

V-Lab sebagai Sarana Pembelajaran Inovatif pada Pembelajaran Praktikum *Fiber Optic*

Nurul Laili Sa'adah¹, Muhammad Trio Maulana Putra², Putrinda Inayatul Maula³,
Emdi Ramadana Putra⁴

^{1,2} Pendidikan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Mojokari

³ Pendidikan dan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang

⁴ Pendidikan Vokasional Teknologi Otomotif, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bhinneka PGRI
Tulungagung

Email: nurullaili@itmnganjuk.ac.id, triomaulana@itmnganjuk.ac.id,
putrinda.inayatul.ft@um.ac.id, emdirama@ubhi.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21107/edutic.v12i1.29394>

Diterima: 27 Februari 2025 | Direvisi: 01 April 2025 | Diterbitkan : 04 Mei 2025

ABSTRAK

Laboratorium Virtual (V-Lab) sebagai solusi inovatif untuk meningkatkan keterampilan praktik serat optik di sekolah menengah kejuruan (SMK), khususnya di program Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ). Dengan sumber daya fisik yang terbatas di banyak sekolah, V-Lab menawarkan alternatif yang efektif dengan mensimulasikan tugas-tugas serat optik seperti instalasi, pemeliharaan, dan pemecahan masalah dalam lingkungan virtual. Metodologi tinjauan literatur yang sistematis digunakan, memanfaatkan analisis konten deskriptif dari artikel akademis yang relevan. Temuan ini menyoroti manfaat V-Lab, termasuk fleksibilitas, efektivitas biaya, dan keamanan, yang memungkinkan siswa untuk berlatih dengan kecepatan mereka sendiri. Namun, tantangan dalam mengadopsi V-Lab, seperti literasi digital guru dan kesiapan sekolah, juga dibahas. Hasil dari penelitian ini adalah pada pendidikan kejuruan V-Lab dapat mempersiapkan siswa untuk menghadapi dunia kerja yang berbasis teknologi, dan merekomendasikan peningkatan pelatihan guru dan pengembangan infrastruktur untuk mengoptimalkan penggunaannya.

Kata kunci: Laboratorium Virtual, Teknik Komputer Jaringan, Sekolah Menengah Kejuruan, Pembelajaran Inovatif

ABSTRACT

Virtual Laboratories (V-Lab) as an innovative solution for enhancing fiber optic practical skills in vocational high schools (VHS), specifically in the Computer and Network Engineering (CNE) program. With limited physical resources in many schools, V-Lab offers an effective alternative by simulating fiber optic tasks such as installation, maintenance, and troubleshooting in a virtual environment. A systematic literature review methodology was employed, utilizing descriptive content analysis of relevant academic articles. The findings highlight the benefits of V-Lab, including flexibility, cost-effectiveness, and safety, enabling students to practice at their own pace. However, challenges in adopting V-Lab, such as teachers' digital literacy and school readiness, are also discussed. The study concludes that V-Lab can significantly enhance vocational education, preparing students for the technology-driven workforce, and recommends increased teacher training and infrastructure development to optimize its use

Keywords: Computer and Network Engineering program (CNE), Virtual Laboratories (V-Lab), Vocational High Schools (VHS), Innovative Learning



PENDAHULUAN

Pendidikan kejuruan memiliki peran penting dalam mempersiapkan siswa dengan keterampilan dan pengetahuan yang relevan dengan kebutuhan dunia kerja. Khususnya pada kompetensi keahlian Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ), siswa dituntut untuk menguasai keterampilan praktikum yang mendalam, salah satunya adalah penguasaan teknologi *fiber optic* (Aydin, et Al, 2019). *Fiber optic* menjadi salah satu elemen penting dalam pengembangan infrastruktur jaringan komunikasi modern, dan keterampilan dalam bidang ini sangat dibutuhkan di dunia industri. Pembelajaran praktikum di SMK, khususnya pada program studi TKJ, harus mampu memberikan pemahaman dan keterampilan yang mendalam mengenai instalasi, pemeliharaan, dan troubleshooting sistem *fiber optic* (Sukaridhoto, et Al, 2023). Namun, dalam praktiknya, keterbatasan fasilitas dan alat praktikum yang memadai menjadi tantangan besar bagi banyak SMK. Oleh karena itu, inovasi dalam metode pembelajaran, seperti penggunaan *Virtual Laboratory* (V-Lab), diperlukan untuk mengatasi kendala-kendala tersebut dan memastikan pembelajaran praktikum dapat berjalan dengan efektif (Abidi, et Al, 2019).

Penggunaan V-Lab sebagai sarana pembelajaran inovatif dapat menjadi solusi bagi tantangan yang dihadapi dalam pembelajaran praktikum *fiber optic* di SMK (Ajjawi, Bearman, & Bound, 2021). Hadirnya virtual laboratorium menjadi sarana media pembelajaran yang inovatif serta interaktif yang dirancang layaknya laboratorium nyata (Lee & Shin, 2023). Tujuannya adalah agar memudahkan siswa agar dapat melakukan kegiatan praktikum tanpa ruang laboratorium (Kim, et Al, 2020). Hal tersebut dinilai cukup efektif karena siswa bisa belajar secara mandiri tidak memerlukan asisten atau instruktur laboratorium. Bermodalkan website yang dibuat dengan desain variasi antara video dan teks hingga halaman yang dinamis serta kolaboratif *authoring* dan fitur-fitur lainnya. Fitur yang dibuat tentunya berdasarkan pada kebutuhan pembelajaran yang dapat digunakan setiap saat.

V-Lab memungkinkan siswa untuk melakukan simulasi praktikum *fiber optic* tanpa membutuhkan alat fisik yang mahal dan terbatas jumlahnya. Teknologi ini menawarkan peluang bagi siswa untuk belajar secara mandiri melalui simulasi yang mencerminkan situasi dunia nyata dalam instalasi dan pemeliharaan *fiber optic* (Jensen & Konradsen, 2018).). Dengan V-Lab, siswa dapat mengakses materi praktikum kapan saja dan di mana saja, memberikan fleksibilitas dalam proses belajar. Hal ini sangat bermanfaat mengingat tidak semua SMK memiliki fasilitas yang memadai untuk melaksanakan praktikum dengan alat fisik. Selain itu, penggunaan V-Lab juga memberikan pengalaman yang lebih aman dan terkontrol, karena siswa dapat melakukan eksperimen tanpa risiko kerusakan pada alat fisik yang sesungguhnya (Merchant, et Al, 2014).

Namun, meskipun potensi penggunaan V-Lab dalam pembelajaran praktikum *fiber optic* sangat besar, penerapannya di SMK masih terbatas. Salah satu masalah utama adalah adanya kesenjangan antara perkembangan teknologi pendidikan dan kesiapan sekolah dalam mengadopsinya. Sebagian besar SMK masih mengandalkan metode pembelajaran konvensional yang kurang memadai untuk menghadapi tuntutan industri yang semakin mengedepankan keterampilan berbasis teknologi. Kesenjangan ini bisa menyebabkan ketidaksesuaian antara kompetensi yang diajarkan di SMK dan kompetensi yang dibutuhkan oleh dunia kerja (Feisel & Rosa, 2005). Selain itu, kurangnya pemahaman dan keterampilan literasi digital di kalangan guru juga menjadi tantangan, karena guru yang tidak memiliki keahlian dalam teknologi tidak dapat mengintegrasikan V-Lab secara efektif dalam proses pembelajaran. Oleh karena itu, perlu adanya pelatihan dan pengembangan kompetensi digital bagi para pendidik agar siswa dapat memanfaatkan teknologi seperti V-Lab dengan optimal (Franco & Aguiar, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi bagi peningkatan kualitas pendidikan kejuruan di SMK, khususnya dalam pembelajaran praktikum *fiber optic*. Penggunaan teknologi V-Lab sebagai sarana pembelajaran inovatif diharapkan dapat memberikan solusi atas masalah keterbatasan fasilitas dan alat praktikum yang sering dihadapi oleh SMK. Dengan penerapan V-Lab, siswa dapat memperoleh pengalaman praktikum yang lebih baik dan lebih terjangkau, sekaligus mempersiapkan siswa dengan keterampilan yang dibutuhkan dalam dunia kerja yang semakin berbasis teknologi. Implementasi V-Lab dalam pembelajaran praktikum *fiber optic* tidak hanya memberikan manfaat bagi siswa, tetapi juga bagi guru, karena dapat membantu dalam mengembangkan kemampuan menggunakan teknologi.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *systematic literature review* dengan pendekatan *descriptive content analysis study*. Tujuan utama dari pendekatan ini adalah untuk menggambarkan dan menganalisis informasi terkait penggunaan V-Lab dalam pembelajaran praktikum jaringan *fiber optic* pada kompetensi keahlian Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ) di SMK (Van Dinter, Tekinerdogan, & Catal, 2021). Data yang digunakan berupa artikel ilmiah yang relevan, baik dari jurnal nasional maupun internasional, yang membahas V-Lab sebagai media pembelajaran inovatif dalam pendidikan kejuruan.

Proses penelitian dilakukan dalam dua tahap. Pertama, artikel-artikel yang relevan dicari melalui database seperti *Google Scholar*, *Springer Link*, *Taylor & Francis*, *ScienceDirect*, dan *Cambridge Journals*, dengan menggunakan kata kunci seperti "Pendidikan Kejuruan", "Sekolah Menengah Kejuruan (SMK)", "Vocational High School (VHS)", "virtual laboratory", dan "fiber optic". Artikel yang sesuai dengan tema penelitian kemudian dipilih untuk dianalisis. Pada tahap kedua, dilakukan analisis data menggunakan metode *descriptive content analysis* untuk merangkum temuan-temuan yang dapat menjawab tujuan penelitian, yaitu bagaimana V-Lab dapat meningkatkan kualitas pembelajaran praktikum *fiber optic* di SMK (Paul & Barari, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis data yang telah dilakukan dalam penulisan ini merupakan optimalisasi penggunaan teknologi dalam meningkatkan keaktifan belajar daring pada lingkup pendidikan vokasi. Berikut akan dijelaskan secara rinci mengenai virtual laboratorium sebagai sarana pembelajaran praktikum jaringan *fiber optic* pada SMK jurusan TKJ dengan mengenal pemanfaatan V-Lab, implementasi V-Lab serta Optimalisasi V-Lab sebagai sarana pembelajaran inovatif.

Pemanfaatan virtual laboratorium *fiber optic* di SMK

Penggunaan teknologi berbasis komputer dan kecerdasan buatan dalam pendidikan vokasi semakin berkembang, salah satunya melalui simulasi, tutorial, dan permainan yang berbasis teknologi 3D atau 2D, dikenal dengan nama Virtual Reality (VR). Virtual Reality memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan lingkungan yang menyerupai dunia nyata, sehingga memudahkan siswa memvisualisasikan konsep-konsep abstrak dalam bentuk objek tiga dimensi. Dalam konteks pembelajaran praktikum *fiber optic* di SMK, penggunaan V-Lab berbasis VR memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen dan mempelajari berbagai konsep teknis yang rumit, seperti penyambungan, pemasangan, dan pengujian kabel serat optik, yang seringkali sulit untuk dipahami

hanya dengan teori atau alat fisik yang terbatas. Berikut ini merupakan beberapa pemanfaatan virtual laboratorium dalam berbagai jenis riset:

PhET dalam Pembelajaran *Fiber optic*

PhET (*Physics Education Technology*) merupakan platform yang menawarkan berbagai simulasi interaktif berbasis penemuan yang sangat berguna dalam menjelaskan konsep-konsep ilmiah secara visual (Banda & Nzabahimana, 2023; Pranata, 2024; Olugbade, et al, 2024). Dalam pembelajaran *fiber optic*, PhET dapat digunakan untuk menyimulasikan berbagai proses teknis, seperti penyambungan dan pemasangan kabel *fiber optic*, yang sering kali sulit dipahami oleh siswa hanya melalui teori atau alat fisik. Dengan menggunakan platform ini, siswa dapat memanipulasi animasi yang menggambarkan fenomena ilmiah, seperti penyambungan kabel *fiber optic*, dengan cara yang sangat interaktif dan mudah dipahami. Salah satu kelebihan PhET adalah kemampuannya untuk mengubah animasi sesuai dengan kebutuhan pembelajaran, yang memungkinkan siswa untuk lebih mudah memahami konsep-konsep yang rumit (Chinaka, 2021). Proses penyambungan kabel *fiber optic* yang biasanya membutuhkan ketelitian tinggi dapat disimulasikan melalui klik dan tarik mouse, sehingga siswa dapat melakukan eksperimen secara virtual dengan cara yang menyenangkan dan tidak menambah biaya atau risiko. Ini sangat bermanfaat untuk materi yang memiliki tingkat kesulitan tinggi, seperti pengukuran pada kabel serat optik yang membutuhkan keakuratan dan ketelitian. Dengan demikian, PhET memungkinkan siswa untuk belajar melalui eksplorasi tanpa terbatas oleh alat fisik yang mahal atau terbatas jumlahnya (Simbolon & Silalahi, 2023; Novitra, 2021).

Platform PhET dilengkapi dengan banyak fitur yang memungkinkan siswa untuk berinteraksi langsung dengan simulasi dan memodifikasi elemen-elemen dalam simulasi tersebut. Hal ini memberikan fleksibilitas bagi siswa untuk melakukan eksperimen dengan cara yang lebih mendalam dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran siswa (Inayah & Masruroh, 2021; Mashami, et al, 2023). Dalam konteks *fiber optic*, PhET memberikan kesempatan bagi siswa untuk memahami berbagai teknik penyambungan, pengukuran, dan pemasangan kabel serat optik meskipun hanya melalui media digital. Fitur-fitur seperti pengaturan ukuran dan posisi objek yang dapat dimanipulasi melalui mouse atau penggaris membuat siswa dapat merasakan langsung proses penyambungan kabel *fiber optic*, yang biasanya dilakukan secara fisik di laboratorium. Ini memungkinkan siswa untuk belajar tanpa harus khawatir tentang biaya atau ketersediaan alat yang terbatas di sekolah. Selain itu, penggunaan PhET juga mempermudah guru untuk memberikan pemahaman tentang fenomena yang sulit diajarkan, karena platform ini menyediakan visualisasi yang jelas dan terperinci. Dengan cara ini, PhET membantu mengubah konsep-konsep abstrak menjadi sesuatu yang lebih konkret dan mudah dipahami oleh siswa (Azhar et al, 2024; Uwamahoro, et al, 2021).

Selain mempermudah pemahaman konsep, PhET juga berperan penting dalam meningkatkan motivasi belajar siswa. Simulasi berbasis PhET dirancang untuk menyerupai permainan, yang memungkinkan siswa untuk belajar melalui eksplorasi aktif dan interaksi (Putra et al, 2021; Serevina & Kirana, 2021). Hal ini berfungsi untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran dan memberikan pengalaman yang lebih menyenangkan. Dengan fitur-fitur yang interaktif, siswa dapat memodifikasi elemen-elemen dalam simulasi dan melihat hasilnya secara langsung, yang tidak hanya mengajarkan siswa tentang teknik jaringan *fiber optic*, tetapi juga mengasah kemampuan siswa dalam pemecahan masalah (Darwis & Hardiansyah, 2023). Simulasi ini juga membantu siswa memahami bagaimana perubahan kecil dalam pengaturan dapat memengaruhi hasil, yang merupakan keterampilan penting dalam bidang Teknik (Durkaya, 2023). Kelebihan PhET dalam menyediakan simulasi yang dapat diubah sesuai kebutuhan juga memungkinkan siswa untuk

mengulang eksperimen tanpa batasan waktu atau sumber daya, yang memberi siswa kesempatan untuk memperdalam pemahaman siswa secara mandiri (Az-zahra et al, 2024; Verdian et al, 2021). Secara keseluruhan, PhET tidak hanya membantu siswa memahami materi yang rumit, tetapi juga meningkatkan keterampilan praktis siswa dalam mengoperasikan teknologi *fiber optic*.

Berbasis Mobile Virtual Reality

Penggunaan Mobile Virtual Reality (VR) dalam pembelajaran praktikum *fiber optic* menawarkan pengalaman yang lebih imersif dan realistis bagi siswa (Chan, 2023; Alwafi et al, 2022; Bai, et al, 2021). Dengan menggunakan perangkat seperti kacamata VR dan pengendali, V-Lab berbasis VR membawa siswa ke dalam lingkungan virtual yang menyerupai dunia nyata, memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan berbagai elemen dalam simulasi *fiber optic*. Hal ini sangat bermanfaat dalam membantu siswa memvisualisasikan konsep-konsep teknis yang sulit dipahami hanya dengan teori atau alat fisik yang terbatas. Salah satu keunggulan utama dari V-Lab berbasis VR adalah kemampuannya untuk menyederhanakan eksperimen yang rumit, seperti penyambungan, pemasangan, dan pengukuran kabel *fiber optic*, yang biasanya memerlukan alat fisik yang mahal dan sulit dijangkau. Dengan menggunakan aplikasi seperti Unity 3D yang dijalankan di smartphone, siswa dapat dengan mudah mengakses simulasi praktikum di mana saja dan kapan saja, tanpa terbatas oleh ruang atau fasilitas laboratorium yang terbatas (Reeves et al, 2021). Ini memberikan fleksibilitas yang sangat besar bagi siswa dan memudahkan proses pembelajaran di luar jam sekolah. Selain itu, pengalaman praktikum virtual ini memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan praktikum fisik, mengingat tidak ada risiko cedera atau kerusakan peralatan yang dapat terjadi (Kaulus et al, 2024; Domínguez et al, 2022; Fadli et al, 2024).

Meskipun ada beberapa keterbatasan, penggunaan V-Lab berbasis VR dalam pendidikan vokasi, khususnya dalam pembelajaran *fiber optic*, tetap memberikan manfaat yang sangat besar (Singh et al, 2021). Salah satu manfaat utamanya adalah kemampuannya untuk meningkatkan aksesibilitas pendidikan, terutama dalam konteks pembelajaran daring. Dengan adanya V-Lab berbasis VR, siswa di daerah terpencil atau yang tidak memiliki akses ke fasilitas laboratorium yang lengkap tetap dapat memperoleh pembelajaran yang setara dengan siswa di daerah dengan fasilitas lengkap (Hu-Au & Okita, 2021). Hal ini tentu mendukung pemerataan pendidikan dan mengurangi kesenjangan dalam kualitas pembelajaran antara sekolah-sekolah yang memiliki akses fasilitas lengkap dengan yang tidak. Selain itu, teknologi VR juga mendukung perkembangan literasi digital siswa, yang menjadi keterampilan yang sangat dibutuhkan di era digital saat ini (Hernandez et al, 2021). Oleh karena itu, meskipun ada tantangan dalam mengimplementasikan V-Lab berbasis VR, potensi untuk meningkatkan kualitas pendidikan vokasi sangat besar, dan pengembangan lebih lanjut dapat membantu menjawab tantangan dalam pendidikan praktikum *fiber optic*.

Teknologi dengan simulasi 3D berbasis virtual reality merupakan suatu perangkat yang menampilkan bentuk visual seperti dunia nyata (Try et al, 2021). Virtual laboratorium dengan memanfaatkan virtual reality telah banyak digunakan dengan didukung kacamata atau VR Box dan alat pengendali atau VR Controller (Kourtesis & MacPherson, 2021). Hal tersebut dapat dinilai meningkatkan kemudahan dalam mengatasi keterbatasan pengadaan laboratorium. Virtual laboratorium dapat memberikan pengetahuan, konsep, dan materi dimana dan kapan saja. Namun penggunaan v-lab tidak dapat memberikan siswa kemampuan kerjasama dan pemecahan masalah seperti praktikum konvensional pada umumnya. Peningkatan kualitas dari pengembangan virtual laboratorium membutuhkan lima acuan karakteristik, yaitu: simple, measurable, achievable, relevant dan time bound atau yang disingkat (SMART) (Ogbeiwi, 2021). Kelebihan dari penggunaan virtual

laboratorium berbasis virtual reality yaitu untuk memudahkan pengguna dalam penguasaan konsep teori, mengikuti perkembangan zaman, mendapatkan pengalaman dan kesan nyata menyerupai lingkungan sekitar, serta memiliki tingkat keamanan yang lebih dibandingkan dengan laboratorium nyata. Konsep dari virtual laboratorium berbasis virtual reality dengan menggunakan remote Bluetooth adalah dapat menyerupai laboratorium konvensional (Mursyidah & Saputra, 2022). Tampilan atau fitur dikembangkan melalui aplikasi Unity 3D kemudian dijalankan dengan smartphone. Selain dapat menampilkan teori dari jaringan *fiber optic*, pengguna juga dapat melakukan penyambungan, pemasangan maupun pengukuran pada kabel serat optic (Zakaria et al, 2023). Oleh karena itu, virtual laboratorium berbasis virtual reality dinilai dapat memberikan kemudahan, menghambat biaya karena bisa diatur sesuai dengan kebutuhan pembelajaran.

Virtual laboratorium sebagai sarana pembelajaran yang inovatif, efektif dan interaktif

Menyongsong era globalisasi, pembelajaran inovatif pada abad 21 merujuk pada kerangka kerja pembelajaran yang menekankan pada komponen-komponen seperti lingkungan pembelajaran, pengembangan kemampuan profesional, kurikulum, instruksional, dan standar penilaian (Dilekçi, & Karatay, 2023). Pembelajaran yang efektif tidak hanya berfokus pada hasil yang diperoleh siswa, tetapi juga pada kualitas pembelajaran yang dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, menciptakan suasana yang menyenangkan dan menumbuhkan kreativitas. Pembelajaran yang interaktif, di mana siswa dapat memberikan respon timbal balik, menjadi salah satu faktor penting dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran (Gonzalez & Ramirez, 2022). Dalam konteks ini, pendidik dituntut untuk berinovasi dengan model pembelajaran yang kreatif dan tetap memanfaatkan teknologi. Laboratorium, sebagai sarana untuk melaksanakan kegiatan praktikum, menjadi tempat yang esensial dalam mengembangkan keterampilan siswa, khususnya dalam Pendidikan (Kettler et al, 2021). Terlebih lagi, dengan hadirnya laboratorium *fiber optic*, hal ini menjadi sangat krusial dalam mempersiapkan sumber daya manusia yang terampil dan siap menghadapi tantangan teknologi di masa depan.

Virtual laboratorium (V-LAB) menjadi sebuah paradigma positif yang telah merevolusi pembelajaran dengan memperluas akses pendidikan, terutama dalam bidang teknik seperti *fiber optic* (Alam & Mohanty, 2023). V-LAB mengemas pembelajaran praktikum dengan fitur-fitur interaktif yang memungkinkan siswa untuk belajar kapan saja dan di mana saja, tanpa terbatas oleh ruang dan waktu (Kapilan et al, 2021). Selain itu, fitur tanya jawab yang terintegrasi di dalamnya mendorong siswa untuk aktif berpartisipasi dalam proses pembelajaran, yang pada gilirannya meningkatkan motivasi dan minat belajar siswa. Pembelajaran melalui V-LAB sangat efektif dalam membantu siswa memahami konsep-konsep praktis, seperti prinsip kerja *fiber optic*, dengan cara yang lebih menarik dan relevan (Anggraeni et al, 2022). Pembelajaran berbasis virtual ini tidak hanya memberikan akses ke eksperimen yang tidak mungkin dilakukan di laboratorium fisik, tetapi juga memfasilitasi pembelajaran yang lebih inklusif dan adaptif terhadap berbagai gaya belajar siswa. Dengan demikian, V-LAB dapat meningkatkan kualitas hasil belajar siswa, khususnya di kalangan lulusan SMK, sehingga siswa memiliki daya saing yang tinggi dalam dunia kerja yang semakin mengandalkan teknologi (Merayo et al, 2021).

Dengan mengintegrasikan penggunaan V-LAB dalam pembelajaran *fiber optic*, pendidikan di era digital ini menjadi lebih inovatif dan efektif (Uzunidis & Pagiatakis, 2023). Di samping itu, pembelajaran yang lebih interaktif dan berbasis teknologi ini juga membantu menciptakan lingkungan pembelajaran yang dinamis dan menyenangkan, yang akan lebih menarik bagi siswa dan mendukung siswa dalam menguasai keterampilan praktis yang diperlukan untuk dunia industri. Keberhasilan

penerapan V-LAB di pendidikan tinggi dan sekolah menengah kejuruan sangat bergantung pada kemampuan pendidik untuk mengadaptasi teknologi ini dengan cara yang relevan dan efisien. Dengan demikian, virtual laboratorium tidak hanya menjadi sarana untuk meningkatkan pemahaman teknis, tetapi juga sebagai platform yang memberdayakan siswa untuk berkembang menjadi profesional yang siap menghadapi tantangan teknologi masa depan.

Keefektifan Virtual laboratorium pada SMK jurusan TKJ.

Penggunaan virtual laboratorium (V-LAB) di SMK jurusan Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ) memfasilitasi siswa dalam menjalankan praktikum jaringan komputer tanpa bergantung pada fasilitas fisik yang terbatas. Melalui simulasi, siswa dapat mengonfigurasi dan mengelola perangkat keras serta perangkat lunak dalam lingkungan yang menyerupai situasi nyata (Niswah et al, 2024). Sebagai contoh, siswa dapat melakukan eksperimen untuk mengatur jaringan lokal (LAN) atau menguji konfigurasi router dan switch dalam skenario jaringan yang kompleks. V-LAB memungkinkan siswa untuk menjalankan skenario seperti troubleshooting perangkat keras atau mendesain jaringan tanpa risiko kerusakan alat nyata (Deriba et al, 2024). Siswa dapat mengulang eksperimen tersebut berulang kali, memperkuat pemahaman siswa terhadap proses teknis yang rumit (Sapeiati et al, 2023). Dalam hal ini, penggunaan virtual laboratorium membuat siswa lebih siap menghadapi tantangan yang ada di dunia industri, di mana keterampilan teknis seperti pengaturan dan pemeliharaan jaringan adalah keahlian yang sangat dibutuhkan.

V-LAB menyediakan fitur yang memungkinkan siswa mendapatkan umpan balik langsung setelah setiap percakapan praktikum. (Karami et al, 2024) Jika seorang siswa mengonfigurasi perangkat dengan cara yang salah, sistem dapat memberi tahu siswa tentang kesalahan tersebut dan menunjukkan cara yang benar (Lee et al, 2022). Proses ini memberikan pengalaman belajar yang mendalam karena siswa tidak hanya melihat kesalahan siswa tetapi juga dapat memperbaikinya tanpa khawatir tentang kerugian atau keterbatasan waktu yang biasanya ada di laboratorium fisik (Rante et al, 2023). Sebagai contoh, simulasi yang digunakan dalam V-LAB dapat menunjukkan bagaimana sebuah konfigurasi jaringan yang buruk dapat mengganggu komunikasi antar perangkat, memberi siswa gambaran yang lebih jelas tentang pentingnya pengaturan yang benar. Hal ini memungkinkan siswa belajar lebih cepat dan memperoleh keterampilan teknis yang lebih tajam melalui eksperimen yang lebih sering dan lebih aman (Markopoulus et al, 2019).

Selain itu, V-LAB juga mendorong siswa untuk berinteraksi lebih aktif dengan materi ajar siswa, karena siswa dapat mengatur waktu dan frekuensi eksperimen sesuai dengan kebutuhan pribadi (Dwinggo et al, 2023). Dengan platform yang dapat diakses kapan saja, siswa tidak lagi terbatas oleh jam belajar atau jadwal kelas, yang memberi siswa kesempatan untuk mempelajari lebih banyak konsep dan menguji pemahaman siswa lebih dalam. Misalnya, di luar jam pelajaran, siswa bisa mempraktekkan pengaturan jaringan VPN atau mencoba mengonfigurasi server DNS di dalam simulasi, sesuatu yang mungkin tidak dapat dilakukan di laboratorium fisik karena keterbatasan perangkat keras atau waktu yang terbatas. Siswa juga memiliki akses ke berbagai skenario yang tidak dapat diujicobakan di dunia nyata, seperti eksperimen dengan pengaturan jaringan di lokasi geografis yang berbeda, yang memberi siswa wawasan lebih luas mengenai topik-topik yang diajarkan di kelas.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penggunaan Virtual Laboratory (V-Lab) dalam pembelajaran praktikum *fiber optic* di SMK jurusan Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ) dapat menjadi solusi efektif dalam mengatasi keterbatasan fasilitas dan alat praktikum fisik. V-Lab memberikan fleksibilitas bagi siswa untuk belajar kapan saja dan di mana saja melalui simulasi praktikum yang aman dan interaktif. Dengan adanya fitur-fitur seperti PhET dan Mobile Virtual Reality (VR), siswa dapat memvisualisasikan dan memahami konsep-konsep teknis yang rumit, seperti pemasangan dan penyambungan kabel *fiber optic*, tanpa terbatas oleh alat fisik yang mahal atau jumlah yang terbatas. Selain itu, V-Lab juga mendorong pengembangan literasi digital bagi guru dan siswa, meningkatkan kualitas pembelajaran, dan mempersiapkan siswa dengan keterampilan yang dibutuhkan di dunia kerja yang semakin mengandalkan teknologi.

Saran

Penerapan V-Lab di SMK perlu didukung dengan pelatihan bagi guru agar dapat mengoptimalkan penggunaan teknologi ini dalam pembelajaran. Sekolah juga harus meningkatkan infrastruktur teknologi agar siswa dapat mengakses V-Lab secara maksimal. Selain itu, pengembangan konten V-Lab yang lebih variatif dan sesuai dengan kebutuhan dunia industri akan semakin meningkatkan efektivitas pembelajaran praktikum *fiber optic* di SMK.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidi, M. H., Al-Ahmari, A., Ahmad, A., Ameen, W., & Alkhalefah, H. (2019). Assessment of virtual reality-based manufacturing assembly training system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 105(9), 3743-3759.
- Ajjawi, R., Bearman, M., & Boud, D. (2021). Performing standards: a critical perspective on the contemporary use of standards in assessment. *Teaching in Higher Education*, 26(5), 728-741.
- Alam, A., & Mohanty, A. (2023). Evaluation of software engineering virtual laboratory in determining undergraduate students' conceptual understanding: A blended learning model using collaborative-creative virtual learning environment employing critical pedagogy. In *Sentiment Analysis and Deep Learning: Proceedings of ICSADL 2022* (pp. 875-899). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Alwafi, G. A., Almalki, S., Alrougi, M., Meccawy, M., & Meccawy, Z. (2022). A social virtual reality mobile application for learning and practicing English. *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, 16(9), 55-75.
- Angreani, A., Saefudin, S., & Solihat, R. (2022). Virtual Laboratory Based Online Learning: Improving Environmental Literacy in High School Students. *Journal of Biological Education Indonesia (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 8(1), 10-21.
- Aydın, S., Sarikaş, A., Ak, A., Yayla, A., Kesen, U., & Oral, B. (2019). Fiber optic training program with intensive experiments using both real laboratory and simulation environments. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(6), 1419-1428

- Azhar, A., Manik, R. E., Nabila, R., Natuna, D. A., & Irawan, D. (2024). Critical Thinking Skills of Students Through Guided Discovery Learning Model Assisted by PhET Media on Stationary and Walking Wave. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(7), 3548-3555.
- Az-zahra, P. L., Rohim, F., Amarulloh, R. R., Nanto, D., & Herpi, A. N. (2024). Comparative Study Between Virtual Laboratory PhET Colorado Versus Applets in Photoelectric Effect. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 7(2), 289-299.
- Bai, H., Zhang, L., Yang, J., & Billinghamurst, M. (2021). Bringing full-featured mobile phone interaction into virtual reality. *Computers & Graphics*, 97, 42-53.
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2023). The impact of physics education technology (PhET) interactive simulation-based learning on motivation and academic achievement among malawian physics students. *Journal of Science Education and Technology*, 32(1), 127-141.
- Chan, V. (2023). Investigating the impact of a virtual reality mobile application on learners' interpreting competence. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(4), 1242-1258.
- Chinaka, T. W. (2021). The effect of PhET simulation vs. phenomenon-based experiential learning on students' integration of motion along two independent axes in projectile motion. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 25(2), 185-196.
- Darwis, R., & Hardiansyah, M. R. (2023). The Effect of PhET Virtual Laboratory Implementation on Students' Higher Order Thinking Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(4), 1922-1928.
- Deriba, F. G., Saqr, M., & Tukiainen, M. (2024). Assessment of accessibility in virtual laboratories: a systematic review. In *Frontiers in Education* (Vol. 9, p. 1351711). Frontiers Media SA.
- Dilekçi, A., & Karatay, H. (2023). The effects of the 21st century skills curriculum on the development of students' creative thinking skills. *Thinking skills and creativity*, 47, 101229.
- Domínguez Alfaro, J. L., Gantois, S., Blattgerste, J., De Croon, R., Verbert, K., Pfeiffer, T., & Van Puyvelde, P. (2022). Mobile augmented reality laboratory for learning acid–base titration.
- Durkaya, F. (2023). Virtual laboratory use in science education with digitalization. *Hungarian Educational Research Journal*, 13(2), 189-211.
- Dwinggo Samala, A., Usmeldi, T. A., Bojić, L., Indarta, Y., Tsoy, D., Denden, M., ... & Parma Dewi, I. (2023). Metaverse technologies in education: A systematic literature review using PRISMA. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 18(5).
- Fadli, R., Surjono, H. D., Sari, R. C., Eliza, F., Hakiki, M., Hidayah, Y., ... & Samala, A. D. (2024). Effectiveness of Mobile Virtual Laboratory Based on Project-Based Learning to Build Constructivism Thinking. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 18(6).
- Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of engineering Education*, 94(1), 121-130..
- González-Pérez, L. I., & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st century skills frameworks: systematic review. *Sustainability*, 14(3), 1493.
- Hernández-Chávez, M., Cortés-Caballero, J. M., Pérez-Martínez, Á. A., Hernández-Quintanar, L. F., Roa-Tort, K., Rivera-Fernández, J. D., & Fabila-Bustos, D. A. (2021). Development of virtual reality automotive lab for training in engineering students. *Sustainability*, 13(17), 9776.
- Hu-Au, E., & Okita, S. (2021). Exploring differences in student learning and behavior between real-life and virtual reality chemistry laboratories. *Journal of Science Education and Technology*, 30(6), 862-876.
- Inayah, N., & Masruroh, M. (2021). PhET simulation effectiveness as laboratory practices learning media to improve students' concept understanding. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, 9(2), 152-162.

- Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23, 1515-1529..
- Kim, K. G., Oertel, C., Dobricki, M., Olsen, J. K., Coppi, A. E., Cattaneo, A., & Dillenbourg, P. (2020). Using immersive virtual reality to support designing skills in vocational education. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2199-2213.
- Kalus, A., Klein, J., Ho, T. J., Seegets, L. A., & Henze, N. (2024). Mobilegravity: Mobile simulation of a high range of weight in virtual reality. In *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-13).
- Karami, A. F., Nurhayati, H., & Arif, Y. M. (2024). Design and evaluation Maliki V-Lab: A metaverse-based virtual laboratory for computer assembly learning in higher education. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(6), 814-821.
- Kapilan, N., Vidhya, P., & Gao, X. Z. (2021). Virtual laboratory: A boon to the mechanical engineering education during covid-19 pandemic. *Higher Education for the Future*, 8(1), 31-46.
- Kettler, T., Lamb, K. N., & Mullet, D. R. (2021). *Developing creativity in the classroom: Learning and innovation for 21st-century schools*. Routledge.
- Kourtesis, P., & MacPherson, S. E. (2021). How immersive virtual reality methods may meet the criteria of the National Academy of Neuropsychology and American Academy of Clinical Neuropsychology: A software review of the Virtual Reality Everyday Assessment Lab (VR-EAL). *Computers in Human Behavior Reports*, 4, 100151.
- Lee, H., Woo, D., & Yu, S. (2022). Virtual reality metaverse system supplementing remote education methods: Based on aircraft maintenance simulation. *Applied Sciences*, 12(5), 2667.
- Markopoulos, E., Lauronen, J., Luimula, M., Lehto, P., & Laukkanen, S. (2019). Maritime safety education with VR technology (MarSEVR). In *2019 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)* (pp. 283-288). IEEE.
- Mashami, R. A., Kurniasih, Y., & Khery, Y. (2023). Use of PhET Simulations as A Virtual Laboratory to Improve Students' Problem-Solving Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(12), 11455-11465.
- Merayo, N., Aguado, J. C., de Miguel, I., Durán, R. J., Fernández, P., Lorenzo, R. M., & Abril, E. J. (2021). A testbed and a simulation laboratory for training engineering students in optical access network technologies. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(6), 1892-1910.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & education*, 70, 29-40.
- Mursyidah, D., & Saputra, E. R. (2022). Aplikasi berbasis augmented reality sebagai upaya pengenalan bangun ruang bagi siswa sekolah dasar. *Tunas Nusantara*, 4(1), 427-433.
- Niswah, A. K., Roemintoyo, T. R., & Rejeginingsih, T. (2024). Development of Android-based virtual laboratory media at vocational school: effects on students' cognitive skills. *Int J Eval & Res Educ*, 13(1), 503-510.
- Novitra, F. (2021). Development of Online-Based Inquiry Learning Model to Improve 21st-Century Skills of Physics Students in Senior High School. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(9).
- Ogbeiwi, O. (2021). General concepts of goals and goal-setting in healthcare: A narrative review. *Journal of Management & Organization*, 27(2), 324-341.

- Olugbade, D., Oyelere, S. S., & Agbo, F. J. (2024). Enhancing junior secondary students' learning outcomes in basic science and technology through PhET: A study in Nigeria. *Education and Information Technologies*, 29(11), 14035-14057.
- Paul, J., & Barari, M. (2022). Meta-analysis and traditional systematic literature reviews—What, why, when, where, and how?. *Psychology & Marketing*, 39(6), 1099-1115.
- Putra, R. P., Anjani, R. A., Agustina, R. D., Suhendi, H. Y., & Pioren, M. (2021). Student's Perspective on Virtual Laboratory Using Phet as A Media in Conducting Physics Laboratory Activities. *Tarbiyah: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 10(1), 1-9.
- Pranata, O. D. (2024). Physics Education Technology (PhET) as a Game-Based Learning Tool: A Quasi-Experimental Study. *Pedagogical Research*, 9(4).
- Rante, H., Zainuddin, M. A., Miranto, C., Pasila, F., Irawan, W., & Fajrianti, E. D. (2023). Development of social virtual reality (SVR) as collaborative learning media to support Merdeka Belajar. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(7), 1014-1020.
- Reeves, S. M., Crippen, K. J., & McCray, E. D. (2021). The varied experience of undergraduate students learning chemistry in virtual reality laboratories. *Computers & Education*, 175, 104320.
- Sapriati, A., Suhandoko, A. D. J., Yundayani, A., Karim, R. A., Kusmawan, U., Mohd Adnan, A. H., & Suhandoko, A. A. (2023). The effect of virtual laboratories on improving students' SRL: an umbrella systematic review. *Education sciences*, 13(3), 222.
- Serevina, V., & Kirana, D. (2021). The Development of virtual laboratory assisted by Flash and PhET to support distance learning. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2019, No. 1, p. 012030). IOP Publishing.
- Singh, G., Mantri, A., Sharma, O., & Kaur, R. (2021). Virtual reality learning environment for enhancing electronics engineering laboratory experience. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 229-243.
- Simbolon, D. H., & Silalahi, E. K. (2023). Virtual Laboratory-Based Physics Learning" PhET Simulation" to Improve Student Learning Activities. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 7(3), 461-468.
- Sukaridhoto, S., Fajrianti, E. D., Haz, A. L., Budiarti, R. P. N., & Agustien, L. (2023). Implementation of virtual Fiber Optic module using Virtual Reality for vocational telecommunications students. *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, 7(2), 356-362.
- Try, S., Panuwatwanich, K., Tanapornraweekit, G., & Kaewmoracharoen, M. (2021). Virtual reality application to aid civil engineering laboratory course: A multicriteria comparative study. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(6), 1771-1792.
- Uwamahoro, J., Ndiokubwayo, K., Ralph, M., & Ndayambaje, I. (2021). Physics students' conceptual understanding of geometric optics: Revisited analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 30(5), 706-718.
- Uzunidis, D., & Pagiatakis, G. (2023). Design and implementation of a virtual on-line lab on optical communications. *European Journal of Engineering Education*, 48(5), 913-928.
- Van Dinter, R., Tekinerdogan, B., & Catal, C. (2021). Automation of systematic literature reviews: A systematic literature review. *Information and software technology*, 136, 106589.
- Verdian, F., Jadid, M. A., & Rahmani, M. N. (2021). Studi penggunaan media simulasi phet dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 1(2), 39-44.
- Zakaria, A., Wahyuni, I. S., Satriawan, M., Saputra, O., Habibulloh, M., Fisika, J., ... & Alam, P. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran ARDI (AR-Digital Book) Berbasis Augmented

Reality 3D Animated Pada Materi Induksi Elektromagnetik. *Inovasi Pendidikan Fisika*, 12(2), 54-64.