

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS *PROJECT BASED LEARNING* PADA MATERI TITRASI KOMPLEKSOMETRI

Rafidah Almira Samosir^{1*}, Mutia Ardila¹

¹Pendidikan Kimia, Universitas Negeri medan, Medan, Indonesia

*Email: rafidah@unimed.ac.id

Article History:

Received: April 25, 2025

Revised: May 26, 2025

Accepted: May 30, 2025

Published: June 2, 2025

DOI: <http://dx.doi.org/10.22373/lj.v13i1.29923>

ABSTRACT

Research on developing project-based learning materials for complexometric titration materials is still rare, despite the fact that these materials have shown promise in chemical education. The objective of this project is to create a complexometric titration learning resource based on Project-Based Learning (PjBL) and assess its viability and efficacy in improving students' psychomotor abilities and learning outcomes. Using the ADDIE paradigm, the study used a Research and Development (R&D) methodology. The media, which includes instructive videos, digital resources, and a useful mini-project, was created with Adobe Flash CS6. 42 chemical education students from Universitas Negeri Medan (UNIMED) participated in a restricted trial after validation by two subject matter experts and two media experts. Subject matter experts and media experts gave the validation results an average score of 3.29 and 3.46, respectively, which both fell into the "highly feasible" category. During the implementation phase, the experimental class outperformed the control group in terms of learning outcomes (gain score of 0.722) and psychomotor skills (average score of 3.64). With an average score of 3.46, students' reactions to the media were likewise very favorable. These results demonstrate that the developed media is useful for enhancing students' engagement in learning complexometric titration, conceptual knowledge, and laboratory skills.

Keywords: *project-based learning, learning media, complexometric titration, psychomotor skills, learning outcomes*

PENDAHULUAN

Inovasi dalam bidang pendidikan abad ke-21 telah mendorong kemajuan yang lebih kreatif dalam pengembangan teknologi interaktif (Leow, 2014). Dalam pembelajaran kimia, berbagai inovasi yang telah berhasil digunakan, diantaranya adalah inovasi pembelajaran menggunakan media, inovasi pembelajaran berbasis teknologi informasi, dan pembelajaran berbasis proyek (Khan & Abid, 2017; M. Situmorang *et al.*, 2015). 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 (Rifai dkk., 2021; Widyasari *et al.*, 2018). Dengan demikian, adaptasi teknologi baru dan pembelajaran proyek terhadap kebutuhan pembelajaran kimia menjadi menjadi bagian penting dari inovasi pembelajaran yang interaktif dan relevan dengan tuntutan abad ke-21 (Kholid *et al.*, 2024; Lestari *et al.*, 2024; Rizki *et al.*, 2020).

Media pembelajaran berbasis proyek merupakan salah satu inovasi pembelajaran yang menempatkan mahasiswa sebagai subjek yang dilakukan secara kolaboratif, interaktif dan inovatif (Amalia & Effendi Thahar, 2024; Hasyim & Ahmad, 2021; Surbakti *et al.*, 2023). Keterlibatan peserta didik dalam pembuatan proyek memungkinkan mereka menghasilkan produk nyata yang dapat dinilai manfaat dan kualitasnya (Ariefiani *et al.*, 2016). Pembelajaran berbasis proyek berfungsi untuk mengintegrasikan dan menerapkan: (i) pengetahuan baru yang terstruktur dari materi perkuliahan, (ii) pengetahuan yang diperoleh dari mata kuliah lain, (iii) pengalaman hidup sebelumnya, serta (iv) pengetahuan baru yang diperoleh secara mandiri (Zancul *et al.*, 2017).

Selain itu, PjBL terdiri dari beberapa tahapan penting, antara lain: perumusan pertanyaan utama, perencanaan aktivitas, penjadwalan pelaksanaan, pemantauan proses, penilaian hasil, hingga refleksi dan evaluasi—dapat diperkuat melalui integrasi media berbasis teknologi untuk meningkatkan partisipasi aktif mahasiswa (Anggraini & Wulandari, 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; Samosir *et al.*, 2025; Solikhin & Wijanarko, 2021b), fokusnya masih bersifat umum dan belum secara khusus diarahkan pada pengembangan media interaktif untuk materi titrasi kompleksometri. 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 titrasi kompleksometri.

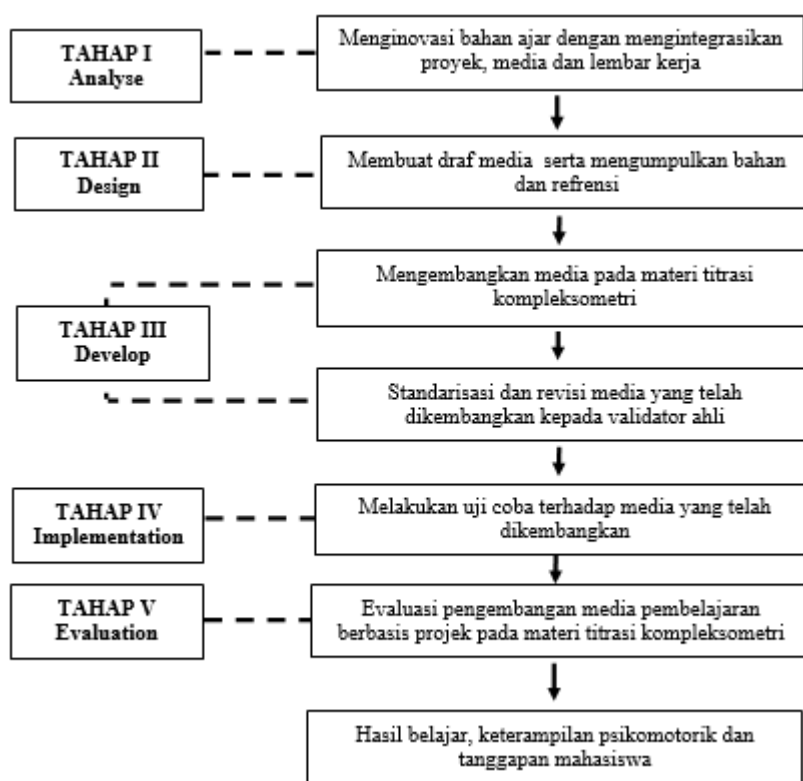
Pemilihan materi titrasi kompleksometri didasarkan pada tingkat kesulitan konsep dan pentingnya materi (Pursitasari & Permanasari, 2012) ini dalam konteks dunia kerja, seperti di bidang farmasi, pengujian air, dan industri kimia (Doble *et al.*, 2025). Selain itu, minimnya media yang mengakomodasi visualisasi kompleks dari reaksi pembentukan kompleks (Yamtinah *et al.*, 2023) 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 titrasi kompleksometri masih jarang ditemukan. Padahal, Pengajaran titrasi kompleksometri saat ini masih menghadapi tantangan dalam membantu mahasiswa memahami konsep-konsep penting (Liu *et al.*, 2021; Mulyani *et al.*, 2023). Materi titrasi kompleksometri termasuk dalam kategori materi yang sulit dipahami oleh mahasiswa karena banyaknya prosedur eksperimen dan perhitungan stoikiometri di dalamnya (Boachie *et al.*, 2021; Salame *et al.*, 2022). Pengajaran melalui eksperimen laboratorium sering kali membosankan, dan parameter yang dihasilkan tidak selalu konsisten karena kesalahan dalam proses operasional (Liu *et al.*, 2022). Oleh karena itu, diperlukan pengembangan media pembelajaran berbasis proyek based learning yang dibuat khusus untuk mahasiswa Pendidikan Kimia pada materi titrasi kompleksometri, dilengkapi dengan proyek berbasis eksperimen, panduan digital, video tutorial, serta evaluasi berbasis proyek yang terstruktur, sehingga dapat memberikan pengalaman belajar otentik yang berorientasi pada penguatan keterampilan laboratorium (Kassa *et al.*, 2024; Situmorang *et al.*, 2021).

Dengan adanya media pembelajaran berbasis project based learning yang dirancang khusus untuk materi Titrasi Kompleksometri, penelitian ini berupaya mengkaji kualitas kelayakan media tersebut sekaligus menelaah tanggapan mahasiswa terhadap penerapannya dalam proses pembelajaran. Hasil yang diperoleh diharapkan mampu menjadi dasar dalam merumuskan strategi pembelajaran yang lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan praktikum dan hasil belajar (Akinbo, 2014; Buchberger *et al.*, 2020; Cao *et al.*, 2025; McLaughlin *et al.*, 2024).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk memperoleh suatu produk dengan menguji keefektifan dari produk tersebut (Sugiyono, 2010) yang berorientasi pengembangan media berbasis project based learning pada materi titrasi kompleksometri. Penelitian ini menggunakan model pengembangan *ADDIE* (*Analysis, Design, Develop, Implementation, Evaluation*) (Branch, 2009) dikolaborasikan dengan desain model pengembangan Zurweni & Erwin (2017) yang memberikan penekanan lebih pada evaluasi formatif secara sistematis di setiap tahapan, serta integrasi pendekatan pedagogis yang kontekstual dengan kebutuhan peserta didik.



Gambar 1. Model Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Proyek

Subjek penelitian ini adalah dua orang dosen ahli kimia analitik yang sedang aktif mengajar mata kuliah Kimia Analitik di UNIMED dengan kriteria pendidikan minimal S2 dan memiliki pengalaman mengajar minimal 5 tahun, serta dua dosen ahli media yang sedang aktif mengajar dan profesional di bidang multimedia, dan 42 orang mahasiswa Pendidikan kimia yang mempelajari kimia analitik, terdiri dari kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui berbagai teknik dan instrumen yang disesuaikan dengan tujuan pada setiap tahap pengembangan. Teknik-teknik

tersebut meliputi observasi awal, angket validasi oleh ahli materi dan ahli media, angket respons mahasiswa, tes hasil belajar, serta lembar observasi keterampilan psikomotorik mahasiswa. Seluruh instrumen penelitian telah melalui proses validasi oleh ahli untuk memastikan keabsahan dan keterandalannya sebelum digunakan dalam tahap pengumpulan data.

Data penelitian merupakan data kuantitatif dan kualitatif yang diperoleh melalui berbagai instrumen pada tahap validasi dan implementasi media pembelajaran berbasis project based learning. Data kuantitatif diperoleh dari hasil penilaian oleh validator ahli materi dan ahli media, hasil tes belajar mahasiswa, observasi keterampilan psikomotorik, serta angket tanggapan mahasiswa terhadap media pembelajaran. Sementara itu, data kualitatif diperoleh dari tanggapan terbuka mahasiswa yang menggambarkan kemudahan, hambatan, dan pengalaman mereka selama menggunakan media pembelajaran.

Data yang diperoleh berdasarkan instrumen ahli materi dan ahli media, dihitung hasil pengisian angket menggunakan persamaan berikut ini.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

Keterangan :

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

$\sum X$ = Jumlah jawaban penilaian validator/subjek uji

n = jumlah validator/subjek uji

Adapun kriteria penilaian multimedia ahli media dan ahli materi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Begitupun dengan kriteria tanggapan mahasiswa juga dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Validasi Bahan Ajar dan Tanggapan Mahasiswa

Rata-Rata	Kriteria validasi	Kriteria Tanggapan Mahasiswa
3,26 – 4,00	Sangat Layak	Sangat Baik
2,51 – 3,25	Layak	Baik
1,76 – 2,50	Cukup Layak	Kurang Baik
1,00 – 1,75	Tidak layak	Tidak Baik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis (*Analysis*)

Pada tahap ini, peneliti melakukan analisis kebutuhan melalui kegiatan observasi di Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Negeri Medan (UNIMED). Observasi difokuskan pada proses pembelajaran mata kuliah Kimia Analitik, khususnya pada implementasi kurikulum baru yang mengintegrasikan pembelajaran teori dan praktik laboratorium. Hasil

observasi menunjukkan bahwa pembelajaran telah mengarah pada pendekatan integratif, namun masih terdapat keterbatasan dalam penggunaan media pembelajaran yang mendukung pemahaman mahasiswa. Selain itu, pembelajaran juga belum dilengkapi dengan media berbasis proyek yang dapat memvisualisasikan prinsip-prinsip eksperimen, sehingga mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep praktikum secara menyeluruh.

Temuan ini mengindikasikan perlunya pengembangan media pembelajaran berbasis multimedia yang terintegrasi dengan pendekatan *project based learning* untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran Kimia Analitik. Sumarni *et al.* (2016) berpendapat bahwa bahwa 85% siswa mencapai ketuntasan pembelajaran pada aspek pemahaman konsep dan psikomotorik dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa fokus tetap pada keterampilan kognitif, namun keterampilan kognitif perlu didukung dengan baik oleh keterampilan psikomotorik dan keterampilan afektif. Selain itu, proses belajar mengajar memanfaatkan media untuk pembelajaran berbasis proyek memiliki tingkat kepuasan 90% atau sangat tinggi yang mampu mengembangkan pembelajaran secara mandiri (Bae & Lee, 2015). Selain itu, Tukiyo *et al.*, (2024) juga berpendapat bahwa pembelajaran dengan memanfaatkan bahan ajar menggunakan proyek memberikan pengaruh sebesar 61% terhadap pembelajaran di kelas. Tidak hanya hasil belajar, namun juga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan analisis sehingga akan diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai materi kimia.

Setelah dilakukan analisis kebutuhan, maka peneliti melakukan analisis konteks pembelajaran. Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa materi pada titrasi kompleksometri sesuai dengan sasaran dan kompetensi dalam proses pembelajaran dengan mempertimbangkan proyek yang relevan dan menyediakan kegiatan laboratorium yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Deskripsi Kesesuaian Subtopik Materi Dengan Mini Proyek Dan Video Pembelajaran

Subtopik	Deskripsi Materi Pembelajaran denhan Proyek	Proyek dan Media
Senyawa kompleks	Materi pembelajaran senyawa kompleks, dilengkapi dengan contoh soal dan video	Media 1
Prinsip titrasi kompleksometri	Materi pembelajaran senyawa kompleks, dilengkapi dengan contoh soal dan video	Proyek 1, media 2
Indikator titrasi kompleksometri	Materi pembelajaran senyawa kompleks, dilengkapi dengan contoh soal dan video	Media 3
Bahan pengkelat	Materi pembelajaran senyawa kompleks, dilengkapi dengan contoh soal dan video	Proyek 2, media 4
Titrasi menggunakan EDTA	Langkah dan prosedur persiapan yang harus diikuti dalam persiapan larutan standar, prosedur standarisasi untuk mendapatkan konsentrasi larutan	Proyek 3 dan 4, media 5

<i>Protective Compounds</i> Aplikasi kompleksometri	yang tepat, pretreatment sampel untuk titrasi kompleksometri. Prosedur dilengkapi dengan video Materi pembelajaran senyawa kompleks, dilengkapi dengan contoh soal dan video	Media 6
	Penerapan titrasi kompleksometri untuk penentuan sampel makanan dan industri cocok untuk proyek yang dilaksanakan oleh mahasiswa yang dapat dilaksanakan sebagai mini project.	Proyek 5 dan 6, media 7

Tabel 2 menyajikan deskripsi kesesuaian sub-topik materi dengan kompetensi dan kegiatan proyek yang akan dilakukan mahasiswa. Pada setiap sub-topik disajikan dengan materi pembelajaran, contoh soal, serta video pendukung pemahaman konsep dan kegiatan proyek. Di dalam media terdapat 6 set kegiatan proyek yang diintegrasikan ke dalam paket pembelajaran sesuai dengan subtopik titrasi kompleksometri.

Desain (*Design*)

Setelah tahap analisis kebutuhan selesai dilakukan, kegiatan dilanjutkan pada tahap perancangan (*design*). Tahap ini meliputi tiga kegiatan utama, yaitu: (1) merancang instrumen penilaian media dan keterampilan psikomotorik, (2) mengembangkan dan memilih materi pembelajaran, serta (3) merancang *storyboard* media pembelajaran.

Pada kegiatan pertama, perancangan instrumen penilaian media dilakukan dengan menganalisis berbagai aspek yang disesuaikan dengan Standar Nasional Pendidikan Tinggi (SN-Dikti). Aspek-aspek tersebut meliputi kesesuaian isi dengan capaian pembelajaran, kesesuaian isi dengan proses pembelajaran berbasis proyek, kelayakan bahasa, dan kemanfaatan materi dalam konteks pembelajaran Kimia Analitik. Selain itu, dirancang pula instrumen observasi keterampilan psikomotorik mahasiswa yang akan digunakan pada tahap implementasi.

Kegiatan kedua mencakup pengembangan dan seleksi materi pembelajaran yang akan digunakan dalam media. Materi dikembangkan berdasarkan topik-topik utama dalam titrasi kompleksometri, yaitu: (1) Senyawa Kompleks, (2) Prinsip Titrasi Kompleksometri, (3) Indikator Titrasi Kompleksometri, (4) Bahan Pengkelat, (5) Titrasi dengan EDTA, (6) Senyawa Protektif (*protective compounds*), dan (7) Aplikasi Titrasi Kompleksometri. Selain materi utama, disusun pula soal latihan, contoh soal, dan bahan audiovisual dalam bentuk video pembelajaran untuk mendukung pemahaman mahasiswa. Video pembelajaran ini dikembangkan menggunakan perangkat lunak Camtasia, dengan tujuan untuk memvisualisasikan konsep-konsep eksperimen secara lebih konkret dan menarik.

Kegiatan ketiga adalah perancangan *storyboard* media sebagai acuan dalam pengembangan media digital. *Storyboard* dirancang untuk memastikan alur navigasi yang sistematis, keterpaduan antara konten dan visual, serta kemudahan penggunaan bagi mahasiswa. Rancangan *storyboard* ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam tahap pengembangan, sehingga media yang dihasilkan memiliki struktur dan interaktivitas yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran berbasis proyek.

Pengembangan (*Develop*)

Tahap ketiga dalam proses ini adalah tahap pengembangan media, yang terdiri atas tiga kegiatan utama, yaitu: (1) perancangan *mini project*, (2) desain media pembelajaran, dan (3) pengembangan media interaktif. Pada tahap awal, sebelum merancang *mini project*, peneliti terlebih dahulu menetapkan sub-sub materi pada topik titrasi kompleksometri. Proses ini dilanjutkan dengan kegiatan pengayaan materi, yang dilakukan melalui penambahan contoh-contoh kontekstual dan integrasi elemen proyek ke dalam materi pembelajaran. *Mini project* yang dikembangkan berupa video praktikum titrasi kompleksometri, yang diproduksi secara langsung oleh peneliti untuk memberikan ilustrasi nyata terhadap prosedur dan prinsip titrasi

Selanjutnya, dilakukan perancangan media pembelajaran yang meliputi gambar, contoh soal, latihan soal, animasi, serta video proyek yang relevan dan mendukung materi titrasi kompleksometri. Poin-poin dalam aspek kriteria kelayakan digunakan sebagai dasar dalam proses pengembangan media tersebut. Rincian aspek kriteria kelayakan yang dikembangkan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Aspek Kriteria Kelayakan Media yang Dikembangkan

Aspek Kelayakan yang dikembangkan	Keterangan
Ketepatan isi dengan kompetensi yang ingin dicapai	a. Menyusun materi titrasi kompleksometri yang mencakup semua submateri yang terkandung dalam capaian pembelajaran; dan b. Membuat mini proyek yang sesuai dengan capaian pembelajaran
Ketepatan Isi dengan Proses Pembelajaran	a. Membuat contoh soal dan latihan yang disajikan yang mampu mempermudah memahami materi; dan b. Membuat video mini proyek yang sesuai dengan fakta yang dapat diamati
Kelayakan bahasa	Menggunakan bahasa yang menumbuhkan stimulasi untuk menimbulkan rasa ingin tahu
Kemanfaatan materi	a. Menyajikan materi yang memudahkan mahasiswa mengerjakan tugas proyek; dan b. Menyediakan materi yang memudahkan dalam memahami

Kualitas video yang ditampilkan	titrasi kompleksometri
	a. Membuat video pembelajaran sesuai dengan materi yang disajikan;
	b. Menyesuaikan ukuran video dengan ukuran media; dan
Kemudahan penggunaan	c. Membuat video dengan kualitas baik sehingga mendukung proses belajar
	Membuat multimedia yang mudah digunakan mahasiswa
	Menyediakan video dengan kualitas suara yang baik
Kejelasan suara	a. Memilih warna teks dan background yang sesuai agar mudah dibaca; dan
Kejelasan teks/keterbacaan	b. Memilih bentuk huruf yang sesuai
Kesesuaian penempatan kalimat	a. Mengatur jarak yang digunakan setiap kalimat pada media; dan
	b. Menyesuaikan bentuk dan ukuran huruf yang digunakan pada media
	a. Mengatur letak video sesuai dengan background dan warna
Penyajian video	b. Menyelaraskan tata letak tulisan dengan video;
Tata letak	c. Membuat tampilan judul lebih jelas; dan
	d. Menyesuaikan proporsi gambar dengan tulisan pada video

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 3, tahap selanjutnya adalah mengembangkan media pembelajaran pada materi titrasi kompleksometri dengan mengintegrasikan capaian pembelajaran (CP), media pembelajaran, dan materi ajar. Media ini mencakup video praktikum, *mini project*, lembar kerja, serta contoh soal dan latihan soal, yang kemudian digabungkan ke dalam sebuah perangkat lunak berbasis Adobe Flash CS6. Media pembelajaran yang dikembangkan dalam format *flash* ini bertujuan untuk memungkinkan mahasiswa belajar secara mandiri, berulang kali, serta mendukung pencapaian kompetensi yang diharapkan melalui proses pembelajaran yang efektif dan efisien (Kurniasih & Kurniati, 2015; Manurung & Simaremare, 2022; Rohimat, 2022).

Di dalam multimedia juga disertakan video pembelajaran yang memudahkan mahasiswa dalam memahami materi dan video mini proyek yang mampu memudahkan mahasiswa dalam melakukan praktikum titrasi kompleksometri. Selain itu, juga dilengkapi dengan gambar-gambar yang relevan dengan materi titrasi kompleksometri yang berguna untuk meningkatkan daya tarik mahasiswa terhadap multimedia. Dengan adanya pembelajaran proyek dengan media sangat mendukung kualitas pengajaran dan proses pembelajaran (Surbakti *et al.*, 2023). Selain itu, media ini akan memudahkan mahasiswa dalam belajar atau mengerjakan tugas baik secara mandiri ataupun kelompok tanpa harus membawa buku kemana-mana dikarenakan multimedia ini dapat dibuka di laptop maupun handphone. Selain itu,

mahasiswa juga dapat mengulang-ulang mempelajari materi karena multimedia lebih praktis dan mudah digunakan (Afrina *et al.*, 2023).



Gambar 2. Tampilan Media yang Dikembangkan (a) Halaman Depan; (b) Halaman Isi

Media yang telah dikembangkan kemudian divalidasi oleh dosen/ahli yang selanjutnya disebut dengan validator ahli materi dan validator ahli media. Validator ahli materi pada penelitian ini memiliki kualifikasi pendidikan S2 & S3 dengan masing-masing ahli dalam materi titrasi kompleksometri. Hasil validasi validator ahli materi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli Materi

Komponen Kelayakan	Deskripsi	Respon	Keterangan
Ketepatan isi dengan kompetensi yang ingin dicapai	Kesesuaian isi materi dan proyek dengan capaian pembelajaran mata kuliah yang akan dicapai oleh mahasiswa	3,00	Layak
Ketepatan isi dengan proses pembelajaran	Kedalaman, ketepatan dan kesesuaian kandungan bahan kimia dengan kebutuhan mahasiswa sarjana kimia	3,21	Layak
Kelayakan bahasa	Bahan ajar dan proyek mudah dipelajari, bahasa sederhana dan mudah dipahami, memiliki pesan ilmiah, menulis simbol, struktur dan rumus kimia yang benar	3,63	Sangat Layak

Kemanfaatan materi	Isi dari mini proyek sudah lengkap dan jelas, topik disajikan secara sistematis, terdiri dari pendahuluan, isi utama, aplikasi untuk kehidupan nyata	3,33	Sangat Layak
Rata-Rata		3,29	Sangat Layak

Data pada Tabel 5 menunjukkan hasil rata-rata standarisasi multimedia ahli materi memperoleh nilai 3,29 dengan kategori sangat layak. Hasil validasi menunjukkan bahwa materi titrasi kompleksometri pada multimedia yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran. Setelah melakukan validasi ahli materi maka dilanjutkan untuk melakukan validasi ahli media. Validator ahli media pada penelitian ini memiliki kualifikasi pendidikan S2 dengan masing-masing ahli dalam media. Hasil validasi oleh validator ahli dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Validasi Ahli Media pada Pembelajaran Titrasi Kompleksometri

Komponen Kelayakan	Deskripsi	Respon	Keterangan
Kualitas Media	Kualitas video yang ditampilkan	3,75	Sangat Layak
	Kemudahan penggunaan	3,50	Sangat Layak
	Kejelasan suara	3,50	Sangat Layak
	Kejelasan teks/keterbacaan	3,40	Sangat Layak
Bahasa	Kualitas penggunaan bahasa	3,50	Sangat Layak
	Kesesuaian penempatan kalimat	3,17	Layak
Tata Letak (<i>layout</i>)	Penyajian video	3,63	Sangat Layak
	Tata letak	3,33	Sangat Layak
Rata-Rata		3,46	Sangat Layak

Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa hasil rata-rata validasi ahli media memperoleh nilai 3,46 dengan kategori sangat layak. Hasil validasi menunjukkan bahwa media yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran. Hal ini sejalan dengan penelitian Yustiqvar *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa multimedia interaktif berbasis green chemistry pada topik asam basa secara umum memiliki validitas tinggi dengan persentase kelayakan silabus 85,53%, persentase kelayakan rencana pembelajaran 78,67%, persentase kelayakan media pembelajaran 81,08%, persentase kelayakan bahan ajar 79,42%, persentase kelayakan literasi sains. Berdasarkan hasil validasi media pembelajaran berbasis proyek yang dilakukan oleh Maiasputri *et al.*, (2018) membuktikan bahwa hasil analisis validitas diperoleh nilai rata-rata 85,83% termasuk kriteria sangat valid ditentukan berdasarkan aspek didaktik, konstruk, teknik dan bahasa. Selain itu, Hawu *et al.*, (2023) berpendapat bahwa media pembelajaran layak

digunakan dalam proses pembelajaran. Widodo & Joko, (2015) juga menyatakan bahwa perangkat pembelajaran berbasis proyek sangat valid digunakan dengan hasil 71,87%.

Implementasi (*Implementation*)

Setelah media pembelajaran divalidasi, tahap selanjutnya adalah implementasi yang dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Medan. Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan media berbasis *project based learning* terhadap peningkatan hasil belajar dan keterampilan psikomotorik mahasiswa dalam praktikum titrasi kompleksometri.

Selama implementasi, peneliti mengobservasi proses pembelajaran dan menilai keterampilan psikomotorik mahasiswa menggunakan lembar observasi yang telah divalidasi. Berdasarkan Tabel 6, rata-rata nilai keterampilan psikomotorik kelas eksperimen adalah $3,64 \pm 0,366$ (kategori sangat terampil), lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yaitu $3,32 \pm 0,435$. Indikator paling menonjol terlihat pada aspek “menyiapkan dan merangkai alat titrasi” ($3,76$ vs $2,85$) dan “melakukan titrasi serta menentukan titik akhir” ($3,70$ vs $3,50$).

Tabel 6. Hasil Keterampilan Psikomotorik Kelas Eksperimen dan Kontrol

Indikator	Hasil tiap kelas	
	Eksperimen	Kontrol
Menyiapkan dan merangkai alat titrasi	$3,76 \pm 0,22$	$2,85 \pm 0,53$
Membilas buret dengan benar	$3,51 \pm 0,37$	$3,10 \pm 0,33$
Mengisi titran ke dalam buret	$3,28 \pm 0,47$	$2,98 \pm 0,32$
Membuat larutan baku EDTA	$3,69 \pm 0,32$	$3,42 \pm 0,31$
Melakukan titrasi dan menentukan titik akhir titrasi	$3,70 \pm 0,31$	$3,50 \pm 0,30$
Pencatatan	$3,81 \pm 0,00$	$3,76 \pm 0,00$
Pembersihan	$3,89 \pm 0,10$	$3,79 \pm 0,06$
Rata-Rata	$3,64 \pm 0,366$	$3,32 \pm 0,435$

Kriteria : 3,26-4,00 : Sangat Terampil, 2,51-3,25 : Terampil, 1,76-2,50 : Kurang Terampil, 1,00-1,75: Tidak Terampil

Selain keterampilan, hasil belajar mahasiswa juga dievaluasi melalui laporan proyek dan tes formatif. Seperti ditampilkan pada Tabel 7, rata-rata nilai laporan proyek kelas eksperimen adalah $88,19 \pm 3,26$, sedangkan kelas kontrol $86,00 \pm 2,14$. Kenaikan nilai pretest ke posttest juga lebih tinggi pada kelas eksperimen (*gain* 0,722) dibandingkan kelas kontrol (*gain* 0,635).

Keberhasilan implementasi ini tidak terlepas dari karakteristik media yang interaktif dan kontekstual, seperti penggunaan video praktikum (Hartati & Siregar, 2024), contoh soal, animasi (Dheadema dkk., 2023), serta mini proyek (Rahmawati, 2023). Pendekatan ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang menekankan pentingnya keterlibatan aktif mahasiswa dalam

membangun pengetahuan melalui pengalaman belajar yang bermakna (Lathifah dkk., 2024; Masgumelar & Mustafa, 2021).

Tabel 7. Hasil Belajar Mahasiswa Berdasarkan Laporan Proyek dan Pretest-Posttest

Aspek Penilaian Hasil Belajar	Nilai Capaian Mahasiswa	
	Eksperimen	Kontrol
Rata-rata nilai laporan proyek	88,19 ± 3,26	86,00 ± 2,14
Rata-rata nilai <i>pretest</i>	27,14 ± 7,34	28,33 ± 6,58
Rata-rata nilai <i>posttest</i>	79,76 ± 6,02	73,80 ± 5,32
Rata-rata <i>gain</i> hasil belajar	0,722 ± 0,122	0,635 ± 0,104

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian (Fajarwati et al., 2017) yang menyatakan bahwa implementasi project based learning berbantuan multimedia secara signifikan meningkatkan hasil belajar psikomotorik mahasiswa. Dukungan juga datang dari Martalina *et al.*, (2018), yang menyimpulkan bahwa penggunaan bahan ajar inovatif berbasis proyek dan multimedia mampu meningkatkan motivasi, antusiasme, serta keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran.

Evaluasi (*Evaluation*)

Evaluasi media pembelajaran dilakukan pada tahap akhir dengan menyebarkan angket tanggapan kepada 42 mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia. Angket terdiri dari 25 pernyataan menggunakan skala Likert, bertujuan untuk mengukur respons mahasiswa terhadap media berbasis project based learning pada materi titrasi kompleksometri.

Hasil evaluasi yang disajikan pada Tabel 8 menunjukkan bahwa rata-rata tanggapan mahasiswa terhadap media adalah 3,46, yang termasuk dalam kategori sangat baik. Indikator dengan skor tertinggi adalah kepuasan (*satisfaction*) sebesar 3,55, disusul oleh keikutsertaan (*engagement*) sebesar 3,50. Sementara itu, indikator lainnya seperti tantangan, keingintahuan, keyakinan, perhatian, dan keterkaitan juga memperoleh nilai tinggi, masing-masing di atas 3,40.

Tabel 8. Hasil Tanggapan Mahasiswa Terhadap Media Berbasis Project based learning

Indikator	Respon	Keterangan
Tantangan (<i>challenge</i>)	3,47	Sangat Baik
Keingintahuan (<i>curiosity</i>)	3,45	Sangat Baik
Keikutsertaan (<i>engagement</i>)	3,50	Sangat Baik
Keyakinan (<i>confidence</i>)	3,41	Sangat Baik
Perhatian (<i>attention</i>)	3,41	Sangat Baik
Keterkaitan (<i>relevance</i>)	3,45	Sangat Baik
Kepuasan (<i>satisfaction</i>)	3,55	Sangat Baik
Rata-Rata	3,46	Sangat Baik

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 titrasi kompleksometri, namun juga membantu mereka dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis, analisis dan kemampuan belajar mandiri.

Temuan ini didukung oleh Fuldijatman & Ekaputra, (2023) yang menyatakan bahwa pembelajaran proyek dengan media mampu meningkatkan rasa tanggung jawab, rasa ingin tahu dan kepedulian mahasiswa. Silaban *et al.*, (2022) juga menyatakan bahwa Penggunaan media pembelajaran dapat memfasilitasi pemahaman materi melalui desain interaktif yang memotivasi partisipasi aktif. 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 siswa

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis project based learning sangat valid dan efektif digunakan dalam pembelajaran titrasi kompleksometri. 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 Project based learning (PjBL) pada materi titrasi kompleksometri 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, soal, video pembelajaran, serta proyek mini yang disusun dalam storyboard untuk memastikan kesesuaian konten dengan capaian pembelajaran. Pada tahap develop, media dikembangkan menggunakan Adobe Flash CS6 dengan integrasi enam proyek

Lantanida Journal, 13(1): 85-106

praktikum dan tujuh video pembelajaran. Hasil validasi menunjukkan media dinyatakan sangat layak, dengan skor rata-rata 3,29 dari ahli materi dan 3,46 dari ahli media.

Tahap implementation menunjukkan bahwa penggunaan media secara signifikan meningkatkan keterampilan psikomotorik mahasiswa, dengan skor rata-rata 3,64 pada kelas eksperimen dibandingkan 3,32 pada kelas kontrol. Selain itu, rata-rata nilai laporan proyek pada kelas eksperimen mencapai 88,19, dan peningkatan hasil belajar ditunjukkan oleh *gain score* sebesar 0,722, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang hanya 0,635. Pada tahap evaluation, tanggapan mahasiswa terhadap media sangat positif, dengan skor rata-rata 3,46, yang mencerminkan kepuasan, keterlibatan, dan rasa ingin tahu yang tinggi selama proses pembelajaran.

Berdasarkan data dari setiap tahapan pengembangan, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran berbasis PjBL ini sangat layak dan efektif digunakan dalam pembelajaran titrasi kompleksometri. 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 analitik dan dikembangkan lebih lanjut pada topik-topik kimia lainnya

DAFTAR PUSTAKA

- Afrina, M., Siska, J., & Danim, S. (2023). Developing Android-Based Chemistry Learning Media Using the Inquiry Model to Improve Students' Learning Outcomes and Critical Thinking Ability. *Tadbir: Jurnal Studi Manajemen Pendidikan*, 7(2), 409. <https://doi.org/10.29240/jsmp.v7i2.8162>
- Akinbo, O. T. (2014). Bottled Water Analysis: A Tool For Service-Learning and Project-Based Learning. In *Service Learning and Environmental Chemistry: Relevant Connections* (Vol. 1177, pp. 149–191). American Chemical Society. <https://doi.org/doi:10.1021/bk-2014-1177.ch010>
- 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>
- Amalia, H., & Thahar, H. E. (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>

- Anggraini, P. D., & Wulandari, S. S. (2021). Analisis Penggunaan Model Pembelajaran Project based learning Dalam Peningkatan Keaktifan Siswa. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran (JPAP)*, 9(2). <https://journal.unesa.ac.id/index.php/jpap>
- 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>
- Ariefiani, Z., Kustono, D., & Pathmantara, S. (2016). Module Development With Project-Based Learning Approach and Assure Development Model. *Proceedings of the International Mechanical Engineering and Engineering Education Conferences (IMEEEEC 2016)*, 030036. <https://doi.org/10.1063/1.4965770>
- Bae, J. H., & Lee, H. (2015). Development of teaching-learning model with project-based learning using smart learning contents authoring tool. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 330, 1031–1036. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45402-2_146
- Boachie, S., Ameyaw Baah, K., & Quansah, F. (2021). Investigating Into Students' Challenges During Teaching And Learning Of Acid-Base Titration Practical: A Study At Berekum Presbyterian Senior High School In The Bono Region Of Ghana. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, 11(5), 571–576. <https://doi.org/10.29322/ijsrp.11.05.2021.p11359>
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer.
- Buchberger, A. R., Evans, T., & Doolittle, P. (2020). Analytical Chemistry Online? Lessons Learned from Transitioning a Project Lab Online Due to COVID-19. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2976–2980. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00799>
- Cao, J., Guan, H., & Jiang, J. (2025). A Review of the Literature on Project-Based Learning in High School Chemistry over the Past Decade in the Journal of Chemical Education. *Journal of Chemical Education*, 102(2), 599–614. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00886>
- 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.
- Dheadema, S. A., Muhairini, R., Rasmawan, R., Enawaty, E., & Lestari, I. (2023). Video Animasi Sebagai Media Pembelajaran pada Materi Hidrokarbon. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 17(2). <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JIPK>
- 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>
- Fajarwati, S., Susilo, H., & Indriwati, S. E. (2017). Pengaruh Project based learning Berbantuan Multimedia Terhadap Keterampilan Memecahkan Masalah Dan Hasil Belajar Psikomotor Siswa Kelas XI SMA. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 2(3), 315–321. <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/>
- Fuldijatman, 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>
- 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.
- Hartati, S., & Siregar, S. A. (2024). Pemanfaatan Video Pembelajaran Dalam Pembelajaran Kimia Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Kimia. *Journal of Chemistry Education and Integration*, 3(2), 111. <https://doi.org/10.24014/jcei.v3i2.32351>
- 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/>
- Hawu, A. T., Nggaba, M. E., & Randjawali, E. (2023). Development of Android-Based Mathematics Learning Media on Three Dimensional Subject Materials. *Mathline : Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 8(2), 313–328. <https://doi.org/10.31943/mathline.v8i2.349>
- 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>
- Kassa, M. M., Azene, M. K., Mengstie, S. M., & Ferede, M. W. (2024). Effect of using multimedia and dynamic classroom integrated instruction on grade 11 students' biology academic achievement. *Heliyon*, 10(18), e37315. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37315>
- Khan, Z. H., & Abid, M. I. (2017). Role of Laboratory Setup in Project-Based Learning of Freshmen Electrical Engineering in Pakistan. *International Journal of Electrical Engineering and Education*, 54(2), 150–163. <https://doi.org/10.1177/0020720916689103>
- 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>
- Kholid, I., Harizon, H., & Hasibuan, M. H. E. (2024). The Development of a Project-Based Multimedia and Its Effectiveness in Improving Students' Higher Order Thinking Skills About Chemistry Bonding concept. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 16(3), 230–237.
<https://doi.org/10.24114/jpkim.v16i3.61477>
- 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>
- Kurniasih, D., & Kurniati, T. (2015). Media Pembelajaran Flash Untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif Mahasiswa Pada Praktikum Kimia Analitik I. *Prosiding Semirata 2015 Bidang Teknologi Informasi Dan Multi Disiplin*, 152–160.
- Lathifah, A. S., Hardaningtyas, K., Pratama, Z. A., & Moewardi, I. (2024). Penerapan Teori Belajar Konstruktivisme dalam Meningkatkan Keaktifan dan Hasil Belajar Siswa. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 3(1), 36–42.
<https://doi.org/10.54259/diajar.v3i1.2233>
- Leow, F.-T. (2014). Interactive Multimedia Learning: Innovating Classroom Education in a Malaysia University. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 13(2), 99–110.
- Lestari, N. A., Liliarsari, Irawan, N. Z. P., & Musthapa, I. (2024). Research Trends of Project-Based Learning Model in Chemistry Learning Through Bibliometric Analysis. *Indonesian Journal of Educational Research and Review*, 7(2), 404–415.
<https://doi.org/10.23887/ijerr.v7i2.79200>
- Liu, L., Ling, Y., Gao, Q., & Fu, Q. (2022). Supporting students' inquiry in accurate precipitation titration conditions with a virtual laboratory tool as learning scaffold. *Education for Chemical Engineers*, 38, 78–85.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.11.001>
- 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>
- Maiasputri, N., Lufri, A. Y., & Sumarmin, R. (2018). The Validity of the Development of Project-Based Oriented The Validity of the Development of Project-Based Oriented For High School. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 6(2), 433–438.

- Manurung, H. M., & Simaremare, J. A. (2022). Development of Interactive Organic Chemistry E-Module Using Macromedia Flash Improves Concept Mastery. *International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research*, 3(10), 2132–2141. <https://doi.org/10.11594/ijmaber.03.10.25>
- Martalina, D. S., Situmorang, M., & Sudrajat, A. (2018). The Development of Innovative Learning Material with Integration of Project and Multimedia for the Teaching of Gravimetry. *Proceedings of the 3rd Annual International Seminar on Transformative Education and Educational Leadership (AISTEEL 2018)*, 735–740. <https://doi.org/10.2991/aisteel-18.2018.160>
- Masgumelar, N. K., & Mustafa, P. S. (2021). Teori Belajar Konstruktivisme dan Implikasinya dalam Pendidikan dan Pembelajaran. *GHAITSA: Islamic Education Journal*, 1. <https://siducat.org/index.php/ghaitsa>
- 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/
- McLaughlin, S., Amir, H., Garrido, N., Turnbull, C., Rouncefield-Swales, A., Swadźba-Kwaśny, M., & Morgan, K. (2024). Evaluating the Impact of Project-Based Learning in Supporting Students with the A-Level Chemistry Curriculum in Northern Ireland. *Journal of Chemical Education*, 101(2), 537–546. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01184>
- 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>
- Mulyani, S., Nurdina, R. A., & Mahardiani, L. (2023). Improving Students Learning Outcomes and Digital Literacy on Acid-Base Titration Using Titration Screen Experiment Media. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, 7(1), 22–37. <https://doi.org/10.20961/ijpte.v0i0.72051>
- Pursitasari, I. D., & Permanasari, A. (2012). Analisis Pemahaman Konsep Dan Kesulitan Mahasiswa Untuk Pengembangan Program Perkuliahan Dasar-Dasar Kimia Analitik Berbasis Problem Solving. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 1(1), 98–101.
- Rahmawati, Y. (2023). Efektifitas Penggunaan E-Modul Berbasis Project based learning Terhadap Kompetensi Peserta Didik Pada Kurikulum Merdeka Belajar. 4(1), 293–300. <http://jurnaledukasia.org>
- Rifai, A. S., Utomo, S. B., Nurma, D., & Indriyanti, Y. (2021). Penerapan Model Project based learning Untuk Meningkatkan Kreativitas Dan Prestasi Belajar Siswa Pada Materi Pokok

- Termokimia Kelas XI IIS SMA Negeri 5 Surakarta. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 10(2), 123–129. <https://doi.org/10.20961/jpkim.v10i2.41379>
- Rizki, R., Hernando, H., Situmorang, M., & Tarigan, S. (2020). The Development of Innovative Learning Material with Project and Multimedia for Redox Titration. *Proceedings of the 7th Mathematics, Science, and Computer Science Education International Seminar, MSCEIS 2019*. <https://doi.org/10.4108/eai.12-10-2019.2296376>
- Rohimat, S. (2022). Pemanfaatan Macromedia Flash Sebagai Media Pembelajaran Kimia Secara Daring. *Jurnal Pendidikan Sultan Agung*, 2(2), 160–171.
- Sakti, I., Nirwana, N., & Swistoro, E. (2021). Penerapan Model Project based learning Untuk Meningkatkan Literasi Sains Mahasiswa Pensisikan IPA. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(1), 35–42. <https://doi.org/10.33369/jkf.4.1.35-42>
- Salame, I. I., Montero, A., & Eschweiler, D. (2022). Examining some of the Students' Challenges and Alternative Conceptions in Learning about Acid-base Titrations. *IJCER (International Journal of Chemistry Education Research)*, 1–10. <https://doi.org/10.20885/ijcer.vol6.iss1.art1>
- Samosir, R. A., Ardila, M., Pratiwi, A. J., Kurniawan, E. D. A., & Ridho, D. (2025). Integrating Virtual Laboratories in Chemistry Education: Vocational Students' Responses to Cation Qualitative Analysis. *HYDROGEN Jurnal Kependidikan Kimia*, 13(2), 370381. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v13i2.15432>
- Silaban, M. S., Nisa, S. A., Silaban, S., & Sianturi, J. (2022). The Development of Sets-Based Chemic Media on Hydrocarbon Material. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 14(2), 85–96. <https://doi.org/10.24114/jpkim.v14i2.32911>
- 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, H. N., Purba, S., & Situmorang, M. (2021). The Development of Innovative Learning Resources with Multimedia to Support Online Learning in Teaching Industrial Management. *Proceedings of the 6th Annual International Seminar on Transformative Education and Educational Leadership (AISTEEL 2021)*, 918–925. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.211110.205>
- Situmorang, M., Sitorus, M., Hutabarat, W., & Situmorang, Z. (2015). The Development of Innovative Chemistry Learning Material for Bilingual Senior High School Students in Indonesia. *International Education Studies*, 8(10), 72–85. <https://doi.org/10.5539/ies.v8n10p72>

- 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>
- Solikhin, F., & Wijanarko, A. (2021b). 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. (2010). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Sumarni, W., Wardani, S., Sudarmin, S., & Gupitasari, D. N. (2016). Project based learning (PBL) to improve psychomotoric skills: A classroom action research. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 157–163. <https://doi.org/10.15294/jpii.v5i2.4402>
- Surbakti, S. S., Sitompul, H., & Saragih, A. H. (2023). Project-Based Learning Audio-Visual Learning Media: Improving Chemistry Learning Outcomes. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, 12(8), 47–54. <https://doi.org/10.7753/ijcatr1208.1007>
- Tukiyo, T., Triyono, T., Haryono, P., Tasari, T., & Suwartini, S. (2024). Teaching Materials Using the Project based learning Model on Learning Outcomes of Elementary School Students. *Journal for Lesson and Learning Studies*, 7(2), 316–324. <https://doi.org/10.23887/jlls.v7i2.83497>
- Widodo, G., & Joko. (2015). Pengembangan Dan Implementasi Perangkat Pembelajaran Berbasism Proyek. *INVOTEC*, XI(1), 41–56.
- 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>
- Yamtinah, S., Elfi Susanti, V. H., Saputro, S., Ariani, S. R. D., Shidiq, A. S., Sari, D. R., & Ilyasa, D. G. (2023). Augmented reality learning media based on tetrahedral chemical representation: How effective in learning process? *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(8). <https://doi.org/10.29333/ejmste/13436>
- Yustiqvar, M., Gunawan, G., Hadisaputra, S., & Bon, A. T. (2019). Interactive Multimedia Product Based on Green Chemistry in the Acid-Base Concept of Chemistry Learning Process. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2082–2086.

- Zancul, E. de S., Sousa-Zomer, T. T., & Cauchick-Miguel, P. A. (2017). Project-based learning approach: improvements of an undergraduate course in new product development. *Production*, 27(spe), 1–14. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.225216>
- Zurweni, W. B., & Erwin, T. N. (2017). Development of Collaborative-Creative Learning Model using Virtual Laboratory Media for Instrumental Analytical Chemistry Lectures. *AIP Conference Proceedings*, 1–18.