*).

Tahap pendefinisian (*define*) adalah langkah awal mengidentifikasi masalah-masalah yang terdapat pada proses pembelajaran yang akan menjadi dasar untuk merancang produk yang akan dikembangkan, dan merumuskan apa saja yang menjadi ruang lingkup dalam pengembangan e-modul praktikum. Tahap pendefinisian diawali dengan menganalisis kebutuhan yakni melakukan wawancara dengan seorang guru kimia di SMA Negeri 1 Gerung. Kemudian dilanjutkan dengan pemilihan dan penentuan media yang akan digunakan dalam e-modul praktikum yang akan dikembangkan, menentukan isi serta urutan materi yang akan disajikan pada e-modul praktikum.

Tahap perancangan produk (*design*) adalah tahap menyusun rancangan awal e-modul praktikum dengan mempertimbangkan hasil dari tahap pendefinisian. Tahap perancangan terdiri dari menentukan format dan menyusun rancangan awal dari e-modul praktikum. Sehingga pada tahap perancangan dihasilkan rancangan awal e-modul (*prototype 1*).

Tahap pengembangan (*develop*) adalah tahap mengembangkan e-modul *prototype 1* yang telah dirancang pada tahap perancangan. Langkah-langkah yang ditempuh dalam tahap pengembangan yaitu menyusun e-modul awal, menelaah e-modul *prototype 1*, melakukan validasi ahli terhadap e-modul *prototype 1*, melakukan uji coba terbatas (uji kepraktisan) dan merevisi produk berdasarkan hasil uji coba terbatas sehingga dihasilkan e-modul *prototype 2*. Pada tahap terakhir dilakukan uji keefektifan untuk mengetahui efektivitas e-modul praktikum yang dikembangkan (Herawati dan Muhtadi, 2018).

Tahap penyebaran (*disseminate*) dilakukan dengan menyebarkan e-modul praktikum yang telah dikembangkan yakni dengan memberikan e-modul praktikum yang telah terkategori valid, praktis dan efektif kepada guru kimia dan peserta didik melalui penyebaran *link* yang dapat diakses untuk mengunduh e-modul praktikum. Selain itu, tahap penyebaran juga dilakukan dengan cara membuat artikel hasil penelitian yang kemudian dipublikasikan sebagai jurnal.

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 1 Gerung pada bulan September 2022 semester ganjil tahun ajaran 2022/2023. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI di SMA Negeri 1 Gerung yang berjumlah 263 orang. Data populasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Populasi Penelitian

Kelas	Jumlah Siswa
XI MIPA 1	33
XI MIPA 2	32
XI MIPA 3	33
XI MIPA 4	33
XI MIPA 5	33
XI MIPA 6	33
XI MIPA 7	33
Total	263

Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *proportional sampling* dan untuk menghitung sampel digunakan rumus Slovin.

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2}$$

(Nalendra, dkk., 2021)

n adalah jumlah sampel; N adalah jumlah populasi; dan e adalah tingkat kesalahan sampel. Berdasarkan hasil perhitungan sampel menggunakan nilai $e = 20\%$, diperoleh jumlah sampel penelitian sebanyak 24 orang siswa untuk uji coba terbatas. Sedangkan untuk uji validitas empiris instrumen tes hasil belajar digunakan sampel sebanyak 30 orang siswa yang telah mendapatkan materi laju reaksi. Jumlah responden sebanyak 30 orang dianggap sudah memenuhi persyaratan uji coba instrumen (Sugiyono, 2015).

Instrumen pada penelitian ini terdiri dari lembar validasi e-modul, angket kepraktisan e-modul, tes hasil belajar siswa dan lembar validasi tes hasil belajar siswa. Lembar validasi e-modul digunakan untuk menentukan validitas e-modul praktikum yang dikembangkan. Aspek yang dinilai dalam validasi e-modul praktikum diantaranya: (1) aspek kegrafikan, (2) aspek penyajian, (3) aspek kelayakan isi, dan (4) aspek kebahasaan. Setiap aspek dinilai menggunakan skala *Likert* dengan empat kategori penilaian.

Tabel 2. Kategori Nilai Validasi E-Modul

Kriteria Penilaian	Skor
Sangat sesuai	4
Sesuai	3
Cukup sesuai	2
Kurang sesuai	1

(Sugiyono, 2015)

Data hasil validasi e-modul dianalisis menggunakan rumus Aiken's V.

$$V = \frac{\Sigma(r-lo)}{n(c-1)}$$

(Pratiwi, dkk., 2020)

V adalah indeks kesepakatan ahli; s adalah skor penilaian ahli dikurang skor penilaian terendah; c adalah angka penilaian validitas tertinggi; dan n adalah jumlah validator ahli. Hasil skor validitas kemudian dicocokkan dengan kategori kevalidan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kategori Hasil Validasi Ahli

Harga V	Keterangan
0,00 – 0,44	Kurang valid
0,45 – 0,71	Cukup valid
0,72 – 0,82	Valid
0,83 – 1,00	Sangat valid

(Pratiwi, dkk., 2020)

Selanjutnya dilakukan analisis reliabilitas menggunakan rumus *percentage of agreement*

untuk mengetahui tingkat kesepahaman validator.

$$\text{Percentage of Agreement} = \left[1 - \frac{A-B}{A+B}\right] \times 100\%$$

(Trianto, 2010)

A adalah hasil penilaian validator yang memberikan nilai lebih tinggi; dan B adalah hasil penilaian validator yang memberikan nilai lebih rendah. Instrumen dapat dikatakan baik apabila mempunyai indeks kesepahaman sama dengan atau lebih besar dari 0,75 atau 75%.

Tingkat kepraktisan e-modul praktikum ditentukan dengan menggunakan angket kepraktisan e-modul. Penilaian kepraktisan e-modul praktikum menggunakan skala *Likert* dengan empat kategori penilaian, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Untuk menganalisis data kepraktisan digunakan rumus berikut:

$$\text{Kepraktisan (P)} = \frac{f}{N} \times 100\%$$

(Zakirman dan Hidayati, 2017)

f adalah perolehan skor; dan N adalah skor maksimum. Setelah diperoleh skor kepraktisan selanjutnya dicocokkan dengan kategori kepraktisan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kategori Kepraktisan E-Modul

Nilai	Kategori
80% < P ≤ 100%	Sangat praktis
60% < P ≤ 80%	Praktis
40% < P ≤ 60%	Cukup praktis
20% < P ≤ 40%	Kurang praktis
0% < P ≤ 20%	Tidak praktis

(Pratiwi, dkk., 2020)

Instrumen tes hasil belajar siswa digunakan untuk menentukan efektivitas e-modul. Tes hasil belajar siswa terdiri dari soal *pre-test* dan *post-test*. Data keefektifan e-modul praktikum dianalisis dengan menggunakan nilai gain ternormalisasi.

$$(g) = \frac{Sf - Si}{100 - Si}$$

(Hake, 1999)

(g) adalah nilai gain; Si adalah nilai *pre-test*; Sf adalah nilai *post-test*. Setelah diperoleh nilai gain selanjutnya dicocokkan dengan kategori keefektifan pada Tabel 5.

Tabel 5. Interpretasi Gain Ternormalisasi

Nilai Gain Ternormalisasi (g)	Interpretasi
(g) ≥ 0,7	Tinggi
0,7 > (g) ≥ 0,3	Sedang
(g) < 0,3	Rendah

(Hake, 1999)

Adapun kategori tafsiran efektivitas berdasarkan nilai N-Gain dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Gain score} = \frac{(\% \text{ skor rerata } \textit{post-test} - \% \text{ skor rerata } \textit{pre-test})}{(100\% - \% \text{ skor rerata } \textit{pre-test})}$$

Setelah memperoleh nilai gain dalam bentuk persen (%) selanjutnya dicocokkan dengan kategori tafsiran efektivitas N-Gain pada Tabel 6.

Tabel 6. Kategori Efektivitas N-Gain

Persentase	Kategori
< 40%	Tidak efektif
40% - 55%	Kurang efektif
56% - 75%	Cukup efektif
> 75%	Sangat efektif

(Hake, 1999)

Instrumen tes hasil belajar siswa harus melalui tahap validasi terlebih dahulu sebelum digunakan dalam penelitian. Lembar validasi tes hasil belajar siswa digunakan untuk menentukan validitas instrumen tes hasil belajar siswa. Tahap validasi tes hasil belajar siswa terdiri dari validitas isi dan validitas empiris. Pada validitas isi dilakukan penilaian instrumen tes hasil belajar siswa oleh validator ahli. Penilaian validitas isi dari tes hasil belajar siswa skala *Likert* dengan empat kategori penilaian, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Sedangkan pada validitas empiris dilakukan uji coba tes hasil belajar siswa kepada 30 siswa yang telah mendapatkan materi laju reaksi. Analisis validitas empiris terdiri dari analisis validitas butir soal dan analisis reliabilitas butir soal. Rumus *product moment* digunakan untuk menganalisis validitas butir soal.

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

(Arikunto, 2010)

r_{xy} adalah koefisien korelasi; N adalah banyaknya peserta tes; X adalah nilai variabel X (skor item); dan Y adalah nilai variabel Y (skor total). Jika nilai r hitung > r tabel pada taraf signifikan 5% maka dapat dikatakan butir soal tes hasil belajar yang digunakan valid. Selanjutnya dilakukan

analisis reliabilitas butir soal menggunakan rumus Cronbach Alpha.

$$r_{11} = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\Sigma \sigma_b^2}{\sigma_t^2} \right)$$

(Arikunto, 2010)

r_{11} adalah reliabilitas soal; k adalah banyaknya butir soal; $\Sigma \sigma_b^2$ adalah jumlah varians butir; σ_t^2 adalah varians total. Hasil analisis reliabilitas kemudian dicocokkan dengan kriteria keefektifan.

Tabel 7. Kriteria Reliabilitas Tes Hasil Belajar Siswa

Nilai Koefisien Korelasi	Kriteria
$0,80 < r_{11} < 1,00$	Sangat tinggi
$0,60 < r_{11} < 0,80$	Tinggi
$0,40 < r_{11} < 0,60$	Sedang
$0,20 < r_{11} < 0,40$	Rendah
$0,00 < r_{11} < 0,20$	Sangat rendah

(Arikunto, 2010)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pendefinisian dilakukan dengan menganalisis kebutuhan yakni melakukan wawancara dengan seorang guru kimia di SMA Negeri 1 Gerung. Berdasarkan hasil wawancara dapat disimpulkan bahwa perlu adanya pengembangan modul (buku petunjuk) praktikum kimia yang mengintegrasikan konsep *green chemistry* yang dapat menciptakan kegiatan praktikum ramah lingkungan, aman bagi siswa dan dapat menghemat waktu pembelajaran dengan konsep praktikum yang sederhana. Materi yang diangkat dalam e-modul praktikum adalah materi laju reaksi dengan kompetensi dasar 3.7 dan 4.7 yang terdapat pada silabus kimia Kurikulum 2013 (revisi 2016). Penyusunan e-modul disesuaikan dengan kebutuhan siswa untuk mencapai kompetensi dasar, indikator pencapaian kompetensi dan tujuan pembelajaran yang diharapkan sesuai dengan tuntutan kurikulum (Anisa, 2018).

Modul praktikum yang sering digunakan pada umumnya adalah modul dalam bentuk cetak, sangat jarang ditemukan modul dalam bentuk elektronik, padahal pembelajaran saat ini menuntut guru untuk melibatkan teknologi dalam pembelajaran. Sehingga modul praktikum yang dikembangkan pada penelitian ini berbentuk modul elektronik (e-modul) berbentuk aplikasi yang dapat diinstal dan diakses melalui perangkat Android/iOS. E-modul yang dikembangkan adalah e-modul praktikum kimia berbasis *green chemistry*, maka bahan kimia berbahaya dan

beracun yang digunakan pada praktikum konvensional diganti dengan menggunakan bahan praktikum yang ramah lingkungan seperti asam cuka, soda kue, tablet vitamin C, dan sebagainya.

Pada tahap perancangan, e-modul praktikum disusun dengan mengikuti rancangan format e-modul yang terdiri dari: 1) halaman sampul, 2) kata pengantar, 3) daftar isi, 4) petunjuk penggunaan e-modul, 5) tata tertib laboratorium, 6) kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran, 7) pengenalan alat laboratorium, 8) *green chemistry*, 9) laju reaksi, 10) praktikum pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi, 11) praktikum pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi, 12) praktikum pengaruh suhu terhadap laju reaksi, 13) format laporan, 14) latihan soal, 15) pembahasan soal, dan 16) daftar pustaka. Penyusunan e-modul praktikum terdiri dari halaman sampul dan isi e-modul. Isi e-modul praktikum dirancang untuk menuntun dan mempermudah siswa dalam memahami materi secara teoritis maupun secara prosedural dengan tampilan yang menarik agar menambah minat siswa dalam belajar. Instruksi dan informasi yang disajikan harus mampu membantu siswa untuk memahami isi dari e-modul praktikum (Anonim, 2008). Pada tahap ini dihasilkan rancangan awal e-modul *prototype 1*.

Selanjutnya dilakukan validasi terhadap e-modul *prototype 1*. Hasil validasi ahli terhadap e-modul menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan terkategori sangat valid. Hasil penilaian setiap aspek e-modul yaitu; 1) kegrafikan = 0,91 (sangat valid), 2) penyajian = 0,89 (sangat valid), 3) kelayakan isi = 0,86 (sangat valid) dan 4) kebahasaan = 0,94 (sangat valid). Diperoleh rata-rata kevalidan pada seluruh aspek yaitu 0,9 dengan kategori sangat valid. Pada hasil analisis reliabilitas diperoleh nilai reliabilitas setiap komponen berturut-turut yaitu 96%, 93%, 99% dan 97% dengan kategori sangat reliabel karena diperoleh indeks kesepahaman sama dengan atau lebih besar dari 75%.

Berdasarkan hasil uji validitas, e-modul praktikum yang dikembangkan dapat dinyatakan sangat valid dan reliabel. Pada uji validitas e-modul, validator memberikan beberapa saran yang digunakan sebagai pedoman perbaikan e-modul sehingga dihasilkan e-modul *prototype 2*.

Selanjutnya dilakukan uji coba terbatas e-modul *prototype 2* pada 24 orang siswa untuk menentukan kepraktisan e-modul praktikum yang dikembangkan. Hasil penilaian kepraktisan setiap komponen yaitu; 1) kemenarikan e-modul = 91%

(sangat praktis), 2) kemudahan penggunaan e-modul = 92% (sangat praktis), 3) waktu pelaksanaan e-modul = 90% (sangat praktis) dan 4) manfaat e-modul = 91% (sangat praktis). Diperoleh rata-rata kepraktisan pada seluruh aspek yaitu 91% dengan kategori sangat praktis. Sehingga e-modul praktikum yang dikembangkan dapat dinyatakan sangat praktis digunakan dalam pembelajaran kimia.

Selanjutnya dilakukan uji keefektifan e-modul dengan instrumen tes hasil belajar siswa. Instrumen tes hasil belajar siswa harus melalui tahap validasi isi dan validasi empiris sebelum digunakan dalam penelitian. Hasil penilaian validitas isi pada setiap komponen yaitu; 1) materi/isi = 0,89 (sangat valid), 2) konstruk = 0,85 (sangat valid), dan 3) kebahasaan = 0,85 (sangat valid). Diperoleh rata-rata validitas isi pada seluruh aspek yaitu 0,86 dengan kategori sangat valid. Dapat disimpulkan bahwa tes hasil belajar siswa dapat dinyatakan sangat valid digunakan dalam penelitian. Pada uji validitas isi, validator memberikan beberapa saran yang digunakan sebagai pedoman perbaikan instrumen tes hasil belajar siswa.

Pada hasil uji validitas empiris diperoleh nilai validitas butir soal secara berturut-turut yaitu 0,768; 0,365; 0,467; 0,655 dan 0,589. Nilai r tabel dengan taraf signifikan 5% dan $df = 30$ adalah 0,361. Lima butir soal tes hasil belajar siswa dinyatakan valid jika hasil validitas tiap butir (r hitung) lebih besar dari nilai r tabel. Menurut Arikunto (2010), nilai r_{11} untuk butir hasil belajar siswa adalah 0,545 termasuk dalam kategori relatif tinggi berdasarkan perhitungan reliabilitas. Artinya tes hasil belajar siswa cukup reliabel dan dapat digunakan untuk penelitian. Dapat disimpulkan bahwa instrumen tes hasil belajar siswa dinyatakan valid, reliabel dan dapat digunakan dalam penelitian.

Keefektifan e-modul yang dikembangkan ditunjukkan oleh perbandingan nilai tes hasil belajar siswa (*pre-test* dan *post-test*) dan perolehan skor *N-Gain*. Nilai rata-rata hasil *pre-test* pada uji keefektifan adalah 44 dan nilai rata-rata hasil *post-test* adalah 80. Tes hasil belajar siswa menunjukkan bahwa kemampuan kognitif siswa meningkat setelah praktikum menggunakan e-modul praktikum yang dikembangkan, hal ini dibuktikan dengan terjadinya peningkatan hasil belajar. Berdasarkan hasil analisis nilai *pre-test* dan *post-test*, diperoleh nilai *N-Gain* sebesar 0,71. Menurut Hake (1999), perolehan *N-Gain* sebesar 0,71 terkategori tinggi. Nilai *N-Gain* dalam bentuk

persen diperoleh sebesar 71% yang menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan cukup efektif untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik. Kegiatan praktikum memiliki banyak manfaat untuk siswa dalam pembelajaran, salah satunya adalah dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik. Hal ini dikarenakan kegiatan praktikum dapat memudahkan siswa dalam memahami materi dan memperkuat daya ingat siswa terhadap materi (Anggraini, 2022). Dapat disimpulkan bahwa e-modul praktikum kimia berbasis *green chemistry* pada materi laju reaksi dapat dinyatakan sangat efektif untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik.

SIMPULAN

Praktikum kimia adalah bagian penting yang tidak dapat dipisahkan dalam pembelajaran kimia. Namun kegiatan praktikum pada umumnya masih menggunakan metode praktikum kimia konvensional yang memiliki dampak buruk bagi lingkungan dan keselamatan kerja guru dan peserta didik. Salah satu konsep yang dapat mengatasi masalah tersebut adalah dengan mengintegrasikan prinsip *green chemistry* pada praktikum kimia. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengembangan e-modul praktikum berbasis *green chemistry* sangat diperlukan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa e-modul praktikum kimia berbasis *green chemistry* pada materi laju reaksi yang dikembangkan telah dinyatakan valid, praktis dan efektif untuk digunakan dalam pembelajaran kimia.

E-modul praktikum kimia berbasis *green chemistry* yang dikembangkan dibatasi hanya untuk materi laju reaksi yang berkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi saja. Oleh karena itu, diharapkan peneliti selanjutnya dapat mengembangkan e-modul praktikum kimia berbasis *green chemistry* pada materi kimia yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, T., Nurhamidah, & Rohiat, S. (2022). Analisis Hubungan Pelaksanaan Praktikum terhadap Hasil Belajar Kimia Siswa SMA Negeri di Kota Bengkulu. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*, 6(1), 28-34.
- Anisa, R., Bachtiar, R. W., & Supriadi, B. (2018). Pengembangan Modul Pembelajaran. *Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 1(5), 224-236.

- Anonim. (2008). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Arikunto, S. (2010). *Metode Penelitian: Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Hake, R. (1999). *Analizing Change/Gain Score*. Indiana University.
- Herawati, N. S., & Muhtadi, A. (2018). Pengembangan modul elektronik (e-modul) interaktif pada mata pelajaran Kimia kelas XI SMA. *Jurnal inovasi teknologi pendidikan*, 5(2), 180-191.
- Mudhakiyah, Z., Wijayati, N., Haryani, S., & Nurhayati, S. (2022). Pengembangan instrumen penilaian aspek psikomotorik peserta didik pada praktikum pembelajaran kimia materi laju reaksi. *Chemistry in Education*, 11(2), 166-172.
doi.org/10.15294/chemined.v11i2.56309
- Nalendra, A. R. A., Rosalinah, Y., Priadi, A., Subroto, I., Rahyuningsih, R., Lestari, R., Kusmandri, S., Yuliasari, R., Astuti, D., Latumahina, J., Purnomo, M. W., & Zede, V. A. (2021). *Statistika Seri Dasar dengan SPSS*. Bandung: Media Sains Indonesia.
- Paristiowati, M., Zulmanelis., & Nurhadi, M. F. (2019). Green Chemistry-Based Experiments as the Implementation of Sustainable Development Values. *Jurnal Tadris Kimia*, 2(1), 11-20.
- Prabawati, S. Y., & Wijayanto, A. (2015). Penerapan *Green Chemistry* dalam Praktikum Kimia Organik (Materi Reaksi Nitration pada Benzena). *Jurnal Sains*, 3(1), 1-8.
- Pratiwi, S., Wiyono, K., & Zulherman. (2020). Pengembangan E-Learning Materi Hukum Newton untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(2), 172-185.
- Purnama, S. (2013). Metode Penelitian dan Pengembangan (Pengenalan untuk Mengembangkan Produk Pembelajaran Bahasa Arab). *Jurnal LITERASI*, 4(1), 19-32.
- Putri, A. C. (2019). Pengaplikasian Prinsip-prinsip *Green Chemistry* dalam Pelaksanaan Pembelajaran Kimia sebagai Pendekatan untuk Pencegahan Pencemaran Akibat Bahan-bahan Kimia dalam Kegiatan Praktikum di Laboratorium. *Journal of Creativity Student*, 2(2), 67-73.
- Rizkiana, F., Apriani, H., & Khairunnisa, Y. (2020). Pengembangan Buku Petunjuk Praktikum Kimia Berbasis *Green Chemistry* untuk Siswa SMA Kelas XI Semester 2. *Jurnal Lantanida*, 8(1), 73-82.
- Sardi, A. (2018). GHS: Keselamatan Berbicara Melalui Simbol. *Jurnal Bioscience*, 2(1), 1-10.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D)*. Bandung: Penerbit ALFABETA.
- Thiagarajan, S., Dorothy, S., Semmel., & Melvyn, I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children a Sourcebook*. Indiana: Indiana University Bloomington.
- Trianto. (2010). *Mengembangkan Model Pembelajaran Tematik*. Jakarta: PT Prestasi Putrakarya
- Wulansari, E. W., Kantun, S., & Suharso, P. (2018). Pengembangan E-Modul Pembelajaran Ekonomi Materi Pasar Modal untuk Siswa Kelas XI IPS MAN 1 Jember Tahun Ajaran 2016/2017. *Jurnal Pendidikan Ekonomi*, 12(1), 1-7.
- Zakirman, & Hidayati. (2017). Praktikalitas Media Video dan Animasi dalam Pembelajaran Fisika di SMP. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(1), 85-93.