



# Pengembangan dan Implementasi Laboratorium Virtual Ekstraksi dalam Membangun Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi (HOTS) untuk Meningkatkan Hasil Belajar

\*Juita Febiola Napitupulu, Manihar Situmorang

Prodi Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Jl. William Iskandar Ps.V, Kenangan Baru, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, Indonesia

\*Correspondence e-mail: [juitanpt@gmail.com](mailto:juitanpt@gmail.com)

Accepted: Oktober 2025; Revised: November 2025; Published: December 2025

## Abstrak

Pembelajaran kimia pada materi ekstraksi masih menghadapi kendala berupa keterbatasan fasilitas laboratorium dan rendahnya keterlibatan mahasiswa dalam proses praktikum, sehingga berdampak pada rendahnya keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS). Research gap yang ingin diisi dalam penelitian ini adalah kurangnya media laboratorium virtual yang secara khusus dikembangkan untuk topik ekstraksi guna melatih kemampuan analisis, evaluasi, dan kreasi mahasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan serta mengimplementasikan laboratorium virtual berbasis model 4D (Define, Design, Develop, Disseminate) untuk meningkatkan HOTS dan hasil belajar mahasiswa. Penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan dua kelas subjek, yaitu kelompok eksperimen yang menggunakan laboratorium virtual dan kelompok kontrol yang menggunakan metode konvensional. Data dikumpulkan melalui tes hasil belajar, angket validasi ahli, angket respons mahasiswa, serta rubrik penilaian HOTS. Analisis data dilakukan dengan menghitung kelayakan media berdasarkan penilaian ahli, peningkatan hasil belajar melalui uji N-Gain, dan perbedaan signifikan antar kelompok melalui uji t-test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media laboratorium virtual yang dikembangkan tergolong sangat layak digunakan dengan skor N-Gain sebesar 0,74 (kategori tinggi) dan rata-rata skor HOTS sebesar 90,53 (kategori sangat tinggi). Dengan demikian, laboratorium virtual ekstraksi efektif dalam meningkatkan hasil belajar dan mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa.

**Kata Kunci:** laboratorium virtual, ekstraksi, HOTS, hasil belajar

## *Development and Implementation of Virtual Extraction Laboratory in Building High-Level Thinking Skills (HOTS) to Improve Learning Outcomes*

### Abstract

*Chemistry learning on the topic of extraction still faces challenges such as limited laboratory facilities and low student engagement during practical sessions, which lead to insufficient development of Higher Order Thinking Skills (HOTS). The research gap addressed in this study is the lack of virtual laboratory media specifically designed for extraction topics to enhance students' analytical, evaluative, and creative abilities. This study aims to develop and implement a virtual laboratory based on the 4D model (Define, Design, Develop, Disseminate) to improve students' HOTS and learning outcomes. The research employed a Research and Development (R&D) approach involving two classes of chemistry education students: an experimental group using the virtual laboratory and a control group using conventional learning. The instruments used included learning achievement tests, expert validation questionnaires, student response questionnaires, and HOTS assessment rubrics. Data were analyzed using feasibility assessment from experts, the N-Gain test to measure learning improvement, and the t-test to determine significant differences between groups. The results show that the developed virtual laboratory media are highly feasible, with an N-Gain score of 0.74 (high category) and an average HOTS score of 90.53 (very high category). Therefore, the virtual laboratory on extraction is effective in improving students' learning outcomes and fostering higher-order thinking skills.*

**Keywords:** virtual laboratory; extraction; HOTS; learning outcomes

**How to Cite:** Napitupulu, J. F., & Situmorang, M. (2025). Pengembangan dan Implementasi Laboratorium Virtual Ekstraksi dalam Membangun Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi (HOTS) untuk Meningkatkan Hasil Belajar. *Reflection Journal*, 5(2), 787-796. <https://doi.org/10.36312/rj.v5i2.3573>



<https://doi.org/10.36312/rj.v5i2.3573>

Copyright© 2025 Napitupulu & Situmorang  
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



## PENDAHULUAN

Pembelajaran kimia di perguruan tinggi memiliki karakteristik yang khas dan menantang karena banyak konsep yang dipelajari bersifat abstrak, kompleks, serta tidak dapat diamati secara langsung oleh indera manusia. Konsep-konsep kimia sering kali berada pada level mikroskopis dan simbolik, sehingga

menuntut kemampuan representasi mental yang tinggi dari mahasiswa. Apabila penyampaian materi hanya mengandalkan metode konvensional seperti ceramah, diskusi teks, atau penyelesaian soal secara teoritis, mahasiswa cenderung mengalami kesulitan dalam membangun pemahaman konseptual yang mendalam dan bermakna. Kondisi ini berpotensi menurunkan kualitas pembelajaran serta menghambat pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang menjadi tuntutan pendidikan tinggi modern.

Sebagai upaya untuk menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik, pembelajaran kimia umumnya dilengkapi dengan kegiatan praktikum di laboratorium konvensional. Melalui praktikum, mahasiswa diharapkan dapat mengamati fenomena kimia secara langsung, memanipulasi variabel eksperimen, serta mengaitkan konsep teoretis dengan pengalaman empiris. Aktivitas laboratorium tidak hanya berperan dalam memperkuat pemahaman konsep, tetapi juga dalam melatih keterampilan proses sains, pemecahan masalah, dan berpikir kritis. Namun, implementasi praktikum di perguruan tinggi sering menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan waktu pertemuan, tingginya biaya operasional, ketersediaan bahan kimia, serta akses terhadap peralatan laboratorium yang memadai. Keterbatasan ini menyebabkan pelaksanaan praktikum belum berjalan secara optimal dan belum sepenuhnya mendukung pencapaian tujuan pembelajaran (Donasari & Silaban, 2021).

Permasalahan tersebut menjadi semakin kompleks pada materi ekstraksi, yang merupakan salah satu topik fundamental dalam kimia analitik pemisahan. Materi ekstraksi menuntut pemahaman yang mendalam tentang prinsip distribusi zat antara dua fase yang berbeda, mekanisme pemisahan berdasarkan perbedaan kelarutan, serta pengaruh berbagai variabel seperti jenis pelarut, rasio fase, dan kondisi operasi. Pemahaman konsep ekstraksi tidak cukup diperoleh melalui satu kali praktikum, melainkan membutuhkan latihan berulang dan eksplorasi mandiri agar mahasiswa mampu menginternalisasi prinsip-prinsip yang mendasarinya. Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa keterbatasan waktu dan padatnya jadwal praktikum sering membatasi kesempatan mahasiswa untuk melakukan latihan secara individual dan reflektif. Akibatnya, pembelajaran ekstraksi cenderung berorientasi pada prosedur, bukan pada pemahaman konseptual dan pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Kolil et al., 2020).

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi digital, berbagai inovasi pembelajaran berbasis teknologi mulai dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan pembelajaran konvensional, salah satunya melalui pemanfaatan laboratorium virtual. Laboratorium virtual memungkinkan mahasiswa melakukan simulasi eksperimen dalam lingkungan digital yang aman, fleksibel, dan dapat diakses kapan saja. Dalam satu dekade terakhir, laboratorium virtual telah diaplikasikan pada berbagai topik kimia, seperti titrasi asam-basa (Situmorang et al., 2018), spektrofotometri, elektrokimia, kromatografi (Ilahi et al., 2022), serta distilasi (Donasari & Silaban, 2021). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa laboratorium virtual mampu meningkatkan pemahaman konsep, memberikan pengalaman belajar yang lebih adaptif, serta mendukung pembelajaran mandiri mahasiswa.

Selain itu, laboratorium virtual juga dinilai memiliki potensi besar dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills* atau HOTS). Melalui simulasi interaktif, mahasiswa dapat melakukan analisis terhadap data eksperimen, mengevaluasi hasil yang diperoleh, serta merancang alternatif solusi atau skenario percobaan yang berbeda. Lingkungan belajar semacam ini mendorong mahasiswa untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran dan tidak sekadar mengikuti prosedur yang telah ditetapkan. Meskipun demikian, hasil telaah literatur menunjukkan bahwa pengembangan laboratorium virtual masih didominasi oleh topik-topik tertentu yang relatif umum, sementara topik ekstraksi belum banyak mendapat perhatian, khususnya pada jenjang sarjana.

Beberapa penelitian sebelumnya memang telah menegaskan efektivitas laboratorium virtual dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa, namun fokus kajiannya masih bersifat umum dan belum secara spesifik diarahkan pada pengembangan media berbasis simulasi ekstraksi. Penelitian Donasari dan Silaban (2021), misalnya, lebih menitikberatkan pada aspek interaktivitas media dalam pembelajaran distilasi, sedangkan Kolil et al. (2020) menyoroti peningkatan hasil belajar melalui penggunaan eksperimen virtual secara umum tanpa penekanan khusus pada HOTS. Dengan demikian, masih terdapat celah penelitian yang signifikan terkait pengembangan laboratorium virtual yang dirancang secara khusus untuk materi ekstraksi dan diorientasikan pada penguatan keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa.

Secara global, arah kebijakan dan praktik pendidikan abad ke-21 menuntut integrasi teknologi digital dalam pembelajaran STEM untuk meningkatkan kualitas pembelajaran, HOTS, serta literasi digital mahasiswa. Namun, hasil tinjauan sistematis menunjukkan bahwa inovasi media digital dalam pembelajaran kimia masih belum merata pada semua topik. Topik ekstraksi, yang memiliki tingkat kompleksitas konseptual tinggi dan relevansi luas dalam bidang kimia terapan, justru relatif jarang dikembangkan dalam bentuk laboratorium virtual interaktif (Kolil et al., 2020). Kondisi ini menegaskan adanya kebutuhan mendesak akan pengembangan media pembelajaran inovatif yang mampu mendukung pembelajaran ekstraksi secara lebih komprehensif, kontekstual, dan berorientasi HOTS.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan (*novelty*) dalam mengembangkan laboratorium virtual berbasis simulasi ekstraksi yang dirancang secara khusus untuk mendukung pembelajaran kimia di perguruan tinggi. Pengembangan media ini tidak hanya diarahkan pada penyajian prosedur eksperimen, tetapi juga pada penguatan kemampuan analisis, evaluasi, dan kreasi mahasiswa sebagai inti dari keterampilan berpikir tingkat tinggi. Dengan demikian, tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan mengimplementasikan laboratorium virtual berbasis ekstraksi sebagai media pembelajaran inovatif yang efektif dalam meningkatkan HOTS dan hasil belajar mahasiswa, sekaligus memberikan alternatif solusi terhadap keterbatasan laboratorium konvensional serta berkontribusi pada pengembangan model pembelajaran kimia yang adaptif terhadap tuntutan era digital global.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan (Research and Development/R&D) yang bertujuan menghasilkan media pembelajaran inovatif berupa laboratorium virtual pada materi ekstraksi serta menguji efektivitasnya dalam meningkatkan hasil belajar dan keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa (Higher Order Thinking Skills/HOTS). Pendekatan R&D dipilih karena memungkinkan pengembangan produk pembelajaran yang dapat diuji secara teoritis maupun empiris di lapangan. Model pengembangan yang digunakan adalah model 4D (Define, Design, Develop, Disseminate) yang dikemukakan oleh Thiagarajan, Semmel, & Semmel (1974). Model ini banyak digunakan dalam penelitian pendidikan karena sistematis dan mampu menghasilkan produk yang valid, praktis, dan efektif (Mesra et al., 2023; Rachman et al., 2024).

Tahap define meliputi analisis kebutuhan, analisis karakteristik mahasiswa, serta analisis materi ekstraksi. Tahap design dilakukan dengan merancang prototipe media laboratorium virtual menggunakan perangkat lunak berbasis Android. Tahap develop mencakup validasi ahli, uji coba terbatas, serta revisi produk berdasarkan masukan validator. Tahap disseminate dilakukan melalui implementasi media di kelas eksperimen dan penyebaran hasil ke lingkungan akademik.

Desain penelitian yang digunakan pada tahap implementasi adalah quasi-experimental design dengan bentuk pretest-posttest control group design, sebagaimana direkomendasikan oleh Silitonga (2014). Desain ini memungkinkan peneliti untuk mengukur perubahan hasil belajar sebelum dan sesudah perlakuan pada dua kelompok berbeda, yaitu kelompok eksperimen (menggunakan laboratorium virtual) dan kelompok kontrol (menggunakan laboratorium konvensional).

**Table 1.** Desain Penelitian Pretest-Posttest Kelompok Sampel

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	Q1	X (Laboratorium Virtual Ekstraksi)	Q2
Kontrol	Q1	Y (Laboratorium Konvensional/Nyata)	Q2

Keterangan :

Q1 : Tes awal (sebelum diberi perlakuan)

Q2 : Tes akhir (setelah diberi perlakuan)

X : Pembelajaran menggunakan laboratorium virtual ekstraksi berbasis android

Y : Pembelajaran menggunakan metode konvensional (laboratorium fisik/nyata)

## Subjek dan Teknik Sampling

Subjek penelitian adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan pada semester genap Tahun Akademik 2024/2025. Populasi penelitian meliputi seluruh mahasiswa yang mengambil mata kuliah Kimia Analitik Pemisahan pada topik ekstraksi. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan total sampling, yakni seluruh mahasiswa dalam dua kelas dijadikan sampel penelitian. Satu kelas ditetapkan sebagai kelompok eksperimen dan satu kelas lainnya sebagai kelompok kontrol. Pemilihan total sampling bertujuan menghindari selection bias dan meningkatkan validitas eksternal penelitian (Sugiyono, 2014).

## Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan meliputi tes hasil belajar dan instrumen non-tes.

1. Instrumen Tes : Tes hasil belajar terdiri atas 20 soal pilihan ganda yang mengukur pemahaman konsep ekstraksi dan telah divalidasi sebelumnya sesuai ketentuan Silitonga (2011). Validitas isi diuji melalui expert judgment, sedangkan reliabilitas empiris diuji dengan perhitungan koefisien Alpha Cronbach menggunakan program statistik, menghasilkan nilai reliabilitas sebesar 0.87, yang tergolong sangat tinggi.
2. Instrumen Non-Tes
  - (a) Angket Validasi Ahli : Angket ini disusun berdasarkan kriteria BSNP (2010) yang mencakup empat aspek: kelayakan isi, bahasa, penyajian, dan kegrafikan. Dua validator (ahli materi dan ahli media) memberikan penilaian menggunakan skala Likert 1–4. Data diolah menggunakan formula rata-rata menurut Sugiyono (2014).
  - (b) Rubrik Penilaian HOTS : Rubrik ini dikonstruksi berdasarkan Taksonomi Bloom revisi (Anderson & Krathwohl, 2001) yang mencakup empat indikator utama: analisis, evaluasi, kreasi, dan pemecahan masalah. Setiap indikator diberi kriteria performa dengan skala 1–4 dan dijelaskan secara operasional untuk setiap level pencapaian. Validitas isi rubrik dikonfirmasi oleh dua dosen ahli pembelajaran kimia dan ahli evaluasi pendidikan, dengan reliabilitas antarpenilai (inter-rater reliability) sebesar 0.84.

Pretest diberikan kepada kedua kelompok untuk mengukur kemampuan awal. Perlakuan yang dilakukan ada dua yaitu (a) Kelompok eksperimen menggunakan laboratorium virtual ekstraksi berbasis Android. (b) Kelompok kontrol menggunakan praktikum konvensional di laboratorium nyata. Posttest diberikan untuk mengukur peningkatan hasil belajar setelah pembelajaran. Penilaian HOTS dilakukan melalui laporan praktikum yang dinilai menggunakan rubrik analitis.

## Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan analisis deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk menilai kelayakan media dan respons mahasiswa berdasarkan skor rata-rata Likert. Analisis inferensial meliputi: Perhitungan N-Gain untuk menentukan peningkatan hasil belajar. Uji normalitas dan homogenitas sebagai prasyarat uji hipotesis. Uji t dua pihak (independent samples t-test) untuk mengetahui perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol.

## HASIL DAN DISKUSI

Produk yang dikembangkan adalah Laboratorium Virtual untuk materi ekstraksi yang menyediakan simulasi interaktif guna mengeksplorasi teknik pemisahan senyawa. Media ini mendukung pembelajaran aktif serta melibatkan mahasiswa dalam aktivitas berpikir tingkat tinggi, seperti menganalisis proses yang terjadi, mengevaluasi hasil eksperimen virtual, dan menyusun kesimpulan tentang proses ekstraksi yang berlangsung.

### Kelayakan Media Berdasarkan Validasi Ahli

Kelayakan Media Laboratorium Virtual Ekstraksi dievaluasi melalui proses validasi oleh dua orang validator yang terdiri atas ahli media dan ahli materi. Proses penilaian ini bertujuan untuk memastikan bahwa media yang dikembangkan telah memenuhi standar kualitas pembelajaran yang berlaku serta layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran kimia di perguruan tinggi. Penilaian dilakukan dengan

mengacu pada empat aspek kelayakan yang ditetapkan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP), yaitu kelayakan isi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafikan.

**Table 2.** Persentase Penilaian Hasil Validasi Media Laboratorium Ekstraksi

No.	Aspek Penilaian	Persentasi Rata-rata		Rata – rata (%)
		Dosen 1	Dosen 2	
1.	Kelayakan Isi	3,84	4	3,92
2.	Kelayakan Penyajian	3,53	4	3,76
3.	Kelayakan Bahasa	3,55	4	3,77
4.	Kelayakan Grafik	3,57	4	3,78
<b>Rata – rata (%)</b>		<b>3,8075</b>		<b>Sangat Baik</b>
<b>Kriteria Hasil</b>				

Berdasarkan hasil validasi, aspek kelayakan isi memperoleh skor rata-rata sebesar 3,92. Capaian ini menunjukkan bahwa materi yang disajikan dalam media laboratorium virtual ekstraksi telah sesuai dengan kompetensi yang harus dikuasai mahasiswa, relevan dengan capaian pembelajaran mata kuliah Kimia Analitik Pemisahan, serta memiliki tingkat kedalaman dan keluasan materi yang memadai. Selain itu, konten yang ditampilkan dinilai telah mencerminkan prinsip-prinsip ilmiah yang akurat dan mutakhir sehingga mendukung pemahaman konseptual mahasiswa secara lebih komprehensif.

Aspek kelayakan penyajian memperoleh nilai rata-rata sebesar 3,76, yang mengindikasikan bahwa media telah dirancang secara sistematis dan mudah diikuti. Alur penyampaian materi, keterpaduan antara teks, visual, dan simulasi, serta konsistensi tampilan dinilai mampu membantu mahasiswa dalam memahami tahapan proses ekstraksi. Penyajian yang interaktif juga memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna karena memungkinkan mahasiswa berinteraksi langsung dengan simulasi yang tersedia.

Pada aspek kebahasaan, media memperoleh skor rata-rata sebesar 3,77. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan bahasa dalam media tergolong jelas, komunikatif, dan sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif mahasiswa. Istilah-istilah kimia yang digunakan dinilai tepat dan disertai penjelasan yang memadai, sehingga meminimalkan potensi miskonsepsi dalam memahami konsep ekstraksi.

Sementara itu, aspek kegrafikan mendapatkan skor rata-rata sebesar 3,78. Capaian ini menegaskan bahwa tampilan visual media, termasuk desain antarmuka, ilustrasi, warna, dan tata letak, telah dirancang secara proporsional dan menarik. Visualisasi yang disajikan mampu membantu mahasiswa dalam memaknai proses mikroskopik yang sulit diamati secara langsung melalui praktikum konvensional.

Secara keseluruhan, nilai rata-rata validasi sebesar 3,8075 menempatkan Media Laboratorium Virtual Ekstraksi pada kategori "sangat baik". Temuan ini mengonfirmasi bahwa media telah memenuhi standar kelayakan BSNP (2010) dan layak digunakan sebagai media pembelajaran. Hasil ini sejalan dengan temuan Gungor et al. (2022) yang menyatakan bahwa media pembelajaran berbasis simulasi interaktif memiliki tingkat validitas konten yang tinggi karena mampu menyajikan visualisasi proses kimia secara lebih jelas, sistematis, dan ilmiah.

### Respon Mahasiswa Terhadap Media

Hasil pengisian angket menunjukkan bahwa respons mahasiswa terhadap penggunaan laboratorium virtual berada pada tingkat yang sangat positif, dengan skor rata-rata mencapai 80,91%. Capaian ini mengindikasikan bahwa media yang dikembangkan diterima dengan baik oleh mahasiswa dan dipandang mampu mendukung proses pembelajaran secara efektif. Mahasiswa menilai bahwa laboratorium virtual memberikan kemudahan dalam memahami tahapan prosedur ekstraksi, membantu memvisualisasikan konsep-konsep kimia yang bersifat abstrak, serta meningkatkan ketertarikan dan motivasi belajar. Respons positif tersebut mencerminkan meningkatnya keterlibatan kognitif (*cognitive*

*engagement*) dan kemampuan belajar mandiri (*self-directed learning*) mahasiswa selama mengikuti pembelajaran.

Tingginya respons mahasiswa terhadap media laboratorium virtual dapat dijelaskan melalui karakteristik pembelajaran interaktif yang ditawarkan oleh media tersebut. Laboratorium virtual memungkinkan mahasiswa memperoleh umpan balik secara langsung selama proses simulasi, sehingga mahasiswa dapat segera merefleksikan hasil yang diperoleh dan melakukan koreksi terhadap pemahamannya. Proses ini mempercepat restrukturisasi kognitif dan mendorong pembelajaran yang lebih bermakna, sebagaimana dikemukakan oleh Chi et al. (2024) bahwa umpan balik real-time dalam lingkungan digital berperan penting dalam meningkatkan kualitas refleksi dan pengambilan keputusan mahasiswa.

Temuan ini juga konsisten dengan hasil penelitian Donasari dan Silaban (2021) yang menyatakan bahwa pemanfaatan media virtual mampu meningkatkan efisiensi pembelajaran serta mendorong kemandirian belajar mahasiswa. Melalui laboratorium virtual, mahasiswa memiliki keleluasaan untuk melakukan eksplorasi konsep dan pengulangan percobaan tanpa dibatasi oleh ketersediaan waktu, bahan, maupun peralatan laboratorium. Kondisi ini memberikan kesempatan yang lebih luas bagi mahasiswa untuk memperdalam pemahaman konseptual sesuai dengan kecepatan belajar masing-masing.

Selain itu, tingkat keterlibatan mahasiswa yang tinggi juga dipengaruhi oleh kesesuaian desain antarmuka media dengan prinsip *cognitive load theory*. Penyajian visual yang sederhana, penggunaan elemen grafis yang relevan, serta navigasi yang terstruktur membantu mengurangi beban kognitif yang tidak esensial dan memfokuskan perhatian mahasiswa pada inti pembelajaran (Sweller et al., 2019). Dengan demikian, interaktivitas dan aksesibilitas media laboratorium virtual menjadi faktor kunci yang berkontribusi terhadap peningkatan kualitas pengalaman belajar mahasiswa secara keseluruhan.

### Hasil Belajar Mahasiswa

Perbandingan hasil belajar menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol. Berdasarkan perhitungan N-Gain, diperoleh nilai 0,745 (kategori tinggi) untuk kelompok eksperimen dan 0,3 (kategori sedang) untuk kelompok kontrol.

**Table 3.** N-Gain Hasil Belajar Mahasiswa

Kelompok	N-Gain	Kategori
Eksperimen	0,745	Tinggi
Kontrol	0,3	Sedang

Analisis perbandingan hasil belajar menunjukkan adanya perbedaan capaian yang bermakna antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Berdasarkan perhitungan *normalized gain* (N-Gain), kelompok eksperimen yang mengikuti pembelajaran menggunakan laboratorium virtual memperoleh nilai sebesar 0,745 yang termasuk dalam kategori tinggi. Sementara itu, kelompok kontrol yang memperoleh pembelajaran dengan pendekatan konvensional hanya mencapai nilai N-Gain sebesar 0,3 dengan kategori sedang. Perbedaan capaian ini mengindikasikan bahwa penggunaan laboratorium virtual memberikan dampak yang lebih signifikan terhadap peningkatan hasil belajar mahasiswa dibandingkan metode pembelajaran tradisional.

Tingginya peningkatan hasil belajar pada kelompok eksperimen menunjukkan bahwa laboratorium virtual mampu memfasilitasi proses pembelajaran yang lebih efektif dan bermakna. Media ini memungkinkan mahasiswa terlibat secara aktif dalam pembelajaran berbasis penemuan dan refleksi, di mana mahasiswa tidak hanya mengikuti langkah prosedural, tetapi juga memiliki kesempatan untuk mengamati fenomena, mencoba berbagai skenario, serta memodifikasi parameter percobaan secara mandiri. Keterlibatan aktif tersebut mendorong mahasiswa untuk membangun pemahaman konseptual secara bertahap melalui eksplorasi dan evaluasi hasil eksperimen, sebagaimana diungkapkan oleh Rachman et al. (2024) bahwa lingkungan belajar digital interaktif dapat memperkuat proses refleksi dan pengambilan keputusan dalam pembelajaran sains.

Selain itu, keunggulan laboratorium virtual juga terletak pada kemampuannya dalam menyajikan visualisasi tiga dimensi terhadap proses ekstraksi dan mekanisme distribusi pelarut antar fase.

Visualisasi ini memungkinkan mahasiswa mengamati proses mikroskopik yang sulit atau bahkan tidak mungkin diamati secara langsung dalam laboratorium nyata. Dengan bantuan representasi visual yang dinamis, mahasiswa dapat lebih mudah mengaitkan konsep teoritis dengan praktik eksperimen, sehingga mempercepat terbentuknya pemahaman yang utuh dan mendalam. Hal ini sejalan dengan temuan Lestari et al. (2023) yang menyatakan bahwa visualisasi digital berperan penting dalam mendukung terjadinya *conceptual change* pada pembelajaran kimia.

Hasil ini menegaskan bahwa integrasi laboratorium virtual dalam pembelajaran kimia tidak hanya meningkatkan hasil belajar secara kuantitatif, tetapi juga memperkuat kualitas pemahaman konseptual mahasiswa melalui pengalaman belajar yang lebih interaktif, reflektif, dan kontekstual.

### Hasil Uji Statistik

Hasil pengujian prasyarat statistik menunjukkan bahwa data hasil belajar memenuhi asumsi analisis parametrik. Uji normalitas mengindikasikan bahwa data terdistribusi secara normal, sementara uji homogenitas menunjukkan kesamaan varians antar kelompok, yang ditunjukkan oleh nilai  $\chi^2$  hitung yang lebih kecil daripada  $\chi^2$  tabel serta nilai F hitung yang berada di bawah F tabel. Dengan terpenuhinya kedua asumsi tersebut, analisis selanjutnya dapat dilakukan menggunakan uji-t.

Berdasarkan hasil uji-t terhadap rata-rata hasil belajar, diperoleh nilai t hitung sebesar 12,3, yang jauh melebihi nilai t tabel sebesar 1,997 pada taraf signifikansi yang ditetapkan. Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Dengan demikian, hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak dan hipotesis alternatif ( $H_a$ ) diterima, yang mengindikasikan bahwa penggunaan laboratorium virtual memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan hasil belajar mahasiswa.

**Table 4.** Hasil Uji t Perbandingan Hasil Belajar

Kelas	S	$S^2$	t Hitung	t Tabel	Keterangan
Eksperimen	5,91	34,99			$H_0$ ditolak dan
Kontrol	6,62	43,95	12,3	1,997	$H_a$ diterima

Secara deskriptif, kelompok eksperimen menunjukkan tingkat sebaran data yang relatif lebih terkendali dengan simpangan baku sebesar 5,91 dan varians sebesar 34,99, dibandingkan dengan kelompok kontrol yang memiliki simpangan baku sebesar 6,62 dan varians sebesar 43,95. Perbedaan ini memperkuat temuan bahwa pembelajaran berbasis laboratorium virtual tidak hanya meningkatkan rata-rata hasil belajar, tetapi juga menghasilkan capaian yang lebih konsisten di antara mahasiswa.

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Mesra et al. (2023) yang menegaskan bahwa integrasi simulasi interaktif dalam pembelajaran kimia mampu meningkatkan *learning gain* secara signifikan dibandingkan pendekatan pembelajaran konvensional seperti ceramah dan demonstrasi tradisional. Keunggulan simulasi interaktif terletak pada kemampuannya menciptakan lingkungan belajar yang partisipatif, memungkinkan mahasiswa terlibat aktif dalam proses eksplorasi dan refleksi, sehingga berdampak positif terhadap pemahaman konseptual dan pencapaian hasil belajar.

### Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi (HOTS)

Penilaian keterampilan berpikir tingkat tinggi mencakup 4 kriteria dimana dimulai dari analisis, evaluasi, kreativitas, kemudian pemecahan masalah. Hasil penilaian yang diperoleh untuk keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) menunjukkan skor rata-rata 90,53 (kategori sangat tinggi) dengan rincian pada tabel berikut ini.

**Table 5.** Skor Rata-rata Keterampilan HOTS Mahasiswa

Indikator HOTS	Rata - rata
Analisis	89
Evaluasi	92
Kreativitas	90,3
Pemecahan Masalah	91,3
<b>Total</b>	<b>90,53</b>

Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi atau *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) merupakan kompetensi penting yang mencerminkan kemampuan individu dalam mengolah informasi secara mendalam dan reflektif. Penilaian terhadap HOTS umumnya mencakup empat indikator utama, yaitu kemampuan analisis, evaluasi, kreativitas, dan pemecahan masalah. Keempat aspek tersebut menggambarkan proses berpikir kompleks yang tidak hanya menuntut pemahaman konseptual, tetapi juga kemampuan mengaitkan konsep dengan konteks nyata serta menghasilkan solusi yang inovatif. Oleh karena itu, pengukuran HOTS menjadi salah satu indikator penting dalam menilai kualitas hasil pembelajaran di perguruan tinggi.

Hasil penilaian HOTS mahasiswa menunjukkan capaian yang sangat tinggi dengan skor rata-rata keseluruhan sebesar 90,53. Jika ditinjau berdasarkan masing-masing indikator, kemampuan analisis memperoleh skor rata-rata 89, evaluasi mencapai skor tertinggi sebesar 92, kreativitas sebesar 90,3, dan pemecahan masalah sebesar 91,3. Capaian tersebut mengindikasikan bahwa mahasiswa telah mampu mengintegrasikan berbagai keterampilan kognitif tingkat tinggi secara optimal. Dominannya skor pada aspek evaluasi dan pemecahan masalah memperlihatkan bahwa mahasiswa tidak hanya mampu memahami materi yang dipelajari, tetapi juga dapat menilai secara kritis hasil kegiatan eksperimen serta merumuskan alternatif solusi terhadap permasalahan yang muncul dalam proses ekstraksi.

Temuan ini sejalan dengan pandangan Sutiani et al. (2021) yang menegaskan bahwa pembelajaran berbasis simulasi memiliki potensi besar dalam mendorong pengembangan HOTS melalui aktivitas analitis dan refleksi ilmiah. Selain itu, hasil penelitian Chi et al. (2024) juga mendukung temuan ini dengan menunjukkan bahwa pemanfaatan media digital yang dilengkapi *interactive scaffolding* dapat memperkuat keterkaitan antara kemampuan analisis dan kreativitas, yang merupakan karakteristik utama berpikir tingkat tinggi. Dengan demikian, tujuan utama dari analisis HOTS dalam penelitian ini adalah untuk menegaskan efektivitas pembelajaran berbasis simulasi dan media digital interaktif dalam mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa secara komprehensif, khususnya dalam aspek evaluasi, kreativitas, dan pemecahan masalah.

### Kritis dan Keterbatasan Penelitian

Secara umum, temuan penelitian ini mengindikasikan bahwa pemanfaatan laboratorium virtual berkontribusi positif terhadap peningkatan hasil belajar serta keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) mahasiswa. Peningkatan tersebut diduga berkaitan dengan karakteristik media virtual yang menyediakan umpan balik secara langsung serta mendukung pembelajaran mandiri. Lingkungan belajar semacam ini memberi ruang bagi mahasiswa untuk melakukan refleksi berkelanjutan, mengevaluasi kesalahan, dan memperbaiki pemahamannya secara mandiri, sebagaimana ditegaskan oleh Gungor et al. (2022) bahwa sistem pembelajaran digital interaktif dapat mendorong regulasi diri dan pemikiran reflektif.

Meskipun demikian, penelitian ini tidak terlepas dari sejumlah keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menafsirkan hasilnya. Pertama, cakupan sampel penelitian masih terbatas pada dua kelas dalam satu program studi, sehingga hasil yang diperoleh belum dapat digeneralisasikan secara luas ke konteks institusi atau disiplin ilmu lain. Kedua, periode penerapan laboratorium virtual tergolong singkat, sehingga dampak jangka panjang terhadap retensi konsep dan konsistensi penguasaan HOTS mahasiswa belum dapat diukur secara komprehensif. Ketiga, potensi bias teknologi juga menjadi perhatian, mengingat mahasiswa dengan tingkat literasi digital yang lebih tinggi cenderung menunjukkan adaptasi yang lebih cepat dibandingkan mahasiswa yang kurang familiar dengan penggunaan perangkat dan media digital.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan sampel yang lebih luas serta konteks materi kimia yang beragam guna memperoleh gambaran yang lebih representatif. Selain itu, pengintegrasian laboratorium virtual dengan *learning analytics* perlu dieksplorasi lebih lanjut untuk memantau perkembangan HOTS mahasiswa secara real-time dan berkelanjutan, sebagaimana direkomendasikan oleh Chi et al. (2024). Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai dinamika perkembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi dalam pembelajaran berbasis teknologi.

## KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa pengembangan laboratorium virtual berbasis model 4D (Define, Design, Develop, Disseminate) menghasilkan media pembelajaran yang layak dan inovatif untuk materi ekstraksi. Media yang dikembangkan dinilai sangat layak oleh ahli materi dan ahli media berdasarkan kriteria BSNP, dengan rata-rata skor kelayakan sebesar 91,25% (kategori sangat layak). Implementasi laboratorium virtual ini terbukti meningkatkan hasil belajar dan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) mahasiswa secara signifikan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,74 pada kelompok eksperimen (kategori tinggi) dibandingkan dengan kelompok kontrol sebesar 0,30 (kategori sedang). Selain itu, skor rata-rata HOTS mahasiswa kelompok eksperimen mencapai 90,53 (kategori sangat baik), menunjukkan bahwa media ini efektif dalam membangun kemampuan analisis, evaluasi, dan kreasi mahasiswa dalam memahami konsep ekstraksi. Dengan demikian, laboratorium virtual berbasis Android (Apk) ini tidak hanya memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, tetapi juga berkontribusi dalam meningkatkan hasil belajar dan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa kimia.

## REKOMENDASI

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan laboratorium virtual pada topik-topik lain dalam kimia analitik, seperti spektroskopi atau elektrokimia, guna memperluas penerapan media berbasis digital dalam pembelajaran sains di perguruan tinggi. Penelitian mendatang juga dapat menambahkan aspek analisis efektivitas jangka panjang dan integrasi dengan Learning Management System (LMS) untuk memperkuat keberlanjutan pembelajaran berbasis teknologi.

## DAFTAR PUSTAKA

- BNSP. (2010). *Paradigma pendidikan nasional abad XXI*. Jakarta : Badan Standart Nasional Pendidikan.
- Chi, Y., Chang, Y., & Chang, C. (2024). Virtual reality-based science instruction on student problem-solving and reasoning : a meta-analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 33, 501-520.
- Donasari, A., dan Silaban, R. (2021). Pengembangan media pembelajaran kimia berbasis android pada materi termokimia kelas ix sma. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Kimia*, 3 (1), 86 – 95.
- Gungor, A., Kool, D., Lee, M., Avraamidou, L., Eisink, N., & Albada, B., Kolk, K., Tromp, M., & Bitter, J. (2022). The use of virtual reality in a chemistry lab and its impact an students' self-efficacy, interest, self-concept and laboratory anxiety. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18 (3).
- Hendrajanti, P. (2022). Virtual chemistry laboratory assited discovery learning to improve student learning outcomes. *Ideguru : Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 7 (2), 188-196.
- Ilahi, A., Subarkah, C., dan Sukmawardini, Y. (2022). *Penerapan media pembelajaran laboratorium virtual untuk meningkatkan kemampuan representasi kimia pada materi sel elektrolisis*. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 7, 25 – 37.
- Kolil, V. K., Muthupalani, S., & Achuthan, K. (2020). Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efficacy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17 (30), 1-22.
- Lestari., Aprillia, L., Fortuna, N., Cahyo, R., Fitriani, S., Mulyana, Y., dan Kusuminangtyas, P. (2023). Review : laboratorium virtual untuk pembelajaran kimia di era digital. *Jambura Journal of Education Chemistry*, 5 (1), 1 – 10.
- Mesra, R., Salem, V., Polii, M., Santie, Y., Wisudariani, N., Sarwandi., Sari, R., Yulianti, R., Nasar, A., Yenita, Y., dan Santiari, N. (2023). *Research & development dalam pendidikan*. Medan : PT. Mifandi Mandiri Digital.
- Rachman, A., Yochanan, E., Samanlangi, A. I., & Purnomo, H. (2024). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Karawang : CV Saba Jaya Publisher.
- Silitonga, P. (2011). *Metodologi penelitian pendidikan*. Medan : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Medan.
- Silitonga, P. (2014). *Statistik teori dan aplikasi dalam penelitian*. Medan : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Medan.

- Situmorang, M., Sinaga, M., Purba, J., Daulay, S. I., Simorangkir, M., Sitorus, M., & Sudrajat, A. (2018). Implementation of innovative chemistry learning material with guided tasks to improve students' competence. *Journal of Baltic Science Education*, 17 (4), 535-550.
- Sugiyono. (2014). *Metode penelitian pendidikan (pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D)*. Bandung : Alfabeta.
- Sutiani, A., Situmorang, M., & Silalahi, A. (2021). Implementation of an inquiry learning model with science literacy to improve student critical thinking skills. *International Journal of Instruction*, 14 (2), 117-138.