

Pendampingan dan Implementasi Aplikasi Laboratorium Virtual Pada Pembelajaran di Sekolah Menengah Atas Kristen Irene Kota Manado

Mentoring and Implementation of Virtual Laboratory Applications for Learning in Christian Irene Senior High School, Manado City

Henry V. F Kainde, Salvius P. Lengkong, Heilbert A. Mapaly

Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado

*Email Korespondensi: valentkainde@unsrat.ac.id, salviusslengkong@unsrat.ac.id, heilbertmapaly@unsrat.ac.id

Article History:

Received: 01 Dec. 2025

Revised: 15 Jan 2026

Accepted: 5 Feb. 2026

Keywords:

Virtual Laboratory, Labortory, Interactive Learning, Yayasan Irene, Simulation

Abstract

The advancement of Information and Communication Technology (ICT) necessitates technology integration in modern education, particularly through innovations like the virtual laboratory. This solution addresses the practical challenge faced by Christian Irene Senior High School (SMA Kristen Irene) in Manado, where limited physical laboratory facilities hinder effective science learning and practical experience. Virtual laboratories offer safe, interactive, and constraint-free simulations, aligning with current technology-based curriculum demands. This activity aimed to introduce and implement virtual laboratory applications among teachers, facilitating their integration into the learning process. The expected outcome is the creation of a more interactive and effective learning environment, ultimately enhancing student preparedness for the digital era.

PENDAHULUAN

1.1. Analisa Situasi

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah membawa perubahan besar dalam dunia pendidikan, khususnya dalam penerapan pembelajaran berbasis digital. Pemanfaatan teknologi tidak lagi bersifat pelengkap, melainkan menjadi kebutuhan utama dalam menciptakan proses pembelajaran yang efektif, interaktif, dan relevan dengan tuntutan abad ke-21. Salah satu inovasi teknologi yang berkembang pesat dalam pembelajaran sains adalah laboratorium virtual, yang memungkinkan siswa melakukan simulasi eksperimen secara digital tanpa bergantung pada fasilitas laboratorium fisik yang mahal dan terbatas. Penelitian menunjukkan bahwa integrasi laboratorium virtual dalam pembelajaran sains mampu meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan eksperimen siswa secara signifikan dibandingkan metode konvensional (Rosli & Ishak, 2024).

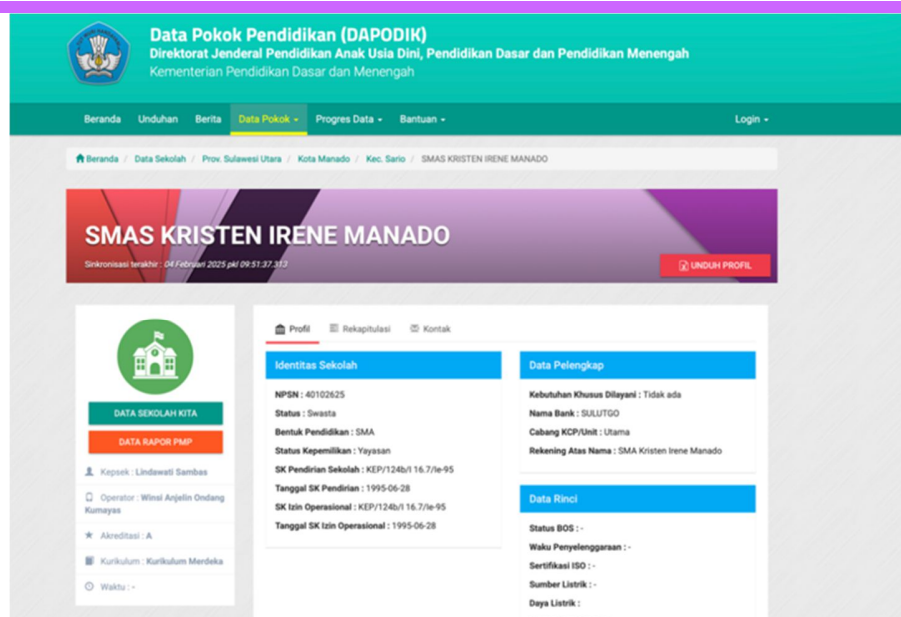
Dalam praktiknya, banyak sekolah masih menghadapi kendala dalam penyelenggaraan praktikum sains akibat keterbatasan sarana dan prasarana. Hal ini juga dialami oleh SMA Kristen Irene Kota Manado, yang memiliki keterbatasan alat dan bahan praktikum IPA. Kondisi tersebut menyebabkan pembelajaran praktikum belum dapat dilaksanakan secara optimal, sehingga siswa cenderung menerima pembelajaran teori tanpa didukung pengalaman eksperimen langsung (Arumningtyas et al., 2022). Padahal, pembelajaran berbasis eksperimen memiliki peran penting dalam meningkatkan keterampilan proses sains, daya analisis, serta kemampuan berpikir kritis siswa (Hendrajanti, 2022). Studi sebelumnya mengungkapkan bahwa laboratorium virtual dapat menjadi solusi alternatif yang efektif bagi sekolah dengan keterbatasan fasilitas fisik, karena mampu menghadirkan simulasi eksperimen yang aman, fleksibel, dan mudah diakses (Istiqomah, 2024; Meronda et al., 2025).

Selain keterbatasan fasilitas, tantangan lain yang dihadapi SMA Kristen Irene adalah rendahnya keterampilan guru dalam memanfaatkan teknologi digital sebagai media pembelajaran. Meskipun berbagai aplikasi laboratorium virtual telah tersedia dan terbukti efektif, pemanfaatannya belum maksimal karena keterbatasan kompetensi digital pendidik (Fitriah et al., 2023). Padahal, keberhasilan implementasi teknologi dalam pembelajaran sangat bergantung pada kesiapan dan kemampuan guru dalam mengintegrasikannya secara pedagogis. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual tidak hanya meningkatkan keterlibatan dan kemandirian belajar siswa, tetapi juga menuntut peningkatan kompetensi guru agar teknologi dapat dimanfaatkan secara optimal dalam proses pembelajaran (Hamdani et al., 2024; Sulistiyono & Arini, 2022).

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan solusi inovatif yang tidak hanya berfokus pada penyediaan media pembelajaran alternatif, tetapi juga pada peningkatan kapasitas guru. Laboratorium virtual menjadi solusi yang menjanjikan karena mampu menyediakan pengalaman eksperimen yang mendekati kondisi nyata, dapat digunakan kapan saja dan di mana saja, serta mendukung pembelajaran IPA berbasis teknologi. Oleh karena itu, tim pengabdian mengusulkan program pendampingan dan implementasi aplikasi laboratorium virtual di SMA Kristen Irene Kota Manado. Program ini bertujuan untuk menyediakan alternatif praktikum berbasis digital sekaligus meningkatkan keterampilan guru dalam memanfaatkan teknologi sebagai alat bantu pembelajaran. Melalui program ini, diharapkan tercipta lingkungan pembelajaran yang lebih interaktif, efektif, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi di era digital.

1.2. Profil Mitra

Berdasarkan data dari website Data Pokok Pendidikan (DAPODIK), Sekolah Menengah Atas Kristen Kota Manado, berstatus sebagai sekolah swasta dengan :**NPSN:** 40102625 **Status:** Swasta **Bentuk Pendidikan:** SMA, **Status Kepemilikan:** Yayasan, **SK Pendirian Sekolah:** KEP/124b/I 16.7/Ie-95, **Tanggal SK Pendirian:** 1995-06-28, **SK Izin Operasional:** KEP/124b/I 16.7/Ie-95, **Tanggal SK Izin Operasional:** 1995-06-28



Gambar 1. Tampilan Laman Website DAPODIK SMA Yayasan Irene Kota Manado

1.3. Solusi

Solusi dari permasalahan yang ada yaitu: pertama adalah menerapkan aplikasi laboratorium virtual berbasis web dan dapat juga diakses lewat mobile (Android) untuk membantu guru sekolah menengah pertama Yayasan Irene, Kota Manado, sebagai alat bantu dalam mengajar eksperimen sains, serta menjelaskan konsep-konsep sains yang abstrak dengan bantuan simulasi interaktif (Ahmad et al., 2023). Solusi kedua adalah dengan memanfaatkan aplikasi yang sudah diterapkan untuk selanjutnya dilakukan pendampingan dalam bentuk pelatihan penggunaan aplikasi sehingga seluruh penggunanya dalam hal ini guru sekolah menengah pertama Yayasan Irene, Kota Manado mampu menggunakan aplikasi laboratorium virtual dengan sebaik mungkin (Fitriah et al., 2023; Hamdani et al., 2024).

Tabel 1. Deskripsi Masalah – Solusi dan Luaran PKM

No.	Permasalahan	Solusi Permasalahan	Indikator Keberhasilan
1	Kurangnya pengetahuan dalam implementasi aplikasi penggunaan laboratorium virtual	- Melakukan penerapan terkait pemanfaatan aplikasi laboratorium virtual. - Melakukan pelatihan penggunaan aplikasi laboratorium virtual.	Meningkatnya pemahaman terkait aplikasi laboratorium virtual dan pemanfaatan IPTEK pada penggunaan laboratorium virtual
2	Kurangnya aksesibilitas guru dan siswa terhadap aplikasi laboratorium virtual	Penerapan aplikasi laboratorium virtual diusulkan untuk mengatasi kurangnya aksesibilitas guru dan siswa terhadap praktikum sains. Aplikasi ini menyediakan fitur yang dikembangkan dalam dua versi—berbasis web dan dapat diakses melalui	Penerapan aplikasi laboratorium virtual berupa aplikasi web dan dapat diakses melalui browser dan perangkat mobile (android)

		perangkat mobile (Android)—guna memastikan pembelajaran eksperimen dapat dilaksanakan dengan mudah dan aman.	
3	Fasilitas pendukung pembelajaran eksperimen sains yang belum tersedia	Pengembangan aplikasi laboratorium virtual sebagai media pembelajaran virtual interaktif.	Penerapan dan Pendampingan penggunaan aplikasi laboratorium virtual berupa aplikasi web dan dapat diakses melalui browser dan perangkat mobile (android)



Gambar 4. Contoh tampilan aplikasi laboratorium virtual pada pembelajaran sains Fisika

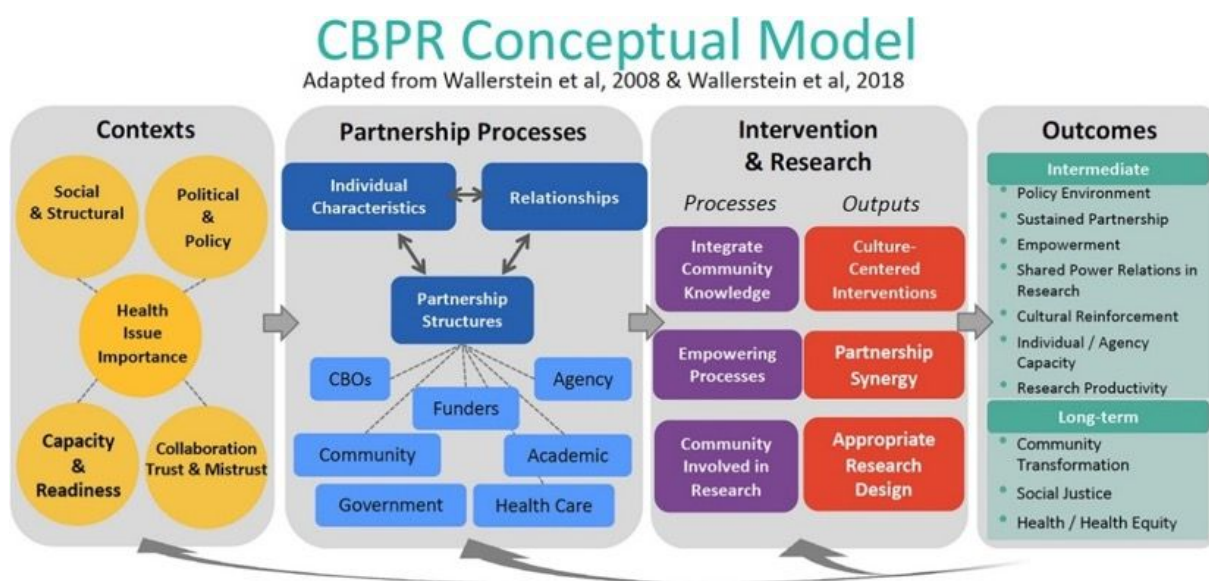
1.4. Implementasi IPTEK

Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) dalam program ini adalah melalui aplikasi perangkat lunak laboratorium virtual. Aplikasi ini dirancang untuk melakukan pembelajaran dan eksperimen sains secara virtual (Akbar et al., 2024). Aplikasi laboratorium virtual ini menyediakan platform digital yang memungkinkan siswa dan guru melakukan eksperimen virtual dengan menggunakan perangkat komputer atau *smartphone* (Oktaviana et al., 2024). Aplikasi yang diterapkan adalah berbasis web dengan dua versi: versi *browser* dan versi *mobile* yang dapat diakses melalui perangkat Android (Meronda et al., 2025).

METODE PELAKSANAAN

Pendekatan yang digunakan untuk melaksanakan pengabdian guru dan siswa pada Sekolah Menengah Pertama Yayasan Irene Kota Manado adalah *Community Based Participatory Research (CBPR)* dengan pola kolaborasi antara komunitas dengan dunia pendidikan tinggi yang

berorientasi pada Tindakan dengan *service learning* untuk mendukung gerakan sosial demi terwujudnya keadilan sosial. CBPR melibatkan mahasiswa dan dosen berkerja bersama-sama dengan guru dan siswa (komunitas) dalam sebuah kegiatan penelitian untuk mencapai tujuan bersama (Hidayah et al., 2022). CBPR menekankan peran aktif komunitas dalam setiap tahapan penelitian, dari perencanaan hingga implementasi, guna menciptakan solusi yang berkelanjutan dan berbasis kebutuhan lokal (Juliana et al., 2022). Tujuan CBPR adalah untuk menjawab persoalan penelitian dan permasalahan riil yang tengah dihadapi guru dan siswa; memenuhi kebutuhan yang didefinisikan oleh komunitas itu sendiri (Novianti & Mardiaty, 2022). Pada akhirnya, hasil dari CBPR adalah mencoba menawarkan sebuah solusi atau berkontribusi terhadap penyelesaian persoalan yang nyata ditengah guru dan siswa (Juliana et al., 2022).



Gambar 5. Model *Community Based Participatory Research (CBPR)*

Tabel 3. Penjabaran konsep kontekstual *Community Based Participatory Research (CBPR)*

Contexts:	Group Dynamics		CBPR System & Capacity Changes:
	Structural Dynamics:	Relational Dynamics:	
• Social-Economic, Cultural & Environmental Factors • National/Local Policies & Trends in Political Governance • Historical Context of Collaboration • Community: Capacity & Readiness • University: Capacity & Readiness • Perceived Severity of Health Issues	• Diversity • Complexity • Formal Agreements • Real Power/Resource Sharing • Alignment with CBPR Principles • Length of Time in Partnership	• Dialogue/Mutual Learning • Leadership/Stewardship • Influence/Power Dynamics • Flexibility • Self & Collective Reflection • Participatory Decision Making & Negotiation • Integration of Local/Community Beliefs to Group Process	• Cultural Revitalization & Renewal • Empowerment: Community & University Reflection • Change in Power Relations • Change in Practices & Policies • Culturally-Based & Sustainable Interventions
	• Core Values • Cultural Humility/Identities • Individual Beliefs • Community Reputation of PI		• Overcoming Disparities

Berdasarkan model konseptual CBPR pada gambar 5 di atas, selanjutnya dipetakan metode pelaksanaan yang akan dilakukan.



Gambar 7. Peta Berpikir Pelaksanaan PKM

Lebih lanjut terkait kegiatan-kegiatan yang akan dilaksanakan pada PKM, terbagi dalam beberapa tahapan seperti tabel berikut :

Tabel 4. Daftar Kegiatan PKM

Tahapan Pelaksanaan Kegiatan			
Context	1.	Analisis kebutuhan aplikasi	Kegiatan diskusi dengan anggota mitra
	2.	Menganalisa kondisi lapangan	Pengamatan langsung kelokasi didampingi mitra
			Studi pustaka
Partnership Processes	1.	Analisis permasalahan mitra	Berdiskusi dengan mitra
	2.	Membantu mencari solusi	Berdiskusi dengan mitra
Intervention & Research	1.	Mengembangkan aplikasi	Kegiatan pengembangan aplikasi di laboratorium Bersama anggota tim dan mahasiswa
	2.	Melakukan penyuluhan dan pelatihan	Kegiatan sosialisasi aplikasi dan pelatihan penggunaan.
	3.	Pendampingan secara berkala	Kegiatan pendampingan berkelanjutan kepada mitra
Outcomes	1.	Meningkatkan pengelolaan pinjaman	Mengimplementasikan aplikasi simpan pinjam pada mitra untuk membantu melakukan

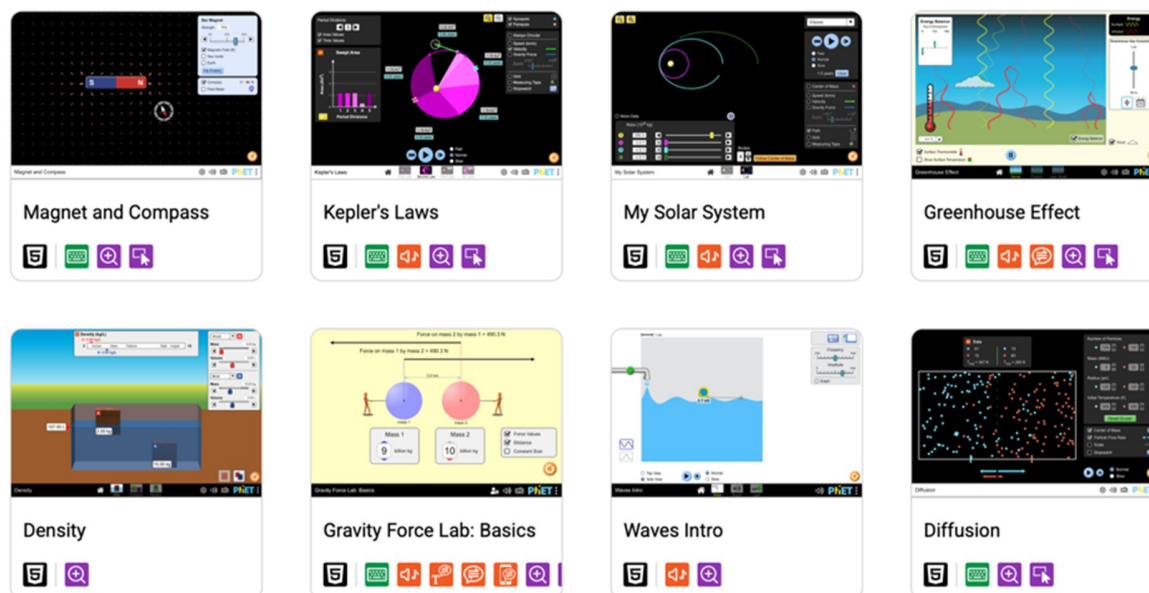
	manajemen anggota, monitoring transaksi keuangan, pelaporan, dan menjamin keamanan data.
2. Publikasi pada jurnal nasional terakreditasi	Kegiatan menyusun karya tulis Bersama tim dosen dan mahasiswa yang selanjutnya akan dipublikasikan di jurnal nasional terakreditasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

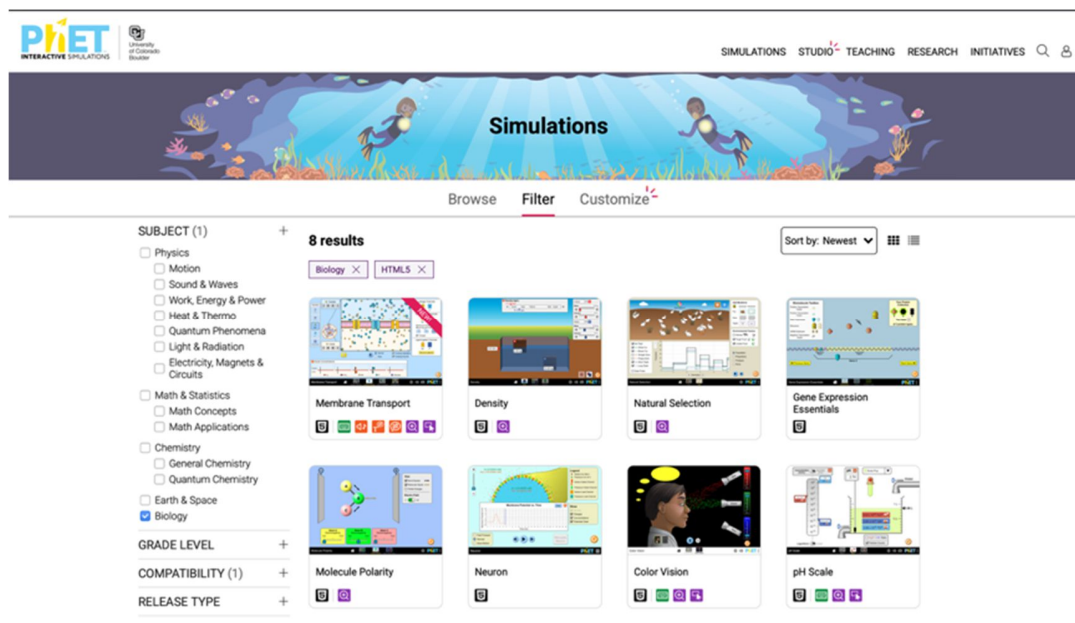
2.1. Perancangan Model Pembelajaran

Berdasarkan solusi dari permasalahan yang sudah dideskripsikan dalam tabel 1, maka dimulai tahapan perancangan model pembelajaran dengan menggunakan aplikasi laboratorium virtual *PHET Colorado* (Ahmad et al., 2023). Aplikasi terdiri dari beberapa kumpulan simulasi yang dapat dipilih berdasarkan topik pembelajaran.

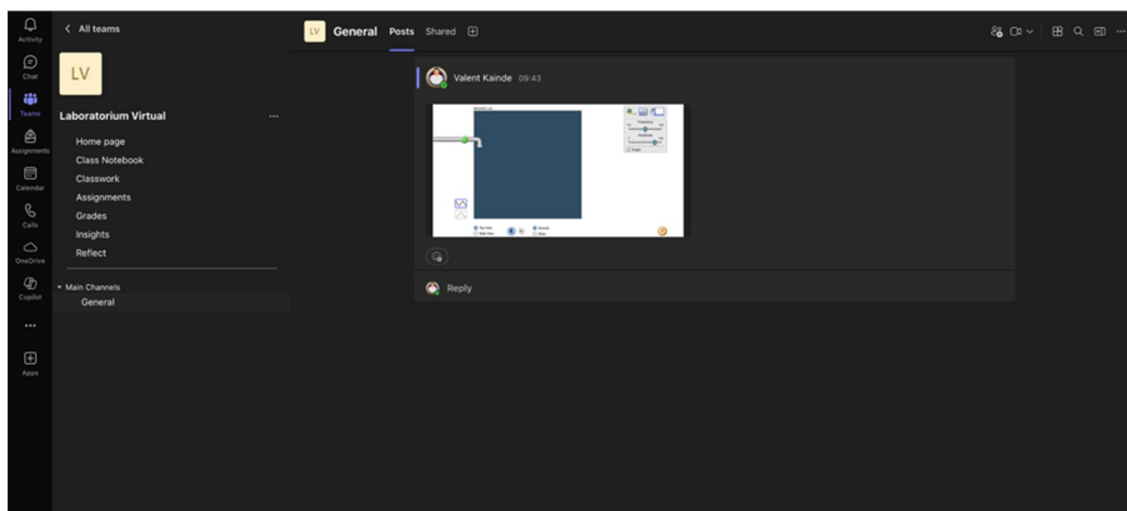
Setelah menentukan topik yang relevan, guru memiliki fleksibilitas untuk memilih beragam materi simulasi. Materi-materi ini dapat diakses dengan dua cara: diunduh untuk mendukung aktivitas pembelajaran luring (offline), atau diintegrasikan melalui tautan ke platform kelas virtual, seperti Microsoft Teams, untuk keperluan pembelajaran daring (online) (Muyassaroh et al., 2024).



Gambar 8. Pilihan Topik Pembelajaran



Gambar 9. Pilihan Simulasi dalam Aplikasi Laboratorium Virtual



Gambar 10. Contoh Penggunaan Microsoft Teams sebagai integrasi Laboratorium Virtual

Seleksi simulasi yang relevan dilanjutkan dengan penyiapan lingkungan kelas virtual. Dalam fase ini, Microsoft Teams diinisiasi sebagai Learning Management System (LMS) terintegrasi. Platform ini digunakan untuk mendistribusikan tautan simulasi, memantau aktivitas eksperimen siswa, serta mengelola seluruh siklus pembelajaran, mulai dari pemberian panduan hingga pengumpulan hasil laporan praktikum.

2.2. Pendampingan Guru

Untuk memastikan keberlanjutan dan efektivitas model pembelajaran yang diterapkan, langkah strategis selanjutnya adalah melaksanakan pendampingan teknis kepada guru mitra dari Sekolah Menengah Atas Kristen Irene, Kota Manado . Tahap ini dirancang sebagai upaya peningkatan kapasitas (capacity building) guru dalam mengelola laboratorium virtual (berbasis PhET) dan lingkungan kelas virtual, seperti Microsoft Teams. Melalui pendampingan ini, guru dibimbing untuk beradaptasi secara menyeluruh dengan ekosistem digital, mencakup aspek manajemen kelas hingga evaluasi hasil eksperimen siswa.



Gambar 11. Persiapan Kegiatan Pendampingan dan Demo Pemilihan Materi Simulasi pada Aplikasi Laboratorium Digital.



Gambar 12 Persiapan Kegiatan Pendampingan dan Demo Pemilihan Materi Simulasi pada Aplikasi Laboratorium Digital.



Gambar 13. Demo Integrasi Google Classroom dan Demo Penjelasan Materi Pembelajaran pada Aplikasi Laboratorium Digital



Gambar 14. Demo Integrasi Google Classroom dan Demo Penjelasan Materi Pembelajaran pada Aplikasi Laboratorium Digital

Hasil dari kegiatan pendampingan ini menghasilkan beberapa rekomendasi strategis sebagai tindak lanjut untuk penyempurnaan model pembelajaran dan program pendampingan di Sekolah Menengah Atas Kristen Irene Kota Manado.

Rekomendasi yang diterima antara lain meliputi aspek infrastruktur teknis:

1. Optimalisasi Jaringan: Diperlukan adanya konfigurasi ulang dan manajemen bandwidth jaringan internet sekolah secara lebih baik untuk menjamin kualitas akses yang merata.
2. Peningkatan Kapasitas: Perluasan dan peningkatan kapasitas total jaringan internet untuk memastikan seluruh siswa dapat mengakses dan menggunakan aplikasi simulasi virtual dengan lancar tanpa hambatan.

Dengan demikian, proses pendampingan ini menggarisbawahi pentingnya tindak lanjut dan penyesuaian untuk memfasilitasi implementasi rekomendasi yang telah diperoleh. Hal ini krusial untuk pemutakhiran berkelanjutan model pembelajaran dan pendampingan di Sekolah Menengah Atas Kristen Irene Kota Manado.

KESIMPULAN

Program Kemitraan Masyarakat (PKM) yang berfokus pada Pendampingan dan Implementasi Aplikasi Laboratorium Virtual di SMA Kristen Irene Kota Manado berhasil menjawab dua permasalahan utama yang dihadapi mitra:

1. Keterterimplementasinya Laboratorium Fisik: SMA Kristen Irene menghadapi kendala signifikan berupa minimnya alat dan bahan praktikum yang memadai, yang

menghambat proses pembelajaran berbasis eksperimen dan menyebabkan pemahaman siswa terhadap materi sains menjadi kurang optimal.

2. Kurangnya Keterampilan Guru dalam Pemanfaatan Teknologi: Guru di sekolah tersebut kurang terampil dalam memanfaatkan teknologi digital, seperti aplikasi laboratorium virtual, yang padahal merupakan solusi utama untuk mengatasi keterbatasan fasilitas fisik.

Solusi yang diimplementasikan untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menerapkan aplikasi laboratorium virtual berbasis web dan mobile (Android). Aplikasi ini berfungsi sebagai media pembelajaran virtual interaktif yang menyediakan simulasi praktikum secara aman, mandiri, dan dapat diakses kapan saja.

Melalui program ini, pendampingan dan pelatihan intensif telah dilakukan kepada seluruh guru. Pelatihan ini bertujuan agar guru-guru mampu mengoperasikan dan memanfaatkan aplikasi laboratorium virtual secara mandiri. Dengan terimplementasinya teknologi ini, diharapkan tercipta lingkungan pembelajaran yang lebih interaktif, efektif, dan mampu meningkatkan kompetensi siswa dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, serta menjembatani kesenjangan antara aspek teoretis dan praktis dalam pembelajaran sains. Implementasi ini berfungsi sebagai media pembelajaran virtual interaktif untuk menggantikan fasilitas pendukung eksperimen sains yang belum tersedia di sekolah dan bermakna.

Saran

Untuk memastikan keberlanjutan dan dampak jangka panjang dari Program Kemitraan Masyarakat ini, disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Integrasi Kurikulum Berkelanjutan: Pihak SMA Kristen Irene Kota Manado disarankan untuk mengintegrasikan aplikasi laboratorium virtual secara resmi ke dalam kurikulum pembelajaran sains. Guru-guru perlu didorong untuk merancang kegiatan pembelajaran yang secara rutin memadukan praktikum virtual dengan materi teoritis untuk mengoptimalkan penggunaan media ini.
2. Pengembangan dan Evaluasi Berkelanjutan: Tim pengabdian atau pihak sekolah perlu melakukan monitoring dan evaluasi secara berkala terhadap aplikasi yang telah diterapkan. Evaluasi perlu mencakup pengukuran peningkatan pemahaman siswa dan masukan dari pengguna (guru dan siswa) untuk perbaikan fitur dan pengembangan materi eksperimen virtual lebih lanjut.
3. Pencapaian Luaran Formal: Tim pengusul Program Kemitraan (PKM) disarankan untuk memastikan pencapaian luaran wajib dan tambahan, yaitu publikasi artikel pada jurnal nasional terakreditasi serta pendaftaran Hak Kekayaan Intelektual (HKI) untuk aplikasi laboratorium virtual yang telah dikembangkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) atas dukungan dan pendanaan yang telah diberikan melalui dana PNBP yang dikelola oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) UNSRAT untuk pelaksanaan kegiatan Program Kemitraan Masyarakat (PKM) Klaster 2 ini. Bantuan finansial dan fasilitas yang telah disediakan oleh universitas merupakan faktor penting yang telah memungkinkan kegiatan pengembangan dan pendampingan implementasi aplikasi laboratorium virtual pada pembelajaran. Dukungan tersebut sangat vital dalam mewujudkan hasil pengabdian yang diharapkan, yaitu untuk mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium fisik yang dihadapi oleh Sekolah Menengah Atas Kristen Irene Kota Manado, serta memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan kualitas proses pembelajaran sains melalui pemanfaatan teknologi digital.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, L., Meiliyadi, D., Khasanah, N., & Ruhana, B. A. (2023). PENGENALAN VIRTUAL LABORATORY BERBASIS PHYSICS EDUCATION TECHNOLOGY (PhET) INTERACTIVE SIMULATION SEBAGAI ALTERNATIF PRAKTIKUM PADA SISWA SEKOLAH INTERNASIONAL LUAR NEGERI RIYADH. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 19(1), 60–69. <https://doi.org/10.20414/transformasi.v19i1.6189>
- Akbar, M., Silaban, A., & Hajar, S. (2024). Desain Praktikum Optik Sederhana Berbasis Virtual Laboratory Menggunakan VBA Excel Kepada Siswa-Siswi Di Kota Jayapura. *SIPAKARAYA Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 172–179. <https://doi.org/10.31605/sipakaraya.v2i2.3596>
- Arumningtyas, N., Budiyo, M., Purnomo, A. R., Ipa, J., Matematika, F., Ilmu, D., Alam, P., & Surabaya, U. N. (2022). PENSA E-JURNAL : PENDIDIKAN SAINS PENERAPAN VIRTUAL LABORATORY UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS SISWA DI MASA PANDEMI. *PENSA E-JURNAL : PENDIDIKAN SAINS*. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/pensa>
- Fitriah, L., Mahtari, S., Ilahi, A. W., Arif, M. A., Iqbal, M., Sari, R. W., Hikma, R. R. N., & Septiana, S. (2023). Pelatihan Inovasi Pembelajaran tentang Model Pembelajaran dan Simulasi PhET bagi Guru-Guru MAN 3 Banjar. *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.20527/btjpm.v5i1.6573>
- Hamdani, H., Kumalasari, R., Kusuma, A. P., Zulfa, N. Q., & Tambunan, A. M. (2024). Pelatihan dan Pendampingan Penggunaan Media Pembelajaran Digital berbantuan Virtual Laboratory berbasis STEM di MTsN 8 Majalengka. *Jurnal Abdidas*, 5(5). <https://doi.org/10.31004/abdidas.v5i5.1016>
- Hendrajanti, P. (2022). Discovery Learning Berbantuan Virtual Chemistry Laboratory untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 7(2), 188–196. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v7i2.353>
- Hidayah, A. R., Sunarti, A., Andyarini, E. N., Hukum, P., Syariah, E., Syariah, F., Hukum, D., Prodi,), Ekonomi, I., Ekonomi, F., Islam, B., Psikologi, P., Psikologi, F., Kesehatan, D., Islam, U., Sunan, N., Surabaya, A., & Artikel, I. (2022). PEMBERDAYAAN PELAKU USAHA JAHIT DALAM UPAYA PENINGKATAN PEREKONOMIAN SELAMA PANDEMI COVID-19 MELALUI METODE COMMUNITY BASED PARTICIPATORY RESEARCH (CBPR). *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bumi Raflesia*, 5(1). <http://jurnal.umb.ac.id/index.php/>
- Istiqomah, I. (2024). Model Virtual Laboratory Science Investigation untuk Meningkatkan Kompetensi Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(1), 266–277. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i1.1905>

- Juliana, J. F., Gauthier, M., Ghezalje, A., Leandro, L. L., Keats, K., Sholanke, D., Zachari, D., & Gutberlet, J. (2022). The power of community-based participatory research: Ethical and effective ways of researching. *Community Development*, 53(1), 3–20.
<https://doi.org/10.1080/15575330.2021.1936102>
- Meronda, D. A., Widarti, H. R., & Yahmin, Y. (2025). Virtual Laboratories in Science Education: A Systematic Review of Effectiveness on Conceptual Understanding and Learning Outcomes. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 26(3), 2020–2042.
<https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i3.pp2020-2042>
- Muyassaroh, I., Mufliva, R., Hartati, T., Dwi Heryanto, Mulyasari, E., Rengganis, I., & Heryani, R. (2024). Dissemination of the Media and Platforms Use to Strengthen Scientific Literacy in the Merdeka Curriculum Implementation in Elementary Schools. *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 8(4), 1275–1287.
<https://doi.org/10.31849/dinamisia.v8i4.16225>
- Novianti, N., & Mardiaty, E. (2022). PENGELOLAAN UMKM BERBASIS TEKNOLOGI : PENDEKATAN COMMUNITY BASED PARTICIPATORY RESEARCH. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2022, 191–198.
<http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/snppm>
- Oktaviana, D., Lesmana, C., & Susiaty, U. D. (2024). PKM PEMANFAATAN LABORATORIUM VIRTUAL SEBAGAI PENUNJANG PRAKTIKUM DAN P5 BAGI GURU SEKOLAH LUAR BIASA (SLB). *GERVASI: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 08(03), 2024–2598. <https://doi.org/https://doi.org/10.31571/gervasi.v8i3.7948>
- Rosli, R., & Ishak, N. A. (2024). Integration of Virtual Labs in Science Education: A Systematic Literature Review. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matemaitk Malaysia*, 14(1), 81–103.
<https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol14.1.8.2024>
- Sulistiyono, S., & Arini, W. (2022). PENGARUH MEDIA VIRTUAL LABORATORIUM TERHADAP KEMANDIRIAN BELAJAR DAN KETERAMPILAN PROSES SAINS SISWA SMA. *JURNAL PERSPEKTIF PENDIDIKAN*, 16(2), 297–303.
<https://doi.org/10.31540/jpp.v16i2.3993>