



Pengembangan Media Pembelajaran GAS-FisMat Berbasis Computational Thinking pada Topik Diferensial Parsial

Asep Irvan Irvani
Irvan.irvani@uniga.ac.id
Physics Education Study Program, Universitas Garut, Garut, Indonesia

Anderias Henukh
henukh_fkip@unmus.ac.id
Physics Education Study Program, Universitas Musamus, Merauke, Indonesia
Parlindungan Sinaga
psinaga@upi.edu
Science Education Study Program, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia
Artikel ini telah dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional Fisika (Sinafi 12.0)
Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia
08 Agustus 2026

Reza Ruhbani Amarulloh
rezaruhbaniamarulloh@uinjkt.ac.id
Physics Education Study Program, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, Indonesia
Siti Nurdianti Muhajir
D11411810@mail.ntust.edu.tw
Graduate Institute of Digital Learning and Education, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan serta menguji kelayakan dan kepraktisan media pembelajaran GAS-FisMat (Google Apps Script untuk Fisika Matematika) pada topik diferensial parsial. Media yang dikembangkan mengintegrasikan simulasi interaktif dan lembar kerja mahasiswa dengan perancah computational thinking untuk membantu mahasiswa memahami konsep matematika fisika yang abstrak. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan menerapkan model pengembangan 3D+I (Define, Design, Develop, Implementation). Validitas kelayakan media dinilai oleh lima orang ahli yang mencakup tiga kriteria utama, yaitu validasi konten, kualitas media, dan kegunaan pedagogis. Hasil validasi menunjukkan skor rata-rata kelayakan sebesar 83,13%, yang mengindikasikan bahwa media ini valid dan layak digunakan. Tahap implementasi dilakukan terhadap 26 mahasiswa calon guru fisika dan 5 orang dosen pendidikan fisika untuk mengukur tingkat kepraktisan media melalui angket respons. Hasil uji kepraktisan menunjukkan persentase sebesar 87,6% berdasarkan respons mahasiswa dan 91,2% berdasarkan respons dosen, yang keduanya termasuk dalam kategori kepraktisan yang tinggi. Berdasarkan hasil tersebut, media GAS-FisMat dinyatakan layak dan praktis untuk digunakan sebagai media pembelajaran interaktif pada mata kuliah matematika fisika, khususnya pada topik diferensial parsial.

Kata Kunci: Computational Thinking · Diferensial Parsial · GAS-FisMat · Media Pembelajaran · Model 3D+I

PENDAHULUAN

Persamaan Diferensial Parsial (PDP) merupakan salah satu pilar fundamental dalam kurikulum fisika tingkat lanjut (Boukarou et al., 2025; Rivière, 2022). Pemahaman yang mendalam tentang PDP sangat krusial bagi mahasiswa pendidikan fisika, mengingat materi ini menjadi bahasa utama untuk mendeskripsikan fenomena-fenomena kompleks dalam mekanika kuantum, elektrodinamika, dan termodinamika (Swapna et al., 2024). Namun, tuntutan untuk menguasai PDP sering kali berbanding lurus dengan tingkat kesulitan yang dialami mahasiswa. Sifat PDP yang memadukan struktur matematika tingkat tinggi dengan konsep fisika yang abstrak menjadikannya salah satu materi yang paling menantang dalam pembelajaran Matematika Fisika (Zang et al., 2020).

Berbagai studi empiris telah mengonfirmasi bahwa mahasiswa pendidikan fisika menghadapi hambatan signifikan dalam memahami PDP. Kesulitan utama bermula pada pemahaman konseptual, di mana mahasiswa cenderung terjebak pada prosedur hafalan matematis tanpa mampu mengaitkannya

How to Cite: Irvani, A. I., Amarulloh, R. R., Henukh, A., Muhajir, S. N., & Sinaga, P. (2026). Pengembangan Media Pembelajaran GAS-FisMat Berbasis Computational Thinking pada Topik Diferensial Parsial. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 5 (1), 45-55.
<http://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi>

dengan makna fisik yang mendasarinya (Fuhrmann & Kautz, 2022; Hyland et al., 2018). Penekanan yang berlebihan pada pengetahuan prosedural ini membatasi kemampuan transfer pengetahuan mereka ke dalam konteks masalah fisika yang baru (Bollen et al., 2016). Akibatnya, meskipun secara matematis mahasiswa mampu melakukan operasi kalkulus, mereka sering kali gagal ketika dituntut untuk menerapkan PDP pada pemodelan masalah fisika dunia nyata (Tu et al., 2020).

Hambatan ini bermanifestasi secara jelas pada berbagai tahapan proses pemecahan masalah. Mahasiswa mengalami kesulitan dalam mengaktifkan pengetahuan prasyarat, membangun model fisika, hingga merefleksikan solusi yang diperoleh (Tu et al., 2020). Salah satu kendala teknis yang paling menonjol adalah teknik pemisahan variabel. Mahasiswa kerap gagal mengenali kapan dan bagaimana teknik ini harus diimplementasikan secara efektif untuk menyelesaikan PDP dalam konteks fisika (Tu et al., 2020). Selain itu, ketidaktahuan terhadap struktur matematika yang mendasari PDP semakin menghambat kapabilitas mereka dalam memodelkan fenomena fisik secara utuh (Zeynivandnezhad et al., 2015).

Permasalahan konseptual dan prosedural ini semakin diperparah oleh keterbatasan dalam proses pembelajaran di kelas. Sifat PDP yang sangat abstrak membuatnya sulit untuk divisualisasikan (Du et al., 2026). Metode pengajaran tradisional yang didominasi oleh pendekatan ceramah dan penurunan rumus di papan tulis sering kali tidak menyediakan komponen visual atau interaktif yang memadai untuk membantu mahasiswa membayangkan perilaku fisik dari solusi matematis yang mereka peroleh (Cano et al., 2015; Gupta, 2007). Meskipun simulasi interaktif dan sistem aljabar komputer telah disarankan sebagai alat bantu potensial untuk mengatasi kesenjangan ini, implementasinya di tingkat perguruan tinggi masih menghadapi berbagai tantangan teknis dan pedagogis (Kovács, 2020; Seifullina & Shokybayev, 2024).

Oleh karena itu, diperlukan sebuah intervensi media pembelajaran yang tidak hanya berfungsi sebagai alat visualisasi, tetapi juga mampu memberikan scaffolding (perancah) kognitif bagi mahasiswa untuk menavigasi kompleksitas PDP. Computational Thinking (CT) menawarkan kerangka kerja yang menjanjikan untuk menjembatani kesenjangan antara abstraksi matematika dan aplikasi fisika melalui dekomposisi masalah, pengenalan pola, dan berpikir algoritmik. Namun, integrasi CT ke dalam media pembelajaran Matematika Fisika yang interaktif masih sangat terbatas. Berangkat dari celah penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran "GAS-FisMat" (Google Apps Script untuk Fisika Matematika) berbasis Computational Thinking pada topik Diferensial Parsial. Media ini dirancang untuk mengintegrasikan simulasi interaktif dan lembar kerja mahasiswa guna meningkatkan pemahaman konseptual, kepraktisan, dan visualisasi mahasiswa terhadap materi yang bersifat abstrak.

Berangkat dari celah penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran GAS-FisMat (Google Apps Script untuk Fisika Matematika) berbasis Computational Thinking pada topik Persamaan Diferensial Parsial. Media ini dirancang untuk mengintegrasikan simulasi interaktif dan lembar kerja mahasiswa dengan perancah Computational Thinking guna mendukung pemahaman konsep dan visualisasi materi yang bersifat abstrak. Penelitian ini diarahkan untuk menjawab pertanyaan penelitian berikut:

RQ1: Bagaimana tingkat validitas media pembelajaran GAS-FisMat berbasis Computational Thinking pada topik Persamaan Diferensial Parsial berdasarkan penilaian ahli?

RQ2: Bagaimana tingkat kepraktisan media pembelajaran GAS-FisMat berbasis Computational Thinking pada topik Persamaan Diferensial Parsial berdasarkan respons mahasiswa dan dosen?

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan 3D+I (Define, Design, Develop, dan Implement) yang diadaptasi dari model 4D (Thiagarajan, 1974) dan ADDIE (Jeffery & Bratton-Jeffery, 2005). Tahap Disseminate diganti dengan Implement karena produk hanya dipraktikkan kepada beberapa pengguna yang dituju (Branch & Varank, 2009; Nandyansah et al., 2020). Tahap Define dan Design difokuskan pada analisis kebutuhan mahasiswa dan perancangan arsitektur media GAS-FisMat. Tahap Develop merupakan inti dari

pengujian validitas media oleh para ahli, sedangkan tahap Implement bertujuan untuk mengukur kepraktisan media dalam setting perkuliahan yang sebenarnya.

Objek dalam penelitian ini adalah media pembelajaran GAS-FisMat berbasis *Computational Thinking* pada materi Persamaan Diferensial Parsial (PDP). Subjek penelitian melibatkan lima orang ahli (terdiri dari ahli materi fisika, ahli media, dan ahli pedagogis) pada tahap validasi. Selanjutnya, pada tahap implementasi, subjek melibatkan 26 mahasiswa calon guru fisika dan lima orang dosen yang pernah mengampu mata kuliah Matematika Fisika.

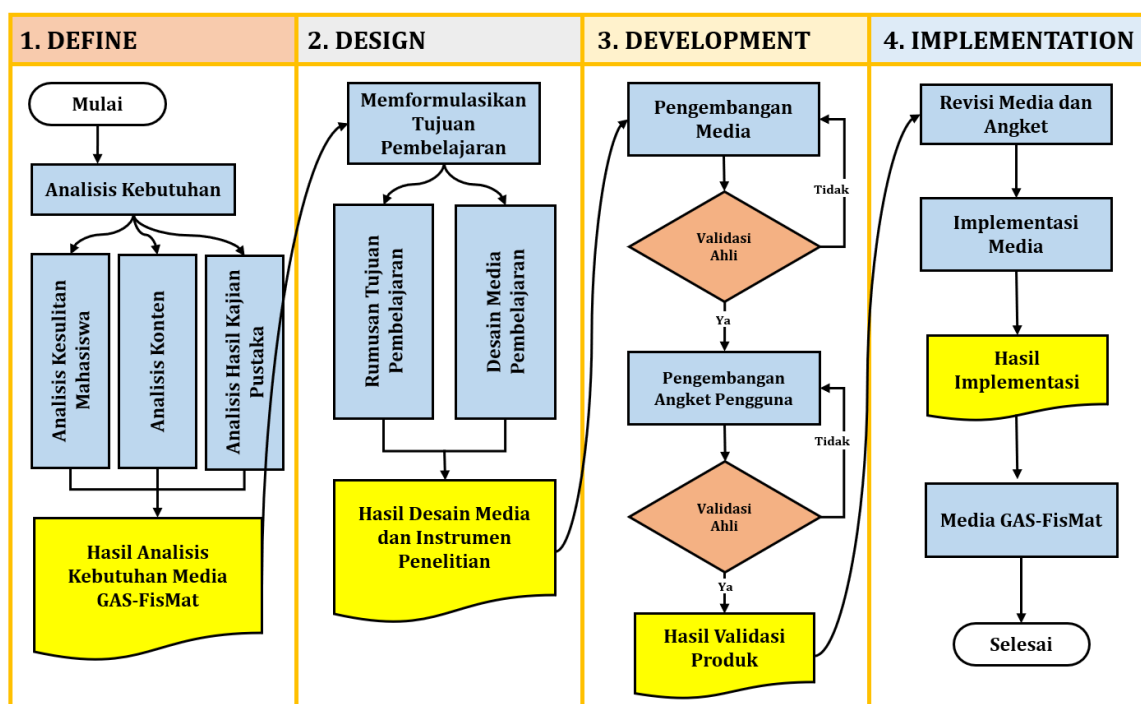
Instrumen pengumpulan data berupa lembar validasi ahli dan angket respons (mahasiswa dan dosen) yang disusun menggunakan skala Likert 4 poin. Lembar validasi ahli mencakup tiga kriteria utama: validasi konten, kualitas media, dan kegunaan pedagogis. Angket respons mengukur 10 indikator kepraktisan, meliputi aksesibilitas, interaktivitas, desain antarmuka, visualisasi fisis, dan perancah CT. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung persentase rata-rata skor untuk menentukan tingkat kelayakan (validitas) dan kepraktisan media. Persentase hasil validasi dan respons pengguna selanjutnya diinterpretasikan berdasarkan kriteria kelayakan dan kepraktisan media yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kriteria Kelayakan dan Kepraktisan Media

Persentase	Kategori
81–100%	Sangat Layak
61–80%	Layak
41–60%	Cukup Layak
21–40%	Kurang Layak
0–20%	Tidak Layak

(Juprizal et al., 2026)

Tahapan penelitian yang dilakukan secara rinci ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Alur Penelitian Pengembangan Media GAS-FisMat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan pada tahap Define diturunkan dari identifikasi permasalahan pembelajaran pada topik Persamaan Diferensial Parsial (PDP) sebagaimana diuraikan pada bagian pendahuluan. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa mahasiswa menghadapi beberapa kebutuhan utama dalam mempelajari PDP. Pertama, sifat PDP yang memadukan struktur matematika tingkat tinggi dengan konsep fisika yang abstrak membutuhkan dukungan visual untuk membantu mahasiswa menghubungkan representasi matematis dengan fenomena fisis (Kohnle & Passante, 2017; Qerimi et al., 2025). Kedua, mahasiswa membutuhkan dukungan untuk menghubungkan prosedur matematis dengan makna fisis serta menerapkan PDP pada konteks permasalahan fisika (Hofmann et al., 2026; Tu et al., 2020). Ketiga, mahasiswa memerlukan perancah yang membantu mereka mengorganisasi langkah-langkah pemecahan masalah secara sistematis, termasuk dalam menentukan penggunaan teknik pemisahan variabel (Tu et al., 2020; Wilcox & Pollock, 2015). Keempat, diperlukan media pembelajaran interaktif yang memungkinkan mahasiswa mengeksplorasi hubungan antara parameter matematis dan perilaku fisis secara langsung (Hahn & Klein, 2023; Kohnle & Passante, 2017).

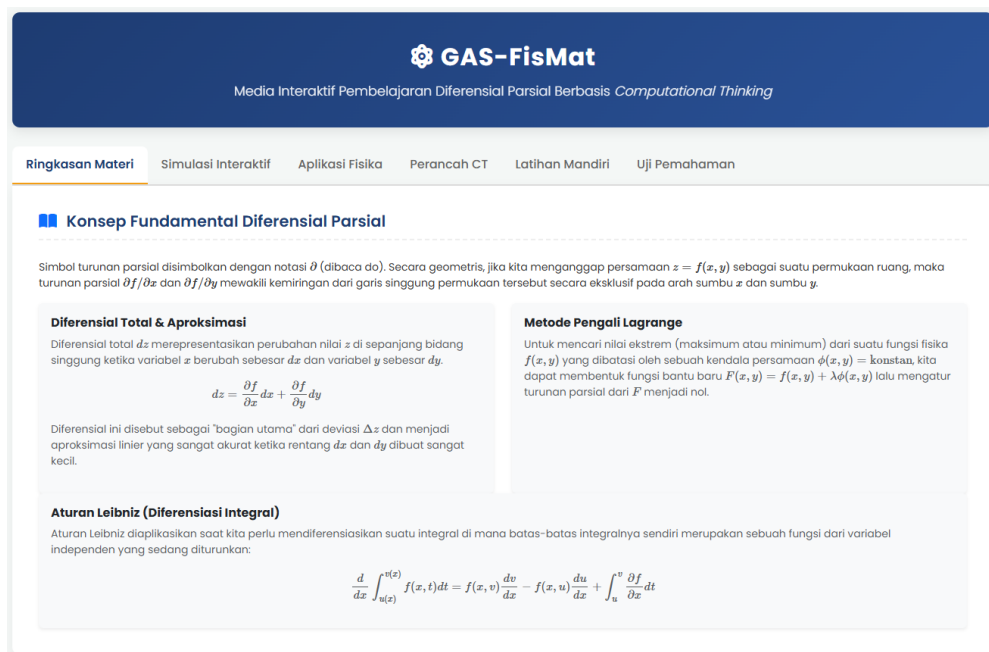
Berdasarkan kebutuhan tersebut, pengembangan GAS-FisMat diarahkan pada integrasi tiga komponen utama, yaitu materi konseptual, simulasi interaktif, dan perancah Computational Thinking (CT). Simulasi interaktif dikembangkan untuk memberikan representasi visual terhadap solusi PDP dan hubungan antara parameter dengan fenomena fisis, sedangkan perancah CT digunakan untuk membantu mahasiswa mengorganisasi proses pemecahan masalah melalui dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan algoritma. Hasil analisis kebutuhan ini selanjutnya menjadi dasar dalam menentukan struktur dan fitur utama media GAS-FisMat.

Pengembangan Media GAS-FisMat

Penelitian ini telah menghasilkan media pembelajaran GAS-FisMat (Google Apps Script untuk Fisika Matematika) yang dirancang khusus untuk memfasilitasi pemahaman mahasiswa pada topik Persamaan Diferensial Parsial (PDP). Media ini diimplementasikan dalam bentuk aplikasi berbasis web yang responsif, mengintegrasikan materi konseptual, simulasi interaktif, dan lembar kerja digital dalam satu ekosistem pembelajaran. Pengembangan arsitektur media ini berlandaskan pada temuan awal bahwa mahasiswa membutuhkan jembatan visual dan perancah kognitif yang kuat untuk menerjemahkan abstraksi matematis PDE ke dalam makna fisis yang konkret.

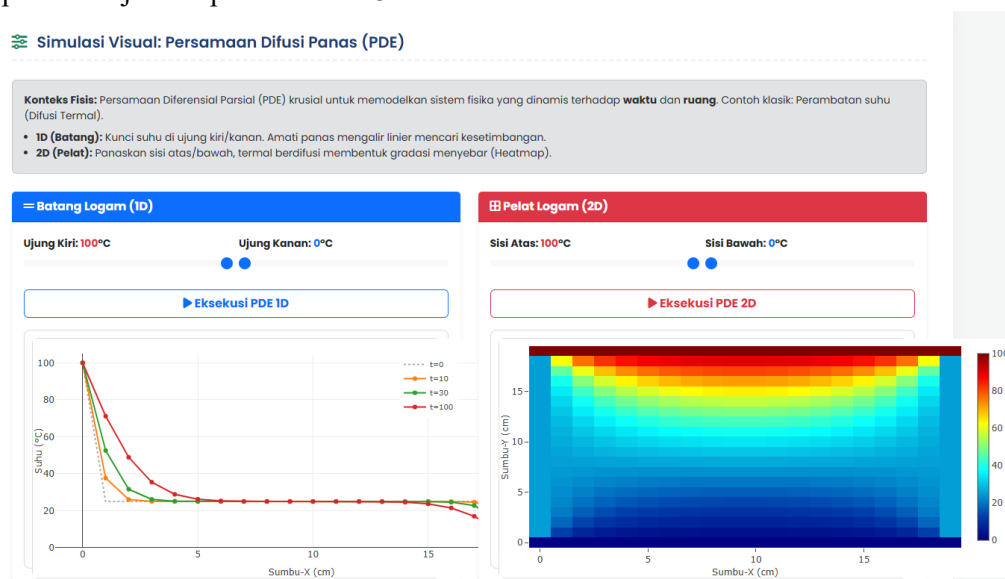
Secara visual, antarmuka GAS-FisMat dirancang dengan prinsip clean design dan hierarki informasi yang jelas untuk meminimalkan beban kognitif yang tidak relevan (extraneous cognitive load). Tampilan header yang dominan dengan navigasi berbasis tab memudahkan mahasiswa untuk mengakses enam modul utama pembelajaran, yaitu: (1) Ringkasan Materi, (2) Simulasi Interaktif, (3) Aplikasi Fisika, (4) Perancah CT, (5) Latihan Mandiri, dan (6) Uji Pemahaman. Struktur navigasi yang terorganisir ini memungkinkan mahasiswa untuk menavigasi alur pembelajaran secara non-linear sesuai dengan kebutuhan dan gaya belajar mereka, sekaligus memberikan fleksibilitas untuk mengeksplorasi materi secara mandiri.

Pada modul "Ringkasan Materi" yang ditampilkan pada Gambar 2, media menyajikan konsep fundamental diferensial parsial dengan pendekatan multimodal yang mengintegrasikan teks penjelasan, notasi matematika formal, dan representasi simbolik. Penyajian materi mencakup konsep-konsep kunci seperti diferensial total dan aproksimasi linier, metode pengali Lagrange untuk optimisasi dengan kendala, serta aturan Leibniz untuk diferensiasi integral. Penggunaan notasi matematika yang presisi disertai dengan penjelasan geometris yang intuitif membantu mahasiswa membangun jembatan antara abstraksi simbolik dan interpretasi visual konsep tersebut (Dorel, 2023; Karpov et al., 2018).



Gambar 2. Tampilan Antarmuka dan Fitur Simulasi Interaktif Media GAS-FisMat

Salah satu fitur unggulan dari GAS-FisMat adalah modul Simulasi Interaktif yang dirancang khusus untuk memvisualisasikan perilaku solusi Persamaan Diferensial Parsial (PDP) dalam konteks fisis yang nyata, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Simulasi Interaktif Persamaan Difusi Panas dengan Visualisasi 1D dan 2D

Melalui antarmuka simulasi ini, mahasiswa dapat secara langsung memanipulasi parameter-parameter fisis penting, menggunakan kontrol slider yang intuitif. Setiap perubahan nilai parameter secara otomatis memicu komputasi dan pembaruan visualisasi grafik secara real-time, memungkinkan mahasiswa untuk mengamati secara langsung bagaimana gradien suhu berdifusi melalui medium dan mencapai kesetimbangan termal seiring berjalannya waktu.

Fitur simulasi ini secara langsung menjawab salah satu kesulitan fundamental mahasiswa dalam memahami PDP, yaitu keterbatasan visualisasi konsep abstrak (Cano et al., 2015; Gupta, 2007; Rezvanifard et al., 2023). Dengan kemampuan untuk mengeksplorasi hubungan dinamis antara

parameter input dan output visual, mahasiswa tidak lagi hanya menghafal prosedur matematis, tetapi dapat membangun intuisi fisis tentang bagaimana persamaan diferensial parsial memodelkan fenomena perambatan panas di dunia nyata. Visualisasi heatmap 2D yang ditampilkan dengan gradien warna yang jelas membantu mahasiswa memahami distribusi spasial suhu yang kompleks, sementara grafik 1D memberikan representasi yang lebih sederhana untuk memvalidasi pemahaman konseptual mereka.

Selain simulasi visual, keunggulan fundamental dari GAS-FisMat terletak pada integrasi eksplisit kerangka Computational Thinking (CT) ke dalam alur pemecahan masalah. Pada modul "Perancah CT", media menyajikan contoh kasus spasial yang didekonstruksi ke dalam empat pilar logis. Mahasiswa dipandu untuk melakukan Dekomposisi masalah ruang 2D menjadi turunan parsial sumbu-X dan Y secara terpisah, melakukan Pengenalan Pola bahwa titik ekstrem dicapai saat gradien bernilai nol, melakukan Abstraksi dengan mengabaikan detail fisik untuk fokus murni pada kalkulus persamaan, serta menyusun Algoritma langkah-langkah evaluasi secara sistematis. Rancangan perancah pemecahan masalah berbasis CT ini disajikan pada Gambar 4.

Ringkasan Materi Simulasi Interaktif Aplikasi Fisika **Perancah CT** Latihan Mandiri Uji Pemahaman

Perancah Pemecahan Masalah (Framework CT)

Contoh Kasus Spasial:
Sebuah pelat siku-siku memiliki fungsi persebaran suhu internal $T(x, y) = 2x^2 - 3y^2 - 2x + 10$. Sebagai fisikawan, Anda diminta menemukan titik koordinat terpanas.

Melalui *Computational Thinking*, kita tidak membagi-buta menurunkan rumus, melainkan menstruktur pemecahan masalah fisis ini ke dalam 4 pilar logis:

- 1. Dekomposisi**
Mencari ekstremum di ruang 2D sekaligus sangat rumit. Kita pecah menjadi dua arah eksklusif: (a) Mencari turunan parsial terhadap sumbu-X, dan (b) terhadap sumbu-Y secara terpisah.
- 2. Pengenalan Pola**
Suhu ekstrem (terpanas/terdingin) geometriannya menyerupai "puncak" atau "lembah". Pola universal menyiratkan puncak tercapai jika laju perubahan (gradien) bernilai nol: $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$ dan $\frac{\partial T}{\partial y} = 0$.
- 3. Abstraksi**
Abaikan detail fisik pelat, fokus murni pada kalkulus persamaan $T(x, y)$:

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 4x - 2 = 0 \implies x = 0.5$$

$$\frac{\partial T}{\partial y} = -6y = 0 \implies y = 0$$
- 4. Algoritma**
Rangkaian langkah:
 1. Identifikasi fungsi suhu T .
 2. Evaluasi akar dari $T_x = 0$ dan $T_y = 0$.
 3. Dapatkan titik stasioner $(0.5, 0)$.
 4. Uji titik ke persamaan: $T(0.5, 0) = 2(0.5)^2 - 0 - 2(0.5) + 10 = 9.5^\circ\text{C}$. Selesai.

Gambar 4. Simulasi Interaktif Persamaan Difusi Panas dengan Visualisasi 1D dan 2D

Implementasi perancah CT ini secara langsung memitigasi kesulitan mahasiswa yang sebelumnya terjebak pada hafalan prosedural tanpa memahami struktur logika di baliknya (Fuhrmann & Kautz, 2022; Tu et al., 2020). Dengan memvisualisasikan tahapan berpikir seorang fisikawan dalam memecahkan masalah, media ini menjembatani kesenjangan antara operasi matematika murni dan makna fisisnya. Pendekatan ini tidak hanya mengajarkan prosedur matematis, tetapi lebih penting, melatih mahasiswa untuk mengonstruksi strategi pemecahan masalah yang sistematis dan dapat ditransfer ke konteks fisika lain yang lebih kompleks, yang merupakan esensi dari keterampilan Computational Thinking di tingkat perguruan tinggi.

Validitas dan Kelayakan Media GAS-FisMat

Evaluasi validitas media GAS-FisMat dilakukan melalui proses penilaian oleh lima orang ahli yang terdiri dari ahli materi fisika, ahli media pembelajaran, dan ahli pedagogis. Rekapitulasi hasil penilaian kelima ahli terhadap keseluruhan indikator disajikan secara rinci pada Tabel 2.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Validasi Media GAS-FisMat oleh Ahli

Validator	Persentase Kelayakan (%)	Kategori
Validator 1	84,38	Sangat Layak
Validator 2	84,38	Sangat Layak
Validator 3	81,25	Sangat Layak
Validator 4	84,38	Sangat Layak
Validator 5	81,25	Sangat Layak
Rata-rata	83,13	Sangat Layak

Berdasarkan data pada Tabel 1, diperoleh persentase kelayakan rata-rata sebesar 83,13 %. Persentase hasil validasi diinterpretasikan berdasarkan kriteria kelayakan media pada Tabel 1. Berdasarkan kriteria tersebut, persentase sebesar 83,13% termasuk dalam kategori “Sangat Layak”. Hal ini mengindikasikan bahwa media tersebut telah memenuhi syarat untuk digunakan dalam proses pembelajaran tanpa perlu revisi mayor, melainkan hanya penyempurnaan minor pada beberapa bagian sesuai saran ahli.

Secara spesifik, analisis butir penilaian mengungkapkan temuan yang signifikan pada aspek Kualitas Media, khususnya pada indikator Aksesibilitas Mobile. Kelima validator memberikan skor sempurna (4) pada indikator ini, yang mengonfirmasi bahwa responsivitas desain GAS-FisMat pada layar smartphone telah terimplementasi dengan sangat baik. Sementara itu, aspek Validasi Konten dan Kegunaan Pedagogis memperoleh skor rata-rata yang stabil (di atas 3,0), menunjukkan bahwa keakuratan materi diferensial parsial dan integrasi perancah Computational Thinking (CT) telah disajikan dengan benar dan sesuai dengan kerangka teoritis yang direncanakan.

Kepraktisan Media dalam Ekosistem Perkuliahan

Selain valid secara keilmuan dan desain, sebuah media pembelajaran harus terbukti praktis dan mudah diintegrasikan ke dalam ekosistem perkuliahan yang sebenarnya. Uji kepraktisan dilakukan terhadap 26 mahasiswa calon guru fisika dan 5 orang dosen pengampu mata kuliah Matematika Fisika setelah mereka menggunakan media GAS-FisMat secara mandiri. Rekapitulasi rata-rata skor respons dari kedua subjek tersebut pada 10 indikator kepraktisan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Rata-rata Skor Kepraktisan Media GAS-FisMat

No.	Indikator Penilaian	Rata-rata Skor Mahasiswa	Rata-rata Skor Dosen
1	Akses & Navigasi	3,77	3,80
2	Interaktivitas	3,65	3,80
3	Desain Antarmuka	3,69	3,60
4	Keterbacaan	3,81	3,80
5	Visualisasi Fisis	3,69	3,60
6	Kejelasan Bahasa	3,65	3,80
7	Perancah CT	3,73	3,40
8	Umpan Balik	3,65	3,80
9	Belajar Mandiri	3,77	3,80
10	Kepraktisan Keseluruhan	3,92	3,80
Persentase Keseluruhan		87,6%	91,2%
Kategori		Sangat Praktis	Sangat Praktis

Berdasarkan data pada Tabel 2, diperoleh persentase kepraktisan keseluruhan sebesar 87,6% berdasarkan respons mahasiswa dan 91,2% berdasarkan respons dosen. Kedua persentase ini menempatkan media GAS-FisMat pada kategori "Sangat Praktis". Indikator "Kepraktisan Keseluruhan" (3,92) dan "Akses & Navigasi" (3,77) mendapatkan skor tertinggi dari mahasiswa, yang mengonfirmasi bahwa media ini hemat waktu, mudah dioperasikan, dan dapat diakses secara fleksibel melalui berbagai perangkat tanpa hambatan teknis yang berarti.

Tingginya respons positif pada indikator "Visualisasi Fisis" (3,69) dan "Perancah CT" (3,73) memberikan implikasi pedagogis yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa tidak hanya merasa media ini mudah digunakan secara teknis, tetapi juga secara kognitif terbantu dalam memvisualisasikan konsep abstrak dan merumuskan langkah pemecahan masalah. Fitur slider interaktif dan heatmap 2D memungkinkan mahasiswa untuk bereksperimen dengan parameter fisis secara real-time, yang secara langsung mengatasi keterbatasan visualisasi pada metode ceramah konvensional (Cano et al., 2015). Sementara itu, dari perspektif dosen, skor kepraktisan yang sangat tinggi (91,2%) mengindikasikan bahwa GAS-FisMat merupakan alat bantu ajar yang efisien, tidak membebani alur perkuliahan, dan efektif dalam memfasilitasi pembelajaran mandiri mahasiswa.

Perancah Computational Thinking dalam Memitigasi Kesulitan PDP

Salah satu kontribusi fundamental dari pengembangan GAS-FisMat adalah integrasi eksplisit kerangka Computational Thinking (CT) sebagai perancah kognitif untuk memandu mahasiswa dalam menavigasi kompleksitas Persamaan Diferensial Parsial (PDP). Berdasarkan analisis kesulitan mahasiswa yang telah diidentifikasi pada bagian pendahuluan, media ini memetakan empat pilar CT sebagai strategi sistematis untuk mengatasi enam hambatan kognitif utama. Pemetaan hubungan antara pilar CT dengan kesulitan PDP disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pemetaan 4 Pilar Computational Thinking terhadap 6 Kesulitan Mahasiswa dalam PDP

Pilar CT	Kesulitan PDP yang Diatasi	Mekanisme Mitigasi dalam GAS-FisMat
Dekomposisi	Proses Pemecahan Masalah; Pemisahan Variabel	Memandu mahasiswa memecah masalah ruang 2D menjadi turunan parsial sumbu-X dan Y secara terpisah, menyederhanakan kompleksitas menjadi sub-masalah yang terkelola.
Pengenalan Pola	Pemahaman Konseptual; Pengetahuan Prosedural	Membantu mahasiswa mengidentifikasi pola universal bahwa titik ekstrem tercapai saat gradien bernilai nol, menggeser fokus dari hafalan ke pemahaman struktural.
Abstraksi	Penerapan pada Konteks Fisik; Struktur Matematika	Melatih mahasiswa mengabaikan detail fisik yang tidak relevan (seperti bentuk pelat) dan fokus murni pada kalkulus persamaan $T(x,y)$, menjembatani kesenjangan antara model matematika dan realitas fisis.
Algoritma	Proses Pemecahan Masalah; Visualisasi	Menyusun rangkaian langkah sistematis (identifikasi fungsi, evaluasi akar, titik stasioner, uji solusi) yang dapat ditransfer ke konteks masalah PDP lainnya.

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa integrasi CT dalam GAS-FisMat dirancang secara strategis untuk menysar akar permasalahan kognitif mahasiswa. Efektivitas perancah CT ini terbukti secara empiris berdasarkan respons mahasiswa yang memberikan skor tinggi pada indikator "Perancah CT" (rata-rata 3,73 dari skala 4), yang mengindikasikan bahwa mahasiswa merasa terbantu dalam merumuskan langkah pemecahan masalah.

Temuan ini sejalan dengan prinsip Cognitive Load Theory yang menekankan pentingnya mengurangi beban kognitif intrinsik melalui dekomposisi masalah yang sistematis (Evans et al., 2024;

Partarakis & Zabulis, 2024). Pilar Dekomposisi dan Pengenalan Pola dalam GAS-FisMat secara langsung memitigasi kesulitan mahasiswa dalam teknik pemisahan variabel yang selama ini menjadi kendala utama (Tu et al., 2020). Hal ini konsisten dengan temuan Fuhrmann & Kautz (2022) yang menekankan bahwa mahasiswa sering terjebak pada prosedur hafalan tanpa memahami struktur logika di baliknya.

Aspek Abstraksi dalam CT berfungsi sebagai jembatan kognitif antara matematika dan makna fisis, menjawab masalah ketidaktahuan terhadap struktur matematika PDP yang menghambat pemodelan fenomena fisis (Zeynivandnezhad et al., 2015). Sementara itu, integrasi pilar Algoritma dengan simulasi interaktif mengatasi keterbatasan visualisasi dalam pembelajaran tradisional (Cano et al., 2015; Gupta, 2007), memungkinkan mahasiswa memvalidasi pemahaman konseptual melalui umpan balik visual yang imediat.

Pendekatan CT dalam GAS-FisMat mengubah paradigma pembelajaran dari transfer pengetahuan prosedural menjadi pengembangan keterampilan berpikir sistematis yang dapat ditransfer ke dalam konteks fisika lanjutan, sebagaimana direkomendasikan dalam kerangka pembelajaran STEM abad ke-21 (Bufasi et al., 2022; Handayani et al., 2022)

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data, media pembelajaran GAS-FisMat berbasis Computational Thinking yang dinyatakan sangat valid (83,13%) dan sangat praktis untuk pembelajaran Fisika Matematika pada topik Persamaan Diferensial Parsial. Integrasi simulasi interaktif dan perancah CT terbukti mampu menjembatani kesulitan konseptual dan visualisasi mahasiswa. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan Computational Thinking dapat menjadi strategi pedagogis yang viable untuk materi fisika matematika yang abstrak. Sebagai rekomendasi, penelitian selanjutnya perlu menguji efektivitas media ini terhadap peningkatan hasil belajar dan keterampilan Computational Thinking mahasiswa melalui desain eksperimen, serta mengadaptasi GAS-FisMat untuk topik Matematika Fisika lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada seluruh validator dan responden yang terlibat dalam pengembangan media ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bollen, L., Van Kampen, P., Baily, C., & De Cock, M. (2016). Qualitative investigation into students' use of divergence and curl in electromagnetism. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2), 20134.
- Boukarou, A., Zennir, K., & Georgiev, S. G. (2025). *Partial differential equations in Sobolev and analytic spaces*. World Scientific.
- Branch, R. M., & Varank, İ. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach* (Vol. 722). Springer.
- Bufasi, E., Hoxha, M., Cuka, K., & Vrtagic, S. (2022). *Developing Student's Comprehensive Knowledge of Physics Concepts by Using Computational Thinking Activities: Effects of a 6-Week Intervention*. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i18.31743>
- Cano, M. J., Chacón-Vera, E., & Esquembre, F. (2015). Bringing partial differential equations to life for students. *European Journal of Physics*, 36(3), 35026.
- Dorel, L. (2023). The relationship between visual and abstract comprehension in spatial geometry, and its importance to developing spatial perception and vision. *International journal for technology in mathematics education*, 30(4), 219–226.

- Du, H., Liu, Z., & Zhu, P. (2026). Accurate Solution of High-Dimensional Partial Differential Equations: Research on Data-Physics Collaborative Modeling and Adaptive Sampling. *Applied Soft Computing*, 114472.
- Evans, P., Vansteenkiste, M., Parker, P., Kingsford-Smith, A., & Zhou, S. (2024). Cognitive load theory and its relationships with motivation: A self-determination theory perspective. *Educational Psychology Review*, 36(1), 7.
- Fuhrmann, T. A., & Kautz, C. (2022). Understanding of differential equations in a highly heterogeneous student group. *Towards a new future in engineering education, new scenarios that european alliances of tech universities open up*, 288–297.
- Gupta, N. (2007). Impact of experimental modules on the student learning in a mechanics course. *22nd Technical Conference of the American Society for Composites 2007-Composites: Enabling a New Era in Civil Aviation*, 302–313.
- Hahn, L., & Klein, P. (2023). The impact of multiple representations on students' understanding of vector field concepts: Implementation of simulations and sketching activities into lecture-based recitations in undergraduate physics. *Frontiers in Psychology*, 13, 1012787.
- Handayani, R. D., Lesmono, A. D., Prastowo, S. B., Supriadi, B., & Dewi, N. M. (2022). *Bringing Computational Thinking Skills Into Physics Classroom Through Project-Based Learning*. <https://doi.org/10.1109/ICET56879.2022.9990631>
- Hofmann, J., Klein, P., Müller, A., & Neuhaus, J. (2026). Supporting sensemaking of physics equations: An intervention study in undergraduate courses. *Physical Review Physics Education Research*, 22(1), 10144.
- Hyland, D., van Kampen, P., & Nolan, B. C. (2018). Outcomes of a service teaching module on ODEs for physics students. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 49(5), 743–758.
- Jeffery, A. B., & Bratton-Jeffery, M. F. (2005). Quality Function Deployment in Training Design. In *Encyclopedia of Distance Learning* (hal. 1543–1551). IGI Global Scientific Publishing.
- Juprizal, J., Yusnidar, Y., Romundza, F., Syahri, W., & Miharti, I. (2026). Pengembangan Multimedia Interaktif Berbantuan Adobe Animate Berorientasi Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Asam Basa. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 16(1), 189–197.
- Karpov, A., Klepov, V., & Nikitin, A. (2018). On Mathematical Visualization in Education. *International Conference on Convergent Cognitive Information Technologies*, 11–27.
- Kohnle, A., & Passante, G. (2017). Characterizing representational learning: A combined simulation and tutorial on perturbation theory. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 20131.
- Kovács, Z. (2020). “Mathemachines” via LEGO, GeoGebra and CindyJS. *International Workshop on Computer Algebra in Scientific Computing*, 390–401.
- Nandyansah, W., Suprpto, N., & Mubarak, H. (2020). Picsar (physics augmented reality) as a learning media to practice abstract thinking skills in atomic model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1491(1), 12049.
- Partarakis, N., & Zabulis, X. (2024). Applying Cognitive Load Theory to eLearning of Crafts. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/mti8010002>
- Qerimi, L., Malone, S., Rexigel, E., Mehlhase, S., Kuhn, J., & Küchemann, S. (2025). Exploring the mechanisms of qubit representations and introducing a new category system for visual representations: results from expert ratings. *EPJ Quantum Technology*, 12(1), 45.
- Rezvanifard, F., Radmehr, F., & Rogovchenko, Y. (2023). Advancing engineering students' conceptual understanding through puzzle-based learning: A case study with exact differential equations. *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA*, 42(2), 126–149.
- Rivière, T. (2022). Exploring the unknown: The work of Louis Nirenberg on partial differential equations. *EMS Surveys in Mathematical Sciences*, 9(1), 1–29.

- Seifullina, B. S., & Shokybayev, Z. A. (2024). Educational implications of incorporating contemporary interactive techniques into the curriculum. *Praxis Educativa*, 19.
- Swapna, Y., Nirmale, V., Pavani, N., Singh, C., Ranganathan, R., Thontla, A. R., & Kumar, N. M. (2024). Applications of partial differential equations in fluid physics. *Commun. Appl. Nonlinear Anal*, 31(1), 207–220.
- Thiagarajan, S. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Indiana Univ., Bloomington. Center for Innovation in Teaching the Handicapped.
- Tu, T., Li, C.-F., Zhou, Z.-Q., & Guo, G.-C. (2020). Students' difficulties with partial differential equations in quantum mechanics. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 20163.
- Wilcox, B. R., & Pollock, S. J. (2015). Upper-division student difficulties with separation of variables. *Physical Review Special Topics—Physics Education Research*, 11(2), 20131.
- Zang, Y., Bao, G., Ye, X., & Zhou, H. (2020). Weak adversarial networks for high-dimensional partial differential equations. *Journal of Computational Physics*, 411, 109409.
- Zeynivandnezhad, F., Ismail, Z., & Yusof, Y. M. (2015). Teaching mathematical structures in differential equations using a computer algebra system to engineering students. *2015 IEEE 7th International Conference on Engineering Education (ICEED)*, 10–15.