

Studi Pendahuluan: Pengembangan Laboratorium Virtual Uji Zat Makanan dan Urin Materi Transpor dan Pertukaran Zat pada Manusia untuk Peserta Didik Fase F SMA

Nadia Nilam¹, Rahmadhani Fitri²

Departement Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Email: nadianilam610@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini merupakan studi pendahuluan yang bertujuan untuk mengidentifikasi kendala pelaksanaan praktikum biologi pada materi Transpor dan Pertukaran Zat pada Manusia serta merumuskan kebutuhan pengembangan laboratorium virtual. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan teknik wawancara, angket, dokumentasi, dan analisis hasil Penilaian Harian. Hasil menunjukkan bahwa praktikum uji zat makanan dan uji urin tidak terlaksana karena keterbatasan waktu dan sarana prasarana. Sebagian besar peserta didik dan guru menyebutkan kendala tersebut sebagai faktor utama tidak berlangsungnya praktikum. Rata-rata nilai peserta didik pada materi ini juga rendah, yaitu 57, di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM). Berdasarkan temuan tersebut, pengembangan laboratorium *virtual* diperlukan sebagai alternatif pembelajaran yang dapat mengatasi keterbatasan dan memberikan pengalaman belajar yang bermakna..

Kata Kunci: *Laboratorium virtual, praktikum biologi, uji zat makanan*

PENDAHULUAN

Pembelajaran merupakan proses interaksi yang dirancang untuk membangun pengetahuan, keterampilan, dan sikap peserta didik melalui pengalaman belajar yang aktif dan bermakna (Fitriyani & Yuliati, 2020). Pada abad ke-21, pembelajaran dituntut untuk mengembangkan kompetensi esensial seperti berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif. Tuntutan ini mendorong penerapan pendekatan yang berpusat pada peserta didik dan memberikan ruang bagi keterlibatan aktif dalam proses belajar (Kemendikbudristek, 2022). Pembelajaran tidak cukup hanya dengan menyampaikan teori, tetapi juga perlu melibatkan peserta didik dalam eksplorasi langsung terhadap objek dan proses ilmiah, terutama dalam sains seperti biologi.

Biologi merupakan cabang ilmu sains yang mempelajari berbagai aspek kehidupan, mulai dari struktur mikroskopis hingga sistem kompleks makhluk hidup. Konsep-konsep dalam biologi seringkali bersifat abstrak, sehingga menuntut strategi pembelajaran yang mampu mengaitkan teori dengan praktik nyata (Susanti *et al.*, 2022). Salah satu pendekatan yang efektif dalam pembelajaran biologi adalah kegiatan praktikum, yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan pemahaman konseptual dan keterampilan proses sains secara langsung (Rizaldi & Fatimah, 2020). Praktikum memungkinkan peserta didik mengeksplorasi objek biologis secara aktif, serta mengembangkan sikap ilmiah melalui proses observasi, eksperimen, dan penarikan kesimpulan.

Namun, pelaksanaan praktikum di sekolah seringkali terkendala oleh keterbatasan sarana dan prasarana. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru biologi di beberapa SMA,

kegiatan praktikum pada materi transpor dan pertukaran zat, khususnya uji zat makanan dan uji urin, tidak dilaksanakan secara optimal karena keterbatasan sarana prasarana dan waktu. Fakta ini sejalan dengan temuan Anwar *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa lebih dari 60% sekolah menengah atas di Indonesia mengalami hambatan dalam pelaksanaan praktikum biologi karena keterbatasan fasilitas laboratorium. Hasil analisis kebutuhan peserta didik juga menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik belum pernah melaksanakan kedua praktikum ini secara langsung di laboratorium. Hal ini berdampak pada keterbatasan pemahaman peserta didik terhadap konsep fungsi zat makanan dan hasil ekskresi, serta menghambat pengembangan keterampilan saintifik yang menjadi salah satu capaian pembelajaran penting dalam sains (Wulandari & Priyambodo, 2023).

Sebagai alternatif dari keterbatasan pelaksanaan praktikum, beberapa guru menggunakan pendekatan diskusi untuk menjelaskan prosedur, alat, dan hasil praktikum secara teoritis tanpa pelaksanaan langsung. Pendekatan ini dapat membantu pemahaman konseptual peserta didik, namun belum memadai dalam melatih keterampilan praktik dan penyelidikan ilmiah secara komprehensif (Sari & Utami, 2020). Pengalaman langsung melalui eksperimen tetap diperlukan untuk menstimulasi kemampuan berpikir kritis, analitis, serta keterampilan teknis laboratorium. Kondisi ini menunjukkan perlunya solusi inovatif yang mampu menjawab tantangan pembelajaran biologi di tengah keterbatasan waktu dan fasilitas.

Penggunaan laboratorium virtual merupakan salah satu solusi yang dinilai relevan dan aplikatif untuk menjembatani hambatan praktikum di sekolah. Laboratorium virtual menyajikan simulasi eksperimen secara digital dan interaktif, memungkinkan peserta didik untuk menjalani tahapan praktikum mulai dari pengamatan hingga analisis data tanpa harus berada di ruang laboratorium fisik (Putra & Widodo, 2021). Media ini telah terbukti dapat meningkatkan pemahaman konsep, motivasi belajar, dan memberikan pengalaman praktik yang mendekati eksperimen nyata (Nugroho & Sari, 2022). Visualisasi dinamis dan interaktif dalam laboratorium virtual juga membantu menjelaskan konsep-konsep abstrak secara lebih konkret dan menarik (Wahyudi *et al.*, 2023).

Lebih jauh, laboratorium virtual juga berperan penting dalam melatih keterampilan saintifik peserta didik secara langsung, seperti merumuskan hipotesis, merancang percobaan, menganalisis data, hingga menarik kesimpulan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan simulasi interaktif dan animasi dalam laboratorium virtual efektif membantu peserta didik mengembangkan pola pikir ilmiah yang sistematis, meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta kemampuan reflektif (Prasetya *et al.*, 2020; Fadilah & Surya, 2021). Dengan demikian, laboratorium virtual tidak hanya berfungsi sebagai pengganti praktikum konvensional, tetapi juga menjadi media pembelajaran yang menumbuhkan sikap ilmiah dan keterampilan proses sains peserta didik.

Produk laboratorium virtual yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki kebaruan karena secara khusus berfokus pada materi uji zat makanan dan uji urin yang jarang tersedia pada media sejenis. Selain itu, laboratorium virtual ini dirancang berbasis simulasi interaktif, sehingga peserta didik dapat secara aktif memilih alat, bahan, serta menjalankan langkah praktikum virtual layaknya di laboratorium nyata. Pendekatan ini

diharapkan mampu melatih keterampilan saintifik seperti mengamati, merumuskan hipotesis, melakukan percobaan, hingga menarik kesimpulan.

Berdasarkan urgensi dan kebutuhan tersebut, penelitian ini dilakukan sebagai studi pendahuluan untuk mengidentifikasi potensi dan arah pengembangan laboratorium virtual pada materi uji zat makanan dan uji urin. Rumusan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada kendala praktikum yang dihadapi guru dan peserta didik, kebutuhan dan prioritas topik laboratorium virtual menurut peserta didik, serta arah pengembangan awal laboratorium virtual yang sesuai dengan karakteristik peserta didik Fase F SMA.

Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengidentifikasi kendala pelaksanaan praktikum uji zat makanan dan uji urin di sekolah.
2. Menganalisis kebutuhan dan prioritas topik laboratorium virtual yang diinginkan peserta didik.
3. Menentukan arah pengembangan awal laboratorium virtual untuk mendukung pembelajaran transpor dan pertukaran zat pada manusia bagi peserta didik Fase F SMA.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk mengidentifikasi kebutuhan dan potensi pengembangan laboratorium virtual. Data dikumpulkan melalui dua teknik utama, yaitu wawancara dan angket. Wawancara dilakukan secara langsung kepada 3 guru biologi yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling, dengan kriteria guru berpengalaman mengajar materi transpor dan pertukaran zat pada manusia. Wawancara bertujuan menggali kendala pelaksanaan praktikum serta kebutuhan media alternatif.

Selain itu, angket disebarkan kepada 184 peserta didik kelas XI SMA yang dipilih dengan teknik total sampling di sekolah mitra penelitian. Angket disusun berdasarkan tahapan analisis kebutuhan dalam model pengembangan 4D (Thiagarajan, Semmel, & Semmel, 1974), yang meliputi: analisis awal-akhir, analisis peserta didik, analisis tugas, analisis konsep, dan analisis tujuan pembelajaran. Sebagai contoh, angket memuat butir pertanyaan seperti “Pernahkah Anda melakukan praktikum uji zat makanan di sekolah?” dan “Seberapa penting menurut Anda penggunaan laboratorium virtual untuk membantu pembelajaran materi transpor zat?”. Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan kebutuhan, urgensi, dan prioritas topik pengembangan laboratorium virtual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil wawancara dengan guru Biologi menunjukkan bahwa beberapa kegiatan praktikum pada materi kelas XI tidak terlaksana, khususnya pada Bab Transpor dan Pertukaran Zat pada Manusia. Dua kendala utama yang dihadapi adalah keterbatasan waktu pelaksanaan dan keterbatasan sarana prasarana laboratorium. Guru menyampaikan bahwa waktu pembelajaran yang terbatas menyebabkan alokasi untuk kegiatan praktikum menjadi sangat minim. Selain itu, ketersediaan alat yang tidak memadai serta bahan yang terbatas turut mempersempit peluang pelaksanaan praktikum secara optimal. Akibatnya, pembelajaran pada materi tersebut lebih banyak disampaikan secara teoritis tanpa

melibatkan peserta didik dalam pengalaman praktik yang seharusnya dapat mendukung pemahaman konsep secara konkret.

Temuan ini sejalan dengan hasil angket yang diberikan kepada peserta didik. Dari 184 responden, sebanyak 111 menyatakan bahwa keterbatasan waktu menjadi hambatan utama dalam pelaksanaan praktikum. Beberapa peserta didik juga mengungkapkan bahwa kurangnya alat dan bahan membuat praktikum tidak dapat dilakukan secara langsung. Kondisi ini berdampak pada rendahnya pengalaman belajar yang bersifat aplikatif. Padahal, praktikum memiliki peran penting dalam membantu peserta didik menjembatani konsep-konsep abstrak agar lebih mudah dipahami melalui pengamatan dan eksplorasi langsung. Untuk memperjelas sejauh mana praktikum telah terlaksana di kelas XI, dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Pelaksanaan Praktikum dikelas XI

| No | Kelas | Pelaksanaan praktikum | | | | |
|----|--------|-----------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | XI F3 | ✓ | ✓ | ✓ | - | - |
| 2 | XI F4 | ✓ | ✓ | ✓ | - | - |
| 3 | XI F5 | ✓ | ✓ | ✓ | - | - |
| 4 | XI F6 | ✓ | ✓ | ✓ | - | - |
| 5 | XI F7 | ✓ | ✓ | ✓ | - | - |
| 6 | XI F8 | ✓ | ✓ | ✓ | - | - |
| 7 | XI F9 | ✓ | ✓ | ✓ | - | - |
| 8 | XI F10 | ✓ | ✓ | ✓ | - | - |
| 9 | XI F11 | ✓ | ✓ | ✓ | - | - |

Sumber : Hasil Wawancara Guru Kelas XI

Keterangan :

- 1 = Praktikum pengamatan sel
- 2 = Praktikum transpor membran
- 3 = Praktikum uji golongan darah
- 4 = Praktikum uji zat makanan
- 5 = Praktikum uji urin
- ✓ = Terlaksana
- = Tidak terlaksana

Merujuk pada Tabel 1, dapat diketahui bahwa praktikum yang terlaksana di kelas XI terbatas pada pengamatan sel, transpor membran, dan uji golongan darah. Praktikum lain yang termasuk dalam materi Transpor dan Pertukaran Zat pada Manusia, seperti uji zat makanan dan uji urin, tidak pernah dilaksanakan. Temuan ini juga diperkuat oleh hasil wawancara dengan peserta didik kelas XII, yang menyampaikan bahwa selama berada di kelas XI, praktikum yang mereka ikuti hanya mencakup pengamatan sel, transpor membran, dan uji golongan darah. Praktikum uji zat makanan dan uji urin sama sekali belum pernah mereka alami secara langsung di laboratorium.

Hasil analisis kebutuhan melalui angket yang disebarakan kepada peserta didik kelas XI juga menunjukkan kecenderungan serupa. Dari 184 responden, sebanyak 176 peserta didik menyatakan telah mengikuti praktikum pengamatan sel dan uji golongan darah. Sementara itu, hanya 57 peserta didik yang melaporkan telah mengikuti praktikum transpor membran. Lebih rendah lagi, praktikum uji zat makanan hanya pernah diikuti oleh 16 peserta didik, dan praktikum uji urin bahkan hanya diikuti oleh 1 peserta didik. Data ini

secara konsisten menunjukkan bahwa praktikum uji zat makanan dan uji urin hampir tidak pernah terlaksana di kelas XI.

Keterbatasan pelaksanaan praktikum ini berdampak pada capaian belajar peserta didik. Hal tersebut tercermin dari hasil Penilaian Harian (PH) yang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Nilai Rata-rata Penilaian Harian Peserta dikelas XI

| No | Nama | Penilaian Harian | | | |
|-----------|---------|------------------|------|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | XI. F6 | 75,5 | 78,5 | 73 | 63 |
| 2 | XI. F7 | 80 | 76,5 | 75 | 59 |
| 3 | XI. F8 | 69,5 | 60 | 68 | 52 |
| 4 | XI. F9 | 65 | 77 | 67 | 70 |
| 5 | XI. F10 | 58 | 56 | 57 | 41 |
| Rata-rata | | 69,6 | 69,6 | 68 | 57 |

Sumber: Data olahan (2025)

Keterangan :

- 1 = Bab Sel
- 2 = Bab Transpor Melalui Membran
- 3 = Bab Pengaturan pada Tumbuhan
- 4 = Bab Transpor dan Pertukaran zat pada Manusia

Berdasarkan gambar tersebut, diketahui bahwa bab Transpor dan Pertukaran Zat pada Manusia menjadi materi dengan capaian nilai terendah hampir di seluruh kelas yang diamati. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep seperti proses transpor zat, mekanisme difusi dan osmosis, serta pertukaran gas pada sistem pernapasan dan ekskresi. Rata-rata nilai keseluruhan dari lima kelas untuk bab ini hanya mencapai 57, jauh di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang ditetapkan. Kondisi ini sejalan dengan temuan Rahmah et al. (2021), yang menyebutkan bahwa ketidakterlaksanaan praktikum berdampak pada rendahnya pemahaman konsep peserta didik. Salah satu faktor utama yang diduga memengaruhi hal tersebut adalah tidak terlaksananya praktikum uji zat makanan dan uji urin, yang seharusnya menjadi bagian penting dalam bab ini.

Mengacu pada berbagai kendala tersebut, pengembangan laboratorium virtual menjadi alternatif yang relevan untuk mengatasi hambatan pelaksanaan praktikum di sekolah. Laboratorium virtual memungkinkan peserta didik mensimulasikan kegiatan praktikum secara digital, sehingga tidak lagi bergantung pada ketersediaan alat, bahan, maupun waktu praktik di laboratorium fisik (Byukusenge & Nsanganwimana, 2022). Teknologi ini juga memberikan pengalaman belajar yang lebih fleksibel, interaktif, dan bermakna.

Salah satu contoh penerapan laboratorium virtual adalah pada praktikum uji zat makanan. Islami (2022) menjelaskan bahwa praktikum uji zat makanan umumnya menguji kandungan amilum pada nasi, protein pada telur, serta lemak pada minyak. Melalui laboratorium virtual, pengujian dapat diperluas hingga zat lain seperti glukosa dan vitamin, serta memungkinkan penggunaan sampel makanan yang lebih beragam. Inovasi ini memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam dan menyeluruh mengenai kandungan zat gizi dalam berbagai jenis makanan.

Begitu pula dengan praktikum uji urin, yang bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan zat-zat tertentu sebagai hasil proses metabolisme tubuh. Urin sendiri merupakan produk sisa metabolisme yang bersifat toksik dan tidak lagi digunakan oleh tubuh (Astuti, 2017). Dalam praktik di sekolah, pelaksanaan uji urin sering terkendala oleh keterbatasan sarana prasarana, waktu serta pertimbangan etis. Laboratorium virtual memungkinkan peserta didik mengamati proses analisis urin secara interaktif, termasuk pengujian kandungan glukosa, protein, dan zat lain yang relevan, tanpa kontak langsung dengan sampel biologis.

Keberadaan laboratorium virtual menjadikan praktikum yang sebelumnya sulit atau bahkan tidak terlaksana dapat dilakukan secara lebih efektif dan aman. Inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik, memperkuat pemahaman materi kompleks, serta mendukung pencapaian kompetensi pembelajaran biologi, khususnya pada materi Transpor dan Pertukaran Zat pada Manusia.

KESIMPULAN

Hasil studi pendahuluan ini menunjukkan bahwa pengembangan laboratorium virtual uji zat makanan dan urin sangat diperlukan sebagai media pembelajaran Biologi Fase F SMA. Pengembangan ini bertujuan mengatasi rendahnya pemahaman peserta didik pada materi transpor dan pertukaran zat pada manusia, yang terlihat dari nilai penilaian harian yang belum optimal serta tidak terlaksananya praktikum secara langsung di sekolah. Laboratorium virtual yang dirancang berbasis web dan memuat konten animasi serta simulasi interaktif diharapkan dapat membantu peserta didik memahami konsep transpor zat, metabolisme, serta komposisi zat dalam makanan dan urin dengan lebih kontekstual dan menarik. Media ini juga menjadi alternatif praktis dan fleksibel untuk mengatasi keterbatasan waktu, alat, dan bahan praktikum. Sebagai langkah lanjutan, perlu dilakukan pengembangan prototipe laboratorium virtual secara menyeluruh, uji validitas produk, serta penelitian eksperimen untuk mengukur efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan saintifik peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Y., Rahayu, D. S., & Nugroho, H. (2021). Analisis pelaksanaan praktikum biologi dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 7(3), 331–339.
- Astuti, M. (2017). Kajian sifat-sifat urin dan implikasinya dalam pendidikan biologi. *Jurnal Biologi Pendidikan Indonesia*, 4(1), 12–19.
- Byukusenge, C., & Nsanganwimana, F. (2022). Effectiveness of virtual laboratories in teaching and learning biology: A review of literature. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(6), 1–17.
- Fadilah, N., & Surya, R. (2021). Pengaruh penggunaan virtual laboratory terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(1), 15–23.

- Fitriyani, A., & Yuliati. (2020). Pembelajaran bermakna dalam membangun karakter dan keterampilan abad 21. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, **12**(2), 145–153.
- Islami, R. D. (2022). Praktikum uji zat makanan berbasis laboratorium virtual: Evaluasi dan rekomendasi. *Jurnal Pengembangan Pendidikan Biologi*, **3**(2), 45–53.
- Kemendikbudristek. (2022). *Capaian Pembelajaran Kurikulum Merdeka untuk SMA*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Menengah.
- Nugroho, S., & Sari, P. W. (2022). Virtual laboratory sebagai alternatif praktikum biologi berbasis digital. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, **19**(1), 67–74.
- Prasetya, A., Suyanto, & Maryani. (2020). Pengembangan virtual laboratory berbasis android untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa SMA. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, **6**(2), 234–242.
- Putra, R. A., & Widodo, A. (2021). Pengembangan laboratorium virtual untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi sistem ekskresi. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, **7**(2), 159–168.
- Rahmah, D., Sari, P. W., & Utami, S. (2021). Analisis kendala pelaksanaan praktikum biologi di SMA: Fasilitas, bahan, dan waktu sebagai hambatan utama. *BIODIK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, **7**(2), 169–178.
- Rizaldi, D. R., & Fatimah, F. (2020). Implementasi praktikum berbasis inkuiri dalam pembelajaran biologi untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, **8**(1), 112–121.
- Sari, D. P., & Utami, N. W. (2020). Efektivitas pendekatan diskusi terhadap pemahaman konseptual dan keterampilan proses sains siswa. *Jurnal Pendidikan Sains*, **8**(1), 33–41.
- Susanti, L., Herlina, N., & Handayani, S. (2022). Strategi pembelajaran biologi dalam menghadapi materi abstrak pada Kurikulum Merdeka. *BioEducatio: Jurnal Pendidikan Biologi*, **4**(2), 75–82.
- Wahyudi, H., Apriadi, Y., & Mustaqim, M. (2023). Efektivitas laboratorium virtual terhadap pemahaman konsep dan motivasi belajar siswa. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, **25**(1), 45–56.
- Wulandari, E., & Priyambodo, R. (2023). Identifikasi kendala pelaksanaan praktikum biologi pada jenjang SMA dan alternatif solusinya. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains*, **6**(1), 44–51.