



Inovasi bahan ajar kimia pemisahan berbasis proyek pada materi kromatografi pertukaran ion

Mita Mahrani

Universitas Negeri Medan

mitamahrani05@gmail.com

Info Artikel :

Diterima :

15 Agustus 2022

Disetujui :

20 Agustus 2022

Dipublikasikan :

25 Agustus 2022

ABSTRAK

Penerapan inovasi bahan ajar berbasis proyek diperlukan untuk membekali siswa menjadi pembelajar yang mandiri dalam meningkatkan pengetahuan dan kemampuan analisis mereka. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan bahan ajar inovatif berbasis proyek untuk digunakan sebagai media pembelajaran dalam kegiatan belajar mengajar dalam meningkatkan hasil belajar kimia pemisahan pada materi kromatografi pertukaran ion. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) dan standarisasi bahan ajar inovatif yang dilaksanakan pada tahun 2021/2022. Pada tahap implementasi digunakan desain penelitian dengan memberikan *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen dan kontrol. Teknik analisis yang digunakan analisis deskriptif, uji normalitas, uji homogenitas dan uji hipotesis. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu belajar ajar inovatif merupakan bahan ajar yang telah layak dengan memadukan media pembelajaran interaktif dan kegiatan proyek video dalam sebuah e-modul, sehingga memudahkan siswa untuk belajar dimana saja. Dibandingkan hasil belajar kelas kontrol dengan pembelajaran konvensional, prestasi belajar kelas eksperimen menggunakan bahan ajar berbasis proyek lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Paket pembelajaran inovatif ditemukan efektif dalam membimbing siswa belajar kimia pemisahan materi kromatografi pertukaran ion secara mandiri.

Kata Kunci: Sumber belajar inovatif, bahan ajar berbasis proyek, tingkat aktivitas, kromatografi pertukaran ion

ABSTRACT

The application of innovative project-based teaching materials is needed to equip students to become independent learners in increasing their knowledge and analytical skills. This study aims to develop and implement innovative project-based teaching materials to be used as learning media in teaching and learning activities in improving separation chemistry learning outcomes in ion exchange chromatography materials. This research is a research and development and standardization of innovative teaching materials which will be carried out in 2021/2022. At the implementation stage, a research design was used by giving pretest and posttest to the experimental and control classes. The analysis technique used is descriptive analysis, normality test, homogeneity test and hypothesis testing. The results obtained are that innovative teaching and learning are appropriate teaching materials by combining interactive learning media and video project activities in an e-module, making it easier for students to learn anywhere. Compared to the learning outcomes of the control class using ordinary textbooks, the learning achievement of the experimental class using project-based teaching materials is higher than that of the control class. The innovative learning package was found to be effective in guiding students to independently study the separation chemistry of ion exchange chromatographic materials.

Keywords: Innovative learning resources, project-based teaching materials, learning outcomes, ion exchange chromatography



©2022 Penulis. Diterbitkan oleh Arka Institute. Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Pengembangan bahan ajar inovatif dengan multimedia merupakan tindakan yang diperlukan bagi dunia pendidikan dalam meningkatkan kualitas pendidikan. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, pendidik sebagai fasilitator harus lebih kreatif dalam mengembangkan proses pembelajaran, salah satunya dengan berinovasi dalam pengembangan bahan ajar, baik dari segi teknologi maupun pendekatan menjadi sangat penting untuk pencapaian tersebut. Kurangnya kemampuan pendidik dalam menampilkan bahan ajar secara efektif didukung oleh kurangnya

keterampilan dalam membuat dan menulis bahan ajar secara mandiri. Bahan ajar yang telah ditampilkan oleh guru di kelas umumnya diperoleh dari buku teks yang disediakan oleh pemerintah atau berbagai penerbit tanpa mengikuti kebutuhan belajar siswa dimana untuk mengembangkan bahan ajar yang inovatif, guru perlu memahami tingkat minat dan bakat siswa (Sary, Tarigan & Situmorang, 2018; Wardani, Fauzi, Zafira & Kurniawati, 2020).

Mata kuliah kimia pemisahan sangat penting bagi mahasiswa jurusan kimia karena dengan mempelajari mata kuliah ini mahasiswa akan mendapatkan pengalaman dasar tentang strategi pemisahan senyawa dari campuran dengan tepat dalam memurnikan senyawa target menjadi zat bermutu tinggi yang merupakan salah satu kemampuan yang harus dimiliki oleh seorang ahli kimia dalam memenuhi kebutuhan akan keterampilan di dunia kerja setelah menyelesaikan program studi di bidang yang relevan. Masalah yang dihadapi siswa adalah kecenderungan pembelajaran yang didominasi oleh teori dan minimnya keterampilan di bidang kimia analitik, yang disebabkan oleh pembatasan kegiatan praktikum di laboratorium akibat kebijakan pembatasan sosial selama pandemi COVID-19 untuk memutus mata rantai penularan virus. Selain itu, pembelajaran cenderung mengarahkan siswa pada rumus-rumus yang menyebabkan mereka terbiasa menghafal topik tanpa mengetahui kegunaan materi yang dipelajari. Masalah ini harus diatasi melalui adanya pembelajaran berbasis proyek yang inovatif untuk membangun keterampilan dan pengetahuan siswa (Pakpahan, Situmorang, Sitorus & Silaban, 2021; Puba, Situmorang & Silaban, 2019).

Ketersediaan bahan ajar merupakan hal yang sangat penting dalam menyampaikan ilmu pengetahuan baik kepada siswa di sekolah maupun siswa di perguruan tinggi. Seiring berjalannya waktu dan perubahan sistem pendidikan, diperlukan suatu inovasi dalam bahan ajar yang digunakan. Melalui proyek, siswa memiliki waktu yang cukup untuk menerapkan keterampilan berpikir kritis untuk membangun pengetahuan dan keterampilan bidang kimia. Keleluasaan dalam menggunakan sumber belajar yang tersedia juga menjadi sebuah penghargaan ketika mengerjakan proyek untuk mencapai kompetensi yang diinginkan (Situmorang, Sinaga, Purba, Daulay, Simorangkir, Sitorus & Sudrajat, 2018; Rizki, Hernando, Situmorang & Tarigan, 2020).

Inovasi pembelajaran dengan menyediakan sumber belajar yang inovatif terbukti dapat meningkatkan hasil belajar. Pembelajaran berbasis proyek juga terbukti efektif dalam memfasilitasi siswa untuk belajar secara aktif dalam mencapai kompetensinya. Bahan ajar yang berkualitas harus mampu menyajikan materi dengan persyaratan kurikulum, mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, dan menjembatani pembelajaran untuk mencapai kompetensi yang telah ditetapkan. Pembelajaran berbasis proyek memungkinkan siswa untuk meningkatkan pengalaman belajar mereka di bidang analisis dan pemecahan masalah. Pengembangan sumber belajar yang inovatif dengan mengintegrasikan proyek dan menggabungkannya dengan multimedia yang relevan untuk digunakan dalam pembelajaran selama pandemi COVID-19 dapat meningkatkan keterampilan dan pengetahuan keterampilan seperti berpikir kreatif, berlatih memecahkan masalah yang ditemukan. Pengajaran berbasis proyek dapat menjadi salah satu pilihan pendidikan terbaik karena merupakan proses pengajaran yang berpusat pada siswa, yang menjaga minat siswa dan membuat mereka berpartisipasi aktif dalam pembelajaran mereka yang harus dilihat sebagai hasil akhir dari suatu proses penelitian (Situmorang, Sinaga, Sitorus & Sudrajat, 2022; Sutiani, 2021).

Beberapa peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian terkait pembelajaran berbasis proyek. Martalina, Situmorang & Surajat (2018) mengungkapkan materi untuk pembelajaran menggunakan proyek multimedia dapat diajarkan secara efektif kepada siswa itu sendiri, dan pembelajaran yang semula berpusat pada guru menjadi berpusat pada siswa, dapat diubah menjadi pembelajaran terpusat. Selain terjadi peningkatan aktivitas belajar hasil penelitian Samosir, Bukit, Situmorang & Simorangkir (2020) mengungkapkan bahwa penerapan inovasi bahan ajar berbasis proyek dalam pembelajaran kimia analitik terbukti mampu dalam meningkatkan memotivasi dan hasil belajar siswa dalam mempelajari topik kimia analitik dan membimbing siswa untuk belajar mandiri dimana saja dan kapan saja. Di sisi lain, temuan Nainggolan, Hutabarat, Situmorang & Sitorus (2020) membuktikan bahwa pengembangan inovasi buku kerja laboratorium kimia inovatif terintegrasi pembelajaran berbasis proyek topik sifat koligatif terbukti mampu membantu siswa untuk belajar kimia secara mandiri sehingga tahapan pembelajaran dilakukan secara sistematis, sehingga meningkatkan pengetahuan dan keterampilannya.

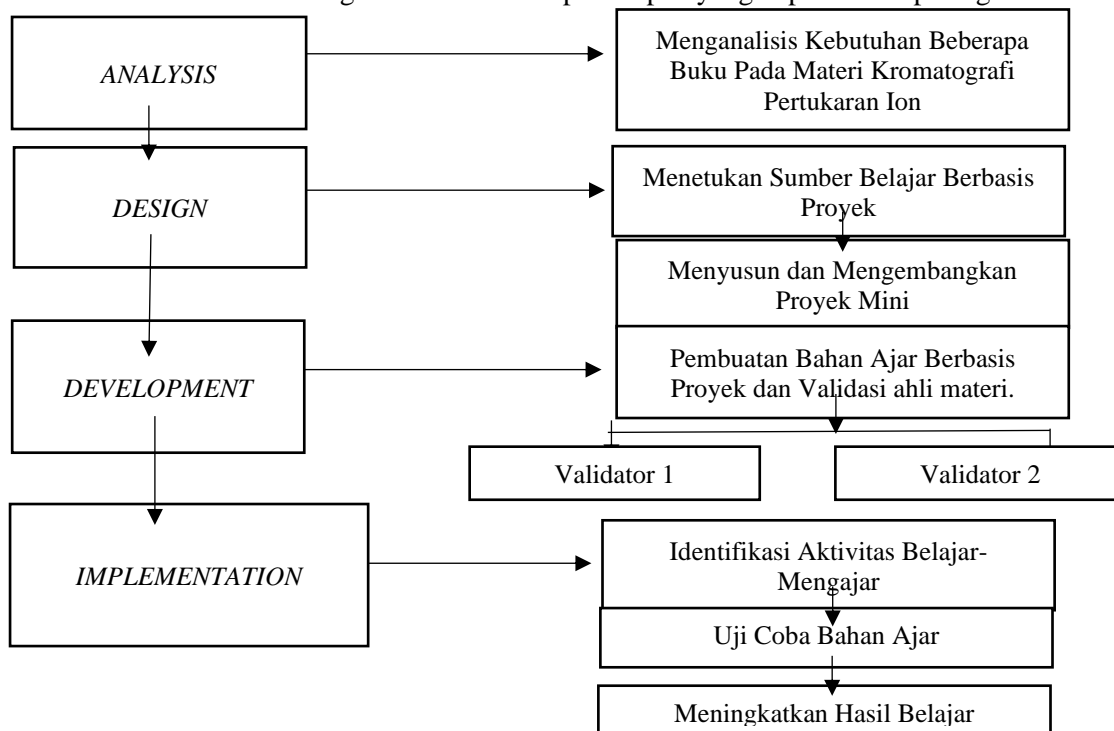
METODE PENELITIAN

Populasi dan Sampel

Penelitian ini dilaksanakan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Medan. Waktu penelitian ini pada semester Ganjil T.P 2021/2022. Sampel yang digunakan adalah mahasiswa pendidikan Kimia S1 semester V yaitu Pendidikan Kimia B dan C 2019 yang sedang mempelajari mata kuliah kimia pemisahan dengan 2 validator bahan ajar yakni dosen kimia analitik. Jenis penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (*Research and development*) dengan tipe model ADDIE dimana bahan ajar berbasis proyek dalam penelitian ini berbentuk e-modul.

Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan desain *Control Group Pretest-Posttest Design*, karena dalam rancangan ini melibatkan dua kelompok yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Penelitian ini dilakukan dengan melalui beberapa tahapan yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1 Skema Alur Penelitian

Pengembangan Sumber Belajar Inovatif dengan Proyek Terpandu

Pengembangan sumber belajar dengan proyek dilakukan mulai dari analisis buku teks kimia pemisahan topik kromatografi pertukaran ion. Paket bahan ajar yang berisi proyek topik kromatografi pertukaran ion disiapkan dengan penyesuaian kandungan lokal dan ketersediaan bahan kimia dan peralatan yang sederhana. Paket pembelajaran tersebut kemudian dievaluasi isinya oleh dosen-dosen yang berpengalaman berdasarkan kriteria yang diberikan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan Indonesia (BSNP). Serangkaian materi pembelajaran yang inovatif kemudian diberikan baik dalam versi cetak maupun elektronik.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa angket validasi bahan ajar berbasis proyek berdasarkan uji kelayakan BSNP dan tes berbasis *multiple choice* sebanyak 20 soal. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah validasi bahan ajar dengan memberikan angket kepada validator ahli yaitu dosen Kimia Universitas Negeri Medan. Soal *pretest* dan *posttest* diberikan kepada kelas eksperimen yang dibelajarkan dengan bahan ajar berbasis proyek dan kelas kontrol dengan pembelajaran konvensional pada pengajaran kromatografi pertukaran ion serta analisis data dilakukan setelah mendapatkan hasil *pretest* dan *posttest* kedua kelas.

Aktivitas Belajar-Mengajar dan Pengumpulan Data

Implementasi sumber belajar inovatif dengan proyek dilakukan pada pengajaran kromatografi pertukaran ion. Mahasiswa melakukan evaluasi (*pretest* dan *posttest*) dan aktivitas belajar-mengajar dengan bantuan aplikasi Sipda dan *whatsapp*. Evaluasi pendahuluan dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pemahaman siswa terhadap materi kromatografi pertukaran ion yang akan diajarkan. Aktivitas pembelajaran yang dilakukan mahasiswa dimulai dari (1) penulisan proposal proyek (judul, dasar teori, tujuan proyek dan sampel, bahan-bahan dan prosedur kerja); (2) pelaksanaan proyek (mendesain proyek, melakukan proyek dan mengamati hasil); (3) pelaporan proyek (judul dan dasar teori, tujuan proyek dan sampel, bahan-bahan dan prosedur kerja, pengumpulan data, hasil pengamatan beserta pembahasan, diskusi, kesimpulan dan saran). Kegiatan belajar mengajar dilakukan pada kelas eksperimen dengan menggunakan sumber belajar yang dikembangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber Belajar Inovatif dengan Proyek Terpadu

Bahan ajar inovatif disusun dengan menganalisis beberapa bahan ajar Kimia Universitas Negeri Medan Jurusan Kimia dari beberapa macam penerbit dengan menggunakan uji standarisasi berdasarkan BSNP. Berdasarkan uji standarisasi berdasarkan aspek kelayakan BSNP sumber bahan ajar yang telah dianalisis sudah cukup valid dan hanya sebagian yang memerlukan revisi. Namun, ada beberapa yang perlu dilakukan pengembangan pada cakupan materi yang kurang lengkap, kesalahan dalam urutan penjabaran materi, kurangnya contoh dan latihan soal. Inovasi pembelajaran dilakukan dengan mengintegrasikan proyek terpadu dalam bahan ajar dimana suatu proyek dapat mempermudah peserta didik dalam memahami materi kromatografi pertukaran ion. Bahan ajar inovatif berbasis proyek yang dikembangkan berbentuk e-modul yang telah memenuhi kriteria dengan rata-rata kelayakan sebesar 3,60. Sesuai dengan kriteria validasi BSNP, angka tersebut berada pada kisaran 3,26-4,00 yang menunjukkan bahwa bahan ajar inovatif berbasis proyek pada pengajaran kromatografi pertukaran ion telah valid dan tidak perlu direvisi. Untuk jenis proyek dan hasil uji kelayakan bahan ajar inovatif berbasis proyek dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1 Proyek Materi Kromatografi Pertukaran Ion

No	Sub Pokok Bahasan	Deskripsi Inovasi yang Dilakukan	Jenis Proyek	Keterampilan yang diinginkan
1	Pengantar Kromatografi Pertukaran Ion	Mengarahkan pembaca untuk mengenali dan memahami tentang konsep kromatografi pertukaran ion	Proyek 1: Penentuan jumlah kalium yang diperlukan oleh resin pada kromatografi pertukaran ion melalui titrasi penetralan	Mahasiswa dapat mengetahui jumlah kalium yang diperlukan oleh resin pada kromatografi pertukaran ion melalui titrasi penetralan
2	Pengertian Kromatografi Pertukaran Ion	Mengarahkan untuk mengingatkan kembali materi kromatografi pertukaran ion	Proyek 2: Penentuan jumlah kalium yang diperlukan oleh resin pada kromatografi pertukaran ion melalui titrasi penetralan	Mahasiswa dapat mengetahui mol ion H^+ yang tergantikan oleh ion K^+ melalui kromatografi pertukaran ion dengan titrasi asam-basa.
3	Proses Kromatografi Pertukaran Ion	Dalam penjelasannya disertai dengan gambar dan ilustrasi	Proyek 3: Proses Demineralisasi Air dengan Penukar Ion	Mahasiswa dapat menganalisis suatu percobaan dan mempelajari kadar zat yang terkandung sebelum dan
4	Resin Penukar Ion	Dalam penjelasannya dilengkapi dengan reaksi-reaksi		
5	Prinsip Kromatografi Pertukaran Ion	Dalam penjelasannya disertai dengan gambar ilustrasi		
6	Aplikasi Penggunaan Kromatografi Pertukaran Ion	Dalam penjelasan aplikasi ini disertai		

No	Sub Pokok Bahasan	Deskripsi Inovasi yang Dilakukan	Jenis Proyek	Keterampilan yang diinginkan
		dengan gambar dan penjelasannya.		sesudah melewati resin penukar ion

Tabel 2 Hasil Uji Kelayakan Bahan Ajar dengan Proyek Terpadu

No	Komponen Penilaian	Validator 1	Validator 2	Rata-Rata	Kriteria Kelayakan
1	Kelayakan Isi	3,58	3,62	3,60	Valid dan tidak perlu revisi
2	Kelayakan Bahasa	3,73	3,53	3,63	Valid dan tidak perlu revisi
3	Kelayakan Penyajian	3,61	3,66	3,63	Valid dan tidak perlu revisi
4	Kelayakan Kegerafikan	3,42	3,71	3,56	Valid dan tidak perlu revisi
	Rata-Rata			3,60	Valid dan tidak perlu revisi

Implemmentasi Materi Pembelajaran pada Kegiatan Belajar Mengajar

Para mahasiswa di kelas eksperimen dan kontrol kemudian diperlakukan berbeda dalam pengajaran topik kromatografi pertukaran ion. Siswa di kelas eksperimen diberikan seperangkat standar bahan ajar inovatif pada topik kromatografi pertukaran ion. Sumber belajar difasilitasi dengan contoh proyek beserta instruksi untuk mengerjakan proyek. Mahasiswa di kelas eksperimen diwajibkan untuk menyerahkan laporan lengkap dari proyek berjudul proses demineralisasi air, yang terpilih dari tiga proyek yang tersedia dalam paket pembelajaran yang dikembangkan pada topik kromatografi pertukaran ion, hal ini dilakukan karena percobaan dilakukan secara daring untuk memutus rantai penularan virus Covid-19. Aktivitas belajar mengajar yang dilakukan diketahui bahwa mahasiswa rata-rata antusias dan berperan aktif dalam pengerjaan proyek dalam bahan ajar inovatif berbasis proyek kimia pemisahan materi kromatografi pertukaran ion. Kinerja mahasiswa diukur melalui penilaian psikomotorik dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3 Pengerjaan Proyek Pada Kromatografi Pertukaran Ion

No	Keterampilan yang dinilai	Hasil	Kriteria
1	Tahap Pertama : Sebelum Melakukan Proyek (perlengkapan alat keselamatan kerja, persiapan alat dan bahan)	3,32	Tinggi
2	TahapKedua: Pelaksanaan Proyek (sistematika kerja,keterampilan cara penggunaan alat serta bahan, laporan sementara dan kerja sama rekan sekelompok)	3,35	Tinggi
3	Tahap Ketiga Setelah Melakukan Proyek (penanganan alat kerja)	3,41	Tinggi
	Rata-Rata	3,36	Tinggi

Bahan ajar berbasis proyek yang telah distandarisasi diujicobakan dengan pemberian tes awal 20 butir soal yang telah valid dan *reliable*. Hasil belajar yang diperoleh mahasiswa kedua kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dirangkum dalam tabel statistik deskriptif dibawah ini.

Tabel 4 Rangkuman Statistik Deskriptif Hasil Belajar Mahasiswa

Kelas	Jumlah Mahasiswa	Tes Evaluasi	
		Pretest	Posttest

Eksperimen	n=27	50,37 ± 12,95	86,89 ± 4,32
Kontrol	n=24	53,54 ± 10,3	71,96 ± 6,07

Hasil belajar mahasiswa menunjukkan bahwa sebelum pembelajaran dilakukan, siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki pengetahuan yang kurang memadai pada materi kromatografi pertukaran ion, hal ini dilihat dari rendahnya nilai yang diperoleh pada pretest baik untuk kelas kontrol ($53,54 \pm 10,3$) dan kelas eksperimen ($50,37 \pm 12,95$). Setelah kegiatan pembelajaran dilaksanakan, kemampuan siswa dalam menyelesaikan tes evaluasi materi kromatografi pertukaran ion kedua kelas meningkat secara signifikan dibandingkan dengan hasil *pretest*, hal ini dilihat dari nilai yang diperoleh pada *posttest* baik untuk kelas kontrol ($71,96 \pm 6,07$) dan kelas eksperimen ($86,89 \pm 4,32$). Sehingga diketahui kenaikan skor hasil belajar kelas eksperimen meningkat lebih besar 14,93 dibandingkan dengan kelas kontrol.

Hasil belajar kedua kelompok kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki perbedaan yang signifikan yang dilakukan dengan menggunakan perhitungan *independent sample t-test*. Hasil perhitungan yang diperoleh, diketahui nilai *sig.(2-tailed)* yaitu 0,000 yang berarti nilai *sig.(2-tailed)* < 0,05 yang menunjukkan terdapat perbedaan hasil belajar mahasiswa kelas eksperimen yang diajar menggunakan bahan ajar inovatif berbasis proyek materi kromatografi pertukaran ion dengan mahasiswa kelas kontrol dengan pengajaran konvensional materi kromatografi pertukaran ion.

Hasil penelitian menegaskan bahwa penggunaan bahan ajar dengan proyek terbimbing mampu membantu siswa memahami materi kromatografi pertukaran ion. Contoh-contoh yang diberikan dalam materi pembelajaran berfungsi untuk mengarahkan siswa melakukan kegiatan percobaan dengan benar. Sesuai dengan nilai siswa pada laporan proyek yang diserahkan, siswa di kelas eksperimen menunjukkan rasa antusias yang tinggi untuk menyelesaikan proyek secara daring. Kehadiran contoh-contoh proyek yang terintegrasi dalam bahan pembelajaran yang inovatif meningkatkan rasa ingin tahu, keterlibatan, perhatian dan menghasilkan kepuasan yang tinggi pada hasil belajar mereka.

KESIMPULAN

Analisis sumber belajar inovatif pada materi kromatografi pertukaran ion merupakan bahan ajar yang telah layak digunakan dalam menginovasi bahan ajar berbasis proyek yang dilakukan dengan memadukan media pembelajaran interaktif dan kegiatan proyek video dalam sebuah e-modul, sehingga memudahkan siswa untuk belajar dimana saja. Hasil standarisasi bahan ajar berbasis proyek pada materi kromatografi pertukaran ion yang diberikan oleh validator berpengalaman berkisar dari 3,26-4,00 tepatnya 3,60 menunjukkan bahan ajar telah valid dan tidak direvisi. Mahasiswa antusias dan berperan aktif pada saat melakukan proyek dalam proses belajar-mengajar. Berdasarkan uji coba yang dilakukan, Hasil belajar mahasiswa kelas eksperimen yang dibelajarkan dengan bahan ajar berbasis proyek materi kromatografi pertukaran ion mengalami kenaikan secara signifikan dibandingkan hasil belajar kelas kontrol dengan pembelajaran konvensional pada pengajaran kromatografi pertukaran ion dengan hipotesis dimana pada *Sig (2-tailed)* < 0,05 maka H_a diterima dan H_0 ditolak.

DAFTAR PUSTAKA

- 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 gravimetry. In *3rd Annual International Seminar on Transformative Education and Educational Leadership (AISTEEL 2018)* (pp. 735-740). Atlantis Press.
- Nainggolan, B., Hutabarat, W., Situmorang, M., & Sitorus, M. (2020). Developing Innovative Chemistry Laboratory Workbook Integrated with Project-Based Learning and Character-Based Chemistry. *International Journal of Instruction*, *13*(3), 895-908.
- Pakpahan, D. N., Situmorang, M., Sitorus, M., & Silaban, S. (2021). The development of project-based innovative learning resources for teaching organic analytical chemistry. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, *59*, 782-788.
- Purba, J., Situmorang, M., & Silaban, R. (2019). The development and implementation of innovative learning resource with guided projects for the teaching of carboxylic acid topic. *Indian J of Pharmaceutical Education and Research*, *53*(4), 603-612.

-
- Rizki, R., Hernando, H., Situmorang, M., & Tarigan, S. (2020). The Development Of Innovative Learning Material With Project And Multimedia For Redox Titration. *PervasiveHealth: Pervasive Computing Technologies for Healthcare, 1*, 385-393.
- Samosir, R. A., Bukit, J., Situmorang, M., & Simorangkir, M. (2020). Implementation Of Innovative Learning Material With Project To Improve Students Performance In The Teaching Of Complexometric Titration. *PervasiveHealth: Pervasive Computing Technologies for Healthcare, 1*, 375-384.
- Sary, S. P., Tarigan, S., & Situmorang, M. (2018). Development of innovative learning material with multimedia to increase student achievement and motivation in teaching acid base titration. *Advances in Social Science. Education and Humanities Research, 200*, 422-425.
- Situmorang, M., Sinaga, M., Sitorus, M., & Sudrajat, A. (2022). Implementation of Project-based Learning Innovation to Develop Students' Critical Thinking Skills as a Strategy to Achieve Analytical Chemistry Competencies. *chemistry, 15*, 16.
- Situmorang, M., Sinaga, M., Purba, J., Daulay, S. I., Simorangkir, M., Sitorus, M., & Sudrajat, A. (2018). Implementation of innovative chemistry learning material with guided tasks to improve students' competence. *Journal of Baltic Science Education, 17*(4), 535.
- Sutiani, A. (2021). Implementation of an inquiry learning model with science literacy to improve student critical thinking skills. *International Journal of Instruction, 14*(2), 117-138
- Wardani, D. S., Fauzi, M. R., Zafira, R., & Kurniawati, D. (2020). Creating Props: Improving Writing Skills of Teaching Materials of Elementary Teacher Education Students through Project-Based Learning Model. In *Elementary School Forum (Mimbar Sekolah Dasar)*, 7(2), 216-234.