

TREN, TANTANGAN, DAN PROSPEK PENERAPAN *COMPUTATIONAL THINKING* DALAM PEMBELAJARAN FISIKA: SEBUAH KAJIAN LITERATUR SISTEMATIS

Halleyna Widyasari¹, Ria Asep Sumarni², Fita Widiyatun³

¹Universitas Khairun

Jl. Bandara Babullah, Ternate, Maluku Utara

^{2,3}Universitas Indraprasta PGRI

Jl. Raya Tengah No.80, Gedong, Pasar Rebo, Jakarta Timur

halleyyawidyasari0@gmail.com, riaasepsumarni@gmail.com, fita.wdy@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren, tantangan, dan prospek penerapan *Computational Thinking* dalam pembelajaran fisika serta menguji dampaknya terhadap pengembangan keterampilan *problem-solving* siswa. Metode yang digunakan adalah Kajian Literatur Sistematis (SLR) dengan mengacu pada kerangka PRISMA. Pencarian dilakukan di database *Scopus* (2015-2025) menggunakan kombinasi *keyword Computational Thinking* dan pendidikan fisika, menghasilkan 16 artikel final yang dianalisis secara visualisasi bibliometrik *VOSviewer*. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa tren implementasi *Computational Thinking* telah berevolusi dari penggunaan *software* simulasi umum menuju integrasi pemrograman spesifik (*Python*) sebagai medium utama untuk pemodelan dan analisis data laboratorium. Penerapan *Computational Thinking* memiliki dampak positif signifikan dalam meningkatkan keterampilan *problem-solving* dan pemodelan siswa melalui penguatan kemampuan abstraksi dan dekomposisi masalah. Namun, implementasi ini menghadapi tantangan besar pada aspek pedagogis, yaitu kurangnya kompetensi guru dalam mengintegrasikan *Computational Thinking* secara efektif. Oleh karena itu, prospek penelitian merekomendasikan standarisasi kurikulum berbasis *Python* dan pengembangan profesional guru untuk optimalisasi integrasi *Computational Thinking* dalam fisika.

Kata Kunci: *Computational Thinking*, Pembelajaran Fisika, Problem-Solving, Kajian Literatur Sistematis

ABSTRACT

This study aims to analyze trends, challenges, and prospects for the application of *Computational Thinking* in physics education and to examine its impact on students' *problem-solving* skills. The method used is a Systematic Literature Review (SLR) following the PRISMA framework. The search was conducted in the *Scopus* database (2015-2025) using the keywords *Computational Thinking* and physics education, yielding 16 final articles, which were analyzed using *VOSviewer* bibliometric visualization. The results of the review show that the trend in the implementation of *Computational Thinking* has evolved from the use of general simulation software to the integration of specific programming (*Python*) as the main medium for modeling and laboratory data analysis. The application of *Computational Thinking* has a significant positive impact on improving students' *problem-solving* and modeling skills by strengthening their ability to abstract and decompose problems. However, this implementation faces a major challenge in the pedagogical aspect, namely the lack of teacher competence in effectively integrating *Computational Thinking*. Therefore, the research prospect recommends standardizing a *Python*-based curriculum and professional development for teachers to optimize the integration of *Computational Thinking* into physics.

Keywords: *Computational Thinking*, Physics Education, Problem-Solving, Systematic Literature Review

PENDAHULUAN

Computational Thinking telah diakui sebagai keterampilan esensial abad ke-21 yang relevan di berbagai disiplin ilmu, termasuk fisika (Khasanah et al., 2025). Pengembangan kurikulum 2013, secara eksplisit mengadopsi konsep keterampilan abad ke-21, pendekatan ilmiah, dan penilaian autentik guna membekali peserta didik dengan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi yang diperlukan

di era revolusi industri 4.0 (Elisabeth et al., 2023; Sung & Black, 2020). Kemampuan ini mencakup pemikiran kreatif, kritis, pemecahan masalah, komunikasi, dan kolaborasi yang krusial untuk menghadapi kompleksitas kehidupan modern (Wastriani et al., 2024).

Pengembangan *Computational Thinking* merupakan kemampuan fundamental yang diperlukan bagi semua siswa di setiap jenjang

pendidikan, sejalan dengan tuntutan Pendidikan 4.0 dan Revolusi Industri Keempat (S. Subramaniam et al., 2022). Sebagai keterampilan penting, *Computational Thinking* melibatkan serangkaian kemampuan kognitif yang memfasilitasi penyelesaian masalah kompleks, seperti dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan perancangan algoritma (Lapawi & Husnin, 2020). Kemampuan ini sangat relevan mengingat hasil PISA 2022 menunjukkan bahwa siswa Indonesia masih kesulitan dalam aspek penerapan dan penalaran, mengindikasikan perlunya pendekatan pembelajaran yang lebih berfokus pada pengembangan keterampilan berpikir kritis, analitis, dan kreatif (Nailinda et al., 2025).

Dalam konteks fisika, *Computational Thinking* memungkinkan siswa untuk mengurai masalah kompleks menjadi bagian-bagian yang lebih kecil (dekomposisi), mengidentifikasi pola (pengenalan pola), mengembangkan solusi sistematis (algoritma), dan menyajikan konsep abstrak secara logis (abstraksi) (Fayanto et al., 2024).

Peningkatan keterampilan 4C, yang mencakup komunikasi, kolaborasi, berpikir kritis, dan kreativitas, telah menjadi fokus utama dalam menghadapi tantangan abad ke-21 dalam pendidikan, termasuk pembelajaran fisika (Lestari et al., 2025; Meriska & Sudibyo, 2025). Penerapan model pembelajaran berbasis masalah, misalnya, dapat menjadi salah satu strategi efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa sekaligus mengembangkan kemampuan *Computational Thinking* mereka dalam menghadapi isu-isu fisika yang relevan dengan kehidupan sehari-hari (Rosadah et al., 2024).

Meskipun demikian, integrasi *Computational Thinking* dalam pembelajaran fisika masih menghadapi berbagai tantangan, termasuk kurangnya pemahaman guru mengenai implementasi *Computational Thinking* dan ketersediaan sumber daya yang memadai (Safitri et al., 2024). Selain itu Integrasi *Computational Thinking* dengan model pembelajaran seperti *Project-Based Learning* dan *Problem-Based Learning* dapat mendorong peserta didik untuk menganalisis dan mencari solusi dari permasalahan fisika

secara sistematis dan strategis, sehingga berpotensi meningkatkan hasil belajar serta kemampuan berpikir tingkat tinggi (Listiani et al., 2025). Oleh karena itu, kajian literatur sistematis ini bertujuan untuk mengidentifikasi tren terkini, tantangan yang dihadapi, serta prospek implementasi *Computational Thinking* dalam pembelajaran fisika.

METODE PENELITIAN

Studi ini menggunakan pendekatan Kajian Literatur Sistematis/ *Systematic Literature Review* (SLR), sebuah teknik terstruktur dan metodis yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis sekumpulan karya ilmiah yang relevan guna mengembangkan pemahaman komprehensif tentang topik penelitian tertentu. Metode SLR dirancang untuk memastikan bahwa proses peninjauan literatur bersifat transparan, ketat, dan dapat direplikasi, dengan mengikuti panduan standar untuk tinjauan sistematis berkualitas tinggi. Proses SLR dalam penelitian ini mengikuti tiga fase utama: Perencanaan, Pelaksanaan, dan Pelaporan, diikuti dengan Fase Analisis data.

1. Fase Perencanaan

Fase awal ini dimulai dengan perumusan dua pertanyaan penelitian yang eksplisit dan penetapan tujuan penelitian, sebagaimana dibahas dalam bagian Pendahuluan. Selanjutnya, para peneliti merancang protokol sistematis untuk pencarian literatur. Protokol ini mencakup pemilihan kata kunci spesifik dan definisi kriteria inklusi dan eksklusi (Populasi, Intervensi, Konteks) yang ketat untuk memandu pencarian.

2. Tahap Pelaksanaan

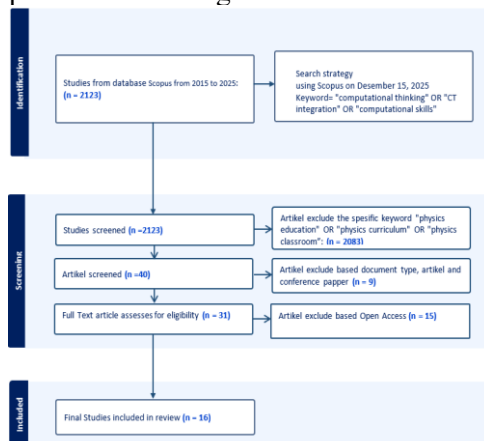
Tahap pelaksanaan melibatkan pencarian literatur menggunakan *database* akademik utama, yaitu *Scopus*, yang dilakukan pada tanggal 15 Desember 2025. Para peneliti menggunakan kombinasi *keyword* yang selaras dengan fokus penelitian "*Computational Thinking*" OR "*CT integration*" OR "*computational skills*": Pencarian awal menghasilkan 2.123 dokumen. Hasil pencarian kemudian disaring berdasarkan kriteria inklusi sebagai berikut:

- a. Kriteria Relevansi Subjek: Penambahan *keyword* spesifik yang terkait dengan

- Fisika: *"physics education" OR "physics curriculum" OR "physics classroom"*. Langkah ini mengeliminasi 2.083 artikel yang tidak relevan, menyisakan 40 dokumen yang lolos *screening* subjek.
- b. Kriteria Jenis Dokumen: Artikel yang disaring dibatasi hanya pada Article (Jurnal) dan *Conference Paper*. Sebanyak 9 dokumen dikeluarkan pada tahap ini, menyisakan 31 artikel yang dievaluasi kelayakannya.
 - c. Kriteria Aksesibilitas: Artikel kemudian difilter berdasarkan ketersediaan akses penuh (*Open Access*). Sebanyak 15 artikel dikeluarkan karena tidak dapat diakses secara penuh, menghasilkan 16 studi final yang dimasukkan dalam tinjauan.

- b. Sintesis Temuan Kualitatif
 Temuan yang disajikan dalam bagian Hasil dan Pembahasan mencakup sintesis naratif terhadap 16 studi yang telah dipilih. Analisis berfokus pada ekstraksi data primer yang relevan untuk menjawab *Research Question*. RQ 1: Bagaimana tren implementasi *Computational Thinking* dalam pembelajaran fisika; RQ 2: Bagaimana dampak penerapan *Computational Thinking* terhadap pengembangan keterampilan *problem-solving* pada pembelajaran Fisika; memastikan bahwa kesimpulan yang ditarik didukung oleh bukti empiris dari literatur yang ditinjau secara sistematis.

Model PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) diterapkan untuk mendokumentasikan seluruh proses seleksi artikel dengan cermat, terlihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Kerangka Kerja PRISMA

Kerangka PRISMA digunakan untuk Memfilter dan Memilih Artikel.

3. Fase Pelaporan dan Analisis Tahap akhir SLR melibatkan kompilasi temuan ke dalam laporan komprehensif, diikuti dengan analisis data.

- a. Pemrosesan dan Visualisasi Data
 Metadata dari 16 dokumen yang relevan diimpor ke perangkat lunak *VOSviewer* untuk memvisualisasikan hubungan antar konsep. Peta jaringan (*Network Visualization*), peta kepadatan (*Density Visualization*), dan peta overlay (*Overlay Visualization*) dihasilkan untuk menggambarkan:

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses seleksi studi mengikuti kerangka PRISMA, di mana dari 2.123 catatan yang teridentifikasi, sebanyak 2.083 artikel dikeluarkan karena tidak mengandung keyword spesifik *"physics education," "physics curriculum,"* atau *"physics classroom"*. Setelah penyaringan dan penilaian kelayakan berdasarkan jenis dokumen dan aksesibilitas *Open Access*, diperoleh 16 artikel yang menjadi dasar analisis kualitatif.

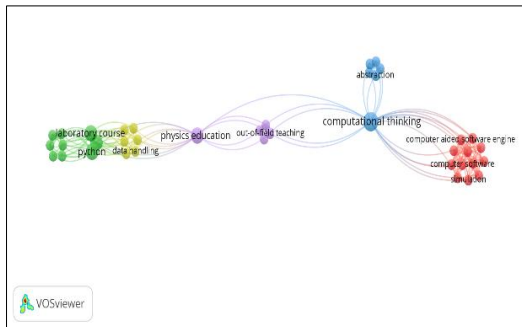
Tabel 1. Data artikel yang relevan

No	Judul	Analisis
1	<i>Using Jupyter Notebooks to foster computational skills and professional Thinking in an introductory physics lab course</i> (Tufino et al., 2025)	Fokus pada integrasi <i>Computational Thinking</i> . Menggunakan <i>Jupyter Notebooks</i> untuk meningkatkan keterampilan komputasi dalam kursus lab fisika pengantar.
2	<i>Expression-Based E-Worksheet (EBEW): An Effort To Enhance Student' Computational Thinking Skills</i> (Herlina et al., 2025)	Fokus pada integrasi <i>Computational Thinking</i> dan peningkatan keterampilan (<i>problem-solving</i>). Menggunakan <i>E-Worksheet (EBEW)</i> dengan metode Kuasi-Eksperimen.
3	<i>The Role of Arduino-Assisted Robotics Coding Application in Physics Learning: A Systematic Review</i>	Fokus pada integrasi <i>Computational Thinking</i> melalui aplikasi <i>coding</i> robotika berbasis <i>Arduino</i> . (Metode:

4	(Manu et al., 2025) <i>Presenting STEM ways of a thinking framework for engineering design-based physics problems</i> (R. C. Subramaniam et al., 2025)	Tinjauan Sistematis/SLR). Kajian umum implementasi <i>Computational Thinking</i> dalam kerangka berpikir STEM untuk masalah fisika berbasis desain rekayasa.	11	<i>Scientific Reasoning</i> (Tofel-Grehl et al., 2022) <i>Dynamic Energy Transfer Models</i>	<i>Computational Thinking</i> ke penalaran ilmiah. Fokus pada pengembangan model komputasi. Menggunakan model transfer energi dinamis sebagai konteks <i>Computational Thinking</i> .
5	<i>The Analyze Comparative of Physics Computational Thinking Skill (COMPUTATIONAL THINKINGs) in Experiment Laboratory</i> (Fayanto et al., 2024)	Fokus pada peningkatan keterampilan <i>Computational Thinking</i> melalui analisis komparatif dalam lingkungan laboratorium eksperimen.	12	<i>Development and illustration of a framework for Computational Thinking praComputational Thinkigices in introduComputation al Thinkigory physics</i> (Weller et al., 2022)	Fokus pada penggunaan alat spesifik dan pengembangan kerangka praktik <i>Computational Thinking</i> dalam fisika pengantar.
6	<i>Integrating Python data analysis in an existing Computation al Thinkigory laboratory course</i> (Tufino et al., 2024)	Fokus pada penggunaan alat spesifik (<i>Python</i>). Mengintegrasikan analisis data <i>Python</i> dalam kursus laboratorium yang sudah ada.	13	<i>Hitting the Ground Running: Computational Physics Education to Prepare Students for Computational Physics Research</i> (Graves & Light, 2020)	Fokus pada integrasi <i>Computational Thinking</i> untuk mempersiapkan siswa dalam penelitian fisika komputasi.
7	<i>Teacher Renovicing on the Path to Integrating Computational Thinking in High School Physics InstruComputationa l Thinkigion</i> (Lane et al., 2023)	Fokus pada integrasi <i>Computational Thinking</i> . Meninjau pembaharuan peran guru dalam mengintegrasikan <i>Computational Thinking</i> dalam pengajaran fisika SMA.	14	<i>Scaffolded training environment for physics programming (STEPP)</i> (Kitagawa et al., 2019)	Fokus pada pengembangan model komputasi. Pengembangan lingkungan pelatihan terstruktur untuk pemrograman fisika (<i>STEPP</i>).
8	<i>A framework for assessing Computational Thinking skills in the physics classroom: study on cognitive test development</i> (Zakwandi & Istiyono, 2023)	Fokus pada pengembangan model komputasi. Menciptakan kerangka kerja dan tes kognitif untuk menilai keterampilan <i>Computational Thinking</i> di kelas fisika.	15	<i>Student-identified themes around computation in high school physics</i> (Bott et al., 2019)	Kajian umum implementasi <i>Computational Thinking</i> melalui tema-tema komputasi yang diidentifikasi siswa dalam fisika SMA.
9	<i>Investigating Perceptions of Relevance Towards Computation in an IntroComputation al Thinkigory Physics for Life Science Course</i> (Watkins et al., 2023)	Fokus pada pengembangan model komputasi. Menyelidiki persepsi relevansi komputasi dalam kursus fisika pengantar untuk ilmu hayati.	16	<i>Hidden faComputational Thinkigors that influence success in the optics workforce</i> (Leak et al., 2018)	Fokus pada integrasi <i>Computational Thinking</i> . Meninjau faktor-faktor tersembunyi yang mempengaruhi keberhasilan <i>Computational Thinking</i> dalam lingkungan kerja optik.
10	<i>Thinking Thru Making: Mapping Computational Thinking PraComputational Thinkigices onto</i>	Fokus pada peningkatan keterampilan <i>Computational Thinking</i> melalui pemetaan praktik			

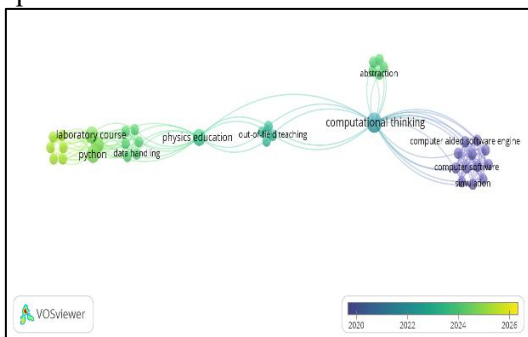
Selanjutnya, dari 16 artikel yang dipilih melalui proses penyaringan PRISMA, metadata diolah dan diimpor ke perangkat lunak *VOSviewer* untuk memvisualisasikan hubungan antar konsep. Proses ini menghasilkan Peta Jaringan (*Network*

Visualization), Peta Kepadatan (*Density Visualization*), dan Peta Overlay (*Overlay Visualization*) yang secara kolektif menggambarkan keterkaitan topik dalam penelitian implementasi *Computational Thinking* dalam pembelajaran fisika. Visualisasi ini kemudian ditafsirkan untuk mengidentifikasi tren penelitian saat ini, tantangan yang dihadapi, dampak penerapan *Computational Thinking*, dan prospek penelitian di masa depan.



Gambar 3. Network Visualization

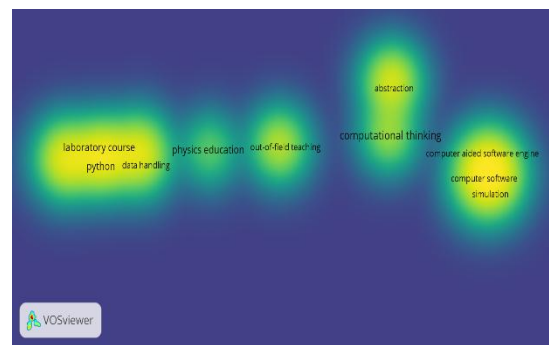
Network Visualization pada gambar 2 menunjukkan tiga kluster utama dan koneksi yang terstruktur di antara kata kunci, menyoroti "*Computational Thinking*" sebagai titik penghubung sentral. Di sisi kiri, terdapat kluster teknis (hijau-kuning) yang didominasi oleh istilah-istilah praktis seperti "*python*", "*data handling*", dan "*laboratory course*", menunjukkan fokus pada keterampilan teknis eksperimental. Di sisi tengah, terdapat kluster pedagogis (ungu) yang mencakup "*physics education*" dan "*out-of-field teaching*", menunjukkan isu pengajaran dan kurikulum. Sementara di sisi kanan, kluster aplikasi komputasi (merah) mencakup "*computer software*" dan "*simulation*", mencerminkan aplikasi teknis.



Gambar 3. Overlay Visualization

Overlay Visualization menunjukkan evolusi tren penelitian dengan memetakan rata-rata tahun publikasi (skala biru/ungu = lebih awal,

kuning/hijau terang = lebih baru). Fokus penelitian pada awal periode (biru tua, sekitar 2020–2022) berpusat pada "*simulation*" dan "*computer software*", yang menggarisbawahi upaya awal dalam penerapan komputasi. Tren kemudian bergeser ke tengah (hijau, sekitar 2023–2024), di mana istilah "*Computational Thinking*" dan "*physics education*" menjadi lebih aktif, menunjukkan pendalaman studi tentang integrasi pedagogis *Computational Thinking*. Terakhir, tren terbaru dan prospektif (kuning cerah, mendekati 2025–2026) terletak pada "*python*", "*data handling*", dan "*laboratory course*", mengindikasikan bahwa fokus riset kini beralih pada implementasi alat pemrograman spesifik untuk analisis data dalam lingkungan praktikum fisika.



Gambar 4. Density Visualization

Density Visualization pada gambar 4 memetakan frekuensi dan kepadatan kemunculan kata kunci, dengan area berwarna kuning cerah menunjukkan konsentrasi penelitian tertinggi. Terdapat tiga area hotspot utama: pertama, di kluster kiri yang meliputi "*laboratory course*", "*python*", dan "*data handling*"; kedua, pada istilah pusat "*physics education*"; dan ketiga, pada inti komputasi yang meliputi "*Computational Thinking*", "*abstraComputational Thinkingion*", dan "*simulation*". Kepadatan tinggi di area-area ini mengindikasikan bahwa penelitian paling aktif dan sering diterbitkan berfokus pada integrasi pemrograman praktis ke dalam laboratorium fisika, pedagogi inti fisika, dan fondasi teoritis *Computational Thinking*.

Pembahasan ini berfokus pada analisis mendalam terhadap temuan-temuan kunci dari 16 studi yang telah disaring, yang bertujuan untuk menjawab kedua *Research Question* (RQ) mengenai tren implementasi, tantangan, dampak, dan prospek

Computational Thinking dalam pembelajaran fisika. Temuan yang disintesis dari tinjauan kualitatif dan visualisasi *bibliometrik VOSviewer* disajikan secara terperinci di bawah ini:

RQ 1: Bagaimana tren dan tantangan implementasi *Computational Thinking* dalam pembelajaran fisika?

Hasil *Overlay Visualization* pada gambar 3 menunjukkan adanya evolusi tren penelitian. Topik seperti "*simulation*" dan "*computer software*" (berwarna biru tua/ungu, mendekati tahun 2020) mengindikasikan bahwa penggunaan perangkat lunak komputasi sudah menjadi fokus penelitian sejak awal periode tinjauan. Tren kemudian bergeser ke topik "*Computational Thinking*" dan "*physics education*" (berwarna hijau/kuning-hijau, mendekati 2024-2025), menunjukkan peningkatan fokus pada bagaimana konsep *Computational Thinking* diintegrasikan secara pedagogis. Tren terbaru (berwarna kuning cerah, mendekati 2026) menunjukkan integrasi "*python*", "*data handling*", dan "*laboratory course*", mengindikasikan bahwa implementasi *Computational Thinking* saat ini sangat berorientasi pada keterampilan teknis praktis, khususnya penggunaan pemrograman *Python* untuk analisis data dan pemodelan dalam kegiatan laboratorium.

Tantangan Integrasi *Computational Thinking*: Tantangan utama dalam integrasi *Computational Thinking* terbagi menjadi dua aspek:

- Tantangan Pedagogis: Analisis jaringan menunjukkan kata kunci "*out-of-field teaching*" berada di klaster yang berdekatan dengan "*physics education*". Hal ini menyiratkan tantangan kualifikasi guru dan minimnya literasi komputasi pendidik sebagai hambatan pedagogis utama dalam mengadopsi metodologi *Computational Thinking*.
- Tantangan Infrastruktural: Meskipun tidak tersaji eksplisit sebagai satu kata kunci, integrasi yang semakin kompleks (melibatkan *Python* dan *Software*) secara implisit menyoroti tantangan ketersediaan dan aksesibilitas perangkat keras, serta kebutuhan *software* berlisensi atau

pengembangan *open-source* yang stabil.

RQ 2: Bagaimana dampak penerapan *Computational Thinking* terhadap pengembangan keterampilan *problem-solving* pada pembelajaran Fisika?

Dampak positif penerapan *Computational Thinking* tercermin melalui keterkaitan kuat antara "*Computational Thinking*" dengan konsep inti seperti "*abstraComputational Thinkingion*" dan "*simulation*". Studi-studi yang ditinjau menunjukkan bahwa *Computational Thinking* membantu siswa dalam:

- Keterampilan Pemodelan: Siswa dapat menerjemahkan fenomena fisika menjadi model algoritmik (dekomposisi dan abstraksi), meningkatkan kemampuan mereka dalam membuat dan menguji simulasi.
- Keterampilan *Problem-Solving*: Penggunaan *Computational Thinking* meningkatkan keterampilan analisis data dan debugging, yang sangat relevan untuk memecahkan masalah fisika yang berbasis data.

Prospek Penelitian di Masa Depan: *Overlay Visualization* menunjukkan bahwa topik "*laboratory course*", "*python*", dan "*data handling*" memiliki *time stamp* paling baru (kuning terang), mengindikasikan bahwa ini adalah prospek penelitian yang sedang berkembang. Rekomendasi penelitian di masa depan harus fokus pada:

- Pengembangan Modul *Computational Thinking* Berbasis *Python*: Menciptakan modul pembelajaran fisika terstruktur yang menggunakan *Python* sebagai alat standar untuk analisis data dan visualisasi.
- Penelitian Validasi Skala Besar: Melakukan penelitian yang mengukur efektivitas intervensi *Computational Thinking* secara komparatif dengan metode tradisional pada skala yang lebih besar, dengan fokus khusus pada pengembangan instrumen asesmen yang valid untuk keterampilan *Computational Thinking*.

- c. Pengembangan Profesional Guru: Merancang program pelatihan profesional bagi guru fisika untuk meningkatkan kompetensi mereka dalam mengintegrasikan *Computational Thinking* dan mengatasi isu *out-of-field teaching*.

SIMPULAN DAN SARAN

Kajian Literatur Sistematis ini menyimpulkan bahwa implementasi *Computational Thinking* dalam pembelajaran fisika telah berevolusi, dengan tren penelitian terbaru yang bergeser secara signifikan dari penggunaan perangkat lunak simulasi umum menuju integrasi pemrograman spesifik (*Python*) sebagai alat wajib untuk analisis data dan pemodelan dalam kursus laboratorium. Penerapan *Computational Thinking* terbukti berdampak positif dan substansial pada pengembangan keterampilan *problem-solving* siswa dalam fisika, terutama melalui penguatan kemampuan abstraksi dan pemodelan komputasi yang memungkinkan siswa memecahkan masalah kompleks berbasis data. Meskipun demikian, tren ini dihadapkan pada tantangan besar, utamanya pada aspek pedagogis terkait kesiapan dan kompetensi guru, yang ditandai dengan isu *out-of-field teaching*. Oleh karena itu, prospek penelitian di masa depan harus difokuskan pada pengembangan program pelatihan guru yang komprehensif dan standarisasi kurikulum yang berbasis integrasi *Computational Thinking* yang berkelanjutan dan optimal dalam pembelajaran fisika.

DAFTAR PUSTAKA

- Bott, T. E., Weller, D. P., Caballero, M. D., & Irving, P. W. (2019). Student-identified themes around computation in high school physics. In Y. Cao, S. Wolf, & M. Bennett (Eds.), *Physics Education Research Conference Proceedings* (pp. 57–62). American Association of Physics Teachers. <https://doi.org/10.1119/perc.2019.pr.Bott>
- Elisabeth, G. C., Elizabeth, A., Dua, Y. S., & Koten, F. P. N. (2023). Penerapan Model Discovery Learning Berbantuan Aplikasi LiveWire untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan

- Kreativitas Siswa pada Materi Rangkaian Arus Searah. *Variabel*, 6(1), 34. <https://doi.org/10.26737/var.v6i1.4089>
- Fayanto, S., Naba, S. D., Kurniawan, A., Putri, U. N., & Padang, V. D. (2024). The Analyze Comparative of Physics Computational Thinking Skill (CTs) in Experiment Laboratory. *Qubahan Academic Journal*, 4(3), 14–33. <https://doi.org/10.48161/qaj.v4n3a699>
- Graves, A. L., & Light, A. D. (2020). Hitting the Ground Running: Computational Physics Education to Prepare Students for Computational Physics Research. *Computing in Science and Engineering*, 22(4), 50–60. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2019.2963670>
- Herlina, K., Abdurrahman, A., Umam, A. N., Nurjanah, A., Rabbani, G. F., & Pratiwi, F. A. I. (2025). Expression-Based E-Worksheet (EBEW): An Effort To Enhance Student' Computational Thinking Skills. *Journal of Technology and Science Education*, 15(1), 50–63. <https://doi.org/10.3926/jotse.2210>
- Khasanah, U., Supahar, S., Fitria, T., Prasasti, N. H., & Malik, E. (2025). A Systematic Literature Review: Implementation of Computational Thinking in Physics Learning in Indonesia. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(3), 97–105. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i3.6675>
- Kitagawa, M., Fishwick, P., Kesden, M., Urquhart, M., Guadagno, R., Jin, R., Tran, N., Omogbehin, E., Prakash, A., Awaraddi, P., Hale, B., Suura, K., Raj, A., Stanfield, J., & Vo, H. (2019). *Scaffolded training environment for physics programming (STEPP)*. 127–136. <https://doi.org/10.1145/3316480.3325513>
- Lane, W. B., Galanti, T. M., & Rozas, X. L. (2023). Teacher Re-novicing on the Path to Integrating Computational Thinking in High School Physics Instruction. *Journal for STEM Education Research*, 6(2), 302–325. <https://doi.org/10.1007/s41979-023-00100-1>
- Lapawi, N., & Husnin, H. (2020). Investigating Students' Computational

- Thinking Skills on Matter Module. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(11).
<https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0111140>
- Leak, A. E., Santos, Z., Reiter, E., Zwickl, B. M., & Martin, K. N. (2018). Hidden factors that influence success in the optics workforce. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1).
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010136>
- Lestari, E. A., Maulida, I., & Sari, C. K. (2025). Analisis Pendekatan Steam Dalam Pembelajaran Ipa Di Sekolah Dasar Kelas V. *SCIENCE Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(3), 1106–1115.
<https://doi.org/10.51878/science.v5i3.6659>
- Listiani, F., Hernawati, D., Mustofa, R. F., & Badriah, L. (2025). Potret Awal Keterampilan Berpikir Analitis Dan Keterampilan Pemecahan Masalah Peserta Didik Di SMP Al-Madinah. *SCIENCE Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(1), 123–130.
<https://doi.org/10.51878/science.v5i1.4429>
- Manu, F. A., Ramaila, S., & Ramnarain, U. (2025). The Role of Arduino-Assisted Robotics Coding Application in Physics Learning: A Systematic Review. *International Journal of Science, Mathematics and Technology Learning*, 32(2), 189–211.
<https://doi.org/10.18848/2327-7971/CGP/v32i02/189-211>
- Meriska, N., & Sudibyo, E. (2025). Penerapan Model Problem Based Learning (PBL) Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP. *SCIENCE Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(1), 398–406.
<https://doi.org/10.51878/science.v5i1.4684>
- Nailinda, V., Alim, J. A., & Sekarwinahyu, M. (2025). Implementasi Pembelajaran Stem (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *SCIENCE Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(1), 363–374.
<https://doi.org/10.51878/science.v5i1.4700>
- Rosadah, M. F., Yuliani, Y., & Kurniawan, A. (2024). Penggunaan Model Pembelajaran Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis. *LEARNING Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 4(2), 354–360.
<https://doi.org/10.51878/learning.v4i2.2896>
- Safitri, S. Y., Suharno, S., & Fauzi, A. (2024). Computational Thinking and Scientific Modules: Effectiveness on Students' Cognitive Learning Outcomes and Critical Thinking Skills. *Jurnal Materi Dan Pembelajaran Fisika*, 14(1), 9.
<https://doi.org/10.20961/jmpf.v14i1.86266>
- Subramaniam, R. C., Morphew, J. W., Rebello, C. M., & Rebello, N. S. (2025). Presenting STEM ways of a thinking framework for engineering design-based physics problems. *Physical Review Physics Education Research*, 21(1).
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.21.010122>
- Subramaniam, S., Maat, S. M., & Mahmud, M. S. (2022). Computational thinking in mathematics education: A systematic review. In *Cypriot Journal of Educational Sciences* (Vol. 17, Issue 6, pp. 2029–2044). SciencePark Science, Organization and Counseling LTD.
<https://doi.org/10.18844/cjes.v17i6.7494>
- Sung, W., & Black, J. B. (2020). Factors to consider when designing effective learning: Infusing computational thinking in mathematics to support thinking-doing. *Journal of Research on Technology in Education*, 53(4), 404–426.
<https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1784066>
- Tofel-Grehl, C., Searle, K. A., & Ball, D. (2022). Thinking Thru Making: Mapping Computational Thinking Practices onto Scientific Reasoning. *Journal of Science Education and Technology*, 31(6), 730–746.
<https://doi.org/10.1007/s10956-022-09989-6>
- Tufino, E., Oss, S., & Alemani, M. (2024). Integrating Python data analysis in an

- existing introductory laboratory course. *European Journal of Physics*, 45(4).
<https://doi.org/10.1088/1361-6404/ad4fcc>
- Tufino, E., Oss, S., & Alemani, M. (2025). Using Jupyter Notebooks to foster computational skills and professional practice in an introductory physics lab course. In Z. Jeskova & J. Hanc (Eds.), *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2950, Issue 1). Institute of Physics. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2950/1/012022>
- Wastriani, E., Bhakti, Y. B., & Fatahillah, F. (2024). *Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Proyek Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa (Eksperimen Pada Siswa Kelas XI SMK Wirabuana 2 Bojong Gede)*.
- Watkins, J., Ivanov, N., Hinko, K., & Mohan, K. (2023). Investigating Perceptions of Relevance Towards Computation in an Introductory Physics for Life Science Course. In D. Jones, Q. X. Ryan, & A. Pawl (Eds.), *Physics Education Research Conference Proceedings* (pp. 380–385). American Association of Physics Teachers. <https://doi.org/10.1119/perc.2023.pr.Watkins>
- Weller, D. P., Bott, T. E., Caballero, M. D., & Irving, P. W. (2022). Development and illustration of a framework for computational thinking practices in introductory physics. *Physical Review Physics Education Research*, 18(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.020106>
- Zakwandi, R., & Istiyono, E. (2023). A framework for assessing computational thinking skills in the physics classroom: study on cognitive test development. *SN Social Sciences*, 3(3). <https://doi.org/10.1007/s43545-023-00633-7>

Biografi Penulis



Halleyna Widiasari, aktif mengajar mata kuliah fisika di Universitas Khairun Ternate, Maluku Utara. *Research interest* pada pendidikan fisika.



Ria Asep Sumarni, aktif mengajar mata kuliah Fisika di Program Studi Teknik Informatika, Universitas Indraprasta PGRI. *Research interest* pada pengembangan media, model, dan teknologi pembelajaran fisika.



Fita Widiyatun, aktif mengajar mata kuliah Fisika di Program Studi Teknik Informatika, Universitas Indraprasta PGRI. *Research interest* pada media pembelajaran fisika dan fisika material.