

**REVITALISASI PENDIDIKAN SAINS SEBAGAI PILAR  
PEMBENTUKAN KOMPETENSI ADAPTIF DAN KRITIS:  
SEBUAH *SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW***

**I Kadek Aditia Putra<sup>1</sup>, I Wayan Suastra<sup>2</sup>, Ida Bagus Putu Arnyana<sup>3</sup>, I Made  
Citra Wibawa<sup>4</sup>**

Universitas Pendidikan Ganesha<sup>1,2,3,4</sup>  
aditia.putra@student.undiksha.ac.id<sup>1</sup>

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi peran pendidikan sains dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan daya adaptasi peserta didik dalam menghadapi tantangan era VUCA (*Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity*) dan Society 5.0. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) dengan menganalisis 20 artikel primer yang dipublikasikan pada tahun 2020–2024 dan terindeks dalam database bereputasi, yaitu Scopus dan Sinta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat empat strategi utama dalam pengembangan kemampuan berpikir kritis dan adaptif, yaitu: (1) mengembangkan peran peserta didik sebagai verifikator kebenaran melalui *Argument-Driven Inquiry*, (2) melatih kemampuan menghadapi ketidakpastian melalui isu sosio-ilmiah, (3) membangun ketahanan mental melalui pemanfaatan simulasi teknologi, dan (4) memperkuat aspek metakognitif. Simpulan, pendidikan sains perlu diposisikan tidak hanya sebagai mata pelajaran, tetapi juga sebagai sarana pengembangan ketahanan mental peserta didik dalam menghadapi ketidakpastian.

**Kata Kunci:** Adaptif, Berpikir Kritis, Kompetensi Abad Ke-21, Pendidikan Sains,  
*Systematic Literature Review*

**ABSTRACT**

*This study aimed to explore the role of science education in developing students' critical thinking and adaptability in facing the challenges of the VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity) era and Society 5.0. The method used was a Systematic Literature Review (SLR) by analyzing 20 primary articles published between 2020 and 2024 and indexed in reputable databases, namely Scopus and Sinta. The results identified four main strategies for developing critical and adaptive skills: (1) positioning students as verifiers of knowledge through Argument-Driven Inquiry, (2) training students to manage uncertainty through socio-scientific issues, (3) building mental resilience through technology-based simulations, and (4) strengthening metacognitive aspects. In conclusion, science education should be positioned not only as a subject but also as a means of developing students' mental resilience in facing uncertainty.*

**Keywords:** *Adaptability, Critical Thinking, 21st Century Competencies, Science Education, Systematic Literature*

## **PENDAHULUAN**

Perubahan fundamental pada tatanan global di abad ke-21 yang ditandai oleh fenomena VUCA (*Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity*) telah mengubah kualifikasi sumber daya manusia yang dibutuhkan di dunia kerja. Hadinugrahaningsih et al. (2020) menyatakan bahwa kondisi tersebut menuntut pergeseran orientasi pendidikan dari penguasaan fakta menuju penguasaan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang bersifat fleksibel. Transisi menuju era Society 5.0 semakin mempertegas kebutuhan ini. Setiawan (2022) mengemukakan bahwa sinergi antara manusia dan teknologi memerlukan individu yang tidak hanya memiliki kecakapan digital, tetapi juga kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap dinamika lingkungan kerja.

Di tengah derasnya arus informasi, kemampuan berpikir kritis berperan sebagai filter utama dalam memilah informasi. Kristyowati (2022) menunjukkan bahwa rendahnya kemampuan berpikir kritis menyebabkan generasi muda rentan terhadap disinformasi dan kesulitan dalam membedakan fakta ilmiah di era disrupsi. Namun demikian, kondisi pendidikan sains saat ini masih menunjukkan adanya kesenjangan. Mulyasa (2024) mengkritisi praktik pembelajaran yang cenderung terpaku pada kurikulum yang kaku dan kurang relevan dengan konteks kehidupan nyata. Hal ini sejalan dengan temuan Wartono et al. (2021) yang menyatakan bahwa dominasi metode ceramah menyebabkan peserta didik menjadi pasif serta menghambat perkembangan kemampuan berpikir kritis dalam menyelesaikan masalah kompleks.

Lebih lanjut, Pratiwi et al. (2022) mengungkapkan adanya hubungan antara rendahnya literasi sains dengan rendahnya resiliensi peserta didik dalam menghadapi kegagalan eksperimen. Padahal, Nugraha (2021) menegaskan bahwa kesadaran metakognitif dan kemampuan adaptasi merupakan kunci dalam menyelesaikan soal-soal yang menuntut *Higher Order Thinking Skills* (HOTS). Oleh karena itu, apabila pendidikan sains tidak mampu bertransformasi dari sekadar transfer pengetahuan menuju pengembangan kemampuan berpikir dan beradaptasi, maka potensi bonus demografi dapat berubah menjadi permasalahan demografi.

Pendidikan sains memiliki posisi strategis dalam menjawab tantangan tersebut. Suprpto et al. (2021) dan Pertiwi et al. (2023) menunjukkan bahwa pembelajaran sains yang menerapkan pendekatan inkuiri dan argumentasi mampu melatih kemampuan validasi berbasis bukti secara efektif. Selain itu, integrasi isu global, seperti perubahan iklim (Rahayu, 2024), serta pemanfaatan teknologi imersif (Kuo et al., 2023) dapat menghadirkan kompleksitas dunia nyata ke dalam pembelajaran di kelas.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menjadi penting untuk merangkum berbagai strategi pembelajaran sains yang efektif dalam lima tahun

terakhir (2020–2024). Melalui pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR), penelitian ini bertujuan untuk memetakan berbagai intervensi pedagogis, mulai dari pendekatan berbasis kearifan lokal (Zidny et al., 2020) hingga gamifikasi (Gholami et al., 2023), yang dapat disusun menjadi fondasi strategi dalam mengembangkan generasi yang adaptif dan memiliki kemampuan berpikir kritis.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) yang mengacu pada protokol *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Data dikumpulkan dari database akademik internasional, yaitu Scopus, serta database nasional, yaitu Sinta yang diakses melalui Google Scholar.

Pencarian literatur dilakukan menggunakan kata kunci dengan bantuan operator Boolean, yaitu: “*Science Education*” AND (“*Critical Thinking*” OR “*Adaptability*” OR “*Future Skills*”) AND (“*Inquiry*” OR “*STEM*”).

Kriteria seleksi dalam penelitian ini meliputi: (a) kriteria inklusi, yaitu artikel penelitian (bukan artikel opini) yang diterbitkan pada rentang tahun 2020–2024, tersedia dalam bentuk naskah lengkap (*full-text*), serta membahas intervensi pembelajaran sains terhadap kompetensi peserta didik; (b) kriteria eksklusi, yaitu prosiding yang tidak terindeks, *book chapter*, serta artikel yang tidak berada dalam konteks pendidikan formal.

Proses analisis data dilakukan dengan mengekstraksi informasi penting dari setiap artikel, meliputi penulis, metode penelitian, jenis intervensi pedagogis, serta dampak yang dihasilkan. Selanjutnya, data tersebut disintesis secara tematik untuk mengidentifikasi pola dan temuan utama yang relevan dengan tujuan penelitian.

## HASIL PENELITIAN

Tabel 1 menyajikan sintesis hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan pengembangan kompetensi berpikir kritis dan adaptabilitas siswa melalui berbagai pendekatan pembelajaran sains.

**Tabel 1. Sintesis Penelitian Terkait Intervensi Pembelajaran Sains**

No	Penulis (Tahun)	Indeksasi	Fokus Intervensi / Topik	Temuan Utama / Dampak Kompetensi
1	Astuti & Setiadi (2023)	Sinta	Model PjBL-STEM	Meningkatkan berpikir kritis siswa secara signifikan pada materi lingkungan.
2	Chen & Chang (2022)	Scopus	<i>Socio-scientific Issues</i> (SSI)	Melatih pemikiran adaptif siswa dalam menghadapi isu kompleks dan tidak pasti.
3	Fauziah et al. (2021)	Sinta	Pembelajaran STEAM	Efektif menstimulasi keterampilan 4C (termasuk berpikir kritis) di sekolah dasar.

4	Gholami et al. (2023)	Scopus	Gamifikasi Sains	Meningkatkan keterlibatan dan kemampuan pemecahan masalah (adaptabilitas strategi).
5	Hadinugrahaningsih et al. (2020)	Scopus	Keterampilan Abad 21	Mengidentifikasi kesenjangan keterampilan dan urgensi transisi kurikulum sains.
6	Kristyowati (2022)	Sinta	Literasi Digital	Literasi digital berkorelasi positif dengan kemampuan menyaring informasi (kritis).
7	Kuo et al. (2023)	Scopus	Simulasi <i>Augmented Reality</i> (AR)	Meningkatkan performa belajar dan visualisasi kritis pada konsep abstrak.
8	Mulyasa (2024)	Sinta	Kurikulum Merdeka	Fleksibilitas kurikulum esensial untuk membangun kompetensi masa depan yang adaptif.
9	Nugraha (2021)	Sinta	Kesadaran Metakognisi	Metakognisi yang kuat mempercepat adaptasi siswa dalam menyelesaikan soal HOTS.
10	Pertiwi et al. (2023)	Scopus	<i>Argument-Driven Inquiry</i> (ADI)	Melatih validasi pembuktian dan argumentasi ilmiah yang logis.
11	Pratiwi et al. (2022)	Sinta	E-Modul Inkuiri Interaktif	Meningkatkan literasi sains sekaligus membangun daya adaptasi (resiliensi) belajar.
12	Rahayu (2024)	Scopus	Pendidikan Perubahan Iklim	Konteks isu global melatih literasi sains dan kesiapan adaptasi terhadap perubahan alam.
13	Setiawan (2022)	Scopus	Literasi Teknologi Guru	Kesiapan guru mengadopsi teknologi mempengaruhi kemampuan adaptasi siswa.
14	Suprpto et al. (2021)	Scopus	<i>Mobile Learning</i>	Memfasilitasi akses data cepat untuk melatih verifikasi dan berpikir kritis instan.
15	Susilowati (2020)	Scopus	<i>Project-Based Learning</i> (PjBL)	Efektif mengembangkan berpikir kritis melalui penyelesaian proyek nyata.
16	Sutiani et al. (2021)	Scopus	<i>Problem Based Learning</i>	Meningkatkan kemampuan analisis masalah yang menjadi dasar berpikir kritis.
17	Wartono et al. (2021)	Scopus	<i>Inquiry with Scaffolding</i>	Bantuan bertahap ( <i>scaffolding</i> ) penting untuk transisi siswa dari pasif menjadi kritis.
18	Yuliati et al. (2021)	Scopus	<i>Ill-structured Problems</i>	Masalah tidak terstruktur melatih fleksibilitas kognitif (adaptabilitas) dalam Fisika.
19	Zhang (2024)	Scopus	Resiliensi Pasca-Pandemi	Pembelajaran sains adaptif membangun ketahanan mental siswa menghadapi krisis.
20	Zidny et al. (2020)	Scopus	<i>Indigenous Science Knowledge</i>	Integrasi kearifan lokal memupuk identitas budaya dan nalar kritis kontekstual.

Berdasarkan tabel tersebut, berbagai pendekatan seperti *Project-Based Learning (PjBL)*, *Problem Based Learning*, *STEM/STEAM*, hingga pemanfaatan

teknologi seperti *Augmented Reality*, *mobile learning*, dan e-modul interaktif terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan adaptabilitas siswa. Selain itu, pendekatan kontekstual seperti *socio-scientific issues*, pendidikan perubahan iklim, dan integrasi kearifan lokal juga berperan penting dalam membangun kemampuan berpikir kritis yang relevan dengan kehidupan nyata. Temuan ini menunjukkan bahwa inovasi pembelajaran yang berpusat pada siswa, berbasis masalah, dan didukung teknologi menjadi kunci dalam pengembangan kompetensi abad ke-21.

## **PEMBAHASAN**

Berdasarkan telaah mendalam terhadap 20 artikel terpilih, terlihat bahwa pendidikan sains bekerja melalui sebuah ekosistem pedagogis yang kompleks. Strategi pengembangan kompetensi masa depan dapat dikategorikan ke dalam empat dimensi berikut. Temuan ini menunjukkan bahwa intervensi pembelajaran sains tidak berdiri sendiri, melainkan saling terintegrasi dalam membentuk kemampuan berpikir kritis dan adaptabilitas peserta didik secara holistik.

### **Transformasi dari Konsumen Menjadi Verifikator Informasi (Dimensi Berpikir Kritis)**

Validitas informasi menjadi tantangan utama era digital. Kristyowati (2022) menemukan bahwa siswa dengan literasi sains rendah cenderung mudah percaya hoaks. Solusinya terletak pada perubahan metode pembelajaran menjadi lebih argumentatif. Studi Pertiwi et al. (2023) mengenai *Argument-Driven Inquiry* (ADI) menekankan bahwa siswa harus berperan layaknya ilmuwan yang mempertahankan klaim data. Ini adalah latihan logika, bukan sekadar debat.

Di sisi lain, Suprpto et al. (2021) dan Sutiani et al. (2021) menemukan bahwa dukungan akses data cepat (*mobile learning*) melatih siswa melakukan verifikasi secara *real-time*. Sains menjadi landasan mental untuk selalu bertanya: “Mana buktinya?” dan “Apakah sumbernya valid?”. Kebiasaan skeptis inilah yang menjadi fondasi berpikir kritis.

Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran sains perlu diarahkan pada pembentukan *scientific mindset*, di mana peserta didik tidak hanya menerima informasi, tetapi secara aktif menguji validitasnya melalui proses evidensial dan penalaran logis.

### **Mengelola Ketidakpastian Lewat Isu Sosio-Ilmiah (Dimensi Adaptabilitas Kognitif)**

Masalah di dunia nyata jarang memiliki jawaban tunggal. Yuliati et al. (2021) menyarankan penggunaan *ill-structured problems* dalam fisika untuk melatih kelenturan berpikir. Strategi ini didukung oleh Chen dan Chang (2022) serta Rahayu (2024) melalui integrasi Isu Sosio-Ilmiah (*Socio-Scientific Issues/SSI*).

Dalam SSI, sains beririsan dengan etika dan ekonomi, sehingga memaksa siswa keluar dari pola pikir “hitam-putih”. Mereka belajar bahwa solusi sangat

bergantung pada konteks, yang merupakan inti dari fleksibilitas kognitif. Pendidikan sains yang kontekstual mampu mencegah kekakuan berpikir (*rigid thinking*) dan mendorong kemampuan adaptasi terhadap berbagai situasi baru.

Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis SSI tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual, tetapi juga melatih kemampuan pengambilan keputusan dalam situasi kompleks dan tidak pasti, yang menjadi karakteristik utama abad ke-21.

### **Memupuk Ketangguhan Mental melalui Simulasi Kegagalan (Dimensi Adaptabilitas Emosional)**

Adaptabilitas juga menyangkut aspek mental, khususnya ketangguhan dalam menghadapi kegagalan. Pratiwi et al. (2022) dan Gholami et al. (2023) memberikan perspektif bahwa teknologi, seperti e-modul dan gamifikasi, dapat menyediakan “ruang aman untuk gagal”.

Dalam eksperimen virtual, kegagalan tidak dipandang sebagai akhir, melainkan sebagai umpan balik dalam proses belajar. Siswa yang mengalami kegagalan akan menyusun ulang strategi dan mencoba kembali. Siklus *trial-error-revision* ini secara implisit menanamkan karakter resilien, yang merupakan modal penting dalam menghadapi disrupsi di masa depan.

Dengan demikian, integrasi teknologi dalam pembelajaran sains tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu visualisasi, tetapi juga sebagai sarana pembentukan karakter adaptif dan ketahanan mental peserta didik.

### **Kesadaran Metakognitif dan Dukungan Sistemik (Dimensi Internal & Sistemik)**

Adaptabilitas memerlukan kesadaran diri dalam proses berpikir. Nugraha (2021) mencatat bahwa siswa dengan kemampuan metakognitif yang baik lebih cepat beradaptasi dalam menyelesaikan permasalahan kompleks.

Namun, kemampuan tersebut tidak dapat berkembang secara optimal tanpa dukungan sistemik. Setiawan (2022) dan Mulyasa (2024) menegaskan bahwa guru yang masih menggunakan pendekatan kaku akan kesulitan dalam membentuk peserta didik yang fleksibel. Oleh karena itu, diperlukan transformasi peran guru menjadi fasilitator pembelajaran.

Selain itu, implementasi kurikulum yang adaptif serta peningkatan literasi digital guru menjadi faktor penting dalam mendukung pembelajaran sains yang relevan dengan tuntutan zaman.

Hal ini menegaskan bahwa keberhasilan pengembangan kemampuan berpikir kritis dan adaptif tidak hanya bergantung pada strategi pembelajaran, tetapi juga pada kesiapan sistem pendidikan secara keseluruhan, termasuk kompetensi guru dan kebijakan kurikulum.

## SIMPULAN

Tinjauan literatur sistematis ini menyimpulkan bahwa peran pendidikan sains jauh melampaui sekadar mata pelajaran akademik; pendidikan sains merupakan wahana strategis dalam pembentukan karakter peserta didik di era modern. Sintesis dari 20 studi mutakhir (2020–2024) menunjukkan bahwa pembelajaran sains yang menerapkan pendekatan inkuiri argumentatif, pemanfaatan teknologi imersif, serta integrasi konteks sosio-ilmiah mampu menjadi solusi efektif dalam menghadapi tantangan era VUCA.

Kemampuan berpikir kritis tidak terbentuk melalui hafalan, melainkan melalui proses validasi bukti yang sistematis dan berbasis penalaran ilmiah. Selain itu, kemampuan adaptabilitas berkembang ketika peserta didik terbiasa menghadapi permasalahan yang kompleks, kontekstual, serta memiliki ketangguhan mental dalam menghadapi kegagalan sebagai bagian dari proses belajar.

Dengan demikian, arah pengembangan pendidikan sains perlu bergeser dari sekadar berorientasi pada penguasaan pengetahuan (*knowing what*) menuju pengembangan kemampuan berpikir dan bertindak (*knowing how to think and act*). Pergeseran ini menjadi krusial agar peserta didik mampu menghadapi dinamika perubahan yang cepat dan tidak pasti.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chen, H., & Chang, W. (2022). Integrating socio-scientific issues (SSI) to foster adaptive thinking in secondary science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 31(4), 450–464.
- Gholami, M., Moghadam, P. K., & Mohammadipour, F. (2023). Gamification in science education: Impact on problem solving and student engagement. *Thinking Skills and Creativity*, 49, 101346.
- Hadinugrahaningsih, T., Rahmawati, Y., & Ridwan, A. (2020). 21st century skills in science education: A case study in Indonesia. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(2), 203–214.
- Kristyowati, R. (2022). Pengaruh literasi digital terhadap kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran IPA di era disrupsi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 7(1), 45–58.
- Kuo, H. C., Tseng, Y. C., & Yang, Y. T. C. (2023). The impact of AR-based simulation on students' critical thinking and learning performance in science. *Computers & Education*, 201, 104823.
- Mulyasa, E. (2024). Integrasi Kurikulum Merdeka dalam pembelajaran sains untuk membangun kompetensi masa depan. *Jurnal Teori dan Praksis Pembelajaran IPS*, 8(1), 15–28.
- Nugraha, A. (2021). Hubungan kesadaran metakognisi dan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi biologi. *Jurnal Pendidikan Sains*, 9(1), 34–42.

- Pertiwi, U. D., Atanti, R. D., & Ismawati, R. (2023). Enhancing critical thinking through Argument-Driven Inquiry (ADI) in science learning. *Education Sciences*, 13(5), 456.
- Pratiwi, S. N., Cari, C., & Aminah, N. S. (2022). Pengembangan e-modul interaktif berbasis inkuiri untuk melatih literasi sains dan kemampuan adaptasi siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 8(1), 1–11.
- Rahayu, S. (2024). Cultivating scientific literacy and adaptability through climate change education in developing countries. *International Journal of Science Education*, 46(3), 289–310.
- Setiawan, B. (2022). Profil kemampuan adaptasi dan literasi teknologi mahasiswa calon guru sains di era digital. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 18(1), 25–36.
- Suprpto, N., Nandyansah, W., & Mubarok, H. (2021). Exploring high school students' critical thinking skills in science via mobile learning. *International Journal of Instruction*, 14(4), 117–134.
- Susilowati, S. (2020). The effectiveness of science learning with Project-Based Learning (PjBL) model on critical thinking skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(3), 380–389.
- Sutiani, A., Situmorang, M., & Silaban, S. (2021). Implementation of problem-based learning model to improve students' critical thinking ability. *Cakrawala Pendidikan*, 40(2), 345–355.
- Wartono, W., Hudha, M. N., & Batlolona, J. R. (2021). Inquiry-based learning with scaffolding to improve critical thinking skills. *AIP Conference Proceedings*, 2330, 020004.
- Yuliati, L., Riantoni, C., & Mufti, N. (2021). Student strategies in solving ill-structured problems in physics: A case study on adaptability. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 020135.
- Zhang, L. (2024). Resilience and adaptability in science learning post-pandemic: A comparative study. *Journal of Research in Science Teaching*, 61(2), 150–175.
- Zidny, R., Sjöström, J., & Eilks, I. (2020). Indigenous science knowledge: Fostering critical thinking and cultural identity in science education. *Science & Education*, 29(1), 145–167.