
Pemanfaatan Aplikasi *Phet Interactive Simulations* Untuk Meningkatkan Kompetensi Guru SDN 11 Pekayon Jakarta Timur

Anna Estyaniyana^{1*}, Amanda Putri², Neny Syafitri³, Siti Fatimah⁴

^{1,2,3,4} Fakultas Pascasarjana Pendidikan MIPA, Universitas Indraprasta PGRI Jakarta, Indonesia

* E-mail: anna.estyaniyana@gmail.com

Sejarah Artikel

Diterima : 01 Desember 2025

Disetujui : 22 Februari 2026

Dipublikasikan : 15 April 2026

Kata kunci: aplikasi Phet, kompetensi guru, sistem pencernaan

Abstrak

Arah kebijakan Kurikulum Merdeka menekankan pembelajaran berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) sehingga diperlukan keterampilan guru dalam mengintegrasikan teknologi informasi ke dalam proses pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kompetensi guru di SDN 11 Pekayon Jakarta Timur dalam pembelajaran sistem pencernaan manusia melalui pelatihan pemanfaatan aplikasi digital yaitu *PhET Interactive Simulations*. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kualitatif deskriptif dengan model *Design and Development (D&D)* yang memiliki enam siklus utama. Teknik pengambilan data kuantitatif menggunakan teknik *purposive sampling* dengan kuesioner skala *Likert*. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa guru mengalami peningkatan pemahaman konsep sistem pencernaan pada manusia dengan bantuan simulasi *PhET Interactive Simulations*, guru dapat mengintegrasikan *PhET Interactive Simulations* dalam bentuk RPP Berbasis STEM maupun Modul Ajar Digital, serta guru dapat terampil mengoperasikan aplikasi *PhET Interactive Simulations*. Berdasarkan hasil evaluasi menunjukkan guru menggunakan simulasi media interaktif dalam proses pembelajaran karena dapat meningkatkan motivasi belajar dan partisipasi aktif dari siswa. Kesimpulan dari penelitian ini adalah pemanfaatan aplikasi *PhET Interactive Simulations* dapat secara signifikan meningkatkan kualitas pembelajaran IPA yang ditunjukkan oleh peningkatan pemahaman dan keterampilan guru. Diharapkan penelitian ini dapat mendukung kemampuan mengajar guru menjadi lebih inovatif dan adaptif dalam menghadapi tantangan pembelajaran masa depan.

Keywords: *PhET application, teacher competency, human digestive system*

Abstract

STEM-based learning (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) emphasized by Merdeka Curriculum requires teachers to have skills in integrating information technology into the learning process. This study aims to improve teachers' competence at SDN 11 Pekayon, East Jakarta, in teaching human digestive system through training in the use of a digital application, namely PhET Interactive Simulations. The research method is a descriptive qualitative approach with Design and Development (D&D) model consisting of six main phases. Quantitative data collection uses purposive sampling with a Likert-scale questionnaire. The results indicate that teachers demonstrated improved conceptual understanding of the human digestive system with the support of PhET simulations, were able to integrate the application into STEM-based lesson plans and digital teaching modules, and were proficient in operating the application. The evaluation results show that teachers utilized interactive media simulation in the learning process, as it enhances students' learning motivation and active participation. In conclusion, the use of PhET Interactive Simulations can significantly improve the quality of science learning as reflected in teachers' increased understanding and skills.

This research is expected to support teachers in becoming more innovative and adaptive in addressing future learning challenges.

PENDAHULUAN

Pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) telah membawa perubahan baru untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik, interaktif, dan efektif dalam dunia pendidikan. Pada konteks pembelajaran, integrasi teknologi pendidikan berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) digunakan untuk mengembangkan produk, proses dan sistem bagi kehidupan nyata. Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) memfokuskan siswa dalam mengeksplorasi dua atau lebih bidang sehingga diharapkan peserta didik mempunyai keterampilan aktif, berpikir kritis, kreatif, inovatif, mampu menguraikan masalah dan menemukan solusi (Rahma,dkk.,2024). Salah satu wujud pemanfaatan teknologi pendidikan adalah melalui penggunaan simulasi interaktif. Salah satu simulasi berbasis visual dan interaktif yaitu *PhET Interactive Simulations*, diyakini dapat menjadi solusi yang relevan untuk mengatasi tantangan pembelajaran dalam mengajarkan materi sistem pencernaan. Sistem pencernaan manusia merupakan salah satu materi pokok dalam pembelajaran IPA di tingkat sekolah dasar. Namun, banyak guru menghadapi tantangan dalam menyampaikan materi ini secara konkret karena keterbatasan media visual dan praktik langsung. Hal ini menyebabkan siswa kesulitan memahami jenis dan fungsi organ-organ pencernaan, serta menurunnya minat belajar siswa.

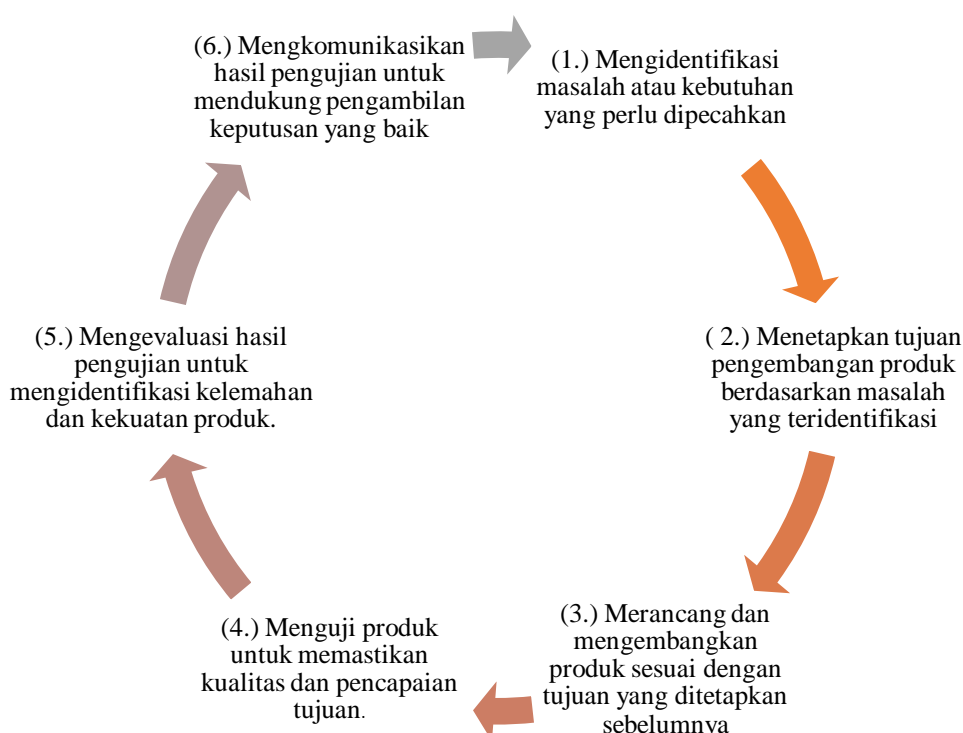
PhET Interactive Simulations merupakan salah satu contoh implementasi pendidikan STEM di sekolah. *PhET Interactive Simulations* adalah media pembelajaran berbentuk digital yang disusun secara terstruktur dengan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Aplikasi ini menyediakan simulasi yang memungkinkan pengguna memahami konsep sains dan matematika yang dapat membantu guru menyampaikan materi secara visual dan interaktif. Penguasaan aplikasi ini oleh guru akan meningkatkan kompetensi dalam merancang pembelajaran yang aktif dan eksploratif, serta meningkatkan kualitas pembelajaran di era digital (Sartika,dkk.,2020). Penggunaan media interaktif seperti *PhET Interactive Simulations* oleh guru dalam pembelajaran telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa.

Berdasarkan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan *PhET Interactive Simulations* dapat meningkatkan minat belajar siswa dalam pelajaran sains (Lagura,et.al,2024). Penggunaan *PhET Interactive Simulations* dalam pelajaran biologi juga dapat meningkatkan motivasi belajar siswa dengan mayoritas responden dalam penelitian sebelumnya menyatakan bahwa simulasi tersebut menarik dan memudahkan pemahaman materi (Rozi,dkk., 2023). Namun, pemanfaatan aplikasi *PhET Interactive Simulations* di SDN 11 Pekayon Jakarta Timur masih sangat terbatas untuk mengatasi tantangan yang dihadapi guru dalam mengajarkan materi sistem pencernaan. Oleh karena itu, pelatihan dan pendampingan bagi guru sekolah dasar tersebut dalam

mengintegrasikan pembelajaran berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) menjadi solusi untuk menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih kondusif dan berpusat pada siswa.

METODE PELAKSANAAN

Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kualitatif deskriptif. Dalam pendekatan ini, penelitian dilakukan dengan fokus pada pelatihan penggunaan simulasi visual interaktif dari aplikasi *PhET Interactive Simulations* bagi para guru dalam mengajarkan materi sistem pencernaan pada manusia. Penelitian ini menggunakan model *Design and Development*. Model penelitian *Design and Development* (D&D) terdapat enam siklus utama yaitu :



Sumber : Ellis,et.al, 2010

Subyek sasaran pada penelitian aplikasi *Phet Interactive Simulations* yaitu sebanyak 18 orang guru di SDN 11 Pekayon, Kecamatan Pasar Rebo, Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta. Metode pengambilan subyek sasaran ini menggunakan teknik *purposive sampling* yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu (Prasetia,dkk.,2023). Dalam penelitian ini pengumpulan data kuantitatif berdasarkan hasil dari angket dan instrumen validasi Angket yang digunakan peneliti menggunakan modifikasi skala likert yang memiliki bobot skor dengan rincian berikut :

Tabel 1. Bobot Skor

Pernyataan	Skor
Sangat Setuju	5
Setuju	4
Netral	3
Tidak Setuju	2
Sangat Tidak Setuju	1

Sumber : Sugiyono, 2011

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan *PhET Interactive Simulations* menggunakan model *Design and Development* (D&D) dengan pendekatan metode kualitatif deskriptif bertujuan untuk pelatihan guru dalam menyampaikan materi sistem pencernaan di SDN Pekayon 11 Jakarta Timur. Pelaksanaan pelatihan guru yang dilakukan dalam enam tahapan memperoleh beberapa hasil yang dicapai yaitu sebagai berikut :

1. Siklus Pertama

Identifikasi masalah dilakukan melalui observasi awal yang bertujuan untuk mengukur peningkatan pengetahuan dan pemahaman guru mengenai fitur dan fungsi aplikasi *PhET Interactive Simulations* sebelum mengikuti pelatihan. Pengambilan data menggunakan angket wawancara yang mencakup pemahaman teknis penggunaan aplikasi, ide-ide implementasi dalam pembelajaran, dan tingkat kepercayaan diri dalam menggunakan *PhET Interactive Simulations*. Berdasarkan wawancara kepada guru sasaran, adanya pelatihan pemanfaatan aplikasi *PhET Interactive Simulations* dinilai keseluruhan sangat baik dari berbagai aspek. Pengintegrasian teknologi dalam pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dianggap sangat baik karena mempermudah menjelaskan konsep IPA dengan menyediakan konten yang relevan dengan kurikulum SD. Simulasi interaktif seperti aplikasi *PhET Interactive Simulations* memiliki daya tarik seperti desain dan konten yang terintegrasi antara berbagai media, seperti teks, gambar, dan audio sehingga dinilai sangat baik mampu meningkatkan minat belajar siswa. Dukungan sekolah dalam penerapan pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dinilai memadai baik dari segi fasilitas maupun pendampingan guru mengenai cara kerja aplikasi *PhET Interactive Simulations*.

Tabel 2. Persepsi Guru Terhadap Pelatihan Pemanfaatan PhET

Indikator	Pernyataan	Skor				
		5	4	3	2	1
A. Teknologi dalam Pembelajaran	Saya merasa nyaman menggunakan teknologi dalam proses pembelajaran		✓			
	Teknologi dapat membantu mempermudah saya dalam menjelaskan konsep IPA	✓				
	Saya percaya bahwa siswa SD mampu mengikuti pembelajaran berbasis STEM		✓			
B. Aplikasi PhET	Saya memahami cara kerja aplikasi PhET setelah mengikuti pelatihan		✓			
	PhET mampu memvisualisasikan materi IPA yang sulit dijelaskan secara verbal	✓				
	Saya tertarik untuk mencoba menggunakan PhET dalam pembelajaran di kelas saya		✓			
	Simulasi interaktif seperti PhET membuat siswa lebih aktif dan termotivasi dalam belajar	✓				
C. Implementasi dan Dukungan	Sekolah saya memiliki fasilitas yang mendukung penggunaan media pembelajaran interaktif seperti PhET		✓			
	Saya membutuhkan pendampingan lebih lanjut untuk menerapkan media ini dalam kegiatan belajar		✓			
	Saya bersedia mengintegrasikan aplikasi PhET dalam pembelajaran IPA secara berkelanjutan	✓				

2. Siklus Kedua

Setelah mengidentifikasi masalah, selanjutnya peneliti menemukan solusi untuk mengatasi masalah tersebut bahwa dengan pelatihan guru menggunakan aplikasi *PhET Interactive Simulations* mampu memudahkan guru dalam menjelaskan konsep IPA. Melalui hasil wawancara guru kemudian ditentukan indikator pembelajaran yang dapat dicapai dengan bantuan simulasi *PhET Interactive Simulations* berdasarkan keterkaitan antara kompetensi dasar (KD) dalam materi sistem pencernaan pada jenjang sekolah dasar berupa tersusunnya rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP).

3. Siklus Ketiga

Pelatihan guru dengan memanfaatkan integrasi teknologi berbasis aplikasi *PhET Interactive Simulations* mendapat tanggapan positif dari seluruh peserta pelatihan. Pelaksanaan pelatihan ini dibagi menjadi tiga sesi, yaitu : sesi pembukaan dan pengenalan; sesi materi dan praktik; serta sesi diskusi, refleksi dan evaluasi. Pemaparan tujuan kegiatan dan penggunaan media yang ditayangkan

melalui *Zoom Meeting* melalui media presentasi Canva. Selanjutnya pengenalan fitur dan jenis simulasi pada *PhET Interactive Simulations*; pengenalan cara mengakses, memilih, dan menggunakan simulasi *PhET Interactive Simulations*; dan simulasi mengajar menggunakan rencana pembelajaran berbasis *PhET Interactive Simulations* juga dilakukan secara daring melalui *Zoom Meeting*.

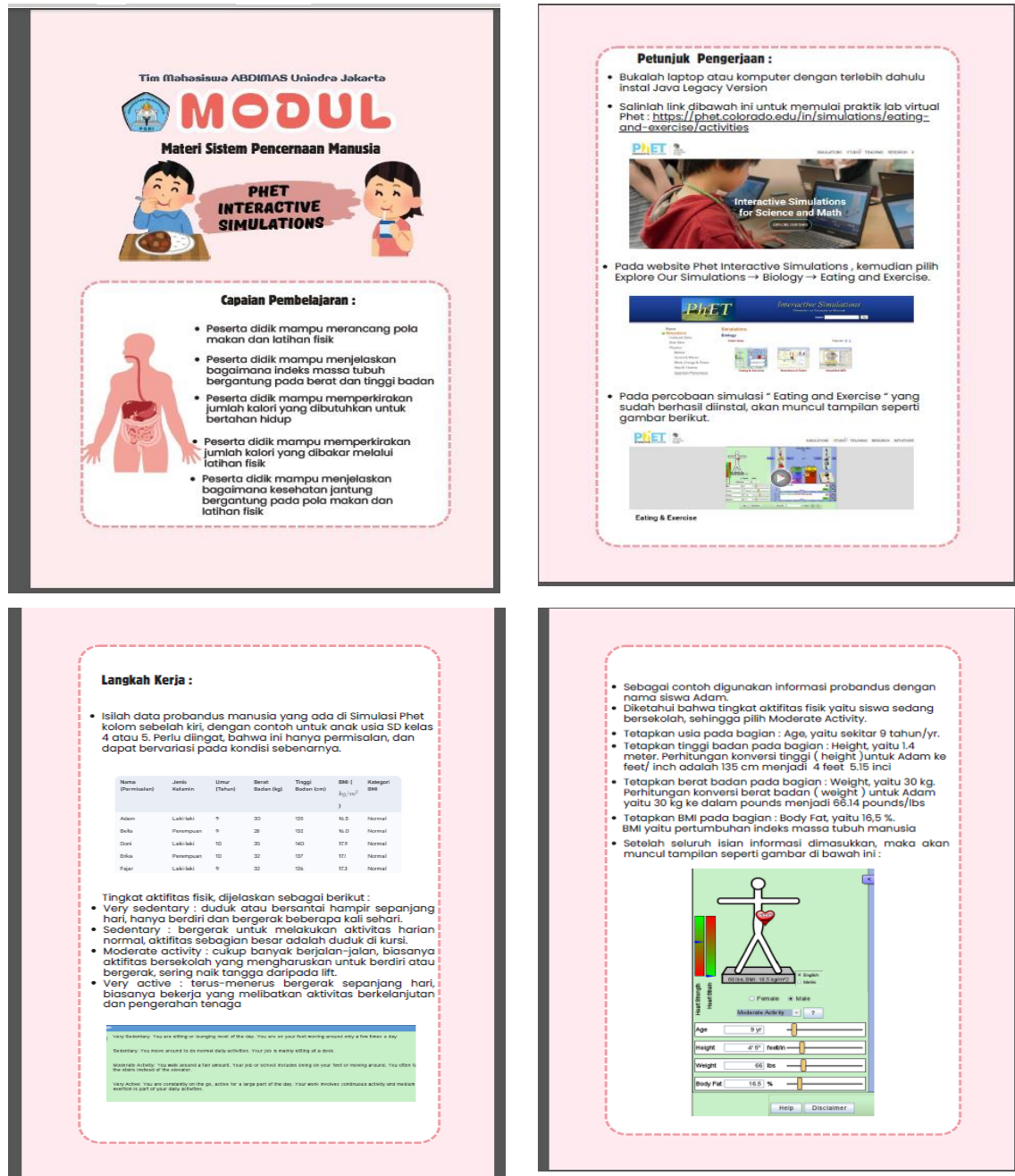


Gambar 1. Pelaksanaan Pelatihan Guru Berbasis *PhET Interactive Simulations* Secara Daring

4. Siklus Keempat

Pada akhir pelatihan, guru berhasil menyusun Modul Canva Berbasis Aplikasi *Phet Interactive Simulations*. Menurut penelitian sebelumnya oleh Clarinda,dkk. (2021) merancang modul pelatihan berupa panduan penggunaan yaitu mencakup teori penggunaan media interaktif dan praktik integrasi teknologi pendidikan. Pelatihan guru ini juga memaparkan pengenalan cara mengakses, memilih, dan

menggunakan simulasi *PhET Interactive Simulations*. Praktik simulasi guru dalam mendesain aktivitas pembelajaran berbasis *PhET Interactive Simulations* secara daring melalui *Zoom Meeting*.



Gambar 2. Modul Canva Praktik *PHET Interactive Simulations* Materi Sistem Pencernaan (hal.1,2,3 dan 4)

Pengambilan Data :

- Dalam simulasi Phet bagian judul percobaan " Macromolecule Diet And Exercise Activity Lab ", ini mengharuskan untuk merancang pola makan dari probandus siswa, yaitu dilakukan dengan menambahkan atau menghapus makanan dari piring (Plate Serving).
- Kemudian untuk merancang rutinitas probandus siswa, misalnya seperti berjalan, berlari, berolahraga, dilakukan dengan menambahkan atau menghapus jenis - jenis aktifitas dari daftar aktifitas (Exercise Log).
- Saat mengambil data, masukkan informasi dari menu di bawah ini :

Probandus	Kalori	Menu	Aktifitas
Siswa Adian	3000 kalori, protein, lemak dan karbohidrat sedang	• Sarapan : 1 porsi nasi, 1 porsi honey ham, 2 buah telur, 1 buah jeruk, 1 gelas jus lemon	30 menit bersepeda ke sekolah
		• Makan siang : 1 porsi pasta, 1 hamburger, 1 porsi kentang goreng dan 1 gelas jus apel	15 menit bermain bola, 15 menit bermain basket
		• Snack : 1 porsi potato chips, 1 buah jeruk, 1 gelas diet cola	25 menit bermain korpak tali
		• Makan malam : 1 porsi nasi, 2 porsi bacon, 1 buah stroberi, 1 gelas susu	30 menit bermain basket

Hasil Percobaan :

- Pada pengambilan data Menu Sarapan, yang telah dilakukan, maka akan muncul tampilan seperti gambar di bawah ini :



- Setelah tombol simulasi dimulai, maka akan muncul tampilan seperti gambar di bawah ini :

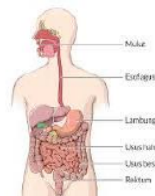


Berdasarkan hasil percobaan, kalori yang dihasilkan oleh bahan makanan Menu Sarapan yaitu 752 kalori, digunakan untuk jenis Aktifitas Bersepeda selama 30 menit yang menghabiskan 918 kalori. Sehingga reaksi probandus siswa adalah merasa lapar (starving).

Kalori pada makanan adalah unit energi yang akan digunakan tubuh untuk melakukan berbagai aktivitas, mulai dari fungsi dasar tubuh (bernapas, memompa darah, menjaga suhu tubuh) hingga aktivitas fisik yang lebih intens (berjalan, berlari, berolahraga).

Bagaimana kalori menghasilkan energi ? Ketika kita makan, makanan masuk ke sistem pencernaan. Proses pencernaan dimulai di mulut (mengunyah dan menelan makanan oleh gerak peristaltik), berlanjut di lambung (menguraikan makanan oleh enzim), dan kemudian dibawa ke usus halus.

Didalam usus halus, makanan dipecah menjadi komponen-komponen yang lebih kecil dan sederhana yang bisa diserap tubuh. Karbohidrat (nasi atau pasta) dipecah menjadi glukosa. Protein (telur atau brokoli) dipecah menjadi asam amino. Lemak (honeyham atau bacon) dipecah menjadi asam lemak dan gliserol. Setelah dipecah, nutrisi-nutrisi sederhana ini (glukosa, asam amino, asam lemak) diserap dari usus halus ke dalam aliran darah, kemudian dibawa ke seluruh sel-sel tubuh yang membutuhkan energi.



Gambar Sistem Organ Pencernaan Manusia

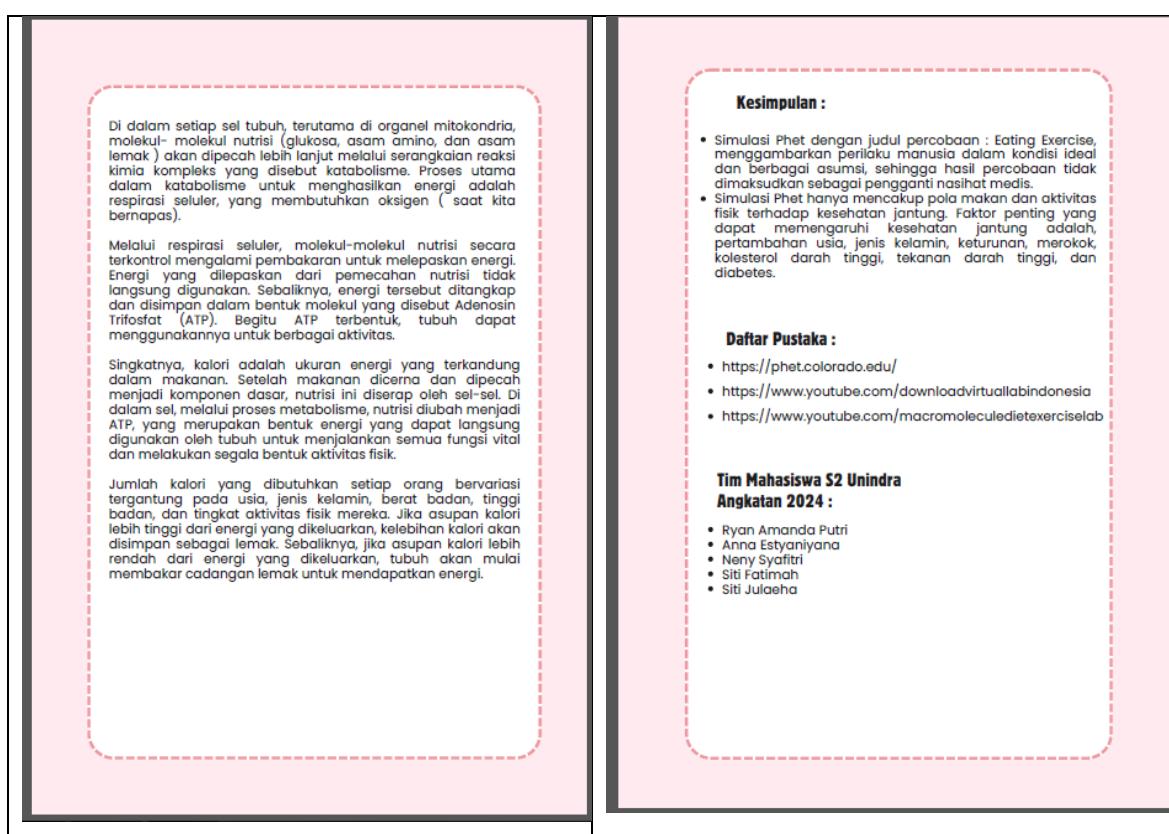
Di dalam setiap sel tubuh, terutama di organel mitokondria, molekul- molekul nutrisi (glukosa, asam amino, dan asam lemak) akan dipecah lebih lanjut melalui serangkaian reaksi kimia kompleks yang disebut katabolisme. Proses utama dalam katabolisme untuk menghasilkan energi adalah respirasi seluler, yang membutuhkan oksigen (saat kita bernapas).

Melalui respirasi seluler, molekul-molekul nutrisi secara terkontrol mengalami pembakaran untuk melepaskan energi. Energi yang dilepaskan dari pemecahan nutrisi tidak langsung digunakan. Sebaliknya, energi tersebut ditangkap dan disimpan dalam bentuk molekul yang disebut Adenosin Trifosfat (ATP). Begitu ATP terbentuk, tubuh dapat menggunakannya untuk berbagai aktivitas.

Singkatnya, kalori adalah ukuran energi yang terkandung dalam makanan. Setelah makanan dicerna dan dipecah menjadi komponen dasar, nutrisi ini diserap oleh sel-sel. Di dalam sel, melalui proses metabolisme, nutrisi diubah menjadi ATP, yang merupakan bentuk energi yang dapat langsung digunakan oleh tubuh untuk menjalankan semua fungsi vital dan melakukan segala bentuk aktivitas fisik.

Jumlah kalori yang dibutuhkan setiap orang bervariasi tergantung pada usia, jenis kelamin, berat badan, tinggi badan, dan tingkat aktivitas fisik mereka. Jika asupan kalori lebih tinggi dari energi yang dikeluarkan, kelebihan kalori akan disimpan sebagai lemak. Sebaliknya, jika asupan kalori lebih rendah dari energi yang dikeluarkan, tubuh akan mulai membakar cadangan lemak untuk mendapatkan energi.

Gambar 3. Modul Canva Praktik PHET Interactive Simulations
Materi Sistem Pencernaan (hal. 5,6,7 dan 8)

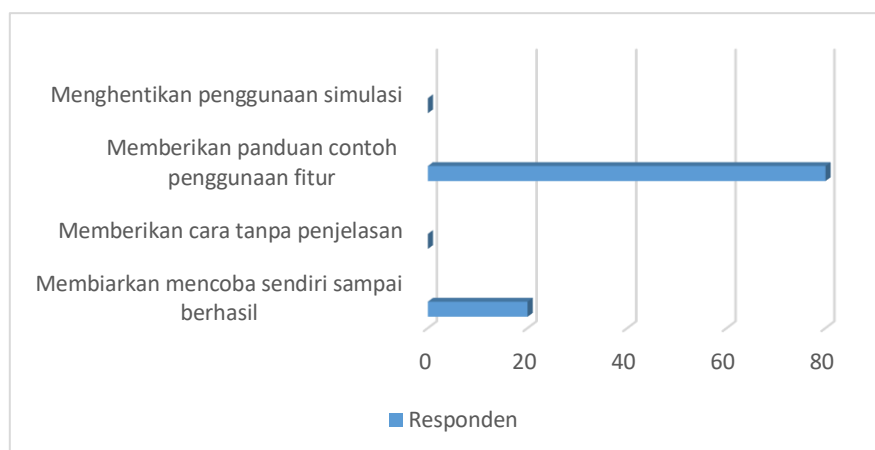


Gambar 4. Modul Canva Praktik *PHET Interactive Simulations* Materi Sistem Pencernaan (hal.9 dan 10)

5. Siklus Kelima

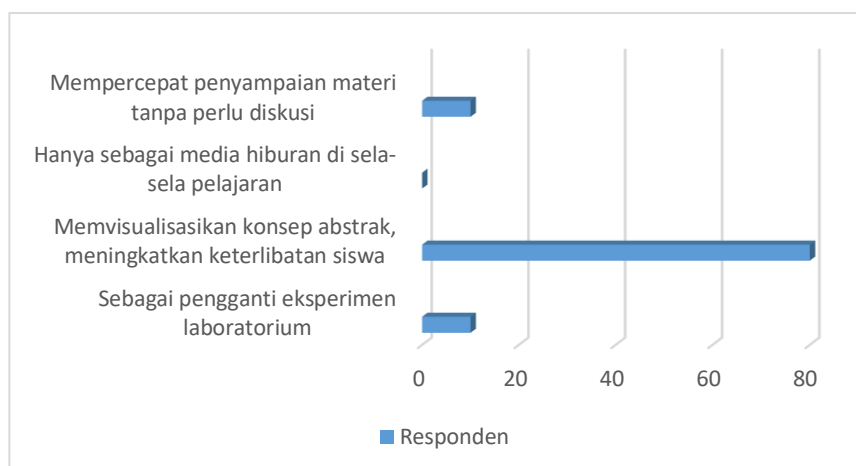
Instrumen evaluasi pelatihan guru dapat berupa kuesioner reflektif yang menggali pengalaman dan persepsi guru terhadap pelatihan, pengisian angket kuesioner guru terhadap efektivitas pelatihan dan media yang digunakan (Trianto,2010). Beberapa pertanyaan digunakan untuk mengukur persepsi guru terhadap kejelasan materi pelatihan, kemudahan penggunaan *PhET Interactive Simulations*, pemahaman dan keterampilan guru setelah pelatihan yang dilakukan, serta kesiapan untuk mengimplementasikan dalam pembelajaran.

Guru menunjukkan peningkatan pemahaman dan keterampilan dalam mengoperasikan dan memanfaatkan aplikasi *PhET Interactive Simulations*. Hal ini tercermin dari hasil evaluasi melalui pengisian kuesioner menggunakan *google form*, setelah pelatihan yang menunjukkan:



Grafik 1. Evaluasi Pemahaman Guru Terhadap Pelatihan Simulasi *PHET*

Mengevaluasi tingkat kesesuaian pada saat pelatihan guru menggunakan aplikasi *PhET Interactive Simulations* bertujuan untuk mengumpulkan tanggapan kualitatif dari guru mengenai mengatasi kesulitan dalam menggunakan atau memahami simulasi PhET. Berdasarkan data grafik diatas dijelaskan bahwa sebanyak 80% peserta pelatihan menyatakan bahwa *PhET Interactive Simulations* sangat membantu dalam memahami konsep sistem pencernaan dengan sangat baik.



Grafik 2. Evaluasi Pemahaman Guru Terhadap Pelatihan Simulasi *PHET*

Selanjutnya kuesioner evaluasi ini bertujuan untuk mengumpulkan tanggapan kualitatif dari guru mengenai pengaruh *PhET Interactive Simulations* dapat mendukung pembelajaran sains. Berdasarkan data grafik diatas, dijelaskan bahwa sebanyak 80 % guru sekolah mitra menggunakan media interaktif *PHET Interactive Simulations* dalam proses pembelajaran karena dapat meningkatkan motivasi belajar pada siswa. Salah satu faktor *PHET Interactive Simulations* dapat mendukung pembelajaran sains di kelas, yaitu adalah dapat memvisualisasikan konsep abstrak serta dapat meningkatkan keterlibatan siswa.

6. Siklus Keenam

Pada tahap komunikasi hasil pelatihan dapat diartikan juga sebagai tahap penyebaran yang merupakan langkah terakhir dalam penelitian menggunakan metode *Design and Development* (D&D). Pada penelitian ini penyebaran produk diberikan kepada guru –guru SDN 11 Pekayon Jakarta yang diharapkan dapat disebarluaskan kepada sekolah yang berbeda agar dapat bermanfaat.

PENUTUP

Kesimpulan dari penelitian ini adalah pelatihan yang dilaksanakan berhasil meningkatkan kompetensi guru dalam menggunakan media pembelajaran berbasis teknologi, khususnya aplikasi *PhET Interactive Simulation*. Guru mampu menyusun dan mengimplementasikan perangkat ajar interaktif berbasis *PhET Interactive Simulation* yang sesuai dengan karakteristik siswa sekolah dasar. Penggunaan *PhET Interactive Simulation* terbukti mendorong keterlibatan aktif siswa, membantu pemahaman konsep abstrak secara visual, dan menciptakan suasana pembelajaran yang lebih menyenangkan dan bermakna, serta mendukung pengintegrasian STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dalam pembelajaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pelaksanaannya, penelitian ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Kami menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada Ibu Siti Julaha, S.Pd, selaku Kepala Sekolah SDN Pekayon 11 Jakarta Timur serta seluruh Bapak dan Ibu Guru SDN Pekayon 11 Jakarta Timur yang telah menjadi mitra pelatihan peningkatan kompetensi guru.

DAFTAR PUSTAKA

- Ellis, TJ & Levy, Y. (2010). Panduan Bagi Peneliti Pemula : Desain Dan Pengembangan Metode Penelitian. *Proceedings of Informing Science & IT Education (InSITE)* pp.107-117.
- Clarinda, C., Novalina, M., Faradiba.(2021). *Panduan Penggunaan Laboratorium Virtual Laboratorium Maya dan PhET*. Jakarta : Universitas Kristen Indonesia Press.
- Lagura, J. C., & Baluyos, G. R. (2024). Using PhET Interactive Simulations to Improve the Learners Performance in Science. *Journal of Education and Learning Innovation (EduLine)*. Vol. 4(4), pp.520-530. <https://doi.org/10.35877/454>
- Praselia, A., & Sylvia, I. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Berbantuan Media Quizizz terhadap Hasil Belajar Siswa pada Mata Pelajaran Sosiologi di Kelas X SMAN 1 Lembah Melintang. *Journal of Education and Pedagogy (Naradidik)*. Vol. 2(4), pp. 332–339.

- Rahma, Rina Amalia & Wardhani, Irma Yuniar .(2024). Pengembangan Aplikasi PraMetaVirLab Berbasis STEM Sebagai Media Pembelajaran Biologi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi (BIODIK)*. Vol. 10(2) pp.121-131
- Rozi, Z. Fakhrur & Firdaus, M. Lutfi. (2024). Penerapan PhET Interactive Simulations untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains (Bioedusains)*. Vol. 7(2).
- Sanjaya, W. (2008). *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta : Penerbit Kencana Prenada Media
- Sartika, Septi Budi & Setiyoningrum, Eni (2020). *Panduan Penggunaan Aplikasi PhET Untuk SMP*. Sidoarjo : Universitas Muhammadiyah Press.
- Sugiyono. (2011). *Metode Penelitian Kuantitatif - Kualitatif (Research & Development)* . Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Trianto (2010). *Model Pembelajaran IPA Terpadu*. Jakarta : Penerbit Bumi Aksara