



Pengembangan Virtual Laboratory pada Materi Inovasi Teknologi Biologi untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Kelas X SMA

Arica Pavitasari¹, Dian Puspita², Mar'atus Sholihah³

¹⁻³ Universitas Islam Balitar, Indonesia

Email: aricasari6@gmail.com¹ dpuspita4@gmail.com² maratussholihah11292@gmail.com³

Jl. Majapahit No.2-4 Sananwetan, Kota Blitar

Korespondensi penulis: aricasari6@gmail.com

Abstract. *This study aims to determine the feasibility and impact of virtual laboratories in learning the material of innovation in biological technology (biotechnology) for high school students in grade X. The feasibility assessment was carried out by three expert validators using a questionnaire instrument that measured aspects of material, media, and language and based on readability tests by teachers and students. The results of the study showed that the percentage of validity of the Virtual Laboratory from material experts was 95%, media experts 83%, language experts 90% with the third category being "Very Feasible". The results of the readability test from teachers obtained a percentage of 96% while the results of the readability test from students obtained a percentage of 99%. These results indicate that the Virtual Laboratory is Feasible and Practical to be used for biology learning, especially biotechnology material. The results of the teacher response test on the use of Virtual Laboratory showed a percentage of 95% while the results of the student response test were 75%. The results of the T test showed that Virtual Laboratory had a significant effect on students' conceptual understanding with a significance of 0.001. These results indicate that Virtual Laboratory is effective in improving students' conceptual understanding, especially in biotechnology material.*

Keywords: *Virtual Laboratory, Feasibility, Effectiveness, Biotechnology.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan dan dampak laboratorium virtual dalam pembelajaran materi inovasi teknologi biologi (bioteknologi) pada siswa SMA kelas X. Penilaian kelayakan dilakukan oleh tiga orang validator ahli dengan menggunakan instrumen angket yang mengukur aspek materi, media, dan bahasa serta berdasarkan uji keterbacaan oleh guru dan siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase validitas Virtual Laboratory dari ahli materi sebesar 95%, ahli media sebesar 83%, ahli bahasa sebesar 90% dengan kategori ketiganya yaitu "Sangat Layak". Hasil uji keterbacaan dari guru diperoleh persentase sebesar 96% sedangkan hasil uji keterbacaan dari siswa diperoleh persentase sebesar 99%. Hasil ini menunjukkan bahwa Virtual Laboratory Layak dan Praktis digunakan untuk pembelajaran biologi khususnya materi bioteknologi. Hasil uji respon guru terhadap penggunaan Virtual Laboratory menunjukkan persentase sebesar 95% sedangkan hasil uji respon siswa sebesar 75%. Hasil uji T menunjukkan Virtual Laboratory berpengaruh signifikan terhadap pemahaman konsep siswa dengan signifikansi 0,001 Hasil ini menunjukkan Virtual Laboratory efektifitas digunakan dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa khususnya pada materi bioteknologi.

Kata kunci: Virtual Laboratory, Kelayakan, Efektivitas, Bioteknologi.

1. LATAR BELAKANG

Pendidikan berpengaruh signifikan dalam menciptakan SDM unggul dan berkualitas, khususnya di masa revolusi industri ini di mana pertumbuhan teknologi memainkan peran kunci (Agus Dellon Praedxaditya, Komang Sudarma, Pudjawan, & Teknologi Pendidikan, 2019). Perkembangan teknologi telah mengubah paradigma pembelajaran, menjadikannya lebih interaktif dan memperluas jangkauannya (Maksum & Fitria, 2021). Teknologi memungkinkan pendidikan menjadi lebih terjangkau, terdiversifikasi, dan lebih mampu menyesuaikan diri dengan kebutuhan individu (Smith & Johnson, 2021).

Adanya perkembangan teknologi dapat menjadi sarana untuk meningkatkan mutu pembelajaran, terutama dalam mata pelajaran biologi. Namun, saat ini teknologi belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga banyak guru yang masih mengandalkan metode tradisional, seperti ceramah dengan menggunakan bahan ajar seperti buku pendamping pembelajaran (LKS) pernyataan ini didapatkan dari wawancara dengan guru biologi di ketiga sekolah. Hal ini akan berdampak pada pemahaman konsep siswa. Siswa akan mengalami kesulitan memahami dan menginternalisasi konsep jika mereka tidak terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran (Freeman et al., 2014)

Interaksi aktif, seperti praktikum, dapat membantu siswa memahami dan mengingat konsep dengan lebih baik (Kuo, Walker, & Schroder, 2020). Tanpa praktikum, siswa kesulitan memahami bagaimana konsep-konsep tersebut diterapkan dalam situasi praktis (Bonde et al., 2014). Faktor ini diperkuat oleh penelitian yang menunjukkan bahwa ketersediaan dan penggunaan laboratorium biologi merupakan faktor eksternal yang menyebabkan kesulitan belajar yang signifikan (Rahmadani, Harahap, & Gultom, 2017). Laboratorium dianggap sebagai media pembelajaran yang penting. Tanpa dukungan media pembelajaran, penyajian materi, terutama yang bersifat praktikum, menjadi kurang efektif. Kurangnya alat laboratorium dapat menyulitkan siswa dalam memahami materi, karena pengalaman langsung dapat meningkatkan daya ingat dan memungkinkan pengembangan konsep yang lebih baik (Rahmadani et al., 2017).

Materi bioteknologi adalah bidang yang mempelajari penerapan biosains dan teknologi yang menyangkut penerapan praktis organisme hidup atau komponen subseluleranya. Bioteknologi memanfaatkan bakteri, ragi, kapang, alga, sel tumbuhan atau sel hewan yang dibiakkan sebagai konstituen (Cox & Nelson, 2000). Sebelumnya peneliti melakukan observasi pra-penelitian di tiga sekolah, yakni SMAN 1 Kademangan, SMAN 1 Talun, dan SMAN 4 Kota Blitar. Hasil menunjukkan bahwa ketiga sekolah memiliki laboratorium, namun ditemukan bahwa tidak adanya peralatan dan bahan praktikum materi bioteknologi. Pernyataan ini didukung oleh hasil wawancara dengan guru biologi di ketiga sekolah, bahwa untuk kegiatan praktikum pada materi bioteknologi khususnya bioteknologi modern ditiadakan karena keterbatasan alat dan bahan. Alat dan bahan yang mahal serta memerlukan perawatan yang ekstra. Tidak hanya itu waktu yang terbatas juga menjadi alasan ditiadakannya praktikum bioteknologi.

Untuk mengatasi hal ini, pemahaman konsep dapat didukung melalui media pembelajaran yang efektif. Salah satu bentuk media pembelajaran yang efektif adalah Virtual Laboratory memungkinkan siswa untuk mengakses eksperimen kapan saja dan di mana saja,

mengatasi keterbatasan waktu dan lokasi yang sering dihadapi dalam laboratorium fisik. Ini memungkinkan siswa melakukan praktikum tanpa terikat pada jadwal laboratorium atau ketersediaan peralatan (Ismail, Permanasari, & Setiawan, 2016). Mengacu pada permasalahan yang telah diidentifikasi, penelitian “Pengembangan *Virtual Laboratory* pada Materi Inovasi Teknologi Biologi (Bioteknologi) untuk meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa kelas X SMA”, bertujuan guna menentukan sejauh mana virtual laboratory memenuhi syarat sebagai media pembelajaran yang baik untuk materi bioteknologi dan seberapa efektifnya dalam mencapai tujuan pembelajaran.

2. KAJIAN TEORITIS

Virtual Laboratory

Virtual Laboratory adalah serangkaian alat-alat laboratorium yang berbentuk perangkat lunak (software) komputer atau aplikasi smartphone berbasis multimedia interaktif. Trianto (2013) menyatakan bahwa laboratorium virtual adalah suatu sistem yang dapat digunakan untuk melakukan percobaan secara maya. Laboratorium ini dioperasikan dengan komputer atau perangkat lainnya dan dapat mensimulasikan kegiatan di laboratorium seakan-akan pengguna berada pada laboratorium sebenarnya (Hartini, Narulita, & Iqbal, 2019). Virtual Laboratory dapat digunakan untuk mempelajari berbagai macam mata pelajaran. Melalui Virtual Laboratory ini, memungkinkan siswa atau mahasiswa melakukan praktikum atau bereksperimen seolah-olah menghadapi fenomena atau peralatan laboratorium yang sesungguhnya. Manfaat menggunakan Virtual Laboratory adalah proses pembelajaran menjadi lebih menarik, interaktif, proses pembelajaran dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja (Rasya., 2023).

Bioteknologi

Menurut Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia (2016) Bioteknologi adalah cabang ilmu yang memanfaatkan makhluk hidup (mikroorganisme, sel, jaringan, atau organ) untuk menghasilkan produk dan jasa yang bermanfaat bagi kehidupan manusia (Kesehatan, 2023). Pada perkembangannya, bioteknologi didefinisikan sebagai pemanfaatan prinsip-prinsip dan rekayasa terhadap organisme, sistem atau proses biologis untuk menghasilkan atau meningkatkan potensi organisme atau menghasilkan produk dan jasa untuk kepentingan hidup manusia (Adrianto Hebert et al., 2021). Selain itu, Pramono (2017) menyatakan bahwa Bioteknologi adalah cabang ilmu yang mempelajari pemanfaatan mikroorganisme, sel, jaringan, atau organ untuk menghasilkan produk dan jasa yang

bermanfaat bagi kehidupan manusia. Tujuan pembelajaran pada materi ini adalah, Peserta didik mampu membedakan prinsip dan tahapan bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern (Rudianto, Yuliana, Muflihatul, & Amalia, 2021). Alur tujuan pembelajaran materi ini adalah sebagai berikut.

1. Dapat mengetahui proses pembuatan produk bioteknologi konvensional dan modern
2. Dapat mengetahui alat dan bahan yang digunakan dalam proses bioteknologi konvensional dan modern
3. Dapat mengetahui bioteknologi konvensional dan modern

Pemahaman Konsep

Pemahaman konsep adalah suatu kemampuan menemukan ide abstrak dalam matematika untuk mengklasifikasikan objek-objek yang biasanya dinyatakan dalam suatu istilah kemudian dituangkan kedalam contoh dan bukan contoh, sehingga seseorang dapat memahami suatu konsep dengan jelas. Memberdayakan pemahaman konsep siswa melibatkan beberapa strategi pendidikan yang dapat membantu mereka membangun pemahaman yang mendalam dan berkelanjutan, bisa dilakukan dengan beberapa cara menurut Anderson & Mitchell (2017) antara lain sebagai berikut :

1. Siswa diberikan pembelajaran yang berbasis inquiry (penyelidikan):
Guru mendorong siswa untuk mengajukan pertanyaan, menyelidiki fenomena, dan mencari jawaban sendiri melalui eksplorasi aktif. Gunakan metode seperti proyek berbasis penyelidikan, diskusi kelompok, atau eksperimen laboratorium untuk memfasilitasi pemahaman konsep melalui pengalaman langsung.
2. Siswa diberikan konteks yang relevan dan nyata
Guru mengaitkan materi pembelajaran dengan situasi nyata atau konteks yang relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa. Gunakan studi kasus, simulasi, atau contoh konkret untuk membantu siswa melihat bagaimana konsep diterapkan dalam kehidupan nyata.
3. Guru memberikan umpan balik yang konstruktif
Guru memberikan umpan balik yang mendalam dan konstruktif terhadap pemahaman siswa. Dukung mereka untuk memperbaiki pemahaman mereka dengan memberikan panduan yang spesifik dan solusi alternatif. Gunakan asesmen formatif secara teratur untuk memonitor kemajuan siswa dan memberikan umpan balik yang sesuai.
4. Siswa difasilitasi dengan adanya diskusi dan kolaborasi
Guru memberikan kesempatan kepada siswa untuk berdiskusi, berkolaborasi, dan berbagi pemahaman mereka dengan sesama. Gunakan teknik seperti diskusi kelompok,

debat, atau kerja proyek kelompok untuk memungkinkan siswa membangun pemahaman bersama dan belajar dari sudut pandang berbeda

5. Guru menggunakan teknik pembelajaran aktif

Guru menerapkan teknik pembelajaran aktif seperti pemecahan masalah, studi kasus, atau permainan peran untuk membantu siswa melibatkan diri secara aktif dalam proses pembelajaran. Dorong siswa untuk menemukan pola, menerapkan konsep, dan mencoba solusi alternatif untuk masalah yang kompleks.

6. Guru menggunakan berbagai sumber pembelajaran

Guru menggunakan berbagai sumber pembelajaran seperti teks, video, multimedia, dan bahan bacaan yang berbeda untuk mendukung pemahaman yang mendalam. Sesuaikan metode pengajaran dengan gaya belajar siswa untuk memfasilitasi proses pembelajaran yang efektif dan menarik.

7. Guru memberikan waktu yang memadai untuk refleksi dan penyempurnaan

Guru memberikan waktu siswa untuk merefleksikan pemahaman mereka, mengidentifikasi kekurangan, dan menyempurnakan pemahaman konsep yang telah mereka pelajari. Dorong mereka untuk menghubungkan konsep baru dengan pengetahuan yang sudah mereka miliki untuk membangun kerangka pemahaman yang kokoh (Dimiyati dan Mudjiono., 2023).

Melalui penerapan strategi-strategi ini secara konsisten dan mendalam, guru dapat memberdayakan pemahaman konsep siswa secara efektif, membantu mereka membangun pondasi pengetahuan yang kuat dan mampu menerapkannya dalam berbagai konteks. Dengan demikian hipotesis pada penelitian ini sebagai berikut.

H0 : Tidak terdapat pengaruh Virtual Laboratory terhadap pemahaman konsep siswa kelas X SMA pada materi bioteknologi.

H1 : Terdapat pengaruh Virtual Laboratory terhadap pemahaman konsep siswa kelas X SMA pada materi bioteknologi.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan *Research and Development* (R&D) untuk mengembangkan produk melalui tahapan: potensi dan masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi desain, revisi desain, uji coba produk, revisi produk, uji coba pemakaian, revisi produk, produksi massal (Sugiyono, 2015). Selain itu, untuk analisis data, penelitian ini menerapkan gabungan kuantitatif dan kualitatif, dengan teknik analisis deskriptif kuantitatif,

yang sekaligus bersifat kualitatif. Deskripsi data kuantitatif terdiri dari skor penilaian produk yang dikembangkan oleh validator untuk uji coba responden untuk uji keterbacaan oleh responden meliputi validator ahli, respon guru, dan siswa. Deskripsi data kuantitatif terdiri dari materi pelajaran yang dikaitkan dengan lembar validasi yang diberikan ahli media, respon guru dan siswa, dan angket yang dikembangkan dengan menggunakan guru. Pada angket validasi ahli dan angket responden, termuat skala penilaian yang telah disajikan secara rinci pada Tabel 1. Sementara analisis deskripsi kualitatif diterapkan guna mengolah berbagai informasi seperti masukan, kritik dan saran dari validator, guru serta siswa dari hasil uji keterbacaan dan uji respon yang digunakan sebagai perbaikan serta penyempurnaan produk.

Tabel 1. Skala *Likert*

Skor	Keterangan
5	Sangat Layak
4	Layak
3	Cukup Layak
2	Kurang Layak
1	Sangat Kurang Layak

Sumber: Sugiyono (2017)

Setelah seluruh data validasi diperoleh, maka dilaksanakan proses perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$SK = n.p.r$$

Keterangan :

SK = Skor Kriteria

N = Skor Tertinggi

P = Jumlah item pertanyaan

R = Jumlah Validator

Setelah itu dilanjutkan dengan menghitung persentase penilaian kevalidan oleh para validator, dengan rumus :

$$P = \frac{\sum x}{\sum xi} \times 100\%$$

Keterangan :

P = Persentase kevalidan

$\sum x$ = Jumlah skor hasil pengumpulan data

$\sum xi$ = Jumlah skor kriteria

Virtual Laboratory yang telah diuji termasuk dalam kualifikasi layak, kriteria disajikan secara rinci pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Kelayakan

Tingkat Pencapaian %	Kriteria
81-100%	Sangat Layak
61-80%	Layak
41-60%	Cukup Layak
21-40%	Tidak Layak
81-100%	Sangat Layak

Sumber : Hanifah (2024)

Sementara analisis data deskriptif kualitatif mencakup kegiatan menyusun dan menyajikan data serta menarik kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan dan efektivitas *Virtual Laboratory* pada materi Bioteknologi untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa kelas X SMA. Proses pengumpulan data dilakukan melalui validasi ahli, uji keterbacaan, dan uji respon siswa dan guru. Penelitian dilaksanakan pada tahun 2024 di salah satu SMA di Kabupaten Blitar.

a. Efektifitas *Virtual Laboratory* pada materi Inovasi Teknologi Biologi (Bioteknologi) untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa kelas X SMA

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, mengenai Pengembangan *Virtual Laboratory* pada Materi Inovasi Teknologi Biologi (Bioteknologi) Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Kelas X SMA, produk yang dihasilkan disajikan dalam aplikasi yang mudah diunduh. Sebelum *Virtual Laboratory* diuji cobakan, selanjutnya produk akan memasuki tahap validasi oleh validator dalam menentukan kevalidan produk dan kelayakan sehingga bisa diterapkan pada siswa kelas X. Kelayakan produk *Virtual Laboratory* dinilai oleh tiga validator ahli yang terdiri dari ahli materi, ahli media, dan ahli bahasa menggunakan instrumen angket skala Likert. Hasil validasi secara lengkap disajikan pada Tabel dibawah ini :

Tabel 3. Hasil validasi oleh Validator

Validator	Jumlah Skor	Persentase	Kategori
Ahli materi	115	95%	Sangat Layak
Ahli media	151	83%	Sangat Layak
Ahli bahasa	75	90%	Sangat Layak

Validator Ahli Materi menilai kualitas materi dalam Virtual Laboratory berdasarkan tiga aspek utama: isi, penyajian, dan manfaat. Penilaian ini meliputi kelayakan materi bioteknologi yang disajikan dalam aplikasi, ketepatan materi dengan kurikulum, dan seberapa baik materi tersebut dapat membantu siswa dalam memahami konsep bioteknolog. Berdasarkan penilaian tersebut, Validator Ahli Materi memberikan skor 95%, yang menempatkan produk ini dalam kategori sangat layak. Beberapa saran yang diberikan oleh validator untuk penyempurnaan adalah penambahan penjelasan lebih detail mengenai prinsip bioteknologi modern dan penyertaan diagram yang menjelaskan tahapan pembuatan kultur jaringan anggrek untuk memperjelas materi dan menghindari kebosanan siswa.

Validator ahli media menilai aspek desain, tampilan, dan kemudahan penggunaan media pembelajaran. Penilaian ini berfokus pada seberapa baik Virtual Laboratory dirancang untuk memfasilitasi pengalaman belajar yang efektif bagi siswa, termasuk ukuran teks, penggunaan warna, navigasi antarmuka, dan kesederhanaan penggunaan. Validator ahli media memberikan skor 83%, yang juga dikategorikan sebagai sangat layak. Beberapa masukan dari validator adalah untuk memperhatikan animasi drag-and-drop dan penyesuaian ukuran buku panduan agar lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Validator ahli bahasa mengevaluasi penggunaan bahasa dalam Virtual Laboratory, memastikan bahwa bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar. Evaluasi ini berfokus pada kejelasan, kesalahan penulisan, dan penggunaan simbol atau ikon yang tepat. Validator ahli bahasa memberikan skor 90%, yang menunjukkan bahwa penggunaan bahasa dalam Virtual Laboratory sudah sangat baik. Meskipun demikian, ada beberapa koreksi yang disarankan, seperti perbaikan kesalahan penulisan kata dan perbaikan format pada beberapa bagian, seperti simbol satuan (misalnya, mengganti “g” menjadi “gr”).

Berdasarkan hasil evaluasi dari tiga validator ahli (materi, media, dan bahasa), Virtual Laboratory ini dinyatakan sangat layak untuk diterapkan dalam pembelajaran Bioteknologi di kelas X SMA. Dengan skor lebih dari 81%, produk ini memenuhi kriteria kelayakan yang ditetapkan oleh (Sugiyono, 2015) dalam rentang 81%-100%, yang menempatkan media ini pada kategori sangat layak. Penilaian yang baik di semua aspek menunjukkan bahwa Virtual Laboratory ini mampu mendukung pembelajaran bioteknologi dengan efektif. Validator memberikan masukan untuk penyempurnaan produk, namun secara keseluruhan, produk ini sudah siap digunakan dalam pengajaran untuk membantu siswa memahami konsep-konsep bioteknologi secara lebih mendalam. Virtual Laboratory dinyatakan lolos validasi dan mendapat persetujuan dari semua validator terkait materi, media, dan bahasa, maka dilakukan uji coba oleh peneliti yang difokuskan pada pengajar Biologi dan peserta didik kelas XI di

SMA Negeri 4 Blitar. Uji coba Virtual Laboratory dilakukan pada 4 responden pengajar Biologi dan 6 orang peserta didik kelas XI SMAN 4 Blitar. Hasil pengujian produk disajikan pada Tabel dibawah ini

Tabel 4. Hasil pengujian produk pada responden

Responden	Jumlah Skor	Persentase	Kategori
Guru Mata Pelajaran Biologi	108	96%	Sangat Layak
6 orang peserta didik kelas XI SMAN 4 Blitar	167	99%	Sangat Layak

Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Virtual Laboratory ini memiliki kualitas yang sangat baik dan memenuhi kriteria kelayakan untuk digunakan dalam pembelajaran di kelas X SMA. Hal ini tercermin dari skor yang sangat tinggi dari kedua kelompok responden: guru dan siswa, dengan masing-masing kategori "Sangat Layak". Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa Virtual Laboratory dapat diimplementasikan dengan baik dalam proses pembelajaran dan memberikan dampak positif terhadap pemahaman konsep siswa tentang bioteknologi, serta meningkatkan minat dan keterlibatan mereka dalam pembelajaran.

Disisi lain para ahli juga menilai bahwa, virtual laboratory ini menggunakan Bahasa yang sesuai dengan kaidah penulisan Bahasa Indonesia, tampilan, desain dan penyajian media yang dikemas dalam bentuk aplikasi sangat menarik untuk digunakan oleh peserta didik serta menyajikan materi bioteknologi sesuai dengan kurikulum yang berlaku yaitu kurikulum merdeka dan menyajikan praktikum konvensional dan modern yang sesuai dengan tujuan pembelajaran. Penelitian lain yang dilakukan Adi (2021) menyatakan bahwa virtual laboratory yang dikembangkan dapat diimplementasikan dalam pembelajaran (Nurfadhillah et al., 2021). Selain itu berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Asep (2023) menyatakan para guru lebih mudah menjelaskan materi yang dibantu dengan virtual laboratory kepada siswa sehingga siswa tidak merasa bosan dan tertarik terhadap bioteknologi.

b. Efektifitas Virtual Laboratory Pada Materi Inovasi Teknologi Biologi (Bioteknologi) Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Kelas X SMA

Setelah melalui tahap validasi dan uji coba, selanjutnya dilakukan penilaian untuk mengukur efektivitas penggunaan Virtual Laboratory dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa terhadap materi Inovasi Teknologi Biologi (Bioteknologi). Penilaian efektivitas ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar dampak dari penggunaan Virtual Laboratory terhadap pemahaman konsep siswa di kelas X SMA. Penilaian efektifitas dilakukan melalui

dua uji coba yakni Uji Keterbacaan dan Uji respon, yang dilakukan pada 3 guru dan 6 siswa diberikan angket untuk menilai keterbacaan dan kejelasan materi yang disajikan dalam Virtual Laboratory.

Tabel 5. Hasil Uji Keterbacaan

Responden	Jumlah Skor	Persentase	Kategori
Guru	96	96%	Sangat Layak
Siswa	99	99%	Sangat Layak

Guru memberikan skor 96%, yang menunjukkan bahwa materi yang disajikan dalam Virtual Laboratory sangat mudah dipahami dan dapat dengan jelas digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Siswa memberikan skor 99%, yang berarti mereka juga merasa bahwa materi dalam aplikasi ini sangat mudah dipahami dan terstruktur dengan baik. Mereka mengakui bahwa penyajian materi dalam bentuk interaktif ini lebih memudahkan mereka dalam memahami konsep-konsep bioteknologi yang biasanya cukup kompleks. Selanjutnya dilakukan uji respon dengan meminta 4 guru dan 35 siswa untuk memberikan penilaian tentang sejauh mana mereka merasa tertarik, terlibat, dan puas dengan penggunaan Virtual Laboratory dalam pembelajaran bioteknologi.

Tabel 6. Hasil Uji Respon

Responden	Jumlah Skor	Persentase	Kategori
Guru	95	95%	Sangat Layak
Siswa	75	75%	Layak

Guru memperoleh skor 95%, yang menunjukkan bahwa mereka merasa sangat terbantu dengan adanya Virtual Laboratory. Para guru menganggap aplikasi ini efektif dalam menyampaikan materi bioteknologi yang kompleks, karena siswa dapat belajar secara interaktif dan mandiri melalui simulasi dan visualisasi proses-proses bioteknologi. Siswa memberikan skor 75% untuk respon mereka terhadap penggunaan Virtual Laboratory. Meskipun ini tergolong layak, ada beberapa siswa yang merasa masih perlu lebih banyak waktu untuk beradaptasi dengan fitur-fitur interaktif yang ada, meskipun mereka tetap merasakan manfaat signifikan dari aplikasi ini dalam meningkatkan pemahaman mereka terhadap konsep-konsep bioteknologi

Berdasarkan hasil uji keterbacaan dan uji respon, dapat disimpulkan bahwa Virtual Laboratory pada materi Inovasi Teknologi Biologi (Bioteknologi) efektif dalam meningkatkan

pemahaman konsep siswa kelas X SMA. Meskipun ada sedikit perbedaan dalam respon siswa, secara keseluruhan aplikasi ini dapat dianggap sebagai media pembelajaran yang sangat layak dan efektif dalam konteks pendidikan bioteknologi, memberikan dampak positif terhadap pemahaman konsep dan minat siswa terhadap materi bioteknologi. Virtual laboratory secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep siswa dalam materi bioteknologi pada pelajaran biologi dengan memberikan simulasi interaktif yang memungkinkan mereka untuk mengeksplorasi dan memanipulasi proses bioteknologi yang kompleks dalam lingkungan digital (Zhu & Liu., 2019). Melalui model 2D dan visualisasi yang mendetail, siswa dapat secara langsung melihat dan memahami teknik-teknik seperti rekayasa genetik yang sering kali sulit dipahami hanya melalui teori atau eksperimen fisik (Ma & Liu., 2020).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian dan pengembangan Virtual Laboratory pada materi Inovasi Teknologi Biologi (Bioteknologi) untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa kelas X SMA. Hal ini didasarkan pada uji kelayakan yang dilakukan terhadap ahli materi, ahli media dan ahli Bahasa. Hasil ketiga ahli untuk kriteria “Sangat Layak” masing-masing sebesar 95%, 83% dan 90%, Serta untuk Efektifitas didasarkan pada uji keterbacaan dan uji respon dengan memperoleh hasil keterbacaan guru dan siswa sebesar 96% dan 99%, sedangkan untuk respon guru diperoleh sebesar 95%, dan respon siswa 75% pada uji t memperoleh hasil dengan sig. 0.000 yang menunjukkan adanya pengaruh peningkatan setelah perlakuan. Adapun saran yang dibrikan adalah sebagai berikut: 1) Media pembelajaran ini dapat digunakan oleh peserta didik khususnya kelas X SMA pada mata pelajaran Biologi khususnya topik Inovasi Teknologi Biologi (Bioteknologi). 2) Media Pembelajaran Virtual Laboratory dapat membantu guru dalam kegiatan pembelajaran khususnya saat kegiatan praktikum materi Inovasi Teknologi Biologi. 3) Adanya pengembangan media pembelajaran virtual laboratory materi bioteknologi, diharapkan agar penelitian ini dilanjutkan hingga tahap produksi massal.

DAFTAR REFERENSI

- Adrianto Hebert, Ulinniam, Purwanti Eny Wahyuning, Yusal Muh. Sri, Widyastuti Dyah Ayu, Sutrisno Eko, ... Chrisnawati Lili. (2021). *345860-Bioteknologi-269Adb13*.
- Agus Dellon Praditya, P., Komang Sudarma, I., Pudjawan, K., & Teknologi Pendidikan, J. (2019). Pengembangan Multimedia Pembelajaran Dengan Evaluasi Instructional Game Matematika Siswa Kelas Vii SmpIb-B Negeri 1 Buleleng. *Jurnal EDUTECH Universitas Pendidikan Ganesha*, 6(1), 66–76.

- Asep, H., Susanto, R., & Wahyudi, S. (2023). Praktikum Biologi: Meningkatkan Keterampilan dan Motivasi Siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 15(1), 70-82.
- Bonde, M. T., Makransky, G., Wandall, J., Larsen, M. V., Morsing, M., Jarmer, H., & Sommer, M. O. A. (2014). Improving biotech education through gamified laboratory simulations. *Nature Biotechnology*, 32(7), 694–697. <https://doi.org/10.1038/nbt.2955>
- Cox, M. M., & Nelson, D. L. (2000). *Fifth Edition CHAPTER 19 Oxidative Phosphorylation*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-08289-8>
- Dimiyati, M., & Mudjiono. (2023). Mengoptimalkan Akses Pendidikan melalui Laboratorium Virtual di Daerah Terpencil. Jakarta
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Hartini, H., Narulita, E., & Iqbal, M. (2019). Pengembangan Virtual Laboratory pada topik kultur jaringan tumbuhan untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *JIPVA (Jurnal Pendidikan IPA Veteran)*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.31331/jipva.v3i1.658>
- Ismail, I., Permanasari, A., & Setiawan, W. (2016). Stem virtual lab: An alternative practical media to enhance student's scientific literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 239–246. <https://doi.org/10.15294/jpii.v5i2.5492>
- Kesehatan, K. (2023). *Dokumen Evaluasi Kinerja Pegawai Periode : Triwulan Ii. 2023*.
- Kuo, Y.-C., Walker, A. E., & Schroder, K. E. (2020). Interactions between online and face-to-face components in blended learning environments: Examining the effect of interaction types on student engagement and learning outcomes. *Computers & Education*, 146, 103766
- Maksum, A., & Fitria, H. (2021). Transformasi dan Digitalisasi Pendidikan di Masa Pandemi. *Seminar Nasional Pendidikan Program Pascasarjana Universitas PGRI Palembang*, 121–127.
- Ma, J., & Liu, Y. (2020). Enhancing understanding of genetic engineering techniques through 2D models and detailed visualizations. *Journal of Science Education and Technology*, 29(4), 456-467
- Nurfadhillah, A., Mulyani, M., & Rizki, S. (2021). Virtual Laboratory sebagai media pembelajaran: Alat bantu guru untuk memperluas pemahaman siswa. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 14(1), 34-47
- Rahmadani, W., Harahap, F., & Gultom, T. (2017). Analisis Faktor Kesulitan Belajar Biologi Siswa Materi Bioteknologi di SMA Negeri Se-Kota Medan. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(2), 279–285. <https://doi.org/10.24114/jpb.v6i2.6546>
- Rasya. (2023). Manfaat laboratorium virtual dalam pembelajaran: Interaktivitas dan fleksibilitas dalam proses eksperimen. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 15(1), 78-89

- Rudianto, E., Yuliana, S., Muflihatul, S. K., & Amalia, N. L. (2021). Laboratorium Bioteknologi Berbasis Virtual Sebagai Edukasi Kepada Siswa SMAN 1 Turen Dalam Upaya Penanganan Pandemi Covid-19. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat (SINAPMAS)*, (September), 163–174.
- Smith, A., & Johnson, B. (2021). The Impact of Technology on Modern Education. *Education Technology Journal*, 15(2), 45-60
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian dan Pengembangan R&D*.
- Zhu, X., & Liu, S. (2019). The impact of virtual laboratories on students' understanding of biotechnology concepts: Interactive simulations for complex processes. *Journal of Educational Technology & Society*, 22(3), 123-135.