

Pengembangan Media Virtual Laboratorium Kromatografi Gas Berbasis Proyek Dalam Membangun Keterampilan HOTS Untuk Meningkatkan Hasil Belajar

¹Jelita Siregar, ²Manihar Situmorang

¹Program Studi Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia 20221

*Correspondence e-mail: jelitasiregar7@gmail.com

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

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan media virtual laboratorium berbasis proyek pada pengajaran Kromatografi Gas serta menguji kelayakan, efektivitas, dan respon siswa terhadap penggunaannya. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan dengan model ADDIE melalui analisis kebutuhan pembelajaran, desain dan pengembangan virtual laboratorium, standarisasi, uji coba, dan evaluasi. Subjek penelitian adalah 68 mahasiswa, yaitu kelas PSKM 23A dan PSKM 23B Jurusan Kimia Universitas Negeri Medan. Instrumen penelitian mencakup rubrik HOTS, pretest-posttest, lembar validasi ahli, serta angket respon mahasiswa. Hasil validasi virtual laboratorium berbasis proyek berada pada kategori sangat baik, dengan skor ($M = 3.595 \pm 1.25$) dari ahli materi dan media. Uji coba menunjukkan terbangunnya HOTS mahasiswa pada kategori sangat baik ($M = 87.55 \pm 0.121$). Selain itu, hasil belajar mahasiswa meningkat dengan nilai n-gain kelas eksperimen sebesar 77,47% kategori sangat tinggi dan kelas kontrol 45,09% kategori sedang berdasarkan data pretest-posttest. Respon mahasiswa terhadap media virtual laboratorium memperoleh skor 80,61% (sangat positif). Terdapat korelasi antara keterampilan berpikir tingkat tinggi dengan peningkatan hasil belajar mahasiswa kelas eksperimen dengan $r_{hitung} = 0.551$ kategori korelasi cukup tinggi. Temuan ini membuktikan bahwa virtual laboratorium berbasis proyek efektif dalam membangun keterampilan berpikir tingkat tinggi dan meningkatkan hasil belajar mahasiswa, sekaligus berpotensi menjadi alternatif sumber belajar digital yang relevan dengan kebutuhan mahasiswa.

Kata Kunci: keterampilan HOTS, kromatografi gas, model pembelajaran proyek, peningkatan hasil belajar, virtual laboratorium

Development of Virtual Media for a Project-Based Gas Chromatography Laboratory in Building HOTS Skills to Improve Learning Outcomes

Abstract

This study aims to develop a project-based virtual laboratory media in teaching Gas Chromatography and to test the feasibility, effectiveness, and student responses to its use. The type of research used is research and development with the ADDIE model through learning needs analysis, design and development of virtual laboratories, standardization, trials, and evaluation. The subjects of the study were 68 students, namely PSKM 23A and PSKM 23B classes of the Chemistry Department, State University of Medan. The research instruments included HOTS rubrics, pretest-posttest, expert validation sheets, and student response questionnaires. The results of the project-based virtual laboratory validation were in the very good category, with a score ($M = 3.595 \pm 1.25$) from material and media experts. The trial showed that students' HOTS was built in the very good category ($M = 87.55 \pm 0.121$). In addition, student learning outcomes increased with an n-gain value of 77.47% in the experimental class (very high category) and 45.09% in the control class (moderate category) based on pretest-posttest data. Student responses to the virtual laboratory media obtained a score of 80.61% (very positive). There is a correlation between high-level thinking skills and increased learning outcomes for students in the experimental class with $r_{count} = 0.551$, a fairly high correlation category. This finding demonstrates that project-based virtual laboratories are effective in developing higher-order thinking skills and improving student learning outcomes, while also having the potential to become an alternative digital learning resource relevant to student needs.

Keywords: HOTS, gas chromatography, project learning model, improving learning outcomes, virtual laboratory

How to Cite: Siregar, J., & Situmorang, M. (2025). Pengembangan Media Virtual Laboratorium Kromatografi Gas Berbasis Proyek Dalam Membangun Keterampilan HOTS Untuk Meningkatkan Hasil Belajar. *Reflection Journal*, 5(2), 797-808. <https://doi.org/10.36312/rj.v5i2.3595>



<https://doi.org/10.36312/rj.v5i2.3595>

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



PENDAHULUAN

Abad 21 ditandai dengan era revolusi industri 4.0 dianggap sebagai abad pengetahuan dengan persaingan ketat diberbagai bidang. Pada abad ini pendidikan juga harus mempersiapkan mahasiswa dengan keterampilan literasi sains dan keterampilan seperti berpikir tingkat tinggi, pemecahan masalah, komunikasi, kreativitas, inovasi dan kolaborasi (Noris et al., 2023). Namun menurut laporan

terbaru PISA tahun 2022, tingkat literasi sains siswa Indonesia berada pada peringkat ke-67 dari 81 negara anggota. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains masih tergolong rendah dan masih jauh tertinggal dari negara-negara ASEAN lainnya (OECD, 2023).

Salah satu upaya untuk meningkatkan literasi sains siswa adalah dengan memperbaiki keterampilan berpikir tingkat tinggi mereka dalam bidang sains (Muhibbuddin et al., 2023). Keterampilan berpikir tingkat tinggi diperlukan untuk membantu mahasiswa mengkomunikasikan ide, gagasan, dan keyakinan mereka mengenai masalah ilmiah dengan lebih efektif (Gaol et al., 2022). Dalam meningkatkan kualitas pendidikan telah dilakukan beberapa variasi dalam metode dan model pembelajaran. Salah satunya adalah penggunaan model pembelajaran berbasis proyek (Project Based Learning) yang dapat meningkatkan keberhasilan dan kemampuan peserta didik (Ergul dan Kargin, 2013). Menurut Amalia & Thahar, 2024 bahwa inovasi pembelajaran proyek dengan multimedia mampu meningkatkan kreativitas dan pemahaman konsep. Pembelajaran proyek tidak hanya mendorong siswa untuk bekerja secara mandiri (Maulana, 2020), tetapi juga mengharuskan mereka untuk berkolaborasi, berdiskusi, dan saling berinteraksi dalam menyelesaikan tugas-tugas berbasis konteks (Widyasari et al., 2018). Pengembangan sumber belajar yang inovatif dapat memotivasi mahasiswa untuk mengeksplorasi pengetahuan dan keterampilan yang diinginkan (Situmorang et al., 2022).

Hasil analisis kebutuhan di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan menunjukkan bahwa belum ada media pembelajaran inovatif dan interaktif yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa dalam pengajaran kimia pemisahan. Oleh karena itu, sangat sesuai untuk mengembangkan media yang inovatif dan interaktif dalam pengajaran kimia pemisahan, terutama pada topik kromatografi gas. Kromatografi gas menjadi salah satu pokok materi yang penting karena paling banyak digunakan dalam industri. Tidak terlaksananya praktikum pada pembelajaran Kimia, khususnya pada pengajaran kromatografi gas menjadi salah satu permasalahan yang sering terjadi karena keterbatasan fasilitas di laboratorium dan juga harga instrumentasi yang relatif mahal. Keterbatasan percobaan nyata dapat diatasi dengan jenis percobaan lain yang dapat dilakukan seluruh mahasiswa dalam bentuk percobaan virtual.

Media pembelajaran berbasis proyek merupakan salah satu inovasi pembelajaran yang menempatkan mahasiswa sebagai subjek yang dilakukan secara kolaboratif, interaktif dan inovatif (Hasyim & Ahmad, 2021). Penelitian Solikhin & Wijanarko (2021) menunjukkan, 72,22% siswa membutuhkan media pembelajaran yang mudah diakses kapan saja dan dimana saja, yang berisi materi dan video visualisasi dalam bentuk animasi. Di sisi lain, Chairani et al., (2019) berpendapat bahwa penggunaan media pembelajaran dapat meningkatkan keterlibatan aktif mahasiswa dalam proses pembelajaran. Sakti dkk., (2021) melalui penelitian tindakan kelas pada mahasiswa semester 5 FKIP Universitas Bengkulu selama 6 bulan, menemukan adanya peningkatan aktivitas belajar, kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan literasi sains. Meskipun banyak penelitian terdahulu menunjukkan dampak positif media dalam berbagai aspek (motivasi, kreativitas, pemahaman) (Anggreani dkk., 2023; Khoiorni et al., 2023), fokusnya masih bersifat umum dan belum secara khusus diarahkan pada pengembangan media interaktif untuk materi kromatografi gas. Martalina et al., (2018) menyatakan bahwa pembelajaran yang terintegrasi dengan proyek dan multimedia cocok diterapkan dalam kurikulum dan efektif dalam meningkatkan hasil belajar dan motivasi. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut belum mengintegrasikan pendekatan PjBL dengan konten kimia analitik yang menantang seperti Kromatografi gas. Pemilihan materi kromatografi gas didasarkan pada tingkat kesulitan konsep dan pentingnya materi (Pursitasari & Permanasari, 2012) ini dalam konteks dunia kerja, seperti di bidang farmasi, dan industri kimia (Doble et al., 2025). Selain itu, minimnya media yang mengakomodasi visualisasi kompleks menjadi alasan utama pengembangan ini. Menurut Husna & Cahyono,(2018), pembelajaran proyek menggunakan multimedia mampu meningkatkan hasil belajar, mampu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan kreativitas. Gunawan et al., (2017) menyatakan bahwa terdapat peningkatan signifikan kreativitas dan hasil belajar pada kelas yang menggunakan pembelajaran berbasis proyek dan multimedia, serta mampu menghasilkan sikap positif dalam menghasilkan produk pada saat pembelajaran. Namun, penelitian penggunaan media berbasis project based learning dalam pembelajaran kromatografi gas masih jarang ditemukan. Padahal, Pengajaran

kromatografi gas saat ini masih menghadapi tantangan dalam membantu mahasiswa memahami konsep-konsep penting (Liu et al., 2021). Materi kromatografi gas termasuk dalam kategori materi yang sulit dipahami oleh mahasiswa karena banyaknya prosedur eksperimen dan perhitungan. Media pembelajaran yang dikembangkan berbeda karena mengintegrasikan kurva kalibrasi etanol sebagai proyek autentik berbasis simulasi GC.

Pentingnya pengembangan media pembelajaran interaktif berupa virtual laboratorium sebagai inovasi pembelajaran pada materi kromatografi gas diharapkan dapat membangun keterampilan tingkat tinggi dan meningkatkan hasil belajar mahasiswa. Selain itu dengan adanya media virtual laboratorium mahasiswa dapat memahami konsep kromatografi gas secara praktis dengan melakukan praktikum secara virtual, dimana praktikum di dalam laboratorium nyata tidak terlaksana karena fasilitas laboratorium yang kurang mendukung. Dengan adanya media pembelajaran berbasis proyek yang dirancang khusus untuk materi Kromatografi gas, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kualitas kelayakan media tersebut sekaligus menelaah tanggapan mahasiswa terhadap penerapannya dalam proses pembelajaran Kimia Analitik.

METODE

Penelitian ini menerapkan pendekatan Research and Development (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan suatu produk pembelajaran sekaligus menguji tingkat keefektifannya secara empiris. Metode R&D dipilih karena memungkinkan peneliti tidak hanya mengembangkan media, tetapi juga melakukan pengujian sistematis terhadap kualitas dan dampak penggunaan produk tersebut dalam proses pembelajaran. Pengembangan media virtual laboratorium berbasis proyek dilaksanakan dengan mengacu pada model pengembangan ADDIE, yang meliputi tahapan analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Setiap tahapan dilakukan secara berurutan dan saling terkait untuk memastikan media yang dihasilkan sesuai dengan tujuan pembelajaran serta karakteristik peserta didik.

Subjek dalam penelitian ini berjumlah 68 mahasiswa Program Studi Kimia angkatan 2023 pada Jurusan Kimia Universitas Negeri Medan yang mengikuti perkuliahan pada tahun ajaran 2024/2025. Desain penelitian yang digunakan adalah Two-Group Pretest–Posttest Design, dengan melibatkan dua kelompok sampel, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kelas eksperimen memperoleh pembelajaran menggunakan media virtual laboratorium berbasis proyek, sedangkan kelas kontrol mengikuti pembelajaran dengan pendekatan konvensional. Data penelitian dikumpulkan melalui tes awal (pretest) dan tes akhir (posttest), kemudian dianalisis dengan membandingkan hasil kedua tes tersebut. Perbandingan ini difokuskan pada materi kromatografi gas untuk mengetahui peningkatan hasil belajar mahasiswa setelah penerapan media yang dikembangkan.

Tabel 1. Desain Penelitian Two-Group-Pretest-posttest

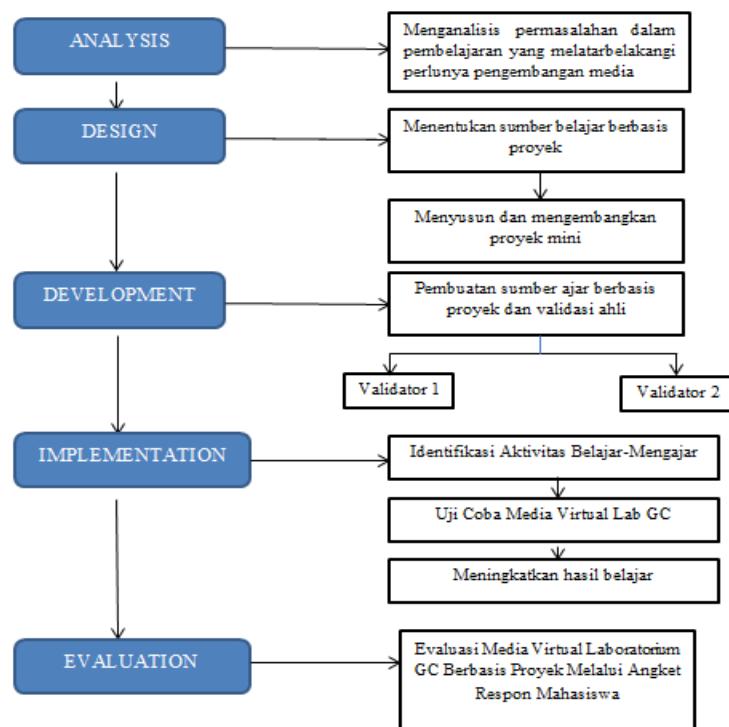
Kelas	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	Q ₁	X	Q ₂
Kontrol	Q ₁	Y	Q ₂

Q₁ : Pemberian pretest di awal penelitian

Q₂ : Pemberian posttest di akhir penelitian

X : Pembelajaran dengan penerapan media virtual laboratorium GC berbasis proyek.

Y : Pembelajaran konvensional



Gambar 1. Bagan Alur Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pengembangan media virtual laboratorium ini dilakukan dengan lima tahap sesuai dengan model ADDIE yaitu tahap analisis, tahap desain, tahap pengembangan, tahap implementasi, dan tahap evaluasi.

Standarisasi Kelayakan Media oleh Ahli

Analisis yang digunakan untuk standarisasi kelayakan media digunakan rumus:

dengan \bar{x} adalah nilai rata-rata, $\sum x$ adalah jumlah jawaban penilaian dan n adalah jumlah validator. Persentase kualitas produk dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Kualitas setiap aspek (\%)} = \frac{\sum \text{rerata skor yang diperoleh}}{\sum \text{rerata skor ideal}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots (2)$$

Tabel 2. Hasil Validasi Untuk Setiap Aspek

Rata-rata	Kriteria Valid
3,26-4,00	Valid dan tidak perlu direvisi
2,51-3,25	Cukup dan tidak perlu direvisi
1,76-2,50	Kurang valid dan sebagian isi media harus direvisi
1,00-1,75	Tidak valid dan perlu direvisi total

(Sumber: Arikunto, 2013)

Analisis Data Keterampilan HOTS

Data keterampilan berpikir tingkat tinggi diperoleh berdasarkan hasil rubrik penilaian laporan proyek mahasiswa kelas eksperimen pada pembelajaran kromatografi gas. Aspek yang dinilai dalam penilaian keterampilan berpikir tingkat tinggi, yaitu analisis, kreatif dan evaluasi. Skor penilaian didasarkan pada rubrik penilaian dengan rentang skor 0-100. Hasil akhir penilaian berupa persentase diperoleh melalui rumus:

Dengan P adalah Persentase yang dicari, F adalah Jumlah nilai yang diperoleh dan N adalah Jumlah nilai total

Peningkatan Hasil Belajar

Hasil belajar mahasiswa kelas eksperimen dan kontrol pada pengajaran kromatografi gas diukur dengan menggunakan tes pretest dan posttest yang terdiri dari soal-soal pilihan ganda. Tes terdiri dari 20 soal dengan lima opsi jawaban (A, B, C, D, E). Dalam tes ini, skor 1 diberikan berdasarkan jawaban yang benar, sedangkan jawaban yang salah akan mendapatkan skor 0. Soal dirancang berdasarkan Taksonomi Bloom untuk ranah kognitif, yang mencakup, analisis (C4), dan evaluasi (C5) dan mencipta (6). Peningkatan hasil belajar akan digunakan analisis data dengan rumus n-gain ternormalisasi.

Tabel 3. Interpretasi N-Gain Ternormalisasi

Nilai N-Gain	Interpretasi
$G > 0,70$	Tinggi
$0,30 < G \leq 0,70$	Sedang
$G \leq 0,30$	Rendah

(Isman dkk., 2023)

Analisis Respon Mahasiswa

Angket respon mahasiswa setelah menggunakan media virtual laboratorium dari angket lembar pengamatan aktivitas mahasiswa akan dianalisis secara deskriptif, dihitung dengan rumus berikut:

Skala penilaian yang akan digunakan adalah 1-5, dimana 1 merupakan nilai terendah dan 5 merupakan nilai tertinggi dengan demikian diperoleh rentang atau interval $100 : 5 = 20$.

Tabel 4. Kriteria Angket Persepsi Mahasiswa

Interval (%)	Kriteria Persentase
0-20%	Sangat Buruk
21-40%	Buruk
41-60%	Cukup
61-80%	Baik
81-100%	Sangat Baik

(Lestari & Yudhanegara, 2017)

HASIL DAN DISKUSI

Hasil Analisis Kebutuhan Virtual Laboratorium GC

Pada tahap analisis dilakukan analisis kebutuhan dasar dalam penelitian yakni analisis kebutuhan mahasiswa dan analisis RPS yang digunakan pada matakuliah kimia pemisahan di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Medan. Analisis kebutuhan mahasiswa dilakukan dengan observasi di kelas. Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa kesulitan dalam memahami konsep materi kromatografi gas, hal ini disebabkan karena mahasiswa kurang berperan aktif dalam pembelajaran. Mahasiswa menganggap bahwa metode pembelajaran yang diterapkan dikelas cenderung monoton dan kurang kontekstual. Tidak tersedianya alat-alat di laboratorium juga menjadi salah satu faktor penyebab mahasiswa kesulitan dalam pembelajaran. Sebagian besar mahasiswa mengungkapkan keinginan untuk menggunakan media pembelajaran berbasis teknologi yang lebih fleksibel, interaktif dan dapat diakses secara mandiri serta dapat menggantikan laboratorium nyata yang kurang memadai .Hasil analisis pembelajaran mahasiswa dan rencana pengembangan yang dilakukan pada sumber belajar yang akan dikembangkan disajikan dalam tabel 5.

Tabel 5. Analisis Rencana Pengembangan

Aspek yang Dianalisis	Hasil Analisis Sebelum Pengembangan	Aspek yang Dikembangkan
Model Pembelajaran	Direct Learning	Project Based Learning
Kegiatan Praktikum	Tidak ada praktikum karena tidak ada instrument GC, biasanya hanya melihat video Youtube	Praktikum menggunakan simulasi percobaan GC pada media virtual laboratorium
Sumber Belajar yang Digunakan	Media Slide Powerpoint	Paket mini proyek dan media virtual laboratorium
Komponen dalam Sumber Belajar	Materi Kromatografi gas, contoh soal serta pembahasan	Berisi materi GC, contoh proyek yang kontekstual dan relevan, integrasi simulasi percobaan virtual lab

Pengembangan Media Virtual Laboratorium GC

Komponen berikutnya adalah pengembangan media virtual laboratorium. Virtual laboratorium yang dirancang dengan baik dapat memberi mahasiswa pengalaman virtual yang bermakna dan menyajikan materi kromatografi gas. Dengan bantuan seorang pakar di bidang Teknologi, media virtual laboratorium ini memanfaatkan perangkat lunak yang telah dikembangkan dan terdiri dari pengantar kromatografi gas, instrumentasi, teknik dasar, prinsip dasar GC, analisis etanol menggunakan kromatografi gas berupa video dan analisis kuantitatif dalam bentuk simulasi praktikum langsung oleh mahasiswa. Pengembangan virtual laboratorium secara detailnya disajikan dalam tabel 6.

Tabel 6. Draft Virtual Laboratorium untuk Pengajaran GC

No	Sub Topik	Isi Materi (Deskripsi Topik)	Deskripsi	Integrasi Proyek
1	Pengantar Kromatografi Gas	Menyajikan materi pengantar GC, sejarah perkembangan GC dan juga cara membaca peak repeat hasil analisis	Inovasi pada topik GC ini menyajikan sejarah perkembangan alat GC sesuai perkembangan zaman	Tidak ada proyek
2	Instrumentasi Kromatografi Gas	Menyajikan gambar instrumentasi GC dilengkapi dengan penjelasan fungsinya masing-masing.	Menyajikan gambar instrumentasi GC dengan tampilan menarik	Tidak ada proyek
3	Prinsip Dasar Pemisahan Kromatografi Gas FID	Prinsip dasar pemisahan GC secara FID dibuat dalam sebuah video	Menyajikan video tentang prinsip dasar pemisahan menggunakan kromatografi gas.	Tidak ada proyek
4	Analisis Kuantitatif Menggunakan Kromatografi Gas	Simulasi analisis kadar etanol dalam sampel minuman	Menyediakan simulasi percobaan kuantitatif menggunakan kromatografi gas	Analisa kuantitatif menggunakan metode kurva kalibrasi kromatografi gas.

Sebelum media virtual laboratorium kromatografi gas berbasis proyek diimplementasikan di kelas eksperimen terlebih dahulu dilakukan validasi media oleh dosen validator ahli media dan ahli materi untuk mengetahui apakah media yang telah dirancang layak digunakan. Tampilan sampul dan

menu utama virtual laboratorium kromatografi gas pada yang telah dikembangkan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan (a) Sampul dan (b) Menu Utama Virtual Laboratorium GC

Virtual laboratorium kromatografi gas berbasis proyek dapat diakses melalui alamat web V-Lab Chromatography Gas (<https://virtuallabgc-version1.netlify.app/>). Diharapkan dengan adanya media ini dapat memfasilitasi mahasiswa untuk mengimplementasikan teori tentang kromatografi gas melalui praktikum berupa simulasi percobaan pada media laboratorium virtual yang dikembangkan.

Standarisasi Kelayakan Media Virtual Laboratorium GC Berbasis Proyek

Standarisasi kelayakan media virtual laboratorium GC diperoleh berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh validator yang selanjutnya disebut dengan validator ahli materi dan validator ahli media. Validator ahli materi dan ahli media pada penelitian ini memiliki kualifikasi pendidikan S2 & S3 dengan masing-masing ahli dalam materi kromatografi gas. Aspek yang dinilai mencakup aspek kelayakan isi, kebahasaan, kedalaman materi, serta penyajian dan kegrafikan. Hasil standarisasi media virtual laboratorium GC berbasis proyek disajikan dalam tabel 7.

Tabel 7. Hasil Standarisasi Media Virtual Laboratorium GC Berbasis Proyek

Aspek yang Dinilai	Rerata Kedua Validator
Aspek Kelayakan Isi	3,50
Aspek Kebahasaan	3,65
Aspek Kedalaman Materi	3,61
Aspek Penyajian dan Kegrafikan	3,37
Rerata	3,53
Persentase Kelayakan Media	88,25%

Berdasarkan Tabel 7 dapat diperoleh bahwa aspek kelayakan isi dari virtual laboratorium kromatografi gas berbasis proyek yang dikembangkan dengan rerata dari kedua validator adalah 3,50; aspek kebahasaan adalah 3,65; aspek kedalaman materi adalah 3,61; dan aspek penyajian & kegrafikan adalah 3,37 dengan persentase kelayakan media yaitu 88,31% pada kategori "sangat layak".

Keterampilan HOTS

Keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) mahasiswa dilihat melalui hasil rubrik penilaian dari laporan proyek mahasiswa. Kegiatan proyek yang dilaksanakan oleh mahasiswa sebanyak satu judul proyek yaitu analisa kuantitatif menggunakan kromatografi gas yang dikerjakan melalui virtual laboratorium untuk kelas eksperimen. Analisis keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa diperoleh dari penilaian yang subjektif dengan berpedoman pada rubrik penilaian berpikir tingkat tinggi yang terdiri dari empat aspek yakni analisis, evaluasi dan kreatif. Penilaian dilakukan dengan berpedoman pada rubrik keterampilan berpikir tingkat tinggi dengan rentang nilai 0-100. Hasil analisis pelaksanaan kegiatan proyek pada pembelajaran kromatografi gas kelas eksperimen disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Penilaian Keterampilan HOTS Mahasiswa Kelas Eksperimen

No	Jenis Keterampilan	Aspek Komponen Keterampilan yang Dinilai	Nilai Capaian Mahasiswa (M ± Sdv)
			Kelas Eksperimen
1	Analisis	Keterampilan dalam menganalisis hubungan antara teori dan penerapan dalam pelaksanaan proyek, dilihat dari kemampuan untuk merencanakan, melaksanakan, menyusun laporan.	89,60 ± 0,025
2	Evaluasi	Keterampilan dalam memberi penilaian terhadap hasil yang diperoleh ditunjukkan dengan kesesuaian proyek dengan fakta yang sudah ada pada analisis menggunakan kromatografi gas.	84,92 ± 0,041
3	Kreatif	Keterampilan untuk menyajikan penalaran dan meyakinkan kebenaran argumen berdasarkan data atau konsep serta terampil dalam menafsirkan masalah yang ditunjukkan dari kemampuan mengidentifikasi dan memilih teori yang relevan.	88,60 ± 0,055
Rata-rata		87,55 ± 0,121	

Berdasarkan hasil analisis laporan proyek pada Tabel 8 diperoleh nilai rata-rata kemampuan berpikir tingkat tinggi kelas eksperimen adalah 87,24 pada kategori sangat baik. Dari Tabel 4.7, terlihat bahwa ketiga aspek tersebut analisis, evaluasi dan kreatif nilai rerata tertinggi adalah aspek analisis kemudian disusul oleh aspek kreatif dan evaluasi. Berdasarkan tabel tersebut juga diketahui bahwa aspek yang paling dominan pada kelas eksperimen adalah aspek analisis yaitu keterampilan dalam menganalisis hubungan antara teori dan penerapannya dalam pelaksanaan proyek, yang ditunjukkan dari kemampuan untuk merencanakan, melaksanakan, dan menyusun laporan proyek.

Peningkatan Hasil Belajar Mahasiswa

Selain menganalisis keterampilan berpikir tingkat tinggi, juga dilakukan evaluasi terhadap peningkatan hasil belajar menggunakan pengujian hipotesis dengan gain ternormalisasi. Sebelum diberikan perlakuan berbeda kepada kedua kelompok sampel, dilakukan tes awal (pretest) terlebih dahulu untuk menilai kemampuan awal masing-masing mahasiswa di kedua kelas. Setelah itu, dilakukan pembelajaran sesuai dengan Rencana Perkuliahan, yaitu kelas eksperimen menggunakan sumber belajar berbasis proyek terintegrasi virtual laboratorium dalam pembelajaran kromatografi gas, sementara kelas kontrol menggunakan sumber belajar pegangan mahasiswa dalam pembelajaran kromatografi gas. Pada akhir proses pembelajaran, tes akhir (posttest) diberikan kepada masing-masing kelas untuk mengevaluasi peningkatan hasil belajar mahasiswa. Hasil belajar mahasiswa pada penerapan Vir Lab dibandingkan terhadap Kelas Kontrol disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Peningkatan Hasil Belajar Mahasiswa pada Penerapan Media Virtual Lab GC Berbasis Proyek dibandingkan Terhadap Kelas Kontrol

Nilai	Hasil Belajar, Skor (M ± sdv)		N-Gain Eksperimen	N-Gain Kontrol	Analisis (t-test)
	Kelas Eksperimen (n=34)	Kelas Kontrol (n=34)			
Pretest	50,88 ± 5,68	33,08 ± 3,40	77,47%	45,09%	$t_{hitung} = 13,47 > t_{tabel} = 1,66$
Posttest	89,26 ± 10,95	63,52 ± 8,61			

Berdasarkan tabel 9 disimpulkan bahwa nilai rata-rata pretest untuk kelas eksperimen adalah $(50,88 \pm 5,68)$ sementara untuk kelas kontrol adalah $(33,08 \pm 3,40)$. Nilai pretest yang rendah di kedua kelas disebabkan oleh kurangnya pemahaman siswa terhadap materi tersebut, sehingga mereka

cenderung menebak dalam menjawab pertanyaan, yang mengakibatkan nilai pretest yang rendah. Dalam hal nilai postest, terlihat bahwa rata-rata nilai postest untuk kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol. Rata-rata nilai postest untuk kelas eksperimen adalah $(89,26 \pm 10,95)$, sementara untuk kelas kontrol adalah $(63,52 \pm 8,61)$. Peningkatan rata-rata nilai postest pada kelas eksperimen dapat dijelaskan oleh penerapan virtual laboratorium berbasis proyek terintegrasi dalam pembelajaran kromatografi gas di kelas eksperimen, yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran mahasiswa di universitas.

Korelasi Data Keterampilan HOTS dan Peningkatan Hasil Belajar

Data korelasi keterampilan HOTS dan peningkatan hasil belajar, dilakukan uji chi kuadrat dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Jika nilai Chi Kuadrat (χ^2) hitung lebih kecil dari nilai Chi Kuadrat (χ^2) tabel, maka data dianggap memiliki distribusi normal.

Tabel 10. Distribusi Normalitas Data Keterampilan HOTS

Kelas	χ^2_{hitung}	χ^2_{tabel}	A	Db	Keterangan
Eksperimen	9,61	11,07	0,05	5	Berdistribusi Normal

Tabel 11. Distribusi Normalitas Data Peningkatan Hasil Belajar

Kelas	χ^2_{hitung}	χ^2_{tabel}	A	Db	Keterangan
Eksperimen	6,0368	11,07	0,05	5	Berdistribusi Normal
Kontrol	10,6095	11,07	0,05	5	Berdistribusi Normal

Tabel 12. Distribusi Data Korelasi Keterampilan HOTS (X) dan Peningkatan Hasil Belajar (Y)

Data	r_{hitung}	CD	r_{tabel}	Keterangan
X				
$\sum X = 2969$	$\sum Y = 2633,8189$	0,551	30,36%	0,329
$\sum X^2 = 259763$	$\sum Y^2 = 207543,265$			Ha diterima, Ho ditolak

Berdasarkan perhitungan, nilai r_{hitung} adalah 0,571, yang berarti $r_{hitung} > r_{tabel}$ ($0,551 > 0,329$). Dengan demikian, kriteria untuk pengujian hipotesis $r_{hitung} > r_{tabel}$ terpenuhi. Ini mengindikasikan bahwa hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_a) diterima, menunjukkan adanya korelasi positif dan signifikan antara keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa dengan peningkatan hasil belajar mahasiswa pada kelas eksperimen, dengan nilai hitung sebesar 0,577 yang mengindikasikan kategori Korelasi Cukup Tinggi. Berdasarkan nilai koefisien determinasi ($CD = 30,36\%$) dapat disimpulkan bahwa kontribusi keterampilan HOTS terhadap peningkatan hasil belajar mahasiswa kelas eksperimen adalah sebesar 33,29%, sementara 69,64% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain.

Respon Mahasiswa Terhadap Penggunaan Media Virtual Laboratorium

Angket respon mahasiswa terdiri dari 20 pernyataan dengan tujuh indikator penilaian yaitu tantangan (*challenge*), keingintahuan (*curiosity*), keikutsertaan (*participation*), keyakinan (*confidence*), perhatian (*attention*), ketertarikan (*relevance*) dan kepuasan (*satisfaction*), Skala Likert digunakan dalam menyusun angket respon mahasiswa, dengan rentang skala 1-4. Persentase distribusi hasil angket respon penggunaan media virtual laboratorium kromatografi gas berbasis proyek dan pembelajaran oleh mahasiswa kelas eksperimen terdapat dalam Tabel 13.

Tabel 13. Distribusi Data Respon Mahasiswa terhadap Penggunaan Media Virtual Laboratorium

No	Indikator Penilaian (Ekstensi)	Persentase	Kategori
1	Tantangan (<i>challenge</i>)	80,33	Sangat Baik
2	Keingintahuan (<i>curiosity</i>)	79,04	Baik
3	Keikutsertaan (<i>participation</i>)	79,77	Sangat Baik
4	Keyakinan (<i>confidence</i>)	81,37	Sangat Baik
5	Perhatian (<i>attention</i>)	81,61	Sangat Baik

6	Ketertarikan (<i>relevance</i>)	80,88	Sangat Baik
7	Kepuasan (<i>satisfaction</i>)	81,25	Sangat Baik
	Rerata	80,61	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 13, diperoleh dari hasil penyebaran angket respon kepada mahasiswa kelas eksperimen dari tujuh indikator yang dinilai terdapat enam indikator dengan kategori sangat baik yaitu pada aspek tantangan, keikutsertaan, keyakinan, perhatian, keterkaitan, dan kepuasan. Sedangkan terdapat satu indikator pada kategori baik yaitu keingintahuan dengan rerata setiap indikator adalah 80,61 pada kategori sangat baik. Media virtual laboratorium yang dikembangkan dapat memfasilitasi mahasiswa dalam pembelajaran kromatografi gas, menciptakan ketuntasan belajar yang baik, dapat menarik perhatian, keyakinan, partisipasi aktif mahasiswa selama pembelajaran sehingga pembelajaran menjadi bermakna dan lama dalam ingatan setiap mahasiswa.

Hasil ini menunjukkan bahwa media yang dikembangkan berhasil membangun pengalaman belajar yang positif, baik dari aspek emosional (kepuasan dan kepercayaan diri) maupun kognitif (keingintahuan dan relevansi materi). Peningkatan *engagement* menunjukkan bahwa mahasiswa merasa terlibat aktif dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, penggunaan project based learning ini tidak hanya meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap kromatografi gas, namun juga membantu mereka dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, analisis dan kemampuan belajar mandiri. Temuan ini didukung oleh Fuldiaratman & Ekaputra, (2023) yang menyatakan bahwa pembelajaran proyek dengan media mampu meningkatkan rasa tanggung jawab, rasa ingin tahu dan kepedulian mahasiswa. Kholis et al., (2022) menambahkan bahwa media dengan desain menarik dapat meningkatkan motivasi serta mempermudah mahasiswa dalam memahami materi. Moumoutzis et al., (2017) menekankan bahwa pembelajaran berbasis proyek yang didukung media dapat meningkatkan keterampilan sosial dan kognitif, serta mendorong perkembangan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas siswa. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Siregar & Harahap (2020) menunjukkan bahwa penerapan media berbasis proyek efektif dalam meningkatkan kemandirian, kerjasama, serta keterampilan psikomotorik dan hasil belajar mahasiswa.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa media virtual laboratorium berbasis proyek sangat valid dan efektif digunakan dalam pembelajaran kromatografi gas. Media ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga mendorong kemandirian, keterlibatan, serta pengembangan keterampilan abad-21 mahasiswa.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengkaji kelayakan media pembelajaran berbasis proyek pada materi kromatografi gas serta menelaah tanggapan mahasiswa terhadap penggunaannya dalam proses pembelajaran. Melalui tahap analisis, hasil observasi menunjukkan adanya kebutuhan media yang mampu memfasilitasi integrasi teori dan praktik laboratorium secara kontekstual. Pada tahap design, peneliti merancang materi, video pembelajaran, serta simulasi proyek mini yang disusun dalam photoshop untuk memastikan kesesuaian konten dengan capaian pembelajaran. Pada tahap develop, media dikembangkan menggunakan Construct 3. Hasil validasi menunjukkan media dinyatakan sangat layak, dengan skor rata-rata 88,25% dari ahli materi dan ahli media. Tahap implementation menunjukkan bahwa penggunaan media secara signifikan membangun keterampilan HOTS dengan rata-rata nilai laporan proyek pada kelas eksperimen mencapai 87,55, dan peningkatan hasil belajar ditunjukkan oleh gain score sebesar 0,774, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang hanya 0,450. Pada tahap evaluation, tanggapan mahasiswa terhadap media sangat positif, dengan skor rata-rata 80,61%, yang mencerminkan kepuasan, keterlibatan, dan rasa ingin tahu yang tinggi selama proses pembelajaran. Berdasarkan data dari setiap tahapan pengembangan, dapat disimpulkan bahwa media virtual laboratorium berbasis proyek ini sangat layak dan efektif digunakan dalam pembelajaran kromatografi gas. Media ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan praktikum mahasiswa, tetapi juga mendorong keterlibatan aktif, kemandirian belajar, dan penguasaan keterampilan abad ke-21. Oleh karena itu, media ini direkomendasikan untuk diimplementasikan dalam pembelajaran kimia.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar pengembangan media virtual laboratorium kromatografi gas berbasis proyek dilanjutkan dengan uji coba pada skala yang lebih luas, mencakup berbagai universitas dengan karakteristik mahasiswa yang berbeda. Hambatan yang ditemukan dalam penelitian ini. Hambatan atau masalah yang ditemukan dalam penelitian ini, seperti keterbatasan akses internet pada sebagian mahasiswa, tidak dapat diakses versi Iphone (hanya dapat diakses versi android dan laptop), perlu diantisipasi melalui versi offline dari media vir lab.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik Edisi Revisi*. Rineka Cipta.
- Amalia, H., & Effendi Thahar, H. (2024). Implementation of Multimedia Project-Based Learning Model and Language Attitude towards Writing Skills. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 13(1), 52–62. <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v13i1.69767>
- Anggreani, C. N., Yamtinah, S., Susilowati, E., Shidiq, A. S., & Widarti, H. R. (2023). Instagram-based Learning Media and Chemistry Practicum Video Projects to Improve Students' Creative Thinking Skills. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 12(2), 234–244. <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v12i2.58310>
- Chairani, Y., Sudrajat, A., & Yusuf, M. (2019). Interactive Multimedia-Based Learning Materials Innovation for Teaching Basic Techniques in Analysis. *Proceedings of The 4th Annual International Seminar on Transformative Education and Educational Leadership (AISTEEL)*, 2548–4613.
- Doble, J., Grabau, E., Henry, K., Rosenberg, R., Tomasko, C., Karshbaum, M., Gute, B., & Wainman, J. W. (2025). Visualizing Le Châtelier's Principle through Lead-EDTA Complexometric Titrations. *Journal of Chemical Education*, 102(1), 304–310. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00469>
- Ergul, N. R., Kargin, E.K. (2013). The Effect Of Project Based Learning On Students' Science Success. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 136(2014), 537–541. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.371>
- Fuldiaratman, F., & Ekaputra, F. (2023). Analysis of Students' 4C Skills Based on Project based learning through Chemo Entrepreneurship Media. *EduLine: Journal of Education and Learning Innovation*, 3(3), 454–459. <https://doi.org/10.35877/454ri.eduline2057>
- Gaol, H. L., Situmorang, M., & Nugraha, A. W. (2022). The development and implementation of project-based innovative learning resources with multimedia to improve critical thinking skills in teaching cation analysis. *In AIP Conference Proceedings*, 2659 (1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0113543>
- Gunawan, G., Sahidu, H., Harjono, A., & Made Yeni Suranti, N. (2017). The Effect of Project based learning With Virtual Media Assistance on Student's Creativity in Physics. *Cakrawala Pendidikan*, 36(2), 167–179.
- Hasyim, M., & Ahmad, S. (2021). The Effectiveness of Implementing Blended Project based learning using ICT-Multimedia in Statistic Learning. *Proceedings of the 2nd Annual Conference on Social Science and Humanities (ANCOSH 2020)*, 346–349. <https://vlearn.ubhi.ac.id/>
- Husna, A., & Cahyono, E. (2018). The Effect of Project based learning Model Aided Scratch Media Toward Learning Outcomes and Creativity Article Info. *Journal of Innovative Science Education*, 8(1), 1–7. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jise>
- Isman, A, Okra, R., Zakir, S., & Efriyanti, L. (2023). Perancangan media pembelajaran mata pelajaran pendidikan jasmani materi pencak silat berbasis augmented reality di SMPN 1 Kolo XI Tarusan kelas VIII. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(1), 325-331.
- Khoiorni, R., Priatmoko, S., & Prasetya, A. T. (2023). The Effectiveness of Android-Based Media in Chemistry Learning to Improve Chemistry Literacy and Learning Motivation. *International Journal of Active Learning*, 8(1), 10–20. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/ijal>
- Kholis, A., Setiana, E., & Sibarani, C. G. G. T. (2022). Developing the Project based learning using Mobile Media Application among Vocational High School Students in Sumatera Utara Province,

- Indonesia. *International Journal of Advances in Social Sciences and Humanities*, 1(1), 26–33. <https://doi.org/10.56225/ijassh.v1i1.36>
- Lestari, K. E., & Yudhanegara, M. R. (2017). *Penelitian Pendidikan Matematika*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Liu, L., Ling, Y., Yu, J., & Fu, Q. (2021). Developing and Evaluating an Inquiry-Based Online Course With a Simulation Program of Complexometric Titration. *Journal of Chemical Education*, 98(5), 1636–1644. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01229>
- Martalina, D. S., Situmorang, M., & Sudrajat, A. (2018, December). The Development of Innovative Learning Material with Integration of Project and Multimedia for the Teaching of Fravimetry. In *3rd Annual International Seminar on Transformative Education and Educational Leadership (AISTEEL 2018)* (pp. 735-740). Atlantis Press.
- Maulana, M. (2020). Penerapan model Project based learning berbasis STEM pada Pembelajaran Fisika Siapkan Kemandirian Belajar Peserta Didik. *Jurnal TENDIK*, 24(1), 37–48. www.ubaya.ac.id/2014/content/articles_detail/
- Moumoutzis, N., Christoulakis, M., Pitsiladis, A., Maragoudakis, I., Christodoulakis, S., Menioudakis, M., Koutsabesi, J., & Tzoganidis, M. (2017). Using New Media Arts to Enable Project-Based Learning in Technological Education. *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 287–296. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2017.7942861>
- Muhibbuddin., Artika, W., & Nurmaliah, C. (2023). Improving Critical Thinking Skills Through Higher Order Thinking Skills (HOTS)-Based Sience. *International Journal of Instruction*, 16(4), 283-296.
- Noris, M., Saputro, S., & Muzzazinah, M. (2023). The Development of Problem Based Learning-Based VirtualLlaboratory Media to Improve Critical Thinking Ability of Junior High School Students. In AIP Conference Proceedings, 2805 (1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0147995>
- OECD. (2023). PISA 2022 Results (Volume I): *The State of Learning and Equity in Education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Pursitasari, I. D., & Permanasari, A. (2012). Analisis Pemahaman Konsep Dan Kesulitan Mahasiswa Untuk Pengembangan Program Perkuliahian Dasar-Dasar Kimia Analitik Berbasis Problem Solving. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 1(1), 98–101.
- Sakti, I., Nirwana, N., & Swistoro, E. (2021). Penerapan Model Project based learning Untuk Meningkatkan Literasi Sains Mahasiswa Pensiikan IPA. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(1), 35–42. <https://doi.org/10.33369/jkf.4.1.35-42>
- Siregar, A. D., & Harahap, L. K. (2020). Pengembangan E-Modul Berbasis Project based learning Terintegrasi Media Komputasi Hyperchem Pada Materi Bentuk Molekul. *Jurnal Penelitian Pendidikan Sains*, 10(01), 1925–1931. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/jpps>
- Situmorang, M., Gultom, S., Mansyur, A., Gultom, S., Restu, & Ritonga, W. (2022). Implementation of Learning Innovations to Improve Teacher Competence in Professional Certificate Programs for In-Service Teachers. *International Journal of Instruction*, 15(2), 675–696. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15237a>
- Solikhin, F., & Wijanarko, A. (2021a). The Development of Android-Based Learning Media (Chemdroid) on The Topic Thermochemistry to Improve The Students' Achievement. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 6(2), 138. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v6i2.46849>
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Widyasari, F., Indriyanti, N. Y., & Mulyani, S. (2018). The Effect of Chemistry Learning with PjBL and PBL Model Based on Tetrahedral Chemistry Representation in term of Student's Creativity. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 3(2), 93. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v3i2.16638>