

# COMPUTATIONAL THINKING DAN MEDIA PEMBELAJARAN ENERGI TERBARUKAN: KAJIAN LITERATUR TENTANG INOVASI DAN IMPLIKASINYA BAGI PENDIDIKAN CALON GURU SEKOLAH DASAR

Swasti Maharani<sup>1\*</sup>, Irna Tri Yuniahastuti<sup>2</sup>, Vera Dewi Susanti<sup>3</sup>, Fida Rahmantika Hadi<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universitas PGRI Madiun

email: \*swasti.mathedu@unipma.ac.id

## Abstrak

Perkembangan teknologi digital telah mendorong dunia pendidikan untuk mengintegrasikan keterampilan abad ke-21, salah satunya *Computational Thinking* (CT), dalam proses pembelajaran. Dalam konteks pendidikan calon guru sekolah dasar, CT berperan penting sebagai dasar berpikir logis, sistematis, dan kreatif dalam memecahkan masalah, termasuk pada pembelajaran sains berbasis energi terbarukan. *Novelty* dari kajian ini terletak pada analisis keterkaitan antara penerapan CT dan media pembelajaran energi terbarukan sebagai strategi inovatif untuk menyiapkan calon guru yang adaptif terhadap tantangan transisi energi dan keberlanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tren, model integrasi, serta efektivitas penggunaan CT melalui media pembelajaran energi terbarukan dalam pendidikan calon guru sekolah dasar. Metode yang digunakan adalah kajian literatur sistematis terhadap artikel-artikel penelitian nasional dan internasional yang relevan dari tahun 2015–2025. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi CT dalam pembelajaran energi terbarukan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, pemahaman konsep sains, serta kesadaran lingkungan calon guru. Implikasi penelitian ini menegaskan perlunya pengembangan kurikulum berbasis CT dan media inovatif energi terbarukan dalam pendidikan guru dasar, serta membuka peluang penelitian lanjutan terkait implementasi empiris dan desain model pembelajaran berbasis keberlanjutan

**Kata Kunci:** Calon guru, *Computational Thinking*, energi terbarukan, inovasi, media pembelajaran



This is an open access article under the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital abad ke-21 telah mengubah paradigma pendidikan, terutama dalam pembentukan keterampilan berpikir tingkat tinggi seperti *Computational Thinking* (CT). CT merupakan proses berpikir yang melibatkan kemampuan formulasi masalah, abstraksi, algoritmis, dan evaluasi solusi berbasis logika komputasional (Aalbergsjø, 2022; Abbas et al., 2023; Maharani et al., 2021). Dalam konteks pendidikan dasar, kemampuan ini menjadi pondasi penting untuk mengembangkan kemampuan analitis dan pemecahan masalah siswa. Bagi calon guru sekolah dasar, penguasaan CT tidak hanya meningkatkan literasi digital, tetapi juga memperkaya strategi pembelajaran berbasis teknologi. Selain itu, tantangan global terkait keberlanjutan energi menuntut hadirnya inovasi pembelajaran yang mengintegrasikan sains, teknologi, dan lingkungan. Oleh karena itu, penggabungan CT dengan media pembelajaran energi terbarukan menjadi strategi potensial untuk mencetak guru yang adaptif terhadap era transisi energi. Media pembelajaran berbasis energi terbarukan juga dapat menumbuhkan kesadaran ekologis sekaligus memperkuat konsep sains. Dengan demikian, topik penelitian ini berfokus pada inovasi pembelajaran yang mengintegrasikan CT dan energi terbarukan dalam pendidikan calon guru sekolah dasar.

Meskipun CT telah banyak dibahas dalam konteks pendidikan STEM, penerapannya dalam pendidikan guru sekolah dasar masih terbatas dan cenderung bersifat konseptual. Sebagian besar calon guru belum memiliki pemahaman mendalam tentang bagaimana mengintegrasikan CT ke dalam proses pembelajaran berbasis sains. Kurangnya pelatihan CT pada calon guru menjadi penghambat utama dalam implementasi kurikulum berbasis keterampilan komputasional (Azizah et al., 2025; Sundoro & Ernarningsih, 2024). Selain itu, pembelajaran energi terbarukan sering kali hanya disampaikan secara teoretis, tanpa didukung oleh media kontekstual yang menarik dan aplikatif.

Akibatnya, kemampuan berpikir kritis dan kesadaran ekologis calon guru belum berkembang secara optimal. Tantangan lain adalah keterbatasan sumber daya digital dan model pembelajaran inovatif yang dapat menghubungkan CT dengan isu keberlanjutan. Masalah ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan kompetensi abad ke-21 dan praktik pendidikan yang berlangsung. Dengan demikian, diperlukan pendekatan baru yang mampu menjembatani pemahaman teoritis CT dengan penerapan praktisnya melalui media pembelajaran kontekstual.

Analisis kesenjangan menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian terdahulu lebih menekankan pengembangan CT dalam konteks ilmu komputer daripada dalam pembelajaran sains di pendidikan dasar. Integrasi CT ke dalam kurikulum sains masih memerlukan model konseptual dan pedagogis yang jelas (Mahdiyin et al., 2025; Aytikin & Topçu, 2024). Dalam konteks pendidikan calon guru, belum banyak penelitian yang mengaitkan CT dengan media energi terbarukan sebagai instrumen pembelajaran berbasis keberlanjutan. Gap lain terletak pada minimnya literatur yang mengkaji hubungan langsung antara CT dan kesadaran ekologis calon guru. Sebagian penelitian hanya menyoroti aspek teknis, bukan aspek pedagogis dan nilai-nilai keberlanjutan. Selain itu, studi integratif yang menghubungkan CT, energi terbarukan, dan pendidikan guru dasar masih jarang dilakukan di Indonesia. Hal ini menimbulkan kebutuhan akan kajian literatur sistematis yang memetakan model integrasi dan implikasinya bagi pendidikan calon guru. Dengan mengisi celah tersebut, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan paradigma baru dalam pendidikan sains berbasis teknologi dan keberlanjutan.

Salah satu alternatif solusi adalah mengembangkan media pembelajaran energi terbarukan yang terintegrasi dengan prinsip CT. CT dapat diinternalisasikan melalui aktivitas berbasis proyek yang menuntut eksplorasi, eksperimen, dan refleksi (Saad & Zainudin, 2022; Yang et al., 2023). Dengan menggunakan media interaktif berbasis energi terbarukan, calon guru dapat memahami konsep sains sekaligus melatih pola pikir komputasional. Pembelajaran semacam ini memungkinkan guru untuk membimbing siswa dalam memahami hubungan antara teknologi, energi, dan lingkungan secara lebih kontekstual. Selain itu, pendekatan ini dapat membantu calon guru membangun literasi sains dan digital secara seimbang. Solusi ini juga relevan dengan pendekatan *Education for Sustainable Development* yang menekankan pentingnya integrasi pengetahuan, keterampilan, dan nilai keberlanjutan. Pengembangan media pembelajaran yang menggabungkan CT dan energi terbarukan berpotensi menjadi strategi efektif untuk mencapai tujuan (Prayogi & Verawati, 2024; Torre et al., 2021). Oleh karena itu, solusi integratif ini diharapkan mampu menjawab tantangan pedagogis dan ekologis dalam pendidikan guru abad ke-21.

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan potensi besar CT dalam meningkatkan hasil belajar sains. Misalnya, penelitian oleh Adams et al. (2017) membuktikan bahwa CT dapat memperkuat kemampuan berpikir logis dan analitis calon guru. Sementara itu, Aina et al. (2018) menemukan bahwa penggunaan media digital berbasis sains meningkatkan keterlibatan dan pemahaman konseptual siswa. Dalam konteks energi terbarukan, studi oleh Ameen et al. (2024) menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis energi terbarukan mampu menumbuhkan kesadaran lingkungan dan literasi energi. Namun, masih sedikit penelitian yang secara eksplisit menghubungkan CT dan media energi terbarukan dalam konteks pendidikan calon guru dasar. Mayoritas penelitian lebih berfokus pada aspek teknis pembelajaran, bukan pada pembentukan pola pikir keberlanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini berusaha mengisi kekosongan tersebut melalui kajian literatur sistematis. Dengan meninjau temuan-temuan terdahulu, penelitian ini dapat membangun dasar teoretis untuk model integratif yang lebih kontekstual dan aplikatif.

Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada integrasi antara CT dan media pembelajaran energi terbarukan sebagai strategi inovatif dalam pendidikan calon guru sekolah dasar. Selama ini, dua bidang tersebut umumnya diteliti secara terpisah CT dalam konteks teknologi digital, dan energi terbarukan dalam konteks pendidikan lingkungan. Penelitian ini memadukan keduanya dalam satu

kerangka pedagogis yang berorientasi pada keberlanjutan. Pendekatan ini memberikan dimensi baru dalam pengembangan model pembelajaran abad ke-21 yang adaptif terhadap isu transisi energi. Selain itu, penelitian ini menyoroti implikasi praktis bagi calon guru untuk menerapkan CT melalui konteks sains terapan. Hal ini sejalan dengan teori Stupiansky (2022) yang menekankan pentingnya pengalaman langsung dalam membangun pengetahuan. Dengan demikian, novelty penelitian ini tidak hanya terletak pada topik integratifnya, tetapi juga pada potensi penerapannya dalam kurikulum pendidikan guru dasar. Inovasi ini membuka ruang baru untuk penelitian lanjutan berbasis desain empiris.

Penelitian ini berangkat dari perkembangan terkini dalam bidang *computational pedagogy* dan *green education*. Tren penelitian global menunjukkan pergeseran dari pembelajaran berbasis pengetahuan menuju pembelajaran berbasis pemecahan masalah kontekstual. CT kini menjadi salah satu kompetensi inti dalam kerangka 21st Century Skills (Kennedy & Sundberg, 2020). Di sisi lain, energi terbarukan menjadi topik strategis dalam pendidikan berkelanjutan sebagaimana disarankan oleh Kennedy & Sundberg (2020). Integrasi keduanya menciptakan peluang baru bagi pengembangan kurikulum berbasis sains dan keberlanjutan. Dalam ranah penelitian pendidikan, state of the art ini memperlihatkan arah baru menuju model pembelajaran lintas disiplin yang menggabungkan teknologi digital dan kesadaran ekologis. Penelitian ini memanfaatkan literatur 2015–2025 untuk memetakan dinamika tersebut. Dengan pendekatan sistematis, penelitian ini menegaskan posisi ilmiahnya dalam diskursus pendidikan guru berbasis teknologi dan energi terbarukan.

Urgensi penelitian ini didorong oleh kebutuhan mendesak akan calon guru yang memiliki kemampuan berpikir komputasional dan kesadaran ekologis. Dunia pendidikan menghadapi tantangan besar dalam menyiapkan guru yang siap menghadapi transformasi digital dan krisis energi global. Menurut Hussein (2025) integrasi CT dalam pendidikan guru merupakan langkah strategis untuk membangun generasi pendidik yang inovatif. Di sisi lain, pembelajaran energi terbarukan penting untuk menanamkan nilai keberlanjutan sejak dini. Keduanya harus dipadukan agar pendidikan dasar dapat berperan dalam membentuk warga negara yang berorientasi pada solusi. Tanpa pembaruan paradigma pendidikan, calon guru akan tertinggal dalam menghadapi perubahan sosial-teknologis yang cepat. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki nilai urgensi tinggi untuk mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya tujuan ke-4 (pendidikan berkualitas) dan ke-7 (energi bersih dan terjangkau). Integrasi CT dan energi terbarukan dapat menjadi fondasi bagi transformasi pendidikan berkelanjutan.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengkaji tren, model integrasi, dan efektivitas penerapan CT melalui media pembelajaran energi terbarukan dalam pendidikan calon guru sekolah dasar. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi kontribusi teoritis dan praktis dari pendekatan integratif tersebut. Melalui kajian literatur sistematis, penelitian ini akan memetakan arah perkembangan penelitian CT dan energi terbarukan selama satu dekade terakhir. Selain itu, penelitian ini berupaya menyusun kerangka konseptual yang dapat digunakan untuk merancang model pembelajaran inovatif. Penelitian ini juga diharapkan menghasilkan rekomendasi strategis bagi pengembangan kurikulum pendidikan guru dasar. Dengan demikian, hasil kajian ini dapat menjadi pijakan untuk penelitian empiris di masa mendatang. Fokus penelitian ini tidak hanya pada efektivitas pedagogis, tetapi juga pada relevansinya terhadap isu keberlanjutan global. Secara keseluruhan, tujuan penelitian ini berorientasi pada peningkatan kualitas pendidikan guru di era transisi energi dan digital.

## **METODE PENELITIAN**

### **Jenis dan Pendekatan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian literatur sistematis (*systematic literature review*) untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mensintesis hasil-hasil penelitian yang relevan mengenai

integrasi *Computational Thinking* (CT) dan media pembelajaran energi terbarukan. Menurut Vámos et al. (2024) kajian literatur sistematis merupakan metode yang terstruktur dan transparan untuk merangkum bukti ilmiah dari berbagai sumber agar menghasilkan kesimpulan yang valid. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran menyeluruh tentang tren dan arah penelitian dalam rentang waktu tertentu. Melalui metode ini, peneliti dapat mengevaluasi kontribusi teoretis maupun praktis dari studi-studi terdahulu. Pendekatan literatur sistematis juga memungkinkan pengembangan model konseptual berbasis sintesis temuan ilmiah. Penelitian ini difokuskan pada artikel nasional dan internasional yang diterbitkan antara tahun 2015 hingga 2025. Fokus temporal ini dimaksudkan untuk menangkap dinamika terkini integrasi CT dalam konteks energi terbarukan dan pendidikan guru dasar. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bersifat deskriptif tetapi juga analitis dalam mengeksplorasi hubungan antarvariabel yang dikaji.

### **Sumber dan Kriteria Data**

Data dalam penelitian ini bersumber dari artikel jurnal ilmiah yang diperoleh melalui basis data terindeks seperti Scopus, ERIC, ScienceDirect, Google Scholar, dan DOAJ. Pemilihan sumber dilakukan berdasarkan kredibilitas dan relevansi terhadap topik penelitian. Menurut García dan Peñalvo (2022) kualitas hasil *literature review* sangat bergantung pada ketepatan pemilihan sumber dan kriteria inklusi. Oleh karena itu, kriteria inklusi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (1) artikel yang berfokus pada *Computational Thinking* dalam pendidikan, (2) studi yang membahas media pembelajaran energi terbarukan, (3) penelitian yang dilakukan pada konteks pendidikan dasar atau calon guru, dan (4) publikasi yang terbit antara tahun 2015–2025. Sementara itu, kriteria eksklusi diterapkan untuk menghindari duplikasi dan studi yang tidak memenuhi standar metodologis. Proses seleksi dilakukan secara bertahap melalui penyaringan judul, abstrak, dan isi artikel. Setiap artikel yang terpilih kemudian diklasifikasikan berdasarkan topik, pendekatan metodologis, dan hasil utama. Dengan strategi seleksi sistematis ini, peneliti memastikan bahwa hanya literatur yang relevan dan berkualitas tinggi yang dianalisis.

### **Prosedur Pengumpulan Data**

Tahapan pengumpulan data dilakukan secara sistematis melalui tiga langkah utama, yaitu identifikasi, seleksi, dan ekstraksi data. Pertama, tahap identifikasi dilakukan dengan menentukan kata kunci seperti “*Computational Thinking*,” “*Renewable Energy Education*,” “*Instructional Media*,” dan “*Pre-service Teacher*.” Langkah ini mengacu pada prosedur *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) yang dikembangkan oleh (Widiana et al., 2025). Kedua, tahap seleksi dilakukan dengan membaca abstrak dan isi artikel untuk memastikan kesesuaian dengan fokus penelitian. Ketiga, tahap ekstraksi data mencakup pencatatan informasi penting seperti penulis, tahun publikasi, tujuan, metode, hasil utama, dan implikasi penelitian. Proses ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak manajemen referensi seperti Mendeley dan Zotero untuk menjaga konsistensi dan menghindari bias subjektif. Validitas data dijaga melalui *peer checking* dan verifikasi ulang antarpeneliti terhadap artikel yang dikaji. Pendekatan sistematis ini membantu memastikan bahwa analisis yang dilakukan bersifat objektif, transparan, dan replikatif. Dengan demikian, hasil penelitian memiliki tingkat keandalan yang tinggi dan dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan ilmiah.

### **Teknik Analisis Data**

Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode analisis tematik (*thematic analysis*) untuk mengidentifikasi pola dan tema utama dari hasil penelitian terdahulu. Rozali (2022) menjelaskan bahwa analisis tematik merupakan proses sistematis dalam menemukan makna yang muncul berulang dari data kualitatif. Tahapan analisis dalam penelitian ini meliputi pengkodean awal, identifikasi tema, peninjauan tema, dan interpretasi teoretis. Setiap artikel dianalisis untuk menemukan keterkaitan antara CT, media energi terbarukan, dan pendidikan calon guru. Dari proses ini, diperoleh peta konsep yang menggambarkan hubungan antarvariabel dan kecenderungan penelitian terkini. Analisis juga

menyoroti pendekatan metodologis yang digunakan dalam studi terdahulu serta celah penelitian yang belum terisi. Untuk meningkatkan validitas, hasil analisis dibandingkan dengan teori-teori relevan seperti konstruktivisme Toraman & Demir (2016) dan *computational pedagogy* (Yasar et al., 2016). Pendekatan analitis ini memastikan bahwa interpretasi yang dihasilkan memiliki dasar ilmiah yang kuat. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menyajikan rangkuman literatur, tetapi juga analisis kritis terhadap arah pengembangan ilmu.

#### Validitas dan Keabsahan Data

Untuk menjamin keabsahan hasil kajian, penelitian ini menerapkan prinsip *trustworthiness* yang dikemukakan oleh Haq et al. (2023), meliputi empat aspek: *credibility*, *transferability*, *dependability*, dan *confirmability*. *Credibility* dijaga melalui proses verifikasi silang antara peneliti terhadap hasil ekstraksi data. *Transferability* diperkuat dengan deskripsi kontekstual yang rinci agar hasil kajian dapat diaplikasikan dalam situasi pendidikan serupa. *Dependability* dijamin melalui dokumentasi setiap langkah penelitian secara sistematis sehingga proses dapat direplikasi oleh peneliti lain. Sementara *confirmability* dicapai dengan menjaga objektivitas analisis melalui perbandingan teori dan bukti empiris. Peneliti juga menggunakan teknik *triangulasi sumber* untuk memeriksa konsistensi temuan antarartikel. Pendekatan validitas ini penting untuk menghindari bias interpretatif dalam kajian literatur sistematis. Dengan demikian, hasil penelitian dapat dipercaya dan memberikan kontribusi ilmiah yang signifikan bagi pengembangan model pembelajaran berbasis CT dan energi terbarukan. Penerapan prinsip validitas yang ketat menjadikan penelitian ini memiliki keandalan akademik yang tinggi serta relevan dengan praktik pendidikan masa depan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kajian literatur sistematis menunjukkan bahwa integrasi *Computational Thinking* (CT) dalam pendidikan dasar mengalami peningkatan signifikan selama satu dekade terakhir. Berdasarkan analisis terhadap artikel dari 2015 hingga 2025, terjadi pergeseran orientasi penelitian dari pembelajaran berbasis teknologi menuju pembelajaran berbasis pemecahan masalah komputasional. Cansu & Cansu (2019) menyatakan bahwa CT merupakan cara berpikir yang memungkinkan individu merumuskan masalah dan solusinya dalam bentuk yang dapat dieksekusi oleh komputer. Dalam konteks pendidikan guru, hal ini menandakan pergeseran paradigma dari sekadar penggunaan teknologi menuju pengembangan kemampuan berpikir komputasional. Data menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian menyoroti pentingnya CT dalam memperkuat literasi digital dan sains bagi calon guru. Kajian juga menemukan bahwa CT membantu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan analitis calon pendidik. Secara umum, integrasi CT dinilai efektif dalam mendukung pembelajaran berbasis proyek dan kolaboratif. Temuan ini memperkuat pendapat Cigerci (2020) bahwa CT merupakan keterampilan kognitif penting bagi calon guru abad ke-21. Dengan demikian, CT menjadi landasan utama dalam pembentukan kompetensi guru masa depan.

Analisis literatur menunjukkan bahwa integrasi CT dalam pendidikan calon guru dasar masih berada pada tahap awal, tetapi menunjukkan arah yang positif. Sebagian besar penelitian berfokus pada penerapan CT melalui aktivitas berbasis proyek, simulasi digital, dan permainan edukatif. Saritepeci (2020) menegaskan bahwa CT dapat dikembangkan melalui proses *create*, *test*, dan *debug* yang dilakukan secara reflektif oleh peserta didik. Dalam konteks calon guru, pendekatan ini membantu mereka memahami logika pemrograman sekaligus pedagogi digital. Studi oleh Maulah et al. (2025) menunjukkan bahwa guru yang memahami CT lebih mampu merancang pembelajaran yang berorientasi pada eksplorasi dan kolaborasi. Selain itu, penelitian juga menemukan bahwa integrasi CT mendukung pengembangan literasi STEM di tingkat dasar. Namun, beberapa kendala seperti keterbatasan pelatihan CT dan rendahnya pemahaman konseptual masih menjadi hambatan utama. Oleh karena itu, dibutuhkan model pendidikan guru yang memasukkan CT sebagai komponen inti

kurikulum. Hasil ini menegaskan bahwa CT bukan sekadar keterampilan teknis, tetapi juga pendekatan berpikir yang perlu ditanamkan sejak awal pendidikan guru.

Kajian menunjukkan bahwa penggabungan CT dengan media pembelajaran energi terbarukan menciptakan pengalaman belajar yang kontekstual dan bermakna. Menurut Nuraini et al. (2022) media berbasis energi terbarukan dapat meningkatkan pemahaman konsep sains dan kesadaran lingkungan secara bersamaan. Ketika CT digunakan sebagai pendekatan pedagogis, calon guru dilatih untuk menganalisis masalah energi dengan cara berpikir algoritmis dan logis. Pembelajaran ini mendorong siswa untuk menemukan solusi berbasis data terhadap isu energi global. Selain itu, media interaktif seperti simulasi panel surya atau turbin angin virtual memungkinkan penerapan konsep CT secara langsung. Pendekatan integratif ini memperkuat teori konstruktivisme yang menekankan pentingnya pengalaman belajar aktif dalam pembentukan pengetahuan (Abri et al., 2024). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa calon guru yang belajar melalui media energi terbarukan menunjukkan peningkatan signifikan dalam kemampuan berpikir sistematis. Dengan demikian, sinergi antara CT dan energi terbarukan tidak hanya bersifat teoretis tetapi juga praktis. Integrasi keduanya dinilai efektif dalam membangun karakter pendidik yang berpikir ekologis dan adaptif terhadap perkembangan teknologi.

Hasil analisis tematik menunjukkan bahwa penerapan CT dalam pembelajaran energi terbarukan berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis calon guru. Berpikir kritis merupakan proses reflektif yang melibatkan penilaian logis terhadap informasi untuk menghasilkan keputusan yang rasional (Hitchcock, 2017). Kajian ini menemukan bahwa pembelajaran berbasis CT membantu calon guru memecah masalah kompleks menjadi komponen-komponen kecil yang dapat dianalisis. Proses algoritmis yang digunakan dalam CT memperkuat kemampuan berpikir sistematis, yang pada gilirannya mendukung pemahaman konsep energi dan lingkungan. Dalam konteks media energi terbarukan, calon guru juga belajar mengevaluasi efisiensi dan dampak ekologis dari berbagai sumber energi. Studi oleh Salsabila et al. (2025) menunjukkan bahwa CT dapat meningkatkan *higher-order thinking skills* secara signifikan jika diterapkan secara kontekstual. Pembelajaran semacam ini memungkinkan guru tidak hanya menjadi pengajar, tetapi juga fasilitator yang kritis dan reflektif. Dengan demikian, CT menjadi katalis penting bagi peningkatan kompetensi analitis calon guru sekolah dasar.

Integrasi CT dan energi terbarukan juga berdampak positif terhadap literasi sains dan kesadaran lingkungan calon guru. Menurut Megawanti et al. (2022) literasi sains mencakup pemahaman konseptual serta kemampuan menerapkan pengetahuan ilmiah dalam kehidupan nyata. Hasil kajian memperlihatkan bahwa calon guru yang terlibat dalam pembelajaran berbasis CT lebih mampu menjelaskan hubungan antara teknologi dan keberlanjutan energi. Media pembelajaran energi terbarukan juga membantu mereka memahami konsep konversi energi, efisiensi, dan dampak lingkungan secara konkret. Dengan pendekatan CT, calon guru dilatih untuk mengolah data, mengidentifikasi pola, dan mensimulasikan solusi energi alternatif. Pendekatan ini mendukung pembelajaran berbasis inkuiri sebagaimana dikemukakan oleh Ali et al. (2024) yang menekankan peran aktif peserta didik dalam proses ilmiah. Selain itu, peningkatan kesadaran lingkungan terlihat melalui munculnya sikap reflektif terhadap isu energi global. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa literasi sains dan lingkungan dapat ditingkatkan secara bersamaan melalui pendekatan CT yang kontekstual dan berbasis proyek.

Dari hasil sintesis, ditemukan tiga model utama integrasi CT dalam pembelajaran energi terbarukan, yaitu model berbasis proyek (*project-based*), berbasis inkuiri (*inquiry-based*), dan berbasis simulasi digital. Model berbasis proyek menekankan kolaborasi dan pemecahan masalah nyata sebagaimana dijelaskan oleh (Boss & Krauss, 2018). Sedangkan model inkuiri memfokuskan pada eksplorasi ilmiah yang menuntut siswa berpikir komputasional dalam menemukan solusi. Model simulasi digital menggunakan perangkat lunak interaktif untuk melatih keterampilan algoritmik dan

analisis data. Dalam konteks kurikulum pendidikan guru, integrasi ketiga model ini memberikan peluang bagi calon guru untuk mengembangkan pembelajaran lintas disiplin. Kajian juga menunjukkan bahwa guru yang menguasai CT lebih siap menghadapi perubahan teknologi di ruang kelas. Implikasi bagi kurikulum adalah perlunya penguatan aspek pedagogis CT melalui pelatihan terstruktur. Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan dasar teoretis bagi pengembangan kurikulum guru yang responsif terhadap era digital dan transisi energi.

Meskipun hasil penelitian menunjukkan potensi besar integrasi CT dan energi terbarukan, terdapat sejumlah tantangan dalam implementasinya. Hambatan utama adalah kurangnya kesiapan calon guru dalam memahami konsep CT secara mendalam. Yeni, et al. (2024) keberhasilan integrasi CT sangat bergantung pada kemampuan guru dalam menginternalisasi prinsip berpikir komputasional. Selain itu, keterbatasan fasilitas digital dan media pembelajaran energi juga menjadi kendala di banyak lembaga pendidikan guru. Sebagian besar penelitian menyoroti perlunya dukungan institusional dalam bentuk kebijakan kurikulum dan pelatihan profesional. Tantangan lainnya adalah resistensi terhadap perubahan paradigma pembelajaran yang terlalu tradisional. Untuk mengatasinya, diperlukan pendekatan transformasional yaitu melalui kolaborasi, pelatihan, dan inovasi berkelanjutan (Habibani & Frinaldi, 2025). Kajian ini menegaskan bahwa transformasi pendidikan membutuhkan dukungan sistemik dari berbagai pihak. Oleh karena itu, strategi implementasi harus bersifat komprehensif agar integrasi CT dapat berjalan efektif dan berkelanjutan.

Analisis perbandingan menunjukkan bahwa penelitian internasional tentang CT dan energi terbarukan lebih maju dalam aspek metodologis dan inovasi media dibandingkan penelitian nasional. Di negara-negara maju seperti Finlandia dan Korea Selatan, CT telah diintegrasikan ke dalam kurikulum dasar sejak pendidikan prajabatan guru. Menurut Firdausi et al. (2023) keberhasilan ini disebabkan oleh dukungan kebijakan dan kesiapan infrastruktur pendidikan digital. Sementara di Indonesia, implementasi CT masih terbatas pada proyek-proyek eksperimental dan pelatihan nonformal. Namun demikian, terdapat tren peningkatan kesadaran akan pentingnya CT dalam pendidikan sains dan teknologi. Hasil penelitian lokal menunjukkan adanya potensi besar dalam penerapan CT melalui media berbasis lingkungan. Jika dibandingkan, penelitian internasional lebih menekankan pendekatan kuantitatif dan pengukuran hasil belajar, sedangkan penelitian nasional masih didominasi oleh kajian konseptual. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi dalam mempersempit kesenjangan metodologis tersebut melalui pendekatan literatur sistematis yang komprehensif. Hasil ini memperkuat posisi ilmiah penelitian dalam ranah global.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi CT dan energi terbarukan memiliki implikasi langsung terhadap peningkatan kompetensi profesional calon guru. Kompetensi profesional mencakup penguasaan pedagogik, teknologi, dan etika Pendidikan (Ariawan, 2024; Herliandry et al., 2020; Wulandari et al., 2021). Calon guru yang terbiasa berpikir komputasional menunjukkan kemampuan reflektif yang lebih tinggi dalam merancang pembelajaran. Selain itu, penggunaan media energi terbarukan meningkatkan kesadaran sosial dan tanggung jawab ekologis mereka. Kajian ini juga menemukan bahwa pendekatan CT mendorong pengembangan kompetensi adaptif terhadap perubahan teknologi. Hal ini relevan dengan konsep *technological pedagogical content knowledge* (TPACK) yang dikemukakan oleh Tseng et al. (2022). Dengan menggabungkan CT dan energi terbarukan, calon guru dapat mencapai keseimbangan antara kompetensi teknologi dan nilai-nilai keberlanjutan. Implikasi ini mempertegas perlunya reformasi pendidikan guru untuk menyiapkan pendidik masa depan yang profesional dan berkarakter ekologis. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi konseptual bagi penguatan kompetensi guru berbasis inovasi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menegaskan bahwa integrasi CT melalui media pembelajaran energi terbarukan merupakan strategi inovatif dalam pendidikan calon guru sekolah dasar. Kajian ini menunjukkan bahwa pendekatan tersebut efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis, literasi sains, dan kesadaran lingkungan. Integrasi ini sejalan dengan paradigma *Education for*

*Sustainable Development* yang menekankan keseimbangan antara teknologi dan nilai keberlanjutan (Sahin et al., 2016). Hasil temuan juga mengisi celah penelitian yang belum banyak membahas hubungan langsung antara CT dan pendidikan energi terbarukan. Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis melalui kerangka integratif yang dapat menjadi acuan pengembangan kurikulum guru. Secara praktis, hasil ini merekomendasikan penggunaan media interaktif dan proyek berbasis keberlanjutan dalam pembelajaran. Analisis juga memperlihatkan bahwa CT dapat menjadi pendekatan universal untuk menghadapi tantangan pendidikan abad ke-21. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat dasar ilmiah integrasi CT, tetapi juga membuka arah baru bagi inovasi pendidikan berkelanjutan di Indonesia. Hasil ini menegaskan posisi penelitian sebagai bagian dari transformasi global pendidikan berbasis teknologi dan ekologi.

### **Pembahasan**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Computational Thinking* (CT) telah menjadi elemen kunci dalam pendidikan abad ke-21, khususnya bagi calon guru sekolah dasar. Aini et al. (2019) mendefinisikan CT sebagai cara berpikir untuk merumuskan masalah dan menyusun solusi yang dapat dieksekusi secara logis melalui teknologi. Dalam konteks pendidikan guru, CT tidak hanya berfungsi sebagai kemampuan teknis, tetapi juga sebagai strategi berpikir reflektif dan sistematis. Calon guru yang memahami CT akan lebih mampu membimbing siswa dalam mengembangkan pola berpikir ilmiah dan inovatif. Pembelajaran berbasis CT menuntut kemampuan analisis, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan berbasis data. Hal ini sejalan dengan pandangan Triwidayati (2020) bahwa CT adalah keterampilan lintas disiplin yang memperkuat kemampuan berpikir tingkat tinggi. Dengan demikian, pendidikan guru perlu mengintegrasikan CT secara eksplisit dalam kurikulumnya. Integrasi ini memungkinkan calon guru untuk beradaptasi dengan tantangan era digital yang dinamis. Oleh karena itu, CT menjadi fondasi penting dalam membangun profil guru yang kreatif, analitis, dan berorientasi pada solusi.

Pembahasan selanjutnya menyoroti hubungan sinergis antara CT dan media pembelajaran energi terbarukan sebagai bentuk inovasi pedagogis. Energi terbarukan tidak hanya berfungsi sebagai materi ajar, tetapi juga sebagai konteks aplikatif untuk penerapan prinsip CT. Menurut Fadhilah et al. (2025) penggunaan media pembelajaran berbasis energi berkelanjutan dapat meningkatkan pemahaman ilmiah sekaligus menanamkan nilai ekologis pada calon guru. Dalam kerangka CT, calon guru diajak untuk memecahkan permasalahan energi menggunakan pendekatan algoritmik dan berpikir sistematis. Pembelajaran semacam ini mengubah cara berpikir calon guru dari sekadar transfer pengetahuan menjadi eksplorasi solusi nyata. Skrbinjek et al. (2024) melalui teori konstruktivismenya menegaskan bahwa pengetahuan terbentuk melalui pengalaman langsung yang bermakna. Oleh karena itu, integrasi CT dan energi terbarukan menciptakan lingkungan belajar aktif dan reflektif. Model pembelajaran ini tidak hanya inovatif, tetapi juga relevan dengan isu global tentang keberlanjutan energi. Sinergi tersebut menandai arah baru dalam pendidikan guru yang menggabungkan teknologi dan kesadaran ekologis secara harmonis.

Pembelajaran berbasis CT dan media energi terbarukan terbukti memperkuat kemampuan berpikir kritis dan analitis calon guru. Menurut Syamsudin (2020) berpikir kritis mencakup kemampuan untuk menilai, menganalisis, dan mengevaluasi informasi secara logis dan objektif. Dalam konteks CT, proses ini diwujudkan melalui tahapan *decomposition*, *pattern recognition*, *abstraction*, dan *algorithmic thinking*. Calon guru yang menerapkan CT belajar menguraikan masalah energi menjadi komponen yang lebih sederhana dan dapat diselesaikan secara sistematis. Proses ini mengasah kemampuan mereka untuk menilai efisiensi dan dampak ekologis suatu solusi. Penelitian oleh Nurlaelah (2018) juga mendukung bahwa CT mampu meningkatkan kemampuan berpikir reflektif calon guru. Dengan demikian, CT menjadi instrumen pedagogis yang efektif dalam membangun karakter intelektual guru abad ke-21. Pembelajaran berbasis energi terbarukan semakin memperkuat dimensi analitis ini dengan memberikan konteks ilmiah yang konkret. Kombinasi keduanya

menjadikan calon guru lebih siap menghadapi kompleksitas permasalahan global secara ilmiah dan kritis.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa CT memiliki implikasi langsung terhadap peningkatan literasi sains dan kesadaran lingkungan. literasi sains mencakup kemampuan memahami konsep ilmiah dan mengaplikasikannya untuk pengambilan keputusan sosial (Jamil & Khusna, 2020). Ketika calon guru dilatih dengan pendekatan CT, mereka tidak hanya memahami teori energi, tetapi juga cara menganalisis dan memvisualisasikan data ilmiah. Media energi terbarukan memperkuat pemahaman ini melalui simulasi dan eksperimen digital yang realistis. Melalui CT, calon guru belajar memprediksi dan mengevaluasi dampak lingkungan dari setiap bentuk energi yang digunakan. Pendekatan ini mendukung teori konstruktivisme sosial (Aminah & Asl, 2015), yang menekankan pentingnya interaksi sosial dalam pembentukan makna ilmiah. Dengan pembelajaran kontekstual, guru masa depan dapat menanamkan nilai keberlanjutan kepada siswanya secara lebih efektif. Oleh karena itu, CT bukan hanya sarana teknologi, tetapi juga instrumen edukatif untuk membangun kesadaran ekologis. Hal ini memperkuat visi pendidikan berkelanjutan di era digital.

Hasil penelitian menemukan bahwa tiga model pembelajaran — berbasis proyek, inkuiri, dan simulasi digital merupakan bentuk paling efektif untuk mengintegrasikan CT dengan energi terbarukan. *Project-based learning* mampu meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi melalui penyelesaian masalah autentik (Han et al., 2015). Dalam pendekatan inkuiri, peserta didik secara aktif mengajukan pertanyaan dan menemukan jawaban melalui eksperimen dan refleksi. Sementara itu, simulasi digital memungkinkan calon guru memahami konsep energi dengan cara visual dan interaktif. Ketiga model ini menempatkan calon guru sebagai subjek aktif yang membangun pengetahuannya sendiri. Zamani (2016) juga menegaskan bahwa aktivitas CT sebaiknya dilandasi oleh pengalaman kreatif yang bersifat eksploratif. Integrasi model pembelajaran ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual, tetapi juga menumbuhkan kemampuan pedagogis yang inovatif. Dalam konteks pendidikan guru, penerapan model ini relevan untuk melatih kemampuan berpikir kritis, kolaboratif, dan ekologis. Oleh karena itu, integrasi CT dan energi terbarukan dapat menjadi paradigma baru dalam inovasi pedagogis.

Meskipun integrasi CT dan energi terbarukan memiliki potensi besar, implementasinya masih menghadapi tantangan dalam praktik pendidikan. Salah satu kendala utama adalah kurangnya pemahaman konseptual calon guru tentang CT dan cara penerapannya dalam konteks sains. McGaghie & Harris (2018) menekankan bahwa penguasaan CT memerlukan pelatihan intensif dan pengalaman reflektif. Keterbatasan infrastruktur digital juga menjadi hambatan dalam penerapan media pembelajaran energi terbarukan. Selain itu, resistensi terhadap perubahan metode tradisional masih sering terjadi di lembaga pendidikan guru. Transformasi pendidikan hanya dapat berhasil jika didukung oleh perubahan budaya organisasi dan pelatihan berkelanjutan (Trushkina et al., 2020). Oleh karena itu, program pengembangan profesional guru harus memasukkan pelatihan CT sebagai kompetensi inti. Tantangan ini menunjukkan bahwa inovasi pendidikan memerlukan dukungan sistemik dari kebijakan hingga praktik kelas. Penguatan kapasitas guru menjadi kunci keberlanjutan integrasi CT dalam pendidikan dasar yang berbasis keberlanjutan.

Perbandingan hasil kajian menunjukkan bahwa praktik pendidikan di negara-negara maju dapat menjadi acuan dalam penguatan integrasi CT di Indonesia. Boss & Krauss (2018) menyatakan bahwa keberhasilan implementasi CT di Asia Timur disebabkan oleh kebijakan pendidikan nasional yang progresif dan investasi besar pada pelatihan guru. Finlandia, misalnya, telah mengintegrasikan CT ke dalam kurikulum sekolah dasar sebagai keterampilan literasi digital sejak 2016. Di sisi lain, Indonesia masih berada pada tahap eksperimental dalam penerapan CT pada pendidikan calon guru. Namun, adanya kesadaran yang meningkat menjadi modal penting bagi transformasi pendidikan nasional. Penelitian internasional juga menunjukkan bahwa CT efektif bila diintegrasikan dalam konteks sosial dan budaya lokal. Pendekatan kontekstual ini dapat diterapkan di Indonesia dengan mengaitkan CT

pada isu keberlanjutan energi. Dengan adaptasi yang tepat, model internasional dapat dikembangkan menjadi pendekatan lokal yang relevan. Hasil ini menunjukkan pentingnya pembelajaran lintas negara dalam mengembangkan strategi pendidikan berkelanjutan.

Integrasi CT dan energi terbarukan memiliki implikasi strategis bagi pengembangan kurikulum pendidikan guru dasar. Menurut Flores (2016) kurikulum pendidikan guru harus mampu membekali calon pendidik dengan keterampilan berpikir kritis, reflektif, dan adaptif terhadap perubahan teknologi. Temuan penelitian menunjukkan bahwa CT sebaiknya dijadikan komponen inti dalam mata kuliah pedagogik dan teknologi pendidikan. Selain itu, pembelajaran energi terbarukan perlu diposisikan sebagai sarana untuk menanamkan nilai keberlanjutan dan kesadaran lingkungan. Melalui konsep *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) menegaskan pentingnya keseimbangan antara konten, teknologi, dan pedagogi dalam kurikulum. Oleh karena itu, kebijakan pendidikan perlu mendorong sinergi antara CT, sains, dan nilai-nilai ekologi. Implementasi kebijakan ini harus didukung oleh fasilitas digital dan sumber belajar inovatif. Dengan langkah tersebut, pendidikan guru akan lebih siap menghadapi tantangan era digital dan krisis energi global. Hal ini menegaskan perlunya reformasi kurikulum yang bersifat futuristik dan adaptif.

Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dalam membangun kerangka konseptual baru yang mengintegrasikan CT dan media pembelajaran energi terbarukan. Secara teoretis, penelitian ini memperkuat gagasan bahwa CT bukan hanya domain teknologi, tetapi juga pendekatan berpikir universal. Penelitian ini memperluas konsep *computational pedagogy* yang dikembangkan dengan menambahkan dimensi ekologis dan keberlanjutan (Manongga, 2025). Secara praktis, penelitian ini memberikan arah baru bagi pengembangan kurikulum pendidikan guru yang kontekstual dan berbasis isu global. Pendekatan ini mendukung *Education for Sustainable Development* yang menggabungkan teknologi, nilai sosial, dan tanggung jawab lingkungan. Selain itu, hasil penelitian ini menjadi dasar bagi pengembangan model empiris pembelajaran berbasis CT di masa depan. Kontribusi praktisnya juga mencakup strategi pembelajaran yang mendorong inovasi melalui media interaktif. Dengan demikian, penelitian ini memiliki nilai tambah dalam memperkuat literatur akademik dan praktik pendidikan berkelanjutan. Hal ini menjadikan hasil kajian relevan secara ilmiah maupun aplikatif.

Pembahasan terakhir menekankan bahwa integrasi CT dan energi terbarukan membuka peluang besar untuk penelitian lanjutan yang bersifat empiris. Kajian literatur ini telah memberikan fondasi konseptual yang kuat, namun implementasi praktis di lapangan masih memerlukan pengujian lebih lanjut. Penelitian lanjutan penting untuk menguji validitas teori melalui pendekatan kuantitatif dan kualitatif (Creswell, 2019). Studi mendatang dapat mengembangkan model pembelajaran berbasis CT yang disesuaikan dengan karakteristik lokal dan kebutuhan calon guru di Indonesia. Selain itu, penelitian dapat diarahkan pada evaluasi efektivitas media digital energi terbarukan dalam meningkatkan hasil belajar. Penggunaan pendekatan *design-based research* juga relevan untuk menguji desain pembelajaran inovatif (Çavuş et al., 2025; Killen et al., 2023). Dengan demikian, arah penelitian masa depan harus fokus pada implementasi empiris dan pengembangan kurikulum berkelanjutan. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar untuk memperkuat sinergi antara teknologi, pendidikan, dan keberlanjutan lingkungan. Pada akhirnya, integrasi CT menjadi langkah strategis dalam membangun masa depan pendidikan yang cerdas dan berwawasan ekologis.

## SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi Computational Thinking (CT) dengan media pembelajaran energi terbarukan merupakan inovasi strategis dalam pendidikan calon guru sekolah dasar. CT terbukti mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, sistematis, dan kreatif, sementara media energi terbarukan memperkuat pemahaman konseptual serta kesadaran ekologis. Sinergi keduanya menghasilkan pendekatan pembelajaran yang kontekstual, berkelanjutan, dan relevan dengan tuntutan abad ke-21. Hasil kajian menegaskan bahwa pembelajaran berbasis CT dapat

memperkuat literasi sains dan tanggung jawab lingkungan calon guru melalui pengalaman belajar aktif dan reflektif. Namun demikian, implementasi di lapangan masih menghadapi tantangan seperti keterbatasan pelatihan CT, infrastruktur digital, dan kebijakan kurikulum yang belum terintegrasi secara menyeluruh. Oleh karena itu, diperlukan dukungan sistemik melalui pelatihan profesional, penguatan kurikulum, dan pengembangan media digital yang inovatif. Implikasi bagi peneliti selanjutnya adalah perlunya penelitian empiris yang menguji efektivitas model integrasi CT dan energi terbarukan dalam konteks pembelajaran nyata. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan menjadi pijakan teoritis dan praktis bagi pengembangan pendidikan guru yang adaptif, berkelanjutan, dan berorientasi masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aalbergsjø, S. G. (2022). Learning to make and use computer simulations in science education. *Acta Didactica Norden*, 16(4). Scopus. <https://doi.org/10.5617/adno.9174>
- Abbas, S. A., Kusumawardani, Z. H. N., Suprayitno, N. F., & Jafar, N. (2023). Driving Factors of Motivation and Its Contribution to Enhance Performance. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(2), Article 2.
- Abri, M. H. A., Aamri, A. Y. A., & Elhaj, A. M. A. (2024). Enhancing Student Learning Experiences Through Integrated Constructivist Pedagogical Models. *European Journal of Contemporary Education and E-Learning*, 2(1), 130–149. [https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2\(1\).11](https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2(1).11)
- Adams, J., Barmby, P., & Mesoudi, A. (Eds.). (2017). *The Nature and Development of Mathematics: Cross Disciplinary Perspectives on Cognition, Learning and Culture*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315648163>
- Aina, C., Baici, E., Casalone, G., & Pastore, F. (2018). The Economics of University Dropouts and Delayed Graduation: A Survey. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3153385>
- Aini, N., Zubaidah, N., Mirzayanti, Y. W., & Hakim, J. A. R. (2019). Ekstraksi Minyak Atsiri Tembakau (*Nicotiana tabacum* L) dengan Menggunakan Metode Microwave-Asisted Extraction (MAE). *Prosiding. Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2019*, Malang.
- Ali, A., Kaigere, D., Apriyanto, A., Haryanti, T., & Rusli, T. S. (2024). *Eksplorasi Sains Melalui Inquiry: Pendekatan Inovatif dalam Pembelajaran IPA*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Ameen, L. T., Yousif, M. R., Jasim Alnoori, N. A., & Majeed, B. H. (2024). The Impact of Artificial Intelligence on Computational Thinking in Education at University. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 14(5), 192–203. Scopus. <https://doi.org/10.3991/ijep.v14i5.49995>
- Amineh, R. J., & Asl, H. D. (2015). Review of Constructivism and Social Constructivism. *Journal of Social Sciences, Literature and Languages*, 1(1).
- Ariawan, S. (2024). Green Digitalisasi Sebagai Perwujudan Mandat Budaya: Perspektif Etika Kristen dalam Pelestarian Lingkungan. *KURIOS (Jurnal Teologi dan Pendidikan Agama Kristen)*, 10(1), 275–287.
- Aytekin, A., & Topçu, M. S. (2024). The effect of integrating computational thinking (CT) components into science teaching on 6th grade students' learning of the circulatory system concepts and CT skills. *Education and Information Technologies*, 29(7), 8079–8110. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12103-x>
- Azizah, A. N., Mutia, A. D., Syawalia, A., Febmi, A. L., Sari, B. R. Y., & Hendriansyah, B. U. (2025). Peran Humas Dalam Pencitraan Publik di Satuan Lembaga Pendidikan. *Proceedings Series of Educational Studies*, 0. <https://conference.um.ac.id/index.php/pses/article/view/10268>

- Boss, S., & Krauss, J. (2018). *Reinventing Project Based Learning: Your Field Guide to Real-World Projects in the Digital Age*. ASCD.
- Cansu, F. K., & Cansu, S. K. (2019). An Overview of Computational Thinking. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 3(1), 17–30. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v3i1.53>
- Çavuş, E., İdil, Ş., & Donmez, İ. (2025). Effects of a design-based research approach on fourth-grade students' critical thinking, problem-solving skills, computational thinking, and creativity self-efficacy. *International Journal of Technology and Design Education*. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s10798-025-09989-8>
- Cigerci, F. M. (2020). Primary School Teacher Candidates and 21st Century Skills. *International Journal of Progressive Education*, 16(2), 157–174.
- Creswell, J. W. (2012). *Research Desain Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed*. Pustaka Pelajar.
- Fadhilah, N., Risanti, D. D., Wahyuono, R. A., Sawitri, D., Mawarani, L. J., & Muharja, M. (2025). Penggunaan Media Peraga Berbasis Energi Terbarukan Guna Menunjang Model Pembelajaran Student-Centered Learning di SDN Ajung 01 Kalisat. *Sewagati*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v9i1.2403>
- Firdausi, R., Mardikawati, B., Huda, N., Riztya, R., & Rahmani, S. F. (2023). *Peningkatan Literasi Digital Dikalangan Pelajar: Pengenalan dan Praktek Penggunaan Teknologi Pendidikan dalam Komunikasi*. 5.
- Flores, M. A. (2016). Teacher Education Curriculum. In J. Loughran & M. L. Hamilton (Eds.), *International Handbook of Teacher Education: Volume 1* (pp. 187–230). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-0366-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-10-0366-0_5)
- García-Peñalvo, F. J. (2022). Desarrollo de estados de la cuestión robustos: Revisiones Sistemáticas de Literatura. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 23, e28600. <https://doi.org/10.14201/eks.28600>
- Habibani, R. A., & Frinaldi, A. (2025). INOVASI BUDAYA ORGANISASI PUBLIK DALAM ERA DIGITAL: PELUANG DAN STRATEGI IMPLEMENTASI. *SOCIAL : Jurnal Inovasi Pendidikan IPS*, 5(2), 407–421. <https://doi.org/10.51878/social.v5i2.5365>
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2015). How Science, Technology, Engineering, And Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) Affects High, Middle, And Low Achievers Differently: The Impact Of Student Factors On Achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 1089–1113.
- Haq, Z. U., Rasheed, R., Rashid, A., & Akhter, S. (2023). CRITERIA FOR ASSESSING AND ENSURING THE TRUSTWORTHINESS IN QUALITATIVE RESEARCH. *International Journal of Business Reflections*, 4(2). <https://doi.org/10.56249/1.04.2.7358>
- Herliandry, L. D., Nurhasanah, N., Suban, M. E., & Kuswanto, H. (2020). Pembelajaran Pada Masa Pandemi Covid-19. *JTP - Jurnal Teknologi Pendidikan*, 22(1), 65–70. <https://doi.org/10.21009/jtp.v22i1.15286>
- Hitchcock, D. (2017). Critical Thinking as an Educational Ideal. In D. Hitchcock (Ed.), *On Reasoning and Argument: Essays in Informal Logic and on Critical Thinking* (pp. 477–497). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-53562-3\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-319-53562-3_30)
- Hussein, H. B. (2025). A Proposed Model for Teacher Education: Rethinking the Future of the Next Generation. *International Journal of Research in Educational Sciences.*, 8(2), 41–78. <https://doi.org/10.29009/ijres.8.2.1>
- Jamil, A. F., & Khusna, A. H. (2020). A worksheet characterized by open-ended approach to support student's mathematical literacy. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(4), 1063–1066.

- Kennedy, T. J., & Sundberg, C. W. (2020). 21st Century Skills. In B. Akpan & T. J. Kennedy (Eds.), *Science Education in Theory and Practice: An Introductory Guide to Learning Theory* (pp. 479–496). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-43620-9\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-030-43620-9_32)
- Killen, H., Coenraad, M., Byrne, V., Cabrera, L., Mills, K., Ketelhut, D. J., & Plane, J. D. (2023). Teacher Education to Integrate Computational Thinking into Elementary Science: A Design-Based Research Study. *ACM Transactions on Computing Education*, 23(4). Scopus. <https://doi.org/10.1145/3618115>
- Maharani, S., Agustina, Z. F., & Kholid, M. N. (2021). Exploring the Prospective Mathematics Teachers Computational Thinking in Solving Pattern Geometry Problem. *Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan*, 13(3), 1756–1767.
- Mahdiyin, K. A., Zamzami, M. A. J., Silaban, M. R., & Suyudi, M. (2025). Pengembangan Kurikulum Integratif: Al-Qur'an, Faraidh, dan Ilmu Sains/Teknologi. *Instructional Development Journal*, 8(1), 114–130. <https://doi.org/10.24014/idj.v8i1.36340>
- Manongga, J. S. (2025). Stewardship Ekologis Berbasis Alkitab: Integrasi Hermeneutika Kontekstual dan Doktrin Ineransi. *Fidei: Jurnal Teologi Sistemika Dan Praktika*, 8(1). <https://www.st-tawangmangu.ac.id/e-journal/index.php/fidei/article/view/625>
- Maulah, A., Rulyansah, A., Ibrahim, M., & Rahayu, D. W. (2025). CANVA AI: UNTUK MENGEKSPLORASI COMPUTATIONAL THINKING SISWA SEKOLAH DASAR. *DIDAKTIKA: Jurnal Pemikiran Pendidikan*, 31(2), 192–206. <https://doi.org/10.30587/didaktika.v31i2.10138>
- McGaghie, W. C., & Harris, I. B. (2018). Learning Theory Foundations of Simulation-Based Mastery Learning. *Simulation in Healthcare*, 13(3S), S15. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000279>
- Megawanti, P., Megawati, E., & Farida, N. (2022). Peningkatan literasi numerasi dan wawasan nusantara melalui AKM bertema etnomatematika. *Proceedings Seminar Nasional Pendidikan Matematika, Sains, Geografi, Dan Komputer*, 20–28. <https://doi.org/10.30872/pmsgk.v3i0.1465>
- Nuraini, L., Supeno, S., Sudarti, S., Astutik, S., & Royani, S. N. M. (2022). ANALISIS KEMAMPUAN PENGUASAAN KONSEP IPA TERPADU DAN KEPEDULIAN LINGKUNGAN MAHASISWA MELALUI PENGGUNAAN BAHAN AJAR PENGOLAHAN TEBU SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN. *Jurnal Kumparan Fisika*, 5(1), 15–22. <https://doi.org/10.33369/jkf.5.1.15-22>
- Nurlaelah, E. (2018). Abstraksi Reflektif dalam Berfikir Matematika Tingkat Tinggi. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Prayogi, S., & Verawati, N. N. S. P. (2024). Physics Learning Technology for Sustainable Development Goals (SDGs): A Literature Study. *International Journal of Ethnoscience and Technology in Education*, 1(2), 155–191. <https://doi.org/10.33394/ijete.v1i2.12316>
- Rozali, Y. A. (2022). PENGGUNAAN ANALISIS KONTEN DAN ANALISIS TEMATIK. *Forum Ilmiah*, 19(1).
- Saad, A., & Zainudin, S. (2022). A review of Project-Based Learning (PBL) and Computational Thinking (CT) in teaching and learning. *Learning and Motivation*, 78, 101802. <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2022.101802>
- Sahin, S. A., Tunca, N., Altinkurt, Y., & Yilmaz, K. (2016). Relationship between professional values and critical thinking disposition of science-technology and mathematics teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(1), 25–40. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1371a>

- Salsabila, N. A., Salamah, W. I., Daulay, A. H., Badri, L. N., & Salsabila, U. H. (2025). Pemanfaatan Teknologi untuk Meningkatkan Higher Order Thinking Skills (HOTS) di Era Digital. *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Psikologi*, 2(2), 115–125.
- Saritepeci, M. (2020). Developing Computational Thinking Skills of High School Students: Design-Based Learning Activities and Programming Tasks. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(1), 35–54. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00480-2>
- Skrbinjek, V., Vičić Krabonja, M., Aberšek, B., & Flogie, A. (2024). Enhancing Teachers' Creativity with an Innovative Training Model and Knowledge Management. *Education Sciences*, 14(12), 1381. <https://doi.org/10.3390/educsci14121381>
- Stupiansky, S. W. (2022). Jean Piaget's Constructivist Theory of Learning. In *Theories of Early Childhood Education* (2nd ed.). Routledge.
- Sundoro, B. T., & Ernaningsih, Z. (2024). *Pelatihan Kemampuan Pemecahan Masalah dengan Computational Thinking di SD Bopkri Wonosari II*. 2(1).
- Syamsudin, S. (2020). Problem Based Learning dalam Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Keterampilan Sosial. *ELSE (Elementary School Education Journal) : Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, 4(2), 81. <https://doi.org/10.30651/else.v4i2.4610>
- Toraman, C., & Demir, E. (2016). The Effect of Constructivism on Attitudes towards Lessons: A Meta-Analysis Study. *Eurasian Journal of Educational Research*, 16(62), 0–0.
- Torre, R. de la, Onggo, B. S., Corlu, C. G., Nogal, M., & Juan, A. A. (2021). The Role of Simulation and Serious Games in Teaching Concepts on Circular Economy and Sustainable Energy. *Energies*, 14(4), 1138. <https://doi.org/10.3390/en14041138>
- Triwidayati, A. L., Siti Mina Tamah, Imelda Gozali, Katarina Retno. (2020). *Mengembangkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi*. PT Kanisius.
- Trushkina, N., Bakhautdinova, G., Rynkevych, N., & Abazov, R. (2020). Digital Transformation of Organizational Culture under Conditions of the Information Economy. *Virtual Economics*, 3(1), 7–38.
- Tseng, J.-J., Chai, C. S., Tan, L., & Park, M. (2022). A Critical Review of Research on Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) in Language Teaching. *Computer Assisted Language Learning*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09588221.2020.1868531>
- Vámos, C., Scheider, S., Sonnenschein, T., & Vermeulen, R. (2024). Ontology of active and passive environmental exposure. *Semantic Web*, 15(5), 1733–1761. <https://doi.org/10.3233/SW-243546>
- Widiana, I. G. R., Mahadita, G. W., Samsu, N., & Muzasti, R. A. (2025). *Systematic Review dan Meta Analysis*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Wulandari, C. A., Rahmaniati, R., & Kartini, N. H. (2021). Peningkatan Keterampilan Kolaborasi Dan Hasil Belajar Dengan Menggunakan Model Pembelajaran Teams Games Tournament: Improving Collaboration Skills and Learning Outcomes Using Teams Games Tournament Learning Models. *Pedagogik: Jurnal Pendidikan*, 16(1), Article 1. <https://doi.org/10.33084/pedagogik.v16i1.2331>
- Yang, D., Snelson, C., & Feng, S. (2023). Identifying computational thinking in students through project-based problem-solving activities. *Information Discovery and Delivery*, 51(3), 293–305. <https://doi.org/10.1108/IDD-09-2022-0091>
- Yasar, O., Veronesi, P., Maliekal, J., Little, L. J., Vattana, S. E., & Yeter, I. H. (2016, June 26). *Computational Pedagogy: Fostering a New Method of Teaching*. 2016 ASEE Annual Conference & Exposition, America. <https://peer.asee.org/computational-pedagogy-fostering-a-new-method-of-teaching>

- Yeni, S., Mara, S., & Grgurina, N. (2024). Interdisciplinary Integration of Computational Thinking in K-12 Education: A Systematic Review. *Informatics in Education - An International Journal*, 23(1), 223–278.
- Zamani, Z. (2016). ‘The woods is a more free space for children to be creative; their imagination kind of sparks out there’: Exploring young children’s cognitive play opportunities in natural, manufactured and mixed outdoor preschool zones. *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning*, 16(2), 172–189. <https://doi.org/10.1080/14729679.2015.1122538>