

Workshop Integrasi *Case-Based Learning* dan *Project-Based Learning* untuk Meningkatkan Kompetensi Praktikum Guru Kimia SMA/MA di Jakarta dan Sekitarnya

Irma Ratna Kartika^{*1}, Muktiningsih Nurjayadi², Ucu Cahyana³, Sukro Muhab⁴, Afrizal Afrizal⁵, Irwanto Irwanto⁶, Ahmad Dwi Susilo⁷, Rafiuddin Syam⁸

^{1,2,3,4,5,6,7}Program Studi Magister Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Indonesia

⁸Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Indonesia

*e-mail: irmaratna@unj.ac.id¹

Abstrak

Keterbatasan kompetensi guru kimia SMA dan MA dalam menyusun modul praktikum kontekstual dan mengoperasikan instrumen analitik modern menghambat implementasi pembelajaran berbasis keterampilan abad ke-21. Sebagai respons atas kebutuhan nyata mitra, Program Studi Magister Pendidikan Kimia FMIPA UNJ menyelenggarakan workshop pengabdian kepada masyarakat (PkM) selama dua hari yang melibatkan 40 guru kimia dari wilayah Jabodetabek. Kegiatan mencakup pemaparan materi integrasi *Case-Based Learning* (CBL) dan *Project-Based Learning* (PjBL), demonstrasi dan praktik langsung pengoperasian spektrofotometer UV-Vis, ATR-FTIR, dan rotary evaporator, serta penyusunan modul praktikum berbasis material lokal. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pemahaman konseptual peserta dari rata-rata 61,3% (pre-test) menjadi 84,3% (post-test) dengan *normalized gain* (N-Gain) rata-rata 0,59 (kategori sedang). Hampir seluruh peserta berhasil mengoperasikan ketiga instrumen analitik dan menyusun delapan draf modul praktikum orisinal berbasis material lokal. Sebanyak 97,5% peserta menyatakan motivasi dan komitmen tinggi untuk mengimplementasikan serta mendiseminasikan hasil workshop di sekolah masing-masing. Program ini berkontribusi pada penguatan kompetensi pedagogis dan profesional guru kimia serta mendukung pembelajaran kimia yang inovatif, kontekstual, dan berkelanjutan.

Kata kunci: *Case-Based Learning*, Instrumen Analitik, Kimia, Material Lokal, *Project-Based Learning*

Abstract

Limited competencies among senior high school chemistry teachers in developing contextual practicum modules and operating modern analytical instruments continue to hinder the implementation of 21st-century skills-based chemistry learning. In response to this identified need, the Magister of Chemistry Education Programme at Universitas Negeri Jakarta conducted a two-day community engagement workshop involving 40 chemistry teachers from the Jabodetabek area. Activities included lectures on CBL-PjBL integration, hands-on practice with UV-Vis spectrophotometers, ATR-FTIR, and rotary evaporators, and the development of local-material-based practicum modules. Results demonstrated a meaningful increase in conceptual understanding from an average of 61.5% (pre-test) to 84.3% (post-test), yielding a *normalized gain* (N-Gain) of 0.60 (moderate category). Almost all participants successfully operated the three analytical instruments to develop eight original practicum module drafts incorporating local materials. Additionally, 97.5% of participants expressed strong motivation and commitment to implement and disseminate workshop outcomes within their schools and professional communities. This program contributed to strengthening teachers' pedagogical and professional competencies while supporting more innovative, contextual, and sustainable chemistry learning practices.

Keywords: *analytical instruments, Case-Based Learning, chemistry, local materials, Project-Based Learning*

1. PENDAHULUAN

Pendidikan kimia di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) dan Madrasah Aliyah (MA) menuntut transformasi pedagogis yang berfokus pada transfer kognitif dan pengembangan keterampilan proses sains melalui aktivitas laboratorium (Redhana, 2019). Laboratorium berperan sebagai pusat dari proses inkuiri yang mengubah abstraksi teori menjadi pengalaman empiris bermakna (Nurhayati, 2022; Seery et al., 2019). Namun, efektivitas pembelajaran

eksperimental sering kali terhambat oleh rendahnya efikasi diri, keterbatasan keterampilan teknis dalam mengoperasikan alat laboratorium serta keterbatasan sarana prasarana sekolah yang secara simultan berisiko menurunkan nilai pedagogis praktikum sekaligus mengancam keselamatan warga sekolah akibat penanganan bahan kimia yang keliru (Farhiati dkk., 2023).

Kondisi tersebut tercermin pada profil guru kimia SMA dan MA di wilayah Jabodetabek yang menjadi sasaran program. Berdasarkan analisis kebutuhan awal melalui survei dan wawancara terhadap 50 guru, sekitar 60% responden menyatakan kurang percaya diri dalam membimbing proyek sains mandiri serta mengoperasikan peralatan laboratorium. Hal ini terutama disebabkan oleh keterbatasan pengalaman menggunakan instrumen analitik modern, minimnya pelatihan teknis berkelanjutan, dan kekhawatiran terhadap aspek keselamatan kerja. Selain itu, sekitar 55% guru mengaku belum pernah mengoperasikan instrumen seperti spektrofotometer UV-Vis, ATR-FTIR, dan *rotary evaporator*, meskipun instrumen tersebut memiliki peran penting dalam pembelajaran kimia berbasis inkuiri. Keterbatasan kompetensi ini semakin diperkuat oleh kondisi sarana laboratorium sekolah yang umumnya masih terbatas pada peralatan dasar, sehingga kesempatan untuk mengembangkan keterampilan analitik secara mandiri menjadi sangat terbatas.

Analisis kebutuhan awal juga menggambarkan adanya kendala dalam pengembangan modul praktikum. Sebanyak 65% guru mengalami kesulitan menyusun modul yang kontekstual, sistematis, dan berorientasi pada pemecahan masalah. Kendala tersebut meliputi keterbatasan pemahaman terhadap pendekatan pembelajaran berbasis proyek dan kasus, minimnya contoh modul yang sesuai dengan kondisi laboratorium sekolah, kesulitan mengintegrasikan fenomena lokal ke dalam kegiatan praktikum, serta terbatasnya instrumen asesmen keterampilan proses sains. Akibatnya, pelaksanaan praktikum cenderung bersifat prosedural dengan keterlibatan siswa yang masih terbatas pada mengikuti instruksi, sehingga kurang memberi ruang bagi pengembangan *higher-order thinking skills* (HOTS), kemampuan analitis, dan kreativitas, yang pada akhirnya menghambat terbentuknya pemahaman konsep sains yang mendalam dan berkelanjutan (Saputri et al., 2019; Calik & Coll, 2022).

Integrasi kerangka *Case-Based Learning* (CBL) dalam praktikum memungkinkan penyajian fenomena kimia nyata sebagai pemicu analisis dan investigasi ilmiah, sehingga meningkatkan kemampuan penalaran dan berpikir kritis dalam memecahkan masalah kimia yang kompleks (Talafha et al., 2022; Dewi & Rahayu, 2023; Overton & Randles, 2021). Penguasaan keterampilan laboratorium oleh guru menjadi prasyarat penting untuk menghasilkan data empiris yang akurat dan berkontribusi terhadap implementasi pembelajaran berbasis kasus secara efektif (Dewi et al., 2022; Diyanti dkk., 2024).

Lebih lanjut, implementasi *Project-Based Learning* (PjBL) dalam pembelajaran kimia memacu siswa menghasilkan produk atau solusi melalui kegiatan eksperimen yang terencana, sekaligus memfasilitasi pemanfaatan material lokal sebagai alternatif yang lebih kontekstual, ekonomis, dan berkelanjutan (Cevik, 2023; Amanda dkk., 2023; Pratiwi & Ikhsan, 2024; Simangungsong dkk., 2024). Integrasi CBL dan PjBL membentuk kerangka pembelajaran yang komprehensif, yang mengarahkan siswa dari analisis kasus menuju pengembangan solusi berbasis proyek (Krajcik & Shin, 2022; Simhadi dkk., 2022; Wijnia et al., 2024). Strategi ini selaras dengan implementasi Kurikulum Merdeka yang berfokus pada penguatan Profil Pelajar Pancasila melalui pembelajaran sains yang kontekstual, inklusif, dan berkelanjutan (Ahmad dkk., 2024).

Namun, implementasi CBL dan PjBL di laboratorium SMA dan MA masih menghadapi berbagai kendala, terutama rendahnya literasi instrumen kimia, keterbatasan kompetensi teknis, dan minimnya ketersediaan modul praktikum terstandar yang terintegrasi dengan kedua pendekatan tersebut. Akibatnya, pembelajaran berbasis kasus sering berhenti pada tataran diskusi konseptual, sementara proyek siswa kurang terarah dan sulit dievaluasi secara objektif. Kesenjangan antara tuntutan pembelajaran abad ke-21 dan kapasitas guru saat ini menegaskan perlunya program pengembangan profesional yang sistematis, berbasis kebutuhan, dan berorientasi pada praktik laboratorium sebagai strategi efektif untuk meningkatkan kompetensi guru secara berkelanjutan (Baran et al., 2021; Thiel et al., 2022).

Dalam upaya menjawab kebutuhan tersebut, Tim Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) Program Studi Magister Pendidikan Kimia Universitas Negeri Jakarta (UNJ) menyelenggarakan workshop yang berfokus pada peningkatan kompetensi pedagogis dan profesional guru kimia melalui integrasi strategi CBL-PjBL, penguatan keterampilan teknis operasional instrumen analitik, serta manajemen laboratorium yang aman. Melalui pembekalan perancangan proyek kontekstual berbasis isu lingkungan dan material lokal, program ini bertujuan mentransformasi peran guru menjadi fasilitator inkuiri yang mampu mewujudkan ekosistem pembelajaran sains interaktif dan berorientasi pada solusi masalah nyata.

Luaran yang ditargetkan dari program ini meliputi meningkatnya pemahaman dan keterampilan guru dalam menyusun modul praktikum sederhana, melakukan preparasi sampel, mengoperasikan instrumen analitik (ATR-FTIR, spektrofotometer UV-Vis, dan *rotary evaporator*), serta melaksanakan praktikum berdasarkan modul yang telah disusun. Implikasi jangka panjang mencakup terbentuknya budaya pembelajaran kontekstual berbasis eksperimen di sekolah, peningkatan kompetensi pedagogis dan profesional guru, serta keberlanjutan implementasi modul praktikum orisinal yang relevan dengan konteks lokal dan kebutuhan siswa abad ke-21.

2. METODE

Kegiatan PkM dilaksanakan di Laboratorium Kimia FMIPA UNJ selama dua hari pada Jumat-Sabtu, 14-15 November 2025, pukul 08.00–16.00 WIB. Peserta PkM terdiri atas 40 guru Kimia SMA dan MA di wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi yang terpilih melalui teknik *purposive sampling* berdasarkan kesediaan serta kesiapan untuk berpartisipasi secara penuh selama kegiatan berlangsung.

Rangkaian kegiatan workshop dirancang dalam tiga tahap utama, yaitu: (1) sosialisasi dan orientasi; (2) pelaksanaan workshop; dan (3) evaluasi. Hari pertama mencakup kegiatan registrasi peserta, pembukaan program, dan *pre-test* (30 menit); sosialisasi protokol keselamatan laboratorium serta penggunaan alat pelindung diri (APD) (30 menit); penyampaian materi mengenai konsep, integrasi, dan implementasi (CBL-PjBL) dalam praktikum kimia (120 menit); lokakarya pengembangan modul praktikum berbasis CBL-PjBL yang meliputi penyusunan kerangka dan komponen modul (60 menit) serta penyusunan mandiri dengan pendampingan fasilitator (60 menit); diakhiri dengan presentasi draf modul, diskusi kelompok, dan pemberian umpan balik oleh fasilitator (60 menit). Selanjutnya hari kedua meliputi materi pengenalan instrumen analitik: prinsip kerja ATR-FTIR, UV-Vis, dan *rotary evaporator* (90 menit); Demonstrasi dan praktik langsung pengoperasian instrumen analitik dengan pendampingan (150 menit); Praktikum kelompok berbasis modul yang telah disusun menggunakan material lokal (90 menit); Diskusi reflektif, berbagi pengalaman, dan tanya jawab (60 menit); *Post-test*, pengisian angket umpan balik, dan penutupan (30 menit).

Sebelum pelaksanaan workshop dimulai, seluruh peserta diberikan protokol keselamatan laboratorium yang mencakup instruksi penggunaan *rotary evaporator*, prosedur pengelolaan suhu dan tekanan vakum, serta aturan penggunaan alat pelindung diri (APD) yang wajib dikenakan selama preparasi sampel dan pengujian instrumen kimia. Pendampingan dilaksanakan secara terstruktur melalui dua kegiatan utama, yaitu pengembangan modul praktikum dan pelatihan pengoperasian instrumen analitik.

Saat tahap pengembangan modul, peserta bekerja dalam kelompok kecil (4–5 guru) dengan bimbingan dosen untuk menyusun modul praktikum berbasis integrasi CBL-PjBL. Pendampingan mencakup identifikasi fenomena kontekstual, perumusan kasus, perancangan proyek, serta penyusunan instrumen asesmen keterampilan proses sains. Setiap kelompok menggunakan lembar kerja terstruktur dan memperoleh umpan balik langsung dari fasilitator pada setiap tahapan penyusunan modul. Pendampingan dilakukan secara bergiliran dengan rasio satu instruktur untuk delapan peserta pada sesi praktik instrumen analitik. Kegiatan diawali dengan demonstrasi pengoperasian ATR-FTIR, spektrofotometer UV-Vis, dan *rotary evaporator*, kemudian dilanjutkan dengan praktik mandiri peserta melalui supervisi instruktur.

Kinerja peserta dievaluasi menggunakan lembar observasi berbasis rubrik, sementara umpan balik dan koreksi teknis diberikan secara langsung untuk memastikan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan kerja dan ketepatan penggunaan instrumen.

Evaluasi kegiatan dilakukan secara komprehensif mencakup tiga aspek utama, yaitu pengetahuan konseptual, keterampilan teknis, dan sikap profesional peserta. Pemahaman konseptual diukur menggunakan instrumen tes objektif pilihan ganda sebanyak 10 butir soal yang mencakup materi: konsep dan tujuan CBL-PjBL, contoh penerapan CBL dan PjBL dalam praktikum kimia, serta prinsip kerja dan fungsi instrumen analitik (spektrofotometer UV-Vis, ATR-FTIR, dan *rotary evaporator*). Penyusunan instrumen mengacu pada prinsip pengembangan alat ukur pemahaman kimia yang valid dan reliabel sebagaimana direkomendasikan oleh Danczak et al. (2020).

Pre-test dilaksanakan sebelum kegiatan sosialisasi, sedangkan *post-test* dilaksanakan setelah seluruh rangkaian workshop selesai. Data *pre-test* dan *post-test* dianalisis secara kuantitatif menggunakan persentase ketuntasan dan *normalized gain* (N-Gain) menurut rumus Hake (1998):

$$G = \frac{S_{posttest} - S_{pretest}}{S_{max} - S_{pretest}}$$

Kriteria interpretasi nilai N-Gain adalah: $g > 0,70$ (tinggi); $0,30 \leq g \leq 0,70$ (sedang); dan $g < 0,30$ (rendah). Analisis N-Gain dilakukan baik secara individual per butir soal maupun secara agregat untuk keseluruhan instrumen, guna mengidentifikasi konsep spesifik yang mengalami peningkatan signifikan maupun yang memerlukan penguatan lebih lanjut.

Keterampilan peserta dinilai oleh dua observer menggunakan lembar observasi berbasis rubrik skala 1–4 yang mencakup dua aspek utama, yaitu keterampilan pengoperasian instrumen analitik dan penyusunan modul praktikum berbasis CBL-PjBL. Penilaian pengoperasian instrumen (spektrofotometer UV-Vis, ATR-FTIR, dan *rotary evaporator*) meliputi ketepatan prosedur kerja, pengaturan parameter operasional, interpretasi hasil, serta kepatuhan terhadap prosedur keselamatan. Sementara itu, penilaian modul praktikum mencakup kelengkapan komponen modul, integrasi pendekatan CBL dan PjBL, pemanfaatan material lokal, kejelasan prosedur, serta kelengkapan instrumen asesmen keterampilan proses sains. Rubrik penilaian keterampilan penyusunan modul praktikum mencakup enam komponen, yaitu: (1) kelengkapan komponen modul (judul, tujuan, dasar teori, alat-bahan, prosedur, lembar pengamatan, evaluasi); (2) ketepatan integrasi skenario kasus berbasis CBL; (3) kesesuaian rancangan proyek dengan prinsip PjBL; (4) kontekstualitas penggunaan material lokal; (5) kejelasan dan keterbacaan prosedur kerja; serta (6) kelengkapan instrumen penilaian keterampilan proses sains. Skor rubrik dikategorikan menjadi 4 (sangat terampil), 3 (terampil), 2 (cukup terampil), dan 1 (perlu bimbingan), berdasarkan tingkat kemandirian dan ketepatan pelaksanaan tugas.

Aspek sikap dan respons peserta diukur menggunakan angket umpan balik dengan skala Likert empat poin (Sangat Setuju, Setuju, Kurang Setuju, Tidak Setuju) yang terdiri atas 17 pernyataan. Seluruh data kuantitatif dianalisis secara deskriptif menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel. Analisis meliputi: (1) perhitungan persentase ketuntasan *pre-test* dan *post-test* per butir soal; (2) perhitungan nilai N-Gain per butir soal maupun secara keseluruhan untuk mengukur efektivitas workshop dalam meningkatkan pemahaman konseptual; (3) perhitungan skor rata-rata rubrik observasi keterampilan per aspek dan per instrumen untuk mengidentifikasi capaian kompetensi teknis peserta; serta (4) perhitungan persentase respons angket umpan balik per dimensi sikap. Tingkat keberhasilan PkM ditetapkan apabila: (1) nilai N-Gain keseluruhan berada pada kategori sedang hingga tinggi ($g \geq 0,30$); (2) rata-rata skor rubrik keterampilan $\geq 3,00$ dari skala maksimal 4,00; dan (3) persentase respons positif (*Sangat Setuju* + *Setuju*) pada angket umpan balik $\geq 85\%$ untuk seluruh dimensi yang diukur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan PkM terhadap 40 guru Kimia SMA dan MA di wilayah Jabodetabek dimulai dengan pengisian *pre-test* oleh guru untuk mengukur tingkat pengetahuan dan pemahaman awal sebelum workshop. Setelah seluruh rangkaian kegiatan selesai, peserta mengisi *post-test* dengan instrumen yang identik untuk mengukur pendalaman penguasaan konsep. Hasil perbandingan *pre-test* dan *post-test* disajikan pada Tabel 1. Secara keseluruhan, hasil *pre-test* menggambarkan bahwa pemahaman awal peserta berada pada rentang 60,0–65,0%, yang merefleksikan adanya pengetahuan dasar mengenai CBL, PjBL, dan instrumen analitik, tetapi belum mencapai tingkat penguasaan yang memadai. Setelah mengikuti workshop, persentase jawaban benar pada *post-test* meningkat signifikan ke rentang 75,0–90,0% untuk seluruh butir soal. Perhitungan N-Gain menurut formula Hake (1998) pada setiap butir soal digunakan untuk mengukur efektivitas workshop (Tabel 1).

Tabel 1. Persentase Jawaban Benar, Selisih, dan Nilai N-Gain *Pre-Test & Post-Test*

Nomor Pertanyaan	<i>Pre-test</i> (%)	<i>Post-test</i> (%)	Selisih	N-Gain	Kategori
1. Tujuan CBL dalam praktikum kimia	65,0	90,0	25,0	0,71	Tinggi
2. Tujuan PjBL dalam praktikum kimia	65,0	90,0	25,0	0,71	Tinggi
3. Contoh judul praktikum berbasis CBL	60,0	85,0	25,0	0,63	Sedang
4. Contoh judul praktikum berbasis PjBL	60,0	80,0	20,0	0,50	Sedang
5. Contoh judul praktikum integrasi CBL-PjBL	65,0	87,5	22,5	0,64	Sedang
6. Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis	60,0	85,0	25,0	0,63	Sedang
7. Prinsip kerja ATR-FTIR	60,0	85,0	25,0	0,63	Sedang
8. Prinsip kerja rotary evaporator	60,0	85,0	25,0	0,63	Sedang
9. Fungsi spektrofotometer UV-Vis dalam analisis kimia	60,0	75,0	15,0	0,38	Sedang
10. Informasi yang diperoleh dari analisis ATR-FTIR	60,0	80,0	20,0	0,50	Sedang
Rata-rata keseluruhan	61,5	84,3	22,8	0,59	Sedang

Nilai N-Gain rata-rata sebesar 0,59 menempatkan efektivitas workshop pada kategori sedang. Capaian tertinggi diperoleh pada aspek pemahaman tujuan CBL dan PjBL (N-Gain = 0,71; kategori tinggi), yang mengonfirmasi efektivitas workshop dalam meningkatkan kompetensi pedagogis peserta. Sebaliknya, pemahaman mengenai fungsi spektrofotometer UV-Vis mengilustrasikan peningkatan terendah (N-Gain = 0,44), mengindikasikan bahwa penguasaan konsep analisis kuantitatif memerlukan pelatihan dan latihan yang lebih intensif. Variasi capaian ini mengkonfirmasi hasil studi Han et al. (2021), yang menyatakan bahwa respons peserta terhadap pelatihan berbasis proyek dipengaruhi oleh tingkat pengetahuan awal, sehingga pendampingan yang lebih terdiferensiasi perlu dipertimbangkan pada program lanjutan. Secara keseluruhan, hasil ini mendukung hasil analisis Farhiati dkk. (2023), Hasanah dan Malik (2023), serta Nurhayati (2022) yang menegaskan bahwa pelatihan laboratorium yang terstruktur, disertai praktik langsung dan pendampingan intensif, efektif dalam meningkatkan kompetensi teknis guru serta mentransformasikan pemahaman konseptual menjadi keterampilan yang aplikatif.

Salah satu luaran utama workshop adalah tersusunnya modul praktikum berbasis integrasi CBL-PjBL yang memanfaatkan material lokal sebagai objek analisis. Melalui pendampingan, peserta bekerja dalam kelompok kecil untuk mengembangkan modul yang kontekstual dan aplikatif. Sebanyak delapan kelompok berhasil menyusun delapan draf modul praktikum dalam satu hari, dengan tema yang merefleksikan potensi lingkungan dan kearifan lokal di wilayah Jabodetabek (Tabel 2).

Modul yang dihasilkan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan modul praktikum konvensional yang umum digunakan di sekolah. Setiap modul dirancang dengan mengintegrasikan fase CBL melalui penyajian kasus kontekstual dan fase PjBL melalui pengembangan solusi atau produk berbasis hasil eksperimen. Selain itu, pemanfaatan material

lokal yang mudah diperoleh dan ekonomis menjadikan modul lebih sesuai dengan keterbatasan sumber daya laboratorium sekolah. Modul juga dilengkapi rubrik asesmen keterampilan proses sains yang sistematis, sehingga menunjang penilaian capaian belajar siswa secara lebih objektif dan terukur selama kegiatan praktikum.

Tabel 2. Contoh Modul Praktikum yang Dihasilkan Peserta Workshop

No	Judul Modul	Integrasi CBL	Integrasi PjBL	Material Lokal	Instrumen Analitik	Keunggulan Pedagogis
1	Analisis Kandungan Antosianin Ubi Jalar Ungu sebagai Pewarna Alami Pangan dan Uji Stabilitasnya terhadap pH	Kasus penggunaan pewarna sintetis pada jajanan sekolah	Produk indikator pH alami berbasis ekstrak ubi jalar	Ubi jalar ungu lokal Jabodetabek	Spektrofotometer UV-Vis	Relevan dengan isu keamanan pangan; mudah dibuat di sekolah tanpa bahan kimia berbahaya
2	Identifikasi Gugus Fungsi Minyak Jelantah Rumah Tangga dan Dampaknya terhadap Kualitas Minyak Goreng	Kasus pencemaran minyak goreng bekas di lingkungan sekolah	Produk sabun atau detergen ramah lingkungan dari minyak jelantah	Minyak jelantah dari kantin sekolah	ATR-FTIR	Mengangkat isu limbah rumah tangga; hasil proyek berupa produk fungsional yang bermanfaat
3	Ekstraksi dan Karakterisasi Kurkumin dari Rimpang Kunyit Lokal sebagai Agen Antibakteri Alami	Kasus resistensi antibiotik dan pemanfaatan tanaman obat tradisional	Produk ekstrak terstandar dan uji aktivitas biologis sederhana	Rimpang kunyit dari pasar tradisional lokal	ATR-FTIR dan spektrofotometer UV-Vis	Mengintegrasikan kearifan lokal dengan sains modern; menggunakan dua instrumen analitik bersamaan

Hasil ini selaras dengan penelitian Amanda dkk. (2023) yang menegaskan bahwa integrasi PjBL dalam praktikum kimia berbasis material lokal mampu meningkatkan keterampilan proses sains sekaligus menstimulasi pengembangan sumber belajar yang lebih kontekstual. Hasil kajian tersebut diperkuat oleh Suprpto et al. (2020) yang melaporkan bahwa PjBL berkontribusi positif terhadap capaian akademik siswa dalam pembelajaran sains ketika dirancang secara relevan dan sistematis. Selain itu, Anggriani dkk. (2019) mengungkapkan bahwa PjBL berbasis produk kimia lokal efektif meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains siswa SMA. Dengan demikian, modul yang dikembangkan melalui workshop ini berpotensi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran kimia yang lebih kontekstual, bermakna, dan berorientasi pada pengembangan keterampilan abad ke-21.

Sesi praktik pengoperasian instrumen analitik (ATR-FTIR, spektrofotometer UV-Vis, dan *rotary evaporator*) merupakan kegiatan yang paling diminati sekaligus menantang selama workshop. Sebanyak lebih dari 95% peserta mampu mengoperasikan ketiga instrumen dengan pendampingan instruktur. Meskipun demikian, beberapa kendala teknis masih teridentifikasi. Kesulitan utama pada penggunaan spektrofotometer UV-Vis antara lain preparasi larutan blanko, penentuan panjang gelombang maksimum, dan pembacaan absorbansi akibat penggunaan kuvet yang kurang tepat. Sementara tantangan terbesar penggunaan ATR-FTIR berkaitan dengan teknik penempatan sampel pada kristal ATR dan interpretasi spektrum inframerah. Selanjutnya pada *rotary evaporator*, peserta masih mengalami kesulitan dalam memahami sistem vakum dan prosedur penghentian operasi yang aman. Fasilitator menerapkan demonstrasi ulang, pendampingan interpretasi data secara kolaboratif, serta penggunaan *checklist* prosedur operasional standar (SOP) dalam rangka mengatasi kendala tersebut. Pendekatan ini terbukti efektif dalam mengoptimalkan keterampilan teknis sekaligus menghubungkan aspek operasional instrumen dengan pemahaman konseptual yang mendasarinya.

Pola kendala yang teridentifikasi pada workshop ini relevan dengan penelitian Farhiati dkk. (2023), yaitu kesenjangan antara pemahaman konseptual dan keterampilan prosedural guru sains merupakan tantangan yang memerlukan praktik langsung secara berulang dan

terstruktur. Oleh karena itu, pendampingan lanjutan pasca-workshop direkomendasikan sebagai strategi untuk memperkuat dan mempertahankan penguasaan keterampilan teknis, khususnya dalam pengoperasian instrumen analitik yang relatif kompleks.



Gambar 1. Guru Kimia SMA dan MA sebagai Peserta Workshop

Hasil angket umpan balik yang terdiri atas 17 pernyataan dengan skala Likert empat poin disajikan pada Tabel 3. Secara keseluruhan, respons peserta sangat positif dengan persentase gabungan *Sangat Setuju* dan *Setuju* mencapai 100% pada seluruh butir pernyataan. Hal ini mengindikasikan bahwa workshop berhasil memenuhi kebutuhan dan ekspektasi peserta secara menyeluruh.

Hasil angket menghasilkan respons yang sangat positif pada seluruh dimensi evaluasi. Sebanyak 97,5% peserta pada dimensi pemahaman konseptual menyatakan sangat setuju bahwa workshop meningkatkan pemahaman mengenai integrasi CBL-PjBL dan pentingnya keterampilan proses sains. Sekitar 95% peserta pada dimensi keterampilan teknis, menyatakan sangat setuju bahwa kegiatan berhasil meningkatkan kemampuan preparasi sampel dan pengoperasian instrumen analitik, meskipun implementasi modul praktikum secara terintegrasi masih memerlukan penguatan bagi sebagian kecil peserta. Sementara itu, pada dimensi motivasi dan komitmen, 97,5% peserta menyatakan sangat setuju untuk mendiseminasikan hasil pelatihan, dan 95% mengaku memperoleh gagasan baru terkait kontekstualisasi pembelajaran kimia. Capaian workshop mampu meningkatkan kompetensi pedagogis dan teknis serta meningkatkan motivasi profesional guru dalam mengembangkan pembelajaran kimia yang lebih kontekstual.

Respons positif yang konsisten ini sejalan dengan riset Wijnia et al. (2024) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis masalah dan proyek efektif meningkatkan motivasi intrinsik peserta secara berkelanjutan. Tingginya motivasi pasca workshop dalam konteks pengembangan profesional guru, merupakan indikator penting keberhasilan implementasi di sekolah, mengingat motivasi guru berkorelasi positif dengan konsistensi penerapan model pembelajaran inovatif di kelas (Simhadi dkk., 2022).

Keunggulan utama workshop ini terletak pada integrasi pengembangan pembelajaran berbasis CBL-PjBL dengan pelatihan pengoperasian instrumen analitik modern dalam satu program yang terpadu. Winarti et al. (2022) melaporkan bahwa integrasi kompetensi pedagogis dan teknis menghasilkan dampak yang lebih signifikan dibandingkan pelatihan yang berfokus pada satu aspek kompetensi saja. Pendekatan ini memungkinkan guru mengembangkan kompetensi pedagogis dan teknis secara simultan, sehingga mampu merancang pembelajaran berbasis proyek sekaligus memvalidasi kegiatan praktikum secara ilmiah, yang ditunjang oleh pendidik rekomendasi Redhana (2019) mengenai pentingnya sinergi kedua kompetensi tersebut dalam pengembangan profesionalisme guru kimia abad ke-21.

Keunggulan kedua workshop ini adalah pemanfaatan material lokal sebagai objek analisis, yang secara simultan mengatasi keterbatasan anggaran laboratorium dan rendahnya relevansi kontekstual praktikum kimia di sekolah (Amanda dkk., 2023; Anggriani dkk., 2019). Penggunaan bahan seperti ubi jalar ungu, kunyit, dan minyak jelantah mendorong guru untuk memanfaatkan potensi lingkungan sekitar sebagai sumber belajar yang autentik dan berkelanjutan. Pendekatan ini dapat meningkatkan kontekstualitas pembelajaran dan berpotensi menginisiasi transformasi budaya praktikum menuju pembelajaran kimia yang lebih inovatif, adaptif, dan berbasis sumber daya lokal.

Keunggulan ketiga workshop ini adalah dihasilkannya delapan draf modul praktikum berbasis CBL–PjBL yang siap divalidasi dan diimplementasikan di sekolah peserta. Keberadaan luaran yang konkret tersebut memperkuat rasa kepemilikan (*sense of ownership*) peserta terhadap hasil pelatihan, sehingga berpotensi meningkatkan keberlanjutan dan implementasi pasca workshop. Temuan ini mengacu pada teori pembelajaran orang dewasa yang menekankan pentingnya produksi artefak bermakna dalam proses belajar (Vygotsky, 1978) serta prinsip PjBL yang menempatkan kepemilikan terhadap produk sebagai komponen utama pembelajaran yang autentik (Krajcik & Shin, 2022).

Berdasarkan hasil angket dan diskusi reflektif, dampak utama workshop ini terletak pada penguatan kapasitas profesional dan perubahan paradigma guru yang berpotensi meningkatkan kualitas pembelajaran kimia secara berkelanjutan. Workshop berhasil meningkatkan kepercayaan diri guru dalam memfasilitasi praktikum berbasis proyek, sebagaimana ditunjukkan oleh 95% peserta yang menyatakan sangat setuju terhadap peningkatan kompetensi praktis mereka. Selain itu, peserta memperoleh kerangka pedagogis yang lebih sistematis untuk mengintegrasikan CBL–PjBL serta menghasilkan modul praktikum yang siap diimplementasikan dan dikembangkan sesuai konteks sekolah. Capaian ini berpotensi meningkatkan intensitas dan kualitas kegiatan praktikum, terutama pada sekolah yang sebelumnya menghadapi keterbatasan dalam pembelajaran laboratorium.

Workshop ini juga diharapkan berdampak pada optimalisasi keterlibatan siswa dalam praktikum berbasis kasus dan proyek, penguatan keterampilan proses sains melalui pengalaman investigatif yang autentik, serta berkembangnya kesadaran lingkungan melalui pemanfaatan material lokal dan isu kontekstual di sekitar mereka. Dampak tersebut berpotensi mewujudkan pembelajaran yang lebih bermakna, kontekstual, dan berpusat pada siswa. Harapan ini didukung oleh hasil observasi Dewi dan Rahayu (2023), yang menunjukkan bahwa implementasi CBL oleh guru yang telah memperoleh pelatihan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa secara konsisten.



Gambar 2. Guru Kimia SMA dan MA Praktik Langsung Penggunaan Instrumen Analitik

Workshop berperan untuk membentuk komunitas praktik antar guru kimia di wilayah Jabodetabek, sebagaimana tercermin dari komitmen 97,5% peserta untuk mendiseminasikan hasil workshop. Selain itu, kegiatan ini membuka peluang penguatan kemitraan antara sekolah dan perguruan tinggi dalam pengembangan kompetensi guru secara berkelanjutan dan menunjang implementasi Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berbasis proyek dan penguatan Profil Pelajar Pancasila (Ahmad dkk., 2024). Lebih luas, program ini berkontribusi terhadap pencapaian SDG 4 (*Quality Education*), SDG 12 (*Responsible Consumption and Production*), dan SDG 17 (*Partnerships for the Goals*) melalui pengembangan profesional guru, pemanfaatan sumber daya lokal secara berkelanjutan, serta penguatan kolaborasi antarlembaga pendidikan.

Tahap lanjutan yang direncanakan meliputi pendampingan implementasi modul praktikum berbasis CBL–PjBL di sekolah melalui proses validasi oleh ahli, uji coba pembelajaran di kelas, refleksi pelaksanaan, serta kegiatan monitoring dan evaluasi secara berkala. Langkah ini bertujuan memastikan keberlanjutan, kualitas, dan efektivitas penerapan praktikum inovatif dalam memfasilitasi pembelajaran kimia di sekolah peserta workshop.

Tabel 3. Persentase Data Angket Umpan Balik Workshop

No	Pernyataan	Analisis Dimensi	SS*	S*	KS*	TS*
1	Saya mengerti konsep dasar CBL-PjBL dalam pembelajaran praktikum kimia setelah ikut workshop.	Pemahaman	97,5%	2,5%	0	0
2	Workshop membantu saya memahami tahapan penyusunan modul praktikum sederhana secara sistematis.	Pemahaman	97,5%	2,5%	0	0
3	Saya paham tentang pentingnya pembelajaran praktikum berbasis CBL-PjBL dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa.	Pemahaman	97,5%	2,5%	0	0
4	Saya memahami prosedur preparasi sampel yang benar dan menjadi lebih terampil dalam melakukan preparasi sampel secara aman dan tepat.	Keterampilan teknis	95%	5%	0	0
5	Saya memahami prinsip kerja instrumen ATR-FTIR dan menjadi lebih terampil mengoperasikan instrumen.	Keterampilan teknis	95%	5%	0	0
6	Saya memahami prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis dan menjadi lebih terampil menggunakan instrumen.	Keterampilan teknis	95%	5%	0	0
7	Saya memahami prinsip kerja <i>rotary evaporator</i> dan menjadi lebih terampil menggunakan instrumen.	Keterampilan teknis	95%	5%	0	0
8	Saya memahami penerapan modul praktikum yang telah disusun melalui kegiatan praktikum berkelompok.	Keterampilan teknis	92,5%	7,5%	0	0
9	Saya terdorong untuk berkomitmen dalam membagikan pengalaman dan hasil workshop kepada rekan guru melalui sekolah maupun berbagai forum pendidikan lainnya.	Motivasi dan komitmen	97,5%	2,5%	0	0
10	Workshop meningkatkan motivasi saya untuk mengembangkan dan mengimplementasikan praktikum berbasis CBL-PjBL di sekolah.	Motivasi dan komitmen	97,5%	2,5%	0	0
11	Workshop mendorong munculnya ide-ide kontekstualisasi materi Kimia dalam kehidupan sehari-hari.	Motivasi dan komitmen	95%	5%	0	0
12	Para narasumber menyampaikan contoh penerapan praktikum yang relevan dengan pembelajaran di sekolah.	Kualitas narasumber	95%	5%	0	0
13	Para narasumber memaparkan materi dengan jelas, sistematis, dan mudah dipahami.	Kualitas narasumber	95%	5%	0	0
14	Para narasumber menjawab semua pertanyaan dengan jelas, sistematis, dan mudah dipahami.	Kualitas narasumber	95%	5%	0	0
15	Para narasumber memanfaatkan waktu secara efektif dan efisien.	Kualitas narasumber	95%	5%	0	0
16	Materi yang diberikan sangat relevan, bermanfaat dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran kimia di sekolah.	Relevansi dan manfaat materi	95%	5%	0	0
17	Fasilitas, media, alat kimia, zat kimia dan instrumen yang digunakan saat workshop mendukung kelancaran PkM.	Fasilitas dan dukungan workshop	95%	5%	0	0

*SS = Sangat setuju; S = Setuju; KS = Kurang Setuju; TS = Tidak Setuju

4. KESIMPULAN

PkM dalam bentuk workshop terbukti efektif meningkatkan kompetensi pedagogis dan teknis peserta secara terukur. Pemahaman konseptual tentang tujuan CBL dan PjBL meningkat signifikan dari rata-rata 61,5% (*pre-test*) menjadi 84,3% (*post-test*) dengan nilai *normalized gain* (N-Gain) rata-rata 0,59 termasuk kategori sedang dibandingkan N-Gain tertinggi sebesar 0,71 (kategori tinggi). Sebanyak 95% peserta menyatakan peningkatan keterampilan teknis melalui keberhasilan peserta mengoperasikan ketiga instrumen (spektrofotometer UV-Vis, ATR-FTIR, dan *rotary evaporator*). Workshop juga menghasilkan delapan draf modul praktikum orisinal

berbasis integrasi CBL-PjBL yang memanfaatkan material lokal (ekstrak ubi jalar ungu, kunyit, minyak jelantah) sebagai contoh pembelajaran konkret yang siap divalidasi dan diimplementasikan di sekolah masing-masing peserta workshop.

Sebanyak 97,5% peserta menyatakan *Sangat Setuju* terhadap pendalaman pemahaman CBL-PjBL, motivasi untuk mengimplementasikan hasil workshop, serta komitmen untuk mendiseminaskannya kepada rekan sejawat. Workshop tidak hanya mengembangkan kompetensi pedagogis dan teknis, tetapi juga meningkatkan kesiapan profesional guru dalam menerapkan pembelajaran berbasis proyek dan pemanfaatan material lokal secara berkelanjutan, selaras dengan implementasi Kurikulum Merdeka dan pencapaian SDG 4 (*Quality Education*).

Rekomendasi untuk keberlanjutan dampak program antara lain: (1) pendampingan implementasi modul di sekolah melalui validasi ahli, uji coba kelas, dan refleksi terstruktur secara berkala; (2) pembentukan komunitas praktisi guru kimia Jabodetabek sebagai wadah kolaborasi dan pengembangan berkelanjutan modul praktikum berbasis CBL-PjBL; serta (3) penyelenggaraan pelatihan lanjutan yang berfokus pada interpretasi spektrum ATR-FTIR dan analisis kuantitatif UV-Vis untuk memperdalam kompetensi analitik yang memerlukan praktik berulang. Langkah-langkah tersebut diharapkan dapat memperkuat implementasi hasil workshop dan meningkatkan kualitas pembelajaran kimia secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Apresiasi dan terima kasih disampaikan kepada Program Studi Magister Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Jakarta atas dukungan pendanaan serta Bapak Ahmad Dwi Susilo yang telah memberikan pendampingan dan membantu kelancaran pelaksanaan praktikum selama workshop.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, D. N., Sanjayanti, A., & Setyowati, L. (2024). Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar pada pembelajaran sains. *Edusaintek Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi*, 11(4), 1677-1693. <https://doi.org/10.47668/edusaintek.v11i4.1322>
- Amanda, N. G., Biru, L. T., & Suryani, D. I. (2023). Pengaruh model pembelajaran *Project Based Learning* terhadap keterampilan proses sains. *Pendipa: Journal of Science Education*, 7(2), 168-177. <https://doi.org/10.33369/pendipa.7.2.168-177>
- Anggriani, F., Wijayati, N., Susatyo, E. B., & Kharomah, K. (2019). Pengaruh *Project-Based Learning* produk kimia terhadap pemahaman konsep dan keterampilan proses sains siswa SMA. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(2), 2404-2413. <https://doi.org/10.15294/jipk.v13i2.18548>
- Baran, M., Karakoyun, F., & Maskan, A. (2021). The influence of project-based learning (PjBL) on students' attitudes toward STEM and 21st-century skills: A systematic review. *Education Sciences*, 11(10), 1-20. <https://doi.org/10.3390/educsci11100582>
- Calik, M., & Coll, R. K. (2022). Exploring secondary students' understanding of science concepts: A critical review. *International Journal of Science Education*, 44(3), 395-417. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2029101>
- Cevik, M. (2023). Project-based learning in chemistry education: A systematic literature review. *Chemistry Education Research and Practice*, 24(2), 389-408. <https://doi.org/10.1039/D2RP00267H>
- Danczak, S. M., Thompson, C. D., & Overton, T. L. (2020). Development and validation of an instrument to measure undergraduate chemistry students' critical thinking skills. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 62-78. <https://doi.org/10.1039/C8RP00130H>

- Dewi, C. A., & Rahayu, S. (2023). Implementation of Case-Based Learning in science education: A Systematic review. *Journal of Turkish Science Education*, 20(4), 729-749. <https://doi.org/10.36681/tused.2023.041>
- Dewi, C. A., Rahayu, S., Habiddin, H., & Dasna, I. W. (2022). *Case-Based Learning (CBL) in chemistry learning: A Systematic review. Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(4), 1926-1936. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i4.1971>
- Diyanti, W. R., Refelita, F., & Kurniawati, Y. (2024). Pengaruh model pembelajaran *Case Based Learning* terhadap keterampilan generik sains siswa pada materi minyak bumi. *Journal of Chemistry Education and Integration*, 3(2), 69-79. <https://doi.org/10.24014/jcei.v3i2.3228>
- Farhiati, E., Hartinah, S., & Aprani, D. (2023). Pengaruh kompetensi pedagogik, pemanfaatan sarana laboratorium, dan komitmen terhadap kinerja guru IPA SMP. *Journal of Education Research*, 4(4), 2320-2326. <https://doi.org/10.37985/jer.v4i4.689>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A Six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2021). How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19(6), 1049-1070. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10115-3>
- Hasanah, U., & Malik, A. (2023). Peningkatan kompetensi guru melalui pelatihan berbasis laboratorium: Kajian sistematis. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(2), 210-225. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v11i2.28541>
- Krajcik, J. S., & Shin, N. (2022). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (3rd ed., pp. 171-196). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108888295.011>
- Nurhayati, N. (2022). Laboratorium sebagai sarana pembelajaran IPA dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan kerja ilmiah. *Jurnal Literasiologi*, 8(1), 144-154. <https://doi.org/10.47783/literasiologi.v8i1.351>
- Overton, T. L., & Randles, C. A. (2021). Beyond problem-based learning: Using dynamic PBL in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(3), 674-683. <https://doi.org/10.1039/D0RP00248H>
- Pratiwi, E. A., & Ikhsan, J. (2024). Project Based Learning (PjBL) in chemistry learning: Systematic literature and bibliometric review 2015-2022. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(6), 343-354. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i6.7017>
- Redhana, I. W. (2019). Mengembangkan keterampilan abad ke-21 dalam pembelajaran kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(1), 2239-2253. <https://doi.org/10.15294/jipk.v13i1.17824>
- Saputri, A. C., Sajidan, S., Rinanto, Y., Afandi, A., & Prasetyanti, N. M. (2019). Improving students' critical thinking skills in cell-metabolism learning using stimulating higher order thinking skills model. *International Journal of Instruction*, 12(1), 327-342. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12122a>
- Seery, M. K., Agustian, H. Y., & Zhang, X. (2019). A framework for learning in the chemistry laboratory. *Israel Journal of Chemistry*, 59(6-7), 546-553. <https://doi.org/10.1002/ijch.201800144>
- Simangungsong, A. P. W., Islami, A. A., Asiyah, M. N., Ridwansyah, M., & Rahmadani, A. (2024). Kajian literatur: *Project Based Learning* (PjBL) pada pembelajaran Kimia dalam meningkatkan hasil belajar. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, 8(2), 270-279. <https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.10182>

- Simhadi, F., Mulyani, M., Astuty, & Cahyaningrum, A. (2022). Learning Case and Project-based model methods: Challenges and opportunities. *Dwija: Cendekia Jurnal Riset Pedagogik*, 6(3), 491-500. <https://doi.org/10.20961/jdc.v6i3.68120>
- Suprpto, N., Ku, C. H., & Cheng, C. F. (2020). Project-based learning in science and its effect on student academic achievement. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 6(2), 179-195. <https://doi.org/10.30870/jppi.v6i2.8512>
- Talafha, M., Mahasneh, O., & Khasawneh, S. (2022). The effectiveness of case-based learning in enhancing the scientific reasoning skills of pre-service chemistry teachers. *Journal of Baltic Science Education*, 21(4), 630-645. <https://doi.org/10.33225/jbse/22.21.630>
- Thiel, S. W., Petty, G. H., & Bosselman, R. H. (2022). Teacher professional development and laboratory competence: A review of current practices. *Journal of Science Teacher Education*, 33(5), 521-540. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2021.2013842>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press
- Wijnia, L. Noordzij, G., Arends, L. R., Rikers, R. M. J. P. & Loyens, S. M. M. (2024). The effects of problem-based, project-based, and case-based learning on students' motivation: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 36, Article 29. 1-38. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09864-3>
- Winarti, A., Rusmansyah, R., & Sholahuddin, A. (2022). Development of STEM-based learning modules for chemistry teachers' professional competency enhancement. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(3), 428-438. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i3.36812>