Copyright © 2026 The Author(s)
Didaktika: Jurnal Kependidikan Vol. 15 No. 1 Februari 2026

Pengembangan Bahan Ajar Digital Berbasis *G-Smart* untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Fisika Dasar Mahasiswa Calon Guru IPA

Olfiane Tamarengki[1], Saprudin Saprudin[2], Salsa Karima[3], Kadek Dwi Hendratma Gunawan[4], Yulianti Yusal[5], Nurgan Tadeko[6], Nanang Winarno[7]

[1,2,3]Universitas Khairun, Indonesia
[4]Universitas Sebelas Maret, Indonesia
[5]Universitas Negeri Makassar, Indonesia
[6]Universitas Tadulako, Indonesia
[7]Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

[2]saprudin@unkhair.ac.id
DOI: https://doi.org/10.58230/27454312.3687

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan bahan ajar digital berbasis G-SMART (*Google Sites Media for Active and Reflective Teaching*) pada mata kuliah Fisika Dasar 1 serta menguji kelayakan dan efektivitasnya dalam meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang mencakup tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Produk divalidasi oleh tiga ahli media, tiga ahli materi, dan tiga ahli bahasa menggunakan lembar penilaian berskala Likert, kemudian skor dikonversi menjadi persentase untuk menentukan kategori kevalidan. Uji coba dilakukan pada 28 mahasiswa calon guru IPA yang mengontrak Fisika Dasar 1 di salah satu universitas di Kota Ternate, dengan penguasaan konsep diukur melalui tes pre-test dan post-test. Data peningkatan penguasaan konsep dianalisis menggunakan *normalized gain* <g>, yang menunjukkan nilai <g> = 0,51 (kategori sedang), serta didukung analisis deskriptif terhadap hasil belajar. Hasil validasi ahli menunjukkan rata-rata kevalidan 85,7% dengan kategori sangat valid, sementara respons mahasiswa terhadap bahan ajar mencapai 87% dengan kategori sangat baik. Bahan ajar digital berbasis G-SMART dinyatakan layak dan potensial sebagai komplemen sumber belajar Fisika Dasar 1 yang fleksibel dan mudah untuk diakses.

Kata kunci: Bahan ajar digital, Google sites, *G-Smart*, Penguasaan konsep

Pendahuluan

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan yang bersifat fundamental dalam dunia pendidikan, khususnya terkait dengan cara pendidik merancang, menyajikan, mengelola, dan mengevaluasi bahan ajar. Digitalisasi pembelajaran tidak hanya menggeser medium penyampaian materi dari cetak ke daring, tetapi juga mengubah paradigma pembelajaran dari yang berpusat pada pendidik *(teacher-centered)* menuju pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa *(student-centered)*. Transformasi ini menuntut pendidik untuk mampu menghadirkan media pembelajaran yang inovatif, kontekstual, dan responsif terhadap karakteristik serta kebutuhan belajar mahasiswa yang beragam (Pasi & Dhamak, 2025). Dalam hal ini, bahan ajar digital tidak lagi sekadar berfungsi sebagai sumber informasi, melainkan sebagai ruang belajar virtual yang memungkinkan terjadinya interaksi dua arah, eksplorasi mandiri, serta penguatan pemahaman konsep secara berkelanjutan.

Menurut Karimah, et al., (2024); Utami, (2021) dalam konteks pendidikan tinggi, keberadaan bahan ajar digital menjadi semakin strategis seiring dengan meningkatnya tuntutan fleksibilitas pembelajaran dan pengembangan keterampilan belajar sepanjang hayat *(lifelong learning).* Bahan ajar digital memungkinkan mahasiswa untuk mengakses materi pembelajaran kapan saja dan di mana saja, sehingga proses belajar tidak lagi terikat oleh batasan ruang dan waktu perkuliahan. Fleksibilitas ini memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk mengatur ritme belajarnya sendiri, meninjau ulang materi yang belum dipahami, serta memperdalam konsep melalui berbagai sumber belajar yang terintegrasi. Selain itu, bahan ajar digital juga mendorong mahasiswa untuk berperan lebih aktif dalam proses konstruksi pengetahuan, karena mahasiswa dituntut untuk menavigasi materi, melakukan eksplorasi, dan mengambil keputusan belajar secara mandiri (Haji et al., 2023; Wahab et al., 2023; Saprudin et al., 2023; Marinda et al., 2023; Saprudin et al., 2024).

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar digital yang dirancang secara sistematis dan berbasis prinsip pedagogis yang tepat mampu memberikan dampak positif terhadap kualitas pembelajaran. Integrasi unsur visual, multimedia interaktif, serta mekanisme umpan balik yang berkelanjutan terbukti dapat meningkatkan pemahaman konsep, motivasi belajar, dan kemandirian mahasiswa (Adam, et al., 2023; Momani, et al., 2023). Unsur visual dan multimedia membantu mahasiswa memvisualisasikan konsep abstrak, sementara interaktivitas memungkinkan mahasiswa untuk terlibat langsung dalam proses belajar melalui simulasi, latihan, dan evaluasi mandiri. Di sisi lain, umpan balik yang diberikan secara cepat dan berkesinambungan membantu mahasiswa merefleksikan pemahaman yang telah dicapai serta mengidentifikasi bagian materi yang masih memerlukan penguatan. Judijanto, et al., (2025) menyebutkan bahan ajar digital tidak lagi diposisikan sebagai pelengkap atau alternatif dari pembelajaran tatap muka, melainkan sebagai komponen integral dalam ekosistem pembelajaran modern. Keberadaannya menjadi penopang utama dalam menciptakan pembelajaran yang lebih bermakna, adaptif, dan berorientasi pada pengembangan kompetensi abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kemampuan memecahkan masalah, serta kemandirian belajar. Dengan memanfaatkan potensi teknologi digital secara optimal, pendidik diharapkan mampu merancang pengalaman belajar yang tidak hanya efektif dalam mentransfer pengetahuan, tetapi juga relevan dengan tantangan dan kebutuhan dunia pendidikan di era transformasi digital.

Namun, kenyataan di lapangan menunjukkan adanya masalah yang cukup krusial, khususnya pada mahasiswa calon guru IPA tepatnya pada semester awal perkuliahan. Peralihan fase dari SMA ke perguruan tinggi sering kali memunculkan kesenjangan pengetahuan. Konsep-konsep dasar fisika yang seharusnya sudah dikuasai, ternyata masih menjadi kendala, sehingga dosen sering kali harus mengulang kembali konsep-konsep dasar yang sudah mereka dapatkan sebelumnya pada jenjang SMA. Kondisi ini berdampak pada keterlambatan pencapaian capaian pembelajaran dan kurang optimalnya penguasaan konsep fisika pada perkuliahan fisika dasar. Sehubungan dengan hal tersebut, peran media pembelajaran menjadi penting terutama dalam menjembatani kesenjangan ini melalui penyediaan materi yang komprehensif, mudah diakses, serta menarik secara visual.

Pemanfaatan *Google Sites* menawarkan peluang yang besar karena media ini memungkinkan integrasi berbagai sumber belajar, mulai dari materi pembelajaran, video penjelasan, simulasi berbasis PhET, kuis interaktif, animasi, hingga portofolio mahasiswa (Hidayat, et al., 2025). Dengan desain seperti ini, mahasiswa tidak hanya memperoleh pengetahuan secara pasif, tetapi juga dapat belajar secara aktif, mengeksplorasi konsep melalui simulasi, dan melakukan refleksi pembelajaran melalui portofolio yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang menekankan pada *critical thinking, creativity, collaboration,* dan *communication*.

Copyright © 2026 The Author(s)

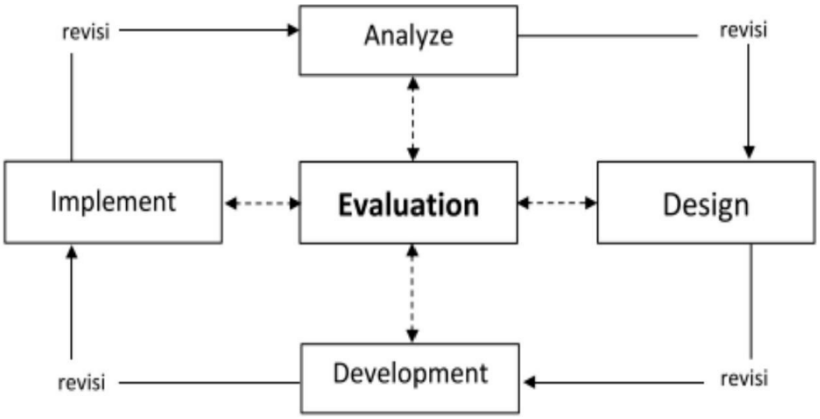
Seiring dengan tuntutan agar mahasiswa tidak hanya menjadi penerima pasif, berbagai studi menunjukkan bahwa penerapan *active learning* dan *reflective teaching* dalam pembelajaran fisika perguruan tinggi membawa dampak positif terhadap pemahaman konseptual siswa. Survei oleh Dancy et al. (2024) menemukan bahwa pengajar fisika semakin sering menggunakan strategi pembelajaran berbasis penelitian instruksional (*research-based instructional strategies*), dan bahwa metode aktif seperti diskusi, *problem solving*, dan simulasi mampu meningkatkan keterlibatan serta hasil belajar mahasiswa dibandingkan dengan kuliah tradisional. Di sisi refleksi, Kolajo (2025) menegaskan bahwa praktik mengajar yang reflektif yakni kemampuan pengajar untuk meninjau kembali pengalaman pembelajaran, menyesuaikan metode berdasarkan respons mahasiswa, dan mengevaluasi efektivitas media menjadi komponen penting dalam peningkatan kualitas pengajaran.

Merujuk pada studi sebelumnya, pengembangan bahan ajar berbasis *Google Sites* menjadi sangat penting dalam konteks pendidikan tinggi, khususnya pada pembelajaran fisika dasar. Rahman, et al., (2024) menunjukkan bahwa integrasi model POE2WE dengan *Google Sites* berhasil meningkatkan keterlibatan mahasiswa dan pemahaman konseptual karena media ini mampu menyajikan materi, video, serta instrumen evaluasi dalam satu *platform*. Temuan serupa juga diperkuat oleh Yusuf, et al., (2023) yang mengembangkan bahan ajar medan magnet berbasis *Google Sites* dengan model siklus belajar; hasilnya media tersebut valid, praktis, dan efektif untuk memfasilitasi penguasaan konsep yang lebih baik. Bahkan, Nurwina, et al., (2025) menegaskan bahwa bahan ajar berbasis *Google Sites* tidak hanya mendukung pemahaman konsep, tetapi juga meningkatkan keterampilan kolaborasi mahasiswa. Fakta ini sejalan dengan literatur internasional yang menekankan bahwa media digital interaktif berperan signifikan dalam menjembatani kesenjangan pengetahuan dan mendukung strategi *active learning* (Momani et al., 2023; Simanungkalit, 2025). Oleh karena itu, pengembangan bahan ajar digital berbasis *Google Sites* dengan konsep *G-SMART* (*Google Sites Media for Active and Reflective Teaching*) menjadi pilihan strategis untuk menjawab tantangan pembelajaran fisika dasar bagi mahasiswa calon guru IPA.

Penelitian ini memperkenalkan pengembangan bahan ajar digital berbasis *G-SMART* (*Google Sites Media for Active and Reflective Teaching*) sebagai sebuah inovasi media pembelajaran yang dirancang untuk menjawab tantangan pembelajaran fisika dasar di pendidikan tinggi. Konsep *G-SMART* menegaskan bahwa pemanfaatan Google Sites tidak sekadar difungsikan sebagai wadah penyimpanan materi, tetapi sebagai lingkungan belajar terintegrasi yang secara sistematis dirancang untuk mendukung keterlibatan aktif (*active learning*) dan pembelajaran reflektif (*reflective teaching*). Melalui desain ini, mahasiswa didorong untuk tidak hanya menerima informasi secara pasif, melainkan terlibat secara langsung dalam proses eksplorasi konsep, pemecahan masalah, serta pengujian pemahaman melalui berbagai aktivitas interaktif yang tersedia dalam bahan ajar. Melalui penerapan *G-SMART*, diharapkan dapat berlangsung secara lebih efektif dan adaptif terhadap karakteristik mahasiswa calon guru IPA. Keterlibatan aktif mahasiswa dalam mengeksplorasi konsep fisika, dikombinasikan dengan praktik refleksi yang terstruktur, diyakini mampu meningkatkan penguasaan konsep secara lebih mendalam, tidak hanya pada level pemahaman prosedural, tetapi juga konseptual dan aplikatif. Selain itu, pengalaman belajar yang diperoleh melalui bahan ajar digital ini diharapkan dapat membekali mahasiswa calon guru IPA dengan wawasan pedagogis dan keterampilan literasi digital yang relevan untuk menghadapi tantangan pembelajaran sains di era transformasi digital, baik sebagai pembelajar maupun sebagai calon pendidik profesional di masa depan.

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian *Research and Development* (R&D) yang menggunakan model pengembangan ADDIE yang terdiri atas lima tahap utama, yaitu: (1) *Analyze*, (2) *Design*, (3) *Development*, (4) *Implement*, dan (5) *Evaluation*. Metode penelitian dalam pengembangan produk ini menggunakan model ADDIE yang dikembangkan oleh Robert Maribe Branch (2009). Model ini dipilih karena sesuai untuk mengembangkan produk bahan ajar digital yang terstruktur, teruji, dan dapat digunakan secara berkelanjutan dalam pembelajaran. Produk bahan ajar *G-SMART* diimplementasikan dengan melibatkan 28 mahasiswa calon guru IPA pada salah satu universitas di Kota Ternate.



Gambar 1. Konsep R&D Model ADDIE

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi: 1) data validasi produk bahan ajar yang dikumpulkan dengan teknik non-tes menggunakan lembar validasi oleh pakar melalui skala Likert yang dianalisis secara deskriptif kuantitatif dalam bentuk skor rata-rata/ persentase dan dikategorikan tingkat kevalidannya, selain skor, pakar juga menuliskan saran/kritik kualitatif sebagai bahan revisi, 2) data penguasaan konsep mahasiswa yang diperoleh melalui tes berupa soal pilihan ganda dan 3) data respon mahasiswa terhadap bahan ajar yang dikumpulkan melalui teknik non-ujian dengan menggunakan angket kuesioner dalam bentuk pernyataan berskala Likert, kemudian data dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung skor tiap butir, mengkonversinya menjadi persentase rata-rata per aspek maupun keseluruhan, dan menginterpretasikannya ke dalam kategori respon, sehingga menghasilkan gambaran tingkat kepraktisan atau keberterimaan bahan ajar oleh mahasiswa.

Data peningkatan pemahaman konsep diperoleh dari skor tes penguasaan konsep yang diberikan sebelum pembelajaran menggunakan bahan ajar *(pre-test)* dan setelah pembelajaran *(post-test)*, kemudian selisih keduanya dianalisis menggunakan perhitungan *normalized gain* <*g*> menurut Hake untuk melihat efektivitas intervensi, dan selanjutnya data skor pre-test dan post-test tersebut dianalisis secara statistik inferensial dengan bantuan SPSS menggunakan uji-t berpasangan *(paired sample t-test)* guna menguji signifikansi perbedaan rata-rata penguasaan konsep sebelum dan sesudah penggunaan bahan ajar. Data hasil validasi dan angket kuesioner dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan mengkonversi skor menjadi persentase untuk kemudian diinterpretasikan ke dalam kategori sangat valid–tidak valid dan sangat baik–sangat kurang, sedangkan data penguasaan konsep dianalisis menggunakan normalized gain g*g* Hake untuk menentukan kategori peningkatan rendah, sedang, atau tinggi.

Copyright © 2026 The Author(s)

Hasil

Dalam penelitian ini, pengembangan dilakukan dengan mengadopsi model ADDIE. Tahap pertama dalam proses ini adalah melakukan analisis kebutuhan yang diikuti dengan perancangan model, pelaksanaan proses pengembangan, implementasi, dan tahap evaluasi akhir. Pada tahap analisis, peneliti menganalisis beberapa kebutuhan yang sesuai dengan penelitian, yaitu kajian kurikulum dan CPL, analisis materi, identifikasi karakteristik mahasiswa, dan observasi awal. Kemudian, pada tahap desain, peneliti menyusun struktur bahan ajar, membuat storyboard, kerangka isi, instrumen validasi ahli. Pada tahap pengembangan, peneliti merancang bahan ajar berbasis google sites, validasi ahli, dan revisi sesuai kebutuhan. Tahap implementasi, dilakukan pada mahasiswa calon guru IPA dengan mengumpulkan data penelitian. Selanjutnya adalah tahap evaluasi, yang merupakan bagian tahap akhir mencakup evaluasi formatif, dan evaluasi sumatif. Adapun temuan hasil dari lima tahap yang dilaksanakan pada penelitian dan pengembangan ini dijelaskan sebagai berikut.

Tahap Analisis (Analyze)

Tahap analisis menunjukkan bahwa mahasiswa calon guru IPA pada semester awal mengalami kesenjangan pengetahuan dasar fisika. Hasil observasi pada perkuliahan Fisika Dasar 1 ditemukan lebih dari separuh mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep dasar pengukuran, gerak dalam 1 dimensi, vektor, hukum Newton, dan listrik statis. Padahal konsep-konsep dasar tersebut seharusnya telah dikuasai pada jenjang SMA. Kondisi ini mengakibatkan proses perkuliahan berjalan lambat karena perlu dilakukan pengulangan materi dasar sebelum melanjutkan ke topik yang lebih kompleks. Selain itu, pada tahap observasi juga menemukan bahwa sebagian besar mahasiswa belum terbiasa menggunakan sumber belajar digital. Mereka cenderung bergantung pada catatan perkuliahan tatap muka dan jarang mengakses materi pendukung secara mandiri. Hal ini berimplikasi pada rendahnya kemandirian belajar serta terbatasnya kemampuan mahasiswa dalam mengintegrasikan teori dengan representasi visual seperti grafik atau simulasi.

Tahap Desain (Design)

Pada tahap desain, penyusunan bahan ajar *G-Smart* dilakukan secara sistematis dengan menghasilkan *storyboard* sebagai kerangka awal. Storyboard disusun menggunakan *Microsoft Office Word* dan dikonversi dalam bentuk *Portable Document Format* (PDF) untuk memudahkan pengarsipan dan akses lintas perangkat. Storyboard ini berfungsi sebagai peta rancangan alur isi bahan ajar, meliputi urutan penyajian materi, penempatan simulasi, penyisipan video pembelajaran, serta penentuan titik refleksi dan evaluasi mahasiswa. Selain *storyboard,* tahap desain juga menghasilkan instrumen penelitian yang meliputi: (1) instrumen validasi produk berbasis Google Sites, (2) instrumen tes penguasaan konsep, serta (3) instrumen angket respon mahasiswa. Instrumen-instrumen ini terlebih dahulu divalidasi oleh pakar media, materi, dan bahasa, sehingga dipastikan layak digunakan pada tahap pengembangan dan implementasi. Proses validasi instrumen ini penting agar data penelitian yang diperoleh akurat, reliabel, serta sesuai dengan tujuan penelitian. Produk bahan ajar digital *G-SMART* dirancang mengikuti sintaks pembelajaran aktif dengan integrasi materi pembelajaran, simulasi PhET, video interaktif, kuis reflektif, serta portofolio digital.

Tahap Pengembangan / Development

Pada tahap pengembangan, produk bahan ajar digital berbasis Google Sites telah berhasil dirancang dan diberi nama *G-SMART* Fisdas (*Google Sites Media for Active and Reflective Teaching – Fisika Dasar)*. Produk ini memuat integrasi materi, video, simulasi berbasis PhET, serta kuis interaktif. Produk yang telah dirancang kemudian divalidasi oleh tiga pakar, yaitu ahli media, ahli materi, dan ahli bahasa. Hasil validasi ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Validasi Ahli Media

Aspek Penilaian	Skor (%)	Kategori	Catatan Pakar
Tampilan Visual	87	Sangat Valid	Desain visual menarik namun perlu konsistensi warna antar-halaman.
Navigasi dan Interaktivitas	89	Sangat Valid	Navigasi mudah diakses, disarankan menambah tombol *home* di setiap halaman.
Kesesuaian Media	88	Sangat Valid	Integrasi video dan simulasi sudah sesuai, perlu variasi animasi tambahan.
Rata-rata	**88**	**Sangat Valid**	Produk sangat layak digunakan dengan revisi minor.

Tabel 2. Hasil Validasi Ahli Materi

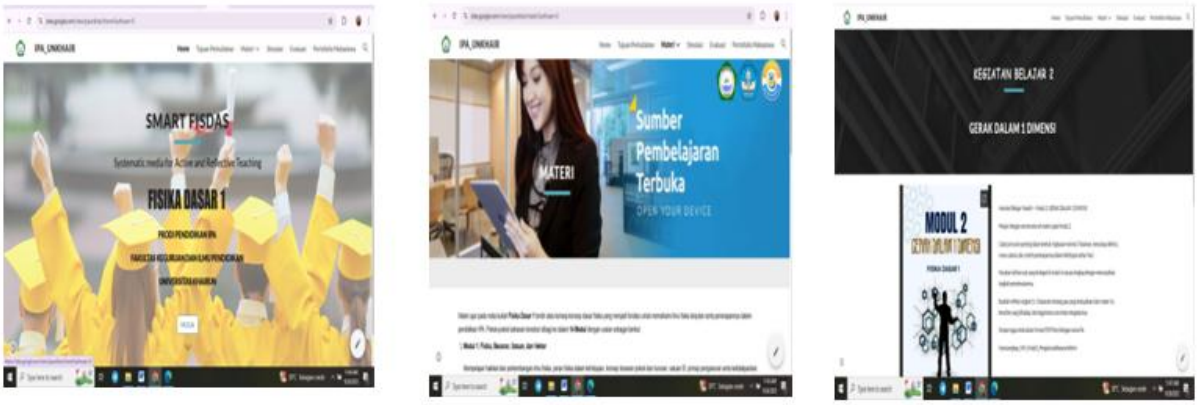
Aspek Penilaian	Skor (%)	Kategori	Catatan Pakar
Kesesuaian Materi	85	Sangat Valid	Materi sesuai CPL, perlu variasi soal untuk memperdalam pemahaman.
Keakuratan Konsep	86	Sangat Valid	Konsep fisika tepat, contoh numerik perlu diperbanyak.
Keterpaduan dengan Media	84	Sangat Valid	Materi terintegrasi baik dengan simulasi dan video.
Rata-rata	**85**	**Sangat Valid**	Layak digunakan, revisi berupa penambahan contoh soal dan konteks aplikasi.

Tabel 3. Hasil Validasi Ahli Bahasa

Aspek Penilaian	Skor (%)	Kategori	Catatan Pakar
Keterbacaan Teks	82	Sangat Valid	Teks jelas, perlu perbaikan tata kalimat pada beberapa paragraf.
Konsistensi Istilah	85	Sangat Valid	Istilah fisika konsisten, beberapa perlu penyesuaian dengan istilah baku.
Kejelasan Instruksi	85	Sangat Valid	Instruksi kegiatan mudah dipahami mahasiswa.
Rata-rata	**84**	**Sangat Valid**	Layak digunakan dengan revisi minor pada konsistensi istilah.

Secara keseluruhan, hasil validasi dari ketiga pakar menunjukkan bahwa produk *G-SMART* Fisdas berada dalam kategori sangat valid dengan skor rata-rata gabungan sebesar 85,7%. Masukan kualitatif dari pakar menjadi dasar untuk revisi minor sebelum produk diimplementasikan pada tahap berikutnya. Substansial produk bahan ajar yang dikembangkan dapat diakses pada laman https://sites.google.com/view/ipaunkhair/home.

Copyright © 2026 The Author(s)



Gambar 2. Tampilan bahan ajar berbasis google sites

Tahap Implementasi

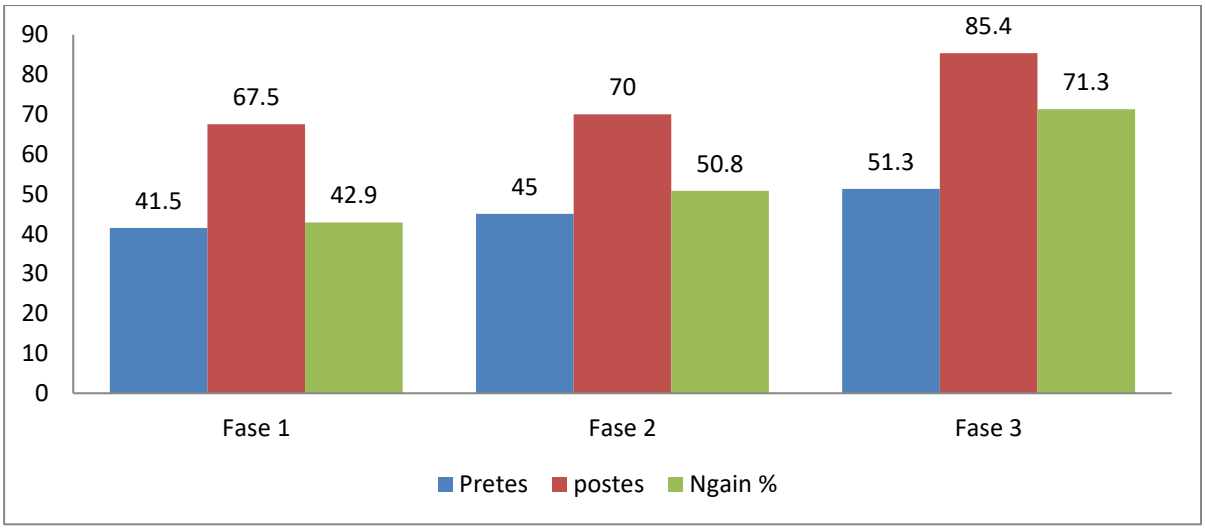
Pelaksanaan tahap implementasi penelitian ini melibatkan 28 mahasiswa semester pertama Program Studi Pendidikan IPA sebagai subjek. Mahasiswa semester pertama dipilih sebagai subjek penelitian karena berada pada tahap awal perkuliahan sehingga masih tampak jelas kesenjangan penguasaan konsep dasar dan kebutuhan penguatan fondasi belajar, sehingga cocok untuk menguji efektivitas bahan ajar yang dikembangkan. Data mengenai peningkatan penguasaan konsep mahasiswa dikumpulkan melalui instrumen Pre-test dan *Post-test* yang berfokus pada materi Fisika Dasar 1.



Gambar 3. Implementasi *G-SMART* dalam Perkuliahan

Tahap Evaluate

Data *Pre-test*, *Post-test,* serta persentase skor <*g*> ditampilkan pada Gambar 4. Hasil menunjukkan adanya peningkatan capaian belajar mahasiswa pada setiap fase. Pada Fase 1, rata-rata skor pretest sebesar 41,5 meningkat menjadi 67,5 pada posttest. Fase 2 juga memperlihatkan tren serupa, dengan rata-rata pretest 45 dan posttest 70. Selanjutnya, pada Fase 3 peningkatan semakin signifikan, yakni dari rata-rata pretest 51,3 menjadi 85,4 pada posttest.



Gambar 4. Rata-rata *Pre-test, Posttes* dan persentase N-gain

Berdasarkan Gambar, nilai N-gain mahasiswa menunjukkan tren peningkatan dari fase ke fase, di mana pada Fase 1 rata-rata N-gain mencapai 42,9% (kategori sedang), pada Fase 2 meningkat menjadi 50,8% (kategori sedang), dan pada Fase 3 mencapai 71,3% (kategori tinggi); peningkatan ini dipastikan signifikan secara statistik melalui uji-t berpasangan terhadap skor pre-test dan post-test menggunakan SPSS, sehingga menunjukkan bahwa penggunaan bahan ajar digital berbasis G-SMART berpengaruh nyata terhadap penguasaan konsep fisika dasar mahasiswa

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa intervensi pembelajaran menggunakan bahan ajar digital berbasis Goggle Site tidak hanya efektif sejak fase awal, tetapi juga semakin memperkuat penguasaan konsep mahasiswa pada fase akhir. Hal ini menegaskan efektivitas media dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika dasar secara bertahap dan berkelanjutan. bahan ajar digital berbasis *G-SMART* mampu meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa secara konsisten dari fase awal hingga akhir. Temuan ini sekaligus mengindikasikan bahwa media yang dikembangkan efektif mendukung proses belajar mahasiswa, baik dalam aspek pemahaman konsep maupun motivasi belajar. Selain peningkatan aspek kognitif, hasil angket menunjukkan bahwa mahasiswa memberikan respons yang sangat positif terhadap penggunaan bahan ajar berbasis Google Sites.

Tabel 4.Hasil Respons Mahasiswa terhadap Bahan Ajar Google Sites

No.	Pertanyaan / Pernyataan	Percentage (%)	Kriteria
A. Aksesibilitas dan Desain (Google Sites)			
1	Seberapa mudah Anda mengakses dan menavigasi berbagai bagian bahan ajar di Google Sites?	96%	Sangat Baik
2	Apakah tampilan desain Google Sites membuat Anda nyaman saat belajar?	94%	Sangat Baik
3	Seberapa sering Anda mengalami kendala teknis (seperti *loading* lambat atau *error*) saat menggunakan Google Sites? (Respons: Tidak Pernah/Jarang)	91%	Sangat Baik

Copyright © 2026 The Author(s)

B. Integrasi Materi Pembelajaran (Materi & Video)			
4	Apakah materi tekstual yang disajikan di Google Sites mudah dipahami dan relevan?	97%	Sangat Baik
5	Seberapa efektif video pembelajaran yang disematkan dalam membantu Anda memahami konsep yang sulit?	98%	Sangat Baik
6	Apakah urutan penyajian materi, video, dan kegiatan di Google Sites sudah logis dan runtut?	93%	Sangat Baik
C. Penggunaan Simulasi Phet (Interaktif)			
7	Seberapa besar simulasi Phet membantu Anda memvisualisasikan konsep abstrak?	99%	Sangat Baik
8	Apakah Anda merasa lebih termotivasi untuk bereksperimen ketika menggunakan simulasi Phet?	95%	Sangat Baik
D. Kuis Interaktif dan Evaluasi			
9	Apakah kuis interaktif memberikan umpan balik (feedback) yang bermanfaat untuk perbaikan?	94%	Sangat Baik
10	Seberapa efektif kuis tersebut dalam mengukur pemahaman Anda secara mandiri?	92%	Sangat Baik
Rata-Rata Respons Mahasiswa (Overall Average)		94.9%	**Sangat Baik**

Rata-rata keseluruhan respons mencapai 94,9% dengan kriteria Sangat Baik. Pada aspek aksesibilitas dan desain, mahasiswa menilai Google Sites mudah diakses (96%) dan memiliki tampilan yang nyaman (94%), dengan kendala teknis yang jarang terjadi (91%). Dari sisi integrasi materi pembelajaran, mayoritas mahasiswa menilai materi mudah dipahami (97%) dan video sangat efektif membantu memahami konsep sulit (98%), sementara alur penyajian dinilai logis dan runtut (93%). Pada aspek simulasi PhET, mahasiswa merasa sangat terbantu dalam memvisualisasikan konsep abstrak (99%) serta lebih termotivasi untuk bereksperimen (95%). Terakhir, pada kuis interaktif dan evaluasi, mahasiswa menilai kuis memberikan umpan balik yang bermanfaat (94%) dan efektif untuk mengukur pemahaman mandiri (92%). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa bahan ajar digital berbasis Google Sites tidak hanya efektif meningkatkan penguasaan konsep, tetapi juga berhasil menciptakan pengalaman belajar yang interaktif, menarik, dan memotivasi mahasiswa untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran.

Pembahasan

Analisis Observasi Pengembangan Bahan Ajar Digital Berbasis G-Smart untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Fisika Dasar Mahasiswa Calon Guru IPA

Hasil tahap analisis menunjukkan bahwa mahasiswa calon guru IPA pada semester awal perkuliahan mengalami kesenjangan pengetahuan yang signifikan pada konsep-konsep dasar fisika, seperti pengukuran, gerak satu dimensi, vektor, hukum Newton, dan listrik statis. Temuan ini mengindikasikan adanya ketidaksinambungan pemahaman antara jenjang SMA dan perguruan tinggi, meskipun konsep-konsep tersebut merupakan fondasi penting bagi pembelajaran fisika lanjutan. Kondisi ini sejalan dengan temuan McDermott dan Redish (1999) yang menyatakan bahwa banyak mahasiswa memasuki perkuliahan fisika dengan miskonsepsi dan pemahaman konseptual yang lemah, sehingga menghambat pembelajaran pada topik yang

lebih kompleks. Kesenjangan pemahaman konsep dasar tersebut berdampak langsung pada efektivitas perkuliahan Fisika Dasar, karena dosen perlu melakukan pengulangan materi sebelum melanjutkan ke pembahasan lanjutan. Akibatnya, laju perkuliahan menjadi lebih lambat dan capaian pembelajaran kurang optimal.

Hal ini menegaskan bahwa penguasaan konsep awal merupakan prasyarat penting dalam pembelajaran fisika di pendidikan tinggi (Hestenes et al., 1992). Selain aspek konseptual, hasil observasi juga menunjukkan rendahnya kemandirian belajar dan literasi digital mahasiswa. Ketergantungan pada catatan perkuliahan tatap muka serta minimnya pemanfaatan sumber belajar digital mengindikasikan lemahnya kemampuan belajar mandiri, yang merupakan faktor kunci keberhasilan belajar di pendidikan tinggi (Zimmerman, 2002). Kondisi ini turut berdampak pada terbatasnya kemampuan mahasiswa dalam mengintegrasikan teori fisika dengan representasi visual, seperti grafik dan simulasi, padahal kemampuan multi-representasi sangat penting dalam membangun pemahaman konsep fisika secara utuh (Ainsworth, 2006).

Berdasarkan temuan tersebut, permasalahan pembelajaran Fisika Dasar tidak hanya terletak pada materi, tetapi juga pada strategi dan media pembelajaran. Oleh karena itu, pengembangan bahan ajar digital yang terstruktur, mudah diakses, serta mampu memfasilitasi pembelajaran aktif dan reflektif, seperti bahan ajar berbasis *G-SMART*, menjadi relevan sebagai solusi pedagogis untuk menjembatani kesenjangan pengetahuan, meningkatkan literasi digital, dan memperkuat penguasaan konsep fisika mahasiswa calon guru IPA.

Desain Pengembangan Bahan Ajar Digital Berbasis G-Smart untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Fisika Dasar Mahasiswa Calon Guru IPA

Tahap desain dalam pengembangan bahan ajar digital berbasis *G-SMART* merupakan fase krusial yang menentukan kualitas, keterpaduan, dan efektivitas produk pembelajaran yang dihasilkan. Penyusunan storyboard sebagai keluaran utama pada tahap ini menunjukkan bahwa pengembangan bahan ajar dilakukan secara sistematis dan terencana. Storyboard berfungsi sebagai peta konseptual yang memandu alur penyajian materi, integrasi media, serta aktivitas pembelajaran yang akan dialami mahasiswa. Menurut Branch (2009), perancangan pembelajaran yang diawali dengan storyboard memungkinkan pengembang untuk memvisualisasikan struktur pembelajaran secara menyeluruh, sehingga meminimalkan ketidaksesuaian antara tujuan pembelajaran, materi, dan evaluasi. Penggunaan Microsoft Office Word yang kemudian dikonversi ke format PDF juga mendukung fleksibilitas akses dan kemudahan dokumentasi lintas perangkat, yang sejalan dengan prinsip pengembangan bahan ajar digital yang adaptif dan efisien (Smaldino et al., 2019). Storyboard yang disusun tidak hanya memuat urutan penyajian materi, tetapi juga mengakomodasi penempatan simulasi, video pembelajaran, serta titik-titik refleksi dan evaluasi mahasiswa. Hal ini menunjukkan bahwa desain bahan ajar *G-SMART* telah mengintegrasikan prinsip pembelajaran aktif dan reflektif secara eksplisit. Integrasi simulasi, khususnya simulasi PhET, sejalan dengan temuan Perkins et al. (2012) yang menyatakan bahwa simulasi interaktif mampu membantu mahasiswa memahami konsep fisika abstrak melalui visualisasi dan manipulasi variabel secara langsung. Sementara itu, penyisipan video pembelajaran berfungsi sebagai penguat penjelasan konseptual dan alternatif representasi informasi, yang terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman dan retensi belajar mahasiswa (Mayer, 2020).

Selain pengembangan storyboard, tahap desain juga menghasilkan instrumen penelitian yang meliputi instrumen validasi produk, tes penguasaan konsep, dan angket respon mahasiswa. Penyusunan instrumen ini secara paralel dengan desain produk menunjukkan kesesuaian antara tujuan pengembangan, karakteristik produk, dan data yang akan dikumpulkan. Validasi instrumen oleh pakar media, materi, dan bahasa merupakan langkah penting untuk menjamin validitas isi (*content validity*) dan keterbacaan instrumen. Menurut Sugiyono (2019),

Copyright © 2026 The Author(s)

instrumen yang divalidasi oleh ahli memiliki tingkat keakuratan yang lebih tinggi dalam mengukur variabel penelitian, sehingga data yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Proses validasi ini juga mendukung reliabilitas hasil penelitian dan mengurangi potensi bias pengukuran. Lebih lanjut, rancangan produk bahan ajar digital *G-SMART* yang mengikuti sintaks pembelajaran aktif menunjukkan kesesuaian dengan paradigma pembelajaran abad ke-21. Pembelajaran aktif menempatkan mahasiswa sebagai subjek utama yang terlibat dalam proses belajar melalui aktivitas eksplorasi, diskusi, pemecahan masalah, dan refleksi (Prince, 2004). Integrasi materi pembelajaran, simulasi PhET, video interaktif, kuis reflektif, serta portofolio digital dalam satu platform Google Sites memperkuat peran bahan ajar sebagai *learning hub* yang mendukung pembelajaran berpusat pada mahasiswa. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa bahan ajar berbasis Google Sites yang dirancang dengan pendekatan aktif mampu meningkatkan keterlibatan belajar, pemahaman konseptual, dan kemandirian mahasiswa (Yusuf et al., 2023; Rahman et al., 2024).

Keberadaan kuis reflektif dan portofolio digital dalam desain *G-SMART* menjadi elemen pembeda yang menegaskan orientasi pembelajaran reflektif. Aktivitas refleksi memungkinkan mahasiswa untuk meninjau kembali proses belajar yang telah dijalani, mengevaluasi tingkat pemahaman konsep, serta merencanakan strategi perbaikan belajar secara mandiri. Kolb (2015) menekankan bahwa refleksi merupakan tahapan penting dalam *experiential learning* yang berkontribusi pada terbentuknya pemahaman konseptual yang lebih mendalam. Dengan demikian, desain bahan ajar *G-SMART* tidak hanya berfokus pada pencapaian penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan kesadaran metakognitif mahasiswa sebagai calon guru IPA.

Secara keseluruhan, tahap desain bahan ajar digital berbasis *G-SMART* telah menunjukkan keselarasan antara prinsip desain pembelajaran, pemanfaatan teknologi digital, dan kebutuhan pembelajaran fisika dasar di pendidikan tinggi. Perancangan storyboard yang sistematis, pengembangan instrumen penelitian yang tervalidasi, serta integrasi pembelajaran aktif dan reflektif menjadi fondasi kuat bagi tahap pengembangan dan implementasi selanjutnya. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa kualitas desain awal sangat menentukan keberhasilan bahan ajar digital dalam meningkatkan penguasaan konsep dan pengalaman belajar mahasiswa secara bermakna.

Pengembangan Bahan Ajar Digital Berbasis G-Smart untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Fisika Dasar Mahasiswa Calon Guru IPA

Hasil tahap pengembangan menunjukkan bahwa bahan ajar digital berbasis Google Sites yang dikembangkan dengan nama *G-SMART* Fisdas (*Google Sites Media for Active and Reflective Teaching* – Fisika Dasar) telah berhasil dirancang sebagai media pembelajaran terintegrasi yang memadukan materi, video, simulasi PhET, dan kuis interaktif. Integrasi multimedia dalam satu platform ini sejalan dengan temuan penelitian yang menyatakan bahwa bahan ajar digital interaktif mampu meningkatkan keterlibatan dan pemahaman konseptual mahasiswa pada pembelajaran fisika dasar (Adam, et al., 2023; Momani, et al., 2023).

Hasil validasi oleh ahli media menunjukkan skor rata-rata 88% dengan kategori sangat valid, yang mengindikasikan bahwa tampilan visual, navigasi, dan kesesuaian media telah memenuhi standar kelayakan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Rahman, et al. (2024) yang menegaskan bahwa desain visual yang konsisten dan navigasi yang mudah diakses pada Google Sites berkontribusi positif terhadap kenyamanan dan efektivitas pembelajaran. Validasi ahli materi memperoleh skor rata-rata 85% dengan kategori sangat valid, menunjukkan bahwa materi telah sesuai dengan CPL dan memiliki keakuratan konsep yang baik, meskipun masih memerlukan penambahan variasi soal dan contoh numerik. Hal ini konsisten dengan Yusuf, et al. (2023) yang menyatakan bahwa keberagaman latihan dan konteks aplikasi dalam bahan ajar

digital fisika berperan penting dalam memperdalam pemahaman konsep mahasiswa. Sementara itu, validasi ahli bahasa menghasilkan skor rata-rata 84% dengan kategori sangat valid, yang menunjukkan bahwa keterbacaan teks, konsistensi istilah, dan kejelasan instruksi telah memadai untuk mendukung kemandirian belajar mahasiswa. Temuan ini sejalan dengan Nurwina, et al. (2025) yang menekankan pentingnya kualitas bahasa dalam bahan ajar digital untuk memfasilitasi penggunaan mandiri oleh mahasiswa. Secara keseluruhan, skor rata-rata gabungan sebesar 85,7% menempatkan *G-SMART* Fisdas dalam kategori sangat valid dan layak diimplementasikan dengan revisi minor. Hasil ini memperkuat temuan penelitian terdahulu bahwa bahan ajar berbasis Google Sites memiliki potensi tinggi sebagai media pembelajaran aktif dan reflektif di pendidikan tinggi (Hidayat, et al., 2025).

Implementasi Pengembangan Bahan Ajar Digital Berbasis G-Smart untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Fisika Dasar Mahasiswa Calon Guru IPA

Tahap implementasi penelitian ini dilakukan pada 28 mahasiswa semester pertama Program Studi Pendidikan IPA yang mengikuti perkuliahan Fisika Dasar 1 dengan memanfaatkan bahan ajar digital berbasis G-SMART, yang diterapkan dalam tiga fase perkuliahan berturut-turut; pada setiap fase mahasiswa menggunakan G-SMART sebagai sumber belajar utama yang terintegrasi dengan perkuliahan tatap muka, dengan cara mengakses materi, video pembelajaran, simulasi PhET, serta kuis interaktif melalui platform Google Sites baik secara mandiri maupun dengan bimbingan dosen, sehingga data pre-test dan post-test pada Fase 1, Fase 2, dan Fase 3 dapat diperoleh untuk dianalisis peningkatan penguasaan konsepnya

Dokumentasi pada tahap implementasi menggambarkan situasi implementasi *G-SMART* dalam perkuliahan, di mana mahasiswa terlihat aktif menggunakan perangkat digital untuk mengakses bahan ajar, mengeksplorasi simulasi, serta berdiskusi mengenai konsep fisika yang dipelajari. Implementasi ini menunjukkan pergeseran pola pembelajaran dari yang semula berpusat pada dosen menuju pembelajaran yang lebih berorientasi pada mahasiswa (*student-centered learning*). Mahasiswa tidak hanya menerima penjelasan konsep secara verbal, tetapi juga terlibat langsung dalam aktivitas eksploratif dan reflektif melalui media digital.

Pengumpulan data penguasaan konsep dilakukan melalui Pre-test dan Post-test yang difokuskan pada materi Fisika Dasar. Pre-test diberikan sebelum mahasiswa menggunakan bahan ajar *G-SMART* untuk mengidentifikasi kemampuan awal, sedangkan *Post-test* diberikan setelah proses pembelajaran berlangsung untuk melihat perubahan dan peningkatan penguasaan konsep. Dengan desain ini, tahap implementasi tidak hanya berfungsi sebagai uji penerapan produk, tetapi juga sebagai sarana untuk mengamati bagaimana bahan ajar *G-SMART* digunakan secara nyata dalam konteks perkuliahan.

Secara umum, pelaksanaan implementasi menunjukkan bahwa *G-SMART* dapat digunakan dengan baik oleh mahasiswa semester awal dan mampu mendukung kelancaran proses pembelajaran. Mahasiswa tampak lebih aktif, mandiri, dan terlibat dalam memahami konsep-konsep fisika dasar. Temuan ini mengindikasikan bahwa bahan ajar digital berbasis Google Sites layak diterapkan pada tahap pembelajaran awal mahasiswa calon guru IPA sebagai fondasi penguasaan konsep dan pengalaman belajar di era digital.

Evaluasi Pengembangan Bahan Ajar Digital Berbasis G-Smart untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Fisika Dasar Mahasiswa Calon Guru IPA

Hasil tahap evaluate menunjukkan bahwa penggunaan bahan ajar digital berbasis G-SMART (Google Sites Media for Active and Reflective Teaching) berdampak positif terhadap peningkatan penguasaan konsep mahasiswa secara bertahap dan berkelanjutan. Peningkatan skor pre-test ke post-test yang konsisten pada setiap fase, serta kenaikan nilai N-gain dari kategori sedang pada Fase 1 (42,9%) dan Fase 2 (50,8%) ke kategori tinggi pada Fase 3 (71,3%), mengindikasikan bahwa intervensi pembelajaran semakin efektif seiring dengan meningkatnya

Copyright © 2026 The Author(s)

intensitas dan kualitas interaksi mahasiswa dengan bahan ajar. Pola ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis media digital interaktif memerlukan proses adaptasi awal, namun mampu memberikan dampak signifikan pada fase lanjutan ketika mahasiswa telah terbiasa dengan alur dan fitur pembelajaran (Paling, et al., 2024). Pola ini diperkuat oleh hasil analisis statistik menggunakan uji-t berpasangan terhadap skor pre-test dan post-test yang menunjukkan perbedaan rata-rata penguasaan konsep yang signifikan secara statistik pada setiap fase, sehingga pembelajaran berbasis media digital interaktif tidak hanya menghasilkan kenaikan skor secara deskriptif, tetapi juga teruji efektivitasnya secara data statistik.

Peningkatan N-gain yang signifikan pada Fase 3 menunjukkan bahwa integrasi materi, video, simulasi PhET, dan kuis interaktif dalam satu platform Google Sites efektif mendukung pembelajaran konseptual fisika dasar. Temuan ini sejalan dengan penelitian Djarwo, et al., (2025) yang menyatakan bahwa bahan ajar digital terintegrasi mampu meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa secara lebih mendalam dibandingkan pembelajaran berbasis teks atau ceramah semata. Selain itu, penggunaan simulasi PhET berkontribusi besar dalam membantu mahasiswa memvisualisasikan konsep abstrak dan membangun pemahaman berbasis representasi ganda, yang merupakan elemen kunci dalam pembelajaran fisika (Amiroh, et al., 2022; Nikat, et al., 2021). Respons mahasiswa yang sangat positif, dengan rata-rata sebesar 94,9%, memperkuat temuan kuantitatif terkait peningkatan penguasaan konsep mahasiswa. Aspek aksesibilitas dan desain yang dinilai sangat baik menunjukkan bahwa Google Sites sebagai platform pembelajaran mudah digunakan dan memiliki antarmuka yang mendukung kenyamanan belajar. Hal ini sejalan dengan Sutopo (2024) yang menegaskan bahwa kemudahan navigasi dan stabilitas teknis platform digital berpengaruh langsung terhadap keterlibatan dan kepuasan belajar mahasiswa. Desain yang intuitif juga berperan dalam menurunkan beban kognitif, sehingga mahasiswa dapat lebih fokus pada pemahaman konsep.

Pada aspek integrasi materi dan video, penilaian sangat tinggi dari mahasiswa menunjukkan bahwa penyajian materi yang runtut dan multimodal efektif membantu pemahaman konsep-konsep fisika yang kompleks. Video pembelajaran yang disematkan berfungsi sebagai penguat representasi visual dan verbal, sebagaimana ditegaskan oleh Stull, Fiorella & Mayer (2021) bahwa pembelajaran multimedia yang dirancang dengan baik dapat meningkatkan transfer dan retensi pengetahuan. Temuan ini juga mengonfirmasi bahwa struktur pembelajaran dalam *G-SMART* telah mendukung pembelajaran bermakna (*meaningful learning*).

Aspek simulasi PhET memperoleh respons tertinggi, terutama dalam membantu visualisasi konsep abstrak dan meningkatkan motivasi bereksperimen. Hal ini menegaskan peran simulasi interaktif sebagai sarana pembelajaran aktif yang mendorong eksplorasi dan pemahaman konseptual melalui manipulasi variabel secara langsung (Utama, 2025). Selain itu, kuis interaktif dengan umpan balik dinilai efektif dalam membantu mahasiswa merefleksikan pemahamannya secara mandiri, yang merupakan elemen penting dalam pembelajaran reflektif dan *self-regulated learning* (Herianingtyas, et al., 2025).

Secara keseluruhan, temuan tahap *evaluate* menunjukkan bahwa bahan ajar digital berbasis *G-SMART* tidak hanya efektif meningkatkan penguasaan konsep fisika dasar, tetapi juga mampu menciptakan pengalaman belajar yang interaktif, reflektif, dan memotivasi. Konsistensi peningkatan penguasaan konsep serta respons mahasiswa yang sangat positif memperkuat kesimpulan bahwa *G-SMART* merupakan media pembelajaran yang layak dan efektif untuk diterapkan pada mata kuliah Fisika Dasar 1, khususnya bagi mahasiswa calon guru IPA di era transformasi digital.

Kesimpulan

Secara umum, pengembangan bahan ajar digital berbasis *Google Sites* terbukti valid, praktis, dan cukup efektif dalam meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa calon guru IPA pada mata kuliah Fisika Dasar 1, yang ditunjukkan melalui hasil validasi pakar dengan kategori sangat valid, peningkatan skor rata-rata Pre-test 59,71 menjadi 80,11 pada Post-test dengan N-gain kategori sedang, serta respon positif mahasiswa sebesar 87%. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar *G-SMART* diuji pada mata kuliah lain atau program studi berbeda, ditambah dengan fitur interaktif lanjutan seperti *learning analytics* dan integrasi kecerdasan buatan, serta dievaluasi dalam jangka panjang guna melihat dampaknya terhadap kemandirian belajar dan capaian akademik mahasiswa secara berkelanjutan.

References

Adam, S., Alshammari, M., & Khan, R. (2023). Digital learning materials and student engagement in higher education: A systematic review. *Education and Information Technologies, 28*(4), 5123–5145.

Amiroh, D., & Sibua, S. (2022). Pengembangan Multi Representation Mobile-Based Assessment untuk Mendukung Blended Learning. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, *7*(2), 312-323.

Arsyad, A. (2025). *Media pembelajaran* (ed. revisi). Rajawali Pers.

Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. New York: Springer.

Coletta, V. P., & Steinert, J. J. (2020). Why normalized gain should continue to be used in analyzing preinstruction and postinstruction scores on concept inventories. *Physical Review Physics Education Research, 16*(1), 010108. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010108

Dancy, M., Henderson, C., Apkarian, N., Johnson, E., Stains, M., Raker, J. R., & Lau, A. (2024). *Physics instructors' knowledge and use of active learning has increased over the last decade but most still lecture too much.* Physical Review Physics Education Research, 20, 010119. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010119.

Djarwo, C. F., Inggamer, M. M., Rumbrapuk, A. J., & Astuti, N. (2025). Analisis literasi digital berbasis etnosains dalam pembelajaran kimia untuk meningkatkan pemahaman konsep dan motivasi belajar mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran IPA Indonesia*, *15*(1), 62-77.

Haji, N. A., Saprudin, S., & Muhammad, N. (2023). E-Book Interaktif Materi Usaha dan Energi (eIUE) untuk Pembelajaran Fisika di Sekolah Menengah Atas. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, *15*(1), 15-22. https://doi.org/10.30599/jti.v15i1.2097.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, *66*(1), 64-74.

Herianingtyas, N. L. R., Muyassaroh, I., Barokah, A., Kurnia, I. R., & Mukhlis, S. (2025). *Model-Model Pembelajaran: Praktik Pedagogis Pembelajaran Mendalam*. Publica Indonesia Utama.

Hidayat, A., Suryadi, D., & Ramdani, Y. (2025). Pengembangan bahan ajar digital berbasis Google Sites untuk mendukung pembelajaran aktif di perguruan tinggi. *Jurnal Teknologi Pendidikan, 27*(1), 45–58.

Karimah, I. S., Hendriani, A., Ningtyas, P. M., Kusnadi, U., Hendrawan, B., Putra, Y. P., ... & Herlambang, Y. T. (2024). Kecerdasan Buatan (Artificial Intelegence) Dalam

Copyright © 2026 The Author(s)

Pendidikan. *Naturalistic: Jurnal Kajian dan Penelitian Pendidikan dan Pembelajaran*, *8*(2), 193-204.

Kolajo, E. F. (2025). Reflective teaching practices and instructional improvement in higher education. *International Journal of Educational Research, 120*, 102200.

Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2nd ed.). Pearson Education.

Marinda, F., Muhammad, N., & Saprudin, S. (2023). Pengembangan Konten E-Modul Interaktif Materi Getaran dan Gelombang Berbasis Problem Based Learning. *Jurnal Pendidikan Fisika FKIP UM Metro*, *11*(1), 94-107. http://dx.doi.org/10.24127/jpf.v11i1.7285.

Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316941355

Momani, A. M., Al-Sawalmeh, Y., & Rababah, O. (2023). The impact of interactive digital learning materials on students' conceptual understanding. *Journal of Educational Computing Research, 61*(2), 356–375.

Nikat, R. F., Loupatty, M., & Zahroh, S. H. (2021). Kajian pendekatan multirepresentasi dalam konteks pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, *1*(2), 45-53.

Nurwina, A., Yani, A., & Arsyad, M. (2025). Development of Physics Teaching Materials Based on Google Sites to Improve Students' Collaboration Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *11*(7), 359–370. https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i7.11871

Paling, S., Makmur, A., Albar, M., Susetyo, A. M., Putra, Y. W. S., Rajiman, W., ... & Irvani, A. I. (2024). *Media pembelajaran digital*. Tohar Media.

Pasi, B. N., & Dhamak, P. (2025). Review of Industry 4.0 and higher education: A paradigm shift toward digital transformation. *Asian Education and Development Studies*, 1–36. https://doi.org/10.1108/AEDS-01-2025-0018

Perkins, K., Adams, W., Dubson, M., Finkelstein, N., Reid, S., & Wieman, C. (2012). PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. *The Physics Teacher, 44*(1), 18–23. https://doi.org/10.1119/1.2150754

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education, 93*(3), 223–231. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x

Rahman, A., Setiawan, W., & Kaniawati, I. (2024). Integrasi model POE2WE berbantuan Google Sites untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, 20*(2), 123–134.

Simanungkalit, K. E. (2025). Deep Learning untuk Pembelajaran Bahasa Indonesia: Strategi, Efektivitas, dan Peluang: Deep Learning for Indonesian Language Learning: Strategies, Effectiveness, and Opportunities. *Boraspati Journal: Journal of Bilingualism, Organization, Research, Articles, Studies in Pedagogy, Anthropology, Theory, and Indigenous Cultures*, *2*(3), 203-215.

Saprudin, S., Tomia, A., Muhammad, N., Rahman, N. A., Hamid, F., & Sahjat, S. (2023). The Mobile Apps Development of Simple Machine Content to Improve Learning Achievement of Junior High School Students. *Technium Social Sciences Journal*, *40*(1), 107-116. 107.https://doi.org/10.47577/tssj.v40i1.8340.

Saprudin, S., Achmad, R., Hamid, F., Ningrum, R. W., Aswan, M., Ayub, S., & Susilawati, A. (2024). Mobile-based interactive e-module: fostering earthquake swarms disaster mitigation awareness for junior high school students at West Halmahera Indonesia.*Journal of Engineering Science and Technology,19*(2), 43-51.

Smaldino, S. E., Lowther, D. L., Mims, C., & Russell, J. D. (2019). *Instructional technology and media for learning* (12th ed.). Pearson Education.

Stull, A. T., Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2021). The case for embodied instruction: The instructor as a source of attentional and social cues in video lectures. *Journal of Educational Psychology*, *113*(7), 1441.

Sugiyono. (2019). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Sutopo, A. H. (2024). *HORISON DIGITAL: Mengubah Keterlibatan Mahasiswa di Kampus Global*. Topazart.

Tamarengki, O. ., Budiarti, A. N. S. L. ., Ringo, I. K. S. ., & sabtu , R. . (2025). The Effectiveness of Combining Artificial Intelligence with PhET Simulations to Bridge Fundamental Physics Knowledge Gaps in Science Education for Students. *Journal of Innovative and Creativity*, *5*(3), 25686–25693. Retrieved from https://joecy.org/index.php/joecy/article/view/3868.

Utama, R. (2025). Review Software Simulasi untuk Pembelajaran Fisika Interaktif. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, *13*(2), 95-106.

Utami, N., & Atmojo, I. R. W. (2021). Analisis kebutuhan bahan ajar digital dalam pembelajaran ipa di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, *5*(6), 6300-6306.

Wahab, R., Saprudin, S., & Achmad, R. (2023). E-modul interaktif materi kalor untuk meningkatkan hasil belajar siswa sekolah menengah pertama. *Jurnal Luminous: Riset Ilmiah Pendidikan Fisika*, *4*(1), 33-38. https://doi.org/10.31851/luminous.v4i1.10967.

Yusuf, D. S. A., Rahman, M. H., Saprudin, S., & Hamid, F. (2023). Development of teaching materials related magnetic field based on the Google Sites assisted learning cycle model. *Islamic Journal of Integrated Science Education (IJISE), 2*(2), 111–123.