



PENGUATAN MANAJEMEN PRAKTIKUM BERBASIS DIGITAL MELALUI VIRTUAL LABORATORY UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI GURU

Febbry Romundza¹, Sahara^{1,*}, Rudi Yanto Batara Silalahi²

¹Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jambi

Jl. Lintas Jambi, Muara Bulian Km. 15, Mendalo Darat, Muaro Jambi, Jambi 36361, Indonesia

²Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi (STIE) Galileo Batam

Komplek Green Garden Blok C No. 16, Batu Ampar, Batam City, Riau Islands, Indonesia

*E-mail korespondensi: sahara@unja.ac.id

Info Artikel: Abstract

Dikirim:

2 Mei 2026

Revisi:

20 Mei 2026

Diterima:

21 Mei 2026

Kata Kunci:

Manajemen
praktikum kimia;
Virtual
laboratory;
Kompetensi
guru;
Pembelajaran
digital

Limited laboratory facilities, insufficient availability of laboratory materials, and the low integration of digital technology into teaching remain major challenges in implementing chemistry laboratory activities in schools. These conditions make it difficult for teachers to design, manage, and evaluate laboratory learning experiences in an innovative and optimal way. One promising solution is the use of Virtual Laboratory as a digital laboratory platform that supports flexible, safe, and interactive learning. This community service program aimed to enhance teachers' competencies by strengthening digital-based chemistry laboratory management through the utilization of Virtual Laboratory. The program was implemented using a participatory approach consisting of needs assessment, development of training materials, workshop implementation, mentoring, monitoring, and evaluation. The program partners were teachers from SMA Negeri 8 Jambi City. The training materials covered digital-based chemistry laboratory management, introduction to and operation of the Virtual Laboratory platform, development of digital laboratory scenarios, integration of virtual experiments into instructional planning, and evaluation of laboratory activities. The effectiveness of the program was measured through pretest-posttest scores, observation of participant activities, evaluation of instructional products, and partner satisfaction questionnaires. The results showed a significant improvement in teachers' knowledge and skills in managing digital-based chemistry laboratory activities. Participants were able to operate the Virtual Laboratory, develop digital laboratory teaching materials aligned with learning outcomes, and integrate virtual simulations into classroom instruction. Participants also expressed positive perceptions of the program, considering it relevant and easy to implement in schools. The program produced training modules, Virtual Laboratory user guides, and digital laboratory learning resources that can be used sustainably. In conclusion, strengthening digital-based chemistry laboratory management through Virtual Laboratory is effective in improving teachers' competencies while supporting the transformation of chemistry education toward more innovative, technology-based, and learner-centered practices that foster 21st-century skills.

Abstrak

Keterbatasan sarana laboratorium, ketersediaan bahan praktikum, serta rendahnya pemanfaatan teknologi digital masih menjadi kendala dalam pelaksanaan praktikum kimia di sekolah. Kondisi tersebut berdampak pada belum optimalnya kompetensi guru dalam merancang, mengelola, dan mengevaluasi kegiatan praktikum yang inovatif. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah pemanfaatan Virtual Laboratory sebagai media praktikum berbasis digital yang mendukung pembelajaran secara fleksibel, aman, dan interaktif. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan kompetensi guru melalui penguatan manajemen praktikum kimia berbasis digital dengan memanfaatkan Virtual Laboratory. Kegiatan

dilaksanakan menggunakan pendekatan partisipatif yang meliputi analisis kebutuhan, penyusunan perangkat pelatihan, pelaksanaan workshop, pendampingan implementasi, serta monitoring dan evaluasi. Mitra kegiatan adalah guru SMA Negeri 8 Kota Jambi. Materi pelatihan mencakup manajemen praktikum berbasis digital, penggunaan platform Virtual Laboratory, penyusunan skenario praktikum digital, integrasi praktikum ke dalam perangkat pembelajaran, serta evaluasi pelaksanaan praktikum. Keberhasilan program dievaluasi melalui pretest dan posttest, observasi aktivitas peserta, penilaian perangkat pembelajaran, dan angket kepuasan mitra. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pengetahuan dan keterampilan guru dalam mengelola praktikum kimia berbasis digital. Guru mampu mengoperasikan Virtual Laboratory, menyusun perangkat praktikum digital yang sesuai dengan capaian pembelajaran, serta mengintegrasikan simulasi virtual ke dalam proses pembelajaran. Peserta juga memberikan respons positif karena materi pelatihan relevan dengan kebutuhan sekolah dan mudah diterapkan. Program ini menghasilkan modul pelatihan, panduan penggunaan Virtual Laboratory, serta perangkat praktikum digital yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Dengan demikian, pemanfaatan Virtual Laboratory terbukti efektif meningkatkan kompetensi guru dan mendukung transformasi pembelajaran kimia yang inovatif, adaptif terhadap perkembangan teknologi, serta berorientasi pada pengembangan keterampilan abad ke-21.

PENDAHULUAN

Praktikum merupakan salah satu komponen utama dalam pembelajaran kimia karena memberikan pengalaman belajar yang memungkinkan peserta didik menghubungkan konsep-konsep abstrak dengan fenomena nyata melalui kegiatan eksperimen [1]. Melalui praktikum, peserta didik dapat mengembangkan pemahaman konseptual, keterampilan proses sains, kemampuan berpikir kritis, kemampuan memecahkan masalah, serta sikap ilmiah yang menjadi kompetensi penting dalam pembelajaran abad ke-21. Oleh karena itu, kualitas pelaksanaan praktikum menjadi salah satu indikator keberhasilan pembelajaran kimia [2].

Meskipun demikian, pelaksanaan praktikum kimia di sekolah masih menghadapi berbagai kendala. Keterbatasan fasilitas laboratorium, minimnya alat dan bahan praktikum, keterbatasan waktu pembelajaran, tingginya biaya operasional, serta aspek keselamatan kerja menyebabkan kegiatan praktikum belum dapat dilaksanakan secara optimal. Kondisi tersebut berdampak pada rendahnya intensitas praktikum dan terbatasnya kesempatan peserta didik memperoleh pengalaman belajar berbasis eksperimen. Selain itu, perkembangan teknologi digital menuntut guru untuk tidak hanya menguasai praktikum konvensional, tetapi juga mampu mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran sehingga proses belajar menjadi lebih efektif, interaktif, dan bermakna [3].

Perkembangan teknologi pendidikan telah mendorong munculnya berbagai inovasi pembelajaran berbasis digital, salah satunya adalah Virtual Laboratory [4]. Laboratorium virtual merupakan lingkungan belajar berbasis komputer yang memungkinkan peserta didik melakukan simulasi eksperimen secara interaktif tanpa dibatasi oleh ketersediaan alat, bahan, maupun ruang laboratorium. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Virtual Laboratory mampu meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan proses sains, motivasi belajar, kreativitas, serta hasil belajar peserta didik [5],[6]. Selain itu, laboratorium virtual dapat berfungsi sebagai pelengkap (supplement) maupun alternatif terhadap praktikum nyata, terutama pada eksperimen yang memerlukan biaya tinggi, berisiko terhadap keselamatan, atau membutuhkan peralatan yang belum tersedia di sekolah [7].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Virtual Laboratory pada pembelajaran kimia anorganik mampu meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan proses sains, kreativitas, motivasi, dan hasil belajar mahasiswa dibandingkan pembelajaran laboratorium konvensional [8]. Demikian pula, penelitian lain menjelaskan bahwa penggunaan laboratorium virtual berkontribusi terhadap peningkatan motivasi intrinsik maupun ekstrinsik peserta didik, yang pada akhirnya berdampak positif terhadap capaian akademik. [9]. Dalam konteks pendidikan kimia, keberhasilan implementasi Virtual Laboratory sangat dipengaruhi oleh kompetensi guru. Guru tidak hanya dituntut mampu mengoperasikan platform digital, tetapi juga harus memiliki kemampuan dalam merancang skenario praktikum, memilih simulasi yang sesuai dengan capaian pembelajaran, mengintegrasikan kegiatan praktikum ke dalam perangkat pembelajaran, serta melakukan evaluasi terhadap hasil belajar peserta didik. Penelitian

menunjukkan bahwa persepsi guru terhadap kemudahan penggunaan (*perceived ease of use*) dan kemanfaatan (*perceived usefulness*) menjadi faktor utama yang memengaruhi keberhasilan adopsi Virtual Laboratory dalam pembelajaran kimia [10]. Oleh karena itu, peningkatan kompetensi guru melalui pelatihan dan pendampingan menjadi aspek yang sangat penting dalam transformasi pembelajaran berbasis teknologi digital.

Di sisi lain, berbagai kajian sistematis menunjukkan bahwa Virtual Laboratory tidak hanya berfungsi sebagai media simulasi, tetapi juga mampu meningkatkan pemahaman konseptual, kemampuan berpikir kritis, efikasi diri, serta motivasi belajar peserta didik apabila diintegrasikan ke dalam strategi pembelajaran yang tepat [11],[12]. Dengan demikian, pemanfaatan laboratorium virtual perlu diimbangi dengan kemampuan guru dalam mengelola seluruh tahapan praktikum, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, hingga evaluasi pembelajaran. Berdasarkan hasil observasi awal dan diskusi bersama pihak SMA Negeri 8 Kota Jambi, diperoleh beberapa permasalahan yang dihadapi guru dalam pelaksanaan praktikum kimia, yaitu: (1) pemanfaatan Virtual Laboratory masih sangat terbatas; (2) guru belum memiliki keterampilan yang memadai dalam merancang praktikum berbasis digital; (3) belum tersedia perangkat pembelajaran yang mengintegrasikan laboratorium virtual dengan capaian pembelajaran; serta (4) belum pernah dilaksanakan pelatihan khusus mengenai manajemen praktikum kimia berbasis digital. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa guru memerlukan program penguatan kompetensi agar mampu memanfaatkan teknologi digital secara optimal dalam pembelajaran kimia.

Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, tim pengabdian melaksanakan program "Penguatan Manajemen Praktikum Kimia Berbasis Digital melalui Virtual Laboratory untuk Meningkatkan Kompetensi Guru". Program ini dirancang menggunakan pendekatan partisipatif melalui tahapan analisis kebutuhan, pelatihan, workshop, pendampingan implementasi, monitoring, dan evaluasi. Kegiatan difokuskan pada peningkatan kompetensi guru dalam mengelola praktikum kimia berbasis digital melalui pemanfaatan berbagai platform Virtual Laboratory, penyusunan perangkat pembelajaran digital, serta implementasinya dalam proses pembelajaran di kelas. Program ini diharapkan mampu meningkatkan kompetensi profesional dan pedagogik guru dalam mengelola praktikum kimia berbasis digital, menghasilkan perangkat pembelajaran yang inovatif, serta mendukung transformasi pembelajaran kimia menuju pembelajaran yang lebih efektif, adaptif, dan berorientasi pada pengembangan keterampilan abad ke-21).

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di SMA Negeri 8 Kota Jambi dengan sasaran utama guru-guru mata pelajaran Kimia. Program dilaksanakan selama tiga bulan, mulai dari tahap persiapan hingga evaluasi, menggunakan pendekatan Participatory Action Research (PAR) yang menempatkan guru sebagai mitra aktif dalam setiap tahapan kegiatan. Pendekatan ini dipilih karena mampu mendorong partisipasi aktif peserta dalam mengidentifikasi permasalahan, merancang solusi, mengimplementasikan program, serta melakukan refleksi terhadap hasil yang diperoleh. Tahapan kegiatan terdiri atas lima fase, yaitu analisis kebutuhan, perencanaan program, pelaksanaan pelatihan, pendampingan implementasi, serta monitoring dan evaluasi [13] dan secara skematik ditunjukkan seperti pada Gambar 1.

1. Analisis Kebutuhan

Tahap awal dilakukan melalui observasi, wawancara, diskusi kelompok terarah (Focus Group Discussion/FGD), dan penyebaran angket kepada guru kimia untuk mengidentifikasi kondisi laboratorium sekolah, kompetensi guru dalam mengelola praktikum, pemanfaatan media digital, serta kebutuhan pelatihan. Analisis kebutuhan bertujuan memperoleh gambaran mengenai permasalahan yang dihadapi mitra sehingga program yang dirancang sesuai dengan kebutuhan nyata di sekolah [14]. Aspek yang dianalisis meliputi: kondisi sarana dan prasarana laboratorium, frekuensi pelaksanaan praktikum, kemampuan guru dalam menggunakan media digital, pengalaman menggunakan Virtual Laboratory, kendala dalam pelaksanaan praktikum, serta kebutuhan pelatihan dan pendampingan. Data hasil analisis kebutuhan selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan materi pelatihan dan perangkat pendampingan.

2. Perencanaan Program

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, tim pengabdian menyusun desain program yang meliputi: modul pelatihan manajemen praktikum kimia berbasis digital; panduan penggunaan berbagai platform Virtual Laboratory (misalnya PhET, ChemCollective, dan platform virtual laboratorium lainnya); lembar kerja praktikum digital (LKPD); contoh perangkat pembelajaran (Modul Ajar/RPP); instrumen evaluasi program. Seluruh perangkat divalidasi secara internal oleh tim pengabdian sebelum digunakan dalam kegiatan pelatihan.



Gambar 1. Tahapan kegiatan pengabdian kepada masyarakat

3. Pelaksanaan Pelatihan

Pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui metode ceramah interaktif, demonstrasi, praktik langsung (hands-on training), diskusi kelompok, dan penugasan. Model pelatihan dirancang agar guru memperoleh pengalaman langsung dalam mengoperasikan Virtual Laboratory sekaligus mengintegrasikannya ke dalam pembelajaran kimia. Model pelatihan seperti ini telah banyak digunakan dalam program peningkatan kompetensi guru kimia berbasis laboratorium virtual. Materi pelatihan meliputi: konsep manajemen praktikum kimia berbasis digital; pengenalan berbagai platform Virtual Laboratory; instalasi dan pengoperasian aplikasi; penyusunan skenario

praktikum digital; pengembangan LKPD berbasis Virtual Laboratory; integrasi praktikum virtual ke dalam Modul Ajar/RPP; strategi asesmen praktikum digital. Setelah penyampaian materi, peserta melaksanakan praktik mandiri dengan didampingi oleh tim pengabdian hingga mampu mengoperasikan aplikasi dan menyusun perangkat pembelajaran.

4. Pendampingan Implementasi

Tahap pendampingan dilakukan setelah kegiatan pelatihan selesai. Guru didampingi dalam mengimplementasikan Virtual Laboratory pada pembelajaran kimia di kelas. Pendampingan dilakukan melalui kunjungan ke sekolah, konsultasi tatap muka maupun daring, serta refleksi bersama terhadap hambatan yang ditemukan selama implementasi. Setiap guru diminta menghasilkan luaran berupa: satu Modul Ajar/RPP yang mengintegrasikan Virtual Laboratory; satu LKPD berbasis digital; satu skenario praktikum virtual; dokumentasi pelaksanaan pembelajaran. Pendampingan bertujuan memastikan bahwa kompetensi yang diperoleh selama pelatihan benar-benar diterapkan dalam praktik pembelajaran.

5. Monitoring dan Evaluasi

Evaluasi program dilakukan untuk mengukur efektivitas kegiatan pengabdian terhadap peningkatan kompetensi guru. Evaluasi menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Instrumen yang digunakan meliputi: Pretest dan posttest untuk mengukur peningkatan pengetahuan guru mengenai manajemen praktikum kimia berbasis digital. Lembar observasi untuk menilai keterampilan guru dalam mengoperasikan Virtual Laboratory. Rubrik penilaian produk untuk mengevaluasi kualitas Modul Ajar, LKPD digital, dan skenario praktikum yang disusun peserta. Angket kepuasan peserta menggunakan skala Likert lima tingkat untuk mengetahui persepsi guru terhadap kualitas pelatihan. Wawancara dan refleksi guna memperoleh masukan terkait manfaat, kendala, dan tindak lanjut program. Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif berupa rata-rata, persentase, dan peningkatan nilai pretest–posttest. Sementara itu, data kualitatif hasil observasi, wawancara, dan refleksi dianalisis melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Program pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan di SMA Negeri 8 Kota Jambi dengan sasaran guru mata pelajaran Kimia. Kegiatan dilaksanakan secara bertahap melalui lima tahapan utama, yaitu analisis kebutuhan, perencanaan program, pelaksanaan pelatihan, pendampingan implementasi, serta monitoring dan evaluasi. Seluruh tahapan dirancang untuk meningkatkan kompetensi guru dalam mengelola praktikum kimia berbasis digital melalui pemanfaatan Virtual Laboratory.

1. Analisis Kebutuhan

Tahap awal diawali dengan observasi laboratorium, wawancara dengan guru, penyebaran angket, serta diskusi kelompok terarah (Focus Group Discussion). Hasil analisis menunjukkan bahwa laboratorium kimia telah tersedia, namun pemanfaatannya belum optimal akibat keterbatasan alat praktikum, bahan kimia, waktu pembelajaran, serta belum adanya integrasi teknologi digital dalam kegiatan praktikum. Selain itu, sebagian besar guru belum pernah mengikuti pelatihan mengenai penggunaan Virtual Laboratory sehingga masih mengalami kesulitan dalam memilih platform yang sesuai, merancang skenario praktikum digital, serta mengintegrasikan laboratorium virtual ke dalam perangkat pembelajaran. Hasil analisis kebutuhan tersebut menjadi dasar dalam penyusunan materi pelatihan dan strategi pendampingan.

2. Pelaksanaan Pelatihan

Pelatihan (Gambar 2) dilaksanakan melalui metode ceramah interaktif, demonstrasi, praktik langsung (hands-on training), diskusi, dan pendampingan. Materi yang diberikan meliputi konsep manajemen praktikum kimia berbasis digital, penggunaan berbagai platform Virtual Laboratory seperti PhET Simulation dan ChemCollective, penyusunan LKPD digital, penyusunan Modul Ajar, serta strategi evaluasi praktikum berbasis digital. Selama pelatihan, peserta menunjukkan antusiasme yang tinggi. Guru secara aktif mengikuti setiap sesi, berdiskusi mengenai implementasi laboratorium virtual pada materi kimia, serta mencoba secara langsung berbagai

simulasi praktikum. Interaksi antara narasumber dan peserta berlangsung secara dinamis sehingga proses pembelajaran berjalan efektif.



Gambar 2. Pelaksanaan pelatihan

3. Pendampingan Implementasi

Setelah pelatihan, peserta memperoleh pendampingan dalam mengimplementasikan Virtual Laboratory pada pembelajaran di kelas (Gambar 3). Guru didampingi dalam menyusun perangkat pembelajaran, memilih simulasi yang sesuai dengan tujuan pembelajaran, serta merancang aktivitas praktikum digital yang berorientasi pada keterampilan proses sains. Pada tahap ini setiap guru berhasil menghasilkan perangkat pembelajaran berupa Modul Ajar, LKPD berbasis digital, dan skenario praktikum yang memanfaatkan Virtual Laboratory. Perangkat tersebut kemudian diimplementasikan dalam proses pembelajaran dan dievaluasi bersama tim pengabdian.



Gambar 3. Kegiatan pendampingan implementasi virtual laboratory

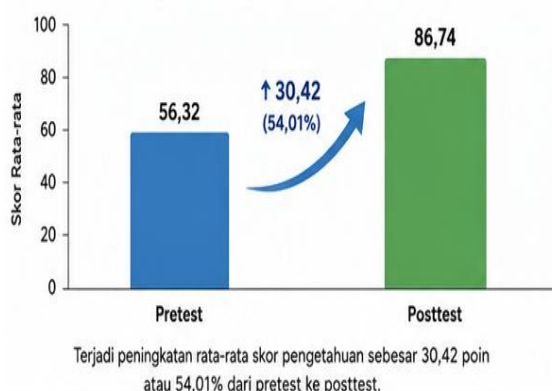
4. Evaluasi Program

Efektivitas program dievaluasi melalui pretest dan posttest, observasi keterampilan guru, penilaian perangkat pembelajaran (Tabel 1), serta angket kepuasan peserta. Hasil evaluasi seperti pada Gambar 4 menunjukkan adanya peningkatan kompetensi guru setelah mengikuti seluruh rangkaian kegiatan. Hasil observasi juga menunjukkan bahwa guru telah mampu mengoperasikan platform Virtual Laboratory, menyusun LKPD digital, serta mengintegrasikan simulasi virtual ke dalam proses pembelajaran kimia.

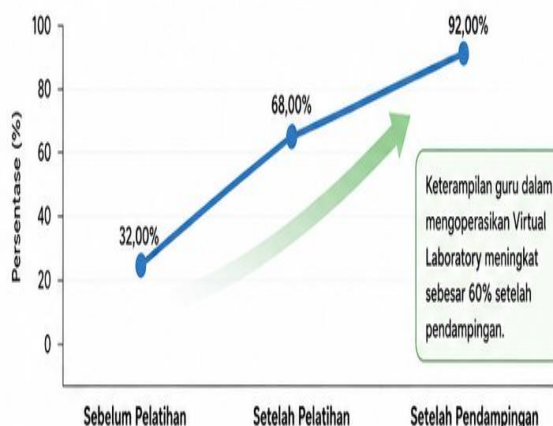
Tabel 1. Kualitas Perangkat Pembelajaran yang Dihasilkan Guru

Aspek Penilaian	Sebelum Pelatihan	Setelah Pendampingan	Peningkatan (%)
Kesesuaian dengan Capaian Pembelajaran (CP)	2,81	4,42	57,30
Kelengkapan Komponen	2,75	4,45	61,82
Integrasi <i>Virtual Laboratory</i>	2,12	4,36	105,66
Kualitas LKPD Digital	2,58	4,48	73,64
Asesmen Praktikum Digital	2,31	4,25	84,03
Rata-rata Keseluruhan	2,51	4,39	75,10

Ket.: Penilaian menggunakan skala Likert 1–5. Hasil menunjukkan bahwa kualitas perangkat pembelajaran yang disusun guru mengalami peningkatan rata-rata sebesar 75,10% setelah mengikuti pelatihan dan pendampingan. Peningkatan tertinggi terjadi pada aspek integrasi *Virtual Laboratory* (105,66%), sedangkan peningkatan terendah terdapat pada aspek kesesuaian dengan capaian pembelajaran (57,30%). Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa program penguatan manajemen praktikum kimia berbasis digital mampu meningkatkan kemampuan guru dalam menyusun perangkat pembelajaran yang inovatif dan sesuai dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

**Gambar 4. Peningkatan pengetahuan guru**

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa pelatihan dan pendampingan mampu meningkatkan kompetensi guru dalam mengelola praktikum kimia berbasis digital (Gambar 5). Peningkatan tersebut tidak hanya terlihat dari hasil evaluasi pengetahuan, tetapi juga dari kemampuan guru dalam menghasilkan perangkat pembelajaran berbasis *Virtual Laboratory*. Keberhasilan program dipengaruhi oleh pendekatan *Participatory Action Research* (PAR) yang melibatkan guru secara aktif pada setiap tahapan kegiatan [15,16]. Guru tidak hanya menerima materi secara teoritis, tetapi juga memperoleh kesempatan untuk mempraktikkan penggunaan laboratorium virtual, mendiskusikan permasalahan yang dihadapi, serta memperoleh pendampingan selama implementasi di kelas. Pendekatan partisipatif seperti ini terbukti mampu meningkatkan keberhasilan program pengembangan profesional guru karena peserta terlibat langsung dalam proses belajar dan refleksi.

**Gambar 5. Peningkatan keterampilan pada saat pelatihan**

Pemanfaatan Virtual Laboratory memberikan berbagai keuntungan dibandingkan praktikum konvensional, terutama pada sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium. Guru dapat melaksanakan simulasi praktikum secara aman, hemat biaya, fleksibel, dan dapat diulang sesuai kebutuhan pembelajaran. Selain itu, simulasi virtual mampu memvisualisasikan konsep-konsep kimia yang bersifat abstrak sehingga membantu peserta didik memahami konsep secara lebih mendalam. Temuan ini sejalan dengan penelitian [17] yang melaporkan bahwa penggunaan Virtual Laboratory meningkatkan pemahaman konsep, motivasi belajar, dan keterampilan proses sains. Demikian pula, [18] menunjukkan bahwa laboratorium virtual mampu meningkatkan motivasi intrinsik maupun ekstrinsik peserta didik sehingga berdampak positif terhadap hasil belajar.

Keberhasilan implementasi Virtual Laboratory juga dipengaruhi oleh kompetensi guru dalam memilih media, menyusun perangkat pembelajaran, serta mengintegrasikan teknologi ke dalam proses pembelajaran. Setelah mengikuti pelatihan, guru menunjukkan peningkatan kemampuan dalam menyusun Modul Ajar, LKPD digital, serta skenario praktikum yang sesuai dengan capaian pembelajaran. Temuan ini mendukung hasil penelitian [19],[20]. yang menyatakan bahwa keberhasilan penggunaan laboratorium virtual sangat dipengaruhi oleh persepsi guru terhadap kemudahan penggunaan dan manfaat teknologi tersebut. Selain meningkatkan kompetensi guru, kegiatan ini menghasilkan luaran berupa modul pelatihan, panduan penggunaan Virtual Laboratory, perangkat pembelajaran berbasis digital, serta dokumentasi implementasi pembelajaran. Luaran tersebut diharapkan dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan sebagai sumber belajar bagi guru dalam mengembangkan pembelajaran kimia yang lebih inovatif dan adaptif terhadap perkembangan teknologi.

Meskipun demikian, program ini masih memiliki beberapa keterbatasan, antara lain keterbatasan waktu pendampingan, variasi kemampuan digital guru, serta ketersediaan perangkat komputer dan akses internet yang belum merata. Oleh karena itu, diperlukan pendampingan lanjutan, pembentukan komunitas belajar guru, serta pengembangan program pelatihan berkelanjutan agar implementasi Virtual Laboratory dapat berlangsung secara optimal dan berkesinambungan. Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini menunjukkan bahwa penguatan manajemen praktikum kimia berbasis digital melalui pemanfaatan Virtual Laboratory merupakan strategi yang efektif dalam meningkatkan kompetensi guru. Program ini tidak hanya meningkatkan kemampuan guru dalam mengelola praktikum, tetapi juga mendorong transformasi pembelajaran kimia menuju pembelajaran yang lebih inovatif, efektif, dan sesuai dengan tuntutan pendidikan abad ke-21.

KESIMPULAN

Program pengabdian kepada masyarakat melalui kegiatan Penguatan Manajemen Praktikum Kimia Berbasis Digital melalui Virtual Laboratory berhasil meningkatkan kompetensi guru SMA Negeri 8 Kota Jambi dalam mengelola pembelajaran praktikum kimia berbasis digital. Pelaksanaan kegiatan yang meliputi analisis kebutuhan, pelatihan, pendampingan implementasi, serta monitoring dan evaluasi mampu meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan guru dalam memanfaatkan platform Virtual Laboratory sebagai media pembelajaran.

Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan pada berbagai aspek kompetensi guru, meliputi kemampuan mengoperasikan Virtual Laboratory, menyusun Modul Ajar dan LKPD berbasis digital, mengintegrasikan simulasi virtual ke dalam pembelajaran, serta mengembangkan asesmen praktikum digital. Kualitas perangkat pembelajaran yang dihasilkan guru juga mengalami peningkatan dengan rata-rata sebesar 75,10%, menunjukkan bahwa pelatihan dan pendampingan memberikan dampak positif terhadap kemampuan guru dalam merancang pembelajaran kimia yang lebih inovatif, interaktif, dan sesuai dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21. Selain itu, tingkat kepuasan peserta yang berada pada kategori baik hingga sangat baik menunjukkan bahwa program yang dilaksanakan telah sesuai dengan kebutuhan mitra.

Secara keseluruhan, pemanfaatan Virtual Laboratory sebagai bagian dari manajemen praktikum kimia berbasis digital merupakan strategi yang efektif dalam mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium sekaligus meningkatkan profesionalisme guru dalam pembelajaran kimia. Oleh karena itu, program serupa perlu dikembangkan secara berkelanjutan melalui

pendampingan lanjutan, penguatan komunitas belajar guru, serta perluasan implementasi ke sekolah lain agar transformasi pembelajaran kimia berbasis digital dapat berlangsung secara lebih luas dan berkesinambungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dapat terlaksana dengan baik berkat dukungan, kerja sama, dan kontribusi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, tim pelaksana menyampaikan ucapan terima kasih kepada Kepala Sekolah beserta Guru SMA Negeri 8 Kota Jambi sebagai mitra kegiatan yang telah memberikan dukungan dan berpartisipasi aktif selama seluruh rangkaian program. Apresiasi juga disampaikan kepada seluruh tim pelaksana pengabdian yang telah berkontribusi dalam proses perencanaan, pelaksanaan, pendampingan, hingga evaluasi kegiatan. Selain itu, ucapan terima kasih diberikan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kerja sama sehingga kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dapat terlaksana dengan baik dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sahara, M. Ilmi, and R. Y. B. Silalahi, "Pendampingan Edukasi Cerdas Menyikapi Tren AI (Artificial Intelligence) dalam Dunia Pendidikan," *J. Penelit. dan Pengabdi. Masy.*, vol. 1, no. 4, pp. 354–364, 2023, doi: 10.61231/jp2m.v1i4.169.
- [2] M. Ilmi, R. Yanto, and B. Silalahi, "Melek Digital : Kunci Sukses di Era Digital," vol. 4, no. 6, 2024, doi: 10.59818/jpm.v4i6.920.
- [3] Romundza, F., Harizon, Miharti, I., & Novferma. (2023). Development of artificial intelligence-based learning videos on the topics of air pollution using Lumen App. *Jurnal Pendidikan MIPA*.
- [4] Tatenova, A., Sarsenbaeva, Z., Azimbaeva, G., Tugelbaeva, K., & Zaurbekova, N. (2023). Evaluating the effectiveness of a virtual laboratory for inorganic chemistry education. *Research in Science & Technological Education*, 43(2), 377–389. <https://doi.org/10.1080/02635143.2023.2275139>
- [5] Diwakar, S., Kolil, V. K., Francis, S. P., Achuthan, K., & Nair, B. (2023). Intrinsic and extrinsic motivation among students for laboratory courses: Assessing the impact of virtual laboratories. *Computers & Education*, 198, 104758. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104758>
- [6] Hou, Y., Wang, M., Xu, H., et al. (2023). Virtual simulation experiments: A teaching option for complex and hazardous chemistry experiments. *Journal of Chemical Education*, 100(4), 1437–1445. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00594>
- [7] Gugun, M. S., Romundza, F., Ari, F., & Diniyah, P. (2019). Pelatihan pembuatan film animasi menggunakan aplikasi Toontastic 3D untuk mendukung minat belajar siswa SMP. *Sarwahita*, 19(1). <https://doi.org/10.21009/sarwahita.191.20>
- [8] Jacobsen, F. E. (2023). Use of student-generated technique videos to increase laboratory skills in an online general chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 100(4), 1460–1465. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00867>
- [9] Lau, P. N., Mohammad, S. N. A., Low, K. N., & Chua, Y. T. (2024). A COVID-19 test kit-inspired 5E online courseware on buffer chemistry designed on Articulate Rise and ChemCollective virtual laboratory. *Journal of Chemical Education*, 101(1), 165–171. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00392>
- [10] Mujahidawati, Novferma, Gugun, M. S., Ari, F., & Romundza, F. (2023). Analysis of university students' higher order thinking skills (HOTS) in the differential equation courses in the time of Covid-19 pandemic. *AIP Conference Proceedings*, 2698, 060047.
- [11] Nizlel, H., Jefri, M., Ari, F., Romundza, F., & Wahyu, F. (2021). Pembuatan video pembelajaran animasi menggunakan Animaker untuk mendukung kemampuan literasi teknologi pada guru SMP. *Seminar Nasional Pendidikan Matematika*. Universitas Negeri Jakarta. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/snppm/article/view/25608>
- [12] Novaliendry, D., Rahmani, A., SriWahyuni, T., & Fajri, B. R. (2023). Web-based virtual laboratory design in class XI chemistry subject. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 19(17), 4–18. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v19i17.45491>

- [13] Novferma, Husni, S., Wardi, S., Ari, F., & Romundza, F. (2021). Pelatihan pembuatan media pembelajaran berbentuk game edukatif berbasis android bagi guru SMPN 7 Muaro Jambi. Seminar Nasional Katulistiwa. Universitas Muhammadiyah Jakarta. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat/article/view/10665>
- [14] Novferma, Mujahidawati, Romundza, F., Ari, F., & Rizanti, N. (2023). The analysis of university students' motivation in learning by using E-book with magazine display in the time of Covid-19 pandemic. AIP Conference Proceedings. <https://doi.org/10.1063/12.0019319>
- [15] Simatupang, G. M., Husni, S., Mujahidawati, Dewi, I., & Romundza, F. (2023). Pelatihan pembuatan media pembelajaran berbentuk video animasi 3D dengan karakter diri sendiri menggunakan aplikasi Loomie dan OBS untuk meningkatkan literasi informasi. *Dinamika Sosial dan Teknologi*, 3(2). <https://doi.org/10.47709/dst.v3i2.3222>
- [16] Novferma, Wardi, S., Kamid, Ari, F., Romundza, F., & Rizanti, N. (2023). Analysis of 4C (critical, creative, collaborative, communicative) ability of students in the algebraic structure course in the time of Covid-19 pandemic. AIP Conference Proceedings, 2811, 020023.
- [17] Pane, E. P., Manurung, H. M., & Situmorang, T. I. (2024). Pengembangan laboratorium virtual berbasis multimedia interaktif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa. *Jurnal Education and Development*, 12(2). <https://doi.org/10.37081/ed.v12i2.5700>
- [18] Aroch, I., Katchevich, D., & Blonder, R. (2024). Modes of technology integration in chemistry teaching: Theory and practice. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(3), 843–861. <https://doi.org/10.1039/D3RP00307H>
- [19] Echeverri-Jimenez, E., & Oliver-Hoyo, M. T. (2024). A roadmap to support the development of chemistry virtual reality learning environments merging chemical pedagogy and educational technology design. *Journal of Chemical Education*, 101(6), 2244–2256. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01205>
- [20] Flesch, M. M., Humphrey, N. J., & Mang, S. A. (2024). Virtual choose-your-own-adventure prelabs improve student understanding of analytical chemistry concepts and instrumentation. *Journal of Chemical Education*, 101(3), 941–948. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00803>