



Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains (JPFS)

Journal homepage: <http://journal.unucirebon.ac.id/index.php/jpfs>



Komik Digital Berbasis PhET Simulation: Pengembangan Media Pembelajaran Suhu dan Kalor untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Kelas XI

Bintang Zuhrotul Arifin¹, Milya Sari^{*2}, Dewi Juita³

^{1,2,3}Program Studi Tadris Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang

*E-mail Milyasari@uinib.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.52188/jpfs.v9i2.2256>

Accepted: 14 Juni 2026

Approved: 2 Oktober 2026

Published: 6 Oktober 2026

ABSTRAK

Rendahnya pemahaman konsep peserta didik pada materi suhu dan kalor masih menjadi permasalahan dalam pembelajaran fisika. Karakteristik materi yang bersifat abstrak menyebabkan peserta didik mengalami miskonsepsi dan cenderung menghafal rumus tanpa memahami makna konsep secara mendalam. Selain itu, penggunaan media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan konsep fisika secara interaktif masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran komik digital terintegrasi simulasi PhET pada materi suhu dan kalor yang memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Jenis penelitian adalah *Research and Development* (R&D) menggunakan model Plomp yang terdiri dari tiga tahap: *preliminary research*, *development or prototyping phase*, dan *assessment phase*. Data kevalidan produk dinilai dengan menggunakan angket yang diberikan kepada 3 validator ahli yaitu validator isi, Konstruk dan Bahasa. Data kepraktisan produk juga dinilai dengan menggunakan angket yang diberikan kepada pendidik dan peserta didik, dan Data keefektifan dinilai menggunakan soal tes pemahaman konsep yang diberikan kepada 20 orang peserta didik. Hasil menunjukkan validitas rata-rata 89,33% (sangat valid), praktikalitas 87,5% (sangat praktis), nilai Sig. uji t sebesar $0,000 < 0,05$, dan N-Gain 0,7146 (71,45%) berkategori tinggi. Dengan demikian Media komik digital berbasis PhET dinyatakan valid, praktis, dan efektif meningkatkan pemahaman konsep peserta didik

Kata kunci: Komik Digital, Model Plomp, Pemahaman Konsep, Simulasi PhET, Suhu dan Kalor;

ABSTRACT

Students' poor conceptual understanding of temperature and heat remains a challenge in physics education. The abstract nature of the subject matter leads students to develop misconceptions and tend to memorize formulas without deeply understanding the concepts. Furthermore, the use of learning media capable of visualizing physics concepts interactively remains limited. This study aims to develop a digital comic learning medium integrated with PhET simulations on temperature and heat material that meets the criteria of being valid, practical, and effective. The research type is Research and Development (R&D) using the Plomp model, which consists of three stages: *preliminary research*, *development or prototyping phase*, and *assessment phase*. Product validity data were assessed using a questionnaire administered to three expert validators: content, construct, and language validators. Product practicality data were also assessed using a questionnaire administered to educators and students, and effectiveness data were assessed using a concept comprehension test administered to 20 students. The results showed an average validity of 89.33% (highly valid), practicality of 87.5% (highly practical), a t-test significance value of $0.000 < 0.05$, and an N-Gain of 0.7146 (71.45%), categorized as high. Thus, the PhET-based digital comic medium is deemed valid, practical, and effective in improving students' conceptual understanding.

Keyword: Conceptual Understanding, Digital Comic, PhET Simulation, Plomp Model, Temperature and Heat

PENDAHULUAN

Pemahaman konsep merupakan kemampuan fundamental yang diperlukan peserta didik untuk menguasai ilmu pengetahuan secara mendalam serta menerapkannya dalam konteks kehidupan nyata (Wulandari et al., 2023). Pemahaman konsep tidak sekadar berarti mampu menghafal rumus, melainkan mencakup kemampuan menjelaskan kembali makna suatu konsep dengan bahasa sendiri, menghubungkan antar konsep, serta menerapkannya dalam pemecahan masalah ilmiah. Peserta didik yang memiliki pemahaman konsep yang kuat akan lebih mudah menjelaskan fenomena fisika secara logis dan menghubungkan teori dengan pengalaman konkret, sementara yang hanya menghafal cenderung mengalami miskonsepsi dan kesulitan memahami hubungan antar konsep fisika (Masara et al., 2024). Dalam pembelajaran fisika, pemahaman konsep menjadi landasan yang sangat penting karena banyak materi fisika bersifat abstrak dan membutuhkan kemampuan visualisasi serta eksplorasi aktif dari peserta didik agar konsep dapat dipahami secara bermakna (Rumakur et al., 2023). Peserta didik yang memiliki pemahaman konsep yang baik akan lebih mudah menjelaskan fenomena fisika secara ilmiah, menghubungkan antar konsep, serta menerapkannya dalam penyelesaian masalah kehidupan sehari-hari. Sebaliknya, peserta didik yang hanya menghafal rumus tanpa memahami konsep dasar cenderung mengalami kesulitan dalam menerapkan konsep fisika pada situasi yang berbeda (Amalisholeh et al., 2023). Oleh karena itu, pemahaman konsep menjadi aspek penting yang perlu dikembangkan agar proses pembelajaran tidak hanya berorientasi pada hafalan, tetapi juga mampu membangun pengetahuan yang bermakna dan mendalam bagi peserta didik (Novitasari et al., 2021).

Rendahnya pemahaman konsep peserta didik dalam pembelajaran fisika masih menjadi permasalahan yang sering ditemukan, khususnya pada materi suhu dan kalor. Hal ini disebabkan karena materi fisika cenderung bersifat abstrak, kompleks, dan membutuhkan kemampuan visualisasi yang baik sehingga peserta didik sering mengalami kesulitan dalam memahami konsep secara mendalam (Yuliana et al., 2023). Hasil penelitian Trisnasari & Oksiana (2024) menunjukkan bahwa pemahaman konsep peserta didik pada materi suhu dan kalor masih tergolong rendah dan belum mencapai ketuntasan secara optimal. Sejalan dengan hal tersebut, peserta didik yang hanya mengandalkan hafalan rumus tanpa memahami konsep secara mendalam terbukti mengalami kesulitan dalam membedakan konsep suhu, kalor, dan perpindahan kalor secara konseptual (Sururiyatul Mu'aziyah et al., 2025). Berdasarkan hasil wawancara dengan pendidik fisika di MAN 1 Kota Padang, diketahui bahwa proses pembelajaran fisika pada materi suhu dan kalor umumnya dilaksanakan dengan metode ceramah dan diskusi kelompok menggunakan media PowerPoint dan video pembelajaran. Peserta didik masih sering mengalami miskonsepsi, terutama pada konsep Asas Black dan perpindahan kalor yang bersifat abstrak. Penggunaan media pembelajaran yang mampu membantu peserta didik memvisualisasikan konsep fisika secara interaktif juga dinilai masih belum optimal dalam proses pembelajaran.

Sebagai upaya mengatasi rendahnya pemahaman konsep, diperlukan media pembelajaran yang mampu menyajikan konsep secara visual, interaktif, dan kontekstual. Perkembangan penelitian media pembelajaran digital dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan bahwa penggunaan media visual dan interaktif terus meningkat signifikan, dengan banyak kajian yang berfokus pada e-modul, video pembelajaran, dan komik digital sebagai alternatif penyampaian konsep fisika yang abstrak. Khususnya, komik digital dinilai mampu menyajikan materi secara visual, naratif, dan menarik sehingga terbukti dapat meningkatkan motivasi serta hasil belajar peserta didik. Komik adalah jenis media komunikasi visual yang digunakan untuk menyebarkan informasi dengan cara populer dan mudah dipahami (Syahmi et al., 2022). Komik digital memiliki keunggulan dalam menyampaikan materi melalui ilustrasi visual dan alur cerita yang menarik sehingga mampu membantu peserta didik memahami konsep fisika yang abstrak dengan lebih mudah (Habibi et al., 2023). Selain itu, penggunaan komik digital dapat meningkatkan motivasi belajar dan keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran (Setiani et al., 2021). Di sisi lain, simulasi PhET mampu membantu peserta didik memvisualisasikan konsep fisika yang sulit diamati secara langsung melalui eksperimen virtual yang interaktif dan eksploratif. Integrasi komik digital dengan simulasi PhET diharapkan dapat menciptakan proses pembelajaran yang lebih menarik, interaktif, dan mampu membantu peserta didik membangun pemahaman konsep secara lebih mendalam.

Penelitian-penelitian terdahulu memperlihatkan potensi besar komik digital dan simulasi PhET secara terpisah, namun masing-masing menyisakan keterbatasan yang relevan dengan permasalahan penelitian ini. Habibi et al. (2023) mengembangkan komik digital untuk materi impuls, tetapi produk tersebut bersifat statis tanpa tautan simulasi interaktif sehingga peserta didik tidak dapat mengeksplorasi konsep secara langsung. Mukti dan Isdaryanti (2025) mengintegrasikan komik digital dengan teknologi Augmented Reality pada materi lapisan bumi jenjang sekolah dasar. meskipun inovatif, pendekatan ini menuntut perangkat AR khusus yang membatasi aksesibilitas dan belum diuji pada konsep fisika abstrak seperti suhu dan kalor. Sementara itu, Trisnasari dan Oksiana (2024) hanya mengidentifikasi rendahnya pemahaman konsep peserta didik pada materi suhu dan kalor secara deskriptif, tanpa mengembangkan dan menguji produk media pembelajaran sebagai solusi. Di sisi lain, penelitian simulasi PhET seperti Simbolon dan Silalahi (2023) serta meta analisis Khofifah et al. (2024) secara konsisten membuktikan keefektifan PhET dalam meningkatkan pemahaman konsep, tetapi simulasi tersebut umumnya digunakan sebagai laboratorium virtual yang berdiri sendiri tanpa dibingkai dalam narasi kontekstual yang dapat menjembatani miskonsepsi peserta didik secara naratif dan emosional. Ketidadaan penelitian yang mengintegrasikan kekuatan naratif-visual komik digital dengan kekuatan eksploratif simulasi PhET dalam satu media utuh, khususnya pada materi suhu dan kalor yang rawan miskonsepsi (Surriyatul Mu'aziyah et al., 2025) menunjukkan adanya celah penelitian research gap) yang belum terjawab. Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada pengembangan media pembelajaran komik digital yang diintegrasikan langsung dengan simulasi PhET dalam satu produk flipbook interaktif pada materi suhu dan kalor untuk peserta didik SMA/MA kelas XI, sebagai upaya mengatasi keterbatasan-keterbatasan penelitian sebelumnya yang masih memperlakukan kedua pendekatan media tersebut secara terpisah.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (Research and Development/R&D) menggunakan model Plomp yang terdiri dari tiga tahap: (1) *preliminary research*, (2) *development or prototyping phase*, dan (3) *assessment phase* (Plomp, 2013). Produk yang dikembangkan berupa media pembelajaran komik digital berbentuk flipbook interaktif yang dibuat menggunakan bantuan AI untuk pembuatan ilustrasi, aplikasi Canva untuk desain tata letak dan penyisipan tautan simulasi, serta platform Heyzine untuk penyajian digital. Komik digital terintegrasi dengan dua simulasi PhET, yaitu simulasi Bentuk dan Perubahan Energi serta simulasi Wujud Zat, pada materi suhu dan kalor untuk peserta didik kelas XI/Fase F SMA/MA.

Pada tahap *preliminary research* dilakukan analisis kebutuhan melalui wawancara dengan pendidik dan peserta didik di MAN 1 Kota Padang, analisis literatur dan studi pustaka, serta analisis media dan teknologi yang digunakan di sekolah. Pada tahap *development or prototyping phase*, dirancang dan dikembangkan prototipe komik digital, kemudian dilakukan evaluasi formatif oleh tiga orang validator ahli untuk menilai validitas produk meliputi aspek isi, konstruk, dan bahasa. Pada tahap *assessment phase* dilakukan uji praktikalitas dan uji efektivitas terhadap produk yang telah direvisi berdasarkan masukan validator.

Uji validitas dilakukan oleh tiga orang validator ahli, yaitu Validator 1 (AA) sebagai validator isi yang menilai kesesuaian konten materi dengan Capaian Pembelajaran Kurikulum Merdeka, Validator 2 (WK) sebagai validator konstruk yang menilai kesesuaian desain dan struktur media dengan karakteristik media pembelajaran yang baik, serta Validator 3 (AB) sebagai validator bahasa yang menilai keterbacaan dan kesesuaian bahasa dengan kaidah PUEBI. Instrumen validitas menggunakan lembar angket dengan skala Likert 1–5 yang mencakup aspek isi, konstruk, dan bahasa, dengan total 25 butir pernyataan. Uji praktikalitas dilakukan oleh satu orang pendidik fisika dan 20 orang peserta didik kelas XI.F1 MAN 1 Kota Padang menggunakan angket praktikalitas berskala Likert 1–5 yang menilai kemudahan penggunaan, daya tarik, dan kebermanfaatan media. Uji efektivitas menggunakan desain eksperimen satu kelas (*one group pretest-posttest design*) untuk mengukur peningkatan

pemahaman konsep peserta didik. Instrumen efektivitas berupa soal tes pemahaman konsep berbentuk pilihan ganda beralasan sebanyak 20 butir soal yang mencakup lima indikator pemahaman konsep menurut taksonomi Anderson & Krathwohl (2001), yaitu *interpreting*, *exemplifying*, *classifying*, *inferring*, dan *explaining*.

Teknik analisis data dalam penelitian ini mencakup tiga jenis analisis sesuai dengan aspek yang dinilai. Untuk validitas dan praktikalitas, digunakan analisis persentase rata-rata dengan rumus $V = (f/N) \times 100\%$, di mana f adalah total perolehan skor dan N adalah skor maksimum ideal. Kategori penilaian mengacu pada kriteria berikut: 81%–100% dikategorikan sangat valid/sangat praktis, 61%–80% dikategorikan valid/praktis, 41%–60% dikategorikan cukup valid/cukup praktis, dan $\leq 40\%$ dikategorikan tidak valid/tidak praktis. Untuk efektivitas, analisis dilakukan dalam tiga tahap. Pertama, uji normalitas Shapiro-Wilk digunakan untuk memverifikasi bahwa data pretest dan posttest berdistribusi normal sebagai prasyarat uji parametrik. Kedua, uji *paired sample t-test* digunakan untuk menguji signifikansi perbedaan antara nilai pretest dan posttest pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Ketiga, analisis N-Gain digunakan untuk mengukur besaran peningkatan pemahaman konsep dengan rumus $N\text{-Gain} = (\text{skor posttest} - \text{skor pretest}) / (\text{skor maksimum} - \text{skor pretest})$. Media dinyatakan efektif apabila nilai N-Gain berada pada kategori sedang ($g \geq 0,3$) atau kategori tinggi ($g \geq 0,7$) berdasarkan kriteria Hake (1998). Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak SPSS Versi 25.

HASIL

Tahap Pendahuluan (Preliminary Research)

Pada tahap pendahuluan, analisis kebutuhan dilakukan melalui wawancara dengan 1 orang pendidik fisika di MAN 1 Kota Padang. Hasil wawancara menunjukkan bahwa proses pembelajaran fisika pada materi suhu dan kalor umumnya dilaksanakan dengan metode ceramah dan diskusi menggunakan media PowerPoint dan video pembelajaran. Peserta didik masih sering mengalami miskonsepsi, terutama pada konsep Asas Black, pemuain, dan perpindahan kalor. Pendidik menyatakan bahwa, "*Media yang saya gunakan selama ini masih bersifat satu arah, sehingga peserta didik belum sepenuhnya bisa memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak secara mandiri dan eksploratif.*" Selain itu, pendidik juga menyampaikan bahwa, "*Saya pernah menggunakan simulasi PhET dan respons peserta didik sangat antusias, namun penggunaannya belum terintegrasi dalam satu media yang utuh dan mudah diakses.*"

Hasil wawancara dengan lima orang peserta didik kelas XI.F1 menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik menyatakan lebih tertarik belajar menggunakan media yang memuat gambar, animasi, dan cerita karena dapat mengurangi rasa bosan dan membuat materi lebih mudah dipahami. Salah satu peserta didik mengungkapkan bahwa, "*Kalau belajar pakai buku biasa membosankan, tapi kalau ada gambar dan ceritanya jadi lebih semangat dan lebih mudah mengerti materinya.*" Peserta didik lain juga menyatakan bahwa, "*Bagian yang paling susah itu pemuain dan Asas Black, karena harus ngebayangkan yang terjadi di dalamnya, sementara di kelas cuma dijelaskan pakai rumus saja.*"

Tahap Pengembangan Prototipe (Development or Prototyping Phase)

Pada tahap ini, dirancang komik digital berbentuk flipbook interaktif yang menyajikan materi suhu dan kalor melalui alur cerita kontekstual dengan tokoh-tokoh remaja bernama Alya, Dimas, dan Raka serta ibu guru sebagai fasilitator. Komik dikembangkan menggunakan bantuan AI untuk pembuatan ilustrasi karakter yang konsisten, aplikasi Canva untuk desain tata letak dan penyisipan tautan simulasi PhET serta video pembelajaran, serta dikemas menjadi flipbook digital melalui platform Heyzine. Produk terintegrasi dengan dua simulasi PhET, yaitu simulasi Bentuk dan Perubahan Energi serta simulasi Wujud Zat, yang disisipkan sebagai tautan interaktif dalam halaman komik.

Produk yang dikembangkan memuat beberapa komponen utama, yaitu: (1) bagian pendahuluan yang berisi profil lulusan, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, indikator pemahaman konsep, dan petunjuk penggunaan; (2) bagian isi yang menyajikan materi suhu dan kalor dalam dua episode cerita, meliputi suhu dan konversi suhu, kalor dan Asas Black, pemuain, perpindahan kalor, serta integrasi simulasi PhET; dan (3) bagian penutup yang berisi evaluasi pembelajaran berbentuk soal pilihan ganda. Validasi produk dilakukan oleh tiga orang validator ahli



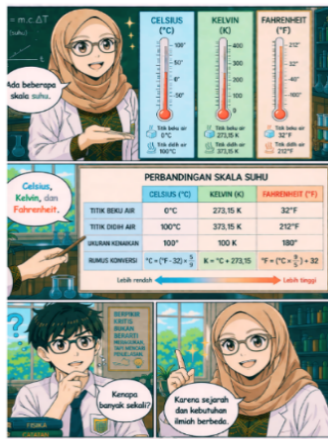
Gambar 1. Cover Komik “Rahasia Suhu dan Kalor



Gambar 2. Halaman Pengenalan Tokoh



Gambar 3. Halaman Pengenalan Tokoh



Gambar 4. Cuplikan Materi Suhu dan Konversi Suhu



Gambar 5. Integrasi Tautan Simulasi PhET



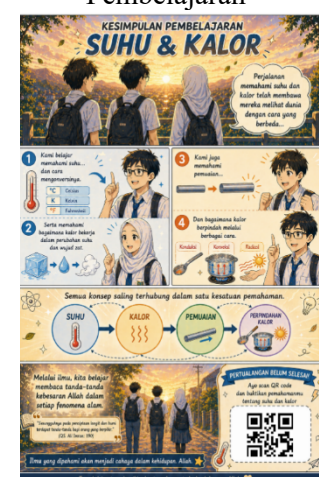
Gambar 6. Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran



Gambar 7. Halaman Evaluasi



Gambar 8. Indikator Pemahaman Konsep



Gambar 9. Halaman Evaluasi

Setelah prototipe selesai dikembangkan, dilakukan validasi produk oleh tiga orang ahli. Hasil uji validitas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Validitas Media Pembelajaran Komik Digital

No	Aspek Validasi	Validator	Persentase (%)	Kategori
1	Isi	V1	89%	Sangat Valid
2	Konstruk	V2	87%	Sangat Valid
3	Bahasa	V3.	92%	Sangat Valid
Rata-rata			89,33	Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata validitas produk yang dikembangkan adalah sebesar 89,33% dengan kategori sangat valid. Ditinjau per aspek, validitas isi diperoleh sebesar 89%, validitas konstruk sebesar 87%, dan validitas bahasa sebesar 92%. Ketiga aspek tersebut berada pada kategori sangat valid.

Tahap Penilaian (Assessment Phase)

Uji Praktikalitas

Setelah prototipe direvisi berdasarkan masukan validator, dilakukan uji praktikalitas kepada satu orang pendidik fisika dan 20 orang peserta didik kelas XI.F1 MAN 1 Kota Padang. Hasil uji praktikalitas disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Praktikalitas Media Pembelajaran Komik Digital

No	Praktisi	Jumlah	Persentase (%)	Kategori
1	Pendidik	1 orang	83%	Sangat Praktis
2	Peserta Didik	20 orang	92%	Sangat Praktis
Rata-rata			87,5%	Sangat Praktis

Berdasarkan Tabel 2, rata-rata praktikalitas produk adalah sebesar 87,5% dengan kategori sangat praktis. Hasil penilaian praktikalitas oleh pendidik sebesar 83% dan oleh peserta didik sebesar 92%.

Uji Efektivitas

Uji efektivitas dilakukan melalui pretest dan posttest kepada 20 orang peserta didik kelas XI.F1 MAN 1 Kota Padang. Hasil analisis statistik deskriptif disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Statistik Deskriptif Pretest dan Posttest

Tes	N	Minimum	Maksimum	Mean	Std. Deviasi
Pretest	20	55,00	80,00	66,50	7,80
Posttest	20	75,00	100,00	90,25	7,34

Berdasarkan Tabel 3, nilai rata-rata *posttest* (90,25) lebih tinggi dibandingkan nilai rata-rata *pretest* (66,50), dengan selisih peningkatan sebesar 23,75 poin. Sebelum dilakukan uji hipotesis, uji normalitas Shapiro-Wilk menghasilkan nilai signifikansi *pretest* sebesar 0,200 dan *posttest* sebesar 0,174; keduanya $> 0,05$, sehingga data dinyatakan berdistribusi normal dan memenuhi syarat untuk dilakukan uji parametrik. Hasil uji *paired sample t-test* menghasilkan nilai Sig. (2-tailed) sebesar 0,000 $< 0,05$, sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima, artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara pemahaman konsep peserta didik sebelum dan sesudah menggunakan media pembelajaran Analisis N-Gain disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Uji N-Gain Pemahaman Konsep

Statistik	N-Gain Score	N-Gain (%)	Kategori
Rata-rata (Mean)	0,7146	71,45%	Tinggi
Minimum	0,33	33,33%	–
Maksimum	1,00	100,00%	–

Berdasarkan Tabel 4, nilai rata-rata N-Gain adalah sebesar 0,7146 (71,45%), berada pada kategori tinggi ($g \geq 0,70$) berdasarkan kriteria Hake (1998), dengan nilai minimum 0,33 dan nilai maksimum 1,00. Capaian per indikator pemahaman konsep disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Capaian Per-Indikator Pemahaman Konsep Peserta Didik

No	Indikator Pemahaman Konsep	Persentase (%)	Kategori
1	Menafsirkan (Interpreting)	99	Sangat Efektif
2	Mencontohkan (Exemplifying)	95	Sangat Efektif
3	Mengklasifikasikan (Classifying)	90	Sangat Efektif
4	Menarik Inferensi (Inferring)	91	Sangat Efektif
5	Menjelaskan (Explaining)	96	Sangat Efektif
	Rata-rata	94	Sangat Efektif

Berdasarkan Tabel 5, rata-rata capaian per indikator pemahaman konsep mencapai 94% dengan kategori sangat efektif. Indikator tertinggi adalah menafsirkan/*interpreting* (99%), diikuti menjelaskan/*explaining* (96%), mencontohkan/*exemplifying* (95%), menarik inferensi/*inferring* (91%), dan mengklasifikasikan/*classifying* (90%). Kelima indikator tersebut berada pada kategori sangat efektif.

PEMBAHASAN

Tahap Pendahuluan (Preliminary Research)

Temuan pada tahap pendahuluan mengonfirmasi bahwa rendahnya pemahaman konsep peserta didik pada materi suhu dan kalor bersumber dari keterbatasan media pembelajaran yang digunakan, yaitu media yang bersifat satu arah dan belum mampu memfasilitasi visualisasi konsep secara mandiri dan interaktif. Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian Trisnari & Oksiana (2024) yang menunjukkan bahwa pemahaman konsep peserta didik pada materi suhu dan kalor di sekolah menengah atas masih tergolong rendah. Lebih lanjut, Sururiyatul Mu'aziyah et al. (2025) mengidentifikasi bahwa peserta didik yang mengandalkan hafalan rumus tanpa pemahaman konsep yang mendalam mengalami kesulitan signifikan dalam membedakan konsep suhu, kalor, dan perpindahan kalor secara konseptual. Kebutuhan peserta didik terhadap media yang memuat gambar, animasi, dan alur cerita memperkuat urgensi pengembangan komik digital sebagai solusi. Sejalan dengan itu, Masara et al. (2024) menegaskan bahwa kemampuan visualisasi yang difasilitasi oleh media pembelajaran yang tepat merupakan fondasi penting untuk mencegah miskonsepsi, khususnya pada topik suhu, kalor, dan Asas Black yang secara konseptual menuntut penalaran tingkat tinggi. Temuan wawancara juga memperlihatkan bahwa peserta didik sebenarnya sudah familiar dengan teknologi digital dan menunjukkan antusiasme terhadap penggunaan simulasi PhET, namun belum pernah mendapatkan pengalaman belajar yang mengintegrasikan narasi visual dengan eksplorasi simulasi secara terpadu dalam satu media.

Validitas Media Pembelajaran

Rata-rata validitas produk sebesar 89,33% dengan kategori sangat valid mengindikasikan bahwa media komik digital berbasis PhET yang dikembangkan telah layak digunakan ditinjau dari aspek isi, konstruk, dan bahasa. Validitas isi sebesar 89% menunjukkan bahwa konten materi suhu dan kalor yang disajikan telah sesuai dengan Capaian Pembelajaran Kurikulum Merdeka Fase F dan akurat

secara keilmuan fisika, sehingga risiko miskonsepsi akibat kesalahan konten dapat diminimalkan. Validitas konstruk sebesar 87% menunjukkan bahwa struktur dan desain media telah memenuhi karakteristik media pembelajaran digital yang baik, termasuk keterpaduan antara alur cerita, ilustrasi, dan tautan simulasi PhET. Adapun validitas bahasa yang menjadi aspek dengan skor tertinggi (92%) mengindikasikan bahwa bahasa yang digunakan dalam komik mudah dipahami, komunikatif, dan sesuai dengan kaidah PUEBI serta tingkat perkembangan bahasa peserta didik SMA/MA kelas XI. Tingginya skor validitas bahasa relevan dengan sifat komik sebagai media naratif yang bergantung pada kejelasan dialog dan teks penjelas untuk menyampaikan konsep abstrak secara komunikatif.

Praktikalitas Media Pembelajaran

Hasil uji praktikalitas dengan rata-rata 87,5% (sangat praktis) mengindikasikan bahwa media pembelajaran komik digital yang dikembangkan mudah diimplementasikan dalam proses pembelajaran nyata di kelas, baik dari perspektif pendidik maupun peserta didik. Praktikalitas pendidik sebesar 83% menunjukkan bahwa komik digital memiliki komponen media yang lengkap, membantu pendidik dalam menyampaikan materi suhu dan kalor, serta dapat diintegrasikan dengan baik ke dalam rencana pelaksanaan pembelajaran. Adapun praktikalitas peserta didik yang mencapai 92% lebih tinggi dibandingkan penilaian pendidik mengindikasikan bahwa media ini sangat sesuai dengan gaya belajar, kebutuhan, dan karakteristik generasi digital peserta didik saat ini.

Tingginya persentase pada indikator daya tarik media (94%) mencerminkan bahwa tampilan visual komik, alur cerita kontekstual, serta integrasi simulasi PhET secara sinergis mampu menciptakan pengalaman belajar yang menarik dan tidak membosankan. Hal ini selaras dengan (Setiani et al., 2021) yang membuktikan bahwa penggunaan komik digital meningkatkan motivasi belajar dan keterlibatan aktif peserta didik karena materi disajikan secara lebih menarik dan komunikatif. Temuan serupa juga dilaporkan Putra et al. (2023) dalam pengembangan bahan ajar berbasis flipbook digital, di mana tingkat kepraktisan yang sangat tinggi diperoleh karena flipbook memungkinkan peserta didik belajar secara mandiri kapan saja dan di mana saja melalui perangkat digital yang mereka miliki.

Efektivitas Media Pembelajaran

Hasil uji *paired sample t-test* dengan nilai Sig. $0,000 < 0,05$ secara statistik membuktikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara pemahaman konsep peserta didik sebelum dan sesudah menggunakan media pembelajaran komik digital berbasis simulasi PhET. Peningkatan nilai rata-rata dari 66,50 menjadi 90,25 dengan selisih 23,75 poin mencerminkan efek pembelajaran yang substansial. Temuan ini sejalan dengan Mahyana et al. (2024) yang membuktikan secara empiris bahwa penggunaan lembar kerja berbasis simulasi PhET pada materi suhu dan kalor di SMA secara signifikan meningkatkan hasil belajar peserta didik dibandingkan pembelajaran konvensional, dengan PhET menyediakan representasi visual yang konkret untuk konsep-konsep abstrak seperti perpindahan kalor dan perubahan wujud zat.

Nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,7146 (71,45%) yang berada pada kategori tinggi ($g \geq 0,70$) mengindikasikan bahwa peningkatan pemahaman konsep yang terjadi bersifat bermakna dan signifikan secara pedagogis. Hasil ini lebih tinggi dari rata-rata N-Gain pada banyak penelitian sejenis, dan dapat dijelaskan melalui sinergi antara dua komponen utama media yang dikembangkan. Pertama, komik digital menyajikan konsep suhu dan kalor melalui narasi visual dan alur cerita kontekstual dengan tokoh-tokoh yang relatable sehingga konsep yang abstrak menjadi lebih konkret, mudah diingat, dan bermakna bagi peserta didik (Habibi et al., 2023).

Peningkatan pada kelima indikator pemahaman konsep di atas tidak terlepas dari karakteristik desain media komik digital berbasis PhET yang dikembangkan, yang secara sinergis mampu memfasilitasi setiap aspek pemahaman konsep. Pencapaian tertinggi pada indikator menafsirkan (99%). Ketika teks narasi dan ilustrasi gambar disajikan secara terpadu dalam satu media seperti komik digital, otak dapat membangun representasi mental yang lebih kuat dan bermakna dibandingkan jika informasi hanya disajikan melalui satu saluran saja (Khofifah et al., 2024). Dengan demikian, komik digital yang menggabungkan narasi cerita dan gambar visual secara sinergis melatih kemampuan peserta didik dalam menafsirkan makna konsep fisika suhu dan kalor secara lebih mendalam.

Indikator menjelaskan (96%) dan mencontohkan (95%) yang juga berada pada kategori sangat tinggi berkaitan erat dengan pendekatan penyajian materi secara kontekstual dalam alur cerita komik. Pembelajaran yang menyajikan konsep dalam situasi kehidupan sehari-hari yang nyata dan relevan terbukti membantu peserta didik menghubungkan pengetahuan baru dengan pengalaman yang telah mereka miliki sebelumnya, sehingga peserta didik lebih mudah memberikan penjelasan ilmiah dan contoh konkret terhadap fenomena yang mereka jumpai (Paulmitan & Manceras, 2025). Dalam komik yang dikembangkan, konsep suhu, kalor, Asas Black, dan perpindahan kalor disajikan melalui dialog dan situasi keseharian tokoh-tokoh yang dekat dengan kehidupan peserta didik, sehingga konsep yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret dan mudah diingat. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian komik digital fisika yang membuktikan bahwa penyajian materi melalui narasi kontekstual secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep dan motivasi belajar peserta didik (Pongsophon et al., 2021).

Adapun peningkatan pada indikator mengklasifikasikan (90%) dan menarik inferensi (91%) yang merupakan kemampuan kognitif tingkat lebih tinggi secara khusus difasilitasi oleh integrasi simulasi PhET dalam media ini. Simulasi PhET menyediakan lingkungan eksplorasi virtual yang memungkinkan peserta didik secara aktif memanipulasi variabel, mengamati perubahan secara real-time, dan membangun sendiri generalisasi konseptual berdasarkan data yang mereka amati (Khofifah et al., 2024). Proses eksplorasi aktif semacam ini secara langsung melatih kemampuan peserta didik dalam mengklasifikasikan fenomena fisika dan menarik kesimpulan dari hasil pengamatan virtual. Hal ini dipertegas oleh hasil meta-analisis (Rianti et al., 2024) yang menunjukkan bahwa penggunaan simulasi PhET memberikan nilai effect size sebesar 0,723 terhadap hasil belajar fisika peserta didik SMA/MA, yang mengindikasikan efek pembelajaran yang bermakna dan substansial. Dengan demikian, kolaborasi antara narasi visual komik dan eksplorasi interaktif melalui PhET menciptakan lingkungan belajar yang tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga secara pedagogis terstruktur untuk mengembangkan pemahaman konsep secara menyeluruh pada semua tingkatan kognitif yang diukur.

Efektivitas integrasi komik digital dengan PhET yang ditemukan dalam penelitian ini diperkuat oleh tinjauan literatur komprehensif Banda & Nzababimana (2021) terhadap 31 studi eksperimental dan kuasi-eksperimental, yang menyimpulkan bahwa simulasi PhET secara konsisten dan signifikan meningkatkan pemahaman konsep fisika peserta didik di berbagai jenjang pendidikan dan topik fisika, khususnya apabila diintegrasikan dalam lingkungan pembelajaran aktif yang dirancang dengan baik. Lebih lanjut, meta-analisis terbaru yang mencakup lebih dari 40 studi menemukan bahwa efek simulasi PhET terhadap pembelajaran fisika secara keseluruhan tergolong besar ($d = 0,83$) dibandingkan pendekatan pembelajaran konvensional, dengan efek yang paling kuat terlihat pada jenjang SMA dan pada topik fisika yang bersifat abstrak (Fadillah et al., 2026).

Keterbatasan Penelitian

Terlepas dari hasil yang menjanjikan, penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan metodologis yang perlu dikemukakan secara kritis. Pertama, uji efektivitas hanya melibatkan 20 peserta didik dari satu kelas (XI.F1) di satu sekolah (MAN 1 Kota Padang). Ukuran sampel yang kecil dan bersifat single-site ini membatasi kekuatan statistik (statistical power) penelitian dan berisiko menghasilkan estimasi efek yang kurang stabil dibandingkan apabila melibatkan sampel yang lebih besar dan berasal dari beberapa sekolah dengan karakteristik peserta didik yang lebih beragam. Kedua, desain penelitian yang digunakan pada uji efektivitas adalah one-group pretest-posttest design tanpa kelompok kontrol atau kelompok pembanding. Desain ini rentan terhadap sejumlah ancaman validitas internal, antara lain efek maturasi (peningkatan pemahaman konsep yang terjadi secara alami seiring waktu atau paparan materi di luar penelitian), efek pengujian (testing effect) akibat peserta didik mengerjakan instrumen yang sama pada saat pretest dan posttest, serta kemungkinan pengaruh variabel luar seperti bimbingan tambahan dari pendidik selama periode penelitian berlangsung. Tanpa kelompok kontrol, peningkatan skor N-Gain sebesar 71,45% tidak dapat sepenuhnya diatribusikan kepada penggunaan media komik digital berbasis PhET semata, karena tidak ada pembanding yang menunjukkan seberapa besar peningkatan yang akan terjadi tanpa intervensi tersebut. Ketiga, karena sampel penelitian terbatas pada satu kelas di satu institusi dengan karakteristik demografis dan kemampuan awal yang spesifik, generalisasi hasil penelitian ini kepada populasi peserta didik

SMA/MA secara lebih luas perlu dilakukan dengan kehati-hatian. Perbedaan karakteristik sekolah, fasilitas teknologi, dan latar belakang peserta didik di lokasi lain berpotensi menghasilkan capaian validitas, praktikalitas, maupun efektivitas yang berbeda. Oleh karena itu, temuan penelitian ini lebih tepat dimaknai sebagai bukti awal (*preliminary evidence*) mengenai potensi media komik digital berbasis PhET, bukan sebagai kesimpulan yang bersifat final dan dapat digeneralisasi secara luas. Penelitian lanjutan dengan desain kuasi-eksperimen yang melibatkan kelompok kontrol, ukuran sampel yang lebih besar, serta lokasi penelitian yang lebih beragam sangat diperlukan untuk mengonfirmasi temuan ini secara lebih kuat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: (1) Media pembelajaran komik digital berbasis simulasi PhET dikembangkan menggunakan model Plomp yang terdiri dari tahap *preliminary research*, *development or prototyping phase*, dan *assessment phase*, menghasilkan produk berupa flipbook interaktif yang dikembangkan menggunakan bantuan AI, aplikasi Canva, dan platform Heyzine, serta diintegrasikan dengan dua simulasi PhET dan video pembelajaran pada materi suhu dan kalor untuk peserta didik SMA/MA kelas XI; (2) Media pembelajaran komik digital yang dikembangkan memenuhi kriteria kualitas produk yang sangat valid dengan rata-rata validitas 89,33%, sangat praktis dengan rata-rata praktikalitas 87,5%, dan efektif yang ditunjukkan dari nilai Sig. uji *paired sample t-test* sebesar $0,000 < 0,05$ serta nilai N-Gain rata-rata 0,7146 (71,45%) berkategori tinggi. Dengan demikian, media pembelajaran komik digital berbasis simulasi PhET dinyatakan layak dan efektif digunakan dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik pada materi suhu dan kalor di SMA/MA kelas XI. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menerapkan desain kuasi-eksperimen dengan kelompok kontrol pada sampel yang lebih besar dan beragam, serta mengkaji efek penggunaan media dalam jangka panjang terhadap retensi pemahaman konsep dan transfer belajar pada materi fisika lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Milya Sari, S.Pd., M.Si. selaku Pembimbing I dan Ibu Dewi Juita, M.Pd. selaku Pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan penelitian ini. Terima kasih juga kepada pihak MAN 1 Kota Padang, khususnya Ibu Rahmi Syukraini, S.Pd. selaku pendidik fisika, serta para validator Bapak Allan Asrar, M.Si., Ibu Windy Kasmita, M.Pd., dan Bapak Dr. Abdul Basit, M.Pd., atas kontribusinya dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Amalishsholeh, N., Sutrio, S., Rokhmat, J., & Gunada, I. W. (2023). Analisis Kesulitan Belajar Peserta Didik pada Pembelajaran Fisika di SMAN 1 Kediri. *Empiricism Journal*, 4(2), 356–364. <https://doi.org/10.36312/ej.v4i2.1387>
- Banda, H. J., & Nzabanimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 023108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023108>
- Fadillah, M. A., Alawyah, K., Syafrijon, S., & Usmeldi, U. (2026). Meta-Analysis of the Effectiveness of PhET Simulations in Physics Education. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 22(02). <https://doi.org/10.3991/ijoe.v22i02.59007>
- Habibi, M. A., Mulyati, D., & Purwahida, R. (2023, November 30). Desain Komik Digital untuk Pembelajaran Fisika pada Materi Impuls. *Prosiding Seminar Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*. Seminar Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat. <https://doi.org/10.58797/sppkm.01.05>
- Khofifah, K., Yuliani, H., & Santiani, S. (2024). Meta-Analysis: The Effect of PhET Simulation Media on Enhancing Conceptual Understanding in Physics Learning. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 7(3), 532. <https://doi.org/10.20527/jipf.v7i3.9046>
- Mahyana, M., Husnizar, H., & Nurmalinga, N. (2024). The Effect Of Implementing Phet Simulation Based Student Worksheets To Improve Student Learning Outcomes On Temperature Material

- And Calories. *Relativitas: Jurnal Riset Inovasi Pembelajaran Fisika*, 7(1), 57–63. <https://doi.org/10.29103/relativitas.v7i1.17466>
- Masara, A., Gunantiani, J. M., & Rohman, S. M. (2024). Analisis Kesulitan Siswa dalam Memahami Konsep Asas Black pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 4(2), 205–214. <https://doi.org/10.52434/jpif.v4i2.1583>
- Mukti, B. H., & Isdaryanti, B. (2025). Pengembangan Komik Digital Berbantuan Augmented Reality untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep dan Hasil Belajar Materi Lapisan Bumi Kelas V. *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, 5(2), 570–584. <https://doi.org/10.53299/jagomipa.v5i2.1703>
- Novitasari, D., Widyaningsih, S. W., & Sebayang, S. R. Br. (2021). Analisis Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik Kelas X IPA di SMA Negeri 1 Manokwari melalui Pembelajaran Online. *Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, 3(1), 39–57. <https://doi.org/10.31540/sjpif.v3i1.1238>
- Paulmitan, D. C. D., & Manceras, A. I. S. (2025). *Contextualized learning module: Enhancing students' conceptual understanding in physics*. 1(1).
- Pongsophon, P., Jituafoa, A., & Jituafoa. (2021). Developing and Assessing Learning Progression for Botanical Literacy by Using Rasch Analysis. *Science Education International*, 32(2), 125–130. <https://doi.org/10.33828/sei.v32.i2.5>
- Putra, A., Sidiq, F., & Mahlianurrahman, M. (2023). Development of Flipbook-Based Teaching Materials for Learning in Elementary School's. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 7651–7657. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.5141>
- Rianti, R., Gunawan, G., Verawati, N. N. S. P., & Taufik, M. (2024). The Effect of Problem Based Learning Model Assisted by PhET Simulation on Understanding Physics Concepts. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 12(1), 28. <https://doi.org/10.33394/j-lkf.v12i1.8783>
- Rumakur, B. E., Kereh, C. T., & Latupeirissa, A. N. (2023). Efektivitas Penggunaan Phet Sebagai Media Pembelajaran Fisika Untuk Meningkatkan Penguasaan Materi Fluida Statis. *Atom : Jurnal Riset Mahasiswa*, 1(1), 23–32. <https://doi.org/10.30598/atom.1.1.23-32>
- Setiani, D., Dewi, P. F. A., Delya, S. M., Rahmawati, V., & Dasmo, D. (2021a). Pengembangan Media Pembelajaran Komik Fisika Digital Berbasis Line Webtoon Pada Pokok Bahasan Tekanan. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(2), 212. <https://doi.org/10.24127/jpf.v9i2.4008>
- Simbolon, D. H., & Silalahi, E. (2023). Virtual Laboratory-Based Physics Learning “PhET Simulation” to Improve Student Learning Activities. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 7(3), 461–468. <https://doi.org/10.23887/jisd.v7i3.61001>
- Sururiyatul Mu'aziyah, S. E., Rahmawati, I., Agustin, H., Izzah, I. N., & Novena, I. (2025). Diagnosis Miskonsepsi Siswa pada Konsep Suhu, Kalor, dan Pemuaian sebagai Dasar Pengembangan Modul IPA SMP. *Lambda: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA dan Aplikasinya*, 5(2), 651–661. <https://doi.org/10.58218/lambda.v5i2.1842>
- Syahmi, F. A., Ulfa, S., & Susilaningsih. (2022). Pengembangan media pembelajaran komik digital berbasis smartphone untuk siswa sekolah dasar. *JKTP: Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, 5(1), 81–90. <https://doi.org/10.17977/um038v5i12022p081>
- Trisnasari, E., & Oksiana, S. (2024). Identification Of Students' Conceptual Understanding Of Temperature And Heat Material. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(3), 260–267. <https://doi.org/10.59052/edufisika.v9i3.37601>
- Wulandari, D., Maison, & Kurniawan, D. A. (2023). Identifikasi Pemahaman Konsep dan Kemampuan Berargumentasi Peserta Didik pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(1), 93–99. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.817>
- Yuliana, I., Artawan, P., & Heny, A. P. (2023). Profil miskonsepsi siswa pada materi suhu dan kalor. *Nusra: Jurnal Penelitian dan Ilmu Pendidikan*, 4(4), 1161–1166. <https://doi.org/10.55681/nusra.v4i4.1763>