P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

PENGEMBANGAN SIMULATOR PRAKTIKUM DIGITAL BERBASIS *HTML* PADA MATERI SISTEM HORMON UNTUK MENDUKUNG PENGALAMAN BELAJAR KONTEKSTUAL DI SMPN 1 BURNEH

Brilliant Geraldatama[1], Eva A. W.[2]
[1,2]Universitas Trunodjoyo Madura
(brilliantgeraldatama.ltd@gmail.com[1], evaariw@trunojoyo.ac.id[2])

Abstrak

Materi sistem hormon bersifat abstrak, sedangkan pembelajarannya masih didominasi buku teks sehingga kurang mendukung pengalaman belajar kontekstual. Penelitian ini bertujuan mengembangkan simulator praktikum digital berbasis *HTML* bernama HormonLab yang valid dan praktis pada materi sistem hormon di SMPN 1 Burneh. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* model 4D yang dibatasi sampai tahap *Develop* dengan subjek 28 siswa kelas IX B (25 responden). Instrumen berupa lembar validasi ahli materi dan ahli media, validasi serta observasi guru pamong, dan angket respon siswa, yang dianalisis secara deskriptif kuantitatif persentase. Validasi ahli materi 94,44%, ahli media 98,61%, dan guru pamong 96,53% (sangat layak), observasi pembelajaran 85,00% (sangat baik), dan respon siswa 76,48% (baik). Simulator dinyatakan valid dan praktis. Penelitian selanjutnya disarankan melanjutkan ke tahap *Disseminate* dan menguji efektivitasnya terhadap hasil belajar.

Kata Kunci: *Simulator Praktikum Digital; Html; Sistem Hormon; Pembelajaran Kontekstual; Model 4d*

Abstract

The hormone system is an abstract topic, and textbook-dominated instruction does not adequately support contextual learning experiences. This study aimed to develop a valid and practical HTML-based digital practicum simulator, HormonLab, for the hormone system topic at SMPN 1 Burneh. The study used Research and Development with the 4D model, limited to the Develop stage, involving 28 ninth-grade students of class IX B (25 respondents). Instruments were validation sheets from a material expert and a media expert, validation and observation sheets from the mentor teacher, and a student response questionnaire, analyzed with descriptive quantitative percentages. Validation by the material expert, media expert, and mentor teacher reached 94.44%, 98.61%, and 96.53% (very feasible), the learning observation 85.00% (very good), and student responses 76.48% (good). The simulator is valid and practical. Future research should proceed to the Disseminate stage and test its effect on learning outcomes.

Keywords: *Digital Practicum Simulator; Html; Hormone System; Contextual Learning; 4d Model*

A. Pendahuluan

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) idealnya tidak hanya berorientasi pada transfer pengetahuan, tetapi juga membantu peserta didik memahami fenomena alam dan mengaitkannya dengan kehidupan sehari-hari melalui pendekatan kontekstual atau *Contextual Teaching and Learning* (CTL). CTL merupakan strategi pembelajaran yang menekankan keterlibatan penuh

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

peserta didik dalam menemukan materi dan mengaitkannya dengan situasi kehidupan nyata, melalui prinsip konstruktivisme, inkuiri, bertanya, masyarakat belajar, pemodelan, refleksi, dan penilaian autentik (Rahman dkk., 2026; Gultom dkk., 2025). Studi literatur sistematis terhadap dua puluh jurnal terindeks SINTA dan Scopus menunjukkan bahwa CTL secara konsisten berdampak positif terhadap keaktifan, minat belajar, kemampuan berpikir kritis, dan pembentukan karakter peserta didik, terutama ketika materi dikaitkan dengan konteks kehidupan nyata (Gultom dkk., 2025), sebagaimana diperkuat oleh temuan eksperimen bahwa penerapan CTL berbantuan media digital meningkatkan hasil belajar IPA secara signifikan dibandingkan pembelajaran konvensional (Rahman dkk., 2026).

Meskipun demikian, pembelajaran IPA di Indonesia pada kenyataannya masih didominasi oleh metode ceramah dan buku teks sebagai satu-satunya sumber belajar, sementara media pembelajaran konvensional yang digunakan guru cenderung kurang variatif sehingga peserta didik kurang terlibat aktif dalam pembelajaran (Mahareni dkk., 2024). Media pembelajaran, sebagai perantara penyampaian pesan dari guru kepada peserta didik, berfungsi meningkatkan efektivitas, efisiensi, dan daya tarik pembelajaran sekaligus membantu peserta didik memahami konsep yang sulit dengan cara yang lebih menarik (Mahareni dkk., 2024), dan media interaktif berbasis teknologi digital, seperti *flipbook* berbasis *web augmented reality*, terbukti sangat layak digunakan untuk memvisualisasikan konsep IPA yang kompleks serta mendukung keterlibatan aktif peserta didik (Fajariyanti, 2025), sebagaimana media pembelajaran interaktif IPA berbantuan Canva dan Wordwall yang dikembangkan dengan model ADDIE juga terbukti sangat layak dan efektif meningkatkan motivasi belajar peserta didik (Sudiyanti dkk., 2026).

Persoalan tersebut menjadi semakin nyata pada materi sistem hormon, salah satu materi IPA yang memiliki tingkat abstraksi tinggi karena melibatkan proses biologis yang tidak kasat mata. Hormon merupakan zat kimia yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin, seperti hipofisis, tiroid, adrenal, pankreas, dan gonad, yang bekerja melalui mekanisme umpan balik positif maupun negatif untuk menjaga keseimbangan fungsi tubuh. Pemahaman terhadap mekanisme umpan balik ini seringkali menjadi tantangan tersendiri bagi peserta didik karena melibatkan interaksi antarorgan yang tidak dapat diamati secara langsung, sehingga tanpa media visualisasi yang memadai, guru pada umumnya hanya menggunakan buku teks dan tayangan *power point* dalam menyampaikan materi ini (Carvalho dkk.,

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

2025). Padahal, materi ini relevan dikaitkan dengan fenomena kehidupan nyata peserta didik, seperti masa pubertas, kondisi stres, dan penyakit diabetes, dan penggunaan media visual atau personifikasi terbukti efektif membantu peserta didik memahami mekanisme umpan balik hormon dibandingkan penjelasan verbal maupun tekstual semata (Carvalho dkk., 2025).

Kondisi tersebut sejalan dengan hasil pengamatan peneliti selama melaksanakan Praktik Pengalaman Lapangan (PPL) selama tujuh bulan, dari Februari 2026 sampai September 2026, di SMPN 1 Burneh. Berdasarkan pengalaman tersebut, pembelajaran IPA di sekolah ini masih didominasi oleh penggunaan buku teks sebagai sumber belajar utama, dan materi sistem hormon disampaikan secara verbal dan tekstual tanpa disertai media pembelajaran interaktif yang mampu memvisualisasikan proses kerja sistem hormon dalam tubuh manusia. Akibatnya, peserta didik cenderung bersikap pasif dan kurang terlibat aktif selama proses pembelajaran berlangsung, sehingga pengalaman belajar yang diperoleh belum sepenuhnya bermakna dan kontekstual.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran interaktif berbasis *web* atau *HTML* dapat menjadi solusi atas permasalahan tersebut. *HTML* atau *Hypertext Markup Language* merupakan bahasa *markup* yang digunakan untuk menyusun struktur dan tampilan halaman *web*, dengan keunggulan bersifat gratis, dapat diakses secara *offline* maupun *online*, responsif terhadap berbagai ukuran layar, serta dapat dijalankan pada beragam perangkat seperti komputer, laptop, maupun telepon pintar (Natasya dkk., 2026). Media berbasis *HTML* atau *web* terbukti valid dan praktis digunakan untuk mendukung pembelajaran IPA pada berbagai materi, seperti zat dan perubahannya maupun struktur sel hewan dan tumbuhan (Natasya dkk., 2026; Mahareni dkk., 2024; Fauriski dkk., 2023; Sari & Aminatun, 2024; Zendrato dkk., 2025; Taradita dkk., 2026), serta memungkinkan integrasi elemen multimedia seperti gambar, animasi, video, dan kuis interaktif dalam satu alur belajar yang dapat diakses secara mandiri tanpa memerlukan biaya pengembangan maupun instalasi perangkat lunak yang rumit. Simulator praktikum digital, sebagai media yang mensimulasikan kegiatan praktikum nyata dalam bentuk digital, memungkinkan peserta didik mengalami proses ilmiah tanpa harus menggunakan alat dan bahan laboratorium secara langsung, sehingga mengatasi keterbatasan sarana dan memberikan pengalaman belajar yang aman. Pengembangan media simulasi digital pada materi hormon reproduksi manusia, misalnya, terbukti sangat layak digunakan berdasarkan penilaian ahli media, ahli

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

materi, dan respons pengguna (Khusna & Rozy, 2026), yang menunjukkan bahwa materi hormon dapat divisualisasikan secara efektif melalui media simulasi digital yang dirancang mengikuti model pengembangan sistematis, seperti model 4D (Natasya dkk., 2026).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menawarkan solusi berupa pengembangan simulator praktikum digital berbasis *HTML* sebagai alternatif media pembelajaran pada materi sistem hormon, yang dirancang untuk memvisualisasikan proses biologis yang abstrak sekaligus dikaitkan dengan fenomena kehidupan nyata peserta didik, seperti pubertas, stres, dan diabetes, sehingga pengalaman belajar yang diperoleh menjadi lebih kontekstual dan bermakna (Carvalho dkk., 2025). Kerangka berpikir penelitian ini disusun atas alur bahwa abstraksi materi sistem hormon, keterbatasan media konvensional, dan kepasifan peserta didik mendorong pengembangan simulator praktikum digital berbasis *HTML* dengan pendekatan CTL, yang melalui tahapan model 4D (*Define*, *Design*, *Develop*) menghasilkan produk simulator yang valid, layak, dan praktis, sehingga diharapkan memberikan dampak berupa pengalaman belajar IPA yang lebih kontekstual dan bermakna bagi peserta didik kelas IX di SMPN 1 Burneh. Penelitian ini difokuskan untuk mendukung pengalaman belajar kontekstual peserta didik, bukan untuk mengukur hasil belajar berupa nilai, sehingga data yang dikumpulkan lebih menekankan pada respon, keterlibatan, dan pengalaman peserta didik selama menggunakan simulator tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan simulator praktikum digital yang valid, layak, dan praktis digunakan, sehingga dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna bagi peserta didik pada materi sistem hormon di kelas IX SMPN 1 Burneh.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* (R&D) dengan model 4D (*Define*, *Design*, *Develop*, *Disseminate*) yang dikembangkan oleh Thiagarajan, Semmel, dan Semmel (Syafitri dkk., 2026; Arrahmah dkk., 2025). Tahapan pengembangan pada penelitian ini dibatasi hingga tahap *Develop*, sedangkan tahap *Disseminate* tidak dilakukan karena keterbatasan waktu dan biaya (Syafitri dkk., 2026; Arrahmah dkk., 2025). Penelitian dilaksanakan di UPTD SMPN 1 Burneh dengan subjek 28 siswa kelas IX B pada materi sistem hormon berdasarkan Kurikulum Merdeka, dan produk yang dikembangkan berupa simulator praktikum digital berbasis *HTML*.

Tahap *Define* atau pendefinisian bertujuan mengidentifikasi masalah dan

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

kebutuhan pembelajaran. Observasi, wawancara, dan angket kebutuhan siswa secara khusus tidak dilakukan pada tahap ini, mengingat peneliti telah melaksanakan Praktik Pengalaman Lapangan (PPL) selama tujuh bulan, dari Februari 2026 sampai September 2026, di SMPN 1 Burneh, sehingga data kondisi lapangan dan karakteristik siswa diperoleh dari dokumentasi PPL dan pengalaman mengajar peneliti secara langsung. Tahap ini berfokus pada analisis kurikulum, analisis konsep, analisis tugas, dan analisis kontekstual (Syafitri dkk., 2026; Arrahmah dkk., 2025).

Tahap *Design* atau perancangan bertujuan merancang produk awal simulator. Kegiatan pada tahap ini meliputi pembuatan *flowchart*, *storyboard*, desain antarmuka atau *wireframe*, dan penyusunan spesifikasi produk (Anastasha & Hesti, 2024; Arrahmah dkk., 2025). Validasi ahli tidak dilakukan pada tahap ini, mengingat validasi hanya dilaksanakan pada tahap *Develop* setelah produk berbasis *HTML* selesai dikembangkan.

Tahap *Develop* atau pengembangan bertujuan menghasilkan produk final yang valid dan layak digunakan. Kegiatan pada tahap ini meliputi *coding* simulator menggunakan *HTML*, *CSS*, dan *JavaScript*, uji fungsi melalui pengujian internal dan *debugging*, validasi ahli materi, validasi ahli media, revisi produk, uji coba terbatas kepada 28 siswa kelas IX B, serta pengisian angket respon siswa (Anastasha & Hesti, 2024; Syafitri dkk., 2026). Validasi produk dilakukan oleh satu orang ahli materi dan satu orang ahli media menggunakan lembar validasi yang telah disusun, dan validasi dilakukan langsung terhadap produk simulator berbasis *HTML* yang sudah jadi, bukan terhadap *flowchart*, *storyboard*, atau desain antarmuka. Ahli materi menilai kelayakan konten ilmiah, meliputi kesesuaian dengan kurikulum, akurasi konsep, kelengkapan materi, dan aspek kontekstual, sedangkan ahli media menilai kelayakan tampilan dan interaktivitas, meliputi desain antarmuka, navigasi, responsivitas, dan fungsionalitas produk. Setelah dinyatakan valid, produk diujicobakan secara terbatas di kelas IX B untuk memperoleh data respon siswa.

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri atas lembar validasi ahli materi yang diisi oleh satu orang ahli untuk menguji kelayakan konten ilmiah, lembar validasi ahli media yang diisi oleh satu orang ahli untuk menguji kelayakan tampilan dan interaktivitas, lembar observasi guru pamong untuk menilai keterlaksanaan pembelajaran, aktivitas siswa, penggunaan media, dan pengalaman belajar kontekstual, serta angket respon siswa untuk mengukur kepraktisan dan kemenarikan simulator (Anastasha & Hesti, 2024; Syafitri dkk., 2026).

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

Data hasil validasi, observasi, dan angket respon siswa dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung persentase skor. Interpretasi persentase mengacu pada kriteria yang dikemukakan Riduwan (2019), yaitu 0–20% (tidak layak/tidak baik), 21–40% (kurang layak/kurang baik), 41–60% (cukup layak/cukup baik), 61–80% (layak/baik), dan 81–100% (sangat layak/sangat baik).

Penyusunan indikator instrumen observasi dan angket respon siswa diselaraskan dengan prinsip-prinsip *Contextual Teaching and Learning* (CTL) yang meliputi konstruktivisme, inkuiri, bertanya, masyarakat belajar, pemodelan, refleksi, dan penilaian autentik (Gultom dkk., 2025). Aspek keterlaksanaan pembelajaran dan aktivitas siswa selaras dengan prinsip konstruktivisme, inkuiri, dan bertanya; aspek pengalaman belajar kontekstual selaras dengan prinsip konstruktivisme, masyarakat belajar, dan refleksi. Pada angket respon siswa, aspek kontekstualitas selaras dengan konstruktivisme dan masyarakat belajar; keterlibatan aktif dan interaktivitas selaras dengan inkuiri dan bertanya; pemahaman konsep umpan balik selaras dengan pemodelan dan refleksi. Sementara itu, aspek kepraktisan dan kemudahan serta minat, motivasi, dan rekomendasi pada angket respon siswa, serta aspek penggunaan media pada lembar observasi guru pamong, berfungsi sebagai aspek pendukung yang menunjang keterlaksanaan pembelajaran kontekstual.

Data hasil validasi ahli dianalisis menggunakan skor rata-rata skala *Likert* satu sampai empat, sedangkan data angket respon siswa dianalisis menggunakan teknik deskriptif kuantitatif persentase (Sari & Aminatun, 2024; Dari dkk., 2021). Kriteria kelayakan yang digunakan adalah skor 3,26 sampai 4,00 dengan kategori sangat valid, skor 2,51 sampai 3,25 dengan kategori valid, skor 1,76 sampai 2,50 dengan kategori cukup valid, dan skor 1,00 sampai 1,75 dengan kategori tidak valid. Penelitian ini tidak menggunakan *pre-test* maupun *post-test*, karena fokus penelitian adalah mendukung pengalaman belajar kontekstual peserta didik, bukan mengukur hasil belajar berupa nilai.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil penelitian disajikan sesuai tahapan model 4D yang dibatasi sampai tahap *Develop*, yaitu hasil pengembangan produk, validasi ahli materi, validasi ahli media, validasi guru pamong, observasi pembelajaran oleh guru pamong, respon siswa, rekap seluruh instrumen, dan catatan revisi produk. Skor setiap instrumen dihitung dengan rumus persentase, yaitu skor perolehan dibagi skor maksimal dikalikan 100%, kemudian diinterpretasikan menggunakan kriteria pada Tabel 1. Rentang persentase tersebut

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

bersesuaian dengan kriteria Riduwan (2019) pada bagian metodologi.

Tabel 1. Kriteria Interpretasi Persentase Skor

Persentase	Kategori kelayakan	Kategori observasi dan respon
81–100%	Sangat layak	Sangat baik
61–80%	Layak	Baik
41–60%	Cukup layak	Cukup baik
21–40%	Kurang layak	Kurang baik
0–20%	Tidak layak	Tidak baik

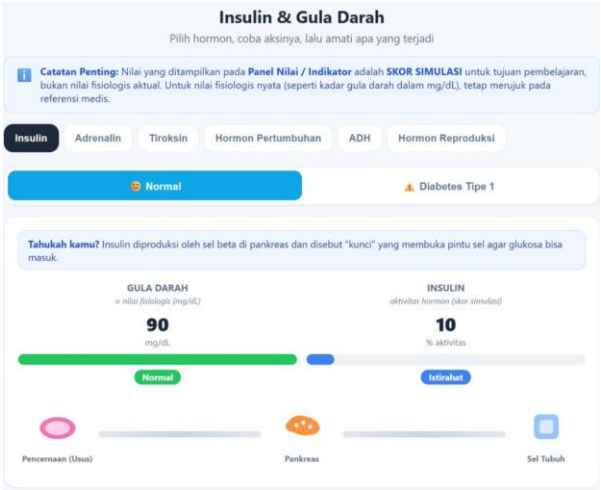
1. Hasil Pengembangan Produk

Produk yang dihasilkan adalah simulator praktikum digital berbasis *HTML* bernama HormonLab yang dibangun menggunakan *HTML*, *CSS*, dan *JavaScript*. Produk dapat diakses secara daring melalui peramban (*browser*) pada laptop maupun ponsel melalui tautan https://simulator-sistem-hormon-smp-rev-1.vercel.app/. HormonLab memiliki enam tab hormon, yaitu Insulin, Adrenalin, Tiroksin, Hormon Pertumbuhan, ADH, dan Hormon Reproduksi. Setiap tab dapat dijalankan pada dua mode, yaitu Normal dan Ada Gangguan, sehingga siswa dapat membandingkan kerja hormon pada kondisi sehat dan kondisi terganggu. Pada tab Insulin, mode gangguan diwujudkan sebagai Diabetes Tipe 1.

Fitur utama setiap tab meliputi panel nilai yang menampilkan kadar hormon dan indikator terkait (pada tab Insulin berupa kadar gula darah dan aktivitas insulin), tombol aksi simulasi, grafik perubahan secara *real-time*, catatan kejadian (*log*), kotak gejala (*symptom box*) pada mode gangguan, penjelasan ilmiah, dan panel mekanisme umpan balik (*feedback loop*). Seluruh nilai yang tampil merupakan skor simulasi untuk tujuan pembelajaran dan bukan nilai fisiologis aktual, dan hal ini dinyatakan secara eksplisit pada catatan penting di bagian atas halaman.

Pada tab Insulin, siswa memilih mode lalu menekan tombol Makan Karbohidrat, Olahraga, atau Suntik Insulin untuk melihat respons tubuh. Gambar 1 menampilkan antarmuka mode normal sebelum siswa memberikan aksi. Kadar gula darah berada pada 90 mg/dL dengan status Normal, aktivitas insulin sebesar 10% dengan status Istirahat, dan pankreas ditampilkan dalam kondisi utuh pada alur pencernaan (usus), pankreas, dan sel tubuh.

Gambar 1. Tampilan Hormon Insulin Pada Mode Normal Sebelum Aksi

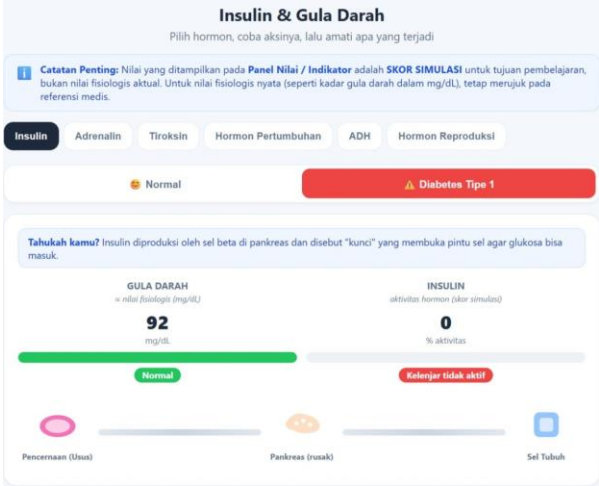


Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

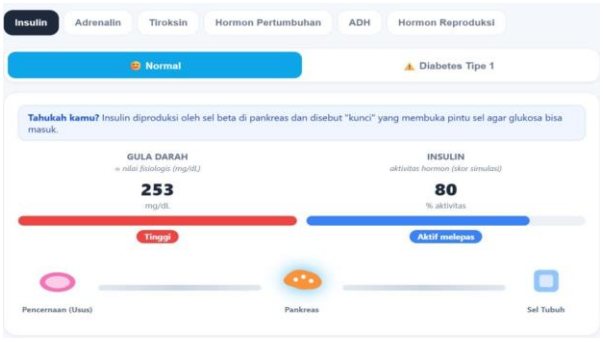
Gambar 2 menampilkan mode Diabetes Tipe 1 pada kondisi awal. Kadar gula darah masih 92 mg/dL dengan status Normal karena siswa belum memberikan aksi, tetapi aktivitas insulin 0% dengan status kelenjar tidak aktif dan pankreas diberi label rusak. Kondisi awal ini memperlihatkan bahwa gangguan terletak pada kerja pankreas dalam menghasilkan insulin, bukan pada kadar gula darah awal.

Gambar 2. Tampilan hormon insulin pada mode Diabetes Tipe 1 sebelum aksi



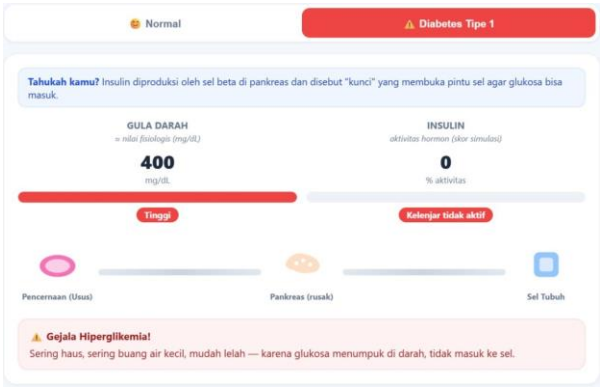
Setelah siswa menekan tombol Makan Karbohidrat pada mode normal, kadar gula darah naik menjadi 253 mg/dL dengan status Tinggi, aktivitas insulin meningkat menjadi 80% dengan status Aktif melepas, dan pankreas tampil menyala (Gambar 3). Respons ini memperlihatkan bahwa kenaikan gula darah memicu pelepasan insulin oleh pankreas.

Gambar 3. Mode Normal Setelah Menekan Tombol Makan Karbohidrat



Pada mode Diabetes Tipe 1, aksi yang sama membuat kadar gula darah mencapai 400 mg/dL dengan status Tinggi, sedangkan aktivitas insulin tetap 0%. Simulator kemudian menampilkan kotak gejala hiperglikemia berupa sering haus, sering buang air kecil, dan mudah lelah karena glukosa menumpuk di darah dan tidak masuk ke sel (Gambar 4). Kotak gejala ini menghubungkan konsep yang abstrak dengan keluhan yang dapat dikenali siswa dalam kehidupan nyata.

Gambar 4. Mode Diabetes Tipe 1 Setelah Menekan Tombol Makan Karbohidrat



Perubahan tersebut juga direkam pada grafik kadar gula darah. Pada mode normal, grafik naik tajam setelah siswa menekan tombol Makan Karbohidrat, kemudian turun bertahap sampai kembali

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

ke kisaran batas normal yang ditandai garis putus-putus hijau (Gambar 5). Pada mode gangguan, grafik naik hingga 400 mg/dL dan bertahan pada nilai tersebut sampai langkah simulasi terakhir tanpa penurunan (Gambar 6). Sumbu horizontal grafik diberi label langkah simulasi dan sumbu vertikal diberi satuan mg/dL.

Gambar 5. Grafik Kadar Gula Darah Pada Mode Normal



Gambar 6. Grafik Kadar Gula Darah Pada Mode Gangguan



Selain grafik, HormonLab menyajikan mekanisme umpan balik negatif dalam bentuk rangkaian langkah. Pada mode normal, rangkaian berjalan lengkap dari gula darah naik, pankreas mendeteksi, insulin dilepas, sel menyerap glukosa, gula darah turun, hingga pankreas berhenti melepas insulin, dan panel diberi lencana Normal (Gambar 7). Pada mode gangguan, panel diberi lencana Gangguan, langkah insulin dilepas dan sel menyerap glukosa ditandai dengan tanda peringatan, dan langkah sesudahnya tidak berjalan sehingga loop dinyatakan terganggu (Gambar 8). Dengan cara ini, siswa dapat menelusuri secara visual langkah yang bermasalah pada diabetes tipe 1.

Gambar 7. Mekanisme Umpan Balik Negatif Pada Mode Normal



Gambar 8. Mekanisme Umpan Balik Negatif Pada Mode Gangguan



2. Hasil Validasi Ahli Materi

Validasi ahli materi dilakukan oleh validator ahli materi pada 16 September 2026 terhadap lima aspek (Tabel 2). Total skor yang diperoleh adalah 68 dari skor maksimal 72 atau 94,44% dengan kategori sangat layak, setara dengan skor rata-rata 3,78 pada skala 1 sampai 4. Aspek keakuratan konsep ilmiah dan koreksi miskonsepsi memperoleh skor sempurna (100%), sedangkan aspek terendah adalah kesesuaian materi dengan kurikulum (87,50%) yang tetap berkategori sangat layak. Validator merekomendasikan produk layak digunakan dengan revisi minor, dengan catatan agar capaian pembelajaran (CP) dicantumkan pada simulasi dan visualisasi konsep abstrak dibuat lebih konkret.

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

Tabel 2. Hasil Validasi Ahli Materi

No	Aspek	Skor	%	Kategori
1	Kesesuaian materi dengan kurikulum	14/16	87,50	Sangat layak
2	Keakuratan konsep ilmiah	16/16	100	Sangat layak
3	Kesesuaian aktivitas dengan TP	15/16	93,75	Sangat layak
4	Kontekstual dan kehidupan nyata	11/12	91,67	Sangat layak
5	Koreksi miskonsepsi	12/12	100	Sangat layak
Total		**68/72**	**94,44**	**Sangat layak**

3. Hasil Validasi Ahli Media

Validasi ahli media dilakukan oleh validator ahli media pada 16 September 2026 terhadap lima aspek (Tabel 3). Total skor yang diperoleh adalah 71 dari 72 atau 98,61% dengan kategori sangat layak, setara dengan skor rata-rata 3,94. Empat dari lima aspek memperoleh skor sempurna (100%), dan aspek interaktivitas dan navigasi memperoleh 93,75%. Validator merekomendasikan produk layak digunakan dengan revisi minor, dengan saran memberi keterangan pada tombol aksi, mengurangi emotikon pada judul hormon, dan memberi keterangan sumbu X dan Y pada grafik.

Tabel 3. Hasil Validasi Ahli Media

No	Aspek	Skor	%	Kategori
1	Tampilan visual	16/16	100	Sangat layak
2	Interaktivitas dan navigasi	15/16	93,75	Sangat layak
3	Keterbacaan dan pemahaman	12/12	100	Sangat layak
4	Fungsionalitas dan kinerja	16/16	100	Sangat layak
5	Kualitas desain instruksional	12/12	100	Sangat layak
Total		**71/72**	**98,61**	**Sangat layak**

4. Hasil Validasi Guru Pamong

Validasi dilakukan oleh guru pamong pada 29 September 2026 dan mencakup lima aspek materi serta lima aspek media (Tabel 4). Skor materi adalah 68 dari 72 (94,44%), skor media 71 dari 72 (98,61%), dan skor gabungan 139 dari 144 atau 96,53% dengan kategori sangat layak. Aspek koreksi miskonsepsi memperoleh 75,00% dengan kategori layak dan merupakan aspek terendah, sedangkan seluruh aspek lainnya berkategori sangat layak. Validator merekomendasikan produk layak digunakan tanpa revisi, memberi catatan 'Pertahankan, tingkatkan', serta meminta CP dan tujuan pembelajaran (TP) dicantumkan.

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

Tabel 4. Hasil Validasi Guru Pamong

No	Aspek	Skor	%	Kategori
	Validasi materi			
1	Kesesuaian materi dengan kurikulum	14/16	87,50	Sangat layak
2	Keakuratan konsep ilmiah	20/20	100	Sangat layak
3	Kesesuaian aktivitas dengan TP	16/16	100	Sangat layak
4	Kontekstual dan kehidupan nyata	12/12	100	Sangat layak
5	Koreksi miskonsepsi	6/8	75,00	Layak
	Total materi	**68/72**	**94,44**	**Sangat layak**
	Validasi media			
1	Tampilan visual	16/16	100	Sangat layak
2	Interaktivitas dan navigasi	16/16	100	Sangat layak
3	Keterbacaan dan pemahaman	12/12	100	Sangat layak
4	Fungsionalitas dan kinerja	15/16	93,75	Sangat layak
5	Kualitas desain instruksional	12/12	100	Sangat layak
	Total media	**71/72**	**98,61**	**Sangat layak**
	Total gabungan	**139/144**	**96,53**	**Sangat layak**

5. Hasil Observasi Guru Pamong

Observasi pembelajaran dilakukan oleh guru pamong pada 30 September 2026 di kelas IX B (Tabel 5). Total skor yang diperoleh adalah 51 dari 60 atau 85,00% dengan kategori sangat baik. Aspek tertinggi adalah pengalaman belajar kontekstual (93,75%), diikuti keterlaksanaan pembelajaran (87,50%) dan aktivitas siswa (81,25%) yang sama-sama berkategori sangat baik, sedangkan penggunaan media memperoleh 75,00% dengan kategori baik dan menjadi aspek terendah. Observer menyimpulkan bahwa pembelajaran berjalan sangat baik.

Tabel 5. Hasil Observasi Pembelajaran oleh Guru Pamong

No	Aspek	Skor	%	Kategori
1	Keterlaksanaan pembelajaran	14/16	87,50	Sangat baik
2	Aktivitas siswa	13/16	81,25	Sangat baik
3	Penggunaan media	9/12	75,00	Baik
4	Pengalaman belajar kontekstual	15/16	93,75	Sangat baik
	Total	**51/60**	**85,00**	**Sangat baik**

6. Hasil Respon Siswa

Angket respon diisi oleh 25 dari 28 siswa kelas IX B (89,29%). Angket terdiri atas 25 butir dengan skala *Likert* empat dan lima aspek, sehingga skor maksimal adalah 2.500 (25 responden × 25 butir × 4). Skor total yang diperoleh adalah 1.912 atau 76,48% dengan kategori baik (Tabel 6). Seluruh aspek berkategori baik dengan rentang 75,40% sampai 77,67%. Aspek tertinggi adalah kontekstualitas (77,67%), sedangkan aspek terendah adalah keterlibatan aktif dan interaktivitas (75,40%).

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

Tabel 6. Hasil Angket Respon Siswa

Aspek	Skor	%	Kategori
Kontekstualitas	466/600	77,67	Baik
Keterlibatan aktif dan interaktivitas	377/500	75,40	Baik
Pemahaman konsep umpan balik	382/500	76,40	Baik
Kepraktisan dan kemudahan	302/400	75,50	Baik
Minat, motivasi, dan rekomendasi	385/500	77,00	Baik
Total	**1.912/2.500**	**76,48**	**Baik**

7. Rekap Akhir Semua Instrumen

Tabel 7 merangkum hasil seluruh instrumen. Produk dinyatakan sangat layak oleh seluruh validator dengan rentang 94,44% sampai 98,61%, pembelajaran dengan produk berjalan sangat baik (85,00%), dan respon siswa berkategori baik (76,48%). Dengan demikian, HormonLab memenuhi kriteria valid berdasarkan penilaian ahli dan guru pamong, serta praktis berdasarkan observasi pembelajaran dan respon siswa.

Tabel 7. Rekap Hasil Seluruh Instrumen

Instrumen	Skor	%	Kategori
Validasi ahli materi	68/72	94,44	Sangat layak
Validasi ahli media	71/72	98,61	Sangat layak
Validasi guru pamong (materi dan media)	139/144	96,53	Sangat layak
Observasi pembelajaran	51/60	85,00	Sangat baik
Respon siswa (25 siswa)	1.912/2.500	76,48	Baik

8. Catatan Revisi Produk

Catatan validator pada tahap *Develop* dijadikan dasar revisi produk (Tabel 8). Tujuh catatan dari ahli materi, ahli media, dan guru pamong seluruhnya ditindaklanjuti pada produk. Hasil revisi antara lain tampak pada nama tab hormon yang tidak lagi disertai emotikon (Gambar 1 sampai 4) dan pada label sumbu grafik (Gambar 5 dan 6).

Tabel 8. Catatan Revisi Produk

Sumber	Catatan validator	Revisi pada produk
Ahli materi	CP dicantumkan	Menambahkan CP pada tampilan simulasi
Ahli materi	Visualisasi konsep abstrak perlu lebih konkret	Memperjelas visualisasi konsep abstrak
Ahli media	Beri keterangan tombol aksi	Menambahkan keterangan pada tombol aksi
Ahli media	Kurangi emotikon di judul hormon	Mengurangi emotikon pada judul hormon
Ahli media	Beri keterangan sumbu X dan Y pada grafik	Menambahkan label sumbu X dan Y pada grafik
Guru pamong	CP dicantumkan	Mencantumkan CP
Guru pamong	TP dicantumkan	Mencantumkan TP

9. Pembahasan

a. Kevalidan produk.

Hasil validasi menunjukkan bahwa HormonLab sangat layak dari sisi materi (94,44%), media (98,61%), dan penilaian

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

gabungan guru pamong (96,53%). Capaian ini sejalan dengan Irawan dan Yatri (2022) yang melaporkan bahwa media *Augmented Reality* struktur tumbuhan yang dikembangkan dengan model 4D memperoleh penilaian ahli media 97,49% dan ahli materi 94,44%. Capaian ini juga sejalan dengan Natasya dkk. (2026) yang menyatakan media interaktif berbasis web hasil model 4D valid dan praktis, serta Khusna dan Rozy (2026) yang menyatakan media digital materi hormon reproduksi sangat layak. Skor sempurna pada aspek keakuratan konsep ilmiah dan koreksi miskonsepsi dari ahli materi penting karena materi hormon bersifat abstrak, memuat banyak istilah baru, dan mekanisme kerjanya tidak dapat diamati langsung (Nur dkk., 2023). Meskipun demikian, aspek koreksi miskonsepsi pada validasi guru pamong hanya memperoleh 75,00%, sehingga penanganan miskonsepsi pada produk masih dapat diperkuat, misalnya melalui penjelasan ilmiah yang lebih eksplisit pada setiap hormon.

b. Kepraktisan produk.

Kepraktisan didukung oleh observasi pembelajaran (85,00%, sangat baik) dan respon siswa (76,48%, baik). Capaian ini menguatkan temuan Mahareni dkk. (2024) bahwa media pembelajaran berbasis web berperan meningkatkan efektivitas dan daya tarik pembelajaran IPA. Mahardika dkk. (2023) yang mengembangkan media interaktif berbasis web dengan *HTML*, *CSS*, *JavaScript*, *JSON*, dan *Firebase* pada materi kemagnetan melaporkan kepraktisan yang lebih tinggi dari siswa (92%) dan guru (96%) daripada respon siswa pada penelitian ini. Perbedaan tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan instrumen, materi, dan konteks pelaksanaan, karena siswa pada penelitian Mahardika dkk. belajar dari rumah, sedangkan HormonLab digunakan di kelas. Aspek terendah pada observasi (penggunaan media, 75,00%) dan angket (keterlibatan aktif dan interaktivitas, 75,40%) sama-sama berkaitan dengan interaksi siswa dengan media. Oleh karena itu, pengembangan selanjutnya perlu menambah aktivitas yang memandu siswa, seperti pertanyaan pemantik atau lembar kerja yang menyertai simulasi, sebagaimana Mahardika dkk. (2023) melengkapi medianya dengan kuis dan evaluasi.

c. Pengalaman belajar kontekstual.

Kontekstualitas menjadi aspek tertinggi pada respon siswa (77,67%) dan didukung oleh penilaian guru pamong pada pengalaman belajar kontekstual (93,75%) serta penilaian aspek kontekstual dan kehidupan nyata oleh ahli materi (91,67%) dan guru pamong (100%). Triangulasi ini menunjukkan bahwa simulator mampu menghadirkan fenomena kehidupan nyata, yaitu diabetes beserta gejala hiperglikemia, melalui perbandingan mode normal dan mode

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

gangguan. Hal tersebut sejalan dengan prinsip CTL yang menekankan keterlibatan siswa dalam menemukan materi dan mengaitkannya dengan situasi kehidupan nyata (Gultom dkk., 2025; Rahman dkk., 2026). Gultom dkk. (2025) menemukan bahwa CTL berdampak positif terhadap keaktifan, minat, dan berpikir kritis, sedangkan Rahman dkk. (2026) menunjukkan bahwa CTL berbantuan media digital meningkatkan hasil belajar IPA. Carvalho dkk. (2025) juga melaporkan bahwa visualisasi atau personifikasi efektif membantu siswa memahami umpan balik hormon, dan HormonLab menerapkan prinsip serupa melalui alur usus, pankreas, dan sel tubuh serta loop umpan balik (Gambar 1 sampai 4, 7, dan 8). Perlu ditegaskan bahwa penelitian ini tidak mengukur hasil belajar, sehingga temuan tersebut menunjukkan dukungan terhadap pengalaman belajar dan bukan bukti peningkatan hasil belajar. Aspek kontekstualitas (77,67%) dan pengalaman belajar kontekstual (93,75%) selaras dengan prinsip konstruktivisme, masyarakat belajar, dan refleksi dalam CTL, yaitu siswa mengaitkan materi sistem hormon dengan fenomena nyata seperti diabetes dan hiperglikemia, serta merefleksikan hubungan antara konsep dan pengalaman sehari-hari (Gultom dkk., 2025; Rahman dkk., 2026).

d. Pemahaman konsep umpan balik.

Aspek pemahaman konsep umpan balik memperoleh 76,40% (baik). Panel mekanisme umpan balik yang membandingkan loop normal dan loop terganggu membantu siswa mengaitkan sebab dan akibat pada pengaturan gula darah (Gambar 7 dan 8). Penelitian pada materi hormon lain menunjukkan kecenderungan yang sejalan. E-modul SETS pada materi endokrin yang dibuka dengan isu seperti kasus tiroid dan jumlah penderita diabetes meningkatkan literasi sains dan kemandirian belajar dengan *N-gain* 0,320 dan 0,460 (kategori sedang) (Niate & Paidi, 2025). E-LKPD berbasis PBL pada materi hormon reproduksi yang mengangkat masalah sehari-hari meningkatkan literasi pengetahuan dengan *N-gain* 0,31 (sedang) dan literasi sikap dengan *N-gain* 0,24 (rendah) (Cahyani & Pertiwi, 2024). Kedua penelitian tersebut mengukur peningkatan melalui tes, sedangkan penelitian ini baru menangkap persepsi siswa, sehingga angka 76,40% belum dapat dibaca sebagai penguasaan konsep dan perlu diuji pada penelitian lanjutan.

e. Praktikum digital dan literasi ICT.

HormonLab berfungsi sebagai praktikum digital yang memungkinkan siswa mencoba aksi dan mengamati respons tubuh tanpa alat dan bahan laboratorium. Ma'ruf dkk. (2024) melaporkan bahwa praktikum fisika dasar berbasis *virtual Android observatory* memperoleh efektivitas praktikum

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

kategori sangat baik (75,41%) dan literasi ICT mahasiswa calon guru fisika kategori baik, dengan mahasiswa antusias mengikuti praktikum, sementara pemanfaatan ICT pada praktikum di program studi tersebut sebelumnya tergolong rendah. Temuan itu mendukung gagasan bahwa praktikum berbasis teknologi dapat menjadi alternatif bagi praktikum konvensional. Penelitian ini tidak mengukur literasi ICT, sehingga kaitannya terbatas pada kesamaan pendekatan. Penggunaan HormonLab secara mandiri melalui peramban berpotensi melatih kecakapan siswa menggunakan teknologi, tetapi hal ini perlu dibuktikan melalui penelitian lanjutan.

f. Revisi produk.

Pada model 4D, tahap *Develop* mencakup validasi ahli dan revisi produk (Syafitri dkk., 2026; Arrahmah dkk., 2025). Tujuh catatan validator pada penelitian ini bersifat minor dan berkaitan dengan kelengkapan informasi (CP dan TP), kejelasan visualisasi, serta keterbacaan antarmuka (keterangan tombol, emotikon, dan label sumbu grafik). Pola serupa tampak pada pengembangan media web oleh Mahardika dkk. (2023), yang memperbaiki penulisan soal, menambah indikator warna, dan memperjelas petunjuk menjawab soal pada tahap evaluasi, serta pada Irawan dan Yatri (2022) yang merevisi produk hingga tuntas setelah validasi. Catatan ahli materi bahwa visualisasi konsep abstrak perlu lebih konkret sejalan dengan karakteristik materi hormon yang tidak kasat mata (Nur dkk., 2023; Carvalho dkk., 2025).

g. Keterbatasan penelitian.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, pengembangan hanya sampai tahap *Develop* sehingga tahap *Disseminate* belum dilakukan. Kedua, angket respon diisi oleh 25 dari 28 siswa (89,29%), sehingga tiga siswa tidak terwakili. Ketiga, penelitian tidak menggunakan *pre-test* dan *post-test*, sehingga efektivitas simulator terhadap hasil belajar belum dapat disimpulkan. Keempat, validasi dilakukan oleh satu orang ahli materi dan satu orang ahli media dan uji coba hanya melibatkan satu kelas di satu sekolah, sehingga generalisasi temuan masih terbatas. Kelima, meskipun indikator instrumen telah diselaraskan dengan prinsip CTL, penelitian ini tidak melakukan uji validitas konstruk secara statistik. Instrumen hanya divalidasi secara isi melalui penilaian ahli, sehingga klaim bahwa aspek 'pengalaman belajar kontekstual' benar-benar mengukur konstruk tersebut masih bersifat konseptual. Hal ini konsisten dengan fokus penelitian yang bertujuan mengembangkan dan menguji kepraktisan produk, bukan mengukur konstruk psikometrik.

D. Penutup

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

P-ISSN : 2715-1999
E-ISSN : 2829-0909

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1) Simulator praktikum digital berbasis *HTML* HormonLab pada materi sistem hormon dinyatakan valid, ditunjukkan oleh validasi ahli materi sebesar 94,44% dan ahli media sebesar 98,61%, serta validasi guru pamong sebesar 96,53%, seluruhnya berkategori sangat layak.
2) Produk dinyatakan praktis berdasarkan observasi pembelajaran oleh guru pamong sebesar 85,00% (sangat baik) dan respon siswa sebesar 76,48% (baik).
3) Simulator mampu mendukung pengalaman belajar kontekstual, terutama pada aspek kontekstualitas yang menjadi aspek tertinggi pada respon siswa (77,67%).
4) Produk dapat diakses secara daring melalui peramban pada laptop maupun ponsel dan datanya tersimpan secara otomatis.

Saran

Berdasarkan hasil dan keterbatasan penelitian, saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut.

1) Penelitian selanjutnya dapat melanjutkan pengembangan sampai tahap *Disseminate*.
2) Penelitian selanjutnya dapat menguji efektivitas simulator menggunakan *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur dampaknya terhadap hasil belajar.
3) Simulator dapat dikembangkan pada materi IPA lainnya.
4) Subjek uji coba dapat diperluas ke sekolah lain agar hasilnya dapat digeneralisasi.
5) Pengembangan berikutnya dapat menambah aktivitas yang memandu siswa serta penjelasan ilmiah yang lebih eksplisit untuk memperkuat keterlibatan aktif dan koreksi miskonsepsi.

E. Daftar Pustaka

Anastasha, D. A., & Hesti, N. (2024). Pengembangan media pembelajaran menggunakan Augmented Reality Assemblr Edu pada materi ekosistem siswa kelas V SD. *EDUCATOR: Directory of Elementary Education Journal*, 5(2), 106–118. https://doi.org/10.58176/edu.v5i2.2036

Arrahmah, M., Prihadi, S., & Sugiyanto. (2025). Pengembangan media Augmented Reality dengan Unity 3D dan Vuforia untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif peserta didik kelas X IPS SMA Negeri 7 Surakarta. *Geadidaktika: Jurnal Pendidikan Geografi*, 5(2), 140–150. https://doi.org/10.20961/gea.v5i2.63503

Cahyani, D. N., & Pertiwi, K. R. (2024). Pengembangan e-LKPD berbasis PBL materi hormon reproduksi untuk meningkatkan literasi kesehatan reproduksi. *Jurnal Edukasi Biologi*, 10(2), 191–203.

Carvalho, H., Halpin, P. A., Scholz-Morris, E., de Carvalho, R., & Contaifer Jr., D. (2025). Introducing and validating DramaZoom as a teaching tool for diverse student populations.

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

Advances in Physiology Education, 49, 386–393. https://doi.org/10.1152/advan.00212.2023

Dalimunthe, I. P. S., & Wina Dyah Puspita Sari. (2026). Analisis Faktor Kesulitan Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Biologi Kelas X Di Sma Panca Budi Medan. *TUNAS : Jurnal Pendidikan Biologi*, *7*(1), 1-10. https://doi.org/10.57094/tunas.v7i1.4751

Dari, N. P. S. R. U., Arnyana, I. B. P., & Adnyana, B. P. (2021). Pengembangan perangkat pembelajaran IPA berbasis Blended Learning menggunakan aplikasi Google Classroom. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran IPA Indonesia*, 11(1), 49–56.

Dina Aulia Putri, Muhammad Suwignyo Prayogo, Zahratul Imananda, & Jova Resti Asyia Bilillah. (2026). A Pemanfaatan Media Gambar Dalam Pembelajaran Metamorfosis Hewan Di Sekolah Dasar. *TUNAS : Jurnal Pendidikan Biologi*, *7*(1), 50-63. https://doi.org/10.57094/tunas.v7i1.4965

Fajariyanti, N. (2025). Immersive science learning: Flipbook web-AR untuk visualisasi dan interaksi konsep IPA. *Jurnal Kajian Pendidikan IPA*, 5(2), 222–231.

Fauriski, M. I., Wulandari, A. Y. R., Tamam, B., Putera, D. B. R. A., & Sutarja, M. C. (2023). Kelayakan media komik GIF sains berbasis Hypertext Markup Language 5 pada materi pesawat sederhana. *Natural Science Education Research (NSER)*, 6(2). https://doi.org/10.21107/nser.v6i2.16629

Gultom, F. Y., Solin, N. P. C., & Simanjuntak, M. P. (2025). Efektivitas pendekatan Contextual Teaching and Learning (CTL) dalam meningkatkan hasil belajar IPA siswa SMP: Studi literatur sistematis. *Invention: Journal Research and Education Studies*, 6(3), 987–995.

Harefa, D. (2026). Exploring Nias Local Wisdom Through An Ethnoscience Approach As A Science Learning Resource In Schools. *TUNAS : Jurnal Pendidikan Biologi*, *7*(1), 20-36. https://doi.org/10.57094/tunas.v7i1.4779

Irawan, L., & Yatri, I. (2022). Pengembangan media pembelajaran Augmented Realty pada materi struktur tumbuhan sekolah dasar. *Jurnal IDEAS: Pendidikan, Sosial, dan Budaya*, 8(3), 971–978. https://doi.org/10.32884/ideas.v8i3.890

Khusna, N., & Rozy, F. (2026). Pengembangan game edukasi Construct 2 pada pembelajaran biologi materi hormon pada reproduksi manusia. *Jurnal Sains Ekonomi dan Edukasi (AKSIOMA)*, 3(1), 113–124. https://doi.org/10.62335

Ma'ruf, Sultan, A. D., Nurlina, & Marisda, D. H. (2024). Development of basic physics practicum based on virtual Android observatory to facilitate students' ICT literacy abilities. *Journal of Science Learning*, 7(3), 267–273. https://doi.org/10.17509/jsl.v7i3.66043

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

Mahardika, A. I., Wiranda, N., & Kamal, M. (2023). Web-based interactive learning medium to foster students' understanding on magnetic theory using the tutorial method. *SAR Journal*, 6(1), 37–44. https://doi.org/10.18421/SAR61-06

Mahareni, Y., Syafril, Anugrah, S., & Kurnia, R. (2024). Pengembangan multimedia pembelajaran berbasis web pada mata pelajaran IPA kelas VIII SMP. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*, 5(5), 6301–6308. https://doi.org/10.54373/imeij.v5i5.1981

Natasya, Darman, & Saputra, H. N. (2026). Pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis web pada materi zat dan perubahannya menggunakan model 4D. *EDUTECH: Jurnal Inovasi Pendidikan Berbantuan Teknologi*, 6(3), 2049–2061. https://doi.org/10.51878/edutech.v6i3.12903

Nazila, W., & Suwardi, A. B. (2026). Kajian Etnobotani Tumbuhan Pangan Liar Dan Potensinya Sebagai Sumber Pangan Alternatif Di Desa Pulo Rayeuk, Aceh Utara. *TUNAS : Jurnal Pendidikan Biologi*, *7*(1), 73-82. https://doi.org/10.57094/tunas.v7i1.4934

Niate, M., & Paidi. (2025). Development of SETS e-module on endocrine system material to improve scientific literacy and learning independence of high school students. *BIO-INOVED: Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*, 7(2), 308–317. https://doi.org/10.20527/bino.v7i2.21357

Nur, I. F., Rusdi, & Ristanto, R. H. (2023). Development of hormone system teaching material for distance learning to improve students digital literacy. *Jurnal Pijar MIPA*, 18(3), 290–304. https://doi.org/10.29303/jpm.v18i3.4587

Rahman, A. N., Masitah, Jailani, & Rambitan, V. M. M. (2026). Pengaruh model Contextual Teaching and Learning (CTL) berbantuan media mind mapping digital terhadap hasil belajar IPA siswa SMP. *PENDIPA Journal of Science Education*, 10(2), 453–460. https://doi.org/10.33369/pendipa.10.2.453-460

Riduwan. (2019). *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.

Sari, T. U., & Aminatun, T. (2024). Development of interactive learning media on endocrine system material to increase learning motivation for class XI SMA students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(10), 7420–7430. https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i10.8465

Sudiyanti, Munadi, & Nugraha, R. A. (2026). Pengembangan media pembelajaran interaktif IPA berbantuan Canva dan Wordwall dengan model ADDIE di SMP kelas VIII. *EDUPROXIMA: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 8(3). https://doi.org/10.29100/eduproxima.v8i3.9662

Syafitri, I., Novrianti, N., Maiziani, F., & Pratiwi, R. (2026). Pengembangan multimedia interaktif berbasis STEM

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

pada mata pelajaran informatika sekolah menengah atas. *JPGI (Jurnal Penelitian Guru Indonesia)*, 11(2), 169–174. https://doi.org/10.29210/027129jpgi0005

Taradita, K. A., Juniartina, P. P., & Erlina, N. (2026). Pengembangan E-book IPA interaktif berbantuan FlipHTML5 pada materi gerak dan gaya SMP. *J-CEKI: Jurnal Cendekia Ilmiah*, 5(4), 1128–1136. https://doi.org/10.56799/j-ceki.v5i4.16889

Zendrato, P. H., Waruwu, T., Harefa, A. R., & Telaumbanua, D. (2025). Pengembangan media pembelajaran berbasis websites menggunakan Google Sites pada pembelajaran IPA di UPTD SMP Negeri 6 Gunungsitoli. *Jurnal BELAINDIKA (Pembelajaran dan Inovasi Pendidikan)*, 7(3), 410–420. https://doi.org/10.52005/belaindika.v7i3.397

Copyright (c) 2026. Brilliant Geraldatama, Eva A. W. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.