



## Efektivitas Praktikum Virtual Terhadap Pemahaman Materi Sel Pada Mata Pelajaran Biologi SMA N 1 Kopang

Andre Maulana Sokib<sup>1\*</sup>, Muhammad Bagus Prasetyo<sup>2</sup>

Jurusan Pendidikan Biologi, Universitas Mataram, Indonesia.

\*Corresponding Author: [Sokib33@gmail.com](mailto:Sokib33@gmail.com)

### Article History

Manuscript submitted:

**1 November 2025**

Manuscript revised:

**25 November 2025**

Accepted for publication:

**28 November 2025**

### Keywords

praktikum virtual,  
pemahaman konsep,  
materi sel,  
biologi,  
SMA

### Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas praktikum virtual dalam meningkatkan pemahaman Siswa terhadap materi sel pada mata pelajaran Biologi di SMA Negeri 1 Kopang. Perkembangan teknologi pendidikan memberikan peluang baru bagi pelaksanaan praktikum secara digital, terutama dalam konteks keterbatasan sarana laboratorium dan pembelajaran jarak jauh. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode quasi-eksperimen desain pretest-posttest control group. Subjek penelitian terdiri atas 60 Siswa kelas XI yang dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen yang menggunakan media praktikum virtual dan kelompok kontrol yang menggunakan metode pembelajaran konvensional. Instrumen yang digunakan berupa tes pemahaman konsep materi sel yang telah diuji validitas dan reliabilitasnya. Hasil analisis data menggunakan uji t menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara hasil posttest kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, dengan nilai  $p < 0,05$ . Kelompok yang mengikuti praktikum virtual menunjukkan peningkatan pemahaman konsep yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan praktikum virtual dapat menjadi alternatif efektif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran Biologi, khususnya pada topik yang bersifat abstrak seperti struktur dan fungsi sel. Disarankan agar Guru Biologi mempertimbangkan integrasi media praktikum digital sebagai bagian dari strategi pembelajaran yang inovatif dan kontekstual.

Copyright © 2025, The Author(s)

This is an open access article under the CC BY-SA license



**How to Cite:** Sokib, A. M & Prasetyo, M. B. (2025). Efektivitas Praktikum Virtual Terhadap Pemahaman Materi Sel Pada Mata Pelajaran Biologi SMAN 1 Kopang. *Educational Note*, 1(2), 53-60. <https://doi.org/10.70716/edunote.v1i2.120>

### Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang pesat telah memberikan dampak signifikan dalam dunia pendidikan, termasuk dalam pelaksanaan pembelajaran sains. Dalam konteks pembelajaran Biologi, pemanfaatan teknologi menjadi penting karena memungkinkan terciptanya pengalaman belajar yang lebih interaktif dan kontekstual (Setiawan & Ramdani, 2021). Terutama pada materi sel yang bersifat abstrak dan mikroskopis, teknologi memungkinkan Siswa untuk memahami struktur dan fungsi sel secara lebih mendalam melalui visualisasi digital. Oleh karena itu, kebutuhan untuk mengintegrasikan media digital dalam pembelajaran Biologi semakin mendesak seiring dengan tuntutan kurikulum dan kondisi sarana laboratorium di sekolah yang terbatas (Lestari & Cahyani, 2020).

Praktikum merupakan bagian integral dari pembelajaran sains yang bertujuan untuk memberikan pengalaman langsung kepada Siswa dalam mengamati dan mengeksplorasi fenomena biologis. Namun demikian, tidak semua sekolah memiliki fasilitas laboratorium yang memadai untuk melaksanakan praktikum secara optimal. Hambatan ini menjadi lebih kompleks ketika proses pembelajaran harus dilakukan secara daring akibat pandemi atau keterbatasan geografis (Rahmawati & Prasetyo, 2021). Dalam situasi seperti ini, praktikum virtual menjadi solusi inovatif yang dapat menjembatani keterbatasan tersebut dan tetap menjaga kualitas pembelajaran (Putri & Sugiyarto, 2019).

Praktikum virtual adalah bentuk simulasi laboratorium yang memungkinkan Siswa melakukan eksplorasi praktikum melalui perangkat lunak berbasis komputer atau internet. Praktikum jenis ini dirancang sedemikian rupa untuk meniru proses dan prosedur yang terjadi di laboratorium nyata, namun dalam lingkungan digital (Sari & Marlina, 2020). Dalam konteks pembelajaran materi sel, penggunaan praktikum virtual dapat membantu Siswa dalam memahami struktur mikroskopis yang tidak dapat diamati secara langsung tanpa mikroskop atau preparat yang mahal (Wahyuni & Hidayat, 2022). Dengan demikian, media ini dapat menjadi alternatif strategis dalam mendukung proses pembelajaran yang bermakna.

Pemahaman konsep merupakan indikator penting dalam menilai keberhasilan pembelajaran, terutama dalam mata pelajaran Biologi yang memiliki banyak istilah dan konsep kompleks. Beberapa studi menunjukkan bahwa pendekatan berbasis praktik dan eksplorasi dapat meningkatkan pemahaman konsep Siswa secara signifikan (Hidayat & Ningsih, 2018). Oleh karena itu, integrasi media digital seperti praktikum virtual diperkirakan mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran konsep-konsep abstrak dalam Biologi, khususnya materi sel yang kerap menjadi tantangan bagi Siswa (Yuliana & Kurniawan, 2020).

Materi sel menjadi salah satu materi dasar dalam Biologi yang penting karena menjadi fondasi pemahaman berbagai konsep lanjutan seperti jaringan, organ, sistem organ, dan organisme. Namun kenyataannya, banyak Siswa mengalami kesulitan dalam memahami struktur dan fungsi sel karena sifatnya yang mikroskopis dan memerlukan visualisasi tinggi (Nurhasanah & Zulfiani, 2017). Untuk itu, diperlukan strategi pembelajaran yang mampu menjembatani kesenjangan antara konsep teoretis dan realitas biologis melalui media visual yang interaktif (Fitria & Wulandari, 2021).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan media digital dalam pembelajaran Biologi berdampak positif terhadap motivasi dan hasil belajar Siswa. Misalnya, studi oleh Saputri dan Widodo (2019) menemukan bahwa penggunaan simulasi virtual pada pembelajaran sistem pernapasan dapat meningkatkan keterlibatan Siswa dan memperdalam pemahaman konsep. Demikian pula, Kusumawati dan Ardiansyah (2020) menyatakan bahwa media interaktif berbasis animasi memberikan pengaruh signifikan terhadap kemampuan kognitif Siswa dalam memahami konsep Biologi.

Dalam kerangka kurikulum merdeka, Guru dituntut untuk mengembangkan pembelajaran yang adaptif dan berbasis teknologi guna mengakomodasi kebutuhan belajar peserta didik. Praktikum virtual memberikan fleksibilitas dalam pelaksanaan praktikum, terutama dalam konteks pembelajaran diferensiasi dan pemanfaatan perangkat digital (Rahmadani & Suryani, 2023). Selain itu, praktikum virtual juga memberikan peluang bagi Siswa untuk melakukan pengulangan eksperimen, meningkatkan kemandirian belajar, serta memperkaya pengalaman belajar secara digital (Syafitri & Hakim, 2021).

Konteks lokal seperti SMA Negeri 1 Kopang juga mengalami tantangan serupa terkait keterbatasan sarana laboratorium dan waktu pembelajaran yang terbatas. Dengan latar belakang ini, penelitian mengenai efektivitas praktikum virtual menjadi penting untuk menjawab kebutuhan spesifik institusi pendidikan tersebut. Melalui pendekatan berbasis bukti, Guru dan pengambil kebijakan pendidikan dapat mengambil langkah strategis untuk mengintegrasikan media digital secara berkelanjutan (Fitriana & Maulidya, 2020).

Penelitian ini menguji efektivitas praktikum virtual terhadap pemahaman konsep sel, dengan asumsi bahwa media digital interaktif mampu meningkatkan pemrosesan informasi dan retensi belajar Siswa.

Model pembelajaran berbasis praktik digital juga diasumsikan dapat menstimulasi aktivitas kognitif dan metakognitif Siswa melalui interaksi visual dan simulasi prosedural (Pratiwi & Setyawan, 2019). Dengan demikian, penelitian ini memiliki kontribusi teoritis dan praktis dalam pengembangan strategi pembelajaran Biologi di sekolah menengah.

Sebagai bagian dari pendekatan kuantitatif, penelitian ini menggunakan desain quasi-eksperimen untuk membandingkan hasil belajar antara kelompok eksperimen yang menggunakan praktikum virtual dan kelompok kontrol yang menggunakan metode konvensional. Penelitian sebelumnya yang menggunakan desain serupa telah menunjukkan hasil yang menjanjikan, terutama dalam konteks pemanfaatan teknologi pembelajaran sains (Yusuf & Mulyani, 2021). Hal ini memberikan landasan yang kuat bagi penelitian ini untuk mengukur pengaruh nyata dari media praktikum virtual.

Dalam pelaksanaannya, praktikum virtual dapat menggunakan berbagai platform dan aplikasi seperti PhET, Labster, atau simulasi lokal berbasis HTML5 yang telah disesuaikan dengan kurikulum nasional. Penggunaan media ini tidak hanya mempermudah akses pembelajaran, tetapi juga meningkatkan ketertarikan dan rasa ingin tahu Siswa terhadap materi yang dipelajari (Andini & Nurhidayah, 2022). Interaksi yang bersifat multimodal pada media digital terbukti dapat meningkatkan pemahaman konsep secara signifikan dibandingkan metode ceramah semata (Puspitasari & Hadi, 2020).

Namun demikian, penting untuk mengevaluasi efektivitas media digital dalam konteks implementasi nyatanya di kelas, khususnya di daerah yang memiliki akses internet terbatas atau perangkat yang kurang memadai. Evaluasi semacam ini bertujuan untuk memperoleh gambaran utuh mengenai potensi dan keterbatasan praktikum virtual di sekolah menengah (Herlina & Susanto, 2020). Selain itu, hasil evaluasi juga dapat dijadikan dasar dalam mengembangkan panduan pelaksanaan praktikum virtual yang sesuai dengan karakteristik Siswa dan lingkungan belajar.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan model pembelajaran berbasis TIK yang relevan dengan kebutuhan abad 21. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi Guru Biologi dalam merancang pembelajaran inovatif yang mengintegrasikan praktik sains dengan media digital (Anisa & Kurniasih, 2021). Lebih lanjut, temuan penelitian ini juga dapat mendukung pengembangan kebijakan pendidikan berbasis digital di tingkat satuan pendidikan menengah.

Dengan demikian, penting untuk dilakukan kajian empiris terkait efektivitas praktikum virtual terhadap pemahaman konsep sel, khususnya dalam konteks pembelajaran Biologi di SMA. Kajian ini tidak hanya bertujuan untuk melihat peningkatan hasil belajar, tetapi juga mengeksplorasi pengalaman belajar Siswa dalam menggunakan media virtual (Putra & Wulandari, 2022). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur pendidikan sains serta mendorong inovasi dalam pengajaran Biologi berbasis teknologi.

## Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimen semu (quasi-experimental) yang dirancang untuk mengetahui efektivitas penggunaan praktikum virtual terhadap pemahaman materi sel pada Siswa kelas XI SMA Negeri 1 Kopang. Desain penelitian yang digunakan adalah non-equivalent control group design, yaitu desain eksperimen yang melibatkan dua kelompok Siswa yang tidak dipilih secara acak, yakni kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen mendapatkan perlakuan berupa praktikum virtual, sementara kelompok kontrol menggunakan metode pembelajaran konvensional tanpa bantuan media digital interaktif. Desain ini dipilih karena mempertimbangkan kondisi kelas yang sudah terbentuk secara alami dan tidak memungkinkan pengacakan penuh.

Subjek penelitian terdiri atas 60 Siswa kelas XI yang dibagi menjadi dua kelompok secara purposive berdasarkan kelas yang setara secara akademik. Masing-masing kelompok terdiri dari 30 Siswa. Penentuan

kelas dilakukan dengan mempertimbangkan nilai akademik Biologi semester sebelumnya agar kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang relatif seimbang. Kegiatan penelitian dilakukan selama empat pertemuan dalam kurun waktu dua minggu, dengan alokasi waktu masing-masing 2 x 45 menit per pertemuan. Peneliti bertindak sebagai fasilitator dan pengamat, sedangkan Guru mata pelajaran bertindak sebagai pengajar untuk memastikan bahwa proses pembelajaran berlangsung secara wajar dan sesuai prosedur.

Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes pemahaman konsep materi sel yang dikembangkan berdasarkan indikator-indikator dalam kurikulum Biologi SMA. Tes ini terdiri atas 25 soal pilihan ganda yang mencakup aspek-aspek seperti struktur sel, organel sel, fungsi sel, serta proses transportasi sel. Sebelum digunakan dalam penelitian, instrumen terlebih dahulu diuji validitas isi melalui expert judgment oleh tiga dosen pendidikan Biologi dan diuji empiris terhadap 40 Siswa di luar sampel untuk mengukur validitas, reliabilitas, daya beda, dan tingkat kesukaran soal. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh butir soal valid dan memiliki reliabilitas yang tinggi dengan koefisien Alpha Cronbach sebesar 0,81.

Proses perlakuan pada kelompok eksperimen menggunakan media praktikum virtual berbasis simulasi interaktif yang diakses melalui laptop atau smartphone Siswa. Materi praktikum mencakup pengamatan struktur sel hewan dan tumbuhan, pengenalan organel sel, serta simulasi proses difusi dan osmosis. Media yang digunakan dikembangkan secara lokal dan telah disesuaikan dengan kurikulum serta kebutuhan Siswa. Selama proses pembelajaran, Siswa diarahkan untuk mengikuti petunjuk eksperimen digital, melakukan pengamatan melalui simulasi, mencatat hasil, dan menjawab pertanyaan yang mengarahkan pemahaman konsep. Kelompok kontrol, di sisi lain, menerima pembelajaran menggunakan metode ceramah dan diskusi yang dilengkapi dengan gambar statis dari buku teks dan papan tulis.

Setelah perlakuan, kedua kelompok diberikan posttest yang sama untuk mengukur pemahaman konsep setelah pembelajaran. Data hasil pretest dan posttest dianalisis menggunakan uji statistik parametrik, yaitu uji t independen (independent samples t-test) untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Sebelum dilakukan uji t, data terlebih dahulu diuji normalitas dengan uji Kolmogorov-Smirnov dan homogenitas varians dengan uji Levene untuk memastikan asumsi statistik terpenuhi. Seluruh analisis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 25.

Selain analisis kuantitatif, observasi kelas juga dilakukan untuk mendukung data dengan informasi kualitatif terkait partisipasi Siswa, antusiasme, dan respons terhadap media pembelajaran. Hasil observasi menunjukkan adanya peningkatan keaktifan dan ketertarikan Siswa pada kelompok eksperimen selama proses pembelajaran berlangsung. Hal ini menjadi data pendukung yang menguatkan hasil kuantitatif dalam menarik kesimpulan mengenai efektivitas praktikum virtual terhadap pemahaman konsep Biologi. Dengan pendekatan yang sistematis ini, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran yang akurat dan komprehensif mengenai pengaruh penggunaan praktikum virtual dalam pembelajaran Biologi.

## Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam pemahaman konsep materi sel antara Siswa yang mengikuti praktikum virtual dan mereka yang menerima pembelajaran konvensional. Berdasarkan hasil posttest, nilai rata-rata kelompok eksperimen yang menggunakan praktikum virtual mencapai 85,2, sedangkan kelompok kontrol hanya mencapai 75,6. Selisih nilai ini mencerminkan dampak positif penggunaan media digital interaktif terhadap penguasaan materi Siswa.

Analisis statistik menggunakan uji-t independen menghasilkan nilai signifikansi sebesar 0,002 ( $p < 0,05$ ), yang menunjukkan bahwa perbedaan antara kedua kelompok adalah signifikan secara statistik. Dengan demikian, penggunaan praktikum virtual secara empiris terbukti lebih efektif dibandingkan

metode pembelajaran konvensional. Hasil ini sejalan dengan temuan dari Suryawati dan Osman (2018), yang menegaskan bahwa media berbasis simulasi dapat meningkatkan keterlibatan dan kognisi Siswa secara bermakna.

Peningkatan pemahaman konsep ini dapat dijelaskan melalui karakteristik praktikum virtual yang memungkinkan visualisasi organel sel secara dinamis dan interaktif. Siswa dapat mengamati struktur sel dari berbagai sudut pandang, melakukan zoom in/out pada organel, dan melihat simulasi proses transportasi sel, seperti difusi dan osmosis. Visualisasi ini mendukung pembentukan representasi mental yang kuat, sebagaimana dijelaskan oleh Rahmawati dan Irwanto (2020), bahwa kemampuan visualisasi sangat penting dalam memahami materi Biologi yang bersifat abstrak.

Selain itu, keberhasilan praktikum virtual ini tidak hanya terletak pada penyajian visual, tetapi juga pada kemampuannya menyediakan umpan balik instan. Ketika Siswa menjawab pertanyaan dalam simulasi, sistem langsung memberikan informasi benar atau salah, yang mempercepat proses koreksi diri dan pembelajaran. Hal ini sesuai dengan teori konstruktivisme Piaget yang menekankan pentingnya interaksi aktif dalam membangun pengetahuan (Putri & Yusnita, 2019).

Hasil observasi di kelas menunjukkan bahwa Siswa kelompok eksperimen menunjukkan antusiasme dan keaktifan yang tinggi selama proses praktikum virtual. Mereka terlihat fokus, terlibat dalam eksplorasi fitur simulasi, dan berdiskusi aktif dalam kelompok kecil. Berbeda dengan kelompok kontrol yang cenderung pasif dan hanya menerima informasi secara satu arah. Hal ini menegaskan bahwa penggunaan teknologi pendidikan dapat meningkatkan partisipasi belajar Siswa (Mustakim, 2017).

Lebih jauh, data hasil pretest juga menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki tingkat pemahaman awal yang relatif seimbang, yaitu 66,4 untuk kelompok eksperimen dan 65,7 untuk kelompok kontrol. Tidak adanya perbedaan signifikan pada pretest ( $p = 0,473$ ) menegaskan bahwa perbedaan hasil posttest bukan disebabkan oleh perbedaan kemampuan awal, melainkan oleh perlakuan yang diberikan selama penelitian berlangsung. Temuan ini mendukung validitas internal dari desain eksperimen yang digunakan.

Peningkatan skor posttest pada kelompok eksperimen terutama terjadi pada indikator yang memerlukan pemahaman proses, seperti difusi, osmosis, dan transport aktif. Indikator-indikator tersebut mengalami peningkatan sebesar rata-rata 18 poin, dibandingkan kelompok kontrol yang hanya mengalami kenaikan 8 poin. Hal ini menunjukkan bahwa praktikum virtual lebih unggul dalam menyampaikan konsep yang memerlukan animasi dan pergerakan untuk memahaminya, sebagaimana dikemukakan oleh Azizah (2021).

Selain keunggulan dalam aspek kognitif, penggunaan praktikum virtual juga memberikan manfaat dari sisi efisiensi waktu dan biaya. Kegiatan praktikum tidak memerlukan bahan kimia, mikroskop, atau preparat, yang seringkali menjadi kendala dalam pelaksanaan praktikum nyata. Dengan demikian, praktikum virtual merupakan solusi alternatif yang sangat relevan dalam konteks keterbatasan fasilitas laboratorium sekolah, sebagaimana juga dijelaskan oleh Maulidia dan Prasetyo (2020).

Dalam diskusi kelompok setelah pembelajaran, Siswa menyampaikan bahwa mereka merasa lebih mudah memahami konsep struktur dan fungsi sel melalui simulasi. Sebagian besar Siswa menyebutkan bahwa mereka bisa belajar lebih mandiri dan tidak takut salah karena ada fitur ulangi dan bantuan. Hasil tanggapan ini menguatkan pentingnya media yang bersifat fleksibel dan mendukung pembelajaran mandiri (Safitri & Wibowo, 2022).

Beberapa Guru yang mengamati proses pembelajaran juga mengakui bahwa penggunaan media ini membuat Siswa lebih aktif bertanya dan berdiskusi. Mereka menilai bahwa praktikum virtual dapat digunakan sebagai alternatif maupun pelengkap dari praktikum konvensional, terlebih dalam kondisi keterbatasan alat. Pandangan ini selaras dengan pernyataan oleh Syafitri dan Prasetyo (2019) bahwa digitalisasi pembelajaran sains sangat potensial untuk diterapkan di sekolah.

Namun demikian, penelitian ini juga menemukan beberapa kendala teknis dalam implementasi praktikum virtual, seperti gangguan koneksi internet, keterbatasan perangkat, dan ketidaksiapan Siswa dalam menggunakan media digital secara mandiri. Beberapa Siswa memerlukan waktu lebih lama untuk menyesuaikan diri. Oleh karena itu, pelatihan awal atau tutorial pengguna dapat menjadi solusi agar efektivitas media lebih maksimal (Sulastri & Nurhidayati, 2021).

Meskipun terdapat kendala, secara keseluruhan data kualitatif dan kuantitatif menunjukkan bahwa praktikum virtual mampu meningkatkan pemahaman konsep secara signifikan. Media ini terbukti mampu menyampaikan materi dengan cara yang menarik dan bermakna bagi Siswa. Fakta ini menjadi bukti bahwa penggunaan teknologi pendidikan berbasis simulasi merupakan strategi yang efektif dalam meningkatkan mutu pembelajaran Biologi di tingkat SMA (Hidayah & Raharjo, 2018).

Dari aspek pedagogis, penggunaan praktikum virtual mendorong model pembelajaran aktif dan berpusat pada Siswa. Siswa terlibat langsung dalam eksplorasi, penemuan, dan pemaknaan konsep. Ini merupakan implementasi dari pendekatan saintifik yang dianjurkan dalam Kurikulum Merdeka. Pendekatan ini diyakini dapat membentuk keterampilan berpikir kritis dan problem solving yang lebih baik (Susanti & Ardiyani, 2022).

Dampak positif lain dari praktikum virtual adalah meningkatnya motivasi belajar Siswa. Hasil wawancara menunjukkan bahwa Siswa merasa lebih tertantang untuk belajar karena media pembelajaran yang tidak monoton. Mereka merasa seperti sedang "bermain sambil belajar," sehingga tidak merasa tertekan. Pengalaman belajar yang menyenangkan menjadi faktor penting dalam mempertahankan perhatian dan minat belajar Siswa (Wulandari & Widodo, 2017).

Penggunaan teknologi seperti ini juga berkontribusi pada pengembangan kompetensi digital Siswa. Mereka menjadi lebih terbiasa menggunakan perangkat digital untuk kegiatan akademik, bukan hanya untuk hiburan. Hal ini merupakan langkah positif dalam menghadapi tantangan pendidikan abad ke-21 yang menuntut literasi digital sebagai bagian dari kompetensi dasar Siswa (Andriani & Setiawan, 2020).

Selanjutnya, keunggulan media praktikum virtual juga terletak pada fleksibilitas waktu dan tempat. Siswa dapat mengaksesnya kembali di rumah untuk mengulang materi yang belum dipahami. Keunggulan ini tidak dimiliki oleh praktikum konvensional yang hanya dapat dilakukan di laboratorium. Dengan demikian, pembelajaran tidak terbatas oleh ruang dan waktu, sesuai dengan prinsip pembelajaran berbasis teknologi modern (Faradillah & Suparmi, 2022).

Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran Biologi tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga mendorong perubahan paradigma pembelajaran dari teacher-centered ke student-centered. Oleh karena itu, Guru perlu diberikan pelatihan intensif dalam penggunaan media pembelajaran digital agar dapat mengoptimalkan potensi teknologi untuk meningkatkan kualitas pendidikan (Hapsari & Yuliati, 2021).

Penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi pengembangan media pembelajaran sains, khususnya dalam konteks keterbatasan fasilitas sekolah. Praktikum virtual dapat menjadi solusi tepat untuk sekolah-sekolah yang tidak memiliki laboratorium atau kekurangan alat peraga. Implikasi ini perlu dipertimbangkan dalam kebijakan pendidikan nasional, terutama dalam era digitalisasi sekolah.

Namun, efektivitas media ini juga sangat tergantung pada kesiapan infrastruktur, pelatihan Guru, dan adaptasi Siswa. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan sistem pendukung yang menyeluruh agar penerapan praktikum virtual dapat berjalan optimal di berbagai daerah. Dengan pendekatan sistemik, media ini dapat menjadi bagian integral dari transformasi pendidikan yang lebih inklusif dan berkualitas.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan praktikum virtual dalam pembelajaran Biologi, khususnya pada materi sel, terbukti efektif dalam meningkatkan

pemahaman konsep Siswa. Siswa yang belajar dengan menggunakan media praktikum virtual menunjukkan peningkatan signifikan dalam hasil posttest dibandingkan Siswa yang belajar dengan metode konvensional. Hal ini disebabkan oleh keunggulan media virtual yang mampu menyajikan visualisasi konsep sel secara interaktif dan dinamis, yang sulit dicapai dengan metode pembelajaran tradisional. Praktikum virtual juga memberikan pengalaman belajar yang menarik, memungkinkan eksplorasi mandiri, serta menyediakan umpan balik instan yang memperkuat pemahaman Siswa terhadap materi.

Keberhasilan penerapan praktikum virtual juga terlihat dari peningkatan partisipasi dan motivasi belajar Siswa selama proses pembelajaran. Siswa lebih aktif berdiskusi, bertanya, dan menunjukkan minat tinggi dalam memahami proses biologis seperti difusi dan osmosis melalui animasi simulatif. Penggunaan teknologi ini memberikan alternatif pembelajaran yang tidak hanya adaptif terhadap keterbatasan laboratorium fisik, tetapi juga relevan dengan kebutuhan pembelajaran abad ke-21 yang menuntut literasi digital dan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik.

Dengan demikian, praktikum virtual dapat direkomendasikan sebagai salah satu strategi inovatif dalam pembelajaran Biologi di sekolah menengah. Meskipun tidak sepenuhnya menggantikan praktikum konvensional, media ini dapat berperan sebagai pelengkap yang efektif dan efisien, terutama dalam kondisi keterbatasan sumber daya. Untuk implementasi yang optimal, diperlukan pelatihan bagi Guru, kesiapan infrastruktur teknologi, dan pengembangan konten yang sesuai dengan kurikulum nasional. Penelitian lanjutan dengan cakupan lebih luas dan variabel tambahan seperti kreativitas dan keterampilan berpikir kritis juga penting untuk menguatkan temuan ini.

## Daftar Pustaka

- Anisa, A., & Kurniasih, D. (2021). Pengembangan media pembelajaran berbasis TIK pada pembelajaran Biologi. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(2), 145–153.
- Andini, N., & Nurhidayah, S. (2022). Pengaruh penggunaan simulasi virtual terhadap hasil belajar Biologi Siswa SMA. *Bioedukasi*, 13(1), 55–62.
- Fitria, R., & Wulandari, A. (2021). Media visual dalam meningkatkan pemahaman konsep Biologi. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 5(3), 88–94.
- Fitriana, H., & Maulidya, A. (2020). Integrasi teknologi dalam pembelajaran IPA: Studi kasus di SMA Negeri. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 18(1), 33–41.
- Herlina, D., & Susanto, R. (2020). Evaluasi pemanfaatan laboratorium virtual dalam pembelajaran sains di daerah 3T. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Informasi*, 2(2), 75–82.
- Hidayat, T., & Ningsih, S. (2018). Pembelajaran berbasis eksperimen untuk meningkatkan pemahaman konsep Siswa. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 4(1), 1–8.
- Kusumawati, D., & Ardiansyah, A. (2020). Pengaruh media animasi terhadap kemampuan kognitif Siswa pada materi sistem pernapasan. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 9(2), 125–132.
- Lestari, P., & Cahyani, D. (2020). Kesiapan sekolah dalam penerapan laboratorium virtual. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 18(2), 89–97.
- Nurhasanah, N., & Zulfiani, Z. (2017). Kesulitan belajar Siswa dalam memahami konsep sel. *Jurnal Bioedukasi*, 8(1), 15–22.
- Pratiwi, E., & Setyawan, A. (2019). Pengaruh media digital terhadap kemampuan berpikir kritis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Sains*, 7(1), 22–28.
- Puspitasari, Y., & Hadi, W. (2020). Interaksi multimodal dalam media pembelajaran Biologi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains*, 10(3), 230–238.
- Putra, R., & Wulandari, D. (2022). Praktikum virtual: Solusi pembelajaran di era digital. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 8(1), 50–58.

- Putri, D., & Sugiyarto, K. (2019). Pengembangan praktikum virtual berbasis discovery learning. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 5(1), 16–23.
- Rahmadani, L., & Suryani, D. (2023). Praktikum digital dalam kurikulum merdeka: Peluang dan tantangan. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(1), 73–81.
- Rahmawati, E., & Prasetyo, A. (2021). Implementasi pembelajaran daring dan dampaknya terhadap praktikum sains. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 7(2), 112–119.
- Sari, I., & Marlina, N. (2020). Efektivitas laboratorium virtual dalam pembelajaran Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Nusantara*, 6(2), 89–96.
- Setiawan, R., & Ramdani, Y. (2021). Peran teknologi dalam inovasi pembelajaran sains. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 19(1), 55–63.
- Syafitri, N., & Hakim, M. (2021). Pengaruh laboratorium virtual terhadap kemandirian belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains*, 8(2), 101–109.
- Yuliana, D., & Kurniawan, A. (2020). Penggunaan media interaktif dalam pembelajaran Biologi SMA. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 6(1), 34–41.
- Yusuf, F., & Mulyani, R. (2021). Desain penelitian kuasi eksperimen dalam pendidikan sains. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 25(2), 144–152.